Informes de la Construcción Vol. 25, nº 243
Agosto - septiembre de 1972

necesidad del aislamiento térmico en la edificación actual

A. ALAMAN, Dr. Ingeniero Industrial

310 - 10

sinopsis **El autor trata de aclarar algunos conceptos sobre esta materia, ya que, en realidad, no todos conocen adecuadamente su correcto empleo: qué se entiende por aislamiento térmico y por conductividad térmica, condiciones que deben exigirse a los materiales, aislamientos ligeros y pesados, justificación del aislamiento por razones de evolución de la construcción, de confort, de economía y para evitar condensaciones, así como la influencia de los huecos en las fachadas.**

Introducción

El hecho de que una vivienda tenga entre las dos hojas de un muro de cerramiento una manta de aislamiento térmico, ya da al profano, y muchas veces al técnico, una idea de algo cuidado, de algo confortable. Bien es verdad que también me he encontrado con profanos que opinan que el aislamiento térmico se ha colocado debido a que hay que compensar una deficiencia de los materiales empleados en la construcción de esa vivienda.

Lo que para unos es un lujo, para otros es un cambio, a precios ventajosos para la empresa constructora.

Existe, indudablemente, y más en el ambiente popular, que es uno de los máximos consumidores, una completa desorientación en cuanto a la conveniencia, necesidad y oportunidad de utilizar el aislamiento térmico; y ciñéndonos principalmente al campo de la edificación, vamos a intentar sentar algunas bases y algunos conceptos.

1. Concepto del aislamiento térmico

Empecemos por aclarar qué es lo que entendemos por aislamiento térmico.

Evidentemente, cualquier cuerpo es un aislante térmico, en el sentido de oponer una resistencia al paso del calor. Pero el concepto es relativo cuando se pasa al campo de la práctica. El hormigón, por ejemplo, no está considerado como un aislante en el campo de la construcción; pero a nadie se le ocurriría emplearlo en superficies de caldeo, precisamente por su mala conductividad térmica, por ser considerado como aislante térmico para estos menesteres.

En construcción podemos llamar aislamiento térmico, o mejor, aislante térmico, a aquel material o disposición constructiva (y en este caso nos limitaremos a los materiales) que, por presentar un coeficiente de conductividad térmica bajo (digamos no superior a 0,1 kcal/m · °C · h), se emplea fundamentalmente para impedir o aminorar el paso del calor entre los dos ambientes que separa. Es una definición para andar por casa, pero que nos puede valer para concretar ideas.

Veamos un ejemplo: Todos sabemos que la piedra, la fábrica de mampostería, no es un aislante a pesar de que con un muro de 1 m de espesor, construido en mampostería, podemos conseguir un aislamiento térmico equivalente, poco más o menos, al aislamiento térmico que presenta una capa de 2 cm de un buen material aislante. Sin embargo, y aunque con la mampostería se puedan conseguir buenos valores de aislamiento de locales, no entra en nuestro concepto de aislante térmico, por presentar un coeficiente de conductividad térmica elevado, muy superior a la cifra que, como orientación, hemos dado anteriormente.

Aclaro, como inciso, que esta equivalencia no es exacta, ya que, como veremos inmediatamente, no es sólo la conductividad térmica la que cuenta a la hora de ver las propiedades aislantes de un cerramiento.

2. Conceptos sobre el material aislante

Vamos a recordar algunos conceptos sobre los materiales aislantes.

De todos es sabido que el material más aislante, el de conductividad térmica más baja, es el aire. El calor se

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

transmite por convección, por radiación y por conducción. El aire es el material con mayor resistencia al paso de calor por conducción, de entre los que normalmente se utilizan en construcción. En cambio, es casi totalmente permeable a la radiación calorífica; y en láminas gruesas, es muy notable su capacidad de transmitir calor por convección.

Si impedimos los movimientos de convección del aire, y si además cortamos la radiación térmica, obtendremos un excelente aislante térmico utilizando convenientemente el aire. En esta propiedad están basados gran cantidad de los aislamientos térmicos conocidos. Si al aire lo encerramos en celdas o cavidades pequeñas que impidan sus movimientos de convección, y que además presenten, por el material de que están formadas, barreras al paso de calor por radiación (materiales opacos), obtendremos un conjunto que tendrá poca transmisión de calor por radiación y por convección, y que su conductividad térmica se acercará a la del aire. Obtendremos, en otras palabras. un excelente aislante térmico.

La primera consecuencia de esta imagen que nos hemos creado en la mente sobre el funcionamiento de los materiales aislantes, es que la conductividad térmica de un material, en primera aproximación, es proporcional a su densidad. Esto está confirmado experimentalmente. Muñoz Martialay, en unos estudios realizados, partiendo de datos de conductividad térmica de docenas de materiales, ha obtenido una dependencia dada por la relación:

$$\mathbf{k} = 39\left(1{,}015\,\mathbf{d} + 2{,}8234 - \sqrt{\mathbf{d}^2 + 5{,}723375\,\mathbf{d} + 7{,}967408}\right);$$

la cual da la conductividad térmica de los materiales normales empleados en construcción con un error inferior al 10 %.

En la región de densidades pequeñas y, por tanto, de conductividades térmicas bajas, la regla no se puede seguir estrictamente y los errores alcanzan valores del 20 %.

