

## Materiales de construcción y aislación - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad)

### Preámbulo

El Instituto Nacional de Normalización, INN, es el organismo que tiene a su cargo el estudio y preparación de las normas técnicas a nivel nacional. Es miembro de la INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION (ISO) y de la COMISION PANAMERICANA DE NORMAS TECNICAS (COPANT), representando a Chile ante esos organismos.

La norma NCh2457 ha sido preparada por la División de Normas del Instituto Nacional de Normalización, y en su estudio participaron los organismos y las personas naturales siguientes:

Corporación de Desarrollo Tecnológico, CDT  
Centro de Estudios, Medición y Certificación de  
Calidad, CESMEC Ltda.  
Empresa Nacional de Aeronáutica, ENAER  
Instituto Nacional de Normalización, INN  
Maderas Tecnofe  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU  
Pinturas Ceresita  
Pinturas SIPA Ltda.  
Universidad del Bío-Bío

Hermann Noll V.  
Ingrid Wohlk G.  
Gloria Santelices A.  
Claudia Díaz A.  
Miguel Almazán A.  
Daniel Súnico H.  
Ivonne Delsahut S.  
Noelia Meléndez O.  
Ana María Fernández S.

Además, participaron durante la consulta pública, los organismos siguientes:

Empresa Nacional Aeronáutica, ENAER  
Ministerio de Vivienda y Urbanismo, MINVU  
OXIQUIM  
Pinturas Renner Chile S.A.  
SGS Chile Ltda.  
Universidad Tecnológica Metropolitana, UTEM

Erwin Stock N.  
Héctor López A.  
Roberto Caragnolo R.  
Luis Verdejo O.  
Enrique Aránguiz B.  
Armando Soto O.

USO EXCLUSIVO MINVU

Por no existir Norma Internacional, en la elaboración de esta norma se han tomado en consideración las normas extranjeras DIN 52615: 1987, *Determination of water (moisture) permeability of construction and insulating materials*; ASTM D 1653-93, *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Organic Coating Film*; ASTM E-96-95, *Standard Test Methods for Water Vapor Transmission of Materials* y la norma NCh2098.Of2000, *Películas de recubrimiento orgánico - Determinación de la transmisión de vapor de agua*, siendo no equivalente a las mismas al tener desviaciones mayores consistentes en la consideración de diversos aspectos de cada una de ellas con el objeto de facilitar la comprensión de la metodología expuesta en ellas.

Los Anexos A y B no forman parte del cuerpo de la norma, se insertan sólo a título informativo.

Esta norma anula y reemplaza a la norma NCh2457.Of2000 *Materiales de construcción y aislación - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad)*, declarada Oficial de la República por Decreto N° 21, de fecha 13 de Febrero de 2001, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial del 31 de Marzo de 2001.

Esta norma ha sido aprobada por el Consejo del Instituto Nacional de Normalización, en sesión efectuada el 28 de Diciembre de 2000.

Esta norma ha sido declarada Oficial de la República de Chile por Decreto N° 57, de fecha 07 de Mayo de 2001, del Ministerio de Vivienda y Urbanismo, publicado en el Diario Oficial N° 36.986 del 14 de Junio de 2001.

USO EXCLUSIVO



# Materiales de construcción y aislación - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad)

## 1 Alcance y campo de aplicación

1.1 Esta norma establece un método de determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad) de los materiales de construcción en general.

1.2 Esta norma se aplica a la determinación indicada en materiales homogéneos <sup>1)</sup>, materiales cuasi-homogéneos (tales como porosos, fibrosos y granulares) y a materiales laminados perpendiculares a la dirección del flujo de difusión del vapor de agua (humedad).

### NOTA DE PRECAUCION

Esta norma puede incluir materiales, operaciones y equipos que se pueden considerar peligrosos.

Esta norma no pretende señalar todos los problemas asociados con su uso. Es de responsabilidad del usuario de esta norma establecer las medidas de seguridad y de protección de la salud y determinar la aplicación de las limitaciones reglamentarias correspondientes, antes de su uso.

