

Desarrollo de un kit de control y monitorización telemática de bajo coste para sistemas de energía solar térmica en multivivienda.

Plan de investigación

Programa de doctorado en sostenibilidad

Enero 2016

Autor:

Aitor González Valero

RDmes Technologies S.L.

Doctorado Industrial (AGAUR): número de expediente 2015 DI001

Directores:

Ricard Cònsul Serracanta

Rafael Ruiz Mansilla

Universitat Politècnica de Catalunya, Departament de Màquines i Motors Tèrmics

Índice

1. Resumen.....	4
2. Motivaciones.....	4
2.1. Motivaciones personales	5
2.2. Motivaciones empresariales	5
2.3. Motivaciones sociales	5
3. Objetivos	5
4. Estado del arte	6
4.1. La energía solar térmica.....	6
4.1.1. Sistemas de energía solar térmica.....	8
4.1.2. La energía solar térmica en España	14
4.1.3. La energía solar térmica en Cataluña	15
4.2. Sistemas actuales de monitorización	16
4.3. Antecedentes	18
4.4. Conclusiones	19
5. Metodología	19
6. Plan de trabajo	20
7. Referencias	23
8. Contribuciones esperadas	25
9. Estados de investigación	25

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación de los sistemas de energía solar térmica.	12
---	----

Índice de ilustraciones

Ilustración 1: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS [RUR2005]	9
Ilustración 2: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS centralizada [RUR2005]	10
Ilustración 3: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS parcialmente centralizado [RUR2005]	10
Ilustración 4: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS descentralizado [RUR2005]	11
Ilustración 5: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS con acumulador centralizado; circuito primario, secundario y de distribución; energía auxiliar centralizada y aportación de calor directa a vivienda.	13
Ilustración 6: Esquema de un sistema de energía solar térmica con acumulador centralizado; circuito primario, secundario y de distribución; energía auxiliar descentralizada e intercambiador de calor en vivienda.	13
Ilustración 7: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS con acumulador descentralizado y circuito primario con distribución.	14
Ilustración 8: Evolución de la superficie solar térmica estimada en Cataluña desde el 1999 hasta el 2012.	16
Ilustración 9: Estimación del estado operativo de las instalaciones solares térmicas de ACS en Barcelona por la “Agència d’Energia de Barcelona” en el año 2013 [ADB13].	16

1. Resumen

La consolidación de la tecnología solar térmica para el calentamiento de agua caliente sanitaria, y la aparición de nuevas ordenanzas solares en países como España, Italia, Portugal y Chile, ha dado lugar a un incremento considerable en el número de edificios multivivienda que utilizan esta tecnología. Se estima que a nivel mundial el número total de edificios multivivienda con sistema solar de agua caliente sanitaria supera la cifra de un millón. Concretamente en España, a finales de 2014, se estima que los sistemas instalados y en operación alcanzan los 3.500.000 m² de superficie llegando a superar los 2,4 GWth y con un valor de crecimiento en implantación del 9% respecto al año anterior.

Lamentablemente, si se analiza con detalle el funcionamiento de este tipo de instalaciones, se puede observar como un porcentaje importante de estas no está funcionando correctamente, de manera que no contribuyen al ahorro energético esperado, generando indirectamente una mala reputación para este tipo de tecnología.

Además, gran parte de los propietarios de este tipo de instalaciones no tienen una percepción real del ahorro económico asociado al buen funcionamiento de su sistema solar térmico, lo que desencadena, en muchos casos, a que estos se nieguen hacer el esfuerzo económico o la inversión requerida para garantizar el buen funcionamiento de ellas, prefiriendo, generalmente, realizar las intervenciones mínimas para pasar las inspecciones obligatorias.

Para solucionar esta situación, y a la vez conseguir una revalorización de la tecnología solar para el calentamiento de agua sanitaria, es necesario el desarrollo de métodos y soluciones de bajo coste para dar soporte a los servicios de operación y mantenimiento (OIM) en estos sistemas. Por ejemplo, un sistema de monitorización remota podría favorecer un mantenimiento eficaz en este tipo de instalaciones, ya que mediante este se podría llegar a determinar si la instalación requiere de alguna intervención y a su vez, se podría disponer de datos para realizar análisis de ahorro energético y económico. Análisis que podrían ser de interés para los propietarios.

En la actualidad ya existen soluciones pensadas para dar soporte a servicios OIM pero estas no han sido desarrolladas particularmente para este mercado, no cubriendo así toda la problemática presentada y resultando excesivamente caras de implementar en edificios multivivienda, especialmente desde el punto de vista económico y en relación al valor aportado.

Con la intencionalidad de contribuir a solucionar los problemas comentados, esta tesis se centra en el desarrollo de un kit de control y monitorización telemática de bajo coste para sistemas de energía solar térmica en multivivienda. El desarrollo incluye tanto la parte hardware como software del kit, el diseño del sistema de comunicación, los sistemas para el análisis de los datos provenientes de la monitorización (Big Data) y, por último, el desarrollo del software específico para que las partes interesadas (empresas de mantenimiento, instituciones, propietarios, etc.) puedan visualizar desde cualquier lugar los datos analizados. Está previsto que todo en su conjunto forme una solución integrada bajo el nombre comercial SeYe que a su vez esté implementada en la plataforma en la nube OmniluS de RDmes Technologies S.L.

2. Motivaciones

Son varias las motivaciones que han desencadenado el inicio de esta tesis de investigación aplicada. Motivaciones que podríamos clasificar a grandes rasgos como personales, de carácter empresarial y de carácter social.

Indispensables cada una de ellas para el desarrollo de esta, puesto que sin ninguna de ellas la tesis carecería de sentido o del suficiente empuje para que finalizara con éxito.

2.1. Motivaciones personales

Las motivaciones personales son aquellas que, a mí, como autor, me han hecho decidirme dar el paso para enrolarme en esta aventura. Tenemos básicamente dos motivaciones a destacar: a) realización profesional y b) auto superación, muy ligado a mi carácter.

a) **Realización profesional:** la tesis como el camino donde aprender, madurar mis conocimientos, aplicar mis estudios y ver que tienen una aplicación real y tangible.

b) **Auto superación:** la tesis como el camino donde afrontar los obstáculos, donde alcanzar y superar mis límites.

2.2. Motivaciones empresariales

Las motivaciones empresariales son aquellas directamente relacionadas con RDmes Technologies S.L., parte implicada en la tesis. Como toda empresa la motivación principal es la continuidad a futuro.

Al ser una tesis de carácter aplicado, si este se desarrolla con éxito, proporciona a RDmes Technologies S.L. la tecnología y el desarrollo necesario para que pueda introducir al mercado una solución competitiva que solvante algunos de los problemas a los que se afronta la energía solar térmica en multivivenda, como sería la pérdida de credibilidad, aportándole solvencia económica y continuidad a futuro a corto y medio alcance.

Como empleado de dicha empresa, parte de esta motivación forma parte de mis motivaciones profesionales del día a día.

2.3. Motivaciones sociales

Las motivaciones sociales son aquellas relacionadas con la conciencia colectiva para mejorar nuestro entorno. Esta consciencia viene directamente ligada a la responsabilidad socio-ambiental.

Contribuir al buen funcionamiento de las instalaciones de energía solar térmica es contribuir a una reducción de la contaminación atmosférica por CO₂, lo que implica un beneficio para la sociedad y el medioambiente, cumpliendo en parte con nuestra responsabilidad socio-ambiental.

3. Objetivos

La tesis tiene como objetivo principal desarrollar un equipo de control y monitorización telemático de muy bajo coste para sistemas solares térmicos en multivivienda. Con el desarrollo de este equipo se pretende revalorizar la tecnología contribuyendo al buen funcionamiento de este tipo de sistemas.

Para ello, el equipo a desarrollar ha de cumplir tres requisitos u objetivos fundamentales:

a) **Ha de tener un coste competitivo respecto a las alternativas existentes (barato):**

Uno de los problemas actuales sobre los equipos de monitorización y control, tal como se ha comentado previamente, es su alto coste de implantación. Si el nuevo sistema incurre en el mismo error, incluso teniendo valor añadido respecto a los sistemas existentes, podría estar condenado de ante mano al fracaso.

b) **Ha de poderse implantar de forma sencilla tanto en las instalaciones existentes como en las nuevas (sencillo):**

Es fundamental que el equipo sea sencillo de implementar en las instalaciones existentes y en las nuevas, pues solo así podrá contribuir al buen funcionamiento del parque solar térmico actual. Si el sistema requiriera de

un diseño específico y complejo de la instalación solar térmica su volumen de implantación sería escaso y difícilmente podría contribuir una revalorización de la tecnología.

c) **Ha de disponer de elementos que le aporten valor (útil):**

El equipo debe desarrollarse en paralelo con elementos que le aporten valor tanto de cara a propietarios de las instalaciones como a empresas de mantenimiento. De esta forma se puede favorecer su implantación contribuyendo a la revalorización de la tecnología.

Algunos de estos elementos que observamos como imprescindibles para cubrir las necesidades reales de propietarios y empresas de mantenimiento serían:

- i) **Sistema de monitorización remoto:** permitiría a los interesados visualizar el funcionamiento de su sistema solar térmico sin necesidad de acudir a la instalación.
- ii) **Sistema de análisis de datos e informes:** mediante el análisis de los datos provenientes de la instalación se ha de poder realizar informes que contengan información útil para los interesados. Estos informes podrían contener datos como: la energía producida, el estado de la instalación, el ahorro económico de la energía producida frente al sistema de producción de energía convencional, etc.