En estas regiones hay que afinar, y no solamente influye la densidad, sino la forma y tamaño de las celdillas de aire y su distribución. Depende la conductividad térmica, en otras palabras, de la estructura del material, y así, por ejemplo, para una fibra mineral, será función del número de fibras por unidad de volumen, y del tamaño y el diámetro de éstas; en los materiales de poro cerrado, de la forma y distribución de los poros, etc. Para cada material hay una densidad óptima, por debajo de la cual aumenta el tamaño de las partículas de aire, se favorecen los movimientos de convección en el seno de las mismas, y aumenta, por tanto, la conductividad térmica.

Partiendo nuevamente de la concepción de los materiales aislantes, como conjunto de partículas de aire, se aprecia claramente un enemigo de estos materiales: el agua. Cuando un material aislante se humedece, se sustituye parte del aire encerrado en los poros, por agua, cuya conductividad térmica es muy superior. No es raro que, con pequeños porcentajes de agua, la conductividad térmica de un material aislante se multiplique por dos, por tres o por cuatro. Desaparece, pues, en gran parte su efecto aislante, y ello debe ser tenido muy en cuenta al colocarlos, evitando ponerlos húmedos o que el agua pueda mejorarlos más adelante.

Aunque no es tema de estas líneas diremos, porque hemos observado gran confusión en estos conceptos, que los buenos aislantes térmicos se comportan muy mal como aislantes acústicos. Un tabique ligero, gran aislante térmico, si no está tratado especialmente, dejará oír, con suma facilidad, las conversaciones del vecino. Suelen ser (aunque no lo son todos) buenos absorbentes acústicos y así, forrando una sala con corcho, por ejemplo, desaparecerán en ella los ecos, y el tiempo de reberberación será muy pequeño. Diremos, en cambio, que gran parte de ellos son unos magníficos amortiguadores de vibraciones, por lo que no es raro ver aislamientos térmicos utilizados para aislamientos de bancadas de máquinas, etc.

¿Qué condiciones deben exigirse a estos materiales, como tales?

La primera, es la permanencia de sus características con el tiempo: densidad, estructura, dimensiones. Esto lo cumplen casi todos los existentes; si bien algunos necesitan que transcurra un cierto tiempo desde su fabricación para poder ser empleados, sin peligro de que haya modificaciones de sus dimensiones.

No deben ser higroscópicos. La razón la hemos visto: de serlo favorecerían la sustitución de partículas de aire por partículas de agua, con perjuicio para sus características aislantes.

No deben propagar el fuego. Deben ser autoestinguibles, para que, en caso de incendio, no sean agentes provocadores de la difusión del mismo.

Si los aislamientos van a estar situados en el interior de la vivienda, en la zona ocupada, no deben producir olores.

Finalmente, deben ser homogéneos. En los aislamientos térmicos, el hecho de que existan zonas con diferente conductividad térmica puede incluso conducir a resultados poco agradables, aunque no es probable que se llegue a ello.

3. Aislamiento ligero y aislamiento pesado

Las casas construidas en el primer tercio de nuestro siglo tenían unos muros que sin llegar, ni mucho menos, al espesor de 1 m —del que hemos hablado anteriormente— presentaban unas condiciones térmicas aceptables, a pesar de que su célebre coeficiente **K** era superior al de viviendas actuales. ¿Cómo se explica esto?

Fundamentalmente porque la forma de funcionar un aislamiento conseguido a base de «masa» es muy distinta de la forma de funcionar de un cerramiento cuyo aislamiento se ha conseguido a base de aislantes térmicos.

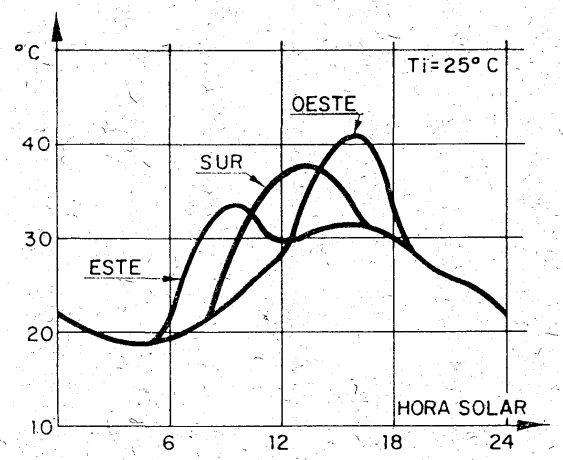
La fórmula de transmisión de calor, conocida por todos, se basa en un régimen permanente de paso de calor, en el que las temperaturas a ambos lados de cada muro no varían con el transcurso del tiempo, o esta variación es pequeña.

Esta hipótesis puede aplicarse con rigor cuando el fenómeno real ocurre de esta forma —pongamos por ejemplo

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

el de unas cámaras frigoríficas situadas en el interior de un edificio; o el de una habitación, con una climatización especial, situada dentro de un recinto con pequeñas variaciones de temperatura—. En estos casos, el factor que cuenta, única y exclusivamente a la hora de estudiar los intercambios térmicos a través de estos muros, es el coeficiente de conductividad térmica y el espesor del material; y en estos casos se cumple con todo rigor que un muro de mampostería de 1 m de espesor es equivalente a un muro construido con un aislamiento como lana de vidrio, corcho, etc., etc., de 2 cm de espesor.

En edificación, cuando el muro es exterior, no ocurre así. La temperatura exterior varía a lo largo del día; y si, además, la fachada está sometida a insolación durante un cierto tiempo, la diferencia entre la temperatura máxima y la mínima alcanzada por esta fachada a lo largo del día puede ser de decenas de grados.