## 2 Referencias normativas

Los documentos normativos siguientes contienen disposiciones que, a través de referencias en el texto de la norma, constituyen requisitos de la norma.

NCh426/1 *Agua grado reactivo para análisis - Especificaciones - Parte 1: Análisis físico-químicos y microbiológicos en procesos industriales*

ASTM E 104 <sup>2)</sup> *Practice for maintaining constant relative humidity by means of aqueous solutions.*

1) Un cuerpo se estima que es homogéneo en términos de distribución de masa si su densidad es la misma en todo lugar (por ejemplo: si los valores de densidad medidos coinciden con su promedio de densidad dentro de la incerteza de las mediciones).

2) Mientras no exista la norma chilena correspondiente, se debe usar esta norma.



DIN 4108-5 <sup>2)</sup>	<i>Heat insulation in building; calculation methods.</i>
DIN 18550-1 <sup>2)</sup>	<i>Plaster; terminology and requirements.</i>
DIN 18558 <sup>2)</sup>	<i>Synthetic resin plasters; terminology, requirements, application.</i>
DIN 50008-1 <sup>2)</sup>	<i>Atmospheres and their technical application; Standard atmospheres over aqueous solutions; Saturated salt solutions, glycerol solutions.</i>

### 3 Términos y definiciones

Para los propósitos de esta norma, se aplican los términos y definiciones siguientes:

**3.1 grado de transmisión de vapor de agua, TVA:** flujo constante de vapor de agua que atraviesa un cuerpo en un período de tiempo determinado, bajo condiciones específicas de temperatura y humedad entre ambas caras. Se expresa como  $g/(m^2 \times h)$

**3.2 permeancia de vapor de agua, PR:** flujo constante de vapor de agua que atraviesa un cuerpo en un período de tiempo determinado, inducido por la diferencia de presión entre ambas caras. Se expresa en  $g/(m^2 \times h \times mm \ Hg)$ , denominada también permeabilidad métrica o perm ( $grain/ft^2 \times h \times in \ Hg$ )

**3.3 permeabilidad de vapor de agua:** es obtenida mediante la multiplicación de la permeancia de vapor de agua por el espesor de la muestra. Se expresa en  $g/(m \times h \times mm \ Hg)$

**3.4 resistencia a la humedad, R:** valor recíproco de la permeancia de vapor de agua; se designa por  $1/PR$  y se expresa en  $(m^2 \times h \times mm \ Hg)/kg$

### 4 Resumen del método

#### 4.1 Método seco

La muestra se coloca sobre la boca de un recipiente que contiene un desecante, sellando el borde de contacto. El conjunto se introduce en una cámara de ensayo con atmósfera controlada.

#### 4.2 Método húmedo

La muestra se coloca sobre la boca de un recipiente que contiene agua, sellando el borde de contacto. El conjunto se introduce en una cámara de ensayo con atmósfera controlada.

En ambos métodos, como resultado del diferencial de presión parcial de vapor que se presenta en el sistema, se produce un flujo constante de vapor de agua a través de la muestra.

Se realizan pesadas periódicas del sistema para determinar el grado de transmisión de vapor de agua a través de la muestra.

---

2) Mientras no exista la norma chilena correspondiente, se debe usar esta norma.

### 4.3 Condiciones ambientales

Dependiendo de las aplicaciones que se trate, el ensayo de permeabilidad se debe efectuar utilizando una de las condiciones ambientales que se señalan en Tabla 1.

Tabla 1 - Condiciones ambientales para el ensayo

Condición	Símbolo que indica la condición	Temperatura, °C	Humedad relativa, %, en lado seco	Humedad relativa, %, en lado húmedo
A	23 - 0/50	23 ± 0,5	0 a 3	47 a 53
B	23 - 50/95	23 ± 0,5	47 a 53	90 a 95
C	23 - 0/85	23 ± 0,5	0 a 3	82 a 88
D	38 - 0/90	38 ± 0,5	0 a 3	88 a 92

NOTA - Generalmente, el ensayo se efectúa en la condición 23-0/50, a menos que se especifiquen condiciones diferentes en las normas o códigos de práctica correspondientes, o que se hayan acordado otras condiciones [por ejemplo, los estucos de resinas sintéticas (DIN 18558) se deben ensayar en la condición 23-50/95].

