

PROYECTOS DE INVESTIGACIÓN 2016

MEMORIA DEL PROYECTO Nº SV-16-GIJÓN-1-05

1. DATOS DEL PROYECTO

Título: Estudio de la viabilidad técnico económica de la utilización de sistemas de almacenamiento térmico latente: aplicación a la climatología asturiana

Investigador responsable: M. Manuela Prieto González

Tfno: 985 18 2115

E-mail: manuelap@uniovi.es

2. MEMORIA DESCRIPTIVA DEL PROYECTO

2.1 Resumen ejecutivo

El resumen ejecutivo del Proyecto debe ser una síntesis clara y concisa del trabajo realizado, describiendo brevemente los motivos que justifican su realización, los beneficiarios, los objetivos específicos y su grado de consecución, la metodología aplicada y los resultados obtenidos.

Extensión: unas 500-600 palabras (limitado a un máximo de 4000 caracteres, incluidos espacios).

La necesidad de adecuar la demanda-producción energética ha llevado a la investigación de los sistemas de acumulación de energía térmica. Los sistemas de acumulación con tanques de agua emplean calor sensible (dependiente del cambio de temperatura que sufre el agua) y por ello requieren un volumen alto. Una alternativa que se está investigando muy intensamente y está avanzada, es la que emplea para almacenamiento el calor latente de las sustancias (Phase Change Materials: PCM), que disminuye el volumen de acumulación y produce a la vez mayor estabilidad de los sistemas térmicos.

El proyecto ha consistido en el estudio del comportamiento dinámico de sistemas de calefacción con acumuladores clásicos (tanques de agua) y con acumuladores intercambiadores con PCM trabajando con sistemas de micro cogeneración. También en conocer las ventajas respecto a los tanques de agua al ser empleados en edificios situados en Gijón. Como edificios de estudio se seleccionaron una vivienda colectiva y una oficina por ser edificios de gran repercusión energética.

El objetivo general fue la definición de equipos de almacenamiento de calor latente (intercambiadores que emplean para la acumulación térmica sustancias de cambio de fase) y su estudio en comportamiento dinámico en instalaciones planteadas para la climatología de Gijón, analizando el ahorro de energía.

Los objetivos específicos planteados fueron: 1) el establecimiento de las tipologías de edificios a estudiar y su caracterización, 2) caracterización de la demanda térmica de los edificios planteados, 3) elección para cada tipología de edificio y características constructivas del comportamiento térmico en régimen variable, 4) definición del sistema de acumulación, 5) mejora del programa previo existente (desarrollado en Proyecto de Investigación Nacional) que implemente los sistemas de acumulación con sustancias de

cambio de fase y modelización en régimen variable de los sistemas propuestos, 6) Redacción de una publicación que resuma los conocimientos adquiridos.

A 30 de diciembre de 2016 el grado de consecución de los objetivos planteados es el siguiente: 1º) Se han establecido dos tipologías básicas (edificios de oficinas, bloque de viviendas); 2º) Para los dos edificios anteriores, se han definido las características constructivas y se ha estudiado su comportamiento térmico en régimen variable, para lo cual se han implementado los edificios tipo en el software trnsys 17 y se ha caracterizado la demanda térmica; 3º) Se han definido los dos sistemas de acumulación básicos para su comparación: tanques de agua, que acumulan calor sensible e intercambiadores de calor, que incluyen sustancias de cambio de fase y que acumulan energía como calor latente; 4º) Se ha completado la mejora de un programa previo, que fue desarrollado en un proyecto de investigación del Plan Nacional por el equipo de investigación del proyecto actual, y se ha analizado la acumulación y deliberación de calor en alta temperatura (70°C) empleando tanques de agua e intercambiadores de calor de placas conteniendo sustancias de cambio de fase con ácido palmítico.

