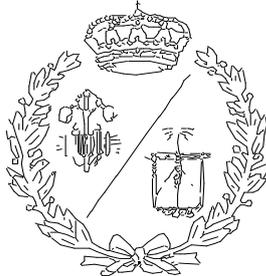


**ESCUELA TÉCNICA SUPERIOR DE INGENIEROS
INDUSTRIALES Y DE TELECOMUNICACIÓN**

UNIVERSIDAD DE CANTABRIA



Trabajo Fin de Grado

**DISEÑO DE UNA INSTALACIÓN SOLAR
FOTOVOLTAICA PARA LA PRODUCCIÓN DE
AGUA CALIENTE SANITARIA (ACS) EN UNA
VIVIENDA**

**(Design of a Solar Photovoltaic Installation for
Sanitary Hot Water (SHW) Production in a
Housing)**

Para acceder al Título de

**GRUADO EN INGENIERÍA EN
TECNOLOGÍAS INDUSTRIALES**

Autora: Alicia del Río Piedra

Mayo – 2018

ÍNDICE GENERAL

DOCUMENTO Nº1: MEMORIA	3
DOCUMENTO Nº2: ANEXOS.....	56
DOCUMENTO Nº3: PLANOS	100
DOCUMENTO Nº4: PLIEGO DE CONDICIONES	108

DOCUMENTO N°1:
MEMORIA

ÍNDICE DE MEMORIA

1 INTRODUCCIÓN	8
1.1 EXPLICACIÓN DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA	8
2 ANTECEDENTES	9
3 ENERGÍA SOLAR	11
3.1 DESARROLLO Y EXPECTATIVAS DE FUTURO.....	12
3.1.1 Desarrollo en España	13
3.2 VENTAJAS.....	15
3.3 TIPOS	18
3.3.1 Energía solar pasiva	18
3.3.2 Energía solar activa	18
3.4 FUNDAMENTO DE LAS CÉLULAS FOTOVOLTAICAS.....	21
3.4.1 Tipos de células.....	21
4 AUTOCONSUMO	23
4.1 ALTERNATIVAS EN LA ACTUALIDAD.....	23
4.2 COMPARACIÓN ENTRE COLECTORES SOLARES Y PANELES FOTOVOLTAICOS PARA APLICACIONES TÉRMICAS.....	24
5 SISTEMA	28
5.1 UBICACIÓN	28
MARCO REGULATORIO	28
5.3 EXPLICACIÓN DEL SISTEMA.....	29
5.4 COMPONENTES.....	30
5.5 MANTENIMIENTO.....	32
5.5.1 Mantenimiento de la instalación fotovoltaica	33

5.5.2 Mantenimiento del termo	35
5.6 CÉLULAS PELTIER	35
5.6.1 Definición	35
5.6.2 Efecto Peltier	35
5.6.3 Funcionamiento	36
5.6.4 Sistema	38
5.6.5 Presupuesto	38
5.6.6 Alternativas.....	39
6 FUNDAMENTOS TEÓRICOS	40
6.1 EFECTO FOTOELÉCTRICO.....	40
6.2 EFECTO JOULE.....	40
7 ABREVIATURAS Y SIGLAS.....	41
8 ANÁLISIS ECONÓMICO.....	44
8.1 FACTURA ELÉCTRICA	44
8.1.1 Cargos.....	49
8.1.2 Impuestos	50
8.1.3 Primas.....	51
8.2 AMORTIZACIÓN	52
8.2.1 TIR.....	52

1. INTRODUCCIÓN

1.1. EXPLICACIÓN DEL PROBLEMA Y SOLUCIÓN PROPUESTA

El objetivo de este trabajo es proveer de agua caliente para uso sanitario a una vivienda unifamiliar de cuatro residentes. Esto puede conseguirse mediante diferentes tipos de energía, pero para este proyecto me centraré en la energía solar, concretamente en la energía solar fotovoltaica. Esta solución surge de la idea de proporcionar agua caliente usando energías limpias, evitando los problemas que conlleva una instalación solar térmica, del modo más eficiente y económicamente rentable, de manera que esté al alcance de más consumidores, descongestionando también la demanda de la red en horas punta.

La solución propuesta consiste en la instalación de paneles fotovoltaicos en el tejado de una casa, usando la energía generada para alimentar un termo eléctrico con el fin de usar el agua caliente para uso sanitario en dicha vivienda. Los puntos receptores del agua serán la lavadora, el grifo de la cocina y la ducha. Además, con el objetivo de aprovechar al máximo la energía producida, se empleará la energía sobrante del termo para refrigeración de una pequeña nevera para bebidas mediante la tecnología de células Peltier.

2. ANTECEDENTES

Para conseguir la instalación del sistema explicado en el punto anterior se partirá de la suposición de que la vivienda previamente estaba equipada con un termo eléctrico convencional y provista de energía eléctrica de la red, con todas las protecciones necesarias para este tipo de instalaciones y un espacio disponible suficiente para la colocación del nuevo termo.

Uno de los puntos clave de este proyecto es la ausencia de baterías de acumulación. Se tomó esta decisión al darse cuenta de que este componente por lo general es uno de los que más encarecen una instalación fotovoltaica. Mientras que el precio de las células fotovoltaicas ha caído en picado durante los últimos años, y se prevé que lo siga haciendo, el de las baterías sigue siendo relativamente alto, encareciendo el coste total de la instalación.

Por ello, se trató de buscar otra forma de acumulación energética, dando con la idea de acumulación térmica. El termo de agua caliente funcionará de manera similar a un batería, almacenando energía -térmica en lugar de eléctrica- y cediéndola a los puntos receptores de ACS cuando sea necesario.

Es cierto que en una vivienda no se está consumiendo agua caliente en todo momento, por lo que era necesario encontrar otro receptor eléctrico para aprovechar el sobrante de la producción fotovoltaica cuando el agua del depósito se encontrase a su máxima temperatura. Un requisito fundamental para este dispositivo era que operase con corriente continua (CC), ya que otro de los elementos que encarecen las instalaciones fotovoltaicas son los inversores, y, dado que el termo opera en CC, no es rentable instalar un inversor junto con todas las protecciones y demás elementos para operar en CA tan solo para aprovechar un pequeño

sobrante de energía. Se pensó en instalar iluminación LED para ciertas zonas de la vivienda, ya que cumple los requisitos previamente mencionados, pero nos dimos cuenta de que la iluminación se utilizará en horas de escasez de luz, coincidiendo con las que no hay producción fotovoltaica. Tras descartar esta idea e investigar diferentes opciones, se dio con la solución de emplear células Peltier para aplicaciones térmicas, en concreto de refrigeración en una vinera.

3. ENERGÍA SOLAR

La energía solar es un tipo de energía renovable obtenida de la radiación electromagnética originada en el Sol. Desde la Antigüedad, la humanidad ha sabido aprovechar esta energía mediante diferentes tecnologías que han ido evolucionando con el paso de los años desde lo más sencillo, como puede ser simplemente calentarse directamente con los rayos del sol, secar las pieles con las que se confeccionarían las vestimentas o deshidratar alimentos para su mejor conservación, hasta las tecnologías más sofisticadas que conocemos hoy en día, entre las que podemos destacar las células fotovoltaicas, tema principal del proyecto que nos ocupa. Si bien, todo apunta a que este desarrollo no ha acabado todavía, sino que seguirá evolucionando y mejorando y en el futuro será una de las fuentes de energía más importantes, siendo de gran ayuda en muchos de los problemas más relevantes que la humanidad tiene que afrontar.

Para poder aprovechar la energía solar que llega a la superficie terrestre primero ha de ser generada en el Sol, de manera similar a una central nuclear de tamaño descomunal. Allí, mediante fusión nuclear, dos núcleos de hidrógeno se combinan desprendiendo grandes cantidades de energía que viajan por el espacio en forma de radiación electromagnética y llegan a nuestro planeta. La cantidad de energía allí generada es de unos $63.450.720 \text{ W/m}^2$, de los cuales una cantidad llamada Constante Solar llega al exterior de la atmósfera terrestre: 1.353 W/m^2 , con una variación en torno al 3% debida a la forma elíptica de la órbita en la que gira la Tierra. Gran parte de esta energía se pierde antes de llegar a la superficie terrestre mediante absorción o reflexión por la atmósfera, las nubes o la propia Tierra. En el siguiente gráfico se puede apreciar de manera representativa la distribución de la energía solar que llega al exterior de nuestra atmósfera:

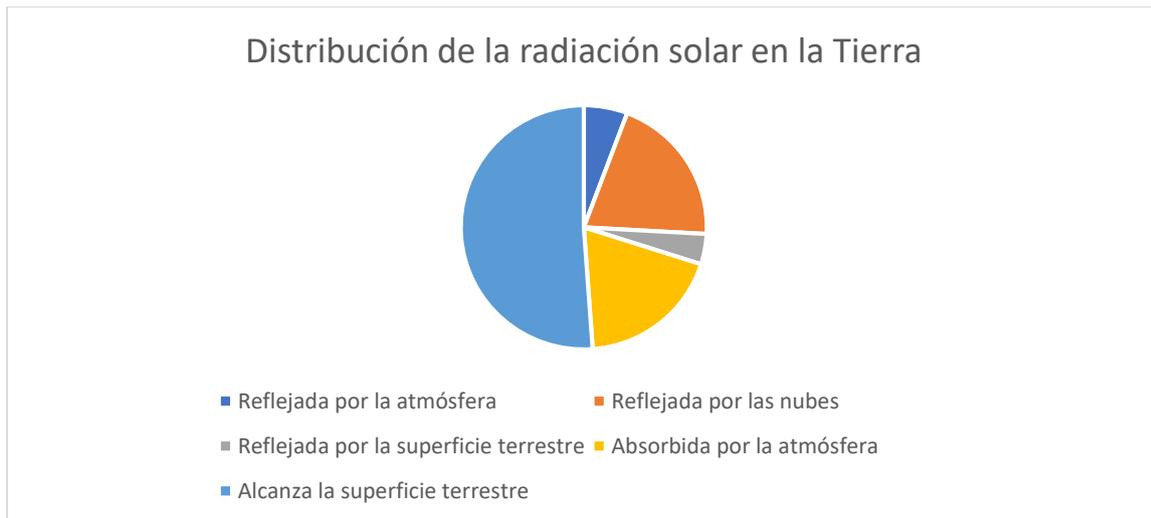


Figura 1

Como podemos ver, la cantidad que recibimos en la superficie terrestre de energía solar sigue siendo enorme, tanto que es más que suficiente para satisfacer la demanda energética de toda la población. Sin embargo, no disponemos de la tecnología necesaria para aprovechar al completo toda esta energía, pero sin lugar a dudas no estamos sacando el máximo partido a aquéllas que sí tenemos.

3.1. DESARROLLO Y EXPECTATIVAS DE FUTURO

Es de conocimiento público que es necesario hacer cambios en nuestro sistema de producción energética, basado esencialmente en fuentes de energía fósiles, dado que presentan un gran impacto medioambiental con importantes consecuencias como son el agravamiento del cambio climático, la destrucción de la capa de ozono, la formación de lluvia ácida o la generación de residuos contaminantes tanto en el aire como en el suelo, lo cual afecta también a la salud de las personas, además del claro impacto para el planeta. Otro factor clave es el hecho de que estos recursos comienzan a agotarse y deslocalizarse, creándose así una gran dependencia de algunos de ellos, lo cual nos conduce a un incremento de precios y conflictos políticos y sociales entre distintos territorios.

No obstante, a nivel político siempre resulta más cómodo y aparentemente barato a corto plazo mantener las instalaciones y modelos energéticos ya implementados basados en combustibles fósiles, a pesar de todos los inconvenientes y problemas que sabemos que acarrearán, que cambiar a un modelo de energías limpias para el que hay que realizar una inversión inicial, aunque esta sea devuelta con creces con el paso del tiempo. Por ello, es necesario un compromiso por parte de las instituciones para poder desarrollar lo suficiente y así implementar un modelo basado en energías limpias.

Dicho esto, es necesario trabajar en este nuevo sistema que evite los problemas anteriormente citados antes de que la situación se torne insostenible y tengamos que afrontar la escasez de combustibles fósiles sin tener desarrollado un sistema de producción basado en energías renovables lo suficiente maduro y que no pueda cubrir nuestras necesidades.

Las razones anteriores hacen necesario el desarrollo de energías alternativas, entre las que se incluye la energía solar, que se obtiene a partir de un recurso gratis y abundante.

En cuanto al desarrollo de la energía solar en concreto, las expectativas son bastante favorables, dado que el precio del kilovatio-hora está disminuyendo con el paso de los años, llegando a ser considerada la energía más barata a largo plazo en casi 60 países.

3.1.1. Desarrollo en España

España es un país privilegiado en cuanto a horas de sol, tanto diarias como a lo largo del año, lo cual lo convierte en un candidato ideal para la localización de instalaciones de energía solar. Fue también uno de los países pioneros y líderes en el desarrollo de esta energía. Sin embargo, este desarrollo fue radicalmente frenado, debido principalmente a la

promulgación de ciertas leyes que explicaré a continuación junto con otros eventos relevantes.

A finales del año 1998, el Real Decreto 2818/1998 estableció una bonificación para las instalaciones abastecidas con fuentes de energía renovables, el cual debería ser revisado cada año. La situación se presentaba tan favorable y se preveía tanto potencial de generación eléctrica por parte de fuentes renovables, que se comenzaron a establecer mayores bonos específicos para la energía solar fotovoltaica en el Real Decreto 436/2004, los cuales deberían ser retribuidos durante toda la vida útil de la instalación. Sin embargo, esta situación a priori tan propicia dio lugar a un disparo en el número de particulares que decidieron invertir en generación fotovoltaica, lo cual, sumado al hecho de que no se puso ningún límite financiero ni de capacidad instalada, ocasionó que los fondos del Estado no pudiesen sostener el pago de tantas primas de tal cuantía. Así, la situación tuvo que ser frenada con la promulgación del Real Decreto-Ley 7/2006, que toma ciertas medidas urgentes, incluyendo la desvinculación de las bonificaciones anteriores y anuncia cambios en el marco estatal y la revisión de determinados proyectos, lo cual supuso una gran desestabilización del sector. Posteriormente, el Real Decreto 661/2007 deroga el Real Decreto 436/2004 y establece el periodo de revisión de las bonificaciones en 4 años, comenzando en 2010 y también anula los bonos a instalaciones basadas en la tarifa de referencia establecido en 2004. Además, como consecuencia de la crisis económica, los subsidios a la energía solar que seguían vigentes fueron considerablemente recortados y se cancelaron de manera irrevocable los proyectos futuros, resultando en un importante debilitamiento de la industria solar hacia finales del 2009. Un año más tarde, incluso los subsidios de los proyectos ya existentes fueron recortados, causando serios problemas económicos a dicha industria y una recesión de la mayoría de los usuarios domésticos, viéndose obligados a cubrir los gastos por su cuenta. En 2015 se publicó el que

probablemente sería el decreto relacionado con las energías renovables más controvertido, el coloquialmente llamado 'Impuesto al Sol', que obliga a los usuarios de sistemas de autoconsumo a pagar en función de la potencia instalada en los paneles fotovoltaicos sin recibir ningún tipo de retribución económica por la energía que vierten a la red. Durante este último año fue anulado un artículo de esta ley que prohibía compartir el mismo generador entre varios consumidores, pero todavía queda un largo camino hasta que volvamos a alcanzar una situación favorable para la energía solar.

3.2. VENTAJAS

Como ya se ha dicho antes, el Sol genera una gran cantidad de energía que llega a la Tierra y puede ser aprovechada. Algunos de los beneficios que esta energía presenta son los relatados a continuación:

- Fuente de energía gratuita.

La energía del sol es totalmente libre de costes, a diferencia de los combustibles fósiles. El hecho de que estas energías necesiten un combustible que no puede ser renovado en un periodo corto de tiempo crea una necesidad que conduce a su agotamiento. Esta escasez deriva en un incremento de los precios y la deslocalización del recurso proporciona al territorio donde éste se encuentra gran poder para controlar los precios y la disponibilidad de dicho combustible, pudiendo desencadenarse graves conflictos políticos debidos a esta situación. Por el contrario, la energía solar, puesto que es totalmente gratis y disponible para todo el mundo no presenta los problemas anteriores.

Si bien es cierto que esta energía no se usa tal como llega, sino que debe convertirse en energía eléctrica o en calor, que son las formas en las que normalmente se usan en las viviendas, y los componentes de la instalación, la mano de obra y las medidas que se han de tomar

tienen un coste, pero en cualquier caso es una forma de energía barata, especialmente si se considera a largo plazo.

- Energía limpia.

La explotación de este tipo de energía no genera ningún residuo, que es uno de los mayores asuntos a tratar hoy en día, ya que la contaminación es un problema real. Las centrales térmicas -a excepción de las plantas nucleares- producen grandes cantidades de gases dañinos que incrementan algunos de los mayores problemas medioambientales de estos tiempos: el calentamiento global, favorecido en gran parte por el CO₂, que es uno de los productos principales de las reacciones de combustión que se llevan a cabo en estas centrales térmicas, incrementando el efecto invernadero; la contaminación del aire debida a diferentes partículas que son expulsadas mediante las chimeneas de dichas plantas y que afectan negativamente tanto a los humanos como a su entorno; la lluvia ácida, causada por nitrógeno y azufre, que al ser combinados con agua forman los correspondientes ácidos. En el caso de las plantas nucleares no se presentan los problemas anteriores, pero existe un gran conflicto en torno a la gestión de los residuos nucleares.

Por su parte, la energía solar no produce ningún residuo durante el periodo de su explotación. Sin embargo, la fabricación de los paneles fotovoltaicos es un tema controvertido debido al silicio utilizado y al proceso en sí y el hecho de que cuando finaliza su vida útil y son retirados se convierten en un residuo. Pero la mejora en el proceso de reciclaje es uno de los campos que está siendo desarrollado hoy en día y la contaminación de una instalación solar al completo -incluyendo todo el proceso de fabricación- es considerablemente menor que en cualquier central térmica.

En resumen, la energía solar es una fuente totalmente limpia durante su fase de utilización, pero en el proceso de fabricación se debe

prestar atención al proceso empleado y al reciclaje de los residuos para lograr minimizar su impacto.

- Recurso abundante.

El Sol produce suficiente energía en una hora abastecer a todo el planeta durante un año. Si conseguimos sacar partido a esta ventaja podríamos solucionar la falta de energía en algunas zonas del planeta y así ayudar al desarrollo de algunos países, impulsando su industria y facilidades.

- Una sola inversión.

Una vez que se ha realizado la inversión de la instalación no hay necesidad de comprar ningún combustible periódicamente, ya que el recurso es totalmente gratis, o cambiar ninguna parte de la instalación a no ser que sufra alguna avería imprevista, pues estas instalaciones presentan una vida útil bastante larga.

Esta propiedad permite comenzar a ahorrar desde el instante en que la instalación se pone en marcha y permite recuperar la inversión con gran facilidad, como se demostrará en este proyecto.

- Reducción de precio.

A medida que la tecnología solar va avanzando, los costes de la producción de energía solar disminuyen, siendo una energía cada vez más barata. El caso contrario a lo que ocurre con las energías fósiles, ya que la disminución en su disponibilidad hace que los precios crezcan a medida que pasan los años. Al estar abasteciéndonos de energías renovables evitaríamos estos aumentos y fluctuaciones en el precio de la energía y un abaratamiento en su precio al consumidor. Tanto es así, que en los últimos 5 años el precio de los paneles se ha visto reducido en un 80%.

3.3. TIPOS

Entendiendo como energía solar toda aquella proveniente del Sol que puede ser aprovechada por los humanos podemos clasificar ésta en los siguientes tipos:

3.3.1. Energía solar pasiva

Es aquella que no necesita ningún dispositivo mecánico para su aprovechamiento, sino que se utiliza de forma directa sin ser transformada en otro tipo de energía. No obstante, en ocasiones puede ser complementada por ciertos sistemas mecánicos para su regulación u otras funciones.

Ejemplos de este tipo de energía son algunos sistemas de calentamiento de agua como el termosifón, el uso de masa térmica o cocinas solares. También podemos englobar en este tipo la arquitectura bioclimática, que aprovecha la energía solar mediante los elementos que conforman su diseño, práctica que se ha utilizado desde la Antigüedad para mantener una temperatura confortable en el interior de las viviendas.