## 5 Aparatos

**5.1 Recipiente de ensayo**, debe ser de material inerte e impermeable al agua o vapor. Conviene que sea liviano y que tenga forma circular o cuadrada, con diámetro o arista superior o igual a 125 mm. Debe estar provisto de una orilla sobresaliente con borde (ver Figura 1).

**5.1.1** La altura de borde (a) debe ser, por lo menos, igual al espesor de la probeta y no superior a este espesor en más de 6 mm.

**5.1.2** Para recipientes con diámetro o aristas de 125 mm (b), la orilla debe tener un ancho de 3 mm (c), y para recipientes con diámetro o aristas de 250 mm, el ancho debe ser hasta de 18 mm. Para otras medidas se debe interpolar el ancho de la orilla.

**5.1.3** La profundidad del recipiente (d) debe ser superior o igual a 17 mm.

**5.2 Cámara de ensayo**, con instrumentos de control de temperatura y humedad relativa para ajustarse a las condiciones especificadas en Tabla 1.

**5.2.1** El aire debe poder circular a través de la cámara para mantener condiciones uniformes en toda el área.

**5.2.2** Para condiciones de baja o alta humedad, se puede utilizar un desecante estándar o bandeja con agua respectivamente.

**5.2.3** Para mantener una humedad relativa constante, por medio de soluciones acuosas, se pueden aplicar procedimientos que se establecen en ASTM E 104.



**5.3 Balanza analítica o de precisión,** con una sensibilidad que permita determinar una cantidad inferior al 1% del cambio de peso experimentado por el conjunto recipiente-probeta, durante el período que llega a régimen estacionario.

## 6 Materiales y reactivos

**6.1 Pureza del agua.** A menos que se acuerde otra especificación, se debe utilizar agua reactiva de grado IV según NCh426/1.

**6.2 Desecantes.** Se recomienda el uso de los productos especificados en Tabla 2 para mantener la humedad del aire que se indica, a la temperatura de 23°C o de 38°C.

Tabla 2 - Lista de desecantes

Compuesto	% HR	Temperatura
Cloruro de calcio ( $CaCl_2$ )	0%	23°C
Sílica gel	0% - 3%	23°C
Solución saturada de dicromato de sodio ( $Na_2 Cr_2 O_7 \times 2H_2O$ )	52%	23°C
Solución saturada de fosfato dihidrógeno de amonio ( $NH_4 H_2 PO_4$ )	93%	23°C
Cloruro de potasio ( $KCl$ )	85%	23°C
Nitrato de potasio ( $KNO_3$ )	88,5%	38°C

NOTA - Ver DIN 50008 para otras soluciones saturadas de sales.

**6.3 Selladores.** Se utiliza para adherir la probeta al borde del recipiente. El sellante debe ser altamente resistente al paso de vapor de agua y no debe perder o ganar masa, hacia o desde la atmósfera, en una cantidad que podría afectar en más del 2%.

## 7 Probetas

### 7.1 Muestreo

El tipo de muestreo a emplear se debe acordar por las partes, a menos que se adopte un procedimiento específico indicado en un código de práctica existente o contrato de inspección.

## 7.2 Tamaño de las probetas

- a) El área de ensayo debe ser mayor o igual que  $50 \text{ cm}^2$ , teniendo en consideración las dimensiones del recipiente de ensayo.
- b) El espesor de las probetas seleccionadas debe incluir una tolerancia adecuada para absorber la influencia de falta de homogeneidad de la probeta (el espesor debe ser a lo menos el doble del tamaño de poro superficial mayor o del tamaño de partícula mayor).

## 7.3 Número de probetas

**7.3.1** Si un producto es destinado para su uso en una sola posición, se ensayan tres probetas por el mismo procedimiento, con la dirección indicada para el flujo de vapor.

