



El aislamiento en edificios

1. Introducción

El concepto de aislamiento, era prácticamente un desconocido hace años y no se le daba la importancia que tiene, como no fuera en casos muy puntuales, de construcciones de alto coste o nivel social elevado.

A partir de la crisis del petróleo del año 1973, la energía se convierte en un bien caro y escaso, lo que desencadena una carrera, por parte de todos países afectados, de normas y leyes que controlen el gasto energético, evitando en todo lo posible las pérdidas de energía, lo cual acuñó el concepto de "ahorro energético".

A nivel europeo estas normas no han sido comunes en todos los países, aunque la creación de la CE ha provocado por parte de los estados miembros una Directiva que paso a paso se integra en las Normativas de los países de la CE.

Esta Directiva europea es de obligado cumplimiento, en áreas de producción, trabajo y consumo quedando implantada en todos los países de la CE, en los primeros años del siglo XXI.

Los materiales y sistemas constructivos, estarán en posesión del sello "CE", mediante la homologación del Centro Europeo de Normativa "CEN" con su documento oficial "DITE", homólogo de nuestro DIT que concede el ICC Eduardo Torroja, solicitado por "AENOR" como organismo oficial de España ante el "CEN".

En España por Decreto del 12 de Junio de 1975, se adoptan las primeras medidas para reducir el consumo de energía, así como los programas I+D, que descubran energías alternativas que no sean

dependientes del consumo de petróleo.

En el Decreto de 6 de Julio de 1979, después de los estudios realizados por la comisión oficial y empresas implicadas, se aprueba la NBE sobre las "Condiciones Térmicas en Edificios", conocida como la NBE CT-79 y posteriormente el 4 de Julio de 1980 el Reglamento de Instalaciones.

2. La NBE CT/79

Antes de profundizar en el cumplimiento de la NBE CT-79, por parte de los proyectistas, definimos el concepto aislamiento térmico como:

"La resistencia que oponemos al paso del frío o calor con uno o unos materiales intercalados en un cerramiento, con el fin de obtener el confort interior de los edificios"

La resistencia -aislamiento- al paso de frío o calor es función de dos factores inherentes de cada tipo de material, como es el coeficiente de conductividad térmica (λ), definido según la NBE CT-79 como:

"La cantidad de calor o frío que pasa a través de 1 m^2 , de un cuerpo de caras plano-paralelas, con espesor de 1 mt, durante 1 hora, cuando entre las dos caras hay una diferencia de 1°C "

y el espesor del propio material (E).

Con el cociente entre el espesor y la conductividad obtenemos el valor de resistencia térmica del material.

$$R_T(\text{m}^2\text{C}/\text{W}) = E(\text{mt})/\lambda(\text{W}/\text{m}^2\text{C})$$

JOSE
COSCOLLANO
RODRIGUEZ



Tabla I

| Cerramiento | W-V | X | Y | Z |
|-------------|------|------|------|------|
| Cubiertas | 1,40 | 1,20 | 0,90 | 0,70 |
| Fachadas | 1,80 | 1,60 | 1,40 | 1,40 |
| Porches | 1,00 | 0,90 | 0,80 | 0,70 |
| Medianerías | 2,00 | 1,80 | 1,60 | 1,60 |
| Suelos | 1,20 | 1,40 | 1,20 | 1,20 |

Valores de K en W/m²°C

La meta de un aislamiento térmico es conseguir tres objetivos esenciales, ahorro de energía, confort térmico y evitar en lo posible o en su totalidad las condensaciones.

La NBE CT-79, desde su publicación en el BOE, es de obligado cumplimiento en todos los proyectos de edificaciones públicas o privadas, así como en obras de rehabilitación.

En su contenido se expresa el cumplimiento de la Normativa en cada elemento estructural de cierre de un edificio resultando el nivel de confort idóneo en el interior del mismo.

Los condicionantes de la norma, componen las diferentes capas que conforman el cerramiento, sin tener en cuenta las fuentes de energía existentes en el interior del edificio.

Los elementos estructurales de cierre, que están considerados en la Normativa NBE CT-79, se exponen a continuación.

a) Cerramientos verticales en contacto con el exterior.

En este apartado se agrupan los cerramientos siguientes:

- Cerramientos exteriores, como las fachadas.
- Cerramientos verticales, con más de 60° con la horizontal, como pueden ser los propios lucernarios.
- Forjados en contacto con el exterior, como son los porches.

b) Cerramientos de separación con ambientes no calefactados.

Se consideran en este apartado, los siguientes:

- Cerramientos verticales de separación, como medianeras.
- Cerramientos horizontales de espacios no calefactados, como

locales comerciales, aparcamientos, etc.

c) Cerramientos horizontales en contacto con el exterior.

Se considera en este grupo, todo tipo de cubiertas, planas o inclinadas incluso las denominadas "bajo terreno".

d) Cerramientos de separación con el terreno.

Se consideran los siguientes:

- Todo tipo de soleras.
- Forjados con cámara de aire de altura inferior a 1 metro.
- Muros enterrados en el terreno.

