

▣ PARTE II - ANEXOS

ANEXO 1:

CONCEPTOS FUNDAMENTALES, DEFINICIONES, NOTACIONES Y UNIDADES

A los efectos de esta Norma, se establecen las siguientes definiciones de los conceptos fundamentales que en ella aparecen.

Todas las magnitudes se expresan en las unidades del sistema hasta ahora tradicionalmente empleado y, entre paréntesis, en unidades del sistema internacional SI.

Las relaciones básicas que permiten pasar de un sistema a otro son las siguientes:

Unidad de calor:

$$1 \text{ kcal (kilocaloría)} = 4,186 \text{ J (julio)} \quad 1 \text{ J} = 0,2389 \times 10^{-3} \text{ kcal}$$

Unidad de flujo de calor (pérdidas o ganancias térmicas):

$$1 \text{ kcal/h} = 1,163 \text{ W (vatio)} \quad 1 \text{ W} = 0,868 \text{ kcal/h}$$

1.1. Coeficiente de conductividad térmica

Símbolo: λ

Unidades: kcal/m h °C (W/m °C)

Es la cantidad de calor que pasa en la unidad de tiempo a través de la unidad de área de una muestra de extensión infinita y caras plano-paralelas y de espesor unidad, cuando se establece una diferencia de temperatura entre sus caras de un grado.

La conductividad térmica es una propiedad característica de cada material, su valor puede depender de la temperatura y de una serie de factores tales como la densidad, porosidad, contenido de humedad, diámetro de fibra, tamaño de los poros y tipo de gas que encierre el material.

Cuando el material aislante no es isótropo se necesita indicar la dirección de propagación del flujo calorífico; por ejemplo, para una muestra de madera hay que indicar si λ se refiere a la dirección normal a la fibra o paralela a ella.

Cuando el material está constituido por una sustancia porosa o similar, con poros y espacios libres relativamente pequeños y distribuidos en la masa del material de un modo prácticamente uniforme (sustancias macroscópicamente homogéneas), la definición de λ dada anteriormente permanece válida, pero λ toma el significado de un coeficiente de conductividad de una sustancia ficticia «equivalente» para las mismas temperaturas de la sustancia en examen.

Si, por otro lado, estos materiales son permeables al aire (particularmente en el caso de los materiales granulares, filamentosos, etc.) las diferencias de temperatura provocan movimientos convectivos que dependen de las características geométricas y puede llegar a no ser despreciable su influencia en la propagación del calor.

Para los materiales susceptibles de absorber agua, o los materiales higroscópicos, es necesario distinguir si éstos están en estado seco o, en caso contrario, en qué estado de humedad se encuentran.

En los aislantes húmedos la propagación del calor puede modificar la distribución de la humedad por efecto de los fenómenos de difusión interna acompañados de evaporaciones y condensaciones.

Debido a los movimientos de la humedad dentro de los materiales, los ensayos experimentales requieren que los elementos a estudio estén secos, y cuando éstos no lo estén suficientemente darán resultados erróneos.

1.2. Resistividad térmica

Símbolo: r

Unidad: m h °C/kcal (m °C/W)

Es la inversa de la conductividad térmica:

$$r = \frac{1}{\lambda}$$

1.3. Conductancia térmica

Símbolo: C

Unidad: kcal/h m² °C (W/m² °C)

La cantidad de calor transmitida a través de la unidad de área de una muestra de material o de una estructura de espesor L, dividida por la diferencia de temperatura entre las caras caliente y fría, en condiciones estacionarias.

$$C = \frac{\lambda}{L}$$

Cuando las caras caliente y fría no constituyan dos superficies planas paralelas es necesario aclarar en qué condiciones se da la conductancia térmica.

La conductancia térmica depende del espesor L del material, mientras la conductividad se refiere a la unidad de espesor del material.

1.4. Resistencia térmica interna

Símbolo: R

Unidad: h m² °C/kcal (m² °C/W)

Es el inverso de la conductancia térmica:

$$R = \frac{L}{\lambda}$$

La utilidad de este coeficiente radica en el caso en el que el calor pasa sucesivamente a través de un material formado por varios componentes; entonces las resistencias pueden ser calculadas por separado y de esta manera la resistencia del conjunto es la suma de las resistencias parciales obtenidas.

