

2. PROYECTO MECLIDE (MARCO DEL PROYECTO)

2.1. OBJETIVOS GENERALES DEL PROYECTO

El objetivo del Proyecto MECLIDE es la obtención de una solución constructiva para la envolvente de edificios (fachada y cubierta) basada en la integración estructural de componentes especiales que contribuyan a disminuir la demanda de energía del edificio además de verificar su función estructural.

Las soluciones constructivas tradicionales poseen un fuerte componente estructural siendo su función principal la de soportar y dar forma al edificio, mientras que las actuaciones energéticas realizadas sobre dichas soluciones constructivas están encaminadas específicamente a la reducción de la demanda de energía del edificio.

En este proyecto se proponen unas soluciones constructivas que no sólo limitan la demanda de energía, sino que también contribuyen a combatir dicha demanda como si de sistemas de acondicionamiento se tratase. Esto se consigue mediante el almacenamiento y la posterior restitución de energía desde la propia estructura del edificio. En este sentido se puede afirmar que las soluciones constructivas propuestas tienen un doble carácter envuelta-sistema.

Las soluciones constructivas propuestas incluyen en su composición materiales capaces de almacenar energía, y cederla posteriormente al espacio adyacente. Esta capacidad es mucho mayor en materiales susceptibles de cambiar de fase (*Phase Change Material* o PCM), ya que el calor latente asociado al cambio de estado (λ) es de un orden de magnitud bastante superior al calor sensible que está asociado a los cambios de temperatura.

Este proyecto es novedoso a todos los anteriores debido a que en otras ocasiones el área de transferencia y/o ventilación utilizada no eran adecuados. Sea porque esa ventilación no era forzada o la región estaba mal ventilada, el hecho es que el PCM no había sido bien excitado, de manera que su potencial estaba siendo desaprovechado por no congelar/descongelar todo el material. Unido a estos argumentos, cabe destacar que algunos métodos de encapsulamiento tenidos en cuenta sólo permiten la integración de una cantidad limitada de material.

2.2. OBJETIVOS TÉCNICOS ESPECÍFICOS DEL PROYECTO

Los objetivos técnicos específicos que se pretenden alcanzar son los siguientes:

- Obtención de modelos térmicos que simulen el comportamiento energético de los tipos de soluciones constructivas anteriores, y que permitan evaluar sus beneficios potenciales y por tanto preseleccionar los más idóneos.
- Diseño constructivo de las soluciones anteriores en función de la demanda del edificio donde se van a implantar, considerando también aspectos comerciales.
- Diseño de experimentos en prototipos construidos a efecto de que permitan analizar el comportamiento real de los sistemas.
- Ajuste de los modelos para que reproduzcan fielmente los resultados experimentales obtenidos.
- Medición de las propiedades térmicas de los materiales de cambio de fase que están en el mercado actualmente, de modo que puedan seleccionarse los más adecuados para cada aplicación.
- Diseño de los sistemas de disipación adecuados para cada sistema.
- Establecimiento de una metodología o guía para seleccionar los PCMs y sus puntos de fusión en función del sistema de integración empleado, demanda del edificio, aplicación (refrigeración o calefacción) y clima.
- Diseño de unas pruebas específicas que puedan determinar la viabilidad de la solución adoptada, tanto desde el punto de vista de su comportamiento mecánico y térmico, como desde el punto de vista de su viabilidad técnica de fabricación y económica.
- Preparación de un documento que se presente como capacidad adicional de los programas normativos y que permita cuantificar la influencia de las soluciones desarrolladas en la calificación energética del edificio.

2.3. DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

El proyecto MECLIDE está orientado a desarrollar una serie de soluciones constructivas de envolvente (fachada y cubierta) que además de conservar su función estructural sean útiles para controlar la demanda energética del edificio.

Dichas soluciones se pueden englobar en las dos tipologías siguientes:

1. Sistemas de almacenamiento solicitados desde el interior.
2. Sistemas de almacenamiento solicitados desde el exterior: Almacenamiento superficial en capa.