La utilización de sistemas de calefacción a baja temperatura es mucho más eficiente energéticamente, y además, la fuente de calor podría ser al menos en parte agua proveniente de calentamiento solar. La calefacción con agua a baja temperatura puede realizarse bien utilizando radiadores específicos o mejor, suelos radiantes. Por ello en este proyecto se ha extendido el estudio a sistemas con radiadores de baja temperatura (40-20 °C) y para ello ha sido preciso conocer el comportamiento de sustancias PCM apropiadas. Se ha seleccionado el RT35 (temperatura de fusión de 35 °C). Los intercambiadores acumuladores con RT35 se estudiaron utilizando Fluent y se implementaron en MATLAB y en trnsys 17.

Se está trabajando en el estudio del sistema de calefacción mediante suelo radiante en vivienda colectiva dotada de motor de micro generación. Hasta la actualidad se ha completado la implementación del mismo utilizando tanques de agua y se está desarrollando un estudio térmico empleando intercambiadores de calor de placas conteniendo RT35.

Dado que durante la investigación se vio la necesidad de estudiar sistemas de calefacción a baja temperatura y esto condujo a tener que escoger, analizar sustancias PCM adecuadas y a diseñar los intercambiadores de calor acumuladores con estas sustancias, se ha producido una variación sobre los objetivos inicialmente propuestos y se ha desplazado el estudio acoplado de la producción solar y el estudio económico que serían materia de otro proyecto.

Los beneficiarios de la investigación desarrollada son: 1) la Universidad de Oviedo, que mantiene una línea en la eficiencia térmica en la edificación y que repercute en publicaciones internacionales; 2) el municipio de Gijón, ya que estas tecnologías nuevas que se prueban se aplican a este municipio. Hay que recordar que las mejoras en la eficiencia energética no se pueden obtener sin particularizar para la climatología y tipologías constructivas concretas; 3) las empresas con sede en Asturias y en concreto en Gijón, que observan las investigaciones realizadas y que pueden dar origen a nuevos negocios.

2.2 Objetivos iniciales del proyecto y grado de consecución

Los puntos siguientes especifican los objetivos inicialmente planteados y el grado de consecución:

- Establecimiento de las tipologías de edificios a estudiar y su caracterización. Se escogerán escenarios que contemplen usos muy diferentes como pueden ser los de oficinas y los de viviendas oficina. También se definirán las características constructivas teniendo en cuenta el parque existente y los nuevos edificios de consumo casi nulo: Se estima una consecución del 100%.
- Elección para cada tipología de edificio y características constructivas del comportamiento térmico en régimen variable (100%).
- Caracterización de la demanda térmica de los edificios planteados. Estudio en régimen permanente con sistemas de producción de energía clásicos y con sistemas que introduzcan las energías renovables, especialmente solar combinando acumulación térmica con sistemas clásicos de tanques de agua (60%). Faltaría el acoplamiento de los edificios a sistemas de calentamiento solar (*).
- Definición de un sistema de acumulación de calor que introduzca sustancias de cambio de fase y valoración económica del diseño propuesto (60%). Falta valoración económica.
- Mejora de un programa previo existente (desarrollado en Proyecto de Investigación Nacional) que implemente los sistemas de acumulación con sustancias de cambio de fase y modelización en régimen variable de los sistemas propuestos y valoración económica de los equipos (70%). Falta valoración económica (*).
- Estudio económico análisis e inversión y de ahorros energéticos y medioambientales (0%)(*).
- Publicaciones e informes (50%). Actualmente se está redactando una primera publicación.

(*) La valoración económica y el acoplamiento a sistemas solares han sido sustituidos por el estudio completo del comportamiento de los sistemas de calentamiento a baja temperatura con radiadores y suelos radiantes cuando utilizan para el almacenamiento térmico tanques de agua o intercambiadores de placas con sustancias de cambio de fase. Ha sido preciso cambiar algunos objetivos ya que durante la investigación se vio que este conocimiento no existía y es previo a la necesariamente posterior valoración económica.

2.3 Tareas realizadas

- Establecimiento de las tipologías de edificios a estudiar teniendo en cuenta el parque existente y los nuevos edificios de consumo casi nulo.
- Caracterización morfológica de los edificios y de sus características constructivas.