Antes de desarrollar cada uno de los cerramientos expuestos, recordamos que la inversa de la resistencia térmica se conoce como Coeficiente de Transmisión Térmica (K) y se define como:

"La cantidad de calor o frío que se cambia, a través de 1 m² de cerramiento durante una hora, cuando entre el exterior e interior hay una diferencia de temperatura de 1°C"

$$K(W/m^2°C) = 1/R_T(m^2°C/W)$$

Los valores útiles que proporciona la NBE CT-79 en la Tabla 2 Artículo 5°, según el Mapa 2 Artículo 13°, son los expresados en el cuadro siguiente y se consideran cómo máximos.

| Tabla II | | | |
|------------|------------------|------------------|-------------------------------------|
| Flujo | 1/h _i | 1/h _e | 1/h ₁ + 1/h _e |
| Horizontal | 0,11 | 0,06 | 0,17 |
| Ascendente | 0,09 | 0,05 | 0,14 |

Valores en W/m²°C

A la hora de efectuar el cálculo del coeficiente "K", en un cerramiento, hay que saber que cuanto menor sea éste, es decir su valor menor a la unidad, el aislamiento es mejor, o lo que es lo mismo, su capacidad es mayor, por lo que su comportamiento será el proyectado, además el bajar del valor de la CT-79 es aconsejable, pues es muy probable que en un corto espacio de tiempo, estos valores se modifiquen por la Directiva Europea y los actuales queden desfasados.

Hay que considerar seriamente que un gasto de aislamiento con estudio técnico e instalación correcta no es un "despilfarro" como está considerado por algún sector, sino una inversión en el tiempo, con el ahorro de energía y confort interior.

3. Estudio higrotérmico de un cerramiento

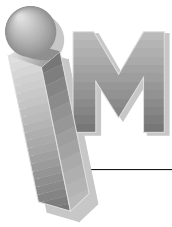
La finalidad de los estudios higrotérmicos en cerramientos de los edificios, es el conseguir un ahorro de energía, confort térmico interior y el conocimiento de la formación de condensaciones interiores y en las diferentes capas u hojas que configuran el elemento constructivo, para dar cumplimiento a la Normativa vigente NBE CT-79.

Los estudios higrotérmicos constan de dos capítulos bien diferenciados a la hora de su realización, como son:

- Estudio térmico del cerramiento
- Analisis de la formación de condensaciones

3.1. Estudio térmico del cerramiento

El estudio térmico o aislamiento



to, se podría definir como:

“La resistencia que oponen al paso de frío o calor cada uno de los materiales que componen el cerramiento, con un resultado más idóneo de ahorro de energía y confort interior”

Esta resistencia, en base a la NBE CT-79, se obtiene en función de dos factores, el primero el espesor (E) del material y el segundo el coeficiente de conductividad térmica (λ), realizando la operación que expresa la igualdad siguiente:

$$r_i \text{ (m}^2\text{C/w)} = \frac{E \text{ (mts)}}{\lambda \text{ (w/m}^2\text{C)}}$$

Los valores de conductividad térmica (λ) los conocemos por la Tabla 2.8 de la CT-79.

Hay que tener en cuenta, según nos define la NBE CT-79 las resistencias superficiales $1/h_e$ y $1/h_i$ como las que se originan en todo cerramiento de caras plano-paralelas y que en la Tabla 2.1 nos las fija en función del sentido del flujo de vapor, las cuales se sumarán a la resistencia del cerramiento.

En la Tabla II reflejamos estos valores, en los casos de más uso en los cálculos.

Seguidamente iniciamos el cálculo de la resistencia térmica del cerramiento, para lo cual hay que obtener la resistencia de cada una de las hojas o capas que lo componen y para ello se puede plantear el cuadro de cálculo que vemos en la Tabla III.

La inversa del valor R_T , obtenido en el cuadro de cálculo, por definición de la física se denomina coeficiente de transmisión térmica (K).

$$K \text{ (w/m}^2\text{C)} = \frac{1}{R_T \text{ (m}^2\text{C/w)}}$$

La NBE CT-79 nos expresa en la Tabla 2 Artículo 5º, aplicando el Mapa 2 Artículo 13º, los valores máximos del coeficiente “K” para la zona de ubicación del edificio

El valor obtenido de “K” en el cálculo que estamos realizando, deberá ser igual o inferior al expresado en la Tabla IV.

En el supuesto de estar realizando el estudio higrotérmico de un edificio en rehabilitación debe-

| Elemento/Capa | Espesor (m) | Lambda (w/m°C) | R. térmica (m²C/w) |
|-------------------------------------|-------------|----------------|--------------------|
| R. superf., int. | * | * | $1/h_i$ (Tabla II) |
| R. superf., ext. | * | * | $1/h_e$ (Tabla II) |
| Resistencia térmica del cerramiento | | | R_T (m²C/w) |

| Cerramiento | W - V | X | Y | Z |
|-------------|-------|------|------|------|
| Cubiertas | 1,40 | 1,20 | 0,90 | 0,70 |
| Fachadas | 1,80 | 1,60 | 1,40 | 1,40 |
| Medianerías | 2,00 | 1,80 | 1,60 | 1,60 |

Valores de K en w/m²C

mos proceder de la siguiente forma:

a) Obtener el valor de “K” del cerramiento existente.

b) Obtener el valor de “K” cumpliendo la NBE CT-79.

c) Efectuar la diferencia entre los valores a) y b).

d) Si la diferencia es positiva hay que redimensionar el aislamiento o cambiar por otro material.