Temperatura en fachadas con diversa orientación.

En estos casos, un aislamiento ligero se comporta sensiblemente de acuerdo con la fórmula convencional de paso de calor en régimen permanente. No existe almacenamiento de calor en él, y su curva de temperaturas es, en cada momento, muy parecida a una recta.

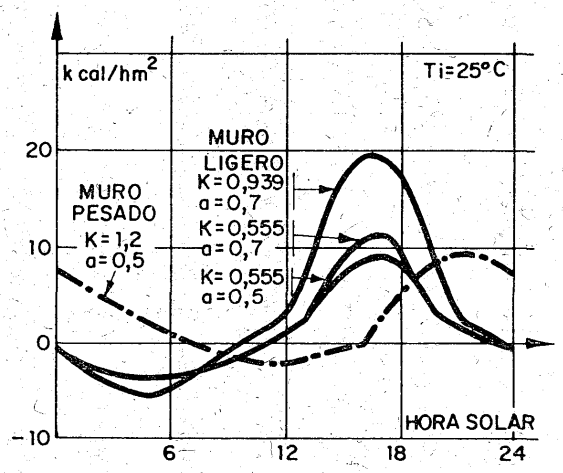
En el caso de un cerramiento pesado, las cosas varían. El calor que este muro recibe por su parte exterior se emplea, en primer lugar, en calentar la primera capa del mismo, y parte lo cede a la capa inmediata. Como su capacidad calorífica no es despreciable, y la variación de temperatura en el exterior tampoco lo es, resulta que una proporción considerable del calor recibido por la primera capa se almacena en la misma, cediendo a la siguiente una cantidad menor que la recibida. Igual le ocurre a la segunda capa con relación a la tercera, y el gráfico de temperaturas irá tomando sucesivamente unas posiciones tales como las que se dibujan. Como consecuencia de lo anterior, un salto brusco de temperatura en el exterior llegará al interior amortiguado, y desfasado en tiempo.

Si después se enfría el ambiente exterior, ocurrirá un fenómeno inverso: el muro cede calor al exterior en primer lugar, lo que pudiéramos llamar con cargo al que tiene acumulado, y en última instancia, después de un cierto tiempo, será el calor del edificio el que salga al exterior. El muro pesado hace, pues, de volante de regulación, y al mismo tiempo, y debido a su capacidad térmica, consigue que no todo el calor que debería haber entrado o salido del edificio lo haga, sino una cantidad inferior, lo que permite tener muros pesados, con coeficiente de transmisión de calor inferior a un muro ligero, que vienen a dar resultados parecidos, en cuanto a cantidad de calor intercambiado entre el interior y el exterior.

Hemos visto que hay un desfase de la onda. ¿De cuánto tiempo es este desfase? Depende, naturalmente, de las características del muro, pudiendo ser con los muros que actualmente llamamos pesados, del orden de 2 a 4 ó 6 horas. Con cerramientos ligeros, el desfase es prácticamente despreciable.

Siendo el desfase de la onda de calor una característica que diferencia los muros pesados de los muros ligeros, conviene que nos detengamos un poco en ver qué ventajas y qué inconvenientes puede tener este desfase.

La transmisión real de calor en un cerramiento, la podemos descomponer en dos sumandos: uno, que vamos a suponer constante a lo largo del día, constituido por el calor que atraviesa el muro considerando únicamente la diferencia de temperaturas medias entre el interior y el exterior, y el otro sumando, variable, que representa las oscilaciones, en más y en menos, alrededor del valor anterior. De esta forma podemos suponer equivalentes los fenómenos en verano e invierno.



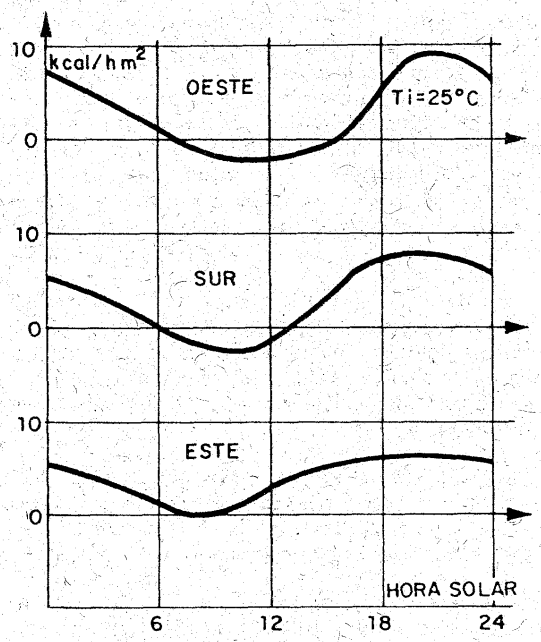
Ganancia de calor a través de fachadas de distintas características y con la misma orientación.

a = coeficiente de absorción.