1.5. Coeficiente superficial de transmisión de calor

Símbolos: h_e o h_i (los subíndices indican la cara exterior o interior del cerramiento, respectivamente).

Unidad: kcal/m² h °C (W/m² °C).

Es la transmisión térmica por unidad de área hacia o desde una superficie en contacto con aire u otro fluido, debido a la convección, conducción y radiación, dividido por la diferencia de temperatura entre la superficie del material y la temperatura seca del fluido. En el caso del ambiente de un local, será la temperatura seca del mismo, cuando éste está saturado y en reposo, en condiciones de estado estacionario.

El valor del coeficiente superficial depende de muchos factores, tal como el movimiento del aire u otro fluido, las rugosidades de la superficie y la naturaleza y temperatura del ambiente.

1.6. Resistencia térmica superficial

Símbolos: $\frac{1}{h_e}$ ó $\frac{1}{h_i}$

Unidades: m² h °C/kcal (m² °C/W).

Es la recíproca de los coeficientes superficiales de transmisión de calor y su valor depende del sentido del flujo de calor y de la situación exterior o interior de las superficies.

En el Anexo 2 se dan los valores de resistencias térmicas superficiales que deberán estimarse para los cálculos en esta Norma, obtenidos experimentalmente.

1.7. Coeficiente de transmisión de calor

Símbolo: K

Unidad: kcal/m² h °C (W/m² °C).

Considerando un cerramiento con caras isotermas, que separa dos ambientes, también isotermos, el coeficiente total de transmisión térmica es el flujo de calor por unidad de superficie (de una de las paredes o de otra superficie interna convencionalmente elegida) y por grado de diferencia de temperatura entre los dos ambientes.

$$K = \frac{1}{\frac{1}{h_e} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \dots + \frac{1}{h_i}}$$

en donde L_1/λ_1 , L_2/λ_2 . . . son las resistencias parciales de las distintas láminas que pueden componer la pared.

El coeficiente total de transmisión térmica también llamado a veces «transmitancia» o coeficiente de transmisión térmica aire-aire difiere de la conductancia en que, para ésta, la diferencia de temperatura se mide entre las dos caras, mientras que para la transmitancia esta medida se realiza entre los dos ambientes a ambos lados de la muestra. De esta manera la transmitancia térmica comprende la conductancia y los coeficientes superficiales de transmisión de calor.

En un cerramiento con heterogeneidades se debe utilizar el coeficiente de transmisión de calor útil obtenido según se indica en el Anexo 2.

1.8. Resistencia térmica total

Símbolo: R_T

Unidad: $m^2 \cdot h \cdot ^\circ C/kcal (m^2 \cdot ^\circ C/W)$.

Es la suma de las resistencias superficiales y de la resistencia térmica de la propia estructura. Es la inversa del coeficiente total de transmisión de calor K .

$$\frac{1}{K} = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + \frac{L_1}{\lambda_1} + \frac{L_2}{\lambda_2} + \dots$$

$$R_T = \frac{1}{h_e} + \frac{1}{h_i} + R_1 + R_2 + \dots$$

Análogamente al apartado anterior se debe emplear el concepto de resistencia térmica útil en los cerramientos con heterogeneidades.

1.9. Coeficiente de transmisión térmica global de un edificio

Símbolo: K_G

Unidad: $kcal/h \cdot m^2 \cdot ^\circ C (W/m^2 \cdot ^\circ C)$.

Es la media ponderada de los coeficientes K de transmisión de calor de los cerramientos que envuelven un edificio.

1.10. Coeficiente de transmisión térmica lineal

Símbolo: k

Unidad: $kcal/h \cdot m \cdot ^\circ C (W/m \cdot ^\circ C)$.

Es el flujo de calor que atraviesa un elemento por unidad de longitud del mismo y por grado de diferencia de temperatura.

Se suele emplear en elementos en los que prevalece claramente la longitud frente a las otras dimensiones, como, por ejemplo, un puente térmico lineal, el perímetro lineal, el perímetro del edificio, etcétera.

1.11. Temperatura seca

Símbolo: t_s

Unidad: Grado Celsius $^\circ C$ (grado Kelvin K en el SI, aunque puede emplearse también el $^\circ C$).