Para el cálculo del nuevo espesor de aislamiento, se aplica la igualdad siguiente:

$$E \text{ (mts)} = \frac{\lambda \text{ (w/m}^2\text{C)}}{K_d \text{ (w/m}^2\text{C)}}$$

E: Espesor suplementario al aislamiento actual

λ : Coef. conductividad térmica del aislamiento existente

K_d : Coef. transmisión térmica de la diferencia

El coeficiente K_d se obtiene con

la inversa de la diferencia de las resistencias térmicas de los cálculos a) y b)

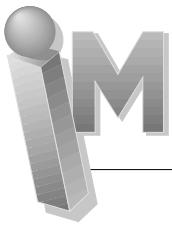
e) Si la diferencia es negativa no hay que efectuar ninguna operación ya que el aislamiento existente cumple con la Normativa NBE CT-79 de la zona de ubicación del edificio.

4. Estudio de condensaciones

La masa de aire que nos rodea se sabe que contiene cierta cantidad de vapor de agua y que de una manera periódica, coincidiendo con los cambios de estación varía su valor dependiendo de factores como son cercanías de mares, ríos o lagos y de una forma esporádica en locales cerrados por las propias personas al respirar.

Por la física se conoce que a una temperatura determinada el aire no puede contener en estado

| Ambiente | H_r | P_v | Temperatura |
|----------|-------|-------------------------|-------------|
| Exterior | 95% | 580 Pa (5,8 mbar) | 0°C |
| Interior | 75% | 1.550 Pa (15,5 mbar) | 18°C |



de vapor más que una cantidad de agua inferior al valor de "saturación" y que la NBE CT-79 estima de 13 gr/kg a una temperatura de 18°C pero, por el contrario, la presión de vapor será más elevada cuanto más alta sea la temperatura del aire y que la Normativa estima en 1550 Pa con una humedad relativa del 75 %, datos basados en el ábaco psicométrico.

El cumplimiento de la norma, térmicamente no indica que no se produzcan condensaciones en el cerramiento o en el interior del edificio.

En general se producen condensaciones cuando el vapor de agua contenido en el aire, entra en contacto con superficies más frías.

La NBE CT-79 expresa en su contenido las condiciones para que se produzcan las condensaciones, y que se reflejan en la Tabla V.

Con estos datos aplicados al ábaco psicométrico de la NBE CT-79 en su apartado 4.9, la temperatura de condensación o rocío (t_r) es de 15,5°C, es decir que cualquier superficie con temperatura igual o inferior se mojará como consecuencia del vapor de agua contenido en el aire, eliminando este fenómeno mediante ventilación de corriente de aire o aumento de aislamiento.

Las condensaciones que se producen en el edificio, se pueden dividir en dos grupos genéricos: superficiales e intersticiales.

4.1. Condensaciones superficiales

Se originan en los paramentos interiores del edificio y para conocer su existencia se tiene que conocer la temperatura interior superficial (t_i), empleando la igualdad que nos proporciona la CT-79 en su Anexo 4, Apartado 4.3 .

$$t_i = T_i - \frac{K}{h_i} (T_i - T_e)$$

en donde:

t_i : Temperatura interior superficial (°C)

T_i : Temperatura ambiente interior, Tabla V (°C)

T_e : Temperatura ambiente exterior, Tabla V (°C)

$1/h_i$: Resist, superf, interior, Tabla II ($m^2°C/w$)

K: Coef, trans, térmica cerramiento ($w/m^2°C$)

Si el valor que se obtiene (t_i) cumple,

a) Anexo 4 Artículo 4.3 / $t_i > t_r$

b) Artículo 10° de la CT-79 / $T_i - t_i < 4°C$

Se tiene la seguridad de que no existen condensaciones superficiales en los paramentos interiores.

4.2. Condensaciones intersticiales

Son las producidas en las distintas capas u hojas que componen el cerramiento.

Para analizar este tipo de condensaciones, es necesario conocer las temperaturas en las caras de los materiales que conforman el cerramiento.

Como el flujo de vapor de agua, su sentido es del interior hacia el exterior, influyen en el mismo la temperatura, la presión de vapor (P_v) y la resistencia que opone el material al paso del vapor de agua (R_v) que la física lo expresa como el producto de la resistividad del material (r_v) y el espesor (E).

$$R_v = r_v \times E \quad (1)$$

En consecuencia lo primero a conocer es la caída de temperatura en cada una de las capas, para ello aplicamos la igualdad que la CT-79 en su Anexo 4 Apartado 4.2 nos proporciona.

$$t_n = (T_i - T_e) \frac{r_n}{R_T}$$

en donde:

t_n : Caída de temperatura en la capa "n" (°C).