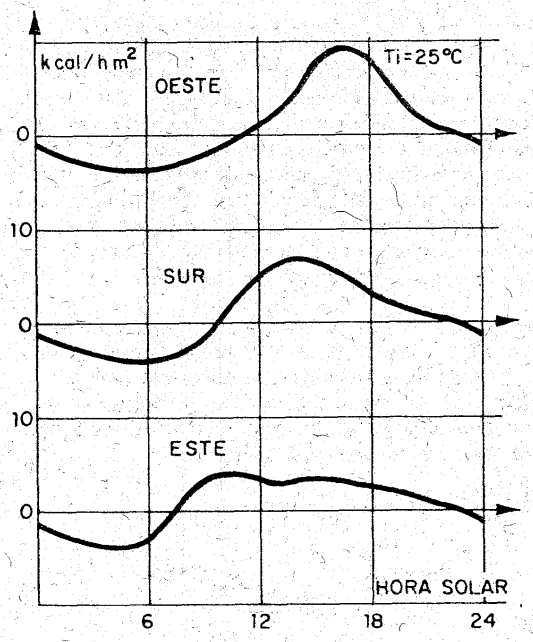
No cabe duda que lo ideal es que las variaciones de entrada de calor en el interior del edificio conviene que sean lo menor posible, con lo que se asegura más la posibilidad de lograr un confort interior, con un sistema de calefacción o refrigeración poco flexible, lo que es importante teniendo en cuenta que normalmente la flexibilidad de estos sistemas cuesta dinero, al menos de instalación.

En el edificio hay una serie de entradas de calor, por medio de la radiación solar a través de las ventanas, y

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es



MURO PESADO



MURO LIGERO

de aire a la temperatura exterior, que prácticamente no tienen desfase alguno, en relación con el tiempo en que se producen en el exterior. Estas entradas pueden representar un capítulo importante en el balance térmico de un local. Si las entradas de calor a través de los muros son también una parte importante, es claro que nos evitaremos una punta demasiado alta para los sistemas de calefacción y de refrigeración. En verano, en donde no hay refrigeración, esta punta puede afectar también el confort.

La carga más fuerte es la de la insolación; y por tanto, para estudiar la conveniencia de este desfase, tendremos que tener en cuenta la orientación de la fachada. Veamos, por ejemplo, cómo se comporta la fachada E. en verano.

La fachada E. recibe el sol por la mañana, cuando la temperatura ambiente es relativamente baja (en verano, casi coincidiendo con la mínima del día). Si desfasamos la onda de calor 3, 4 ó 5 horas más, podemos observar que en las habitaciones orientadas a levante nos coincide la entrada de calor debida a insolación, con la máxima temperatura del aire exterior, lo cual ya hemos visto que no es interesante. Tenemos, pues, tres soluciones: bien hacer un muro ligero que nos permita que la hora punta de carga debida a insolación tenga lugar cuando la temperatura exterior es baja, y por ejemplo en verano este calor se puede eliminar por ventilación. Existe también la posibilidad de emplear un muro pesado, que desfase esta hora punta a la hora en que el ambiente exterior refresca, es decir, con un desfase que la lleve a las 11 ó 12 de la noche o todavía mejor, en la madrugada. Finalmente, y es la tercera solución, podemos poner un aislamiento térmico suficientemente grande para olvidarnos de la hora punta, por la pequeña influencia que en este caso ejercería la transmisión por muro.

En un muro de poniente, las cosas cambian. La orientación poniente es la más desfavorable, puesto que recibe la insolación más fuerte cuando la temperatura del aire exterior es más elevada; y ello, especialmente en verano, da lugar a cargas de refrigeración o nivel de inconfort (si no se tiene aire acondicionado) mayor. En esta fachada conviene, sin duda alguna, retrasar la onda de calor que entra por el muro, aproximando la hora de entrada de esta punta, a la madrugada. Queda también la solución indicada para fachadas orientadas a levante, de aislar suficientemente el muro, con aislamiento ligero, de forma que no se aprecie fuertemente la onda de calor. Ahora bien, si comparamos esta fachada con la fachada levante, se ve claro que, por las circunstancias antes mencionadas, y para un mismo tipo de aislamiento, conviene aislar más fuertemente la fachada poniente que la fachada levante. El aislamiento térmico, desde luego, no se debe poner de una forma indiscriminada.

Repito que en el desfase de la onda interviene exclusivamente la inercia térmica del muro, pero que la amortiguación de calor se consigue fundamentalmente reduciendo el paso de calor a través del muro, es decir, aislando éste y, por tanto, el aislamiento térmico juega un papel importante en los intercambios de temperatura entre el interior y el exterior del muro.

No quisiera terminar estas aclaraciones sobre el aislamiento por inercia y el aislamiento a base de reducir la **K**, sin aclarar lo que está en la mente de todos: que no se trata de elegir entre un procedimiento y otro, sino que también existen soluciones interesantísimas, combi-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

nando ambos; y de hecho, en la construcción media actual creo que es el sistema que hay que considerar.

4. Justificación del aislamiento

Es un hecho que se habla ahora del aislamiento (y cuando digo ahora no me refiero a este momento, sino que en la mente de los técnicos este concepto es muy anterior a esta fecha), y no se hablaba hace unos 50 años. ¿Cuál es la causa? La respuesta a esta pregunta nos debe dar la justificación del empleo del aislamiento térmico en edificación.

Se justifica el aislamiento por la evolución de la construcción. Tienen razón, en parte, los que opinan que el aislamiento se coloca para compensar facultades perdidas al emplear nuevos materiales o nuevas técnicas de construcción. Acabamos de ver que hace años el aislamiento contra el frío y el calor se hacía fundamentalmente aprovechando la inercia térmica del edificio. En la construcción moderna está descartado el acudir a cerramientos de grandes masas: su precio, su tiempo de construcción y el volumen ocupado, las hacen prohibitivas. Al recurrir a construcciones más ligeras, necesitamos contar con el elemento aislante que nos compense la inercia de las antiguas; y precisamente estos materiales, los aislantes, son los que nos permiten, térmicamente hablando, realizar este tipo de construcciones, gracias a las cuales obtenemos o al menos podemos obtener, viviendas más económicas, más funcionales, y con una calidad de habitabilidad que seguramente no la tenían las de nuestros abuelos. Hemos visto, pues, una justificación del aislamiento: el cambio del tipo de construcción.