Es la temperatura medida por un termómetro en un recinto en el que las paredes y el aire están a la misma temperatura.

Para medir la temperatura seca en un recinto en el que las paredes no están a la misma temperatura que el aire, se apantalla el bulbo del termómetro con un cilindro de metal pulido que diste del bulbo alrededor de 1 cm de

forma que estando en contacto con el aire ambiente no reciba los intercambios de calor por radiación entre el bulbo y las paredes del recinto.

1.12. Temperatura húmeda

Símbolo: t_h

Unidad: Grado Celsius °C (Grado Kelvin K en el SI).

Es la obtenida con un termómetro cuyo bulbo está rodeado por una camisa de algodón húmedo. El aire ambiente (cuya velocidad, al pasar por el termómetro debe ser de 2 a 4 metros por segundo) provoca una evaporación de la humedad de la camisa de algodón, y con esto un descenso de temperatura, que es función de la temperatura y de la humedad del aire ambiente.

La temperatura húmeda del aire se emplea fundamentalmente para calcular por medio de tablas o ábacos sicrométricos la humedad relativa H_r en porcentaje del aire o su contenido de humedad o presión de vapor.

1.13. Temperatura de rocío

Símbolo: t_r

Unidad: Grado Celsius °C (Grado Kelvin K en el SI).

Es la temperatura a la cual comienza a condensarse el vapor de agua de un ambiente, para unas condiciones dadas de humedad y presión, cuando desciende la temperatura del ambiente y por tanto la del vapor en el contenido.

La temperatura o punto de rocío es una medida de la humedad del ambiente. La presión de saturación del vapor de agua a la temperatura de rocío es la presión parcial de vapor de agua del ambiente.

1.14. Contenido de humedad del aire o humedad específica

Es la relación entre la masa de vapor de agua y la masa de aire seco contenidos en una muestra de aire, es decir, la masa de vapor de agua por unidad de masa de aire seco. Se expresa en kg/kg o g/kg de aire seco.

1.15. Presión de vapor

Símbolo: P_v

Unidad: mbar (Pascal Pa, en el SI).

También se designa a veces como presión parcial de vapor.

En el aire húmedo, la presión de vapor es la presión parcial de vapor de agua que contiene. Entre dos recintos o dos puntos con distinta presión de vapor, separados por un medio permeable a éste, el vapor de agua se desplaza del de mayor presión de vapor al de menor presión de vapor.

1 Pa = 1 N/m²; 1 mbar = 100 Pa = 100 N/m².

Otra unidad empleada es el mmHg o Torricelli (Torr).

La equivalencia es:

1 mmHg = 1,333 mbar; 1 mbar = 0,75 mmHg (Torr).

1.16. Presión de saturación

Símbolo: P_s

Unidad: mbar (Pascal Pa, en el SI).

1 Pa = 1 N/m²; 1 mbar = 100 Pa = 100 N/m².

Otra unidad empleada es el mmHg o Torricelli (Torr).

La equivalencia es:

1 mmHg = 1,333 mbar; 1 mbar = 0,75 mmHg (Torr).

La presión de saturación del vapor a una temperatura es la presión del vapor saturado a esa temperatura.

Los valores de presión de saturación del aire a distintas temperaturas se pueden obtener en la tabla del Anexo 4.

1.17. Humedad relativa

Símbolo: H_R

Unidad: %

Para cualquier temperatura y presión barométrica de un espacio determinado, la relación entre la presión parcial P_V del vapor de agua y la presión de saturación P_S es una medida de la humedad relativa.

La humedad relativa no tiene significado como contenido de humedad del aire o como índice de confort ambiental si no se la relaciona con la temperatura seca.

$$H_R = \frac{P_V}{P_S} \cdot 100$$

Esta relación también puede expresarse como porcentaje de saturación.

1.18. Permeabilidad o difusividad al vapor de agua

Símbolo: d_v

Unidades:

Se expresa normalmente en g cm/mmHg m² día. En unidades SI se expresa en g m/MN s (gramo metro por meganewton segundo).