T_i : Temperatura ambiente interior / Tabla V.

T_e : Temperatura ambiente exterior / Tabla V.

r_n : Resistencia térmica en la capa "n" ($m^2°C/w$).

R_T : Resistencia térmica del cerramiento ($m^2°C/w$).

La temperatura en cada cara de las distintas capas se obtiene partiendo de los 18°C interiores que contempla la CT-79 restando la caída de temperatura en la capa anterior.

Si estos resultados los reflejamos en unos ejes cartesianos, espesor-temperatura, obtenemos el perfil de temperaturas secas en el cerramiento estudiado. (Fig. 1)

Con un proceso muy similar, se obtiene el perfil de temperaturas húmedas, conociendo las resistencias al vapor en cada capa del cerramiento, aplicando la igualdad (1) y organizando un cuadro de cálculo como el que se representa en la Tabla VI.

La resistividad de los materiales que organizan el cerramiento la Normativa NBE CT-79 los expresa en la Tabla 4.2

Seguidamente obtendremos las caídas de presión de vapor a través de las distintas capas, aplicando la

| Tabla VI | | | |
|--------------------------------------|------------------|------------------|----------------|
| Elemento/Capa | r_v (MNs/gr.m) | E (m) | R_v (MNs/gr) |
| Resistencia al vapor del cerramiento | | R_{vT} (MNs/g) | |

| Tabla VII | | |
|---------------|-----------------|------------------|
| Elemento/Capa | P_{vn} (mbar) | Temperatura (°C) |
| T_i | 15,5 | 18 |
| T_e | 5,8 | 0 |

Fig.1.

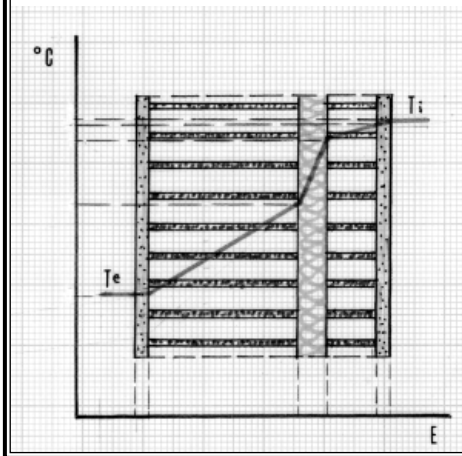


Fig.2.

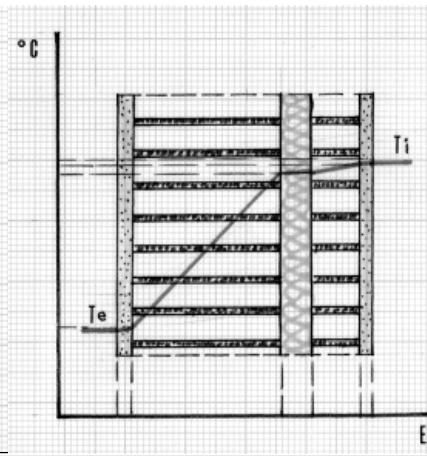
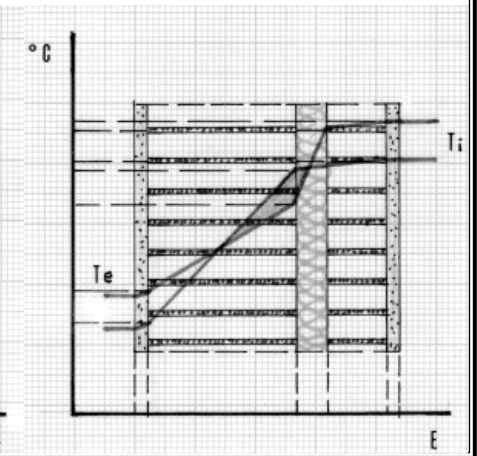


Fig.3.



igualdad que la CT-79 en su Anexo 4 Apartado 4.7 nos expresa.

$$P_{vn} = (P_{vi} - P_{ve}) \frac{R_{vn}}{R_{vT}}$$

en donde:

P_{vn} : Caída presión vapor en la hoja "n" (mbar).

P_{vi} : Presión vapor aire interior (mbar).

P_{ve} : Presión vapor aire exterior (mbar).

R_{vn} : Resistencia al vapor en la capa "n" (MNs/g).

R_{vT} : Resistencia al vapor cerramiento (MNs/g).

Los distintos valores de la presión de vapor en cada una de las capas del cerramiento, los obtenemos partiendo de la presión considerada por la CT-79 de 15,5 mbar restándole la caída de presión de la capa anterior.

Conocidas las presiones de vapor, mediante el ábaco psicométrico que la Norma en su Apartado 4.9 ofrece, obtenemos las temperaturas húmedas, para ello formamos el cuadro de cálculo que vemos en al Tabla VII.

A continuación, se realiza el perfil de temperaturas del cerramiento, en unos ejes cartesianos espesor-temperatura, según se refleja en la Fig. 2.