- Definición de los usos, composición y propiedades térmicas de las envolventes de los edificios a estudiar.
- Caracterización de la demanda térmica de los edificios planteados.
- Definición del sistema de acumulación.
- Aplicación de motores de microgeneración a la producción de energía térmica.
- Definición de los sistemas de acumulación térmica (clásicos tanques de agua y empleo de intercambiadores con PCM).
- Mejora de un programa previo existente para estudiar cambiadores de calor de placas que utilizan sustancias de cambio de fase.
- Elección de sustancias PCM adecuadas para sistemas de calefacción a baja temperatura.
- Diseño de intercambiadores de placas acumuladores que incorporan en placas PCM adecuadas a la baja temperatura.
- Simulación utilizando dinámica de fluidos computacional, Ansys Fluent 14.5 de las placas de PCM conteniendo la sustancia seleccionada.
- Desarrollo de un programa en Matlab que utilizando los datos de simulación Fluent permite conocer el comportamiento del intercambiador de placas acumulador.
- Implementación en trnsys 17 de un edificio de vivienda colectiva situado en Gijón y de consumo casi nulo.
- Implementación del sistema de calentamiento del edificio de vivienda colectiva utilizando acumulación en tanques de agua y emisores radiadores de baja temperatura.
- Implementación del sistema de calentamiento del edificio de vivienda colectiva utilizando intercambiadores de calor conteniendo placas de PCM adecuadas a baja temperatura y emisores radiadores de baja temperatura.
- Estudio energético acoplado el edificio y el sistema de calentamiento a baja temperatura con los dos tipos de acumulación y emisores radiadores de baja temperatura.
- Estudio energético acoplado el edificio con el sistema de calentamiento a baja temperatura con acumulación en tanques de agua y utilizando como emisor un suelo radiante.
- Se ha comenzado la implementación del sistema de calentamiento del edificio de vivienda colectiva utilizando intercambiadores de calor conteniendo placas de PCM adecuadas a baja temperatura y utilizando como emisor un suelo radiante.
- Primer borrador de publicación comparativa de los dos sistemas de acumulación para vivienda colectiva con agua a alta y baja temperatura.

2.4 Resultados obtenidos y conclusiones

Se exponen en este informe algunos resultados más destacables aplicados a la vivienda colectiva situada en Gijón. El edificio considerado tiene tres plantas además de bajos comerciales y sótano. Se han estudiado energéticamente las necesidades de las tres plantas que tienen ocho apartamentos por planta, con superficie útil total en las plantas de 1418.6 m². El edificio cumple con las especificaciones de transmitancia térmica para paredes y ventanas, ventilación y ocupación, adaptados a los umbrales sugeridos por la ley española bajo el código CTE 2013. Para el cálculo de la carga térmica de calefacción en el edificio se han tenido en cuenta seis meses de calefacción (noviembre-diciembre-enero-febrero-marzo y abril).

A fin de atender a la demanda térmica del edificio se han estudiado dos modos de operación del sistema de calefacción. En el modo de uso de la calefacción según el Schedule1, Sch1, a la calefacción de 8:00 a 22:00 se le pide mantener como temperatura set en el ambiente interior de referencia 20°C y el resto de horas la temperatura set en el ambiente interior de referencia se mantiene como mínimo a 17°C. En el modo de uso de la calefacción según el Schedule2, Sch2, a la calefacción de 18:00 a 22:00 se le pide mantener como temperatura set en el ambiente interior de referencia 20°C y el resto de horas la temperatura set en el ambiente interior de referencia se mantiene como mínimo a 18,5°C.

La Figura 1 muestra los balances de energía anuales, de pérdidas y ganancias para el edificio cuando se sigue un Schedule de calefacción que arranca a primera hora de la mañana (8:00), después de haber estado manteniendo como mínimo 17°C durante todo el periodo nocturno (desde las 22:00 a las 8:00). La demanda de calefacción para este edificio siguiendo este Schedule es muy baja $4'0,82 \times 0,19 = 7,76$ kW/m² año.