Este tipo de energía resulta positiva, ya que no genera gases contaminantes, es sencilla y de costes reducidos. Si bien, no suele utilizarse por sí sola para fines energéticos debido a su baja eficiencia, aunque es un buen complemento para otros tipos de energías, aumentando el ahorro y el rendimiento.

3.3.2. Energía solar activa.

Por el contrario, la energía solar activa es aquella que sí emplea dispositivos mecánicos para captar, almacenar o distribuir la energía proveniente del Sol.

Ésta puede clasificarse a su vez atendiendo al tipo de energía en la que es transformada en las siguientes categorías:

- Fotovoltaica.

La energía solar fotovoltaica es una fuente que produce energía eléctrica a partir de la radiación solar, mediante el proceso físico que se explicará en detalle en el apartado 3.4 (Fundamento de las células fotovoltaicas). Este tipo de energía es en la que se basa nuestro proyecto.

- Térmica

Por su parte, la energía solar térmica, en lugar de producir electricidad, aprovecha la energía del sol para calentar otro medio u objeto, como puede ser agua u otro fluido con propiedades térmicas favorables para la transmisión de calor.

Para potenciar el efecto de captación del calor solar es común utilizar espejos o lentes que concentren la radiación en el punto donde se encuentre el tubo que transporta el fluido, esto da lugar a otra variante de la energía solar térmica, conocida como termosolar de concentración (CSP).

Además, por lo general las instalaciones solares térmicas se apoyan en diseños que favorezcan el efecto anterior, como son construcciones parabólicas, ya sean en forma cilíndrica o de disco, y materiales con buena conducción térmica que propicien el intercambio para obtener una mejor eficiencia.

Si bien, también se puede utilizar el calor del sol para refrigeración mediante absorción. Esto es posible gracias a una serie de procesos físico-químicos que se producen en un circuito de refrigeración convencional entre determinados pares de sustancias, como pueden ser el agua con el amoníaco o con el bromuro de litio. Dichas

reacciones son iniciadas mediante la energía solar térmica y a través del ciclo de absorción-refrigeración se consigue extraer calor con el simple aporte de energía del calor solar.

- Termoeléctrica

Este tipo de energía es aquella que se resulta del calentamiento de agua para mover un alternador y producir así electricidad. En el caso concreto de la termoeléctrica solar, dicha agua se calienta gracias a la energía proveniente del Sol, pero por lo general no lo hace directamente, sino a través de un fluido secundario con un mayor punto de evaporación, mejorando así el rendimiento del ciclo en general y la transmisión de calor en particular. De esta manera, el agua se calienta por encima de su punto de ebullición pasando a vapor y moviendo así una turbina, que al girar producen energía eléctrica.

- Híbrida

Por último, en algunas ocasiones es interesante combinar la energía solar con alguna otra fuente de energía.

Un caso bastante común es la combinación de energía fotovoltaica con electromecánica, a través de la conjunción de paneles fotovoltaicos con generadores diésel. Esta solución se puede encontrar especialmente en ciertos países subdesarrollados, donde la conexión a la red eléctrica es inexistente o poco fiable, por lo que es común el uso de generadores diésel. Si bien, los costes de la materia prima son muy elevados, por lo que una buena solución para disminuir la necesidad de combustible es la combinación del sistema con paneles fotovoltaicos que cubran gran parte de la demanda energética.

Otra combinación interesante es la eólico-solar. Estabiliza la producción eléctrica apoyándose en la energía eólica en los periodos

de escasez de luz solar, siendo más fiable que cada una de ellas por separado. Esta solución se utiliza especialmente en instalaciones aisladas de la red, ya que la cantidad de energía que llega a producir suele ser más que suficiente y bien distribuida a lo largo de las horas del día.

3.4. FUNDAMENTO DE LAS CÉLULAS FOTVOLTAICAS

La base del funcionamiento de los paneles fotovoltaicos es el efecto fotoeléctrico. Éste consiste en la transformación de la energía lumínica a energía eléctrica, o lo que es igual, de fotones a flujo de electrones, y será explicado en profundidad en el apartado 6 (Fundamentos Teóricos).

3.4.1. Tipos de células

Las células fotovoltaicas están fabricadas por lo general de silicio, que es un material semiconductor que posee propiedades fotoeléctricas, lo cual significa que capta los fotones de la luz y los transforma en electrones libres, que al ser capturados originan una corriente eléctrica, que es aprovechada en forma de electricidad.

Dichas propiedades termoeléctricas también se dan en otros materiales, que pueden ser formados por un único elemento, como el germanio o el selenio; compuestos binarios, entre los que se podría destacar el telururo de cadmio o el arseniuro de galio; ternarios, donde incluiríamos varios compuestos de estructura calcopirita basados en el cobre, como podría ser el CuInSe_2 , y muchas otras aleaciones de materiales metálicos y semiconductores.

No obstante, estos compuestos se agrupan formando redes cristalinas que dan lugar a cristales de mayor tamaño. Si la célula está formada por un

único cristal estaríamos hablando de una célula monocristalina. Éstas presentan una mayor eficacia que el resto, aunque su coste de producción es más elevado. Este tipo de células serán las que se utilicen en este proyecto, ya que nos interesa obtener un buen rendimiento.

Sin embargo, si los cristales que se agrupan son considerablemente más pequeños y desordenados entre sí, - aunque siempre manteniéndose la estructura de red cristalina dentro de cada grano- se trataría de una célula policristalina y tienen la ventaja de que su precio es menor que las anteriores.

A medio camino entre las anteriores se situarían las células multicristalinas, donde los cristales tienen un tamaño medio y son una opción si se quiere reducir el coste de las monocristalinas, aunque también se compromete su rendimiento.

Por otra parte, también existen dispositivos híbridos, que se tratan de un sustrato monocristalino sobre el que se deposita un segundo material de estructura policristalina, teniendo parte de las ventajas que se obtienen con monocristalinas, pero reduciendo su precio.

Existe otro tipo de células, que serían de composición amorfa, aunque en la actualidad el único material empleado con tal estructura es el silicio, frecuentemente con incorporación de hidrógeno. Este tipo de células tienen la desventaja de presentar una gran degradación durante los primeros meses de utilización.

4. AUTOCONSUMO

4.1. ALTERNATIVAS EN LA ACTUALIDAD

A día de hoy, existen diferentes métodos para obtener agua caliente sanitaria, siendo los más extendidos no procedentes de energías renovables. Si bien, también existen numerosas vías mediante energías limpias.

Para calentar el agua se pueden emplear diversas fuentes de energía. Esto puede ser mediante la quema de un combustible, como es el caso de los calentadores. Dicho combustible puede ser gas natural, propano, butano, biomasa... Esta combustión desprende una determinada cantidad de calor que se emplea en calentar el agua para las necesidades del consumidor.

Otra forma de obtener calor es empleando la corriente eléctrica, gracias al efecto Joule. Este fenómeno se basa en que al pasar una cierta corriente eléctrica por un conductor se desprende una cantidad de calor proporcional, lo que se explicará en detalle en el apartado 5 (Fundamentos teóricos). En aplicaciones de transporte de electricidad este es un efecto no deseado, ya que la energía desprendida en forma de calor es energía que no se podrá aprovechar con fines eléctricos. Si bien, conociendo este efecto podemos utilizar ese calor para otras aplicaciones, como es nuestro caso. Se puede aprovechar ese calor para calentar agua, siendo este el principio usado en los termos eléctricos. No obstante, los termos eléctricos convencionales emplean la corriente eléctrica de la red, pero en nuestro caso utilizaremos la electricidad generada mediante células fotovoltaicas para conseguir el mismo objetivo.

Utilizando también el Sol como recurso para el calentamiento de agua, existen los colectores solares, cuyo principio de funcionamiento es

básicamente lo explicado en el apartado 3.3.2 (Energía solar activa) para la energía solar térmica. Aprovechando el calor del sol, se calienta un fluido que puede ser la propia agua que servirá para consumo posterior, aunque normalmente se trata de un fluido secundario que cederá su calor a ésta.

4.2. COMPARACIÓN ENTRE COLECTORES SOLARES Y PANELES FOTOVOLTAICOS PARA APLICACIONES TÉRMICAS

Hoy en día, el método más común para calentar agua usando energías limpias es mediante colectores solares. Sin embargo, presentan algunas desventajas que hacen que algunos potenciales consumidores no se decidan a realizar la instalación. La solución propuesta de calentar agua mediante el uso de paneles fotovoltaicos evita todas esas desventajas, explicadas a continuación:

- Sobrecalentamiento.

Este fenómeno se da cuando el fluido dentro de las tuberías alcanza temperaturas considerablemente más altas que la de operación. Esto sucede si la energía recibida excede la demanda y la capacidad de almacenamiento, entonces los colectores mantienen el calor obtenido aumentando su temperatura, lo cual normalmente ocurre en periodos de vacaciones o cuando la casa no está habitada por un tiempo. Si se produce sobrecalentamiento, el colector puede verse dañado o alcanzarse la temperatura de estancamiento, que es otro problema que será explicado en detalle posteriormente.

Las altas temperaturas hacen que el fluido hierva, aumentando la presión dentro del sistema debido a la evaporación y la dilatación. Normalmente este tipo de instalaciones tienen válvulas que en el caso de que se alcancen temperaturas peligrosas deja salir una cantidad del fluido, el cual deberá ser reemplazado posteriormente, lo que implica tiempo y costes adicionales.

Sin embargo, con el uso de paneles fotovoltaicos este fenómeno no se da, ya que no es necesario hacer circular agua, sino que simplemente es la electricidad la que calienta el contenido del depósito. Así, en periodos de ausencia de demanda se puede mantener el sistema encendido de manera que se siga vertiendo corriente a la red y que solo se active el termo para mantener la temperatura o desactivarlo y que no fluya corriente, aunque a la hora de volver a encenderlo habría que calentar el agua salvando un salto térmico mayor.

- Estancamiento.

Hace referencia al estado en el que el flujo se ve interrumpido a pesar de recibir suficiente radiación solar para que el sistema opere. Si esto sucede durante un tiempo prolongado y el sol continúa incidiendo, la temperatura y con ella la presión aumentan, pudiendo dañar ciertas partes del colector.

- Congelamiento de agua.

De forma análoga a lo que sucede con el estancamiento y el sobrecalentamiento, cuando las temperaturas no son muy altas sino muy bajas también supone un riesgo para el sistema, ya que el agua del circuito puede congelarse, por lo que se hace necesario el uso de anticongelantes u otras medidas, con el coste y riesgos adicionales que esto supone.

- Aislamiento de tuberías

En el caso de los colectores solares, el fluido primario, una vez calentado necesita ser transportado desde el colector hasta el intercambiador y de ahí al punto de consumo o de almacenamiento. Para evitar pérdidas térmicas en este recorrido es necesario aislar correctamente las tuberías por las que ésta circula. Si en vez de

transportar el fluido caliente a lo largo de distancias tan grandes se calienta en el propio termo se evita la necesidad de ese aislamiento, solo es necesario para la distribución del agua a los puntos de consumo, lo cual suelen ser distancias pequeñas, dentro de la propia vivienda.

- Poca flexibilidad de instalación.
El hecho de que las tuberías tengan que estar adecuadamente aisladas dificulta la flexibilidad de instalación, ya que si se quieren instalar por ejemplo en el jardín hay que tener en cuenta el recorrido que seguirán las tuberías, que además se debe procurar que sea lo más corto posible para reducir las pérdidas.
- Gran espacio requerido
Al espacio ocupado por los paneles hay que añadir el del acumulador, lo cual reduce en parte las posibilidades de instalación, puesto que se necesita mayor espacio.
- Menor vida útil
La mayoría de instalaciones solares térmicas tienen una garantía de unos 10 años, lo cual no es demasiado si se piensa en los años que se suele habitar una vivienda. Mientras que para el caso de paneles fotovoltaicos está garantizado un alto rendimiento durante al menos 25 años en la mayoría de los casos, pudiendo durar más de 40 años, basándonos en instalaciones aisladas de mayor antigüedad que a día de hoy aún siguen operativas.

Por el contrario, con el uso de paneles fotovoltaicos los problemas anteriores no se dan, ya que no es necesario hacer circular agua, sino que simplemente es la electricidad la que calienta el contenido del depósito. Así,

en periodos de ausencia de demanda se puede mantener el sistema encendido de manera que se siga vertiendo corriente a la red y que solo se active el termo para mantener la temperatura o desactivarlo y que no circule corriente, aunque a la hora de volver a encenderlo habría que calentar el agua salvando un salto térmico mayor.

El hecho de que la energía se transporte mediante cables facilita considerablemente la flexibilidad de instalación, ya que son mucho más pequeños que las tuberías y no es necesario aislarlos térmicamente. Por esta razón existe la posibilidad de instalarlos no solo en el tejado de la vivienda, sino también en el suelo de la finca en algún punto que tal vez sea más favorable para una instalación solar, integrado en la construcción de algún otro modo o incluso, tomando las medidas necesarias, podría servir de tejado de un aparcamiento para vehículos.

5. SISTEMA

5.1. UBICACIÓN

La vivienda se sitúa en Las Cárcobas, un barrio de Laredo cuyas coordenadas son 43°24'21"N, 3°24'2"W. Éste es un lugar adecuado para una instalación fotovoltaica, ya que se encuentra en un entorno rural, donde todas las viviendas vecinas son casas unifamiliares y está situado en lo alto de una colina sin más montañas a su alrededor, lo que dota a esta zona de más horas de sol que otras localidades vecinas. La baja densidad de población característica de estas áreas normalmente implica grandes terrenos alrededor de la casa, lo que garantiza la ausencia de sombras, que reducirían la eficiencia de la instalación solar.

Los paneles fotovoltaicos se instalarían en el tejado de la vivienda, conduciendo la electricidad en corriente continua mediante cables hasta el termo, que se podría encontrar en un habitáculo construido para tal fin dentro de la casa. No obstante, como ya se ha explicado previamente, no hay necesidad de colocar tuberías exteriores a diferencia del caso de los colectores solares, por lo que se podrían colocar los paneles en el jardín, como tejado del garaje o en cualquier otro edificio dentro de la propiedad.

5.2. MARCO REGULATORIO

Las leyes que se encuentran en vigor a fecha de la realización de este proyecto relacionadas con las instalaciones fotovoltaicas son las siguientes:

- Ley 54/1997, 27 de noviembre.
- RD 2818/1998, 23 de diciembre.
- RD 1663/2000, 29 de septiembre.
- RD 1995/2000, 1 de diciembre.

- Resolución del 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas.
- RD 842/2002, 2 de agosto.
- RD 314/2006, 17 de marzo.
- RD 661/2007, 25 de mayo.
- RD 1578/2008, 26 de septiembre.

5.3. EXPLICACIÓN DEL SISTEMA

El sistema consiste en una instalación fotovoltaica en el tejado de una casa. Los paneles toman la energía proveniente de sol en forma de rayos y la convierten en electricidad, siendo a continuación conducida mediante los cables en corriente continua hasta el termo eléctrico, donde el agua está almacenada, y se calienta mediante una resistencia hasta la temperatura máxima calculada. Desde allí, el agua puede tomar diferentes caminos a través de las tuberías hasta los puntos receptores.

Para garantizar su operabilidad independientemente de las condiciones climatológicas, esto es, durante la noche o para periodos prolongados de escasez de luz, existe una segunda resistencia que operará en corriente alterna, tomando la electricidad directamente de la red, operando como un termo eléctrico convencional.

Por el contrario, cuando la energía generada supera la consumida para un periodo de tiempo concreto, este exceso se utiliza para alimentar una batería de células Peltier que será el elemento refrigerador de una pequeña nevera para bebidas. Esto es posible gracias a la instalación en el termo de dos termostatos (T1 y T2) que, cuando la temperatura del agua es inferior a la programada en el termostato T1 – 45°C en nuestro caso -, se toma corriente de ambas fuentes, estando conectadas tanto la resistencia de continua como la de alterna. Una vez alcanzada dicha temperatura se

desconectará automáticamente la entrada de corriente alterna, continuando el calentamiento tan solo con la energía procedente de los paneles hasta la temperatura establecida en el termostato T2, que la hemos fijado en 60°C según los cálculos detallados posteriormente en este documento. Así, una vez que se haya alcanzado esta temperatura se cortará la alimentación del termo y la energía que continúa generándose se dirigirá a la nevera para su máximo aprovechamiento. De esta manera el termo siempre tiene preferencia respecto a la refrigeración, ya que no es necesario que ésta esté enfriando continuamente, y lo que se pretende con esta medida es desperdiciar la menor cantidad de energía posible.

5.4. COMPONENTES

El sistema consta de:

- Paneles fotovoltaicos.

Los paneles elegidos son el modelo de RED260-60M-260W, de Red Solar, debido a su relación prestaciones-precio y a los servicios y garantías ofertados. Están compuestos por 60 células monocristalinas de gran eficiencia e incluye diodo de bypass, que minimiza las posibles pérdidas debidas a la proyección de sombras.

Este fabricante nos ofrece una garantía de 10 años por producto defectuoso y asegura un 90% de la salida de potencia a los 10 años y un 80% a los 25.

El sistema se compondrá de 8 paneles, como se detallará posteriormente en el anexo correspondiente a los cálculos, y estarán conectados en serie tal y como se representa en el documento "PLANOS".

- Termo eléctrico.

El fabricante Recosun ha desarrollado un nuevo tipo de termo que funciona tanto con energía solar como eléctrica tomada de la red.

Este termo se puede encontrar en distintas capacidades, pero el modelo que hemos seleccionado para nuestro proyecto es el M+K160C, cuyas características técnicas y funcionamiento detallado se explica en los anexos correspondientes.

- Regulador de carga MPPT

El modelo seleccionado ha sido el Regulador de Carga BlueSolar MPPT 75/15 12-24V. Se trata de un seguidor del punto de máxima potencia ultrarrápido, siendo especialmente importante en situaciones de cielo nublado, cuando la intensidad lumínica varía constantemente. La generación de energía al incluir este dispositivo se verá optimizada hasta en un 30%, uniformizando la cantidad de energía generada y aumentando el ahorro.

- Seguridad/Protecciones

Toda instalación eléctrica necesita unas correctas protecciones para garantizar la seguridad tanto de las personas como de la propia instalación. La parte de la instalación que funciona en corriente alterna se presupone que estará protegida con las medidas de protección habituales de la vivienda antes de instalar los paneles fotovoltaicos, por lo que no se profundizará en ello. Por otra parte, la corriente generada en los paneles es continua, por lo que algunos de los elementos de la caja de protecciones de la vivienda no actuarían en caso de fallo, ya que están diseñados para la corriente de red, que es alterna. Así, para garantizar la seguridad de la instalación fotovoltaica se recomienda instalar los siguientes elementos:

- Dispositivo protector contra descargas y sobretensiones (SPD), que puedan ser producidas por impactos de rayos en alguna parte del sistema fotovoltaico.
- Interruptor de corriente continua, que debe ser elegido según las características técnicas de los paneles, siendo el valor

máximo de la protección el indicado por el fabricante de los paneles fotovoltaicos

- **Cableado**

Para el conexionado entre los paneles solares y otras partes de la instalación no puede utilizarse cualquier cable, ya que parte de éste deberá estar a la intemperie, por lo que el cable a utilizar deberá ser resistente a las diferentes condiciones climatológicas, así como a los rayos solares, que suelen contribuir al deterioro de éste. Por ello, en este tipo de sistemas se emplea un cable solar, que está diseñado para soportar los rayos UV y condiciones atmosféricas adversas. Además, suelen soportar un amplio rango de temperaturas sin que esto afecte apenas a su funcionamiento.

Este cable está incluido con el kit de los paneles fotovoltaicos, razón por la cual no aparecerá desglosado en el presupuesto.

5.5. MANTENIMIENTO

Las instalaciones fotovoltaicas se suelen caracterizar por la alta calidad de sus materiales, por lo que, unido a un buen diseño de los componentes, las operaciones de mantenimiento requeridas son muy escasas. Si bien, es necesario realizar ciertas actividades para alargar su vida útil al máximo y optimizar su funcionamiento.