Este punto es de los que más contribuirían a la revalorización de la tecnología, pues los interesados podrían disponer de la información más relevante de la instalación en el momento en el que ellos deseen. A las empresas de servicios de mantenimiento les permitiría tomar decisiones sobre estas de forma más eficiente y acertada, especialmente respecto a la planificación del mantenimiento. Y respecto a los propietarios les permitirá tener una estimación real del ahorro energético, contribuyendo directamente a mejorar su percepción sobre este tipo de tecnologías.

4. Estado del arte

En este apartado se realiza una revisión de la historia de la energía solar térmica en España y su situación actual con el objetivo de resaltar su problemática. A la vez, con tal de situarnos en contexto, se presenta una breve descripción de la tecnología dentro del ámbito de la tesis (energía solar térmica para el calentamiento de agua caliente sanitaria).

Por otra parte, se realiza una revisión de aquellos trabajos y sistemas actuales que por tener un fin similar al de esta tesis, pudieran servir como base de discusión para desarrollar una solución al problema a resolver.

En concreto, se presenta: a) la definición de un sistema solar térmico, así como la tipología de instalaciones solares de ACS que hacen uso de esta tecnología; b) la situación actual de la energía solar térmica en España y Cataluña; c) el análisis de los trabajos previos a la tesis; d) el análisis de los sistemas actuales de monitorización y e) las conclusiones derivadas del estudio del estado del arte.

4.1. La energía solar térmica

Definimos la energía solar térmica como el aprovechamiento de la energía solar para producir calor mediante el uso de captadores o paneles solares térmicos.

[SAC11] Algunos argumentos a favor de los sistemas de energía solar térmica son:

- Las instalaciones solares, con una vida útil media de 20 años, garantizan, en todos los casos el retorno de la inversión.
- Al suministrar energía, sin emisión alguna de gases que provoquen el efecto invernadero, contribuyen a la prevención del cambio climático.
- Se eliminan los costes adicionales por el aumento del precio de la energía. El factor económico principal, la importante inversión inicial, se puede calcular su amortización al realizar la inversión, en cambio los costes del combustible varían considerablemente a lo largo de la vida útil de la instalación, 20 años. Por lo tanto, una instalación solar es siempre una inversión segura.
- Requieren un mantenimiento mínimo y un consumo de energía eléctrica muy reducido.
- Mejoran la imagen de los edificios y suponen un valor adicional de los mismos.
- Utilizan una fuente de energía prácticamente inagotable, reducen la factura energética de nuestro País, lo que representa una mayor independencia Política y económica.
- Asegura y fomenta el crecimiento y experiencia sobre las modernas tecnologías, así como a la creación de nuevos puestos de trabajo.
- Denota, en su propietario una gran responsabilidad medioambiental, el cual, además, puede beneficiarse de un ahorro de hasta el 50% anual en el coste de la producción de energía (en sistema para ACS).

La reducción de las emisiones de gases contaminantes se produce en el momento que parte de la generación de ACS producida mediante combustibles fósiles es sustituida por energía solar. Con una instalación de energía solar estándar se puede evitar la generación de una gran cantidad de emisiones contaminantes [SAC05]:

- **Dióxido de carbono CO₂:** Se forma durante la combustión de combustibles fósiles como el gasóleo, el gas natural y la biomasa (p.ej. madera). Este producto de combustión es considerado corresponsable del cambio climático global por sus efectos sobre la atmósfera terrestre.
- **Óxidos nítricos NO_x:** Se forma sobre todo a altas temperaturas de combustión mediante la reacción del oxígeno O₂ con el nitrógeno N₂ del aire. Los óxidos nítricos favorecen la formación de ozono O₃ en las capas bajas de la atmósfera, causante de fuertes irritaciones, sobre todo en las vías respiratorias y los ojos.
- **Monóxido de carbono CO:** Se forma por la combustión incompleta de combustibles fósiles como el gasóleo, el gas natural y la biomasa (p.ej. madera), cuando se da una insuficiencia de oxígeno en el aire. El CO es denominado también “veneno de la muerte dulce”, porque bloquea la capacidad de fijación del oxígeno por parte de la sangre.
- **Dióxido de azufre SO₂:** Se forma durante la combustión de combustibles fósiles con contenido en azufre, como p.ej. el gasóleo (en cambio, el gas natural está libre de azufre). El dióxido de azufre reacciona con el vapor de agua contenido en el aire y forma ácido sulfuroso, que ataca las plantas y los edificios (conocido también como “lluvia ácida”).
- **Partículas sólidas:** Se forma durante la combustión de combustibles fósiles con alto contenido en carbono, como p.ej. el gasóleo o la madera. El efecto de las partículas sólidas en forma p.ej. de hollín se considera parcialmente cancerígeno

4.1.1. Sistemas de energía solar térmica

Los Sistemas de energía solar térmica, de forma muy esquemática, funcionan de la siguiente manera: el captador o panel solar térmico absorbe parte de la radiación solar en forma de energía térmica, mientras que, a la vez, se produce una transferencia de calor entre el fluido que circula por el interior del captador y el propio captador.

Cuando la energía térmica del captador es superior a la del fluido se produce un aumento de energía térmica en dicho fluido y una pérdida de energía térmica en dicho captador. Siempre que esto suceda, gracias al aumento de temperatura en el fluido, este podrá ser usado para: conseguir agua caliente sanitaria, climatización de piscinas, calefacción, refrigeración (mediante el aprovechamiento de calor en un proceso de absorción) o para producir energía mecánica con la finalidad de producir energía eléctrica.

En esta tesis nos centraremos únicamente en el estudio de aquellos sistemas destinados a proporcionar agua caliente sanitaria (ACS) para multivivienda, ya que el objetivo es monitorizar y controlar este tipo de sistemas.

[IDA10] En la actualidad, una instalación de energía solar térmica puede llegar a cubrir hasta el 80% del total de la demanda de agua caliente sanitaria del edificio y el 100% de la demanda de piscinas cubiertas climatizadas.

Sistemas de energía solar térmica de ACS para multivivienda

Este tipo de sistemas, que funcionan bajo el principio antes mencionado, acumulan el fluido que circula por dentro del captador en un sistema de acumulación para, posteriormente, mediante un circuito de distribución, proporcionar bajo demanda ACS al usuario final. La acumulación del fluido, ya caliente, permite solucionar, en partes, los desajustes entre la producción de ACS y su demanda.

En la actualidad, los circuitos que forman parte de un sistema de energía solar térmica para ACS en multivivienda son: a) un circuito primario, b) un circuito secundario y c) un circuito de distribución.

- a) **Circuito primario:** es un circuito cerrado, compuesto principalmente por los captadores solares y un conjunto de tuberías, que tiene como objetivo transportar el calor desde el captador hasta un intercambiador de calor (enlace con el circuito secundario).

El calor es transportado mediante el fluido que circula por el circuito, el cual es calentado al circular por dentro del captador. Una vez enfriado, por transferencia de calor dentro del intercambiador, vuelve al colector para volver a ser calentado, y así sucesivamente.

Este circuito incluye elementos de seguridad para prevenir su deterioro. Estos elementos tienen como principales objetivos evitar la sobrepresión en los captadores, las heladas y las altas temperaturas.

El intercambiador de calor existe en el sistema si este contiene un circuito secundario. En caso de no existir, el circuito primario transportaría el calor desde el captador hasta uno o varios acumuladores solares, tal como haría el circuito secundario.

- b) **Circuito secundario:** es un circuito, compuesto principalmente por un conjunto de tuberías y uno o varios acumuladores, que tiene como objetivo transportar el calor desde el intercambiador de calor hasta el o los acumuladores solares (enlace con el circuito de distribución).

El calor es transportado mediante el fluido que circula por el circuito, el cual es calentado al circular por dentro del intercambiador. Una vez enfriado, por transferencia de calor dentro del acumulador, vuelve al intercambiador para volver a ser calentado, y así sucesivamente.

- c) **Circuito de distribución:** este circuito es el encargado de distribuir según demanda el agua desde el acumulador, o los acumuladores solares, por los diferentes puntos de servicio (según la tipología de sistema enlazará o incluirá el sistema auxiliar).

La temperatura del agua de este circuito variara en función de la temperatura del líquido que circula por el circuito secundario, ya que es en el acumulador solar donde se produce la transferencia de calor entre ambos circuitos.

Los circuitos descritos forman parte de un sistema forzado, lo que implica que es necesario la instalación de: a) bombas y b) sistemas de regulación.

- a) **Bombas:** las bombas forman parte del sistema hidráulico de los circuitos y son necesarias para proporcionar movimiento al fluido que circula por ellos.
- b) **Sistema de regulación:** los sistemas de regulación sería los encargados de controlar el buen funcionamiento de los circuitos activando las bombas y los elementos de seguridad cuando fueran necesarios.

Además, este tipo de sistemas va acompañado de un sistema auxiliar para proporcionar ACS en aquellos casos donde este no es suficiente para cubrir la totalidad de la demanda. Los sistemas auxiliares principales son de gas natural, electricidad y gasoil, siendo los más habituales el de gas natural y el de electricidad.

