

Edificación y materiales de cambio de fase.

Conceptos y fundamentos.

Manuel Domínguez, Carmen García
y José María Arias.

Instituto del Frío CSIC. Madrid, España.

<http://www.grupodominguezinstitutodelfrio.es/>

Se analizan los conceptos y fundamentos teóricos por los que son interesantes introducir en la construcción los materiales de cambio de fase (PCM), que pueden resumirse en: facilitar el almacenamiento de gran cantidad de calor en pequeños volúmenes, el aumento de la eficiencia energética y la reducción de los costos de explotación de los sistemas de climatización. Se discuten los inconvenientes y las ventajas en el empleo de los PCM en la construcción y se revisan algunos tipos de aplicaciones que se consideran interesantes.



Figura 1. Vista de dos acumuladores de cambio de fase, el verde, no fundido, de 20°C, el marrón anaranjado, en proceso de fusión de 10°C.

1. Introducción

Las crisis energéticas y sociales, afectan a todo, e indudablemente también a la construcción, los temas medio ambientales y la búsqueda del desarrollo sostenible, afecta a la construcción, por ser uno de los sectores en donde más se consume energía.

La construcción tradicional se ha ido adaptando, poco a poco al clima, a los materiales disponibles y a los gustos y necesidades de las personas. La evolución ha sido muy lenta, siendo poco apreciable sus cambios, salvo épocas de crisis, guerras o catástrofes. Es un sector de lenta evolución que mueve mucho dinero y consume mucha energía.

Si analizamos los sistemas constructivos que más se emplean en la actualidad, nos encontramos una tendencia a

mejorar la resistencia térmica de los cerramientos y aumentar la resistencia acústica para aislarlos del medio exterior, sacrificando tamaños de ventanas, balcones y en general zonas abiertas. Se tiende cada vez más a no relacionarse con el entorno, es decir, a buscar el aislamiento en el sentido más amplio, sobre todo en las grandes urbes.

Entre los nuevos materiales aparecidos, nos encontramos con los de cambio de fase, que nos permiten en un volumen reducido, almacenar mucha energía térmica a una temperatura determinada. Estos materiales se pueden incorporar en la construcción, facilitando una mayor inercia térmica, pudiendo reducir las necesidades de calor o de frío facilitando el conseguir y mantener, los deseados grados de confort, sin consumos importantes de otras energías.

La capacidad térmica es muy importante en el comportamiento dinámico de transmisión del calor, al que están sometidas las construcciones. Se puede considerar que en las variaciones periódicas de temperatura, diurnas y anuales, tiene gran importancia la capacidad térmica C , junto a la resistencia R y la frecuencia de la onda ω . El número adimensional $RC\omega$, adquiere un protagonismo muy importante.

El que C sea elevado, es muy importante, pues permite aumentar “la impedancia térmica” [1] de los cerramientos y desfazar la onda térmica. Retardos de doce horas en la onda diaria y de seis meses en la anual, serían maravillosos de conseguir; lo primero es sencillo y en las construcciones tradicionales se ha logrado, lo segundo con los materiales tradicionales de construcción se requieren grandes espesores y sólo se ha conseguido: en bodegas enterradas y grandes edificios en piedra (caserones, castillos y catedrales). Sin embargo se considera que puede conseguirse, con espesores reducidos, empleando materiales de cambio de fase [2].

El objetivo pretendido es llamar la atención del interés que presentan los PCM o materiales de cambio de fase, al ser introducidos en la construcción.