Obtenidos los dos perfiles de temperatura, los superponemos entre sí y podemos encontrar dos resultados.

a) Que los dos perfiles no se crucen, es decir que no tengan

puntos de intersección entre ellos, lo cual indica que no se producen condensaciones intertisciales.

b) Que los dos perfiles tengan puntos de intersección entre sí, lo cual nos demuestra que se forman condensaciones interiores entre los dos puntos, denominado "plano de condensación", como se refleja en la Fig. 3.

La solución para evitar o eliminar estas condensaciones, se decanta generalmente por un reestudio del tipo de aislamiento y espesor correcto, pero lo fundamental es conseguir un aumento del valor de la resistencia al vapor de agua antes del inicio del plano de condensación.

Como comprobación del estudio de condensaciones intertisciales, hay que saber el agua condensada en el plano de condensación y sus consecuencias, ya que la Normativa vigente no lo contempla y la Norma DIN 4108 lo define de esta forma:

"Si la cantidad de agua condensada en el interior del elemento estructural es inferior a 0,5 kg/m², no se consideran agresivas las condensaciones intertisciales "

Este argumento se apoya en el ciclo condensación-evaporación, estimado en la Normativa de 60 días y 90 días respectivamente o lo que es lo mismo 1.440 horas y 2.160 horas en cada caso.

La Norma DIN 4108 nos proporciona la igualdad siguiente para

poder obtener el agua condensada en invierno.

$$W_c = 1.440 \left[\frac{(1.750 - P_{ve}) - P_{vn}}{4,43} \right]$$

$$- \frac{P_{vn} - 208}{2,85} \Big] \times 10^6$$

W_c : Cantidad de agua condensada (Kg/m²).

P_{ve} : Presión de vapor exterior (Pa) / Tabla V.

P_{vn} : Presión de vapor en la capa de inicio (Pa).

Con este estudio higrotérmico de un cerramiento, se puede garantizar que el elemento constructivo es "seco", lo cual nos asegura que los materiales que lo componen no sufrirán agresión ninguna por la formación de condensaciones y en consecuencia el ahorro energético y confort interior está garantizado.

5. Aislamientos industriales

Desde el punto de vista de la Normativa, los materiales que se utilicen para dar cumplimiento a la misma, deberán tener un buen coeficiente de conductividad térmica (λ) o lo que es lo mismo, una resistencia térmica elevada al paso del frío o calor.

Los elementos o productos aislantes más usados en la construcción, son los que se exponen en la

Tabla VIII

| Material | Presentación |
|-------------------|-------------------------------|
| Poliuretanos | Sprays, proyección y planchas |
| Poliestireno EXP | Planchas o paneles rígidos |
| Poliestireno EPS | Planchas o paneles |
| Fibra de vidrio | Planchas y mantas |
| Lana de roca | Proyección y planchas |
| Perlita expandida | Planchas |

Tabla IX

| Densidad (kg/m ³) | Color (barra) | Número | Ensayo (UNE) |
|-------------------------------|---------------|--------|--------------|
| 9 - 10 | Verde | I | 53.215 |
| 11 - 12 | 2 Verde | II | 53.215 |
| 13 - 15 | Azul | III | 53.215 |
| 18 - 20 | Amarilla | IV | 53.215 |
| 22 - 25 | Negra | V | 53.215 |

Tabla VIII y que a continuación comentamos con más amplitud.

a) Poliuretanos

La denominación de "poliuretano" es lo que se conoce como un grupo funcional químico compuesto por -NH-COO- y cuya obtención se realiza mediante una reacción química entre un polioliol y un poliisocianato con un agente expansionante de bajo contenido en CFC S, para dar cumplimiento al acuerdo de Londres de 1990.

Las propiedades físicas más importantes son la densidad, com-

portamiento térmico e higrotérmico.

En cuanto a su densidad puede alcanzar hasta los 1.200 kg/m³, aunque el valor más usual está comprendido entre los 30-60 kg/m³, produciéndose valores de deformación entorno al 10 % y una resistencia a la compresión de 1 kg/cm².

En cuanto a su comportamiento térmico, es muy bueno, con un coeficiente de conductividad térmica (λ) comprendido entre los 0,012 a 0,020 w/m°C, aunque el considerado en los cálculos es de

0,023 w/m°C, siendo éste el más bajo de la gama de aislamientos.

En cuanto a su comportamiento higrotérmico, depende de la temperatura y humedad ambiente, en la formación de vapor de agua en un máximo del 5 % de su peso.

La absorción de agua se origina más por las superficies de corte que por la propia superficie aislante, llegándose a valores de absorción comprendidos entre un mínimo del 2 % y un máximo del 5 % en volumen.

b) Poliestirenos

El poliestireno es un polímero del estireno, mediante la deshidrogenación del etileno procedente de la vaporización de la nafta resultante de la destilación del petróleo.

En la polimerización del estireno se utiliza un agente expansionante que provoca la formación de la conocida "perla" de 0,4 a 2 mm de diámetro.

Partiendo de la "perla" de poliestireno y dependiendo del proceso de trabajo a que se la someta, encontraremos en el mercado dos tipos distintos de aislamiento de poliestireno, expandido o extruido, con características específicas en cada uno de ellos.