En el primer tipo se incluyen, por ejemplo, los forjados térmicamente activos estudiados en la tesis de Salmerón (2005) [83], que cuentan con una serie de conductos por cuyo interior puede circular agua o aire. Una variante de este sistema es la formada por conductos capilares –por los que circula agua– embebidos en una capa superficial de forjados y/o paredes.

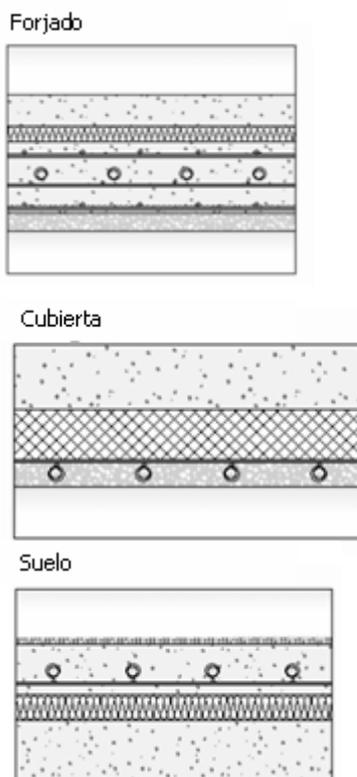


Figura 18. Conductos embebidos en forjado, cubierta y suelo



Figura 19. Conductos capilares dispuestos en el techo antes de aplicarse el enlucido

En el caso de trabajar con agua, ésta se puede enfriar mediante dos técnicas de disipación distintas:

- 1) Empleando un intercambiador de calor aire-agua.
- 2) Utilizando estanques.

En el segundo caso, dichos estanques pueden estar ubicados en las cercanías del edificio o integrados en la cubierta del mismo, solución esta última conocida como “*roof-pond*” o estanque de cubierta [86]. En cualquier caso existe la posibilidad de hacer uso del enfriamiento evaporativo para mejorar el potencial de la disipación, ya que mediante dicho enfriamiento se consiguen menores temperaturas de aire y agua –la cota inferior pasa a ser la temperatura de bulbo húmedo–.

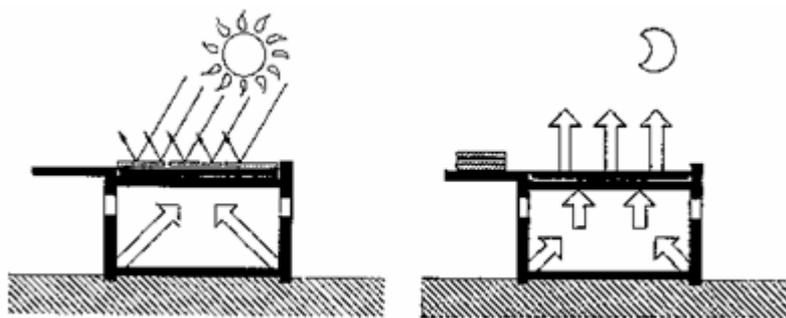


Figura 20. Esquema de funcionamiento de un estanque de cubierta o “*roof-pond*”

En el caso de trabajar con aire, el material de cambio de fase contenido en el forjado se utilizaría como sistema de almacenamiento de energía, de tal forma que la corriente circulante por la noche lo enfriaría. Este frío almacenado se restituiría al aire circulante durante el día, de tal forma que lo enfriaría antes de introducirlo en el edificio. En este caso los forjados se constituirían mediante forjados alveolares, y para conseguir el movimiento del aire por el interior de los mismos se utilizarían pequeños ventiladores de corriente continua que se podrían alimentar mediante células fotovoltaicas integradas en la fachada. Otra limitación a salvar sería el área de intercambio disponible, por lo que habría que estudiar la posibilidad de utilizar superficies extendidas –aletas– en la cara interior de los alveolos.

El caso que nos ocupa se encuentra dentro del segundo tipo, en el que los elementos en cuestión se solicitan mediante el aire que circula por el exterior del cerramiento, bien sea aire de la zona adyacente o aire circulante por el canal interior de una fachada ventilada, tal y como queda descrito por Ruiz [84] en su tesis doctoral.