**7.3.2** Si ambas caras del producto son idénticas, se ensayan tres probetas por el mismo procedimiento.

**7.3.3** Si las dos caras del producto son diferentes y cada una de ellas puede estar en contacto con vapor, se ensayan cuatro probetas por el mismo procedimiento, dos en cada dirección y se indica en el informe.

**7.3.4** Una placa compuesta de varias capas, se debe ensayar en todo su espesor.

**7.3.5** Si el material tiene superficie irregular, se debe ensayar en todo el espesor de uso. Sin embargo, un material homogéneo se puede ensayar en un espesor menor.

## 7.4 Tratamiento previo de las probetas

Las probetas deben ser acondicionadas por un tiempo determinado hasta que alcancen un estado de equilibrio.

Las probetas de estucos, morteros o yeso se deben someter a tratamiento previo según se dispone en DIN 18550, Parte 1 o DIN 18558.

## Método A - Método seco

## 8 Procedimiento

**8.1** Preparar las probetas siguiendo los detalles especificados en cláusula 7.

**8.2** Colocar desecante en el recipiente, hasta alcanzar una altura máxima de 6 mm respecto al borde superior. Registrar su masa.

- 8.3** Si el recipiente está provisto de flanges (ver Figura 2), colocar la probeta entre las caras y ajustarla para mantenerla firmemente en posición y sellar.
- 8.4** Si el recipiente no está provisto de flanges, se debe sellar según se especifica en 6.3.
- 8.5** Pesar cada recipiente con la probeta (conjunto). Registrar hora en que se realiza la medición y condiciones de la cámara: temperatura y humedad.
- 8.6** Pesar con una frecuencia de 24 h, por un período de tres semanas, o hasta que la masa se mantenga constante en el tiempo (al menos durante tres mediciones).
- 8.7** Registrar la hora en que se hacen las pesadas. Si se efectúan cada 24 h, se permite que estén dentro de los 15 min que correspondan a la hora de registro. Si el intervalo es distinto, se permite hasta 1% de variación.
- 8.8** Agitar el recipiente que contiene desecante para prevenir la saturación de la superficie. Si la diferencia de masa excede el 20% de la masa de desecante, discontinuar el ensayo.
- 8.9** Devolver el conjunto a la cámara de ensayo inmediatamente después de pesar.

## **Método B - Método húmedo**

### **9 Procedimiento**

- 9.1** Preparar las probetas siguiendo las especificaciones que se detallan en cláusula 7.
- 9.2** Colocar agua en el recipiente, hasta alcanzar una altura de 6 mm del borde superior.
- 9.3** Para reducir el riesgo de contacto se coloca una malla a un nivel adecuado sobre la superficie del líquido.
- 9.4** Si el recipiente está provisto de flanges, colocar la probeta entre las caras y ajustarla para que queden firmemente en posición y sellar.
- 9.5** Si el recipiente no está provisto de flanges ni pasadores, sellar el borde según se especifica en 6.3.
- 9.6** Pesar el conjunto y mantenerlo en un desecador.
- 9.7** Registrar hora en que se realiza la medición y condiciones de la cámara: temperatura y humedad, hasta el final del ensayo.

**9.8** Pesar con una frecuencia de 24 h, por un período de tres semanas, o hasta que la masa se mantenga constante en el tiempo.

**9.9** Registrar la hora en que se hacen las pesadas. Si se efectúan cada 24 h, se permite una variación máxima de 15 min con respecto a la hora de registro. Si el intervalo es distinto, se permite hasta 1% de variación.

**9.10** Devolver el conjunto a la cámara de ensayo inmediatamente después de pesar.

## 10 Evaluación

**10.1** Para cada una de las probetas, graficar el cambio de masa en función del tiempo transcurrido. Cuando una línea recta se ajuste adecuadamente a la unión de a lo menos tres puntos, existe una situación nominalmente estable, representada por la pendiente de la línea recta del grado de transmisión de vapor de agua.

**10.2** Calcular uno o más de los datos siguientes, dependiendo de las características de transmisión que se desea determinar, según se detalla en 10.2.1 y 10.2.2.