- Poliestireno expandido: el agente expansor de la "perla" tiene la propiedad de que en contacto con el vapor de agua, en ambiente abierto, provoca un aumento de volumen de unas 50 veces aproximadamente la estructura celular, aprisionando aire en reposo en su interior.

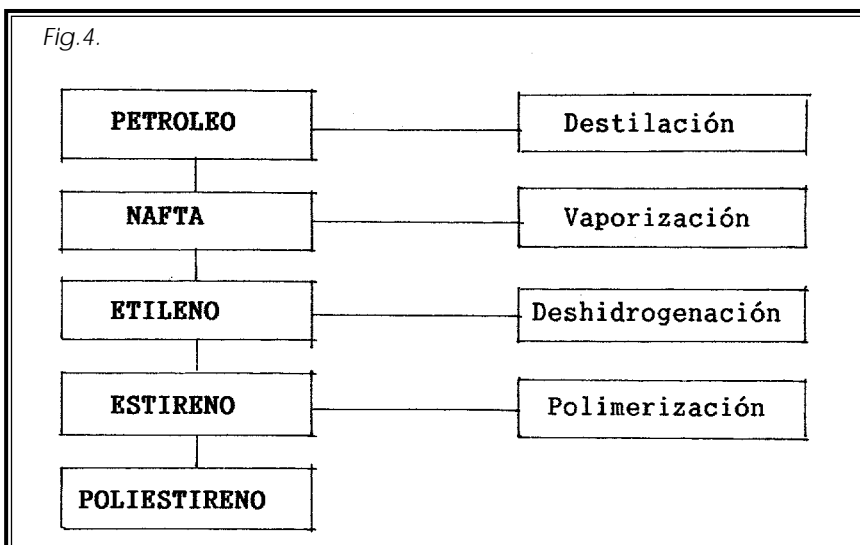
Si la "perla" pre-expandida se introduce en un recinto cerrado con un determinado número de ellas -concepto de densidad- y sin aire, se inyecta vapor de agua por su carácter termoplástico y se unen entre sí al aumentar de volumen las mismas, pero dejando espacios inter-perlas que contienen aire en reposo.

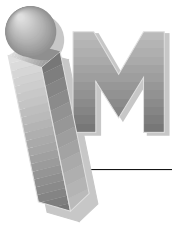
El final del proceso es la producción de un bloque de poliestireno que pasado por unas redes de alambres calientes se consigue las conocidas placas EPS o porex.

La densidad de los fabricados de EPS está comprendida entre los 10 a los 25 kg/m³, detectándose en el mercado por colores y números romanos incorporados en las propias placas (Tabla IX).

Aunque las densidades más

Fig.4.





empleadas o comerciales son las III y IV, las planchas EPS se pueden fabricar con densidades superiores, como existen fuera de nuestras fronteras, densidades de 35-40 kg/m³.

El problema de mayores densidades no es técnico sino económico, debido a que el EPS en grandes densidades dispara su coste, aunque la materia prima es asequible, lo cual provoca el uso de otros tipos de aislamiento.

Analizaremos a continuación, propiedades más fundamentales para el empleo de los poliestirenos expandidos en el campo del aislamiento como son conductividad térmica, difusión al vapor de agua y resistencia al fuego.

En el caso del poliestireno expandido el valor del coeficiente de conductividad térmica (λ) se ha obtenido a los 20°C como exige la normativa y no hay que confundirlo con el coeficiente de transmisión térmica, para la aplicación de la NBE CT-79, expresados en la Tabla X.

La permeabilidad al vapor de agua o difusión al vapor se sabe que es función de la densidad y por lo tanto, cuanto más denso sea el material, mayor dificultad encontrará el vapor de agua para expansionarse y en consecuencia, su valor debe de ser alto, hasta una máximo de 100.000, cuyos valores se expresan en la Tabla XI.

Al incorporarse en el proceso de fabricación del poliestireno elementos ignífugos, los ensayos oficiales de la UNE 23.727, clasifican a las placas de EPS como M1 y se identifica en la misma con una banda roja.

El EPS en su ignición no propaga llama, es decir es autoextinguible o, lo que es lo mismo, no desarrolla el fuego, ni produce gotas inflamadas y las emisiones de gases son limitadas en anhídrido carbónico y vapor de agua, siendo inocuas para la vida humana.

Las aplicaciones del poliestireno expandido son muy amplias por su versatilidad y fácil manipulación, cumpliendo en todos los casos con las prestaciones deseadas.