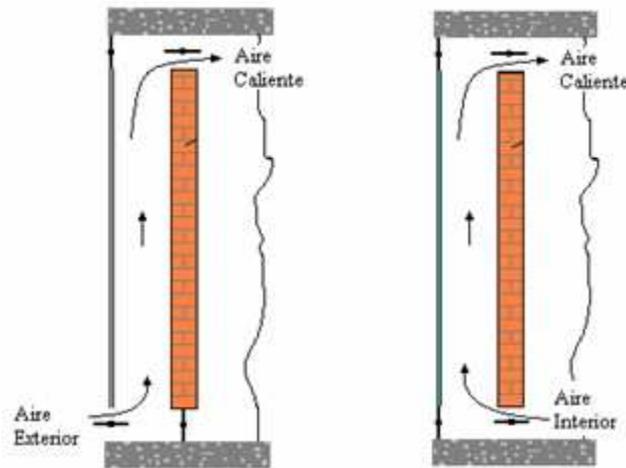


Figura 21. Fachada ventilada tomando aire del exterior –periodo de carga– y circulando el aire interior –periodo de descarga–

En este tipo de sistemas el fluido de trabajo es el aire que se toma del exterior y se impulsa hacia el canal creado en la fachada. Se pueden utilizar pequeños ventiladores de corriente continua, ya que las velocidades necesarias no son muy altas. La hoja interior del cerramiento debe estar impregnada de PCM para conseguir el efecto de acumulación deseado, o para poder incluir mayor cantidad de PCM, sin aumentar el espesor de la capa de material, se va a estudiar la posibilidad de incluirle al muro interior aletas de PCM de manera que tendremos una gran cantidad de superficie de transferencia. Por su parte, el hecho de que la circulación sea forzada mejora la sollicitación del material de cambio de fase. También existe la posibilidad de utilizar el enfriamiento evaporativo para bajar la temperatura de entrada del aire exterior, de forma que la cota inferior pase a ser la temperatura de bulbo húmedo.

2.4. ESTIMACIÓN DEL POTENCIAL DE AHORRO

A continuación se presenta una evaluación preliminar del potencial de ahorro obtenible con la utilización de materiales de cambio de fase (PCM) en la edificación. El objetivo principal de esta evaluación es encontrar unos rangos aproximados de ahorro con el fin de establecer el orden de magnitud de los beneficios energéticos que se pueden llegar a alcanzar.

Aunque el almacenamiento térmico puede hacerse en forma de calor sensible, es decir, calentado o enfriando una masa que almacena energía como consecuencia del cambio en su temperatura; el almacenamiento en forma de calor latente, presenta la ventaja de que tiene una capacidad de almacenamiento mucho mayor para la misma cantidad de masa y que no es necesario tener grandes cambios de temperatura para almacenar la energía.

La acumulación de energía con materiales de cambio de fase (PCM), se basa en la siguiente idea: sea un material puro que cambia de fase a una temperatura T_F , si la temperatura a la que se encuentra es $T_1 < T_F$ se encuentra en estado sólido. Si la temperatura comienza a subir hasta llegar a T_F , momento en el que, si se sigue calentando, el calor absorbido se emplea no en seguir aumentando la temperatura, sino en pasar del estado sólido al estado líquido. Al finalizar el cambio de fase el material, completamente líquido, continúa aumentando su temperatura hasta T_2 .

En este proceso el calor acumulado en la masa del material, m , tiene tres sumandos. En primer lugar el calor sensible absorbido que provoca en el material un aumento de temperatura hasta que éste alcanza T_F .

$$Q_1 = m \cdot C_{ps} \cdot (T_F - T_1)$$

Donde C_{ps} es el calor específico del material en estado sólido.

Al llegar a T_F el material empieza a cambiar de estado, siendo el calor acumulado durante esta etapa igual al calor latente:

$$Q_2 = m \cdot \lambda$$

Con λ el calor latente (J/kg) del material de cambio de fase.