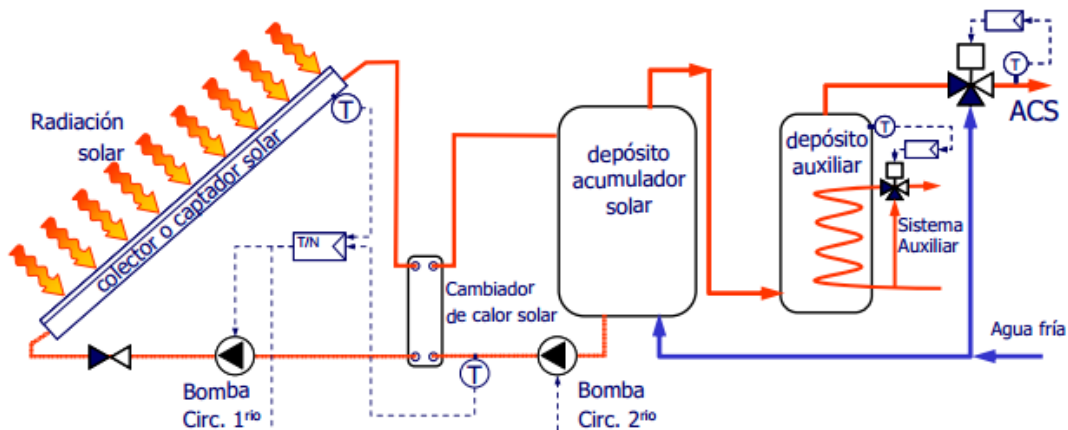


Ilustración 1: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS [RUR2005]

Por otro lado, según la configuración de los elementos (circuitos, sistemas y componentes) que los componen, se pueden definir diferentes tipologías de sistemas de energía solar térmica para ACS, siendo su clasificación más común en función de la configuración del sistema de acumulación solar (circuito secundario o primario) y el sistema auxiliar (circuito de distribución).

Esta clasificación, donde el circuito primario no varía, engloba todas las tipologías en tres grandes grupos: a) sistemas centralizados, b) sistemas parcialmente centralizados y c) sistemas descentralizados.

- a) **Sistemas centralizados:** están formados por un único sistema de acumulación y un único sistema de auxiliar para todas las viviendas. Común en edificio multivivienda.

El circuito primario o secundario entra en contacto con un único acumulador solar y el circuito de distribución contiene un único sistema auxiliar.

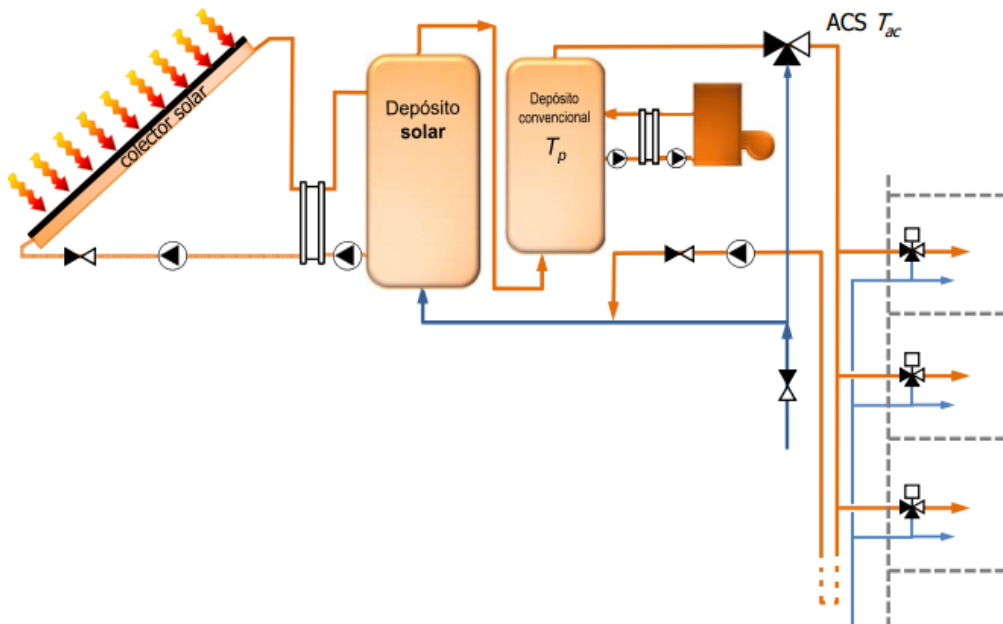


Ilustración 2: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS centralizada [RUR2005]

- b) **Sistemas parcialmente centralizados:** está formado por un único sistema de acumulación para todas las viviendas teniendo cada una de ellas su propio sistema auxiliar.

El circuito primario o secundario entra en contacto con un único acumulador solar y el circuito de distribución con el sistema auxiliar de cada vivienda.

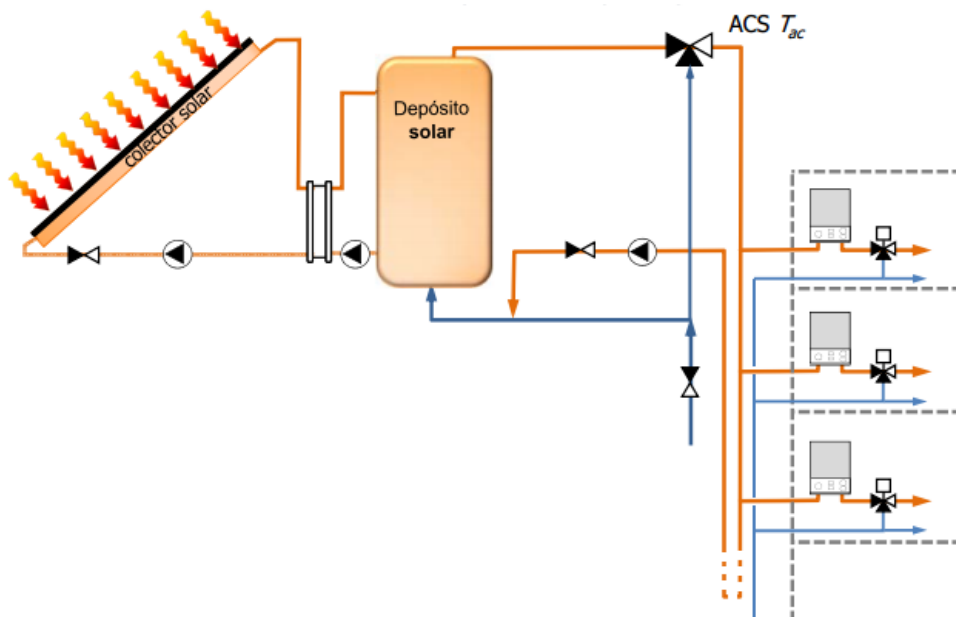


Ilustración 3: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS parcialmente centralizado [RUR2005]

- c) **Sistemas descentralizados:** cada vivienda cuenta con su propio sistema de acumulación y su propio sistema auxiliar. Común en edificios unifamiliares.

El circuito primario o secundario entra en contacto con el acumulador solar de cada vivienda y, según el intercambio de calor final entre el acumulador solar y la vivienda, el circuito de distribución será de una tipología u otra: contendrá el sistema auxiliar (intercambio directo de calor) o será un circuito cerrado (intercambio de calor por acumulador o intercambiador).

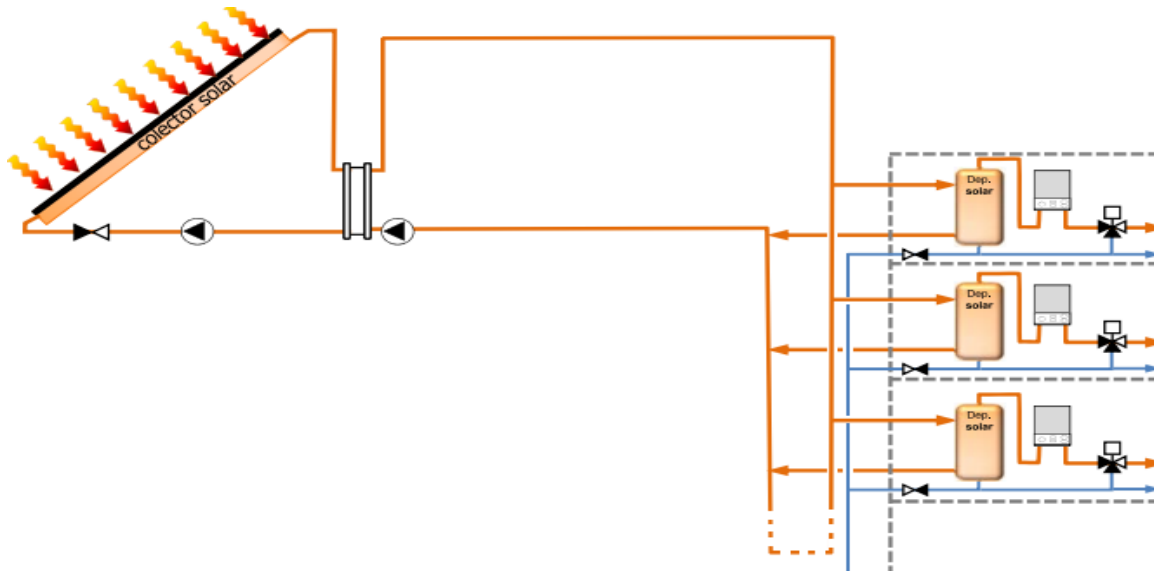


Ilustración 4: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS descentralizado [RUR2005]

No obstante, de cara al desarrollo de la tesis, usaremos una clasificación que se adapta más al objetivo perseguido. Esta clasificación, que nos permite definir los puntos de control y monitorización para cada sistema de energía solar térmica ACS en mutivivienda y esta proporcionada por la empresa RDmes Technologies S.L., clasifica los diferentes sistemas en función de a) la configuración del sistema de acumulación solar, b) el número de circuitos, c) la configuración del sistema auxiliar y d) el tipo de intercambiador final (entre el circuito de distribución y el sistema auxiliar). La definición de los criterios es la siguiente:

- a) **Sistema de acumulación solar:** los acumuladores solares, tal como hemos visto previamente, pueden estar centralizados o descentralizados.