En la utilización del poliestireno expandido en edificios para aislamientos de cámaras de aire en fachada, cubiertas planas e inclinadas, debe de tenerse muy en

| Tabla X | | | |
|-------------------------------|----------------|------------------|-------------|
| Densidad (kg/m ³) | Lambda (w/m°C) | Temperatura (°C) | Norma (UNE) |
| 9 - 10 | 0,047 | 20°C | 92.202 |
| 11 - 12 | 0,045 | 20°C | 92.202 |
| 13 - 15 | 0,040 | 20°C | 92.202 |
| 18 - 20 | 0,037 | 20°C | 92.202 |
| 22 - 25 | 0,035 | 20°C | 92.202 |

| Tabla XI | | |
|-------------------------------|------------------------|-------------|
| Densidad (kg/m ³) | Permeabilidad (MNs/GM) | Norma (UNE) |
| 9 - 10 | 138 | 53.310 |
| 11 - 12 | 161 | 53.310 |
| 13 - 15 | 173 | 53.310 |
| 18 - 20 | 207 | 53.310 |
| 25 - 25 | 253 | 53.310 |

| Tabla XII | | | |
|--------------------|------------|-------------------|-------------|
| Características | Normativa | Unidad | Propiedades |
| Gas de células | * | * | Aire |
| Lambda | DIN 52.612 | w/mK | 0,033 |
| Resist., Compres. | DIN 53.431 | KPA | 300 |
| Densidad | DIN 53.420 | kg/m ³ | 33 |
| Difusión vapor | DIN 52.615 | * | 200 |
| Absorc., Inmersión | DIN 53.434 | % vol. | < 0,5 |
| Absorc., Difusión | SIA 279 | % vol. | < 3 |
| Absorc., Ciclos | SIA 279 | % vol. | < 1 |
| Capilaridad | * | * | Nula |
| Resit., Fuego | DIN 4102 | Clase | B1 |

| Tabla XIII | |
|---|--|
| Poliestireno (EPS) | Poliestireno (EXP) |
| PROCESO: Inyección de líquido coloreado a) Pinchar aguja hipodérmica en probeta b) Introducir líquido coloreado | PROCESO: Inyección de líquido coloreado a) Pinchar aguja hipodérmica en probeta b) Introducir líquido coloreado |
| RESULTADOS: a) Penetra el líquido con facilidad b) Salida de líquido al exterior por las caras de la probeta | RESULTADOS: a) No penetra el líquido b) No sale líquido al exterior por las caras de la probeta c) Ascende el líquido por la aguja, formando "menisco" |



Tabla XIV

| Concepto | Unidad | EPS | EXP | Norma |
|---------------|-------------------|-------|-------|-----------|
| Densidad | kg/m ³ | 13-15 | 33 | DIN 53420 |
| Lambda | W/m°C | 0,040 | 0,033 | DIN 52612 |
| Difus., Vapor | MNs/GRm | 173 | 200 | DIN 52615 |
| Absorc., Agua | % vol. | 2-5 | < 0,5 | DIN 53434 |
| R. Fuego | * | M1 | B1 | DIN 4102 |

Tabla XV
Fibra de vidrio

| Características | Valores |
|-----------------|--|
| Densidad | Clase 2 (UNE 92102/89) |
| Lambda | 0,041 W/m°C |
| R. Fuego | MO (UNE 23102) |
| Absorción agua | Máxima |
| Permeabilidad | 116 gr cm/m ² día MM Hg (UNE 53312) |

Tabla XVI
Lana de roca

| Características | Valores |
|-----------------|-------------------------|
| Densidad | 175 kg/m ³ |
| Lambda | 0,033 kcal/H m°C |
| R. compresión | < 3,5% |
| R. fuego | MO (120 min. a 1.050°C) |
| Absorción agua | 79% vol. |
| Difusión vapor | Máxima |

Tabla XVII
Perlita expandida

| Características | Valores |
|-----------------|-----------------------|
| Densidad | 170 kg/m ³ |
| Lambda | 0,043 kcal/H m°C |
| R. compresión | 350 KN/m ² |
| R. fuego | M1 |
| Absorción agua | 1,5% vol. |
| Difusión vapor | 6,5 |

cuenta su absorción de agua en un valor medio del 3 % en volumen y la prohibición total de las planchas de EPS en la ejecución de la cubierta invertida.

En general, su uso debe de ir acompañado de la creación de una barrera de vapor, para evitar la absorción y degradación en los puntos del edificio donde se prevé la formación de vapor de agua.

- Poliestireno extruido: si la "perla" de poliestireno se somete a un proceso químico mediante la introducción de la misma en un extrusor, el cual convierte al poliestireno en una masa espumosa por acción de un agente de espumación, se consigue lo que se conoce por espuma rígida de poliestireno extruido.

El proceso de extrusión, controlado por la Normativa vigente ISO 9000, durante el mismo se genera una masa de pequeñas células homogéneas cerradas, que son las responsables de la resistencia a la humedad prácticamente indefinida, resistencia mecánica y a la compresión con unas excelentes propiedades aislantes.

La espumación de las perlas de poliestireno se conseguía con la adición de CFC'S y en el año 1992 se empezó a utilizar HCFC'S con lo que se reducía la destrucción de la capa de ozono en un 90 %. En la actualidad, la espumación se provoca con un 100 % de dióxido de carbono (CO₂) lo cual origina que el gas contenido en los espacios inter-celulares es aire exclusivamente y la reducción de la capa de ozono en un 100 %.

Su comportamiento ante el fuego según la Norma DIN 4102, nos muestra que cuando se quema el poliestireno se genera monóxido de carbono, dióxido de carbono y monómero de estireno con aportación de humo y cuanto más completa es la combustión mayor es la cantidad de CO₂ y menor la de CO, lo cual no supone amenaza para la vida, dando la Normativa la clasificación de B1.