**10.2.1** Grado de transmisión de vapor de agua, según ecuación siguiente:

$$TVA = \frac{\Delta m}{t \times A} \quad (1)$$

en que:

$TVA$  = grado de transmisión de vapor de agua, en  $\frac{g}{m^2 h}$ ;

$\Delta m$  = cambio de masa,  $g$ , ocurrido en el tiempo,  $t$ ;

$t$  = tiempo entre lecturas, en h;

$A$  = área de ensayo de la muestra,  $m^2$ .

**10.2.2** Permeancia del recubrimiento, según ecuación siguiente:

$$PR = \frac{TVA}{\Delta p} \quad (2)$$

en que:

$PR$  = permeancia del recubrimiento, en  $\frac{g}{m^2 \times h \times mm Hg}$ ;

$\Delta p$  =  $S(R_1 - R_2)$ ;

$S$  = presión de saturación del vapor de agua a la temperatura del ensayo, en mm Hg, según valores de Tabla 3;

$R_1$  = % de humedad relativa, del lado con mayor presión de vapor (expresado como fracción);

$R_2$  = % de humedad relativa, del lado con menor presión de vapor (expresado como fracción).

**10.2.3 Permeabilidad al vapor de agua**, sólo para muestras homogéneas y de espesor no inferior a 12 mm, calcular la permeabilidad media a partir de la ecuación siguiente:

$$P = PR \times e \quad (3)$$

en que:

$P$  = permeabilidad al vapor de agua, en  $\frac{g}{m \times h \times mm \text{ Hg}}$ ;

$e$  = espesor de la probeta, m.

## 11 Informe

El informe de ensayos debe incluir una referencia a esta norma y la información siguiente:

- a) descripción del material ensayado;
- b) detalles del muestreo;
- c) detalles de las probetas:
  - número;
  - dimensiones;
  - densidad seca;
  - masa por unidad de área;
  - promedio de humedad durante la medición (si es posible); y
  - método de ensayo utilizado (húmedo o seco).
- d) condiciones ambientales;
- e) material desecante utilizado;