Centralizado en el caso de que este sea común para todas las viviendas y descentralizado en el caso de cada vivienda tenga su propio acumulador solar.

- b) **Número de circuitos:** los sistemas pueden contener un circuito único, un circuito primario junto a uno de distribución o un circuito primario, secundario y de distribución.

- c) **Sistema auxiliar:** el sistema auxiliar, igual que los acumuladores solares e independientemente de la fuente de energía usada, puede estar centralizado o descentralizado.

Centralizado en el caso de que este sea común para todas las viviendas y descentralizado en el caso de cada vivienda tenga su propio sistema auxiliar.

- d) **Tipo de intercambiador final:** hace referencia al método por el cual se transmite la energía hacia el usuario final. Se contemplan tres métodos:

- a. **Directo:** el agua que circula por el circuito de distribución será la que consuma el usuario.

- b. Mediante un intercambiador de calor: el circuito de distribución calentará el agua del circuito de consumo mediante el uso de un intercambiador.
- c. Mediante un acumulador: el circuito de distribución calentará el agua del circuito de consumo mediante el uso de un acumulador convencional con serpentín situado en cada vivienda.

A continuación, se presenta una tabla donde se agrupan todas las tipologías derivadas de esta clasificación.

(AS) Acumulación solar	(NC) Número de circuitos	(EA) Energía auxiliar	(IF) Intercambiador final
(C) Centralizada	(2) Primario con distribución	(C) Centralizada	(D) Directa
			(I) Intercambiador de calor
		(D) Descentralizada	(D) Directa
			(I) Intercambiador de calor
			(A) Acumulador
	(3) Primario, secundario y distribución	(C) Centralizada	(D) Directa
			(I) Intercambiador de calor
		(D) Descentralizada	(D) Directa
			(I) Intercambiador de calor
	(A) Acumulador		
(D) Descentralizada	(1) Circuito único		
	(2) Primario con distribución		

Tabla 1: Clasificación de los sistemas de energía solar térmica.

A lo largo del trabajo se harán referencias a los grupos definidos en la **Tabla 1**. La forma de referencia seguirá la siguiente estructura: de arriba abajo y de izquierda a derecha; iniciales de columna seguidas de iniciales de fila separadas por dos puntos, y entre par columna - fila separado por un guion.

Por ejemplo: una instalación con acumulador solar (AS) centralizado (C); con un número total de circuitos (NC) de tres (primario, secundario y de distribución) (3); con energía auxiliar (EA) centralizada (C) y con un intercambiador final (IF) de calor mediante un acumulador (A) correspondería a la referencia:

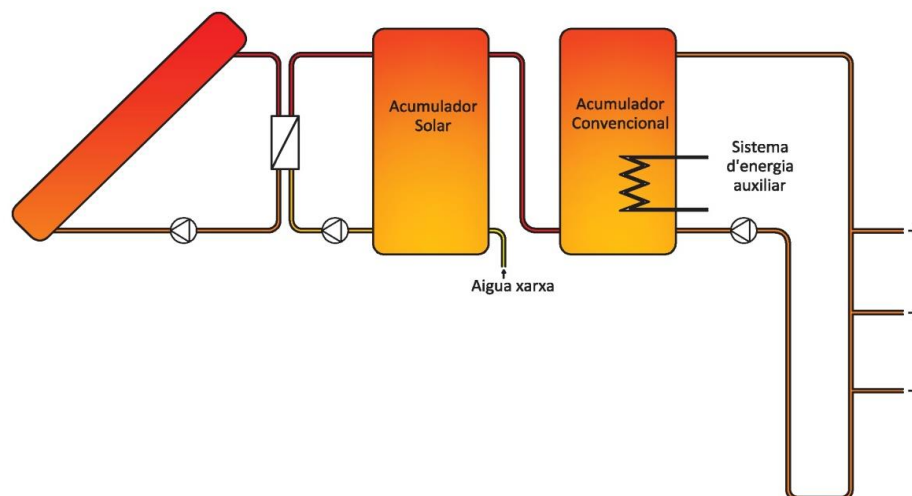
AS:C - NC:3 - EA:C - IF:A

Para finalizar se describen los tres tipos de instalaciones más comunes según esta clasificación: a) AS:C - NC:3 - EA:C - IF:D, b) AS:C - NC:3 - EA:D - IF:I y c) AS:D - NC:2.

- a) AS:C - NC:3 - EA:C - IF:D: el fluido del circuito primario circula por el captador calentándose. Posteriormente este calor es transferido al circuito secundario mediante un intercambiador de calor. El agua del circuito secundario se va almacenando en un acumulador solar centralizado y proviene de la red general.

Cuando alguna vivienda demande ACS el agua almacenada en el acumulador solar centralizado circulará hacia un segundo acumulador. Este segundo acumulador está conectado directamente con el circuito de distribución (el cual proveerá de ACS a los usuarios del sistema) y forma parte del sistema de energía auxiliar (encargado de calentar el agua del acumulador si fuera necesario).

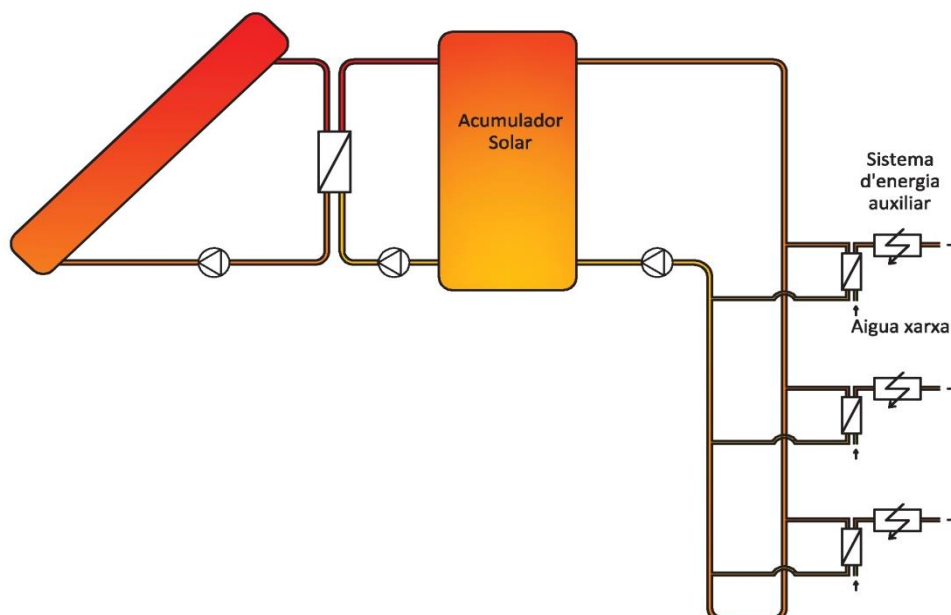
Este tipo de configuraciones se encuentran generalmente en edificios para hoteles o hospitales.



Il·lustració 5: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS con acumulador centralizado; circuito primario, secundario y de distribución; energía auxiliar centralizada y aportación de calor directa a vivienda. (AS:C - NC:3 - EA:C - IF:D).

- b) AS:C - NC:3 - EA:D – IF:I: en este caso, a diferencia del anterior, el sistema de energía auxiliar es descentralizado. La interacción entre el circuito primario y el secundario es la misma, pero esta vez, tanto el circuito de distribución como el secundario son dos circuitos cerrados conectado entre sí por un acumulador solar central.

Con tal de que las viviendas tengan agua caliente, mediante un intercambio de calor, se produce una transferencia de calor entre el circuito de distribución y el circuito de consumo (el de la propia vivienda). El agua de cada vivienda proviene de la red general y, si fuera necesario, esta sería calentada por el sistema auxiliar particular de cada vivienda.



Il·lustració 6: Esquema de un sistema de energía solar térmica con acumulador centralizado; circuito primario, secundario y de distribución; energía auxiliar descentralizada e intercambiador de calor en vivienda. (AS:C - NC:3 - EA:D – IF:I).

- c) AS:D - NC:2: en este caso el circuito de distribución y el circuito secundario son el mismo circuito cerrado, siendo la interacción entre el circuito primario y estos la misma.

Cada vivienda cuenta con su acumulador solar y su propio sistema de energía auxiliar. Mediante el circuito de distribución y un serpentín se calienta al agua del acumulador, la cual, proveniente de la red general, circulará por el circuito de consumo (el de la vivienda) en función de la demanda. Si fuera necesario, esta sería calentada por el sistema auxiliar.