Los estudios se realizaron para calefacción de alta temperatura (clásica) y para calefacción de baja temperatura (más eficiente). En el primer caso con el motor de microgeneración trabajando a 75°C (alta temperatura) y en el segundo a temperatura de 45°C (baja temperatura). De acuerdo con estos dos temperaturas de trabajo del motor, las sustancias PCM seleccionadas, para estar contenidas en la placas del intercambiador de calor, fueron para el agua a alta temperatura, el ácido palmítico, temperatura de cambio de fase de 64.3°C, y para el agua a baja temperatura, la parafina RT35, con temperatura de cambio de fase 35°C.

La Figura 2 muestra el esquema del sistema de calefacción para cuando se utilizan como emisores de calor radiadores y considerando los dos sistemas de almacenamiento de calor: el clásico con tanque de agua y el que se está investigando en este trabajo, que utiliza intercambiadores de placas (trece placas intercambiadoras) con sustancias de cambio de fase. El conjunto del cambiador ocupa lo mismo que un electrodoméstico. 0,6x0,6x0,8 m³.

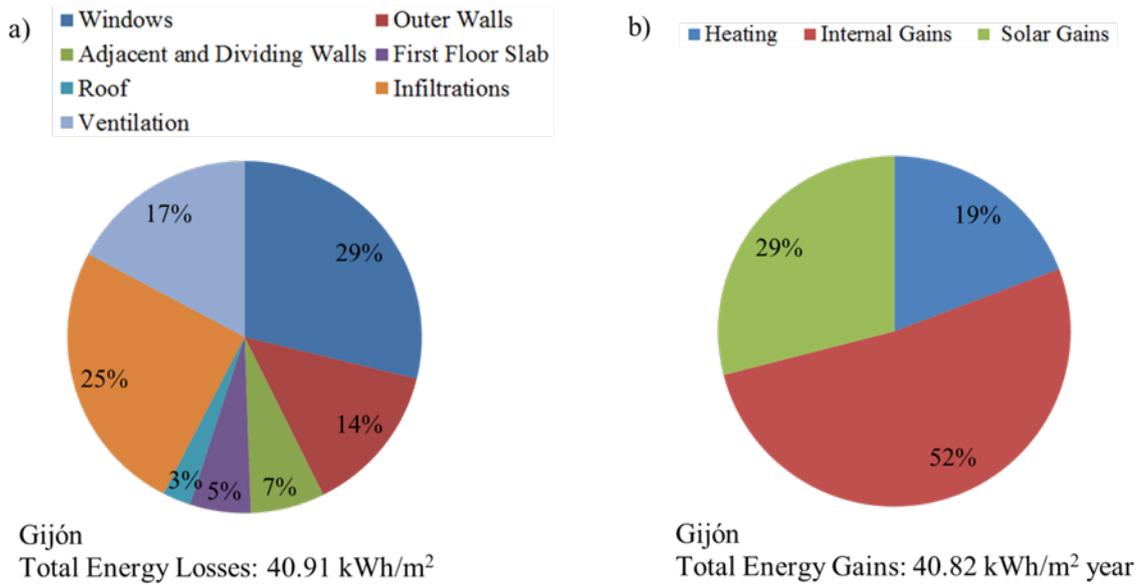


Figura 1

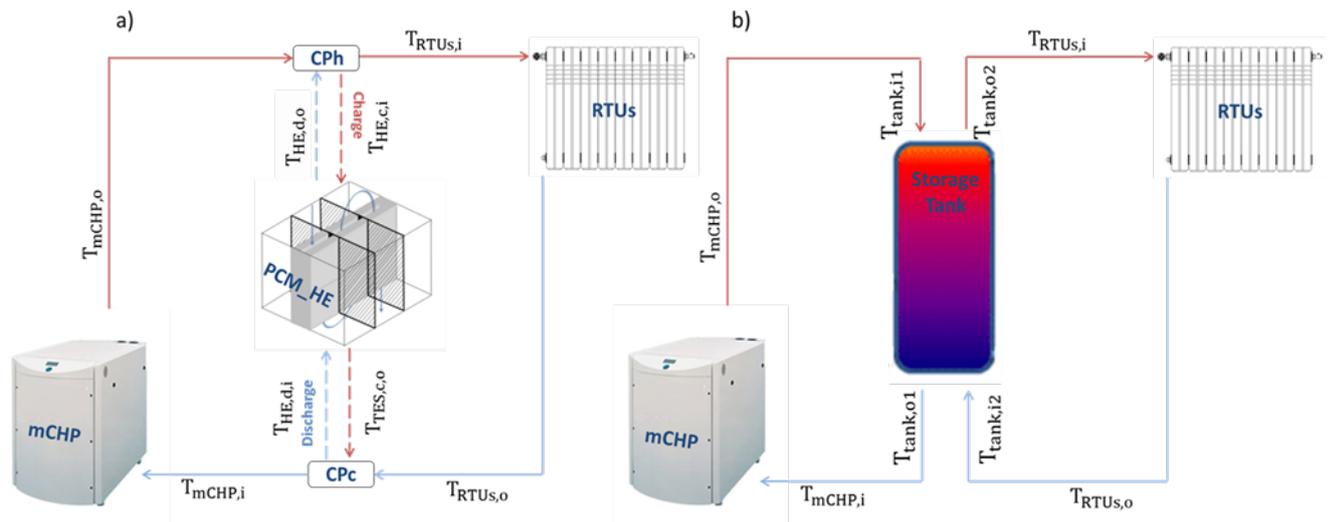


Figura 2

Al inicio del arranque del sistema de calefacción se producen picos de descarga. Esto es debido a que en los inicios del arranque de la calefacción se parte de que el edificio está frío y es preciso que funcionen de forma simultánea el motor o motores de microgeneración y los elementos del sistema de acumulación. Al proveerse el edificio de la energía que proporciona el motor/es y de la energía que ha sido acumulada antes del arranque en los acumuladores, los elementos acumuladores van descargando esta energía previamente acumulada, de ahí la denominación de picos de descarga (se solicita una potencia pico al sistema de calefacción y para suplirla es preciso apoyarse en la energía acumulada).