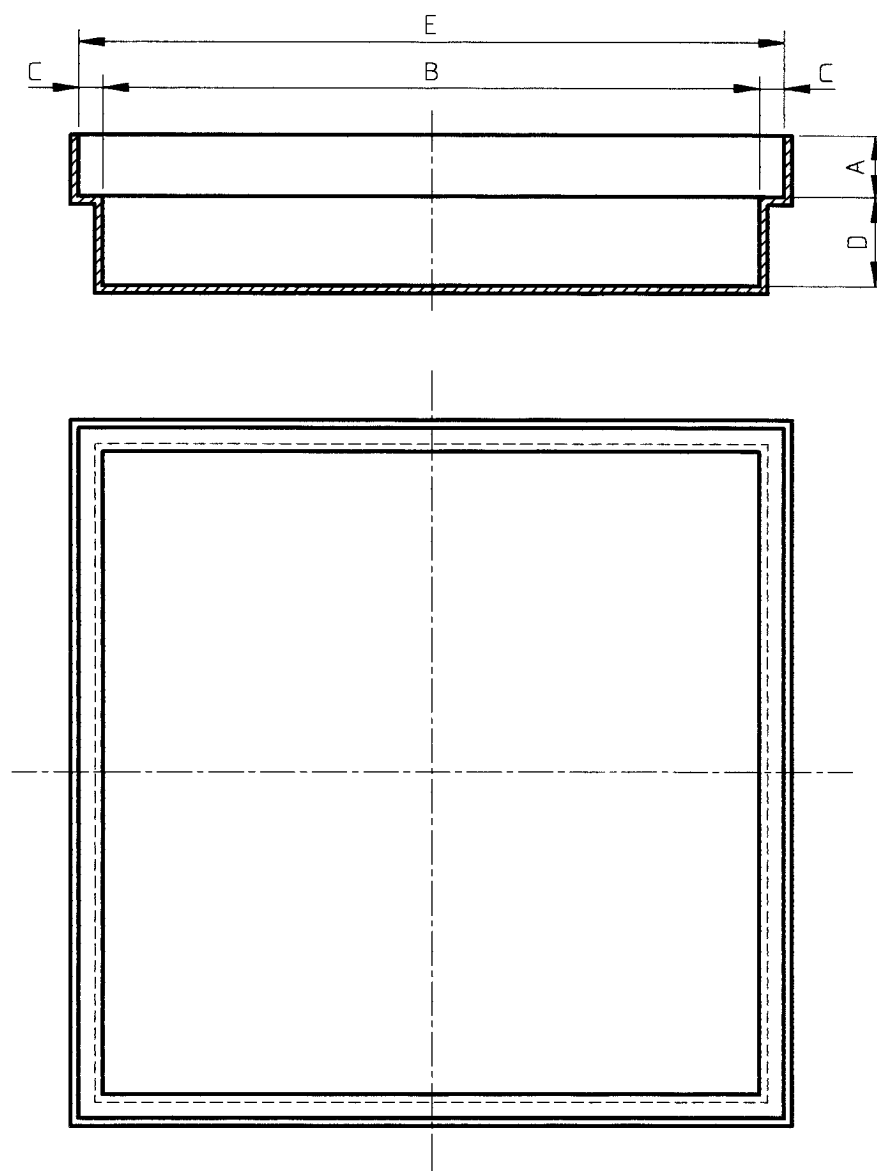
NCh2457

- f) registro de los tiempos de pesadas;
- g) graficar el cambio de masa en función del tiempo transcurrido;
- h) indicar el coeficiente de transmisión de vapor de agua; y
- i) fecha del ensayo.

Tabla 3 - Presión de saturación de vapor

Temperatura, °C	Presión, mm Hg
22,4	20,316
22,5	20,440
22,6	20,565
22,7	20,690
22,8	20,815
22,9	20,941
23,0	21,068
23,1	21,196
23,2	21,324
23,3	21,453
23,4	21,583
23,5	21,714
23,6	21,845
37,4	48,102
37,5	48,364
37,6	48,627
37,7	48,891
37,8	49,157
37,9	49,424
38,0	49,692
38,1	49,961
38,2	50,231
38,3	50,502
38,4	50,774
38,5	51,048
38,6	51,323

Dimensiones en milímetros



- A Altura de borde
- B Arista interior
- C Ancho orilla
- D Profundidad
- E Arista exterior