2. Los posibles materiales de cambio de fase para la construcción

Las temperaturas de los PCM cambio de fase convenientes en la construcción pueden variar grandemente, según como se quiera emplearlos. Tradicionalmente sólo se ha utilizado el agua (hielo), es decir, la temperatura de 0°C. En los últimos años, se han visto otras de interés, como la de 6 y 7°C en los circuitos de agua de los sistemas de climatización [3-5]; la de 18°C en techos fríos; la de 23°C en zonas interiores de construcciones; las de 28 a 29°C en suelos radiantes; la de 30°C, aprovechando el frío gratuito o “free cooling”, directamente o con bombas de calor [6]; la de 45°C para agua caliente sanitaria (ACS) y en el aprovechamiento del calor sensible de instalaciones de climatización o colectores solares de bajo rendimiento; la de 60°C para colectores sola-

res de mayor rendimiento y de 80 a 90°C para cogeneración y trigeneración con máquinas de absorción [7]. En [8-10] se pueden ver algunos de los materiales y aplicaciones de estos productos en la construcción.

También se ha visto, que pueden ser empleados los PCM micro o macro encerrados, con estructuras aparentes esféricas, para la rehabilitación de edificios, bien introduciéndolos en los aislantes o en los morteros. Estas esferas, pueden ser, celdillas cerradas o estructuras muy reticuladas. También se ha visto interesantes en el caso de estructuras estancas agregarlos a los circuitos de agua, [11] o hasta pueden ser empleados conjuntamente con los aislantes de alto vacío o “súper aislantes” formando paneles: auto portante, que pueden hacer de barrera de vapor. Se tendrían materiales muy aislantes y de alta capacidad térmica [12].

El calor latente de los PCM es del orden de 50 kWh/m³, aproximadamente la mitad del hielo, a pesar de ello, como no se requiere bajar tanto la temperatura de evaporación en las instalaciones de producción de frío para su solidificación y emplear fluidos secundarios anticongelantes, tienen grandes ventajas sobre el hielo. Se debe tener presente que por cada grado que se baje, la temperatura de evaporación, se consume más de un 3% de energía y las mezclas de propilenglicol-agua del 20% requieren bombas de consumo el doble que las de agua.

En la construcción se debe tener presente a la hora de escoger los PCM, la vida tan grande de estas instalaciones, y el número tan elevado de ciclos de cambio de estado que tienen que soportar, el riesgo del fuego, la compatibilidad con el resto de los materiales que pueden estar en contacto o contenerlos y su manipulación. Estos condicionantes junto a que sean económicos, los limitan grandemente, siendo difíciles de encontrar PCM adecuados.

3. Análisis de algunas aplicaciones interesantes de los PCM en la construcción

A parte de lo antes dicho, se ven ciertas aplicaciones muy interesantes, destacándose: los muros tipo “Trombe”, incorporándoles los PCM, translúcidos en la fase líquida [13]; las casetas de telefonía y similares, aprovechando el frío nocturno del aire ambiente, para enfriarlas y para solidificar a los PCM, aprovechando dicho frío para enfriar las casetas a las horas del día de temperaturas elevadas. Empleando el frío evaporativo, se puede disminuir en unos grados las temperaturas de las casetas de telecomunicación más amplio generalizarse, como pueden ser: polideportivos, naves industriales y otros tipos de construcciones singulares.

Junto con los intercambiadores-acumuladores, colocando el PCM entre las aletas de una batería, con dos circuitos independientes por los que circulan dos fluidos que intercambian calor directamente o a través del PCM en el tiempo, tal como, se puede ver en el esquema de la figura 2.

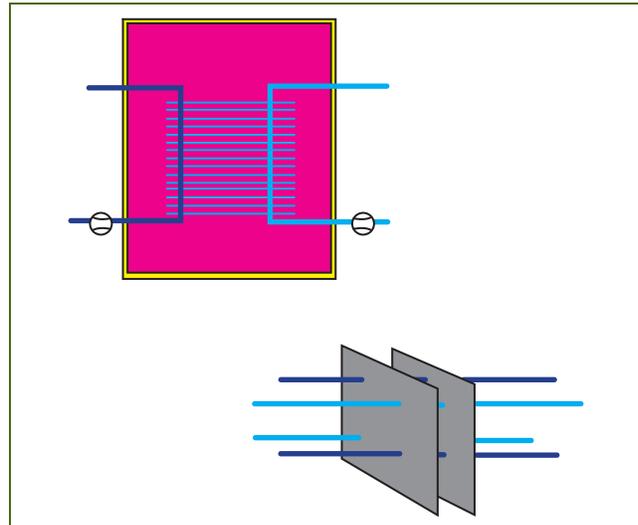


Figura 2. Esquema de principio de un intercambiador acumulador de calor con PCM entre las aletas.