Al término de esta etapa el material se encuentra en estado sólido y a una temperatura T_F . Para aumentar la temperatura a T_2 ha de absorber un calor Q_3 en forma de calor sensible.

$$Q_3 = m \cdot C_{pL} \cdot (T_2 - T_F)$$

Donde C_{pL} es el calor específico del material en estado líquido.

De manera global, el material de cambio de fase ha absorbido al pasar de T_1 a T_2 una energía total igual a:

$$Q_T = m \cdot C_{ps} \cdot (T_F - T_1) + m \cdot \lambda + m \cdot C_{pL} \cdot (T_2 - T_F)$$

Hay que destacar que de los tres términos, el más importante es el debido al calor latente y es en esto en lo que radica el fundamento de la acumulación de energía por cambio de fase.

Posteriormente, basados en la demanda promedio de refrigeración para viviendas unifamiliares y en bloque, se calcula la cantidad de material de cambio de fase que se requeriría para anular la demanda de refrigeración. Obviamente este es un escenario optimista, pero establece la cota superior de beneficio que se puede lograr con la utilización de materiales de cambio de fase.

Se ha escogido un PCM con 23°C de temperatura de fusión PLUSICE[®] con las siguientes propiedades:

- Densidad: 785 Kg/m³
- Calor latente: 170 KJ/Kg
- Conductividad térmica: 0.18 W/(m·K)
- Calor específico: 2.22 KJ/(Kg·K)

A partir de la demanda de refrigeración en las localidades españolas se puede determinar la cantidad de PCM necesario para satisfacer dicha demanda.

La Figura 22 muestra la demanda promedio de refrigeración para viviendas unifamiliares en España y en la Figura 3 para viviendas en bloque.