La equivalencia es:

$$1 \text{ g cm/mmHg m}^2 \text{ día} = 0,868 \times 10^{-3} \text{ g m/MN s.}$$

$$1 \text{ g m/MN s} = 1,52 \times 10^2 \text{ g cm/mmHg m}^2 \text{ día.}$$

Es la cantidad de vapor que pasa a través de la unidad de superficie de material de espesor unidad cuando la diferencia de presión de vapor entre sus caras es la unidad.

1.19. Resistividad al vapor

Símbolo: r_v

Unidades:

Se expresa normalmente en mmHg m² día/g cm. En unidades SI se expresa en MN s/g m (meganewton segundo por gramo metro).

La equivalencia es:

$$1 \text{ mmHg m}^2 \text{ día/g cm} = 11,52 \times 10^2 \text{ MN s/g m.}$$

$$1 \text{ MN s/g m} = 0,868 \times 10^{-3} \text{ mmHg m}^2 \text{ día/g cm.}$$

Es el inverso de la permeabilidad al vapor d_v .

$$r_v = \frac{1}{d_v}$$

1.20. Resistencia al vapor de agua

Símbolo: R_v

Unidades:

Se expresa normalmente en mmHg m² día/g. En unidades SI se expresa en MN s/g (meganewton segundo por gramo).

La equivalencia es:

$$1 \text{ mmHg m}^2 \text{ día/g} = 11,52 \text{ MN s/g.}$$

$$1 \text{ MN s/g} = 0,0868 \text{ mmHg m}^2 \text{ día/g.}$$

Es el valor de la resistencia total de un material de espesor e o combinación de varios, a la difusión del vapor de agua. Es decir:

$$R_v = \frac{e}{d_v} = e \cdot r_v$$

En un cerramiento formado por varias capas su resistencia al paso del vapor será la suma de las resistencias de cada una de las capas, despreciándose las resistencias superficiales.

$$R_v \text{ total} = \Sigma R_{vi} = \Sigma e_i \cdot r_{vi}$$

Los materiales con juntas no tienen una resistencia al vapor uniforme ya que sus juntas resultan generalmente más permeables que el resto. En este caso debe emplearse la resistencia al vapor útil del conjunto, repartiendo las resistencias al vapor proporcionalmente a las superficies que ocupen las juntas y el resto. Es decir, puede:

$$\frac{S_T}{R_v \text{ útil}} = \frac{S_m}{R_{vm}} + \frac{S_j}{R_{vj}}$$

Donde:

R_v útil es la resistencia al vapor útil.

R_{vm} es la resistencia al vapor del material.

R_{vj} es la resistencia al vapor de sus juntas

S_m es la superficie del material.

S_j es la superficie de sus juntas.

1.21. Permanencia al vapor de agua

Símbolo: P

Unidades:

En unidades SI se expresa en g/MN s (gramo por meganewton segundo). En unidades tradicionales se expresa normalmente en g/mmHg m² día.

La equivalencia es:

$$1 \text{ g/MN s} = 11,52 \text{ g/mmHg m}^2 \text{ día}$$

$$1 \text{ g/mmHg m}^2 \text{ día} = 0,0868 \text{ g/MN s}$$

Es el recíproco de la resistencia al vapor de agua:

$$P = \frac{1}{R_v}$$

1.22. Relación volumen/masa de aire

Un kilogramo de aire seco o húmedo ocupa, aproximadamente, un volumen de 0,83 m³.

Un metro cúbico de aire pesa, aproximadamente, 1,20 kg.

1.23. Puente térmico

Es la parte de un cerramiento con una resistencia térmica inferior al resto del mismo y, como consecuencia, con temperatura también inferior, lo que aumenta la posibilidad de producción de condensaciones en esa zona, en la situación de invierno o épocas frías.

1.24. Temperatura de rocío

También llamada punto de rocío, es la temperatura a la cual una muestra de aire húmedo llega a saturarse y comienza la condensación. El punto o temperatura de rocío depende de la masa de vapor de agua contenida en el aire.

1.25. Condensación superficial

Es la condensación que aparece en la superficie de un cerramiento o elemento constructivo cuando su temperatura superficial es inferior o igual al punto de rocío de aire que está en contacto con dicha superficie.

1.26. Condensación intersticial

Es la condensación que aparece en la masa interior de un cerramiento como consecuencia de que el vapor de agua que lo atraviesa alcanza la presión de saturación en algún punto interior de dicha masa.