Los diagramas de barras de la Figura 3 muestran la energía semanal suministrada durante los picos de descarga para Gijón según dos esquemas de arranque de la calefacción (Sch1 y Sch2), dos capacidades de almacenamiento (C1 y C2, siendo C1 un volumen de acumulación de 240 l y C2 un volumen de acumulación de 720 l), y dos modos de almacenamiento (clásico con tanque de agua y el que se estudia con intercambiadores de calor de placas con PCM). Se representa. Se representan tres gráficos: a) Energía total

suministrada; b) Energía total suministrada por el motor/es de microgeneración; c) energía proporcionada por el sistema de almacenamiento de energía térmica.

Con barras de color rojo se representan los resultados para alta temperatura y con barras de azul a morado los resultados para baja temperatura. **Para ambos volúmenes de acumulación las energías suministradas son ligeramente superiores para baja temperatura, aunque las ventajas del empleo de baja temperatura no se ponen de manifiesto plenamente al no considerarse las pérdidas en accesorios y tuberías. Adicionalmente, al utilizar baja temperatura se abre la posibilidad de utilizar energía renovable como la solar o energías residuales de otros procesos.**

Dentro del supuesto de alta temperatura, comparando la primera serie de barras, para Sch1 y la segunda, para Sch2 se aprecia que la energía suministrada para atender a la demanda es menor cuando se emplea Sch2, lo que es lógico dado el menor uso de la calefacción en Sch2 y al hecho de que las temperaturas set mínimas no son muy altas. Para temperatura baja no se presentan datos, aunque la conclusión es la misma.

El aumento del volumen de acumulación produce en todos los casos una disminución de la energía suministrada para atender a la demanda y este efecto se aprecia esencialmente en el Sch1 y es más pronunciado para el uso de intercambiadores de placas con PCM.