Se justifica también el empleo de materiales aislantes, por razones de confort. Está demostrado que aunque el ambiente esté a una temperatura agradable, no son cómodas las paredes frías. Todos hemos oído hablar de que el efecto de pared fría es molesto. Por ello se ponen (o al menos conviene que se pongan) los radiadores de calefacción frente a las vetanas o a los focos más fríos de una habitación. Cuando estos radiadores no están situados así, y cuando existe el efecto de pared fría, es corriente observar que los ocupantes de la vivienda, espontáneamente, dejan estos sitios sin ocupar. Como norma de buena práctica, la pared fría de un edificio no debe estar a una temperatura inferior a 5° C a la temperatura ambiente.

Se justifica el empleo del aislamiento térmico, por razones económicas. El crecimiento del nivel de vida trae consigo unas exigencias, unas necesidades que antes eran lujos y con las que hay que contar. Con motivo de la semana de la calefacción, se dijo que esta instalación se iba a generalizar, incorporándola a viviendas sociales que antes se construían sin ella. Todos sabemos que la calefacción tiene como misión mantener, en el interior de las viviendas, unas condiciones determinadas de temperatura, y para ello cede al ambiente unas calorías que compensan las pérdidas a través del cerramiento, pérdidas que son debidas a la diferencia de temperaturas entre el interior y el exterior de los mismos. Se comprende que el número de calorías consumido, y por tanto el coste de la instalación y mantenimiento de la calefacción, es función directa del aislamiento. A mayor aislamiento del local, corresponde un menor gasto de calefacción. Insistiremos más adelante sobre el aspecto económico.

El aislamiento también viene justificado por la necesidad de evitar un fenómeno que, en el mejor de los casos es molesto, pero que normalmente es perjudicial para la conservación de las viviendas y de los enseres de las mismas, e incluso para la salud de sus ocupantes. Me refiero a las condensaciones. También insistiremos más adelante sobre ellas, al menos sobre algunos aspectos menos conocidos y menos vistosos.

Hemos visto, en una panorámica rápida, cuáles son las causas que justifican el aislamiento térmico. Añadiremos que cuando se hacen números sobre la conveniencia de emplearlo, cuando alguno de los presentes se plantee seriamente su interés verá (tal vez con asombro) en qué pocos casos está justificado prescindir del aislamiento.

5. El aislamiento y el edificio

Estudiemos ahora otra faceta de los aislamientos, considerándolos no solamente como materiales, sino formando parte del edificio.

¿En qué lugar se pone el aislamiento? La fórmula que da el paso de calor a través de cerramientos no distingue si el aislamiento debe ponerse en el interior, en el centro o en el exterior. En la práctica no ocurre otro tanto; y aunque existen fórmulas complejas que nos llevan a un estudio completo del efecto del aislamiento desde todos los puntos de vista, vamos a procurar aclarar los conceptos sin auxilio de ellas.

Forzosamente hemos de ligar el clima, el cerramiento, el sistema de calefacción y refrigeración y la orientación de la fachada. Sobre este último punto ya hablamos anteriormente.

A mi juicio, y si personalizo es para destacar que es una opinión mía, tal vez discutible, un edificio es tanto más confortable cuanto menos cambios de temperatura experimenta en su interior. A su vez, el sistema de calefacción resulta más caro cuando está destinado a mantener una temperatura prácticamente constante en un edificio en que, por sus características, es propicio a sufrir en su ambiente saltos considerables de temperatura, que cuando tiene que compensar las pérdidas de calor en un edificio que, de por sí, tiende a una estabilidad térmica en la temperatura interior. En refrigeración, en aire acondicionado, ocurre otro tanto. En este sentido es conveniente que la masa del muro intervenga en la inercia del edificio y, por tanto, debe situarse el aislamiento en la parte exterior del muro.

Esta disposición tiene una segunda ventaja: las dilataciones y contracciones térmicas de la estructura son menores, cosa que en algunos casos, especialmente en cubiertas, evita problemas.

Ahora bien: la colocación del aislamiento térmico en el exterior presenta una serie de inconvenientes:

Puede ser afectado por el agua de lluvia, por fallo de la protección que forzosamente debe tener; si se moja, ya hemos visto cómo quedan afectadas sus propiedades ais-

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

lantes. La protección (muchas veces se trata de la impermeabilización de una cubierta) en estos casos está sometida, sin duda, a unos esfuerzos y movimientos mecánicos considerables, como consecuencia de su calentamiento. En efecto, cuando un cuerpo recibe calor (y nos referimos en este caso especialmente a la radiación solar), parte de él lo emplea en elevar su temperatura, parte lo reflecta y parte lo transmite. Si detrás de él está directamente colocado el aislamiento, no cabe duda que la cantidad de calor que puede transmitir es pequeña y, por consiguiente, se calienta fuertemente. Una chapa metálica, por ejemplo, puede en estas condiciones alcanzar temperaturas próximas a los 100° C.

Este fenómeno no tiene importancia si se cuenta con él y se toman las debidas precauciones.