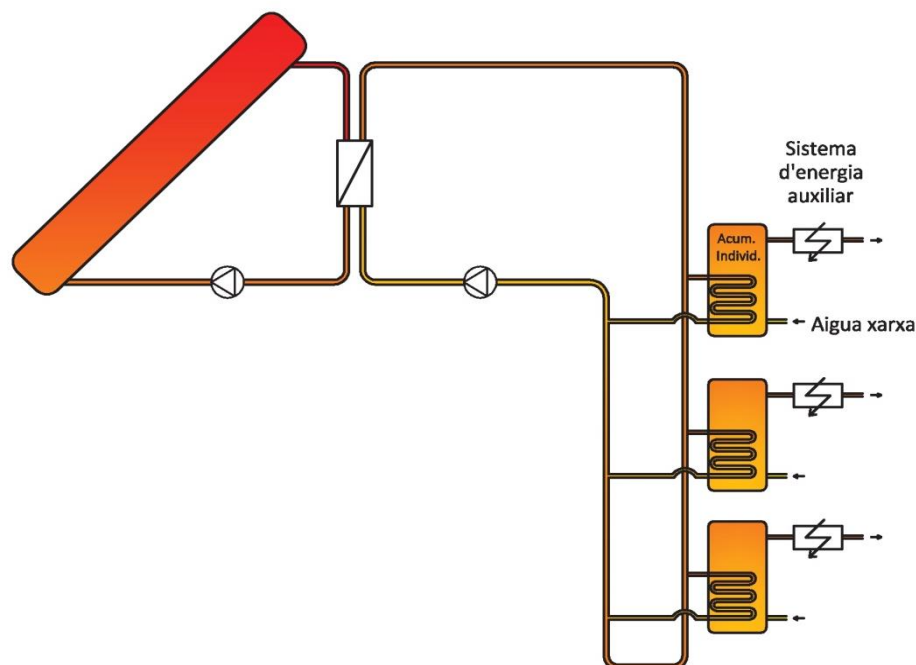


Ilustración 7: Esquema de un sistema de energía solar térmica de ACS con acumulador descentralizado y circuito primario con distribución. (AS:D - NC:2).

4.1.2. La energía solar térmica en España

[SAC11] A principios de los años 80 se produjo el primer crecimiento significativo del mercado relacionado con los sistemas de energía solar térmica. Después de una evolución positiva este se estancó principalmente, por el descenso del precio de la energía y la poca fiabilidad de las instalaciones (por falta de conocimiento y experiencia).

No es hasta finales de los 90 que se volvió a registrar un nuevo crecimiento significativo, que dio como resultado, hasta finales del 2008, un crecimiento continuo e importante de superficie instalada de captadores. Crecimiento favorecido por los programas de subvenciones a nivel regional, el crecimiento económico del país y a un sector cada vez más especializado de fabricantes e instaladores.

Ordenanzas como la de Barcelona, Sevilla, Pamplona, Madrid, Valencia... y programas como el PROSOL de Andalucía, enfocados a fomentar el uso de la energía solar térmica, fueron y son un importante factor para el crecimiento del mercado, así como la entrada en vigor del CTE y el RITE, los cuales establecen las exigencias de ahorro energético de este tipo de sistemas.

A partir del 2008, debido a la entrada de la crisis económica, se fue reduciendo paulatinamente la construcción de nueva vivienda provocando así una regresión en el sector. En el 2009 se produjo un descenso del 15% en superficie de nuevos captadores instalados respecto al año anterior, siendo la cifra de nueva implantación de 300.000m². Para aquel entonces el sector empleaba, aproximadamente, unas 13.000 personas y existían 35 fabricantes nacionales con capacidad de producción anual de 1.900.000m².

Según el último balance de ASIT (Asociación Solar De La Industria Térmica) [AST14], desde el 2009 hasta el primer semestre del 2014, solo se produjeron dos pequeños crecimientos, siendo el último en el primer semestre del mismo año, suponiendo solamente un incremento de nueva implantación (en superficie de captador) del 7% respecto al primer trimestre del año anterior.

Además, el mercado acumuló un descenso del 50%, aunque superó la cifra de 2.4GWth en acumulado de potencia instalada (3.500.000 m² instalados y en operación) y, por otra parte, la capacidad de producción de los fabricantes se fue reduciendo paulatinamente hasta los 1.300.000m², fabricando a lo largo del 2013 solamente 241.000m² (el 19% de su potencial), de los cuales solo 140.000m² iban destinados al mercado español.

En lo que respecta al 2015 se desconocen los datos exactos, aunque hay un nexo en común entre todas las opiniones: [BOS08] [IDA10] Hasta hoy el desarrollo e instalación de estos sistemas ha sido muy baja debido a:

- Falta de conciencia ecológica y falta de información al usuario final.
- Crisis económica y estallido “burbuja inmobiliaria”.
- Malas prácticas de instalación y operación.
- Falta de mantenimiento que origina un mal funcionamiento de algunas instalaciones (pérdida de reputación).
- Dificultad de integración en edificios y espacio en cubiertas.
- Inversión inicial todavía alta sólo para obtener A.C.S.

Son tiempos difíciles donde las empresas han de adaptarse a la coyuntura económica y reajustar sus presupuestos.

4.1.3. La energía solar térmica en Cataluña

De cara al desarrollo de la tesis es fundamental conocer el estado actual de la energía solar térmica en Cataluña, pues nos permitirá conocer en nuestro mercado más inmediato el potencial y alcance del sistema de monitorización y control diseñado.

La evolución del parque solar instalado en Cataluña ha transcurrido de forma paralela al mercado español: se produjo un aumento de la superficie de captador instalada desde los años 90 hasta el 2008, gracias, principalmente, a las ordenanzas municipales de Barcelona (1999), Sant Joan Despí (1999), Sabadell (2002) y Terrassa (2002) y, posteriormente, en el año 2006, debido a la entrada en vigor del decreto “d’Eco Eficiència de la Generalitat de Catalunya” y al Código Técnico de Edificación (DB-HE 4). Este último de ámbito estatal.

A finales del 2006 había 55 ordenanzas en vigor en Cataluña que cubrían más del 60% de la población catalana.

Hasta el 2008 el sector fue creciendo de forma significativa, pero a partir del 2008 el sector vio ralentizado su crecimiento a causa del inicio de la crisis económica (en ese mismo año y aún por finalizar) y su repercusión en el sector de la construcción.

En el año 2005, [GCA15] En el Plan de la energía de Cataluña 2006-2015 se estimó que para finales del año 2015 la superficie acumulada de captador instalado y operativo sería de 1.250.000 m², de los cuales solo 850.000 m² serían para uso doméstico si entre el 2005-2015 se hubieran construido cerca de 500.000 nuevas viviendas de primera residencia.

[BEC15] La realidad ha sido muy distinta y, entre 2006 y 2015, se construyeron alrededor de 290.611 nuevas viviendas. A falta de datos oficiales, por proporción, equivaldría a un acumulado de superficie de captador instalado y operativo aproximado de 503.232 m² en el tercer trimestre del 2015, algo lejano de los 850.000 m² previstos

(teniendo en cuenta que el número total de nueva vivienda entre el 2006-2015 es de 855.330 viviendas siendo la estimación del plan de energía próximo a las 1.444.722 viviendas).

La siguiente ilustración muestra la gráfica sobre la evolución de la superficie solar térmica estimada en Cataluña desde el 1999 hasta el 2012. Esta gráfica está basada en los datos registrados en Barcelona por la “Agència d’Energia de Barcelona” [ADB15], los cuales han sido extrapolados al conjunto de Cataluña, tomando como referencia el valor poblacional. Se han omitidos los años comprendidos entre el 2013 y el 2015 (inclusive ambos), debido a no disponer de datos de carácter oficial, o fiable, respecto a la evolución de superficie instalada.

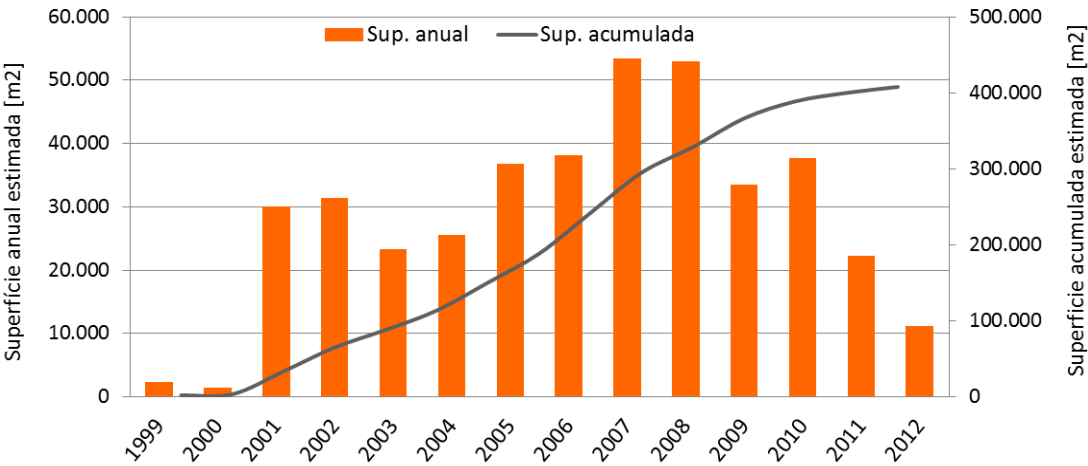


Ilustración 8: Evolución de la superficie solar térmica estimada en Cataluña desde el 1999 hasta el 2012.

Por otra banda, si nos centramos en Barcelona, según un estudio realizado por la “Agència d’Energia de Barcelona” el año 2013 [ADB13], se estima que solo el 59% de las instalaciones solares térmicas presentan un estado de funcionamiento aceptable, que un 15% están por debajo de su rendimiento teórico y que el 22% restante están aturadas.