Nuestro sistema se compone de dos partes fundamentales: la instalación fotovoltaica, junto con el cableado y las protecciones eléctricas, y el termo donde se calentará el agua. Cada una de estas partes requiere un mantenimiento específico.

5.5.1. Mantenimiento de la instalación fotovoltaica

Una instalación de paneles fotovoltaicos precisa de un adecuado mantenimiento si queremos obtener el mejor rendimiento de ella y que su vida útil cumpla con lo esperado. Para ello, podemos clasificar las actividades de mantenimiento en dos grupos: actividades de mantenimiento fotovoltaico preventivo y no preventivo.

El mantenimiento preventivo puede ser realizado por lo general por personal no especializado, ya que no implica grandes riesgos.

Dentro de estas actividades se encuentra el correcto mantenimiento de la superficie de los paneles, es decir, retirar cualquier tipo de suciedad u objeto que esté depositado sobre éstos, ya que reduciría la corriente eléctrica generada por nuestro sistema. Esta operación debe realizarse con cuidado de no deteriorar las placas solares, por lo que se deben evitar métodos de limpieza abrasivos o estropajos. Para un óptimo funcionamiento se recomienda realizar esta actividad mensualmente en la instalación.

Otra actividad que nos ayudará a mantener el buen funcionamiento de la instalación solar será inspeccionar visualmente con una frecuencia recomendada de dos meses los posibles desperfectos que se hayan generado en cualquier parte de los paneles. Ya sea la rotura de alguno de los cristales, la deformación de los marcos de los módulos o las posibles degradaciones de la estructura soporte. Además, es aconsejable comprobar anualmente la fijación de la estructura tanto a la cubierta como a los módulos mediante un correcto par de apriete y la consecuente sustitución de algún elemento en el caso de que no se encuentre en buenas condiciones, y también la comprobación de la estanqueidad mediante unas juntas correctamente selladas.

Por el contrario, el mantenimiento no preventivo lo componen actividades que deben realizarse por personal con conocimiento y experiencia en sistemas eléctricos, ya que es necesario trabajar sin tensión en las líneas y este proceso debe ser realizado correctamente, siguiendo los procedimientos eléctricos habituales y manteniendo en todo momento las medidas de seguridad establecidas, sin olvidar la verificación de ausencia de tensión antes de comenzar la actividad.

El mantenimiento no preventivo de las placas solares deberá ser realizado anualmente, durante las horas centrales del día para garantizar una máxima producción de corriente. Esta actividad comprobará el estado y estanqueidad de las cajas de conexionado, la tensión a circuito abierto y la corriente de cortocircuito.

También deberán comprobarse las caídas de tensión en cada uno de los circuitos de la instalación, siendo realizado cuando la corriente de funcionamiento esté en sus valores más altos dentro del rango.

Otra parte importante de la instalación, no solo para el funcionamiento, sino especialmente para la seguridad, son las protecciones. Es importante comprobar y mantener el correcto estado de éstas. Se deberán comprobar al menos una vez cada cinco años los dispositivos de protección contra cortocircuitos, contactos directos e indirectos y la relación entre sus intensidades nominales y la sección de los cables a los que protegen. Con la misma frecuencia se deberá revisar el aislamiento de la instalación interior de la vivienda, siendo siempre mayor de 250.000Ω , tanto entre cada uno de los conductores de tierra como entre dos conductores.

Por último, también es necesario comprobar la correcta puesta a tierra de la instalación fotovoltaica, al menos cada dos años y en la época que el terreno se encuentre más seco. Para ello se medirá la resistencia a tierra, no pudiendo sobrepasar nunca el valor prefijado. Además, se efectuará un

examen visual a la conexión de la barra de puesta a tierra con el resto de la línea para comprobar su estado frente a la corrosión.

5.5.2. Mantenimiento del termo

El termo eléctrico está fabricado principalmente de acero vitrificado, que al verse en contacto con el agua que se contendría en su interior daría lugar a una reacción electrolítica que resultaría en la corrosión de las paredes internas de éste. Si bien, este fenómeno puede evitarse incorporando un ánodo de sacrificio, que no es más que una barra recubierta de un material más reactivo que el acero, por lo general magnesio. Así, el ánodo absorbe la actividad química producida, oxidándose, y permaneciendo las paredes del termo protegidas de esta corrosión. No obstante, es necesario revisar el estado de oxidación del interior de la cubeta y del ánodo al menos anualmente para cambiarlo por uno nuevo cuando sea necesario y de esta manera seguir protegiendo el termo.

5.6. CÉLULAS PELTIER

5.6.1. Definición

Una célula termoeléctrica o Peltier es un componente electrónico formado por unas placas de algún material semiconductor, las cuales tienen la propiedad de producir calor en una y frío en otra, dependiendo de la polaridad que se aplique a cada una. Esto tiene lugar gracias al efecto Peltier, el cual está detallado en el siguiente apartado.

5.6.2. Efecto Peltier

El efecto Peltier es uno de los tres tipos de efecto termoeléctrico que existen. El efecto termoeléctrico se define como la conversión directa de una diferencia de temperatura a tensión eléctrica y viceversa. Así, los dispositivos termoeléctricos se basan en que, cuando dos metales están unidos por dos puntos diferentes, ambos puntos presentan una diferencia

de temperatura entre sí, creando una diferencia de potencial entre ellos. Del mismo modo, si se hace circular una corriente por estos metales, se producirá una transferencia de calor entre ambos, es decir, uno se enfriará mientras que el otro se calentará.

Como se ha mencionado previamente, se diferencian tres efectos diferentes: el efecto Seebeck, que consiste en la conversión directa de un gradiente de temperatura en electricidad; el efecto Thomson, que describe el cambio de temperatura en un conductor con un gradiente térmico por el que circula corriente eléctrica; y el efecto Peltier, que es el que resulta de nuestro interés para este proyecto.

El efecto Peltier fue descubierto por Jean Peltier en 1834 y explica la creación de una diferencia de temperatura debida a una tensión eléctrica. Esto sucede cuando una corriente se hace circular por dos metales o materiales semiconductores conectados por dos puntos de unión. Esta corriente origina una transferencia de calor entre una unión y otra, enfriándose una y calentándose la otra, lo cual da lugar a aplicaciones tanto de refrigeración como de calentamiento. La justificación científica de este fenómeno se reduce a que, al fluir los electrones de una zona de alta densidad a una de baja, se expanden, disminuyendo así la temperatura.

5.6.3. Funcionamiento

A efectos prácticos podría decirse que un elemento termoeléctrico funciona como una bomba de calor, retirando calor de una parte y cediéndolo a otra. Para nuestro objetivo sólo nos interesa la parte refrigeradora, quedando la caliente expuesta al ambiente sin apenas influir en la temperatura de la habitación, ya que la potencia que se instalará será reducida para una habitación completa, aunque suficiente para conseguir nuestro objetivo de ligero enfriamiento en el interior de la nevera.

Cada elemento alterna una serie de semiconductores tipo-N y tipo-P, teniendo coeficientes de Peltier complementarios entre sí. Esta cadena de semiconductores se suelda entre dos placas cerámicas, las cuales estarán eléctricamente conectadas en serie, pero térmicamente en paralelo. De esta manera, gracias al efecto Peltier, el elemento absorberá calor por una de sus caras, cediéndolo por la otra. Se puede observar un esquema de la estructura de una célula Peltier en la figura 2.

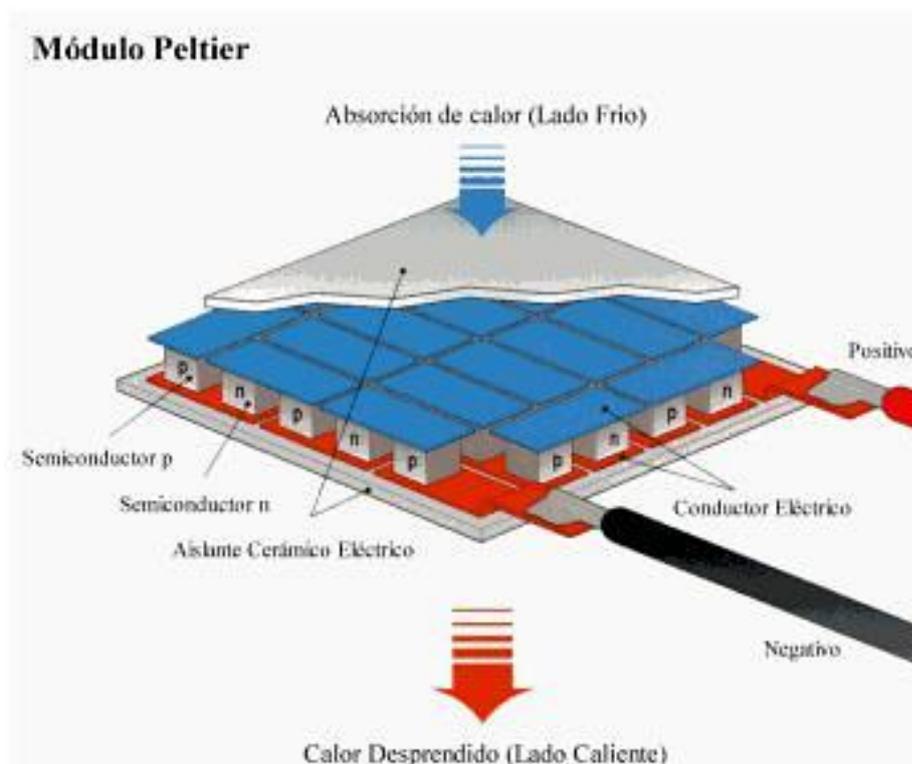


Figura 2

Por lo general, el material semiconductor que se suele emplear es telururo de bismuto, telururo de antimonio o seleniuro de bismuto, debido a que son los que ofrecen mejores resultados en el rango de 180K a 400K y a que pueden operar tanto como tipo-N o como tipo-P.

Una célula Peltier puede alcanzar temperaturas de unos 10°C en la cara fría y de unos 80°C en la caliente, por lo cual es aconsejable también una adecuada disipación de calor. Como se puede ver, su eficiencia refrigeradora no es demasiado grande, pero es suficiente para la

funcionalidad que pretendemos darle. Además, se caracterizan por ser de reducido tamaño, existiendo también la posibilidad de conectar varias para aumentar el efecto producido.

5.6.4. Sistema

El sistema que se propone utilizando células Peltier es la refrigeración de una vinera. Estos aparatos no necesitan enfriar a temperaturas tan bajas como podría ser el caso de una nevera. Dependiendo el tipo de vino que se pretenda conservar, la temperatura deseada variará, pero lo ideal es mantenerlo alrededor de los 12°C, siendo poco recomendable que sobrepase los 24°C y recomendando que las fluctuaciones diarias no sobrepasen los 1,5°C. Todo lo anterior se puede conseguir con la instalación de una batería de células Peltier en una nevera bien aislada donde se mantenga la temperatura. Puesto que no estaremos alimentando la célula continuamente, sino tan solo cuando haya un exceso de producción eléctrica, no estará enfriando en todo momento, pero sí lo suficiente para mantener una temperatura adecuada en el interior.

5.6.5. Presupuesto

Para una nevera de unas seis botellas sería suficiente con instalar tres celdas Peltier, que nos proporcionarían el enfriamiento necesario para un volumen aproximado de 16l.

Estos elementos se encuentran en el mercado por un precio en torno a los 10€ por unidad, por lo que en total implicaría un incremento en el presupuesto de unos 30€, lo cual es prácticamente irrelevante en los cálculos económicos en comparación con el precio del resto de componentes.

5.6.6. Alternativas

Esta solución se ha propuesto con el fin de no desperdiciar el exceso producción eléctrica empleando alternativas relativamente sencillas y de bajo coste. Dado que el único objetivo es proponer una alternativa para dicho fin, no se ha profundizado en los cálculos ni se ha detallado su instalación, ya que se entiende que éste no es el grueso del proyecto.

No obstante, realizando ciertas modificaciones podrían emplearse otras alternativas que cumplieren la misma función, como podría ser la climatización de un espacio, también mediante el uso de células Peltier, iluminación mediante LEDs de algún habitáculo interior o climatización de una piscina, entre otras ideas.

6. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

6.1. EFECTO FOTOELÉCTRICO

El conocido como efecto fotovoltaico o efecto fotoeléctrico tiene como resultado la producción de corriente eléctrica cuando se expone un material con unas determinadas propiedades a la luz.

Esto no se da en cualquier material, sino solo en ciertos materiales semiconductores y la ciencia que se esconde tras este fenómeno es la siguiente:

Por una parte tenemos un fotón, que no es más que cada una de las partículas elementales portadoras de la radiación electromagnética, en este caso de la luz. Y por otro lado, el átomo del material semiconductor, que para la explicación utilizaremos el silicio, cuyo número atómico es 14, teniendo así 4 electrones en su capa de valencia, lo cual le dota de su carácter semiconductor.

Los fotones de la luz tendrán una energía característica determinada por la frecuencia de la luz. Si durante el proceso un electrón absorbe la energía de un fotón y ésta es lo suficientemente grande, se desprenderá del material, convirtiéndose en la electricidad que se utilizará para el consumo.

6.2. EFECTO JOULE

Este efecto se basa en que, al existir una corriente eléctrica, parte de la energía cinética de los electrones que fluyen se transformará en calor debido a los choques, tanto entre sí como con el propio material conductor.

Este fenómeno fue estudiado en primera instancia por James P. Joule, de quien toma su nombre, el cual sumergió un hilo conductor en un recipiente con agua e hizo circular corriente a través de éste durante un tiempo establecido. Tras ese tiempo midió el incremento de temperatura que había experimentado el agua y estableció una relación entre el calor emitido por el conductor, la resistencia de éste y la corriente que circulaba, siendo dicha relación la siguiente:

$$E = R \cdot I^2 \cdot t$$

Por lo general, este es un efecto no deseado en aplicaciones de transporte eléctrico, pero en algunas ocasiones se puede sacar provecho de este fenómeno, como sería en el caso del termo eléctrico. Este dispositivo posee uno o varios elementos de alta resistencia en su interior, de manera que al circular la corriente se desprende una cantidad de calor proporcional al valor de la resistencia.

Otro ejemplo de aplicación en este proyecto, esta vez indeseado, son las pérdidas energéticas que se producen en los elementos conductores que conectan las diferentes partes de la instalación. Éste, junto con otros fenómenos, es el responsable de que la totalidad de la corriente generada en los paneles no pueda ser utilizada en el termo.

7. ABREVIATURAS Y SIGLAS

E: Energía

R: Resistencia

I: Corriente

t: Tiempo

P: Potencia

V: Volumen

V_T : Volumen total de agua necesaria a la máxima temperatura estimada para un uso determinado.

$V_{fría}$: Volumen de agua a la temperatura de suministro.

$V_{caliente}$: Volumen de agua a 60°C.

V_{dep} : Volumen del depósito.

V_{in} : Volumen de agua que entra en el depósito en la hora i .

V_{out} : Volumen de agua demandado para consumo en la hora i

C_p : Calor específico del fluido que cede o gana calor, en este caso es agua en para ambos.

T: Temperatura

T_{mix} : Temperatura máxima estimada para cada aplicación.

$T_{fría}$: Temperatura de suministro.

$T_{caliente}$: Temperatura máxima del agua en el termo.

T_{fin} : Temperatura en el instante final de la hora $i-1$.

H_d : suma diaria promedio de irradiación global por metro cuadrado recibida por los módulos del sistema.

HSP: Horas de Sol Pico

PVPC: Precio Voluntario al Pequeño Consumidor.

IVA: Impuesto de Valor Añadido

RD: Real Decreto

BOE: Boletín Oficial del Estado

BOC: Boletín Oficial de Cantabria

ICIO: Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras

IBI: Impuesto sobre Bienes Inmuebles.

IAE: Impuesto sobre Actividades Económicas

ACS: Agua Caliente Sanitaria

TIR: Tasa Interna de Retorno

VAN: Valor Actual Neto

8. ANÁLISIS ECONÓMICO

Probablemente, el aspecto que más se tiene en cuenta a la hora de realizar una instalación es el desembolso económico que ésta supondrá. Para ello solemos fijarnos tanto en la inversión inicial, ya que muchos usuarios no están dispuestos a gastar una suma muy elevada de dinero que saben que no van a recuperar en un plazo corto, como en la amortización de la instalación, puesto que resulta absurdo invertir en un proyecto sabiendo que nunca recuperarás la totalidad de la inversión o si lo haces será en un periodo de tiempo demasiado largo.

Por ello, uno de los objetivos principales de este proyecto es el de justificar la viabilidad económica de éste y demostrar que existen alternativas reales y más asequibles que las ya conocidas.

Para esta justificación se calculará la inversión total necesaria para instalar el sistema de paneles fotovoltaicos conectados a un termo eléctrico explicado previamente y a continuación se comparará el gasto que supone la factura eléctrica para una familia compuesta por cuatro personas sin el apoyo de paneles fotovoltaicos con el correspondiente cuando se utiliza la instalación propuesta. Finalmente se ha de calcular el tiempo en el que se cubriría la inversión y la estimación del ahorro posterior.

8.1. FACTURA ELÉCTRICA

La factura eléctrica estándar se compone de varios sumandos que juntos hacen el total a pagar. Normalmente la factura eléctrica se paga mensual o trimestralmente, pero en este caso calcularemos los gastos anuales de una vivienda como la empleada para nuestra instalación, pero que no disponga de una instalación fotovoltaica, para después poder estimar el ahorro en la factura que supone al año nuestra propuesta.

- Término fijo de potencia.

Es una cantidad que se debe pagar mensualmente, independientemente de si se ha consumido energía o no, ya que lo que se paga es la garantía de poder conectarse a la potencia contratada cuando sea necesario. En nuestro caso hemos supuesto una potencia contratada de 5.75 kW, que se multiplica por el coeficiente correspondiente, el cual puede ser establecido por el mercado regulado o el libre, dependiendo de nuestra elección. Para los cálculos tomaremos el PVPC en el mercado regulado del día correspondiente y lo supondremos igual para todo el año, aunque sabemos que varía según el mercado, pero no podemos predecir los precios futuros y para la estimación del coste anual no se comete un gran error. En este caso es de 0.124295 €/kW al día de media.

- Energía activa consumida.

Como su nombre indica, representa los kilovatios hora consumidos en el periodo establecido. El consumo medido por el contador a la entrada de la instalación durante dicho periodo se multiplica por el precio que la empresa comercializadora ha acordado para obtener el precio total. Este precio variará dependiendo de la tarifa contratada, es decir, si tenemos una tarifa 2.0DH el precio durante las horas punta será diferente al correspondiente a horas valle. Para nuestros cálculos hemos supuesto una tarifa 2.0A, esto es, el mismo precio durante todo el día.

Para estimar el consumo de energía diario hemos supuesto el uso de los siguientes receptores con las características indicadas en la tabla

1

		P (W)	t (h)	E (Wh)
Iluminación	Cocina	40	6	240
	Salón	40	6	240
	3 habitaciones	60	2	120
	Baño	60	1	60
	Nevera	150	12	1800
	TV	250	6	1500
	Lavadora	1500	1	1500
	Varios	500	1	500
TOTAL:				5960

Tabla 1

Por lo que el consumo anual será de 2.175,4 kWh.

El precio del kilovatio-hora con la tarifa seleccionada se encuentra a 0,156001 €/kWh

- Alquiler de equipos de medida

También hay que pagar mensualmente a la compañía suministradora por el alquiler del contador que mide el consumo realizado. Este precio es fijado por el Gobierno y no depende solo del propio equipo, sino también de los costes asociados a su instalación, certificación, operación y mantenimientos.

- Impuesto sobre la electricidad.

Este es un impuesto especial al tipo del 4,864% que se aplica sobre el total del coste del consumo más la potencia, con un coeficiente del 1,05113.

- IVA.

Finalmente, la suma de todos los términos anteriores va gravada con un 21% de IVA.

Así, la factura eléctrica de nuestro ejemplo quedaría de la manera recogida en la tabla 2.