En construcción semipesada, es decir, poco más o menos la actual, una buena solución es recurrir al muro de dos hojas, la exterior menos inerte, y entre ambas el aislamiento. Habrá que tomar las precauciones más fuertes para impedir el paso del agua de lluvia, de la pared exterior al aislamiento. Una buena solución es una pequeña cámara de aire ventilada situada entre la hoja exterior del muro y el aislamiento, con lo que el agua que penetre a través de aquélla no tocará al aislamiento, a la vez que se aprovechan las buenas condiciones que una cámara de aire ventilada, situada en el exterior, presenta para eliminación de gran parte del calor procedente de la insolación.

En las cámaras de aire ventiladas al exterior, el aislamiento térmico conviene que vaya situado en la hoja interior del muro, pues si bien es cierto que la temperatura de esta cámara no viene afectada por la insolación, más que en medida muy reducida (en verano) y en invierno su temperatura es superior a la exterior, el aire que penetra por la ventilación de la misma aporta en la estación cálida, y se lleva en la estación fría, una serie de calorías casi siempre en sentido contrario al que interesa para el balance térmico del interior del edificio.

El que además del aislante exista una cámara, lo creo conveniente, pero no necesario. Acabo de indicar las causas de mi preferencia. Pero si la hoja exterior del muro garantiza una absoluta estanquidad al agua, no veo inconveniente alguno en que toda la cámara se rellene de aislamiento. En todo caso, es mucho mejor que una cámara sin aislamiento (salvo muy determinados casos, que cuando se presenten habría que estudiar); por ejemplo, un muro que con una cámara de aire tiene un coeficiente de transmisión de calor de 1,08 $kcal/m^2 \cdot °C \cdot h$, al rellenar esta cámara con un aislante de conductividad térmica 0,03 se transforma en un muro con un coeficiente de transmisión de calor de 0,27, es decir, la cuarta parte de cuando tenía solamente una cámara.

Pero no siempre es interesante que en el interior de un edificio exista una inercia térmica considerable. En casas con ocupación discontinua, entre las que se encuentran las casas de campo en donde se pasa el fin de semana, una inercia térmica en el interior del edificio significa un mayor tiempo de puesta a régimen de su temperatura, contado a partir del momento en que se pone en funcionamiento la calefacción, con lo cual queda asegurada la incomodidad de las primeras horas de ocupación; y en estos casos, estas primeras horas significan un porcentaje elevado del tiempo de ocupación. En cambio, cuando se abandona el chalet queda un remanente de calor, que se irá disipando en los primeros días de desocupación, perdiéndose todo él. En estos casos, si colocamos el aislamiento en el interior del muro, disminuimos la inercia térmica y, por tanto, el tiempo de puesta a régimen.

En este caso, se presenta también la conveniencia de utilizar el aislamiento térmico en aplicaciones distintas de las de aislar los muros exteriores. En la inercia térmica del edificio, cuentan, y de un modo muy acusado, las paredes interiores. Si estas paredes interiores se recubren de una pequeña capa aislante, disminuimos fuertemente la inercia térmica del edificio, lo que, como acabamos de ver, es adecuado para algunos casos de ocupación muy intermitente, o sencillamente intermitente.

Este sistema tiene también sus inconvenientes: cuando la calefacción deje de funcionar, la temperatura caerá rápidamente en invierno y subirá rápidamente en verano, y por ello, en el primer caso especialmente, hay que prever la necesidad de mantener una calefacción reducida por la noche, o tener unas ventanas que cierren perfectamente bien, sin permitir la entrada de aire frío del exterior, lo cual no deja de ser a costa de la ventilación.

Parece un poco extraño que cuando se habla de que las viviendas están mal aisladas, recomendar que en algunos casos se pongan aislamientos en sitios que no son cerramientos. No estoy inventando. La idea no ha sido mía y esta práctica no es rara en la construcción. Son razones económicas y de confort las que la aconsejan.

Las consideraciones hechas anteriormente, lo han sido pensando principalmente en la región en que estamos ubicados. No en todos los climas son igualmente válidas, sino que cada clima y cada edificio tiene su tratamiento. En un clima templado, en el que, por decirlo con una expresión gráfica, se está con las ventanas abiertas, la forma de manejar el aislamiento es diferente o puede ser diferente. Si miramos la forma en que se construía hace tiempo, encontramos datos importantes sobre el uso de aislamientos y tipos de edificios. Nunca en la región levantina se ha cuidado el aislamiento como en la región castellana. A buen seguro que no nos imaginamos una barraca valenciana —aislamiento ligero, escaso y edificio ventilado— en la meseta castellana, de clima con fuertes variaciones diarias de temperatura y seco.

Hemos visto algunas posibilidades del aislamiento térmico que nos muestran la necesidad de ponerlo después de un estudio, y no indiscriminadamente. El aislamiento térmico tiene muchas posibilidades; y cuando se coloca con conocimiento de causa puede prestar servicios inestimables en cuanto a confort y ahorro se refiere. Es una llamada a evitar la rutina a poner los 25 mm de aislamiento sin más consideraciones. Bien es verdad que las viviendas, entre unas cosas y otras, cada día se complican más y la labor de los técnicos se complica, y tienen que trabajar en grupo y aprovechar las enseñanzas de los especialistas, los cuales, a su vez, tienen que darles sus conclusiones de forma que sean inteligibles, y fácilmente aplicables. Para mí, ésta es una de las misiones de Andima: el dar unas recomendaciones muy claras y muy concretas, y montar un servicio de asistencia técnica para ayudar a la utilización correcta de los aislamientos térmicos.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

6. Aspectos económicos del aislamiento

Volvamos sobre las razones que justifican el empleo del aislamiento.