La comparación de los dos sistemas de acumulación, clásico (SHTES) y el que se investiga con acumulación en PCM en este trabajo (LHTES) muestra que en general la energía suministrada para atender a la demanda es más baja cuando se utiliza el sistemas de acumulación que se investiga, en concreto, un 2,4% más baja para alta temperatura y 9,7% más baja para baja temperatura. **Se concluye entonces que el sistema de acumulación que se investiga en mejor que el clásico y que es mucho mejor cuando se trabaja con agua de calefacción a baja temperatura.**

El gráfico b) de la misma figura muestra las mismas tendencias ya que repercute la demanda en el consumo del motor. El gráfico c) de la misma figura muestra las energías que se acumulan en cada sistema: comparando alta temperatura y baja temperatura, la energía acumulada es parecida ya que ambos PCM tienen entalpía de cambio de fase parecida. Sin embargo, en el sistema de acumulación clásico se acumula menos energía a temperatura baja, ya que el rango de variación de la temperatura en el tanque es menor.

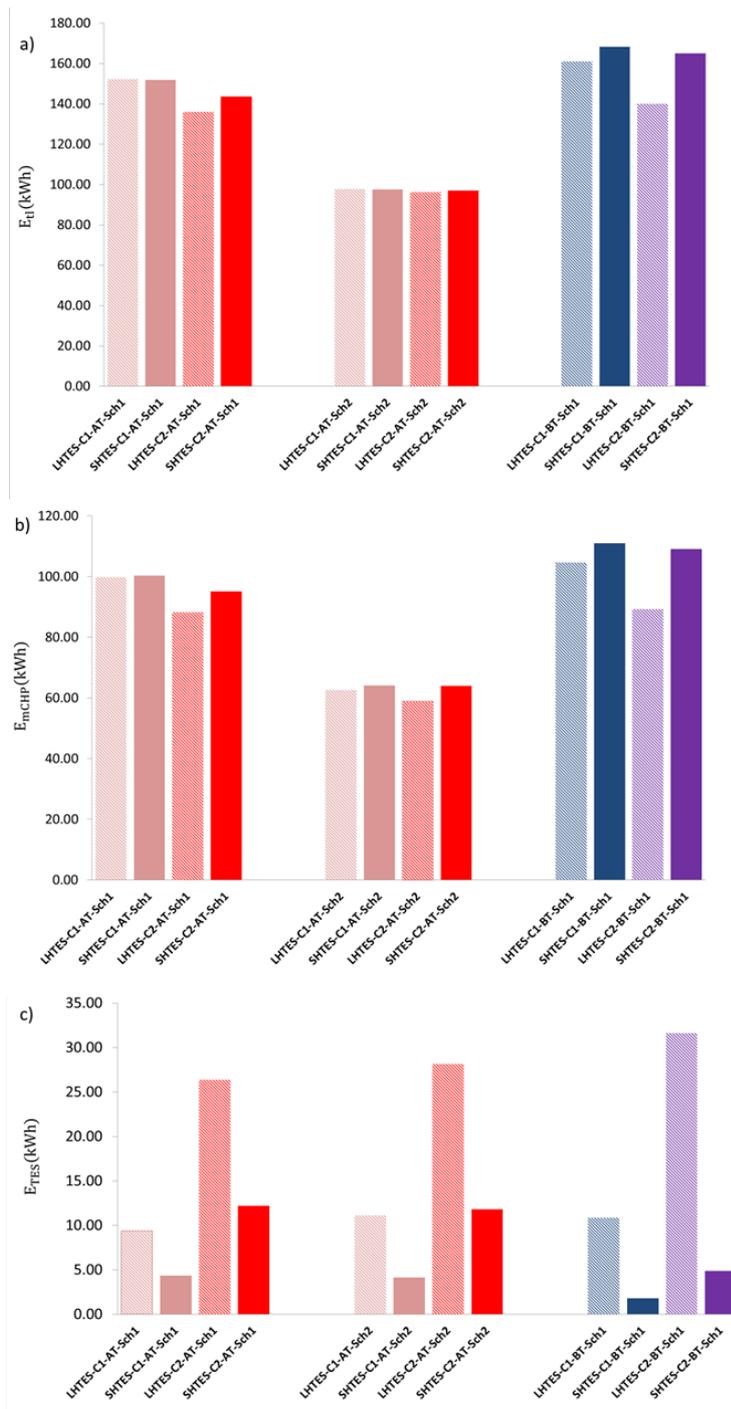


Figura 3

La Figura 4 muestra el esquema del sistema de calefacción para cuando se utilizan como emisor de calor un suelo radiante, utilizando el almacenamiento de calor clásico con tanque de agua.