ENERGÍA

Potencia facturada	$5.75 \text{ kW} \times 365 \text{ días} \times 0.124295 \text{ €/kW día}$	260.86 €
Energía facturada	$2175.4 \text{ kWh} \times 0.156001 \text{ €/kWh}$	339.36 €
Impuesto sobre electricidad	$4.864\% \text{ s}/600.23 \text{ €} \times 1.05113$	30.69 €

TOTAL ENERGÍA 630.92 €

SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS

Alquiler equipos de medida	$0.02677419 \text{ €} \times 365 \text{ días}$	9.77 €
----------------------------	--	--------

TOTAL SERVICIOS Y OTROS CONCEPTOS 9.77 €

IMPORTE TOTAL 640.69 €

IVA 21% s/640.69 € 134.54 €

TOTAL IMPORTE FACTURA 775.23 €

Tabla 2

8.1.1. Cargos

A raíz de la aprobación del RD 900/2015 se establecieron cargos transitorios para instalaciones con autoconsumo. Al ser transitorio, debemos tener en cuenta que la cuantía de estos cargos puede modificarse en cualquier momento en el futuro.

Estos cargos son de dos tipos: fijos, que dependen del exceso de potencia instantánea consumida respecto de la contratada; o variables, en función de la cantidad de energía de la generada que es consumida.

- Fijos.

La forma de conocer los cargos fijos por potencia viene detallada en la sección del BOE correspondiente al RD 900/2015, cuyo precio por kilovatio depende también de la tarifa contratada.

Siguiendo las indicaciones del BOE, los cargos se aplicarán sobre una potencia que será la diferencia entre la potencia de aplicación de cargos y la potencia a facturar a efectos de aplicación de peajes de acceso.

Si bien, en el caso de instalaciones menores de 10 kW que vendan el exceso de producción a la red, ambos términos serán equivalentes, por lo que no existirán cargos fijos por potencia, siendo este nuestro caso.

- Variables.

Por el contrario, los cargos variables se calculan en función de la energía autoconsumida dependiendo de la tarifa contratada según las tablas incluidas en el BOE.

Para la tarifa 2.0 A, que es la contratada en nuestro ejemplo, el peaje en el último año es de 0,049033 €/kWh, que será el valor utilizado para los cálculos.

8.1.2. Impuestos

Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras

Se trata de un tributo indirecto que debe ser aplicado cuando se realice una instalación, construcción u obra. La base imponible de este impuesto es el coste de la ejecución material de la instalación, construcción u obra y debe ser retribuido al Ayuntamiento del municipio donde se realice la actividad. Además, el gravamen de este impuesto es fijado por éste, no pudiendo sobrepasar en ningún caso el 4%, siendo éste el gravamen que aplica el Ayuntamiento de Laredo sobre el coste de la instalación.

Impuesto para los Bienes Inmuebles

Es un tributo directo que se grava el valor de los bienes inmuebles que se recogen en el RD 2/2004. Su base imponible se constituye por el valor catastral de dichos bienes. El tipo de gravamen de este impuesto, según el artículo 72 del mencionado Real Decreto, estará situado entre el 0,3% y el 0,9%, siendo el aplicable a nuestro proyecto un valor del 0,6461%, según lo publicado por el Ayuntamiento del municipio para este tipo de viviendas.

Impuesto sobre Actividades Económicas

Toda inversión en Energía Solar Fotovoltaica está categorizada como actividad empresarial y, por lo tanto, la persona física que lo realice deberá darse de alta en el Censo de Actividades Económicas del municipio donde se realice. El Impuesto sobre Actividades Económicas es un tributo directo de carácter real que se aplica por el ejercicio de actividades empresariales, profesionales o artísticas. Si bien, dependiendo de las circunstancias del sujeto que desarrolle la actividad, a efectos prácticos hay casos en los que estaría exento del pago de este impuesto. En el caso concreto de este proyecto así lo consideraremos.

8.1.3. Primas

Según el RD 2/2004, de 5 de marzo, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley Reguladora de las Haciendas Locales, el Ayuntamiento de la localidad donde se encuentre la instalación tendrá la potestad de ofrecer las siguientes primas:

- Según los artículos 102 y 103 de dicho Real Decreto, hasta un 95% del Impuesto sobre Construcciones, Instalaciones y Obras descrito en la sección 8.1.2 (Impuestos). Esta prima se ofrece a las instalaciones, construcciones u obras donde se incorporen sistemas de aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía solar.
- Según el artículo 74, se puede recibir una bonificación de hasta el 50% del valor del Impuesto para los Bienes Inmuebles en aquéllos que se haya instalado algún sistema de aprovechamiento térmico o eléctrico de la energía solar.
- El artículo 88 establece una bonificación del 50% sobre la cuota del Impuesto sobre Actividades Económicas durante los 5 primeros años de la actividad empresarial. No obstante, como se ha explicado en la sección 8.1.2 (Impuestos), en este caso no se aplicará dicho impuesto a efectos prácticos.

Por otra parte, la Consejería de Medio Rural, Pesca y Alimentación del Gobierno de Cantabria convocó ayudas este último año para subvencionar instalaciones fotovoltaicas en Cantabria. Esta ayuda está dirigida a personas físicas o jurídicas que tengan en propiedad edificaciones en municipios con una población inferior a 15.000 habitantes y hagan uso de vivienda, teniendo esta una superficie mayor de 30m². Todos estos requisitos los cumple nuestro proyecto, siendo la población del municipio de Laredo en su último registro de 11.446 y entendiendo que una vivienda

unifamiliar con las características descritas tendrá una superficie considerablemente mayor de 30m².

La ayuda consiste en un máximo del 70% del desembolso a realizar en la inversión, siendo el valor mínimo de dicha inversión de 1.500€ y teniendo prioridad el expediente de aquellas viviendas que sean habituales.

Por todo lo anterior se interpreta que el proyecto que nos ocupa sería un adecuado candidato a obtener esta subvención. Si bien, esta decisión está sujeta a valoración y por lo tanto no se garantiza su aceptación. Por ello, se estimará su cuantía máxima, pero no se utilizará en los cálculos económicos del proyecto, para demostrar así su rentabilidad independientemente de esta ayuda.

Suponiendo la ayuda del 70% sobre la inversión inicial de la instalación, la cantidad a desembolsar en la inversión inicial serían 875,47€, como se indica en la tabla 3.

Ayuda Gob. Cantabria			
Bonificación	Base imponible	Ayuda	TOTAL
70%	-2918,23	2042,761	-875,469

Tabla 3

8.2. AMORTIZACIÓN

8.2.1. TIR

Se utilizará el TIR como herramienta más fiable para el cálculo de la rentabilidad del proyecto. Este valor refleja cómo de rentable la inversión en un determinado proyecto.

Otra herramienta que nos presenta unos resultados similares es el VAN, que refleja si en una determinada inversión de capital, tras un determinado

tiempo, se ha ganado o perdido dinero. En otras palabras, si ha sido una inversión rentable o no.

Para ello se creará una tabla donde se considerarán el ahorro derivado del autoconsumo, los gastos de la instalación y el flujo de caja, en un horizonte temporal de 25 años, que es el tiempo para el que se garantiza el correcto funcionamiento de los paneles.

Para cada apartado se considerarán los siguientes parámetros:

- **Ahorro.** En este apartado se tendrán en cuenta todas las secciones de la factura eléctrica, previamente desglosada, que son diferentes en la factura correspondiente a una instalación sin paneles fotovoltaicos o su equivalente con ellos. Estos apartados son los siguientes:

Energía activa. Para conocer el ahorro económico que supone el autoconsumo propuesto se multiplicará la energía autoconsumida anualmente por el precio del kWh en ese año. Además, suponemos que la instalación se deteriora a razón de un 0,3% cada año. Así, el primer año el rendimiento será del 100%, mientras que el segundo será del 99,7% y así sucesivamente. Por otra parte, el precio de la electricidad tampoco es constante, sino que estimamos que subirá un 4% cada año, el cual es una previsión bastante conservadora teniendo en cuenta que se ha incrementado en más del 70% en los últimos 10 años.

Potencia fija. Este término depende de la potencia contratada, que como se ha explicado antes consideraremos será menor si disponemos de los paneles, siendo la diferencia de $5,75 - 4,6 = 1,15$ kW. De nuevo, para conocer su precio habrá que multiplicarlo por el

precio del kilovatio contratado, el cual suponemos que se incrementará un 3% anualmente.

Impuesto eléctrico. La base imponible de este valor es la suma de los anteriores, teniendo un valor del 4,864% que a su vez se multiplica también por un coeficiente de 1,05113. Para el cálculo supondremos que estos valores no varían durante nuestro horizonte temporal.

IVA. El último término tiene como base imponible la suma del resto de apartados de la factura eléctrica. Sin embargo, para el cálculo del ahorro sólo es necesario tener en cuenta los que varían, es decir, los calculados anteriormente. El valor del IVA es del 21% y lo suponemos también invariable a lo largo de los años.

De esta manera el ahorro total del autoconsumo para cada año será la suma de los apartados anteriores.

La tabla donde se refleja este análisis está recogida en el correspondiente anexo, junto con las conclusiones establecidas.

- **Gastos.** Los gastos abarcan los diferentes desembolsos que hay que realizar en las distintas fases del proyecto, así como los impuestos relacionados con su instalación.

Inversión. Este valor es el desembolso que ha sido necesario realizar para llevar a cabo la instalación y comprende todos los componentes necesarios para la realización de la instalación, los cuales están detallados en el apartado "Presupuesto".

Impuestos, cargos y primas. Aquí podemos englobar todo tipo de permisos, licencias e impuestos que es necesario pagar a la hora de solicitar una instalación fotovoltaica para autoconsumo de las

características de un caso como éste, así como las primas y bonificaciones que se reciben por éste. Éstas están detalladas en el anexo correspondiente.

Mantenimiento. Consideraremos un mantenimiento de 30€ anual, que podrá verse incrementado en un 3% cada año debido a las variaciones en los precios y al mayor deterioro con el paso del tiempo. Las actividades de mantenimiento recomendadas ya han sido explicadas previamente en la sección 5.5 (Mantenimiento).

IVA. Al igual que en la factura eléctrica, a los costes relacionados con la inversión, las tasas y el mantenimiento también se le debe aplicar el 21% de IVA.

- **Flujo de caja.** Por último, para conocer las ganancias o pérdidas del proyecto para cada año, así como del total acumulado, se calcula el flujo de caja, que es simplemente el balance entre ingresos y gastos para cada año, que en el caso del flujo de caja acumulado se suman al total de los años anteriores.

DOCUMENTO N°2:
ANEXOS

ÍNDICE DE ANEXOS

1 ANEXO 1: DATOS DE PARTIDA	59
1.1 PUNTOS DE CONSUMO	59
1.2 CÓDIGO DE DATOS DE PARTIDA.....	60
1.3 TEMPERATURA DEL AGUA DE SUMINISTRO	62
2 ANEXO 2: CÁLCULOS	65
2.1 CONSUMO DE AGUA.....	65
2.2 CONSUMO ENERGÉTICO.....	69
2.3 RADIACIÓN SOLAR.....	74
2.4 DIMENSIONADO DE PANELES.....	75
2.5 ENERGÍA AUTOCONSUMIDA	77
3 ANEXO 3: JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA	80
3.1 DESGLOSE DE Tabla 7 POR COLUMNAS	82
3.1.1 Energía activa	82
3.1.2 Potencia fija.....	87
3.1.3 Impuesto eléctrico	87
3.1.4 IVA	88
3.1.5 Inversión.....	88
3.1.6 Mantenimiento.....	89
3.1.7 IVA	89
3.1.8 Impuestos, cargos y primas.....	89
3.1.9 Flujo de caja.....	92
3.2 CONCLUSIONES.....	92
4 ANEXO 4: FICHAS TÉCNICAS	94

4.1 PANELES FOTOVOLTAICOS	94
4.2 TERMO HÍBRIDO.....	97
4.3 MPPT	99

1. ANEXO 1: DATOS DE PARTIDA

1.1. PUNTOS DE CONSUMO

Los puntos de consumo considerados como receptores para los siguientes cálculos de consumo de ACS son:

- Lavadora bitérmica modelo Balay 3TS976B. Este tipo de dispositivos tiene dos entradas de agua: una para el agua fría y la otra para la caliente, que sería previamente calentada en el termo eléctrico en este caso. Esto conlleva importantes ahorros en la factura eléctrica, dado que el electrodoméstico no tiene que calentar el agua por sí mismo. La temperatura máxima necesaria para este uso es de 60°C, en cuyo caso la toma de agua fría será nula. La segunda suposición que haremos será que se utilizará una vez al día este elemento.
- El fregadero de la cocina, cuyo caudal se ha calculado midiendo un caso real y está indicado en la tabla 5. Suponemos que será usado dos veces al día para lavar los platos de las comidas principales durante 7 minutos cada una, tomando ciertas medidas de ahorro de agua, como son cerrar el grifo mientras se enjabona la vajilla o usar la temperatura adecuada en cada caso, siendo la máxima estimada de 45°C.
- Una ducha usada una vez al día por cada habitante de la casa, entendiéndose también que se usarían medidas de ahorro similares a las empleadas a la hora de lavar los platos, puesto que la casa tiene un enfoque ecológico. En este caso estimamos la temperatura máxima en 40°C.

Por supuesto, los receptores pueden ser usados con más frecuencia de la estimada para los cálculos, pero es improbable que todos ellos se usen a la

máxima temperatura más tiempo del establecido, por ello se han elegido dichos valores.

1.2. CÓDIGO DE DATOS DE PARTIDA

El código donde se recogen los datos iniciales para su posterior uso en los cálculos es el siguiente:

```
//Datos

Tin=10; -
Tmax=60; -
Vdep=147; -
Pot=2; -

H=zeros(24,12);
H(9:17,1)=1;
H(9:18,2)=1;
H(8:19,3)=1;
H(7:20,4)=1;
H(7:21,5)=1;
H(7:21,6)=1;
H(7:21,7)=1;
H(8:21,8)=1;
H(8:20,9)=1;
H(9:18,10)=1;
H(9:17,11)=1;
H(9:17,12)=1;

Vout=[0-0-0-0-0-0-0-72-0-72-0-0-42-0-0-31.85-0-0-72-0-72-0-31.85-0-0]';

dias=[31-28-31-30-31-30-31-31-30-31-30-31];
```

Figura 3

Donde:

- T_{in} corresponde a la temperatura del agua de suministro en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)
- T_{max} es la temperatura máxima del agua en el termo en grados Celsius ($^{\circ}\text{C}$)

- $Vdep$ es la capacidad del termo en litros (l)
- Pot hace referencia a la potencia de la instalación medida en kilovatios (kW). Debido a la discretización temporal por horas, coincidirá en valor con la energía en kilovatios-hora (kWh), ya que:

$$E = P * t$$

Siendo t en este caso 1 hora (h).

Este valor se calculará más adelante en función de la necesidad energética.

- La matriz H recoge las horas de sol de media cada mes, siendo los valores "1" los que abarcan desde la hora del amanecer hasta el anochecer y "0" el resto. Estos valores se han tomado de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET), los cuales gráficamente siguen el patrón indicado en la figura 4.

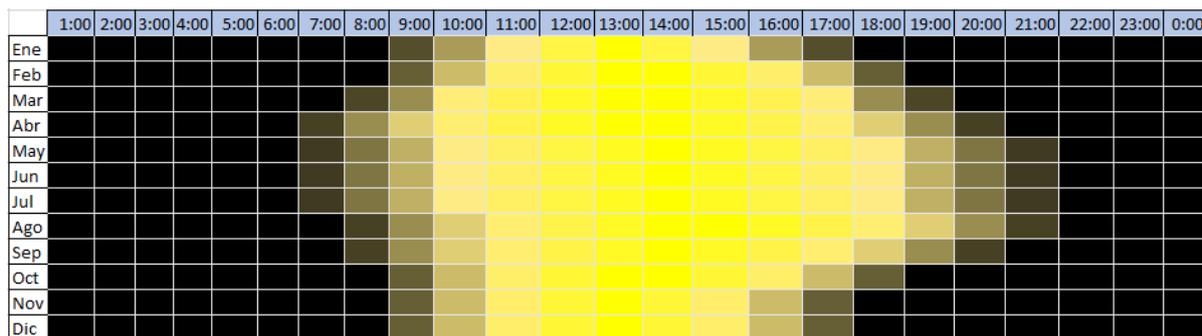


Figura 4

- El vector $Vout$ recoge la demanda de agua caliente en litros para cada hora del día.
- El vector $dias$ recoge el número de días que tiene cada mes.

1.3. TEMPERATURA DEL AGUA DE SUMINISTRO

Ciudad	Media	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Ago	Sep	Oct	Nov	Dic
Albacete	13	7	8	9	11	14	17	19	19	17	13	9	7
Alicante	15	11	12	13	14	16	18	20	20	19	16	13	12
Almería	16	12	12	13	14	16	18	20	21	19	17	14	12
Ávila	10	6	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Badajoz	14	9	10	11	13	15	18	20	20	18	15	12	9
Barcelona	14	9	10	11	12	14	17	19	19	17	15	12	10
Bilbao	13	9	10	10	11	13	15	17	17	16	14	11	10
Burgos	10	5	6	7	9	11	13	16	16	14	11	7	6
Cáceres	13	9	10	11	12	14	18	21	2	19	15	11	9
Cádiz	16	12	12	13	14	16	18	19	20	19	17	14	12
Castellón	15	10	11	12	13	15	18	19	20	18	16	12	11
Ciudad Real	7	8	10	11	14	17	20	20	20	17	13	10	7
Córdoba	15	10	11	12	14	16	19	21	21	19	16	12	10
La Coruña	13	10	10	11	12	13	14	16	16	15	14	12	11
Cuenca	12	6	7	8	10	13	16	18	18	16	12	9	7

Gerona	13	8	9	10	11	14	16	19	18	17	14	10	9
Granada	13	8	9	10	12	14	17	20	19	17	14	11	8
Guadalajara	12	7	8	9	11	14	17	19	19	16	13	9	7
Huelva	16	12	12	13	14	16	18	20	20	19	17	14	12
Huesca	12	7	8	10	11	14	16	19	18	17	13	9	7
Jaén	15	9	10	11	13	16	19	21	21	19	15	12	9
Las Palmas	17	15	15	16	16	17	18	19	19	19	18	17	16
León	8	4	5	7	9	10	11	12	11	10	9	7	4
Lérida	13	7	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	7
Logroño	12	7	8	10	11	13	16	18	18	16	13	10	8
Lugo	11	7	8	9	10	11	13	15	15	14	12	9	8
Madrid	13	8	8	10	12	14	17	20	19	17	13	10	8
Málaga	16	12	12	13	14	16	18	20	20	19	16	14	12
Murcia	15	11	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Orense	13	8	10	11	12	14	16	18	18	17	13	11	9
Oviedo	12	9	9	10	10	12	14	15	16	15	13	10	9
Palencia	11	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	9	6
Mallorca	15	11	11	12	13	15	18	20	20	19	17	14	12
Pamplona	12	7	8	9	10	12	15	17	17	16	13	9	7

Pontevedra	13	10	11	11	13	14	16	17	17	16	14	12	10
Salamanca	11	6	7	8	10	12	15	17	17	15	12	8	6
S.Sebastián	12	9	9	10	11	12	14	16	16	15	14	11	9
Santander	13	10	10	11	11	13	15	16	16	16	14	12	10
Segovia	11	6	7	8	10	12	15	18	18	15	12	8	6
Sevilla	16	11	11	13	14	16	19	21	21	20	16	13	11
Soria	10	5	6	7	9	11	14	17	16	14	11	8	6
Tarragona	15	10	11	12	14	16	18	20	20	19	16	12	11
Tenerife	17	15	15	16	16	17	18	20	20	20	18	17	16
Teruel	11	6	7	8	10	12	15	18	17	15	12	8	6
Toledo	14	8	9	11	12	15	18	21	20	18	14	11	8
Valencia	15	10	11	12	13	15	17	19	20	18	16	13	11
Valladolid	12	6	8	9	10	12	15	18	18	16	12	9	7
Vitoria	11	7	7	8	10	12	14	16	16	14	12	8	7
Zamora	12	6	8	9	10	13	16	18	18	16	12	9	7
Zaragoza	13	8	9	10	12	15	17	20	19	17	14	10	8

Tabla 4

Datos extraídos de:

<http://www.suelosolar.com/guiasolares/acs/temp2oes.asp>

2. ANEXO 2: CÁLCULOS

En esta sección se detallarán los cálculos realizados para el dimensionamiento de la instalación.