Cuando he leído propaganda de fabricantes de aislamientos, tanto nacionales como de más allá de nuestras fronteras, me he encontrado con que indefectiblemente su argumento común, para promover su utilización, ha sido el afirmar que el aislar un edificio es económicamente rentable.

Oí a un especialista de aislamientos, en un Symposio sobre los mismos, que en Europa, en la mayor parte de su extensión, el aislamiento era rentable económicamente, y que en el resto (en los países más cálidos) el aislamiento venía condicionado por la necesidad de evitar condensaciones. ¿Tenía razón este especialista? No se puede generalizar, y en este caso España es uno de los países que no entra en esa generalidad. España es diferente. La Unión Europea, para juzgar la idoneidad de nuevos procedimientos en la construcción, estudió las condiciones climáticas de cada país miembro (básicamente está formada por los países de la Europa central y meridional) y dividió la Europa de la UEAtc en cuatro zonas climáticas de invierno y cinco de verano, a efectos de normalizar el aislamiento térmico necesario en fachadas ligeras. Estas zonas están basadas en datos meteorológicos y, por tanto, son independientes de las opiniones más o menos subjetivas que hayan podido dar los países miembros. Pues bien, España es el único de los países que tiene en su perímetro todas las zonas antes mencionadas. Desde el clima más cálido, hasta el clima más frío. Zonas con temperaturas moderadas y zonas con temperaturas extremas. España es diferente. No de los demás países, sino en sí misma. Y estas diferencias, en este caso climatológicas, deben reflejarse en el aislamiento.

Volviendo a la rentabilidad del aislamiento, hay muchos gráficos publicados sobre el particular. En la última semana del aislamiento tuvimos oportunidad de conocer el sistema francés de promoción del aislamiento, con un pequeño programa que daba el aislamiento térmico (creo que el nombre era ERI), y en la revista del Instituto Eduardo Torroja, INFORMES DE LA CONSTRUCCION (1), ya en 1966 se había publicado un ábaco para el cálculo del espesor más conveniente de aislamiento, en función de los costes de instalación y mantenimiento de la instalación de calefacción, y el coste del propio aislamiento.

Ahora bien, este ábaco, lo mismo que los otros de los que he informado que existen, se quedan —a mi juicio— cortos para España, en donde creo que el aislamiento rentable, para un porcentaje no despreciable de nuestra nación, viene definido por el ahorro que supone en aire acondicionado y no en calefacción.

Este ábaco, que quedaba cojo entonces, lo sigue ahora. Se ha encontrado una fórmula, la de los grados-día, que da una idea bastante aproximada del consumo de calefacción. No existe ninguna fórmula parecida que nos dé la misma aproximación para consumo de energía en aire acondicionado. La razón es que en el consumo de energía para aire acondicionado figuran otros factores, y el principal es la insolación, de pequeña cuantía en invierno en las zonas frías (recordemos que para cálculo de calefacciones se supone que una fachada sur ahorra un 10 % con relación a la fachada norte), pero cuya importancia en verano es decisiva. Entonces, no es sólo el aislamiento el que define la protección de un edificio, sino, y en porcentaje muy elevado del total, las medidas que se tomen para evitar los efectos de la insolación, como son: el color de las superficies, el empleo de vidrios aislantes, las protecciones solares propiamente dichas, tales como los parasoles, y el propio aislamiento.

El aislamiento óptimo para verano se encuentra solucionado a nivel individual con programas de ordenador capaces de deducir para cada edificio, con sus condiciones particulares y en su localización real, cuál es el aislamiento óptimo, pero no está lo suficientemente generalizado para decir cuál es el aislamiento óptimo para una zona climática, sea cual sea el cerramiento del edificio. Posiblemente, porque no se pueda llegar a una solución tan simplista.

Cierto que, en invierno, todos estos factores modifican el consumo de calefacción; pero en lo que se refiere a insolación, ya he dicho que en cuantía pequeña.

Ya que hemos hablado de otros factores ajenos (en parte) al aislamiento de los edificios, vamos a hablar sobre éstos y, fundamentalmente, de los huecos. El porcentaje de huecos en fachadas, de superficies acristaladas, va creciendo; y si el coeficiente de transmisión de calor de una fachada ligera anda alrededor de 1, el del vidrio normal es del orden de 5,5, o sea, que por 1 m² de ventana, y sin contar las pérdidas debidas a la infiltración de aire, se pierden tantas calorías como por 5 m² de cerramiento bien aislado; es decir, que en una habitación normal la mitad del calor se pierde por las ventanas y la otra mitad por el muro. ¿Nos hemos parado a pensar esto? ¿Es posible que no se nos haya ocurrido pensar en la rentabilidad de una ventana doble cuyo coeficiente de transmisión de calor baja a 3,8?

Las pérdidas de calor por huecos son muy importantes. ¿Tanto como para decir que el intentar aislar un muro es algo así como echar dinero en una hucha a la que se le ha quitado el fondo?