Figura 1 - Ejemplo de disposición de recipientes para ensayo

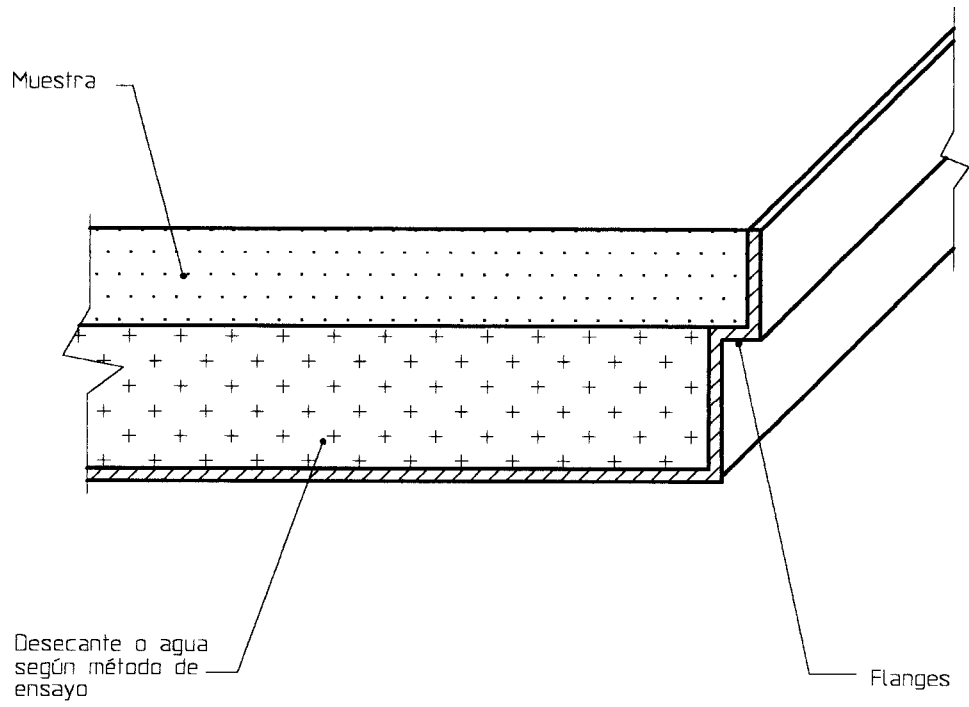


Figura 2 - Ejemplo de conjunto de recipiente y muestra



**Anexo A**  
(Informativo)

**Ejemplo de aplicación de medición y cálculo de la determinación  
de la permeabilidad al vapor de agua**

En un ensayo realizado a una probeta de espesor de 15 mm, en un período de 288 h (12 días), sobre un área de exposición de 0,0645 m<sup>2</sup>. De la gráfica se encontró que el cambio de masa durante un período de 240 h fue de 12 g. Las condiciones de la cámara fueron de 23°C y una humedad relativa de 50%. Calcular la permeabilidad de la muestra y la resistencia al paso de vapor de agua.

$$TVA = \frac{\Delta m}{t \times A} = \frac{12 \text{ g}}{240 \text{ h} \times 0,065 \text{ m}^2} = 0,775 \frac{\text{g}}{\text{m}^2 \times \text{h}}$$

$$\Delta P = S (R_1 - R_2) = 21,07 (0,5 - 0)$$

$$\Delta P = 10,53 \text{ mm Hg}$$

$$PR = \frac{TVA}{\Delta P} = \frac{0,775}{10,53}$$

$$PR = 0,073 \frac{\text{g}}{(\text{m}^2 \times \text{h} \times \text{mm Hg})}$$

La permeabilidad de la muestra vendría dada por:

$$P = PR \times e$$

$$P = 0,073 \times 0,015 \text{ m}$$

$$P = 1,095 \times 10^{-3} \frac{\text{g}}{\text{m} \times \text{h} \times \text{mm Hg}}$$

y la resistencia al vapor de agua de la muestra vendría dada por:

$$R = \frac{1}{PR} = \frac{1}{0,073} = 13,69 \left( \frac{\text{m}^2 \times \text{h} \times \text{mm Hg}}{\text{g}} \right)$$

**Anexo B**  
(Informativo)

**Bibliografía**

- [1] Schirmer *Beiheft VDI-Zeitschrift, Verfahrenstechnik*, 1938: 6, 170-177.
- [2] See O. Krischer. *Die wissenschaftlichen Grundlagen der Trocknungstechnik* (Scientific principles of drying technology), 2<sup>nd</sup> ed., Berlin, Göttingen, Heidelberg: *Springer-Verlag*, 1963.

## Materiales de construcción y aislación - Determinación de la permeabilidad al vapor de agua (humedad)

*Construction and insulating materials - Determination of water vapor (moisture) permeability*

Primera edición : 2001

**Descriptor:** *materiales de construcción, aislantes térmicos, ensayos, determinación de la permeabilidad, ensayos de vapor de agua, vapor de agua*

---

CIN 91.100

COPYRIGHT © 2001: INSTITUTO NACIONAL DE NORMALIZACION - INN

\* Prohibida reproducción y venta \*

Dirección : Matías Cousiño N° 64, 6° Piso, Santiago, Chile

Casilla : 995 Santiago 1 - Chile

Teléfonos : + (56 2) 441 0330 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0425

Telefax : + (56 2) 441 0427 • Centro de Documentación y Venta de Normas (5° Piso) : + (56 2) 441 0429

Web : [www.inn.cl](http://www.inn.cl)

Miembro de : ISO (International Organization for Standardization) • COPANT (Comisión Panamericana de Normas Técnicas)