Los principales elementos de nuestra instalación que necesitamos dimensionar en función del uso y circunstancias serán los paneles fotovoltaicos y el termo.

Es conveniente destacar que, para los cálculos en los que sean aplicables, se han aplicado ciertas consideraciones que, sin apenas suponer error en el resultado de los cálculos, simplifican considerablemente éstos:

- Se ha discretizado el tiempo por horas, siendo así concentrados todos los eventos que tienen lugar durante la hora i en un mismo instante.
- Se asume que todo el volumen saliente del depósito hacia los puntos de consumo lo hace de una sola vez cada hora,
- También asumimos que entra la misma cantidad de agua del suministro que la que va saliendo a los receptores simultáneamente.

2.1. CONSUMO DE AGUA

Para realizar los cálculos necesarios para el dimensionamiento del depósito y el tamaño de la instalación fotovoltaica hay que estimar la demanda de agua caliente que puede ser necesitada al mismo tiempo y la distribución de dicha demanda a lo largo del día.

En primer lugar, hay que conocer el caso más desfavorable, que sería si la lavadora, la ducha y el fregadero fuesen usados a su máxima temperatura estimada a la vez. Dichos valores están recogidos en la tabla 5.

	Caudal (l/min)	Tiempo (min)	Temperatura máxima (°C)
Lavadora	42*	-	60
Fregadero	6.5	7	45
Ducha	15	8	40

Tabla 5

*El caudal indicado para la lavadora es la cantidad de agua necesaria para el ciclo completo.

La mayor temperatura corresponde a la lavadora, por lo que no se necesitará calentar el agua por encima de los 60°C. Por lo tanto, para dimensionar el termo tenemos que calcular la cantidad de agua a esa temperatura que puede ser necesitada simultáneamente.

El volumen de agua a la máxima temperatura necesitada para un uso de cada aplicación se calcula de la manera siguiente:

$$\text{Demanda de agua} = \text{Caudal} * \text{Tiempo}$$

A continuación, para hallar el volumen de agua a 60 °C consideraremos por una parte que la demanda total de agua es la suma de agua caliente y agua fría necesarias, y por otra que el calor se conserva, es decir, que el calor cedido por el agua caliente es el mismo que el ganado por la fría hasta que se alcance un equilibrio de temperaturas:

$$\begin{cases} V_T = V_{fría} + V_{caliente} \\ C_p \cdot V_{fría} \cdot (T_{mix} - T_{fría}) = C_p \cdot V_{caliente} \cdot (T_{caliente} - T_{mix}) \end{cases}$$

La temperatura del suministro de agua varía a lo largo del año, pero tenemos que cubrir el caso más desfavorable para asegurar el funcionamiento para el resto de días. La temperatura media para cada mes en Cantabria está recogida en la tabla 4. Por lo tanto, tomaremos la temperatura de agua fría de 10°C.

La capacidad del termo será calculada sumando las necesidades de agua a 60°C para cada punto receptor. Los resultados pueden consultarse en la tabla 6.

	Demanda de agua por uso (l)	Volumen de agua fría (l)	Volumen de agua caliente (l)
Lavadora	42	0	42
Fregadero	45.5	13.65	31.85
Ducha	120	48	72
			145.85

Tabla 6

El termo que hemos seleccionado se comercializa en distintos volúmenes, siendo el más adecuado para nuestro caso el de 147l, cuyas características generales ya han sido explicadas previamente en el apartado 5.4 (Componentes), y los datos técnicos están recogidos en el anexo correspondiente.

Por otra parte, debemos estimar la distribución del consumo a lo largo del día para evaluar la relación entre la necesidad energética y las horas de sol diarias.

Para la simulación supondremos un uso genérico para todos los días, que consiste en un uso de la lavadora, dos del fregadero y cuatro de la ducha distribuidos de la siguiente manera:

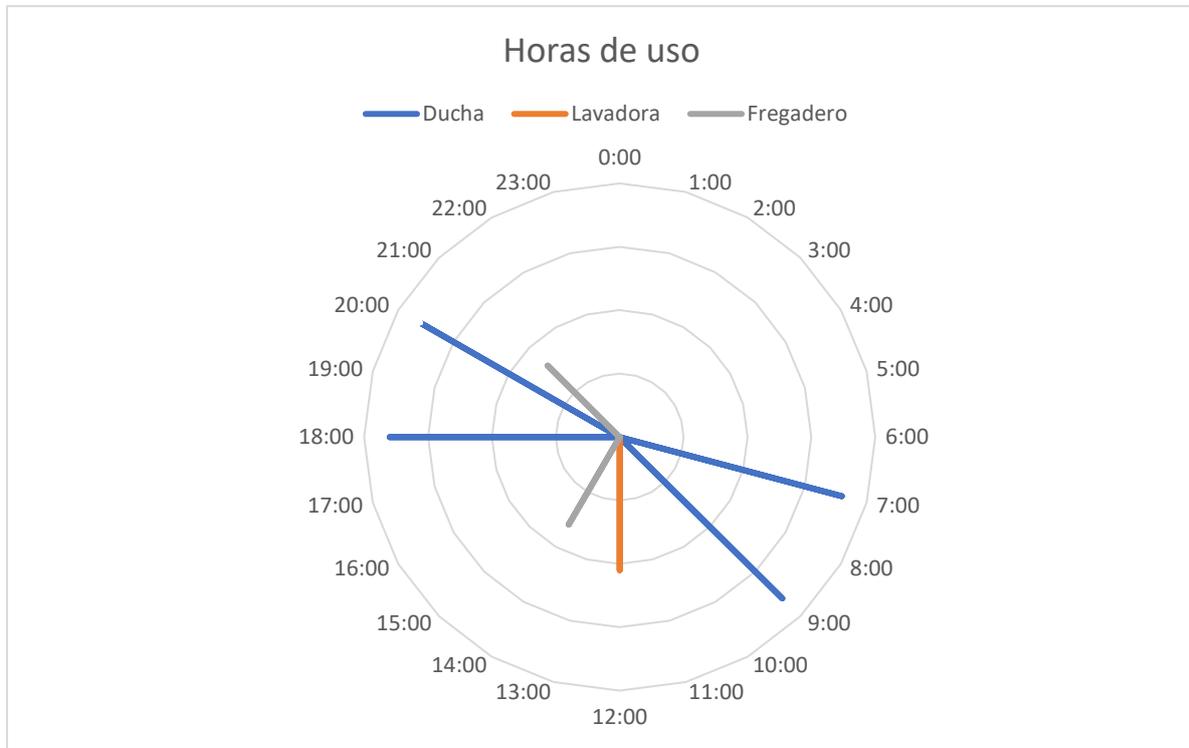


Figura 5

Observamos que los momentos de mayor consumo coinciden con las horas de luz, por lo que en principio este consumo podrá ser abastecido en su mayor parte mediante los paneles, mientras que para los consumos realizados durante las horas nocturnas será necesario tomar energía de la red, siendo esto calculado y detallado más adelante.

2.2. CONSUMO ENERGÉTICO

Una vez hallado el consumo de agua necesitamos calcular la energía necesaria para calentar el agua para llevar a cabo dichas tareas. Para ello,

se ha implementado una simulación con ayuda de Matlab a partir del código que se puede ver en la figura 3.

Así, conociendo la demanda de agua para cada instante, el volumen del depósito y las temperaturas de suministro y máxima del depósito, podemos calcular la temperatura a la que queda el depósito después de cada uso teniendo en cuenta que el salto térmico del agua que entra del suministro es igual al que experimenta el agua que queda en el depósito, de la siguiente manera:

$$T_{fin} \cdot V_{dep} = T_{fria} \cdot V_{in} + T_{caliente} \cdot (V_{dep} - V_{in})$$

El código diseñado para estos cálculos es el mostrado en la figura 6:

```
[nrows,n]=size(Vout);
Qgrid=0;
Qexc=0;
Cons_red=0;
Qfv=0;
for j=1:12
  for i=1:24
    if i==1
      if j==1
        T(i)=(Tin*Vout(i)+Tmax*(Vdep-Vout(i)))/Vdep;
      else
        T(i)=(Tin*Vout(i)+Tfin(n)*(Vdep-Vout(i)))/Vdep;
      end
    else
      T(i)=(Tin*Vout(i)+Tfin(i-1)*(Vdep-Vout(i)))/Vdep;
    end
    Tfin(i)=T(i)+Pot*859/Vdep;
    if Tfin(i)>60
      Tfin(i)=60;
    end
  end
end
```

Figura 6

Donde:

- n : Número de columnas de Vout. Corresponde con el número de horas del día.
- j : Índice correspondiente a meses del año.
- i : Índice correspondiente a horas del día.
- $T(i)$: Temperatura del agua en el instante que finaliza la demanda en la hora i . Según las simplificaciones previamente explicadas, sería la temperatura en el momento en que toda el agua caliente demandada en la hora i ha salido hacia los puntos de consumo y ha entrado una cantidad equivalente de agua fría.
- $T_{fin}(i)$: Temperatura del agua del depósito al final de la hora i . Corresponde al valor de la temperatura tras calentar el agua del depósito durante 1h desde que se realiza el consumo correspondiente a la hora i .

Se limita el valor máximo de la temperatura del agua en el termo en 60°C , que es el valor que se ha calculado como máximo necesario. A partir de este valor, se desconectaría la resistencia y la totalidad de la energía producida sería conducida al elemento termoeléctrico.

Los resultados obtenidos tanto para el valor $T(i)$ como para $T_{fin}(i)$ están recogidos en la figura 7:

```

--> [T,Tfin]
ans =

  60.      60.
  60.      60.
  60.      60.
  60.      60.
  60.      60.
  60.      60.
  35.510204 47.197279
  47.197279 58.884354
  34.940997 46.628072
  46.628072 58.315146
  58.315146 60.
  45.714286 57.401361
  57.401361 60.
  60.      60.
  49.166667 60.
  60.      60.
  60.      60.
  35.510204 47.197279
  47.197279 58.884354
  34.940997 46.628072
  46.628072 58.315146
  47.846865 59.53394
  59.53394 60.
  60.      60.

```

Figura 7

Una vez hallada la temperatura del depósito para cada hora se calcula la energía necesaria para elevar toda el agua del depósito hasta la temperatura establecida de 60°C mediante la ecuación de intercambio energético:

$$\text{Energía utilizada (kWh)} = \frac{(T_{\text{caliente}} - T_{\text{fin}}) \cdot V_{\text{dep}}}{859 \text{ kcal}}$$

Esto se ha calculado a partir del código insertado en la figura 8 y los resultados aparecen la figura 9.

```
-Qt (i) = (Tmax-T (i) ) *Vdep/859  
-if Qt (i) <0  
-... Qt (i) =0  
-end  
-Q(i) = (Tfin(i) -T (i) ) *Vdep/859 -
```

Figura 8

Siendo:

Qt(i): Energía necesaria para incrementar la temperatura del agua del depósito desde T(i) hasta 60°C. Este valor se indica en kWh.

Q(i): Energía generada por los paneles fotovoltaicos para el calentamiento del agua durante la hora i.

--> [Qt,Q]

ans =

0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
0.	0.
4.1909197	2.
2.1909197	2.
4.2883277	2.
2.2883277	2.
0.2883277	0.2883277
2.4447031	2.
0.4447031	0.4447031
0.	0.
1.8538999	1.8538999
0.	0.
0.	0.
4.1909197	2.
2.1909197	2.
4.2883277	2.
2.2883277	2.
2.0797566	2.
0.0797566	0.0797566
0.	0.

Figura 9

La diferencia de energía entre $Q_t(i)$ y $Q(i)$ será la energía que deberá ser tomada de la red durante esa hora.

Así, con los cálculos anteriores, se obtiene la energía necesaria para volver a calentar todo el depósito tras cada uso en función del agua utilizada, Q_t . Estos valores están reflejados en la gráfica de la figura 10.

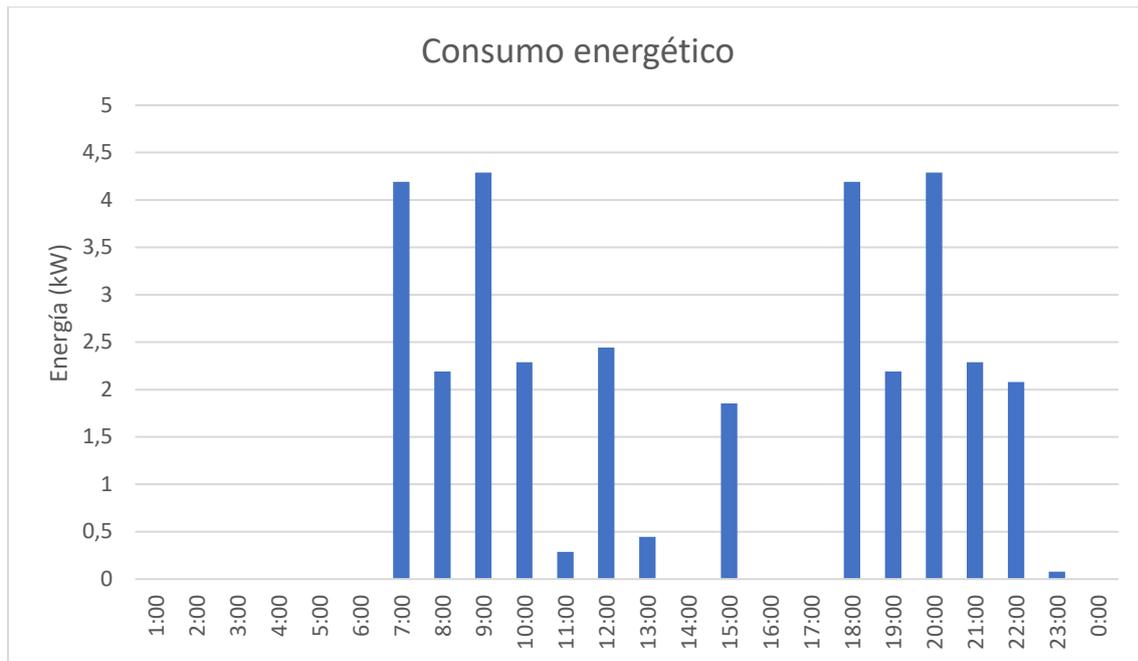


Figura 10

2.3. RADIACIÓN SOLAR

La cantidad de energía disponible depende de la irradiación solar en la zona donde se encuentre la instalación y de la orientación de los paneles.

Para conocer los datos necesarios para realizar los cálculos se ha utilizado la herramienta PVGIS (Photovoltaic Geographical Information System) facilitada por la Unión Europea. En ella se han introducido las coordenadas exactas del lugar donde se pretende realizar la instalación ($43^{\circ}24'21''N$, $3^{\circ}24'2''W$) y se ha obtenido que la inclinación óptima de los módulos es de 35° con un azimutal de 2° . También se ha extraído el valor de horas solares pico para cada mes del año en la ubicación elegida, que corresponde a la columna H_d de la siguiente tabla. Estos valores están recogidos en la figura 11:

Fixed system: inclination=35°, orientation=2° (optimum)				
Month	E_d	E_m	H_d	H_m
Jan	3.69	114	2.29	70.9
Feb	5.06	142	3.16	88.5
Mar	6.91	214	4.47	139
Apr	7.34	220	4.82	145
May	7.51	233	4.97	154
Jun	7.71	231	5.16	155
Jul	7.94	246	5.37	166
Aug	7.54	234	5.09	158
Sep	7.54	226	5.04	151
Oct	5.79	179	3.79	118
Nov	3.77	113	2.38	71.5
Dec	3.67	114	2.30	71.2
Yearly average	6.21	189	4.07	124
Total for year		2270		1490

Figura 11

Estamos interesados en cubrir el caso más desfavorable, que como podemos ver se da en enero, por lo que éste será el valor utilizado en los cálculos siguientes.

Este valor coincide en número con las HSP, que es la cantidad de horas durante las que el sol debería incidir con una intensidad de 1kW/m^2 para obtener la irradiación de un día completo, dado que la intensidad varía a lo largo del día.

2.4. DIMENSIONADO DE PANELES

Por último, hallaremos el número de módulos que debe ser instalado. Como habíamos visto, el termo seleccionado puede funcionar conectado a una potencia total de 1kW, 1,5kW o 2kW. Si observamos la gráfica de la energía

necesaria (figura 10), veremos que para la mayor parte del día tanto los de 1kW como de 1,5kW no satisfarían apenas nuestra demanda, por lo que elegiremos el de mayor valor, es decir, 2kW. Habrá momentos en los que los paneles por sí solos no cubran la demanda energética, por lo que habrá que tomar energía de la red.

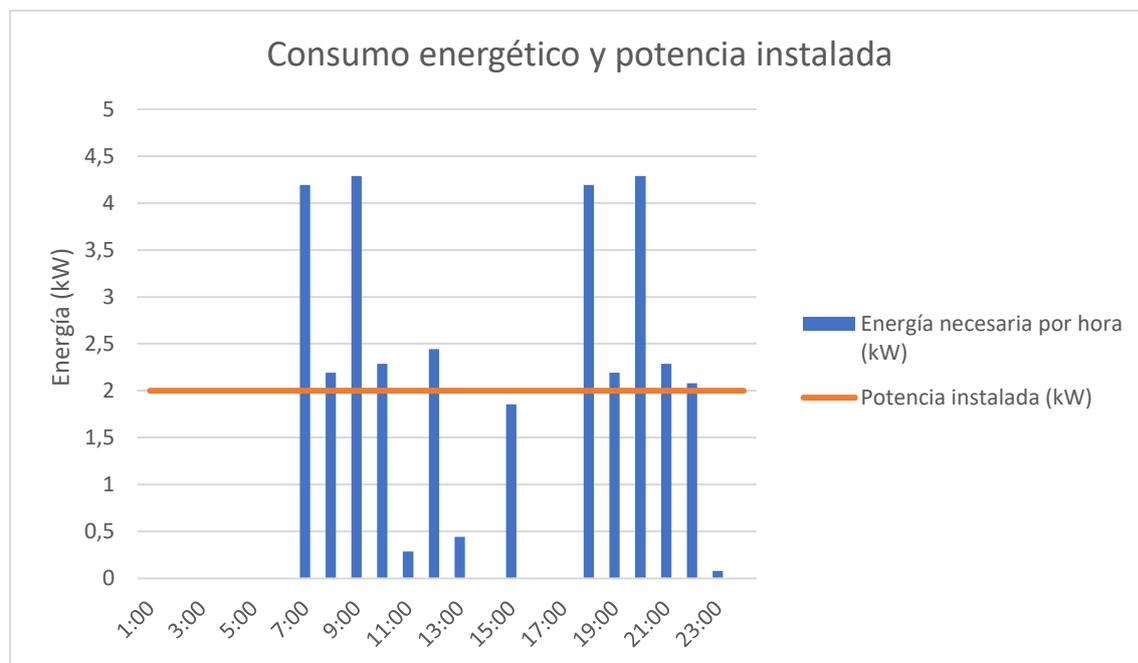


Figura 12

Para poder generar los 2kW de potencia previamente mencionados se conectarán 8 módulos de 250W cada uno en serie. Se determinará el modelo concreto de paneles comparando varios productos de diferentes marcas y estudiando sus características como son el área, precio, eficiencia y garantías ofrecidas.

Como he adelantado anteriormente, el modelo finalmente seleccionado fue el RED260-60M-260W, de Red Solar, debido a que poseía las características técnicas adecuadas para nuestro proyecto, ofreciendo unas buenas garantías y a un precio adecuado. Las características técnicas de este componente se pueden consultar en el anexo correspondiente.