La Figura 5 corresponde a utilización de suelo radiante y radiadores de baja temperatura para almacenamiento de calor clásico con tanque de agua de 240 l. Se representan las temperaturas en el interior para el apartamento más frío del edificio, además de la temperatura exterior y las temperaturas set de utilización de la calefacción para Sch1. Todos estos resultados se han obtenido para la semana más fría del mes de enero (2ª semana del mes).

Se aprecia claramente el efecto de la inercia en el caso del suelo radiante, ya que se mantiene más alta la temperatura interior sobre todo durante la noche, y esto hace que las demandas instantáneas, en la gran mayoría de instantes, disminuyan considerablemente. Por tanto, se mejora en la estabilidad térmica en el edificio.

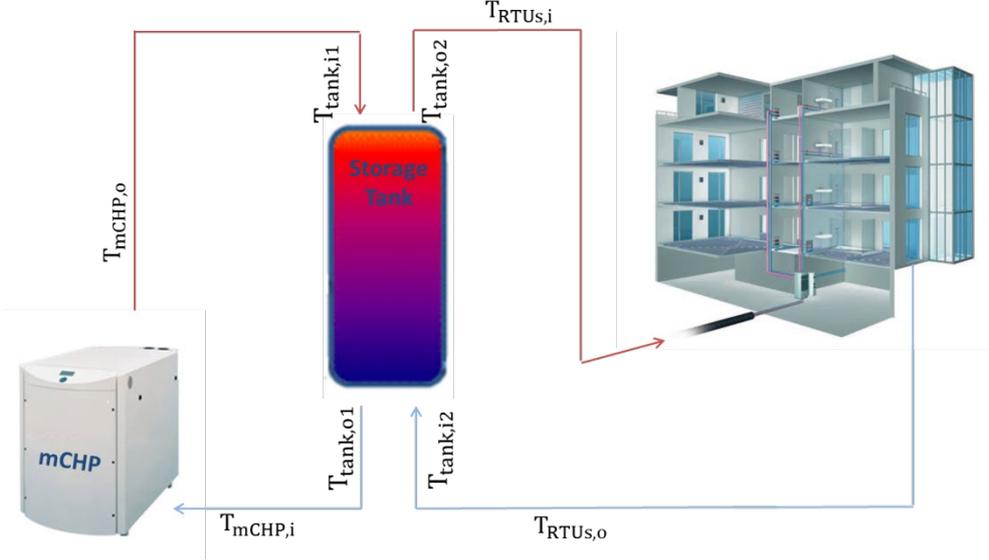


Figura 4

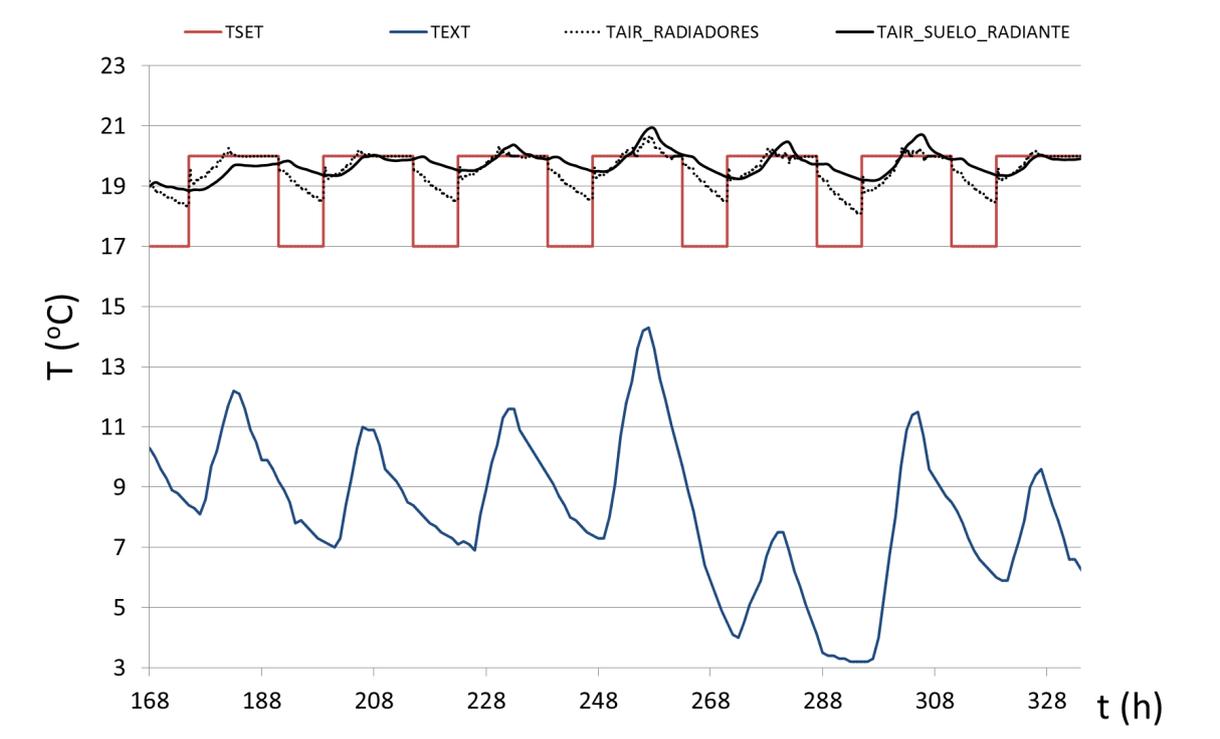


Figura 5

En conclusión se manifiesta que es preciso avanzar en la introducción de sistemas de acumulación con sustancias de cambio de fase y las ventajas son mucho más notorias cuando se utilizan sistemas de calentamiento a baja temperatura con utilización de sistemas de suelo radiante.

2.5 Trabajos o necesidades futuras

El proyecto cuyo informe final se presenta en este escrito ha sido desarrollado para el estudio de la introducción de intercambiadores de calor de placas con sustancias de cambio de fase en sistemas de calefacción en la climatología de Gijón.

Una conclusión muy importante de este estudio ha sido la conveniencia de conocer estos sistemas de calefacción activos que introducen sustancias de cambio de fase cuando se utilizan con energía térmica de baja temperatura, lo que ha conducido también al estudio de la emisión de calor con suelos radiante.