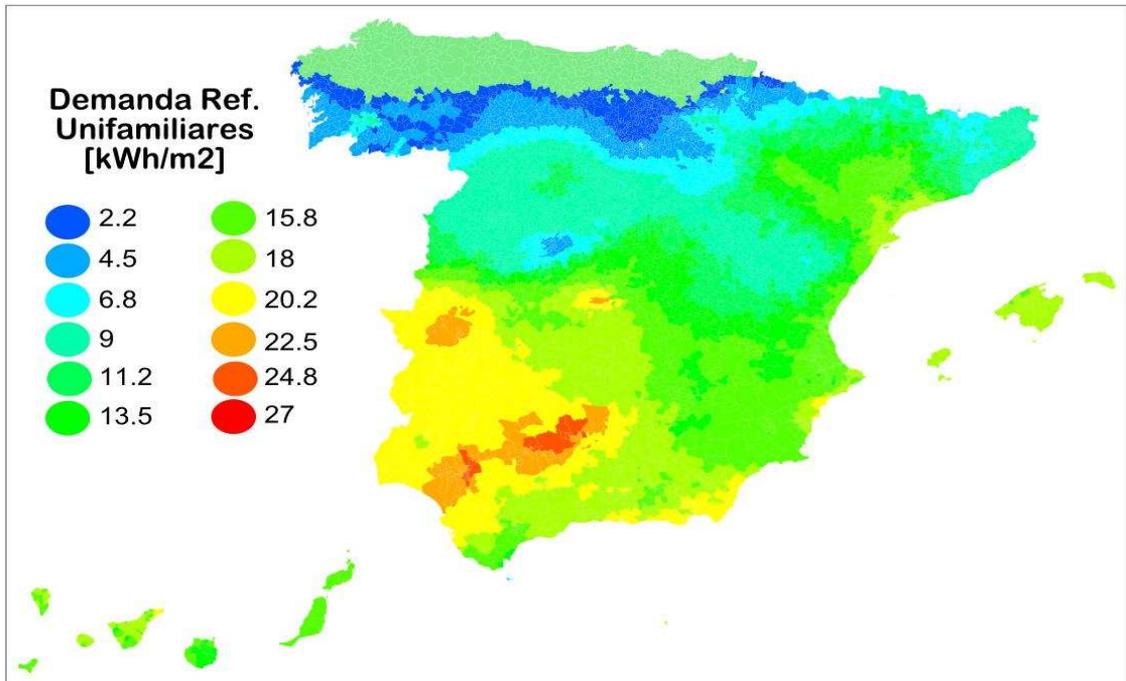


Figura 22. Demanda media de refrigeración para viviendas unifamiliares en España

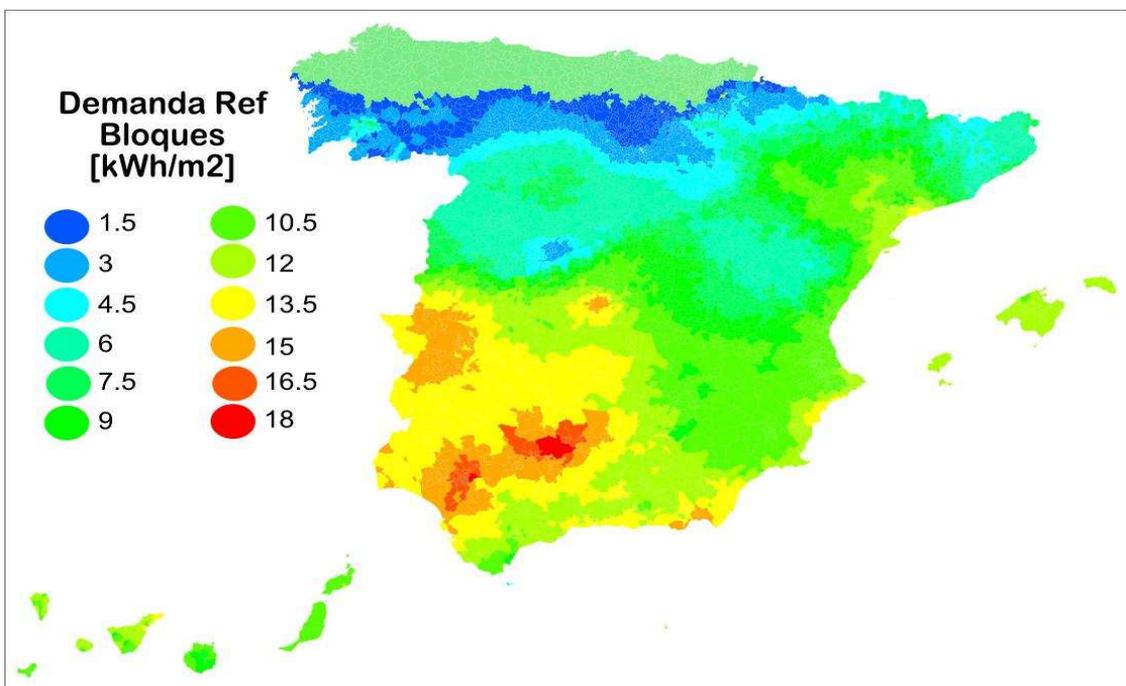


Figura 23. Demanda media de refrigeración para viviendas en bloque en España

A partir estas demandas es posible calcular la masa requerida de material de cambio de fase. Los resultados de dicho ejercicio se muestran en la Figura 24 y la Figura 25.