2.5. ENERGÍA AUTOCONSUMIDA

Finalmente, se calculará la cantidad de energía generada mediante los paneles fotovoltaicos que se ha empleado para el calentamiento del agua en el termo. Una vez conocido esto se podrá calcular también la energía tomada de la red para tal fin cuando el autoconsumo no haya sido suficiente.

```

--- Qgridi=0;
--- Qexci=0;
--- Qfvi=0;
--- if H(i,j)==1
----- if Vout(i)~=0
----- if Q(i)>Pot;
----- Qgridi=Q(i)-Pot;
----- Qgrid=Qgrid+Qgridi;
----- Qfvi=Q(i)-Qgridi
----- else
----- Qfvi=Q(i)
----- Qexci=Pot-Q(i)
----- end
----- Qfv=Qfv+Qfvi
----- else
----- Qexci=Pot
----- end
----- Qexc=Qexc+Qexci
--- else
----- if Vout(i)~=0
----- Qgridi=Q(i);
----- Qgrid=Qgridi+Qgrid;
----- end
--- end
--- Qred(i,j)=Qgridi
--- Qpaneles(i,j)=Qfvi
--- Qexceso(i,j)=Qexci
.
end
Cons_red(j)=sum(Qred(:,j))*dias(j)
Cons_fv(j)=sum(Qpaneles(:,j))*dias(j)
end

```

Figura 13

Donde:

Q_{gridi} : Energía que se toma de la red cada hora.

Q_{grid} : Energía que se toma de la red acumulada.

Q_{exci} : Energía generada sobrante tras el calentamiento cada hora.

Q_{fvi} : Energía generada por la instalación fotovoltaica cada hora.

Q_{fv} : Energía generada por la instalación fotovoltaica acumulada.

$Q_{red(i,j)}$: Energía tomada de la red durante la hora i en el mes j .

$Q_{paneles(i,j)}$: Energía generada por la instalación fotovoltaica durante la hora i en el mes j .

$Q_{exceso(i,j)}$: Energía generada por los paneles sobrante tras el calentamiento de agua en el termo. Esta es la energía que se utilizará para alimentar el elemento termoeléctrico.

$Cons_{red}(j)$: Consumo total de la red a lo largo del mes j .

$Cons_{fv}(j)$: Energía total producida durante el mes j .

Los resultados del consumo de la red eléctrica y de la energía autoproducida se recogen en la figura 13.

```
--> [Cons_red,Cons_fv]
ans =

    248.    181.4709
    168.    219.9092
    186.    243.4709
    60.     355.617
    62.     367.4709
    60.     355.617
    62.     367.4709
    124.    305.4709
    120.    295.617
    186.    243.4709
    240.    175.617
    248.    181.4709
```

Figura 14

Como se puede ver, la energía tomada de la red es mayor durante los meses de invierno, donde las horas de sol son mucho menores, mientras que durante en verano prácticamente no es necesario tomar energía de la red para producción de ACS.

3. ANEXO 3: JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Año	AHORRO										GASTOS			TOTAL	
	Energía activa			Potencia fija		Impuesto eléctrico		IVA	Total (€)	Impuestos , cargos y primas (€)	Inversión (€)	Mantenimiento (€)	IVA (€)	Flujo de caja (€)	
	Rendimiento (%)	Autoconsumo (kWh)	Precio electricidad (€)	Dif. Pot contratada (kW)	PVPC (€)	Base	Valor (%)	Base (€)						Anual (€)	Acumulado (€)
0	0,0000	0,0000	0,1560	1,1500	45,3677	52,1728	5,1127	54,8403	66,3567	284,9085	-2918,2300	0,0000	-612,8283	-3179,7930	-3179,7930
1	1,0000	3292,6800	0,1622	1,1500	46,7287	587,9458	5,1127	618,0057	747,7869	129,2950	0,0000	-30,0000	-6,3000	840,7819	-2339,0111
2	0,9970	3282,8020	0,1687	1,1500	48,1306	609,2596	5,1127	640,4092	774,8951	129,7794	0,0000	-30,9000	-6,4890	867,2854	-1471,7256
3	0,9940	3272,9239	0,1755	1,1500	49,5745	631,3430	5,1127	663,6217	802,9823	130,2637	0,0000	-31,8270	-6,6837	894,7353	-576,9903
4	0,9910	3263,0459	0,1825	1,1500	51,0617	654,2239	5,1127	687,6724	832,0836	130,7481	0,0000	-32,7818	-6,8842	923,1657	346,1754
5	0,9880	3253,1678	0,1898	1,1500	52,5936	677,9308	5,1127	712,5914	862,2356	131,2324	0,0000	-33,7653	-7,0907	952,6120	1298,7874
6	0,9850	3243,2898	0,1974	1,1500	54,1714	702,4934	5,1127	738,4098	893,4758	131,7168	0,0000	-34,7782	-7,3034	983,1109	2281,8983
7	0,9820	3233,4118	0,2053	1,1500	55,7965	727,9423	5,1127	765,1598	925,8434	132,2011	0,0000	-35,8216	-7,5225	1014,7004	3296,5987
8	0,9790	3223,5337	0,2135	1,1500	57,4704	754,3094	5,1127	792,8750	959,3787	132,6855	0,0000	-36,8962	-7,7482	1047,4198	4344,0185
9	0,9760	3213,6557	0,2220	1,1500	59,1945	781,6276	5,1127	821,5898	994,1237	133,1698	0,0000	-38,0031	-7,9807	1081,3098	5425,3283
10	0,9730	3203,7776	0,2309	1,1500	60,9704	809,9309	5,1127	851,3402	1030,1217	133,6542	0,0000	-39,1432	-8,2201	1116,4126	6541,7409
11	0,9700	3193,8996	0,2402	1,1500	62,7995	839,2547	5,1127	882,1633	1067,4176	134,1385	0,0000	-40,3175	-8,4667	1152,7719	7694,5128
12	0,9670	3184,0216	0,2498	1,1500	64,6835	869,6356	5,1127	914,0974	1106,0578	134,6229	0,0000	-41,5270	-8,7207	1190,4330	8884,9458
13	0,9640	3174,1435	0,2598	1,1500	66,6240	901,1113	5,1127	947,1824	1146,0907	135,1072	0,0000	-42,7728	-8,9823	1229,4428	10114,3886
14	0,9610	3164,2655	0,2701	1,1500	68,6227	933,7211	5,1127	981,4594	1187,5659	135,5916	0,0000	-44,0560	-9,2518	1269,8497	11384,2382
15	0,9580	3154,3874	0,2809	1,1500	70,6814	967,5055	5,1127	1016,9711	1230,5351	136,0759	0,0000	-45,3777	-9,5293	1311,7040	12695,9422
16	0,9550	3144,5094	0,2922	1,1500	72,8018	1002,5067	5,1127	1053,7618	1275,0518	136,5603	0,0000	-46,7390	-9,8152	1355,0578	14051,0000
17	0,9520	3134,6314	0,3039	1,1500	74,9859	1038,7680	5,1127	1091,8771	1321,1713	137,0446	0,0000	-48,1412	-10,1097	1399,9651	15450,9651
18	0,9490	3124,7533	0,3160	1,1500	77,2354	1076,3347	5,1127	1131,3644	1368,9509	137,5290	0,0000	-49,5854	-10,4129	1446,4815	16897,4466
19	0,9460	3114,8753	0,3287	1,1500	79,5525	1115,2532	5,1127	1172,2727	1418,4500	138,0133	0,0000	-51,0730	-10,7253	1494,6650	18392,1116
20	0,9430	3104,9972	0,3418	1,1500	81,9391	1155,5720	5,1127	1214,6529	1469,7300	138,4977	0,0000	-52,6052	-11,0471	1544,5754	19936,6870

Año	AHORRO									GASTOS			TOTAL		
	Energía activa			Potencia fija		Impuesto eléctrico		IVA	Total (€)	Impuestos , cargos y primas (€)	Inversión (€)	Mantenimiento (€)	IVA (€)	Flujo de caja (€)	
	Rendimiento (%)	Autoconsumo (kWh)	Precio electricidad (€)	Dif. Pot contratada (kW)	PVPC (€)	Base	Valor (%)	Base (€)						Anual (€)	Acumulado (€)
21	0,9400	3095,1192	0,3555	1,1500	84,3972	1197,3411	5,1127	1258,5575	1522,8545	138,9820	0,0000	-54,1833	-11,3785	1596,2747	21532,9618
22	0,9370	3085,2412	0,3697	1,1500	86,9292	1240,6121	5,1127	1304,0408	1577,8894	139,4664	0,0000	-55,8088	-11,7199	1649,8271	23182,7889
23	0,9340	3075,3631	0,3845	1,1500	89,5370	1285,4388	5,1127	1351,1594	1634,9029	139,9507	0,0000	-57,4831	-12,0715	1705,2991	24888,0879
24	0,9310	3065,4851	0,3999	1,1500	92,2231	1331,8767	5,1127	1399,9715	1693,9655	140,4351	0,0000	-59,2076	-12,4336	1762,7594	26650,8473
25	0,9280	3055,6070	0,4159	1,1500	94,9898	1379,9832	5,1127	1450,5375	1755,1504	140,9194	0,0000	-60,9838	-12,8066	1822,2794	28473,1267

Tabla 7

3.1. DESGLOSE DE Tabla 7 POR COLUMNAS

El horizonte temporal en el que se ha realizado el estudio económico es de 25 años, ya que el periodo para el que se garantiza la correcta funcionalidad de los paneles por parte del fabricante. A partir de esta fecha la instalación seguirá operando correctamente y se continuará acumulando beneficio, pero ya no existen garantías.

La tabla del análisis económico está dividida esencialmente en tres secciones: ahorro, gastos y flujo de caja, los cuales están desglosados en los siguientes apartados.

3.1.1. Energía activa

El ahorro correspondiente a la energía activa se calculará de la siguiente manera:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro Energía activa}(\text{€}) \\ = \text{Rendimiento}(\%) * \text{Autoconsumo} (kW) * \text{Precio electricidad} \left(\frac{\text{€}}{kW}\right) \end{aligned}$$

Estando el cálculo de cada uno de los términos detallado a continuación.

Rendimiento

Durante el primer año de la instalación se supone un rendimiento máximo dentro de lo esperado para este tipo de instalaciones en cuanto a producción energética y, en base a datos experimentales, se establece una pérdida de producción anual del 0,3% debido a deterioro de los componentes y suciedad.

Autoconsumo

La cantidad de energía producida por los paneles que ha sido empleada para el calentamiento de agua está recogida en la siguiente tabla:

Mes	Número de días	Hd	Consumo mensual ACS de la red (kWh)	Consumo iluminación de la red (kWh)	Consumo total red (kWh)	Autoconsumo mensual (kWh)
Ene	31	2,3	248	5,58	253,58	181,47
Feb	28	3,18	168	5,04	173,04	219,91
Mar	31	4,48	186	5,58	191,58	243,47
Abr	30	4,82	60	5,4	65,4	355,62
May	31	4,95	62	5,58	67,58	367,47
Jun	30	5,13	60	5,4	65,4	355,62
Jul	31	5,34	62	5,58	67,58	367,47
Ago	31	5,08	124	5,58	129,58	305,47
Sep	30	5,04	120	5,4	125,4	295,62
Oct	31	3,81	186	5,58	191,58	243,47
Nov	30	2,4	240	5,4	245,4	175,62
Dic	31	2,32	248	5,58	253,58	181,47
				65,7	1829,7	3292,68

Tabla 8

Donde la columna de consumo mensual de ACS de la red ha sido calculada con los datos extraídos de la simulación mostrados en la figura 14.

```
--> Cons_red
Cons_red =

248.
168.
186.
60.
62.
60.
62.
124.
120.
186.
240.
248.
```

Figura 15

Cuyo cálculo ya ha sido previamente explicado.

Por otra parte, el consumo en iluminación ha sido calculado a partir de los datos experimentales mostrados en la tabla 9:

		P (W)	t (h)	E (Wh)
Iluminación	Cocina	40	6	240
	Salón	40	6	240
	3 habitaciones	60	2	120
	Baño	60	1	60
	Nevera	150	12	1800
	TV	250	6	1500
	Lavadora	1500	1	1500
	Varios	500	1	500
TOTAL:				5960

Tabla 9

El valor total indicado es el correspondiente a un día, con la suposición de que todos los días se consumiese la misma energía. Por consiguiente, el valor mensual tan solo dependerá del número de días, siendo el valor incluido en la tabla el producto de la columna "Número de días" y el total de la tabla 9.

Así, el consumo total de energía tomada de la red mensualmente será la suma de los dos términos anteriores: la energía empleada para calentamiento de agua y la utilizada para el resto de aplicaciones eléctricas de la vivienda, lo cual está mostrado en la columna "Consumo total red".

Por otra parte, la energía autoconsumida por la instalación se ha tomado de los valores calculados en Matlab como se ha indicado en el apartado de cálculos, cuyo resultado se muestra en la figura 15

```

--> Cons_fv
Cons_fv =

181.4709
219.9092
243.4709
355.617
367.4709
355.617
367.4709
305.4709
295.617
243.4709
175.617
181.4709

```

Figura 16

Así, sumando el autoconsumo mensual se obtiene el anual, siendo este valor de 3292,68 kWh.

Este valor se irá reduciendo con el paso de los años debido a que la energía producida será ligeramente menor a causa del deterioro comentado en la sección anterior (Rendimiento). Por consiguiente, el valor recogido en la columna "Autoconsumo" de la tabla 7 es el producto del autoconsumo anual calculado y el rendimiento.

Precio electricidad

Se parte del valor consultado a fecha de la realización de este proyecto. Sin embargo, basándonos en estimaciones bastante conservadoras, se considera que se verá incrementado en un 4% anualmente.

3.1.2. Potencia fija

La principal diferencia en este término es que la potencia necesaria si se alimenta el termo con electricidad de la red será mayor que si lo

alimentamos con otra fuente, en este caso paneles fotovoltaicos. Así, el ahorro relativo a la potencia fija se calculará:

$$\text{Ahorro potencia fija (€)} = \text{Diferencia potencia contratada(kW)} * \text{PVPC(€)}$$

Diferencia potencia contratada

Como se ha adelantado previamente, la necesidad de potencia en nuestro caso será menor, estableciendo como potencia contratada para el primer caso de 5,75 kW y con los paneles instalados de 4,6 kW, obteniendo una diferencia de 1,15 kW.

PVPC

Este valor es el precio del kilovatio por día y también varía, aunque lo supondremos constante a lo largo del año tomando su valor medio: 0,124295 €/kW·día. No obstante, estimaremos un incremento del 3% anual, basándonos en registros anteriores.

3.1.3. Impuesto eléctrico

El valor de este impuesto, y en consecuencia el ahorro derivado de éste, será el resultado de aplicar un gravamen del 5,1127% a la suma de los dos factores anteriores. Es decir:

$$\begin{aligned} \text{Ahorro impuesto eléctrico (€)} \\ = (\text{Ahorro energía activa(€)} + \text{Ahorro potencia fija (€)}) \cdot 5,1127\% \end{aligned}$$

3.1.4. IVA

El último término, el IVA, corresponde a aplicar un 21% a todos los términos anteriores:

$$\begin{aligned} \text{IVA(€)} = (\text{Ahorro energía activa(€)} + \text{Ahorro potencia fija(€)} \\ + \text{Ahorro impuesto eléctrico(€)}) \cdot 21\% \end{aligned}$$

3.1.5. Inversión

Para conocer la inversión a realizar para llevar a cabo esta instalación se han estudiado los precios de los distintos componentes en el mercado actual y se ha establecido un precio medio aproximado, a excepción de aquellos componentes de los que elegimos un modelo concreto del mercado, de los cuales hemos tomado su precio de venta al consumidor.

Uds	Ítem	Modelo	Precio unitario (€)	Precio total (€)
8	Módulo fotovoltaico	RED260-60M-260W (Red Solar)	156.00	1248.00
2	Soporte 4 paneles	KHT915 [1x4]	152.02	304.04
1	Regulador de carga MPPT	BlueSolar MPPT 75/15	78.51	78.51
1	Termo híbrido	Recosun M+K160C	1099	1099
1	Interruptor CC	-	35	35
1	Dispositivo de Protección de sobretensiones	-	105	105
TOTAL				2918.23

Tabla 10

El presupuesto total es la inversión inicial que hay que realizar, no teniendo que desembolsar nada más durante los siguientes años, a no ser que haya que sustituir alguno de los componentes, pero ese factor se tendrá en cuenta en otros apartados. Además, los componentes principales de la instalación tienen garantía del fabricante, por lo que en caso de avería de éstos no incurriría ningún gasto al propietario.

3.1.6. Mantenimiento

Aquí se tienen en cuenta tanto las tareas de mantenimiento como los posibles recambios que haya que efectuar o compras de herramientas y materiales para reparaciones. Se estima una cantidad de 30€ anuales, viéndose incrementados en un factor del 3%, debido a un mayor deterioro e incremento de posibilidad de averías con el paso del tiempo.

3.1.7. IVA

Los dos últimos términos van gravados con un 21% de IVA, siendo el gasto correspondiente:

$$IVA(€) = (Inversión(€) + Mantenimiento(€)) \cdot 21\%$$

3.1.8. Impuestos, cargos y primas

Por otra parte, también se han de tener en cuenta otros impuestos derivados de la instalación que se pretende realizar, así como los cargos y tasas que apliquen a los sistemas de generación fotovoltaica.

De la misma manera, se tendrán en cuenta también las primas y bonificaciones atribuidas a instalaciones basadas en energías renovables, calculándose la diferencia entre cada impuesto sin las primas y el mismo con ellas.

su cuantía, será un factor que influirá en negativo en la comparativa económica.

IBI

Este impuesto aplica un gravamen del 0,6461% al valor catastral de la vivienda, que se ha estimado en unos 90.000€. No obstante, al instalarse paneles fotovoltaicos se aplicará una prima del 50% según lo indicado en la normativa, calculando el valor ahorro correspondiente a este impuesto de la siguiente manera:

Ahorro IBI(€)

$$= \text{Valor catastral (€)} \cdot 0,6461\% - (\text{Valor catastral (€)} \cdot 0,6461\%) \cdot 50\%$$

Este impuesto es mucho menor en el caso de la instalación fotovoltaica gracias a la prima que aplica, motivo por el cual tendrá un signo positivo en cuanto al ahorro económico en relación con la instalación previa.

Cargos variables

Estos cargos se aplican como consecuencia de la energía autoconsumida, por lo que en el caso de la instalación convencional conectada a red no aplicarían, por lo que tendrán signo negativo en el balance. Su cuantía anual se calcula de la siguiente manera:

$$\text{Cargos(€)} = 0,049033 \frac{\text{€}}{\text{kWh}} * \text{Autoconsumo(kWh)}$$

3.1.9. Flujo de caja

Finalmente, el flujo de caja no es más que la suma de los diferentes términos previamente calculados, teniendo en cuenta el signo en función de si es flujo entrante o saliente.

3.2. CONCLUSIONES

Como se puede observar, el ahorro es mayor a medida que pasan los años, ya que el precio de la electricidad se prevé que aumentará y, a pesar de que el rendimiento disminuye y por lo tanto la energía producida es menor, tiene más peso dicho incremento. De esta manera se puede ver claramente que el poseer una instalación de autoconsumo es una forma de desligarse de las fluctuaciones en el precio de la electricidad, sabiendo con bastante precisión lo que nos costará dicha energía anualmente.

Observando el flujo de caja acumulado se puede ver que se recupera la inversión durante el cuarto año. A partir de entonces todo el ahorro serán ganancias para el usuario, ahorrándose un total de 28.473,13€ tras 25 años.

En cuanto a la tasa interna de retorno obtenemos un valor del 30% a los 25 de años y el VAN es de 17.286,54€, en valor positivo, los cuales son fieles indicadores de la rentabilidad de este proyecto.

Todos los cálculos anteriores han sido realizados tomando premisas bastante conservadoras y suponiendo el peor escenario. Lo más probable es que en una instalación real el ahorro económico fuese incluso mayor.

Además, en estos momentos la situación financiera en cuanto a ayudas y primas hacia las energías renovables se encuentra en su peor época en España, pero se espera que esta situación prospere, favoreciendo e incrementando la implantación de éstas y reduciendo aún más el coste de este tipo de instalaciones.

4. ANEXO 4: FICHAS TÉCNICAS

4.1. PANELES FOTOVOLTAICOS



Paneles solares monocristalinos RED270-60M y RED260-60M con 60 células de alto rendimiento

- Alta eficiencia, 3 busbar
- Apariencia en negro "full black"
- Calidad de fabricación y certificación

La gama de paneles solares más completa en calidad, tecnologías y rendimiento

La gama de paneles solares de RED SOLAR de tecnología monocristalina y policristalina cuentan con una alta eficiencia, una tolerancia del $\pm 3\%$ y alta calidad de fabricación.