1.27. Barrera de vapor

Parte de un elemento constructivo a través del cual el vapor de agua no puede pasar. En la práctica se definen generalmente como barreras de vapor aquellos materiales cuya resistencia al vapor es superior a 10 MN s/g, es decir, su permanencia al vapor es inferior al 0,1 g/MN s.

1.28. Grado-día

Símbolo: G

Unidad: °C

Grados/día de un periodo determinado de tiempo es la suma, para todos los días de ese periodo de tiempo, de la diferencia entre una temperatura fija o base de los grados/día y la temperatura media del día, cuando esa temperatura diaria sea inferior a la temperatura base.

En esta Norma se han estimado para la confección del mapa 1 los grados/día anuales con base 15 °C.

1.29. Permeabilidad al aire de las carpinterías

Símbolo: p

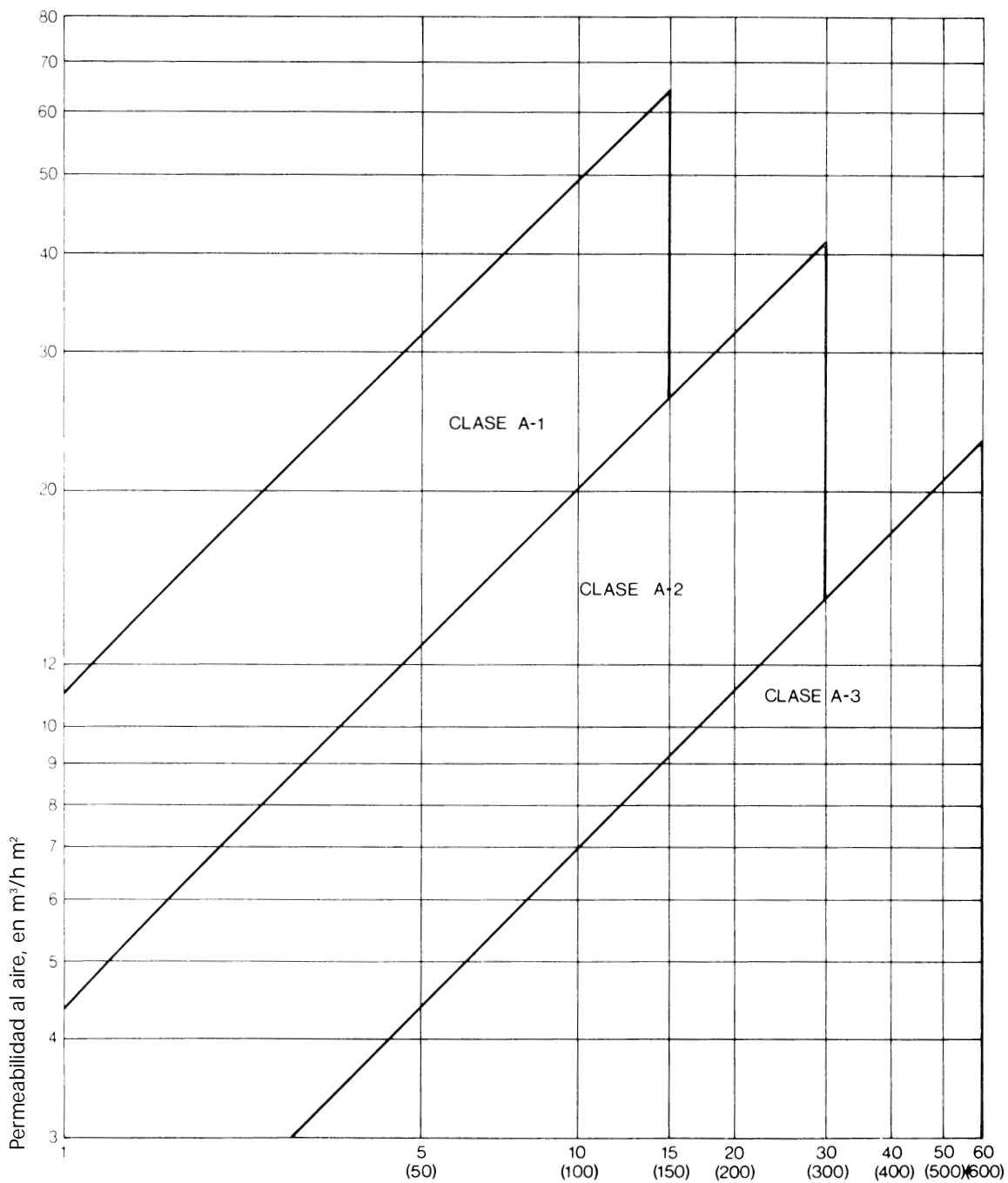
Unidad: m³/h m²

Es la propiedad de una ventana o puerta de dejar pasar al aire cuando se encuentra sometida a una presión diferencial. La permeabilidad al aire se caracteriza por la capacidad de paso del aire expresada en m³/h en función de la diferencia de presiones. Esta capacidad de paso o caudal puede referirse a la superficie de apertura (capacidad de paso por unidad de superficie m³/h m²), a la longitud de los batientes (capacidad de paso por unidad de longitud m³/h m) o, por último, a la superficie total de la ventana (capacidad de paso por unidad de superficie m³/h m²).

No se tendrán en cuenta las juntas entre carpintería y fábrica para el ensayo de la permeabilidad de la carpintería.

Según la permeabilidad al aire las carpinterías se clasifican en Clases A-1, A-2 y A-3, en el gráfico logarítmico siguiente, con coordenadas de permeabilidad referida a superficie total del hueco practicable y diferencia de presión.

La permeabilidad al aire se ensayará con la Norma UNE 7-405-76 (correspondiente a la Norma Europea EN 42), presentándose los resultados según Norma UNE 85-205-78 (correspondiente a la Norma Europea EN 78).



Diferencia de presión de aire, en mm.c.a. (Pa)
 Clasificación de ventanas por su permeabilidad al aire

NORMA BÁSICA DE LA EDIFICACIÓN

CONDICIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS

1.30. Cuadro de notaciones y unidades

Notación	Concepto	Unidad tradicional	Unidad Sistema Internacional (SI)