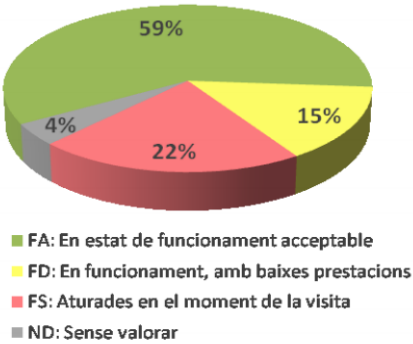


Ilustración 9: Estimación del estado operativo de las instalaciones solares térmicas de ACS en Barcelona por la “Agència d’Energia de Barcelona” en el año 2013 [ADB13].

4.2. Sistemas actuales de monitorización

La normativa actual en España, en cumplimiento de la directiva europea 2010/31/UE [EUR10], obliga la implantación de sistemas de control encargados de regular y controlar el funcionamiento de los sistemas de energía

solar térmica para ACS, así como la implantación de elementos que permitan la lectura directa de la presión y las temperaturas del fluido en los distintos circuitos hidráulicos.

Debido a este hecho, actualmente existen en el mercado una variedad considerable de sistemas de monitorización con software asociado que permiten tanto hacer un seguimiento de la instalación como la posibilidad de actuar sobre ella (tanto de forma remota como *offline*).

Los sistemas más extendidos se basan en la regulación diferencial: controlan la instalación en función de un diferencial de temperatura entre dos puntos concretos del sistema. Si la diferencia de temperatura supera un límite establecido por el mantenedor, el sistema de control actuará sobre la instalación, generalmente, activando o desactivando elementos del sistema, como podrían ser las bombas de los distintos circuitos hidráulicos.

Entre todas las marcas comerciales presentes en el mercado catalán y español de sistemas de control y monitorización podemos destacar cuatro: a) Sorel, b) RESOL, c) MundoControl y d) ECOSOL.

- a) **Sorel [SOR16]**: Sorel comercializa sistemas de control que oscilan entre los 152€ y los 1.315€. A sus sistemas de control se les puede añadir un sistema de monitorización que solo permite la visualización de los datos de energía de forma remota: no contempla servicios de notificaciones, servicios de control remoto, etc.; aportando poco valor al producto final, especialmente de cara al propietario de la instalación.

En el caso de optar por el sistema de monitorización, el precio del sistema de control sería superior en todos los casos a 800€.

- b) **RESOL [RES16]**: los sistemas de control de RESOL oscilan entre los 90€ y los 542€ sin incluir las sondas de control. Son centralitas que actúan sobre la instalación en función de un diferencial de temperatura y que no permiten la monitorización sin el desembolso posterior de entre 304€ o 672€, oscilando el precio final del kit entre los 394€ y 1.284€. El sistema de monitorización no aporta ningún valor de cara al propietario de la instalación al permitir solamente la visualización de algunos valores concretos de la instalación, como la energía producida.
- c) **MundoControl [SAC11]**: dispone de sistemas de control con precios comprendidos entre los 90€ y los 194€. Son centralitas que actúan sobre la instalación en función del diferencial de temperatura. Si se les quiere añadir un sistema de notificación de alarmas y control remoto a través de un teléfono móvil tiene un coste añadido de 268€, dando como resultado el precio final del kit de unos 358€ en el caso más económico. No obstante, no existe ninguna opción para monitorizar la instalación.
- d) **ECOSOL [ECO16][SAC11]**: el producto principal es un contador solar para el circuito primario del campo de captación de 832€ que incluye sistema de alarmas por SMS sin monitorización remota. Este producto es modular y puede comunicarse con otros sistemas comercializados por ECOSOL para el control de los circuitos de las viviendas.

No obstante, existen también otros proveedores como Dexma [DEX16] o Systemtronic S.L. [STR16] que aportan soluciones más completas a un coste más elevado, incluso algunos con cuotas mensuales de entre 33€ hasta 83€ en función del número de variables de monitorización y el número de sistemas a monitorizar y/o, con la necesidad de adaptar la instalación a la solución a implementar.

Como podemos ver, las soluciones de control que incorporan seguimiento solar (monitorización remota por software asociado y notificaciones) tiene un precio poco acertado, sobre todo si tenemos en cuenta que, en algunos

casos, no son compatibles con cualquier instalación (han de estar contemplados en el diseño) y no aportan ningún valor directo al propietario de la instalación permitiendo únicamente la visualización de datos al mantenedor (no implementan un sistema de notificaciones, estado de operatividad, etc). En el momento que se contemplan soluciones más completas y genéricas, como las de Systemtronic S.L. que implementan un sistema de notificaciones y sondas de alta precisión (NTC y PTC), no encontramos soluciones fáciles de amortizar: requieren adaptar gran parte de la instalación para su implementación elevando sustancialmente el coste final y, el coste de sus componentes es elevado.

4.3. Antecedentes

Esta tesis sigue las líneas marcadas por tres proyectos previos en los que he colaborado de forma activa. Estos proyectos son a) “Disseny d’un sistema de monitorització per auditories i manteniments d’instal·lacions solars tèrmiques d’ACS. Aplicació a una instal·lació real” de David Pérez, b) “Disseny, construcció i implementació d’un sistema de monitorització remota per a instal·lacions solars tèrmiques d’ACS” de Ian Vila y c) “SeYe, una aplicació web integrada a un sistema de baix cost de monitorització d’instal·lacions solars tèrmiques d’ACS” de Iván Ruiz Lozano.

- a) “Disseny d’un sistema de monitorització per auditories i manteniments d’instal·lacions solars tèrmiques d’ACS. Aplicació a una instal·lació real.” de David Pérez:

Este proyecto contiene: un primer diseño del sistema de control y monitorización a nivel de hardware basado en los visores ópticos de Northstar Telemetry y, la validación del sistema mediante la implantación de un prototipo en una instalación real.

- b) “Disseny, construcció i implementació d’un sistema de monitorització remota per a instal·lacions solars tèrmiques d’ACS” de Ian Vila:

En relación con el proyecto de David Pérez, este proyecto define las variables de control para el sistema de monitorización diseñado, define un protocolo de instalaciones y adquisición de datos y, un primer diseño para informes energéticos.

Además, presenta: un nuevo prototipo para el sistema basado en la solución de David Pérez, la validación de este a partir de dos instalaciones reales y, un estudio sobre la viabilidad técnica, económica y ambiental de este con resultados satisfactorios.

- c) “SeYe, una aplicació web integrada a un sistema de baix cost de monitorització d’instal·lacions solars tèrmiques d’ACS” de Iván Ruiz Lozano:

En colaboración con Iván Ruiz se definió toda la parte relacionada con las tecnologías de la información relacionadas con el sistema de monitorización ya definido en los anteriores dos proyectos. Principalmente contiene: el diseño de las bases de datos para almacenar la información proporcionada por el hardware; el diseño de la interfaz de usuario para la interacción con el sistema de monitorización por parte de los usuarios así como para la visualización de la información útil derivada de los datos recolectados; las bases para el diseño de los servicios asociados al control y a la monitorización (tratamiento de datos) y, por último, las bases para el diseño de un servicio de notificaciones (alarmas). También presenta un estudio sobre la viabilidad técnica y económica con resultados satisfactorios.

En conjunto, los tres proyectos tienen como finalidad el diseño e implementación de un sistema de monitorización remota que haga factible la mejora del mantenimiento de estas instalaciones a un coste menor a las alternativas del mercado.

No obstante, los proyectos de David Pérez e Ian Vila actualmente han quedado obsoletos debido a la discontinuidad por parte de Northstar Telemetry del desarrollo de los visores ópticos y su plataforma de almacenamiento de datos.

4.4. Conclusiones

Tras hacer un análisis de los antecedentes [Punto 4.5], los sistemas actuales de monitorización [Punto 4.4] y el contexto histórico de los sistemas de energía solar térmica para ACS en España [Punto 4.1.2] y Cataluña [Punto 4.1.3], podemos concluir que el desarrollo de un kit de control y monitorización telemática de bajo coste para sistemas de energía solar térmica en multivivienda puede ser de gran interés tanto de cara a empresas de mantenimiento como a usuarios, debido a que:

- a) Los proyectos ya realizados que comparten el mismo objetivo han quedado obsoletos debidos a la discontinuidad de la tecnología empleada. Hace falta diseñar un nuevo sistema que implemente tecnología ya consolidada.
- b) Las soluciones existentes de monitorización y control tienen un coste elevado para los sistemas de solar térmica de ACS porque están enfocadas a instalaciones de otra envergadura o con un objetivo distinto al de la producción de ACS. Incluso, en algunos casos, las instalaciones han de estar diseñadas para su implantación o carecen de servicios asociados que aporten valor de cara al propietario o usuario final.
- c) Una parte de las instalaciones de solar térmica en España, y especialmente en Cataluña, no funciona en condiciones óptimas, o están aturadas, repercutiendo de forma negativa en la reputación de la tecnología sin contribuir al ahorro energético ni a la disminución de la contaminación. Requieren de acciones de mantenimiento que garantice su buen funcionamiento.

Diseñar un kit que solucionase los problemas detectados en las soluciones existentes contribuiría a solucionar una parte de los problemas actuales presentes en la energía solar térmica en España y Cataluña: un kit lo más independiente posible del diseño de la instalación y sencillo de implementar, adecuado al mercado al que va destinado, de bajo coste y con servicios asociados que aporten valor (notificaciones, visualización de datos, detección del estado de operatividad, etc), tanto a propietarios como mantenedores, reduciría las barreras de cara a su implementación.