Seguimos aumentando la eficiencia

La tecnología de fabricación de RED SOLAR vuelve a superarse y consigue una eficiencia de hasta el 18,34% de célula (según modelo) superando la eficiencia de la gama anterior, y su triple busbar reduce las pérdidas de potencia.

Paneles con clase, apariencia "full black"

Tanto las células como el marco y la hoja trasera de los paneles son de color negro, dándole una presencia visual ideal en las instalaciones, integraciones y proyectos.

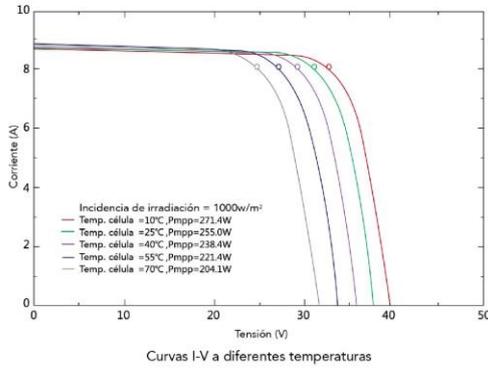
Características destacadas

- Células solares de alta eficiencia con transmisión y cristal texturizado.
- Diodo de bypass para minimizar las pérdidas por sombras. Vidrio templado con encapsulado EVA y película de protección frente al medio ambiente, con marco de aluminio.
- Cumple las certificaciones internacionales (CE, TÜV) y está incluido en el programa PV Cycle.

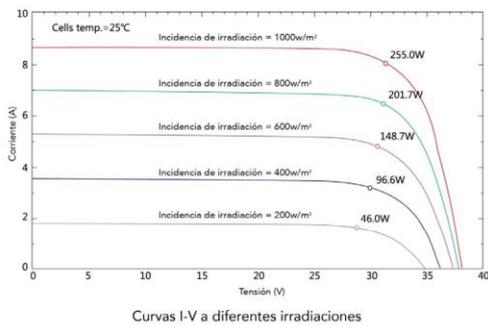
Garantías

- 10 años por producto defectuoso en material y mano de obra
- 10 años el 90% de la salida de potencia mínima garantizada
- 25 años el 80% de la salida de potencia mínima garantizada

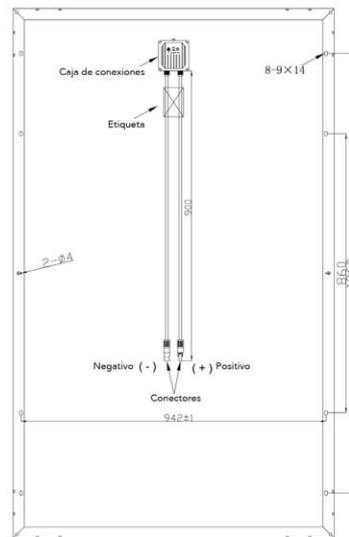
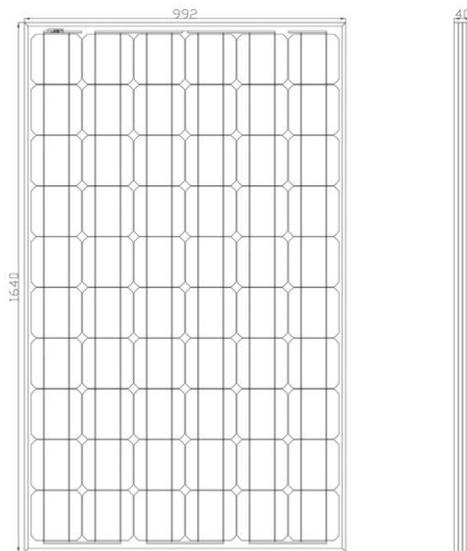




Especificaciones		
Modelo	RED270-60M	RED260-60M
Potencia máxima (Pmax)	270W	260W
Tensión de potencia máx. (Vmp)	31,48V	31,26V
Tensión de corriente máx. (Imp)	8,58A	8,317A
Tensión de circuito abierto (Voc)	38,56V	38,32V
Corriente de cortocircuito (Isc)	9,27A	8,9A
Eficiencia de célula (%)	19,40%	18,68%
Máxima tensión del sistema (V)	1000VDC	1000VDC
Coef. de temp Isc (%/°C)	0,037%/°C	0,037%/°C
Coef. de temp Voc (%/°C)	-0,34%/°C	-0,34%/°C
Coef. de temp Pmax (%/°C)	-0,48%/°C	-0,48%/°C
Temperatura nominal de funcionamiento de célula	45±2°C	45±2°C
Tolerancia	±3%	±3%
Tipo de célula (mm)	Mono 156x156	Mono 156x156
Nº de células	60 células	60 células
Tipo de conectores	MC4	MC4
Peso (kg)	18	18
Dimensiones (mm)	1640x992x40	1640x992x40



Ficha técnica testeada según STC, STC:AM 1.5, 1000W/m², 25°C.



4.2. TERMO HÍBRIDO

RECOSUN

ENERGÍA ELÉCTRICA Y
CALENTAMIENTO DE AGUA MEDIANTE
PANELES SOLARES FOTOVOLTAICOS

TERMOS ELÉCTRICOS HÍBRIDOS

FICHA TÉCNICA



- > Patentado en EEUU, Europa y otros 43 países del mundo.
- > Conexión entre los paneles solares fotovoltaicos y los termos a través de un cable eléctrico.
- > Certificados: CE, TÜV: EN 60335-1, EN 60335-2-21, EN 55014, EN 61000-3-2, EN 61000-3-3, EN 62233.
- > Los sistemas solares fotovoltaicos con los termos eléctricos Recosun incorporados, pueden aprovechar el 100% de la electricidad generada, sin tener que verter los excesos a la red de distribución eléctrica o almacenarlos en baterías.
- > Para calentar el agua los termos eléctricos híbridos Recosun utilizan, la corriente continua (CC) de los paneles solares fotovoltaicos y la corriente alterna (CA) de la red de distribución eléctrica.
- > Después de alcanzar la temperatura del agua programada, los termos eléctricos híbridos Recosun pueden redirigir la corriente continua (CC) a otro equipo (termo eléctrico híbrido, inversor o baterías).

CARACTERÍSTICAS

- > Dos resistencias cerámicas independientes, para CA y CC
- > Control de temperatura por dos termostatos externos (5-75°C)
- > Aislamiento de poliuretano sin CFC, grosor 42 mm
- > Pérdidas térmicas mínimas
- > Protección contra la corrosión mediante ánodo de magnesio
- > Cubierta pintada electrostáticamente
- > Disponible en 95, 120, 147 y 195 L
- > Vainas de resistencias esmaltadas
- > Serpentin de intercambio incorporado
- > Depósito en acero vitrificado, instalación mural vertical
- > Protección eléctrica: IP45
- > Indicador de temperatura

MODELO	LX ACDC/M+K 100	LX ACDC/M+K 125	LX ACDC/M+K 160	LX ACDC/M+K 200	LX ACDC/M+K 200
Dimensiones (mm) alto x diámetro	902 x 524	1067 x 524	1255 x 524	1287 x 584	1287 x 584
Peso (kg)	58	64	72	88	88
Capacidad (L)	95	120	147	195	195
Potencia eléctrica CA (kW)	2	2	2	2	2
Potencia eléctrica CC (kW)*	A, B, C				
Corriente para el calentamiento	CA+CC	CA+CC	CA+CC	CA+CC	CA+CC
Pérdidas térmicas (kWh/24h)	0,88	1,09	1,39	1,40	1,40
Superficie de intercambio (m²)	1	1	1	1	1
Potencia nominal de intercambio (kW)**	24	24	24	24	24***

* A = 1 kW, B = 1,5 kW, C = 2,0 kW. Todos los modelos LX ACDC/M+K y M+KW tienen integrada la resistencia cerámica universal para la corriente continua de los paneles fotovoltaicos. La resistencia se puede conectar a una fuente de energía fotovoltaica de 1,0 kW (120V CC) o 1,5 kW (180V CC) o 2,0 kW (240V CC).

** Temperatura del agua de 80°C y caudal de 720 L/h.

*** Potencia máxima de Intercambio, que el serpentin es capaz de transferir al agua en el termo, cuando el serpentin está conectado a una fuente de calor externa. Cuando el serpentin está conectado a la calefacción por suelo radiante, el serpentin utiliza el calor del termo, con lo cual la potencia depende de la acumulación de calor actual en el termo.

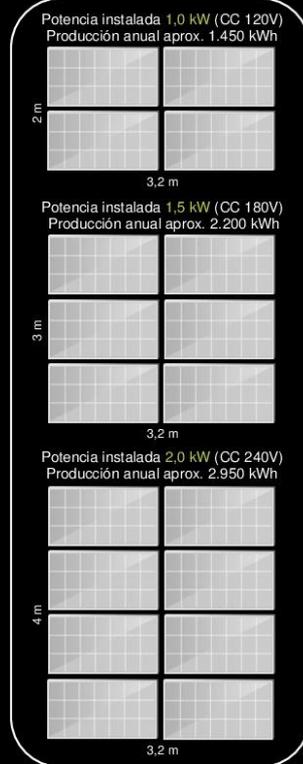
5 años de garantía del depósito y 2 años de garantía de los componentes eléctricos

AUMENTO TÉRMICO MÁXIMO EN UNA HORA

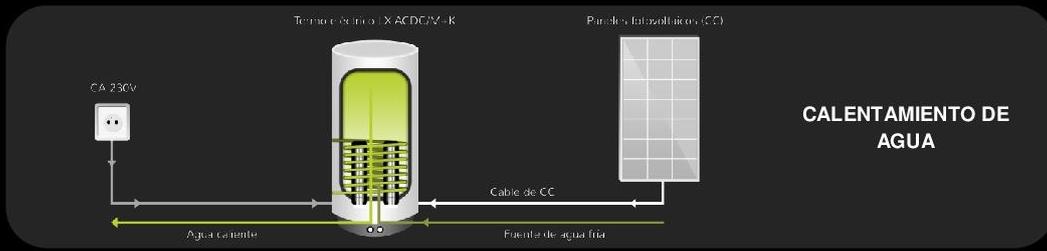
Capacidad del termo	Potencia de los paneles		
	1,0 kW	1,5 kW	2,0 kW
95 L	9,1 °C	13,6 °C	18,2 °C
120 L	7,2 °C	10,8 °C	14,4 °C
147 L	5,9 °C	8,8 °C	11,7 °C
195 L	4,4 °C	6,6 °C	8,8 °C

PARÁMETROS LÍMITES DE LOS TERMOS

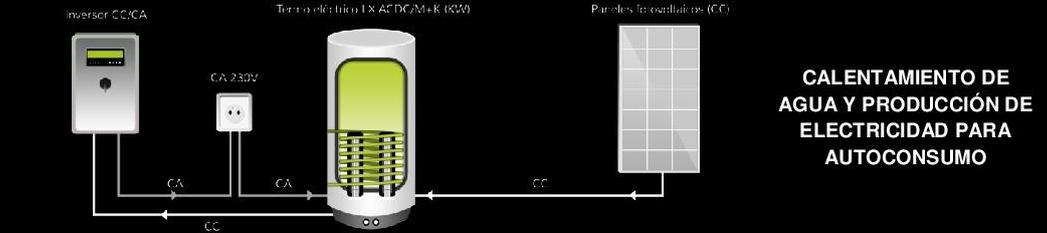
1,0 kW = CC 120V | 8,3A | 14,5Ω
 1,5 kW = CC 180V | 8,3A | 21,7Ω
 2,0 kW = CC 240V | 8,3A | 28,9Ω



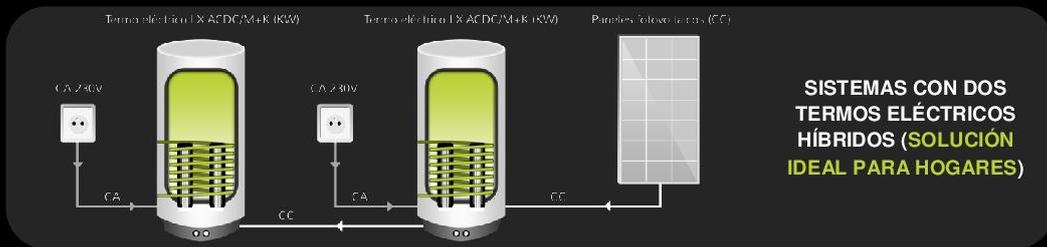
USO Y MODOS DE CONEXIÓN



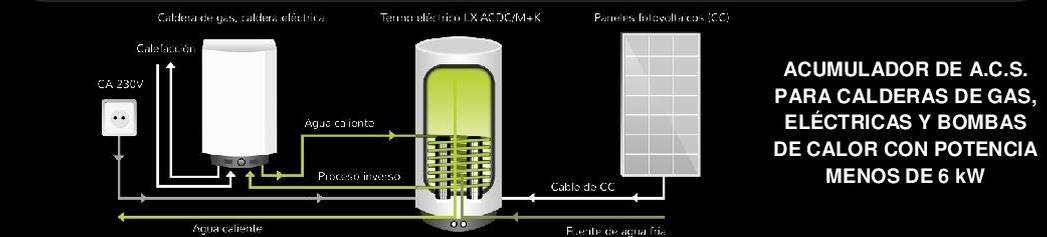
CALENTAMIENTO DE AGUA



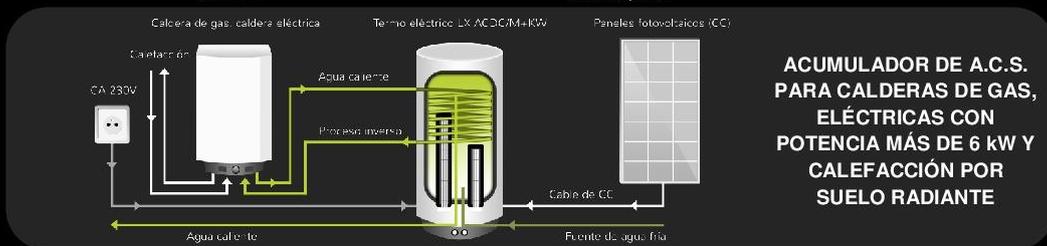
CALENTAMIENTO DE AGUA Y PRODUCCIÓN DE ELECTRICIDAD PARA AUTOCONSUMO



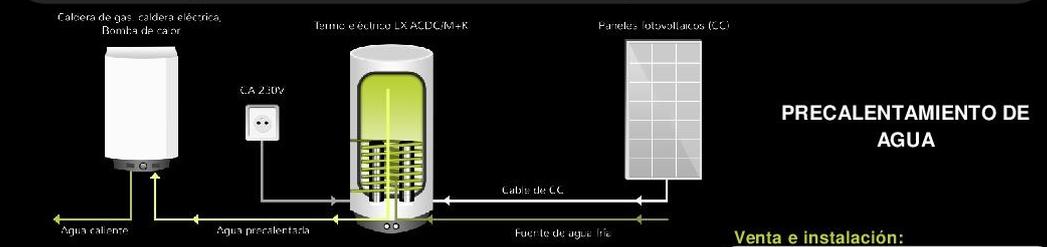
SISTEMAS CON DOS TERMOS ELÉCTRICOS HÍBRIDOS (SOLUCIÓN IDEAL PARA HOGARES)



ACUMULADOR DE A.C.S. PARA CALDERAS DE GAS, ELÉCTRICAS Y BOMBAS DE CALOR CON POTENCIA MENOS DE 6 kW



ACUMULADOR DE A.C.S. PARA CALDERAS DE GAS, ELÉCTRICAS CON POTENCIA MÁS DE 6 kW Y CALEFACCIÓN POR SUELO RADIANTE



PRECALENTAMIENTO DE AGUA

ADVERTENCIA: Leer el manual de instalación y uso en su totalidad antes de manejar, instalar y operar los termos eléctricos híbridos Recosun.

Venta e instalación:

Fabricante: Logitex, fabricado para Recosun Solar SL. Recosun Solar SL se reserva el derecho de realizar cambios en las especificaciones en esta ficha técnica sin previo aviso (EST/0104)

4.3. MPPT



Seguimiento ultrarrápido del Punto de Máxima Potencia (MPPT, por sus siglas en inglés).
Especialmente con cielos nublados, cuando la intensidad de la luz cambia continuamente, un controlador MPPT ultrarrápido mejorará la recogida de energía hasta en un 30%, en comparación con los controladores de carga PWM, y hasta en un 10% en comparación con controladores MPPT más lentos.

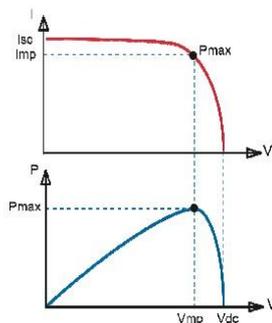
Salida de carga

Se puede evitar que la batería se descargue en exceso conectando todas las cargas a la salida de carga. Esta salida desconectará la carga cuando la batería se haya descargado hasta llegar a una tensión preestablecida.
También se puede optar por establecer un algoritmo de gestión inteligente de la batería: ver BatteryLife.
La salida de carga es a prueba de cortocircuitos.
Algunas cargas (especialmente los inversores) pueden conectarse directamente a la batería, y el control remoto del inversor a la salida de carga. Puede que se necesite un cable de interfaz especial; por favor, consulte el manual.

BatteryLife: gestión inteligente de la batería

Cuando un controlador de carga solar no es capaz de recargar la batería a plena capacidad en un día, lo que sucede es que el ciclo de la batería cambia continuamente entre los estados "parcialmente cargada" y "final de descarga". Este modo de funcionamiento (sin recarga completa periódica) destruirá una batería de plomo-ácido en semanas o meses.
El algoritmo BatteryLife controlará el estado de carga de la batería y, si fuese necesario, incrementará día a día el nivel de desconexión de la carga (esto es, desconectará la carga antes) hasta que la energía solar recogida sea suficiente como para recargar la batería hasta casi el 100%. A partir de ese punto, el nivel de desconexión de la carga se modulará de forma que se alcance una recarga de cerca del 100% alrededor de una vez a la semana.

Controlador de carga solar MPPT 75/15



Seguimiento del punto de potencia máxima

Curva superior:
Corriente de salida (I) de un panel solar como función de tensión de salida (V).
El punto de máxima potencia (MPP) es el punto Pmax de la curva en el que el producto de I x V alcanza su pico.

Curva inferior:
Potencia de salida P = I x V como función de tensión de salida.
Al utilizar un controlador PWM (no un controlador MPPT) la tensión de salida del panel solar será casi igual a la tensión de la batería, e inferior a VMP.