Se pueden emplear entre otras aplicaciones en las siguientes:

- Paneles solares con termosifón.
- Tanques de inercia para bombas de calor.
- Recuperadores de frío, aprovechando el frío del agua de la red y el aire de renovación.

Un capítulo especial de gran interés y novedad lo presentan los PCM **micro encapsulado**, que pueden ser empleados en:

- Circuitos de agua a temperaturas diversas, acumulando y transportando gran cantidad de energía.
- Como áridos en morteros y cementos, sobre todo en revoques interiores de los muros.
- Como componentes de materiales aislantes celulares, por ejemplo espumas fenólicas.
- Como sustitución de los materiales micro celulares de los “súper aislantes” o materiales de medio vacío.

Otro capítulo especial presenta el conjunto del acumulador de cambio de fase con el **sistema “in situ” de su carga** o solidificación, en aplicaciones de refrigeración o fusión en el caso de calefacción, con un fluido portador del calor, que puede ser el aire o el agua. Con estas soluciones se pueden conseguir:

- Techos fríos, PCM de 18°C.
- Suelos radiantes, PCM de 28°C.
- Muros radiantes, PCM de 23°C.

Gracias al acumulador se puede independizar la producción de la demanda, simplificando las instalaciones y mejorando el grado de confort [14].

Consideramos que se merece un apartado especial en esta revisión o análisis del posible empleo de los PCM en la construcción, el aumento importante de la **eficiencia energética de las instalaciones de climatización**. Al poder desfasar la producción de la demanda. Las máquinas de producción de frío, pueden trabajar en las horas frías de la noche, condensando a temperaturas más bajas, lo que reduce grandemente el consumo eléctrico, entre un 3 a un 4%/°C, además de permitir emplear menos máquinas (más grandes) que tienen mucha mayor eficiencia [15]. Con bombas de calor se puede pasar el efecto frigorífico o COP con un valor de 2 hasta 6, aparte de la ventaja de la regulación de capacidad y la posibilidad de contratación de menos potencia y de tarifas más económicas.

Se ha visto que las instalaciones de climatización con acumuladores de cambio de fase de 9°C, colocados en el bucle de cierre del circuito primario, tal como se indica en la figura 3, cubriendo un 25% de las necesidades punta de las instalaciones, eran más económicas que con instalaciones mecánicas de producción de frío.

En las figuras 4 y 5 se han incluido unas fotos durante el montaje de dos instalaciones realizadas con tanques, paralelepípedicos y baterías de cobre con aletas de aluminio de capacidad aproximada de un metro cúbico y con tanques cilíndricos y espiras de plástico de capacidad aproximada de cuatro metros cúbicos.

También se ha visto, que sistemas de **cogeneración**, con biomasa y acumulación, con y sin, empleo de máquinas de absorción, con PCM de alta y baja temperatura respectivamente, son económicamente rentables, sin requerir tiempos importantes de amortización.

Hemos anotado las principales posibilidades que presentan los PCM, para ser introducidos en la construcción y se han analizado, en donde y como, se pueden introducir y las temperaturas más convenientes del cambio de fase, también se han analizado sus inconvenientes que parcialmente pueden solventarse empleando los encapsulados en forma macro o en micro, y se ha llamado la atención de su costo y de la vida media de las instalaciones. No se ha comentado el concepto cada vez más importante de “ciclo de vida” de los materiales, antes de usarlos, se debe tener presente “como” y “qué costo”, se tiene en su eliminación.