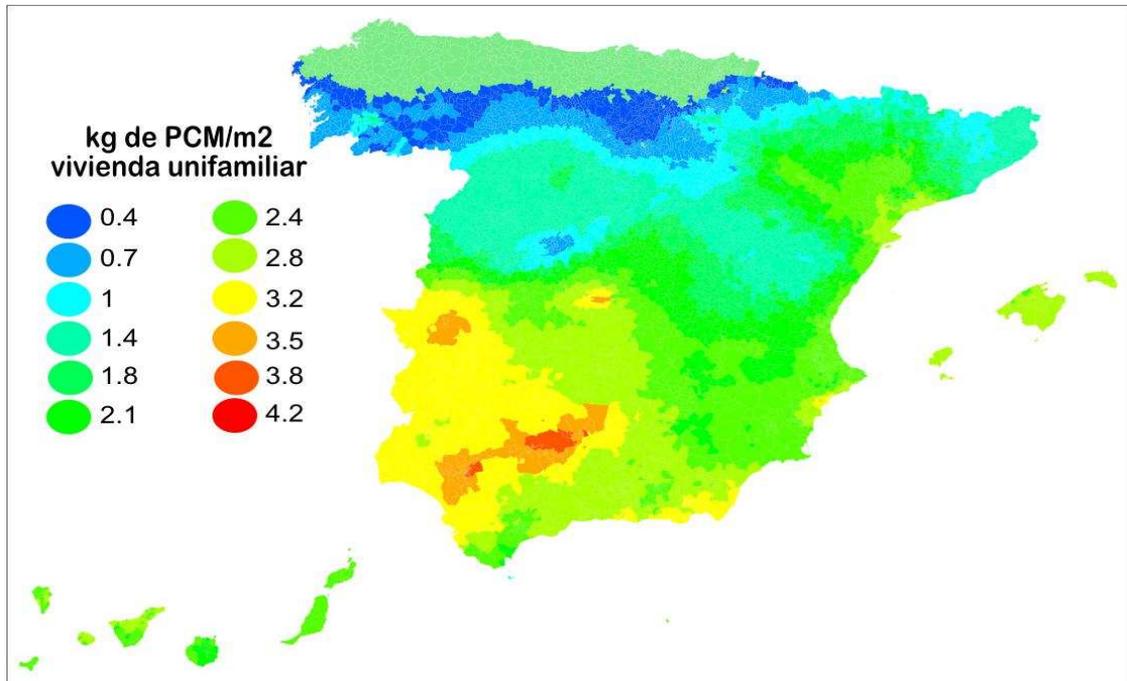


Figura 24. Masa de PCM necesaria por m² de superficie de vivienda unifamiliar, para combatir la demanda de refrigeración

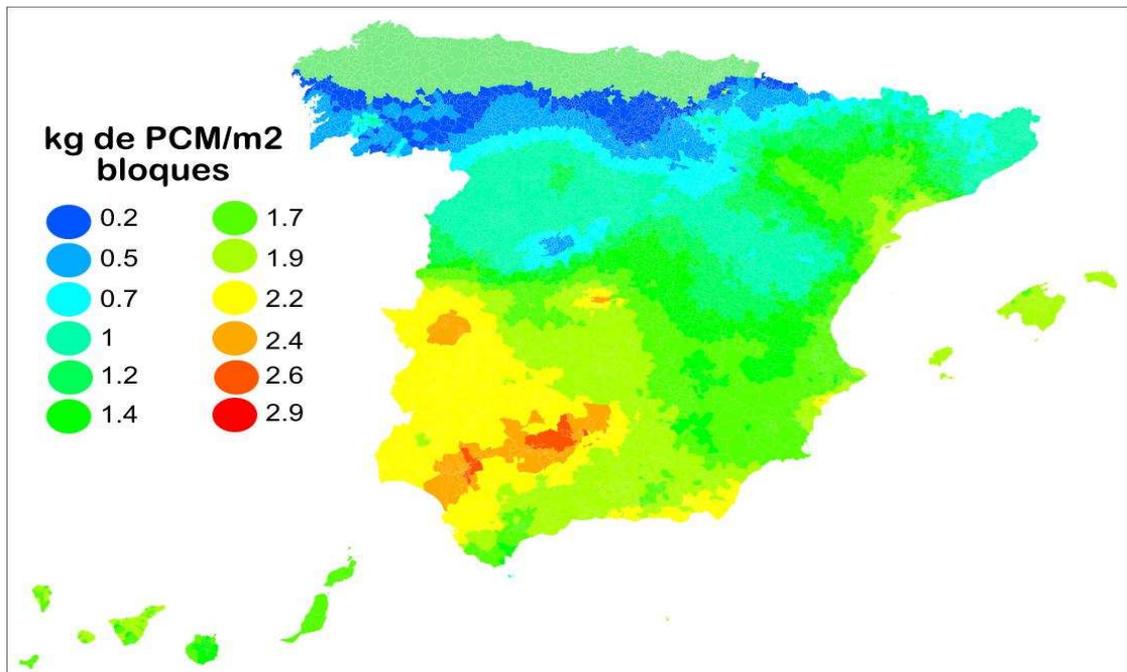


Figura 25. Masa de PCM necesaria por m² de superficie de vivienda en bloque, para combatir la demanda de refrigeración