Un paso más en el camino de la eficiencia energética, es la integración de sustancias PCM, en los propios materiales de construcción y que el conjunto funcione a la vez como muros y suelos radiantes.

Por ello, en la convocatoria de proyectos IUTA 2017 se ha propuesto el proyecto: "Evaluación técnico-económica de sistemas constructivos pasivos mixtos que combinan materiales de construcción clásicos, sustancias de cambio de fase y sistemas de calentamiento", que de ser concedido, se aplicará también a la climatología de Gijón.

Para seguir con la línea de eficiencia energética en los sistemas de calefacción en y materiales de construcción que introduzcan acumulación en sustancias que cambia de fase

con papel activo en el confort térmico, sería precisa ayuda económica para una persona que ayudara en la investigación.

2.6 Divulgación de los resultados (publicaciones, artículos, ponencias...)

Primer borrador de publicación comparativa de los dos sistemas de acumulación para vivienda colectiva con agua a alta y baja temperatura.

Esta publicación está previsto que se envíe a la revista internacional clasificada en el primer tercio: Energy & Buildings

3. MEMORIA ECONÓMICA

Financiación		Personal	Inventariable	Fungible	Otros gastos
IUTA	SV-16-GIJÓN-1.	4200	-----	-----	-----
Otras fuentes	Referencia proyecto/contrato				
Estudiante con ayuda a la investigación	Nombre	Bruno González Fernández			
	Tareas				
	Período				

4. OTROS PROYECTOS Y CONTRATOS CON FINANCIACIÓN EXTERNA

Título del proyecto/contrato	
Referencia	
Investigador/a/es principal/es	
Equipo investigador	
Periodo de vigencia	
Entidad financiadora	
Cantidad subvencionada	