Las características actuales de los poliestirenos extrusionados de última generación se expresan en la Tabla XII.

La diferencia entre las placas de poliestireno EXP con las EPS, se denota por su estructura interna, es decir, las placas EPS están formadas por pequeñas esferas pren-

sadas y soldadas superficialmente entre sí, dejando unos espacios vacíos intercomunicados por los que el agua puede penetrar y circular. En las placas EXP, como consecuencia de su estado de espuma rígida, no existen estos espacios vacíos, a lo sumo alveolos lógicos por ser espuma y totalmente independientes e incomunicados, en los cuales no puede penetrar el agua, sino “mojar” el material superficialmente.

Una forma muy sencilla y visual de ver que las estructuras internas son distintas, consiste en la demostración práctica que se expresa en la Tabla XIII.

Las aplicaciones del poliestireno expandido, prácticamente son las mismas que para la versión expandida, teniendo en cuenta los mejores valores de conductividad térmica, difusión al vapor, absorción de agua y resistencia al fuego y la fabricación de planchas mecanizadas en su superficie y períme-

tro, para conseguir que su empleo en la construcción cumpla al máximo con el concepto de aislamiento (Tabla XIV).

En España la introducción y conocimiento del poliestireno extruido se efectuó en el año 1979 con el concepto de “cubierta invertida” por sus buenos valores de conductividad térmica y absorción de agua.

c) Otros aislamientos

Existen otros productos aislantes en forma de paneles o planchas y que se reflejan en las Tablas XV, XVI y XVII.

6. Conclusiones

Después de analizados todos los productos aislantes existentes en el mercado, se puede considerar que los más demandados son los poliestirenos extruidos, en segundo lugar los expandidos y el

resto en casos muy determinados por los constructores, industriales o particulares.

La consecuencia de todo lo expuesto, es la complejidad del cálculo del espesor de aislamiento correcto por la cantidad de variables interrelacionadas que intervienen en el mismo y que la NBE CT-79 contempla en su texto.

También podemos concretar que cuanto mayor sea la inercia del elemento a aislar, mayor es la capacidad de acumulación de calor o frío en el edificio y por tanto, más rápida la recuperación del nivel de confort.



Rectificación

En la página 101 del nº 323 de MONTAJES E INSTALACIONES, perteneciente al mes de diciembre de 1998, hay un error en las figuras 3 y 4 del artículo titulado “Rehabilitación de cubiertas inclinadas con elementos prefabricados” escrito por José Coscollano Rodríguez. Los gráficos que aparecen como figuras 3 y 4 son iguales que las que se representan como figuras 1 y 2, respectivamente; y no deberían serlo. A continuación, repetimos las cuatro figuras correctamente:

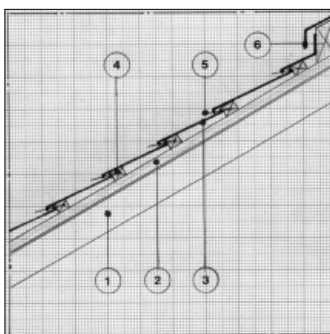


Fig. 1.

1. Forjado cubierta
2. Rastrel de madera
3. Módulo sistema
4. Rastrel ortogonal de madera
5. Anclaje mecánico del sistema
6. Cumbre

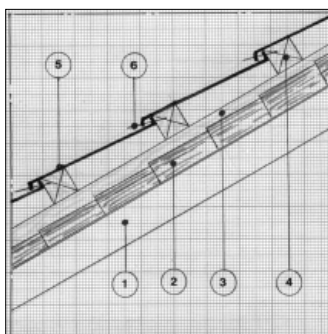


Fig. 2.

1. Forjado cubierta
2. Teja cerámica
3. Listón madera
4. Listón ortogonal de madera
5. Módulo sistema
6. Anclaje mecánico sistema

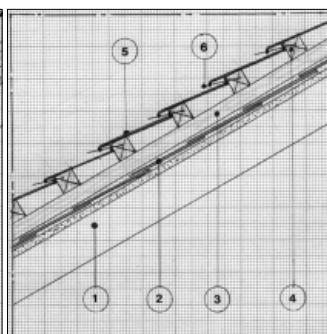


Fig. 3.

1. Faldón cubierta
2. Placa asfáltica
3. Listón madera
4. Listón ortogonal de madera
5. Módulo sistema
6. Anclaje mecánico sistema

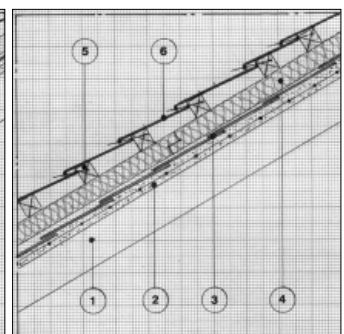


Fig. 4.

1. Faldón cubierta
2. Capa compresión armada
3. Placa asfáltica
4. Aislamiento PE
5. Listón ortogonal
6. Módulo sistema