Finalmente para verificar si la congelación es posible durante las horas de la noche, a continuación, en la Figura 26, se muestran las temperaturas mínimas medias en España para los meses más calurosos del verano (Junio, Julio y Agosto).

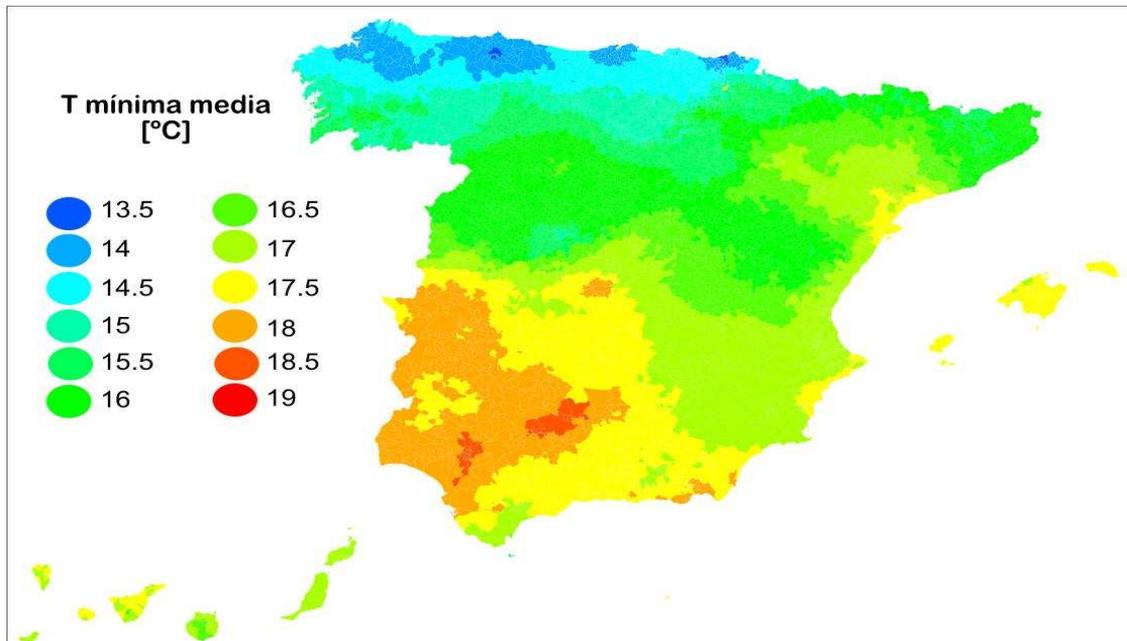


Figura 26. Temperatura mínima media para los meses de Junio a Agosto

A partir de los resultados mostrados se encuentra que en el peor de los casos sólo se necesitan un poco más de 4kg de material de cambio de fase para combatir la demanda de refrigeración completa. Esta es una cantidad viable desde el punto de vista técnico. Este valor, una vez se apliquen factores correctores que aún se desconocen, aumentará. Sin embargo, este resultado muestra un potencial elevado para el ahorro de energía de refrigeración.

También se encuentra que en principio existe potencial en el sumidero de calor para congelar un material que cambie de fase a 23°C, dado que la media de las mínimas, más alta es de 19°C.

Por todo lo anterior, se revela que el potencial de los materiales de cambio de fase es interesante y merece que se continúe profundizando en su estudio a fin de verificar que el potencial mostrado aquí no se alejará mucho de lo que se puede conseguir bajo condiciones de operación reales.