Por lo tanto, contribuyendo a un aumento de la implantación de kits de esta índole, se contribuiría notablemente a la mejora de rendimiento de las instalaciones existentes, así como a la puesta en marcha de aquellas que actualmente no están en funcionamiento, incrementando el ahorro energético y disminuyendo la contaminación. A la vez, si esto sucede, se estaría contribuyendo de forma indirecta al aumento de la reputación de la tecnología; aumento favorecido de forma directa por los servicios relacionados con el kit, como podrían ser las notificaciones telemáticas de ahorro, de producción de energía, de reducción de contaminación o de estado de la instalación.

5. Metodología

La metodología para el desarrollo de la tesis serán tres: a) la realización de un caso de estudio para el desarrollo del estado del arte, b) la aplicación de una estrategia de diseño y creación para el desarrollo del equipo de control y monitorización en acuerdo con el estado del arte y, c) una estrategia experimental para consolidar el desarrollo y las funcionalidades del equipo.

- a) Mediante el desarrollo del estado del arte se pretende conocer el estado actual de las instalaciones de energía solar térmica en España y los problemas a la que esta se enfrenta, así como las tecnologías existentes en el

mercado que estén directamente relacionadas con el objetivo de esta tesis. Para ellos se realizará un estudio del contexto nacional y regional a través de revistas, páginas webs y empresas especializadas en el campo de estudio.

- b) Con el diseño y creación del equipo de monitorización y control se dará solución a parte de los posibles problemas detectados en el estado del arte con el objetivo en mente de obtener un equipo comercialmente competitivo con aquellas soluciones ya existentes.

Para ello se contempla hacer usos de nuevas tecnologías enfocándonos principalmente en el internet de las cosas, las aplicaciones en la nube, el Big Data y el software libre, teniendo en mente en todo momento las partes implicadas (empresas de mantenimiento, propietarios e incluso agencias de la energía).

- c) Finalmente, durante la parte experimental se pretende consolidar la solución mediante instalaciones piloto. Se trata principalmente de constatar su fiabilidad y garantizar que cumple con los objetivos establecidos.

Para verificar los datos obtenidos mediante las plantas pilotos, y que las conclusiones derivadas de estos son las correctas, se procederá a comparar los resultados con los datos obtenidos de otros sistemas de control y monitorización ya consolidados, a la vez que se realiza un análisis crítico de estos en función de las características de las instalaciones.

6. Plan de trabajo

El plan de trabajo previsto para el desarrollo de la tesis se presenta a continuación junto a sus entregables.

Primer año

Mar-15 a Dic-15	Tarea 1	Periodo de Investigación.
Mar-15 a Dic-15	Tarea 1.1	Profundización teórica y estado del arte. Profundización en los conocimientos relacionados con i) los sistemas solares térmicos de agua caliente en los edificios residenciales en general, ii) en su mantenimiento, control y contabilización energética, iii) el entorno de programación donde se integrará la solución (plataforma OmniluS de RDmes Technologies) y, iv) las tecnologías para la contabilización, control y comunicación de bajo coste (estándares e internet de las cosas). Entregable E.1.1.
May-15 a Jun-15	Tarea 1.2	Análisis de requerimientos Análisis en detalle de los requerimientos funciones y comerciales del equipo a desarrollar, así como su viabilidad tecnológica. Entregable E.1.2.
Jul-15 a Dic-15	Tarea 1.3	Desarrollo de la plataforma de software básica Programación de la estructura y las rutinas necesarias para la integración de la solución SeYe dentro de la plataforma OmniluS, en relación al plan de implementación definido en la tarea 1.2. La versión final del software debería estar formada por: una aplicación web integrada en la plataforma OmniluS, un conjunto de base de datos, un conjunto de servicios (programas) para la automatización del análisis de datos y acciones comunicativas y, por último, software para el sistema de control y comunicación del equipo desarrollado (software embebido). Entregable E.1.3.
Ago-15 a Dic-15	Tarea 1.4	Desarrollo de la primera generación de prototipos

Construcción de los primeros prototipos para el control y monitorización de las instalaciones según el número de soluciones identificadas en la tarea 1.2.

Entregable E.1.4.

Dic-15 a Ene-16	Tarea 2	Plan de investigación
	Se contempla la preparación y defensa del plan de investigación. Se realizará un análisis crítico de la prueba a desarrollar planteada en la tarea 1.2 y de los resultados obtenidos en la primera fase de desarrollo del software y hardware (tarea 1.3 y tarea 1.4). En base a este análisis se reformulará la propuesta de desarrollo planteada en la tarea 1.2 de manera que sea lo más realistas posible.	
	Entregable E.2.1. E.2.2.	
Publicaciones:	Se prevé comenzar a preparar algunos borradores para las publicaciones previstas para el año 2 y 3.	
Movilidad:	No se contempla movilidad dentro del primer año.	
Formación:	Realización de la formación en competencias transversales en temáticas consensuadas con el alumno, relacionadas en especial con la tarea 1.1	

Segundo y tercer año

Feb-16 a Set-17	Tarea 3	Versión Preliminar y validación
Feb-16 a Feb-17	Tarea 3.1	Desarrollo de la versión preliminar de SeYe
	Se desarrollará la versión preliminar del software SeYe integrado dentro del entorno de programación OmniluS. Se plantea tener una primera versión de todos los liberables a fecha de junio del 2016. Esto debería de permitir comenzar a testear SeYe en plantas piloto a partir de esta fecha (tarea 3.3.). En paralelo, y hasta febrero del 2017, el desarrollo continuará hasta completar la funcionalidad deseada a la vez que se implementan las correcciones necesarias.	
	Entregable E.3.1. E.3.2. E.3.3. E.3.5.	
Feb-16 a Feb-17	Tarea 3.2	Desarrollo e integración del hardware
	Esta tarea contempla el desarrollo progresivo durante diferentes generaciones de SeYe-Hardware. Se contempla la posibilidad de desarrollar varias líneas de hardware basadas en diferentes configuraciones con la de proporcionar la máxima flexibilidad al producto final. El objetivo es definir una solución, o varias, pre comercial. Se prevé la existencia de tres generaciones de prototipos pudiendo ser descartada alguna de ellas durante la ejecución del proyecto según su valor o necesidad.	
	Entregable E.3.6. E.3.7. E.3.8. E.3.9.	
Jun-16 a Ago-17	Tarea 3.3	Validación
	Se procederá a instalar el sistema SeYe antes de finales del 2016 en diferentes instalaciones reales con la finalidad de validar la tecnología y asegurar su fiabilidad. Se contempla hasta un total de 25 instalaciones piloto monitorizadas por SeYe con una duración mínima de medio año para garantizar su validación. El número de plantas totales vendrá condicionado por aspectos de mercado.	
	Entregable E.3.10. E.3.11.	
Set-17 a Mar-18	Tarea 4	Redacción y defensa de la tesis.

Esta tarea incluye la redacción final y la defensa de la tesis.

Entregable E.4.1. E.4.2.

- Publicaciones:** Se plantea como mínimo dos publicaciones en congresos internacionales en el campo de la solar térmica (Eurosun o ISES Solar World Congress) y una publicación en una revista indexada.
- Movilidad:** Presentación de trabajos en los congresos Eurosun y ISES Solar World Congress. Posibilidad de estada en algún centro externo que pueda resultar de interés para el proyecto.
- Formación:** En caso de no haber completado la totalidad de horas de formación en competencias transversales durante el primer año se contemplaría su realización durante el segundo y tercer año.

Entregables

ID	Tipo	Descripción	Entrega el...
E.1.1.	Informe	Análisis del estado del arte en tecnologías de control y monitorización de instalaciones solares térmicas por agua caliente sanitaria. Potencialidad de la aplicación de tecnologías “low cost” (micro ordenadores, comunicaciones M2M, etc.).	Dic -15
E.1.2.	Informe	Informe descriptivo de los requerimientos funcionales y comerciales, así como su viabilidad económica. Primera propuesta de una solución tecnología a desarrollar. Esta descripción hará referencia al software a desarrollar y al hardware necesario para la solución.	Feb-15
E.1.3.	Software	Primera fase de desarrollo de base de datos y aplicaciones informática.	Ene-15
E.1.4.	Hardware	Pre-prototipos de SeYe-Hardware.	Dic -15
E.2.1.	Informe	Plan de investigación.	Dic -15
E.2.2.	Presentación	Defensa de plan de investigación.	Ene-16
E.3.1.	Software	Conjunto de base de datos y alojamiento.	Abr-16
E.3.2.	Software	Integración en OmniluS de la aplicación SeYe (incluye la adaptación de OmniluS para ello). Primera versión semioperativa próxima. Versión final.	Jun-16 Set-16
E.3.3.	Software	Software integrado en el SeYe-Hardware para el control y monitorización.	Abr-16
E.3.4.	Software	Software para la configuración del SeYe-Hardware (aplicación móvil) Primera versión semioperativa. Versión final.	Jun-16 Feb-17
E.3.5.	Software	Conjunto de servicios SeYe para automatización de la comunicación: lecturas automáticas, generación de alarmas, generación de informes de producción, comunicación con otras plataformas de gestión de la información (open data), etc. Primera versión semioperativa. Versión final.	Jun-16 Set-17