Controlador de carga BlueSolar	MPPT 75/15
Tensión de la batería	AutoSelect 12/24V
Corriente máxima de la batería	15 A
Potencia FV máxima, 12V 1a,b)	200 W (MPPT rango 15 V a 70 V)
Potencia FV máxima, 24V 1a,b)	400 W (MPPT rango 30 V a 70 V)
Desconexión automática de la carga	Sí, carga máxima 15 A
Tensión máxima de circuito abierto FV	75 V
Eficiencia máxima	98 %
Autoconsumo	10 mA
Tensión de carga de "absorción"	14,4 V/28,8 V
Tensión de carga de flotación	13,8 V/27,6 V
Algoritmo de carga	Variable multietapas
Compensación de temperatura	-16 mV / °C resp. -32 mV / °C
Corriente de carga continua/cresta	15A / 50A
Desconexión de carga por baja tensión	11,1 V / 22,2 V o 11,8 V / 23,6 V o algoritmo de BatteryLife
Reconexión de carga por baja tensión	13,1 V / 26,2 V o 14 V / 28 V o algoritmo de BatteryLife
Protección	Polaridad inversa de la batería (fusible) Cortocircuito de salida Exceso de temperatura
Temperatura de funcionamiento	-30 a +60°C (potencia nominal completa hasta los 40°C)
Humedad relativa	100 %, sin condensación
Puerto de comunicación de datos	VE.Direct Consulte el libro blanco sobre comunicación de datos en nuestro sitio web
CARCASA	
Color	Azul (RAL 5012)
Terminales de conexión	6 mm ² / AWG10
Tipo de protección	IP65 (componentes electrónicos)
Peso	0,5 kg
Dimensiones (al x an x p)	100 x 113 x 40 mm
1a) Si hubiese exceso de potencia FV, el controlador limitará la entrada de potencia a 200W resp. 400W 1b) la tensión FV debe exceder la Vbat (tensión de la batería) + 5V para que arranque el controlador. Una vez arancado, la tensión FV min. es Vbat + 1V	

DOCUMENTO N°3:
PLANOS

ÍNDICE DE PLANOS

1 DIMENSIONES DE LOS COMPONENTES	103
1.1 TERMO HÍBRIDO.....	103
1.2 PANELES FOTOVOLTAICOS	104
1.3 CONEXIONADO DE PANELES	105
1.4 ESQUEMA ELÉCTRICO	106

1. DIMENSIONES DE LOS COMPONENTES

1.1. TERMO HÍBRIDO

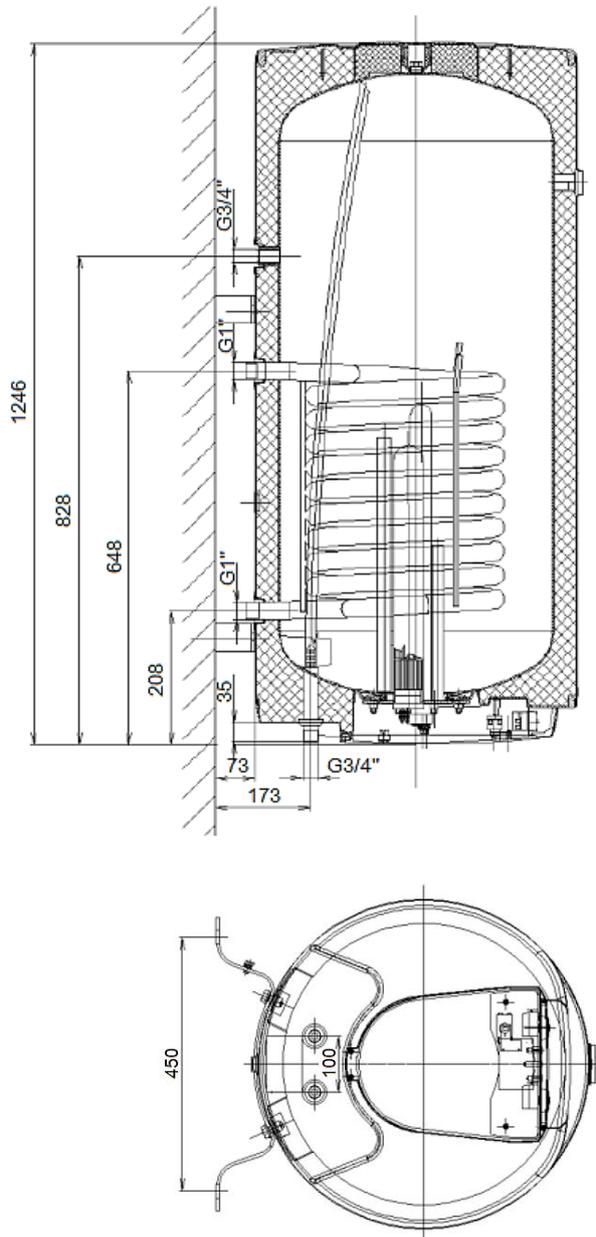


Figura 17

1.2. PANELES FOTOVOLTAICOS

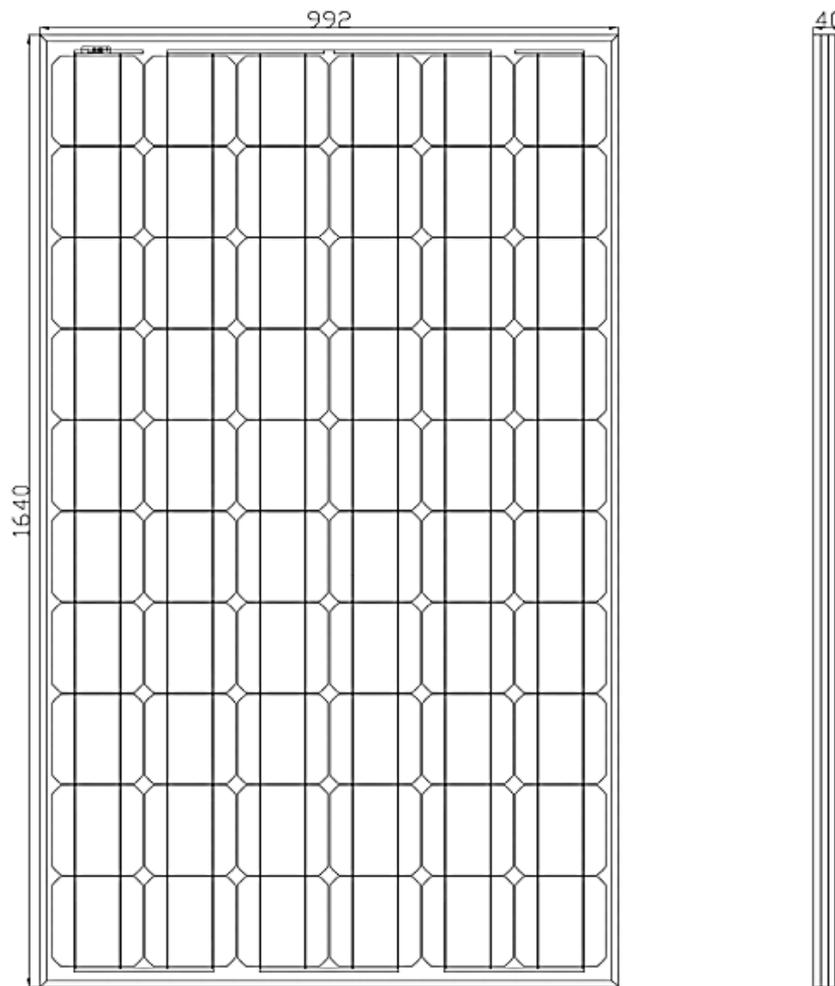
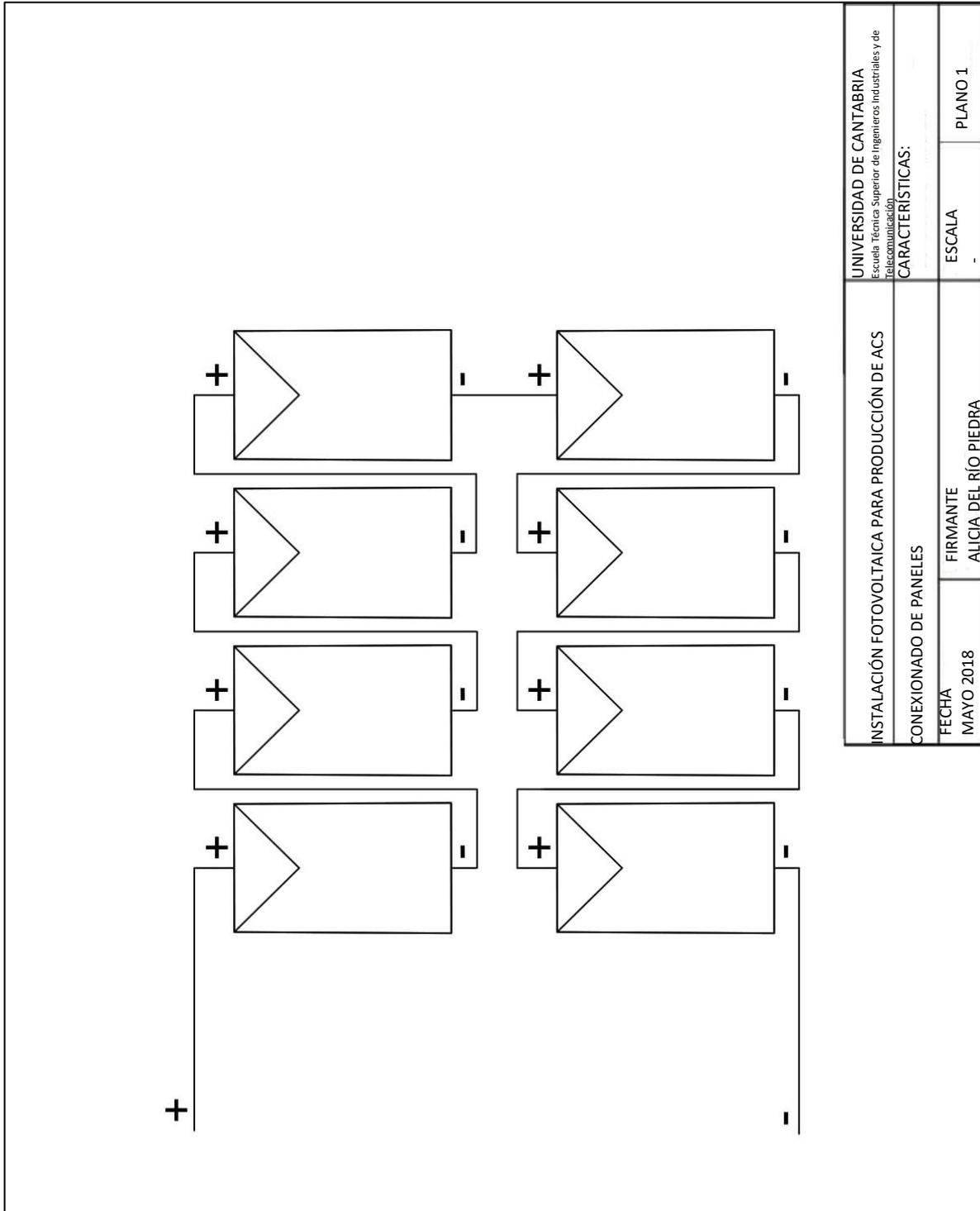


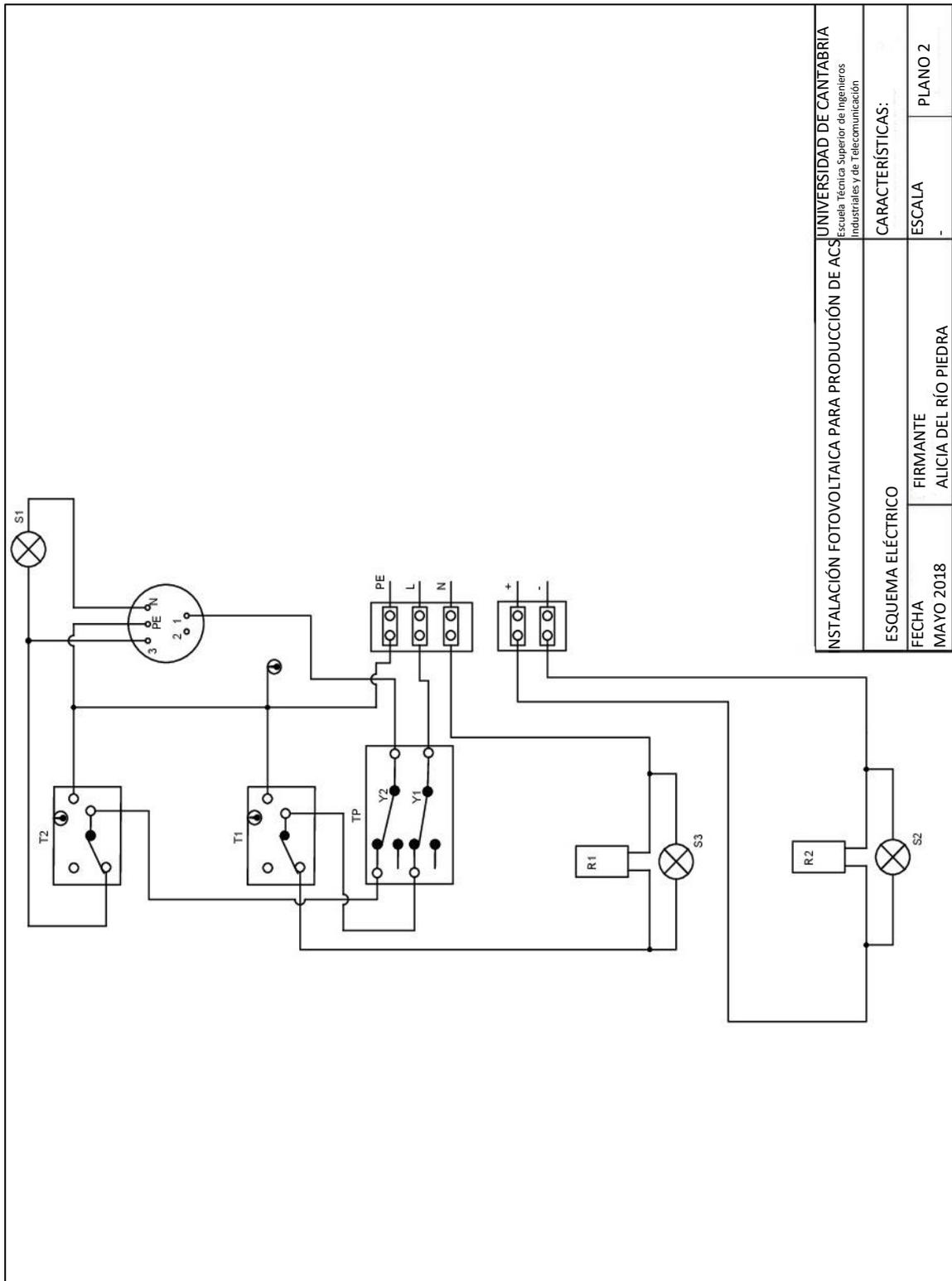
Figura 18

1.3. CONEXIONADO DE PANELES



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación		UNIVERSIDAD DE CANTABRIA	
CARACTERÍSTICAS:		ESCALA	PLANO 1
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA PRODUCCIÓN DE ACS		-	
CONEXIONADO DE PANELES		FIRMANTE	
FECHA	MAYO 2018	ALICIA DEL RÍO PIEDRA	

1.4. ESQUEMA ELÉCTRICO



UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Escuela Técnica Superior de Ingenieros Industriales y de Telecomunicación	
INSTALACIÓN FOTOVOLTAICA PARA PRODUCCIÓN DE ACS	
ESQUEMA ELÉCTRICO	
FECHA MAYO 2018	FIRMANTE ALICIA DEL RÍO PIEDRA
ESCALA -	PLANO 2

LEYENDA:

T2 - Termostato, calentamiento CC

T1 - Termostato, calentamiento CA

S1 - Luz indicadora de conexión a la red eléctrica

S2 - Luz indicadora de funcionamiento de la resistencia CC

S3 - Luz indicadora de funcionamiento de la resistencia CA

TP - Fusible térmico

R1 - Resistencia CA

R2 - Resistencia CC (fotovoltaica)

DOCUMENTO N°4:
PLIEGO DE
CONDICIONES

ÍNDICE DE PLIEGO DE CONDICIONES

1 CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS	112
1.1 NORMATIVA APLICABLE.....	112
2 CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES	114
2.1 COMPONENTES.....	114
2.2 RECEPTORES	114
2.2.1 Ficha técnica	115

1. CLÁUSULAS ADMINISTRATIVAS

1.1. NORMATIVA APLICABLE

- Ley 54/1997, 27 de noviembre. Esta ley pretende establecer una regulación específica para las instalaciones solares fotovoltaicas, mediante la fijación de unas condiciones administrativas y técnicas básicas de conexión a la red de dichas instalaciones, contemplando sus características particulares y así permitir el desarrollo de esta actividad.
- RD 2818/1998, 23 de diciembre. Se amplía la Ley en cuanto a la producción de energía mediante fuentes renovables, residuos y cogeneración, estableciéndole un nuevo marco de funcionamiento.
- RD 1663/2000, 29 de septiembre. Contempla detalles de la conexión de instalaciones fotovoltaicas a redes de baja tensión.
- RD 1995/2000, 1 de diciembre, por el que se regulan las actividades de transporte, distribución, comercialización, suministro y autorización de instalaciones eléctricas.
- Resolución del 31 de mayo de 2001, de la Dirección General de Política Energética y Minas, por la que se establecen modelo de contrato tipo y modelo de factura para instalaciones solares fotovoltaicas conectadas a la red de baja tensión.
- RD 842/2002, 2 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión.
- RD 314/2006, 17 de marzo, por el que se aprueba el Código Técnico de la Edificación.
- RD 661/2007, 25 de mayo, por el que se regula la actividad de producción de energía eléctrica en régimen especial.
- RD 1578/2008, 26 de septiembre, donde se contempla la retribución de la actividad de producción eléctrica mediante tecnología fotovoltaica.

- Plan de Energías Renovables (PER) 2011-2020.
- Normas UNE.
- Normativa técnica y administrativa regional y local.
- Otra normativa aplicable.

2. CONDICIONES TÉCNICAS PARTICULARES

2.1. COMPONENTES

Las características técnicas de cada uno de los siguientes componentes aparecen detalladas en el anexo correspondiente.

- Paneles solares monocristalinos RED260-60M con 60 células de alto rendimiento de RedSolar.
- Termo eléctrico híbrido M+K160 de Recosun
- Controlador de carga BlueSolar MPPT 75/15 de Victron Energy.

2.2. RECEPTORES

Los elementos receptores de agua caliente para el consumo doméstico son los siguientes:

- Lavadora bitérmica modelo Balay 3TS976B.
- Fregadero. No se ha seleccionado un modelo concreto, sino que se han tomado medidas experimentales y se han realizado los cálculos con los datos recopilados, lo cual aparece detallado en el anexo "CÁLCULOS".
- Ducha. Al igual que para el fregadero, los datos han sido recopilados mediante medidas experimentales, no siguiendo los datos de ningún modelo en concreto. Estos datos aparecen detallados en el anexo "CÁLCULOS".

2.2.1 Ficha técnica



Ficha de producto de acuerdo con la norma (EU) No 1061/2010

Marca: Balay
Modelo: 3TS976B
Capacidad asignada en kg de algodón: 7 kg
Clase de eficiencia energética: A+++
Consumo de energía anual ponderado 139 kWh/annum, basado en 220 ciclos de lavado normal con los programas de algodón estándar a 60 °C y 40 °C con carga parcial y carga completa, y consumo de los modos de bajo consumo. El consumo real de energía depende de cómo se utilice el aparato.
Consumo de energía en el programa normal de algodón 60 °C con carga completa 0,66 kWh
Consumo de energía en el programa normal de algodón 60 °C con carga parcial 0,55 kWh
Consumo de energía en el programa normal de algodón 40 °C con carga parcial 0,52 kWh
Consumo eléctrico ponderado en modo apagado y modo sin apagar: 0,17 W / 2,00 W
Consumo de agua anual 9240 l/año, basado en 220 ciclos de lavado con programa de algodón estándar a 60 °C y 40 °C con media carga y carga completa. El consumo real de agua al año dependerá de cómo se use el aparato.
Clase de eficiencia centrifugado B, basado en una escala de G (menos eficiente) a A (más eficiente)
Velocidad máxima de centrifugado en el programa normal de algodón 60 °C a carga completa 1200 rpm
Contenido de humedad residual 53 %
EL programa 'normal de algodón a 40 °C' y 'normal de algodón a 60 °C', son los programas normales de lavado a los que se refiere la información de la etiqueta y la ficha, que son aptos para lavar tejidos de algodón de suciedad normal y que son los programas más eficientes en términos de consumo combinado de energía y agua.
Duración del programa normal de algodón a 60 °C con carga completa: 240 min
Duración del programa normal de algodón a 60 °C con carga parcial: 240 min
Duración del programa normal de algodón a 40 °C con carga parcial: 240 min
Duración del modo sin apagar: -
Emisiones de ruido acústico aéreo: Lavado: 49 dB (A) Centrifugado: 73 dB (A)
Independiente

May 9, 2018

BSH Electrodomésticos España, S.A., C/ Itaroa, 1 - 31620 Huarte - Pamplona (Navarre) – SPAIN

www.balay.es

Firma: Alicia del Río Piedra