λ	Coefficiente de conductividad térmica o conductividad.	kcal/h m °C	W/m °C; $\frac{W}{(m \cdot K)}$
r	Resistencia térmica.	m h °C/kcal	m °C/W; (m · K)/W
C	Conductancia térmica.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
R	Resistencia térmica interna.	h m ² °C/kcal	m ² °C/W
h_e, h_i	Coefficiente superficial de transmisión de calor, exterior e interior, respectivamente.	kcal/m ² h °C	W/m ² °C
$1/h_e, 1/h_i$	Resistencia térmica superficial exterior e interior, respectivamente.	m ² h °C/kcal	m ² °C/W
K	Coefficiente de transmisión térmica de calor.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
K_u	Coefficiente de transmisión térmica de calor útil.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
R_T	Resistencia térmica total.	m ² h °C/kcal	m ² °C/W
R_u	Resistencia térmica total útil.	m ² h °C/kcal	m ² °C/W
f	Factor de forma del edificio.	m ⁻¹	m ⁻¹
K_G	Coefficiente de transmisión térmica global de un edificio.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
K_E	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a un cerramiento en contacto con el exterior.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
K_N	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a un cerramiento en contacto con un edificio o local no calefactado.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
K_S	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a un cerramiento en contacto con el terreno.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
K_Q	Coefficiente de transmisión térmica correspondiente a las cubiertas.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
k	Coefficiente de transmisión térmica lineal.	kcal/h m ² °C	W/m ² °C
t_s	Temperatura seca.	°C	K
t_h	Temperatura húmeda.	°C	K
t_r	Temperatura de rocío.	°C	K
H_R	Humedad relativa.	%	%
P_v	Presión de vapor.	mmHg (Torr.)	mbar (1)
P_s	Presión de saturación.	mmHg (Torr.)	mbar (1)
d_v	Permeabilidad o difusividad al vapor de agua.	g cm/m ² día mmHg	g m/MN s
r_v	Resistividad al vapor de agua.	mmHg m ² día/g cm	MN s/g m
R_v	Resistencia al vapor de agua.	mmHg m ² día/g	MN s/g
P	Permeancia al vapor de agua.	g/mmHg m ² día	g/MN s

(1) Admitida en el SI, aunque la unidad de presión es el Pascal Pa: 1 Pa = 1 N/m².