Las energías renovables se caracterizan por su intermitencia y dificultad de aprovechamiento y tienen interés por llevarnos a sistemas sostenibles, los materiales que faciliten lo primero como son los PCM, no deben de introducir problemas de eliminación al final de su existencia.

Las ayudas y subvenciones de las nuevas energías limpias o renovables son interesantes coyunturalmente, pero no pueden ser sostenibles en un sistema de economía liberal, es necesario tender a la competitividad y solamente los sistemas que lo consigan, se terminaran por imponer y en la selección natural lógica.

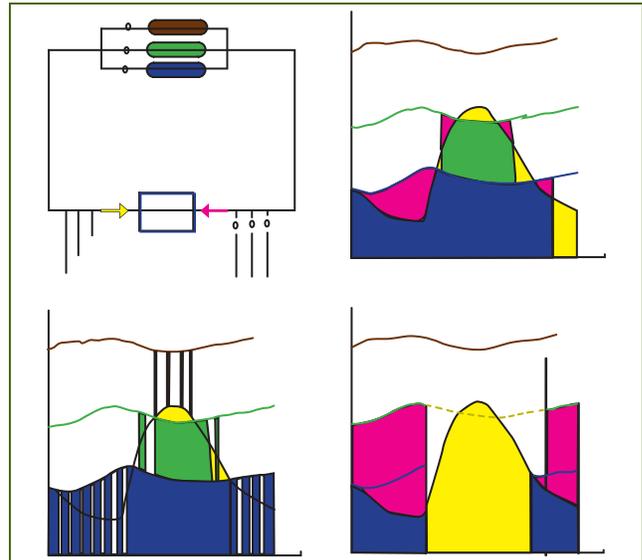


Figura 3. Esquema de principio de una instalación de climatización indicando en el diagrama de cargas el comportamiento sin acumulador y con acumulador y en este caso con y sin parada diaria.



Figura 4. Instalación de climatización con baterías de aluminio, con 8 m³ de PCM.



Figura 5. Instalación de climatización con tubos de plástico espirales con 168 m³ de PCM.

4. Conclusiones

Los materiales de cambio de fase o PCM, presentan grandes ventajas para ser incorporados a la construcción.

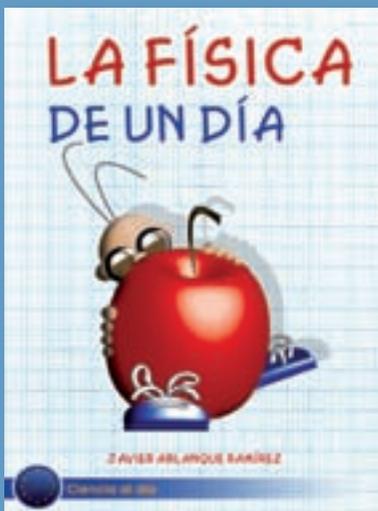
Los principales inconvenientes encontrados en la incorporación de los PCM a la construcción, se pueden resolver empleando los micros encapsulados, aplicándolos en los circuitos de climatización, así como en los propios materiales de construcción y en un futuro, en paneles súper aislantes de altísima capacidad térmica.

Puede ser interesante en ciertos climas y tipos de construcciones, para evitar los sistemas mecánicos de compresión, por separado o unidos a sistemas de enfriamiento evaporativo.

También pueden ser empleados, incorporándolos a la propia construcción, bien en cerramientos, que pueden retardar las ondas térmicas un periodo y amortiguarlas grandemente, bien en muros tipo “Trombe”, así como colocados en el interior, en: techos, paredes o suelos; bien incorporados a los circuitos de calefacción y de refrigeración o en otros, de aprovechamiento de la energía térmica del aire ambiente o del necesario de renovación, por la captación solar, por las instalaciones de cogeneración con biomasa o con las máquinas de absorción.