Son dos cosas distintas. Al hablar de la rentabilidad del aislamiento, se prescinde del resto. En efecto, se ha planteado el problema, diciendo: si este aislamiento me ahorra tanto dinero, y su colocación me cuesta tanto, ¿es rentable o no? Es, pues, independiente de que por otro lado lo estemos tirando (en este caso, echando por la ventana). Este es otro punto cuya rentabilidad hay que estudiar, y que se suma al del aislamiento, pero que no lo anula. Si con un aislamiento nos ahorramos los gastos de calefacción, equivalentes digamos a 5.000 kcal, éstos nos los seguiremos ahorrando, aunque por otro lado derrochemos 10.000.

7. Condensaciones

El aislamiento también es necesario para la prevención de condensaciones. Es sabido que hay dos clases de condensaciones: las superficiales y las que se producen en el interior del cerramiento.

(1) «Consideraciones sobre aislamientos térmicos». A. García Arroyo.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es

Para evitar las condensaciones superficiales, el que el cerramiento esté bien aislado es una condición indispensable, pero no suficiente. La posibilidad de condensaciones superficiales es función de la humedad relativa del interior del edificio, y de la diferencia de temperaturas entre el ambiente y la superficial del paramento interior del muro. Cuanto más baja sea aquélla, tanto mayor podrá ser la diferencia de temperaturas sin que existan condensaciones. En edificios con calefacción seca, la humedad relativa es del orden del 40 %, como mucho. En estas condiciones, el aislamiento del muro tiene que ser muy malo para que éstas se produzcan. Cuando el elemento calefactor desprende vapor de agua, la humedad puede alcanzar valores más altos, y ello depende de la ventilación y de la distribución de la calefacción. En viviendas con calefacción en una sola habitación, el vapor se difunde a las próximas; y si éstas están frías, el riesgo de condensación crece. En ellas habrá que reforzar el aislamiento o ventilar muy bien el local calefactado. En viviendas sin calefacción, el problema puede presentar carácter grave, y su solución es muy difícil por más que se acentúe el aislamiento. Es problema fundamentalmente de ventilación. Debido al vapor producido en la cocina y en el baño, en estas viviendas con temperatura más bien baja, la humedad relativa, si aquéllos no están bien ventilados, alcanza valores altos (80 y 90 %), con los cuales el aislamiento debe ser excesivamente alto para costar la producción de las mismas. Hay que recurrir a la ventilación, pero ¿quién puede garantizar la ventilación en una vivienda sin calefacción, en la que una entrada de aire frío complica los problemas de temperatura interior? Por razón de mi trabajo me he encontrado con problemas de este tipo, y no vean las dificultades con que se tropieza para dar una solución económica y que tenga posibilidades de ser puesta en práctica por los habitantes del inmueble. He querido destacar, únicamente, que el problema de condensaciones es un problema que afecta al aislamiento, pero no únicamente al aislamiento. Es un problema del conjunto del edificio.

En el fenómeno de condensaciones superficiales, en un porcentaje elevado de los casos en que éstas son achacables a falta de aislamiento, la causa primordial son los puentes térmicos, formados en zonas en las que el aislamiento se ha debilitado (citar algunos ejemplos típicos).

Las condensaciones en el interior del cerramiento son más frecuentes; pero por ser menos visibles sus efectos, no es de dominio general su existencia. Cuando la curva de presión de saturación del vapor de agua en las distintas zonas del cerramiento cae por debajo de la curva de distribución de vapor, se produce una condensación, que con frecuencia tiene lugar en el aislamiento, anulando sus propiedades por la acumulación de humedad en él. Normalmente es un fenómeno progresivo, ya que al disminuir la eficacia del aislamiento se producen más condensaciones. En aislamientos permeables al vapor de agua hay que prever la barrera de vapor. Es la única solución.

Un caso particular son las cámaras debajo de cubierta. En este caso, una barrera de vapor y una ventilación adecuada de la cámara son las dos únicas medidas capaces de eliminar las condensaciones.

résumé

Nécessité de l'isolement thermique dans le bâtiment actuel

A. Alamán, Dr. ingénieur industriel

L'auteur essaie de préciser quelques concepts sur cette matière, du fait qu'en réalité non pas tout le monde connaît convenablement leur emploi correct: qu'est-ce qu'on entend par isolement thermique et par conductivité thermique, conditions à remplir par les matériaux, isolements légers et lourds, justification de l'isolement pour des raisons d'évolution de la construction, de confort, d'économie et pour éviter des condensations, ainsi que l'influence des baies sur les façades.

summary

Necessity of Thermal Insulation in Current Building

A. Alamán, Dr. of Industrial Engineering

The author attempts to clear up a few ideas on this subject, as not everyone knows enough about its correct use: what is meant by thermal insulation and thermal conductivity, essential requirements with respect to material, lightweight and heavy insulation, justification of insulation for reasons of building evolution, comfort, economy and to avoid condensation, as well as the influence of openings in outside walls.

zusammenfassung

Die Wärmedämmung in den heutigen Hochbauten

A. Alamán, Dr. Ing.

Der Verfasser versucht einige Begriffe aus diesem Gebiete zu erklären da, in der Praxis, wenige ihre richtige Anwendung kennen: was versteht man unter Wärmedämmung und Wärmeleitfähigkeit, die Bedingungen die man von den Baustoffen erfordern kann, leichte und schwere Dämmstoffe, die Rechtfertigung der Wärmedämmung als Folge des Fortschritts im Bauwesen, im Komfort, in der Wirtschaftlichkeit und um Kondensationserscheinungen zu vermeiden, ebenso wie der Einfluss der Fassadengestaltung.

© Consejo Superior de Investigaciones Científicas
Licencia Creative Commons 3.0 España (by-nc)
http://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es