E.3.6.	Hardware Prototipo	SeYe-Hardware V0: fruto de la adaptación de los resultados de la tarea 2.	Jun-16
E.3.7.	Hardware Prototipo	SeYe-Hardware V1: hardware resultante de la implementación de mejoras y soluciones a problemas detectados durante el periodo de validación (tarea 3.3.).	Oct-16
E.3.8.	Hardware beta	SeYe-Hardware V2: hardware resultante de la implementación de mejoras y soluciones a problemas detectados durante el periodo de validación (tarea 3.3.).	Feb-17
E.3.9.	Hardware	Infraestructura hardware (redes, servidores, etc) para dar servicio a las funcionalidades de SeYe. Primera versión semioperativa. Versión final.	Jun-16 Set-17
E.3.10.	Pilotos	De 5 a 25 instalaciones piloto con la solución SeYe.	Des-16
E.3.11.	Informes	Análisis de resultados de las plantas piloto. Se realizará un análisis progresivo que permitirá ir detectando errores y mejoras necesarias a implementar, tanto a nivel de software (tarea 3.1.) como a nivel de hardware (tarea 3.2.)	Mensual de Set-16 hasta Ago-17
E.4.1.	Tesis	Redactado de la tesis doctoral.	Gen-18
E.4.2.	Presentación	Defensa de la tesis doctoral.	Mar-18

7. Referencias

Energía Solar

- [AEB13] Agència d'Energia de Barcelona, L'ordenança solar tèrmica de Barcelona. Diagnosi dels 12 anys d'ordenança i visió sobre el futur de la solar tèrmica a BCN. Barcelona, 2013.
- [AST14] Pascual Polo, Secretario General de ASIT (Asociación solar de la industria térmica). Sector solar térmico en España: balance 2014 y perspectivas 2015. Revista Energética XXI de diciembre del 2014 pág. 146.
- [BEC82] Beckman, W. Klein S., Duffie J., Proyecto de sistemas térmico-solares por el método de las curvas-f. Editorial Index 1982.
- [BOS08] Bosch. Energía solar térmica presente y futuro. 2008.
- [DUF91] Duffie, J.A. and Beckman, W.A., Solar Engineering of Thermal Processes, John Wiley & Sons INC, 1991.
- [EUR14] European Commission. Intelligent Energy Europe - Enlarging Solar Thermal Systems in MultiFamily Houses and Hotels in Europe. 2014.
- [GCA06] Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, La contribució de l'habitatge de Catalunya a la reducció d'emissions de gasos amb efecte hivernacle. Barcelona 2006.
- [GCA14] Generalitat de Catalunya, Departament de Medi Ambient i Habitatge, Guia pràctica per al càlcul d'emissions de gasos amb efecte hivernacle (GEH). Barcelona, 2014.
- [GCA15] Generalitat de Catalunya, ICAEN, La energía solar térmica en Cataluña:
http://icaen.gencat.cat/es/pice_ambits_tematics/pice_energies_renovables/pice_solar_termica/l_energia_solar_termica_a_catalunya/index.html - 31 de diciembre del 2015
- [HEN04] Henning, H.M., Solar-Assisted Air-Conditioning in Buildings, a Handbook for Planners, Springer-Verlag Wien New York, 2004.
- [IDA10] Instituto para la diversificación y ahorro de la energía (IDAE). Gobierno de España. Energía Solar Térmica – Programa SOLCASA – Informe Técnico. 2010.

- [IET10] Ministerio de Industria, Energía y Turismo. Gobierno de España. Plan de Energías Renovables 2005-2010. Capítulo 3.3. Sector solar térmico. 2010.
- [RED07] Real Decreto 1027/2007 del 20 de julio, modificación del Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios (RITE).
- [RUR05] RUIZ, R. Col·legi d'Enginyers Tecnics Industrials Barcelona. ACS y Energía solar térmica: CTE HE4 Contribución Solar Mínima de ACS, Barcelona. 2015.
- [RRQ05] RUIZ, R, QUERA, M. ETSEIB – CPDA. Instalaciones convencionales y solares para la producción de ACS. Barcelona 2005.
- [SAC05] Salvador Escoda. Manual Energia Solar 2a.Ed. 2005.
- [SAC11] Salvador Escoda. Manual Energia Solar 4a.Ed. 2011.
- [SEB] Solarge European Best Practice Catalogue
- [PRD13] PÉREZ, D. Trabajos académicos UPC. Disseny d'un sistema de monitorització per auditories i manteniments d'instal·lacions solars tèrmiques d'ACS. Aplicació a una instal·lació real. 2013.
- [VLI14] VILA, I. Trabajos académicos UPC. Disseny, construcció i implementació d'un sistema de monitorització remota per a instal·lacions solars tèrmiques d'ACS. 2014.

Software i programació

- [CAD13] Cadafalch, J. et al. , The OmniluS project. In Proceedings of ISES Solar World Congress, Cancún, México, 2013.
- [CRY15] CRYSFEL, V. Aprendiendo EXT JS 3. [<https://quizzpot.com/courses/aprendiendo-ext-js-3>]
- [ECK00] Eckel, B., Thinking in C++ second edition, Prentice Hall, 2000
- [LAT15] Latex, <http://www.latex-project.org>, 2015.
- [OMN15] OmniluS® <http://www.omnilus.com>, 2015.
- [ORA15] ORACLE. MySQL 5.6 Reference Manual [dev.mysql.com/doc/refman/5.6/en/index.html]
- [PHP15] PHP, <http://php.net/docs.php>, 2015.
- [PYT15] Python, <http://www.python.org>, 2015.
- [SEN15] SENCHA. Sencha Docs. [docs.sencha.com/extjs/3.4.0/#!/api/]
- [XML15] XML, <http://www.xml.org>, 2015.

Hardware

- [NOR15] NorthstareTelemetry, <http://www.northstartelemetrics.com>, 2015.
- [SOR15] Sorel, <http://www.sorel.de>, 2015.
- [RAS15] Raspberry PI, <http://www.cl.cam.ac.uk/projects/raspberrypi/tutorials>, 2015.

Transferencia de calor y masa

- [BEN84] Robert P. Benedict, Fundamentals of Temperature, Pressure and Flow Measurements, John Wiley & Sons, Inc., 1984.
- [ECK72] Eckert, E.R.G., Drake, M., Analysis of Heat and Mass Transfer, McGraw-Hill, New-York, 1972.
- [WON77] Wong, H.Y., Handbook of Essential Formulae and Data on Heat Transfer for Engineers, Logman, London, 1977

Otros

- [ADB13] Agència D'Energia De Barcelona. L'ordenança solar tèrmica de Barcelona. Diagnosi dels 12 anys d'ordenança i visió sobre el futur de la solar tèrmica a BCN. Barcelona, 2013.
- [ADB15] Agència D'Energia De Barcelona
<http://www.barcelonaenergia.cat/>, 31 de diciembre del 2015
- [BEC15] Barcelona Estadístiques. Vivienda nueva en Cataluña desde 1997 – 2015.
<http://www.bcn.cat/estadistica/angles/dades/timm/construccio/iniciatsaat.htm>. 31 de diciembre del 2015

[DEX16] Dexma. <http://www.dexmatech.com/es/>. 3 de enero del 2016.
[ECO16] ECOSOL - <http://ecosol.com.es/>. 3 de enero del 2016.
[EUR10] DIRECTIVA 2010/31/UE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 19 de mayo de 2010 relativa a la eficiencia energética de los edificios (refundición). 2010.
[RES16] RESOL – Tecnología de Control. <http://www.resol.de/index/startseite/sprache/es>. 3 de enero del 2016.
[MOD16] Módulo Solar. http://www.placas-energia-solar.com/modulo_solar.htm. 3 de enero del 2016.
[SOR16] Sorel. <http://www.sorel.de/es/inicio/>. 3 de enero del 2016.
[STR16] Systemtronic, S.L. - <http://www.ingesolcanarias.es/systemtronic.es/>. 3 de enero del 2016.

8. Contribuciones esperadas

Al tratarse de un doctorado de carácter profesional, fuertemente aplicado, la contribución principal esperada es de carácter práctico: aplicable en el mundo real y fruto de la aplicación de las habilidades y del conocimiento profesional en el área de investigación.

Concretamente se contribuirá con una solución práctica, en forma de hardware y software, al área de la energía solar térmica para la monitorización y control de las instalaciones de esta índole con la finalidad de solucionar algunas de las problemáticas existentes en estos entornos.

No obstante, también se hará una contribución en forma de conocimiento al área ya mencionada. Este conocimiento serán las pautas (verificadas y contrastadas), fruto de la investigación, que nos permitan determinar el estado de una instalación solar térmica solamente mediante el análisis de los datos de energía obtenidos de esta.

9. Estados de investigación

Para el primer año de investigación no se ha contemplado ninguna estada en particular. De cara al segundo y tercer año se han planificado tres posibles estadas (aún por confirmar):

1. **Eurosun:** conferencia internacional centrada en la energía solar y en la transición hacia una sociedad de energía renovable.

Durante la estada podré conocer los cambios más recientes en el campo de la energía solar. Con el conocimiento adquirido podría desarrollar una solución final que contribuya de forma más significativa a la promoción de este tipo de energía.

2. **ISES Solar World Congress:** es el congreso más importante sobre energía solar donde se reúnen investigadores, profesionales, representantes de la industria y responsables políticos con el objetivo de potenciar el crecimiento de la energía solar desde el laboratorio hasta el éxito comercial.

Mediante la estada podré conocer los nuevos avances y tendencias en el campo, lo que me podrá permitir, si fuera necesario, mejorar la solución final con tal de que se adapte mejor al futuro.

Por otra parte, con la finalidad de dar los primeros pasos hacia el mercado, se pretende presentar la solución desarrollada con tal de evaluar su acogida por parte de los asistentes.

3. Estada en algún centro externo que pueda resultar de interés para la tesis.