Referencias

- [1] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C., GONZÁLEZ, F., ARIAS, J.M^º. *Importancia de la capacidad térmica en la resistencia al paso del calor en los cerramientos*. <http://www.conarquitectura.com/articulos%20tecnicos%20pdf/09.pdf>
- [2] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C., ARIAS, J.M^º. *Factores importantes en el comportamiento térmico de cerramientos. Ventajas de la incorporación de los materiales de cambio de fase*. <http://hdl.handle.net/10261/14242>
- [3] DOMÍNGUEZ, M., CULUBRET, J., TARIN, E., MANZANEQUE, J. *Comprobación del funcionamiento de una instalación de climatización con acumuladores de cambio de fase. Montajes e instalaciones*. (403). 82, 85 (2006).
- [4] DOMÍNGUEZ, M. *La acumulación de frío en las grandes instalaciones de climatización*. II International workshop advances in engineering of hvac&r. 23 y 24. Abril. Escola superior de tecnologia de la Universidade do Algarbe. Faro Portugal (2007).
- [5] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C. *Los acumuladores de calor de cambio de fase a temperaturas positivas en la climatización*. Cytef-2007 IV Congreso Ibérico y II Congreso Iberoamericano. Ciencias y técnicas del frío (2007).
- [6] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C., ARIAS, J.M^º. *Diversas aplicaciones de los intercambiadores acumuladores de cambio de fase*. <http://hdl.handle.net/10261/13820>
- [7] DOMÍNGUEZ, M. *La acumulación de frío con materiales de cambio de fase. Micro encapsulación*. <http://hdl.handle.net/10261/12566>
- [8] ZALBA, B., MARIN, J.M.A., CABEZA, L.F., MEHLING, H. *Review on thermal energy storage with phase change: materials, heat transfer analysis and applications*. Applied Thermal Engineering Volume 23, Issue 3, 251-283 (2003).
- [9] KALTENBACH, F. *PCM Acumuladores de calor latente para calefacción y refrigeración*. Detail. Arquitectura solar. 4. 482,486. (2005).
- [10] FAUSTINI, C. *Análisis del aprovechamiento energético de los acumuladores de cambio de fase en algunas propuestas constructivas*. Tesis Doctoral. Universidad Politécnica de Madrid. Escuela de Arquitectura (2007).
- [11] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C., VITI, A. *Los microencapsulados en las instalaciones de Climatización*. El Instalador. (452) 12,30 (2008).
- [12] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C., ARIAS, J.M^º. *Factores importantes en el comportamiento térmico de cerramientos. Ventajas de la incorporación de los materiales de cambio de fase*. <http://hdl.handle.net/10261/14242>
- [13] DOMÍNGUEZ, M., CARRASCO, J.A., DÍAZ, J.M. *Acumulador-captador térmico*. Patente invención 533462. C.S.I.C. España (1984).
- [14] DOMÍNGUEZ, M., GARCÍA, C., ARIAS, J.M^º. *Algunas posibilidades de aplicación de los acumuladores de cambio de fase en las energías renovables*. <http://hdl.handle.net/10261/13451>
- [15] DOMÍNGUEZ, M., GUTIÉRREZ, P., GONZÁLEZ, F., ARIAS, J.M. *Mejora de la eficiencia energética en instalaciones de climatización empleando los MCF*. (407). 69,78. (2004).



“La Física de un día”

La trama argumental del libro gira en torno al devenir, en un lunes cualquiera, de un estudiante de Instituto llamado Marcos. Gracias a Marcos aprenderemos, de forma amena, las explicaciones, desde el punto de vista físico, a muchas de las actividades cotidianas.

A lo largo del libro se alternan conjuntamente las narraciones de las actividades que realiza Marcos, con las explicaciones impartidas por Félix, su profesor de Física. Esperamos que este libro haga reflexionar sobre el gran número de sucesos acaecidos a lo largo del día, que pueden ser explicados mediante la Física y que consiga así atraer al alumnado a esta materia.



EQUIPO SIRIUS

ISBN: 9788492509478

www.equipsirius.com