



# **EPS**

## **POLIESTIRENO EXPANDIDO ISOTEX®**

### **MANUAL DE INFORMACIÓN TÉCNICA**





**PA**  **Á**

Vía Tocumen , La Pulida  
frente el Crisol. Apartado  
0834-02767 Panamá.  
República de Panamá.  
Tlf.: 305-1550  
info@ecotecpanama.com



## CURAO

Kaya W.F.G. Mwnaing  
z/n - Curacao  
Teléfonos: 4653081  
info@isotex-curacao.com

**Síganos en**  
**grupos isotexve**  
**www.isotex.com**



# INDICE

-EPS ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO	Pág.
-(ANIME) ISOTEX®.....	4
- PROCESO PRODUCTIVO.....	4
-PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ANIME.....	4
-AUTOEXTINGUIBILIDAD DEL EPS.....	5-8
-RETARDO A LA LLAMA .....	5
-VALORES TÍPICOS .....	5
-CERTIFICADO UL .....	6
-COMBUSTIÓN .....	7-8
EMISIONES DE LA ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN CASO DE INCENDIO .....	7-8
-RESISTENCIA DE LA ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) ISOTEX® A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS...	9
-FÍSICA DE CONSTRUCCIÓN .....	9
-CUADRO DE PROPIEDADES FÍSICAS DE PLÁSTICOS CELULARES	10
-DATOS FÍSICOS DE ESPUMAS RÍGIDAS.....	11
-ESTABILIDAD DE ESPUMAS RÍGIDAS .....	11
-GRÁFICAS DE DEFORMACIÓN POR COMPRESIÓN EN LÁMINAS DE EPS EN % CON RELACIÓN AL ESPESOR ORIGINAL EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y LA DENSIDAD .....	12
-CONCEPTOS .....	13-16
-HUMEDAD DE SATURACIÓN .....	13
-HUEMDAD RELATIVA .....	14
-PUNTO DE ROCÍO .....	14
-CONDENSACIÓN SUPERFICIAL .....	15
-CONDENSACIÓN EN EL INTERIOR .....	15-16
-COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS .....	17
-CASO 1.....	17-18
-CASO 2 .....	18
-CASO 3 .....	19
-TABLA DE COEFICIENTE DE CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA DEL EPS CON 0 A 80% DE HUEMDAD .....	20
-RESUMEN .....	20
-PROBLEMA DE DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA EN LAS LOSAS	20-22
- CÁMARAS FRIGORÍFICAS.....	21
-DILATACIÓN TÉRMICA .....	22
-DISMINUCIÓN DE LA DILATACIÓN POR AISLAMIENTO TÉRMICO	23-24
-PUENTES TÉRMICOS .....	24-26
-COEFICIENTE DE CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA	27

# EPS ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (ANIME) ISOTEX®

Es un producto que se obtiene mediante la polimerización del monómero de estireno a través de un proceso petroquímico de avanzada tecnología obteniéndose perlas esféricas, huecas y cerradas dentro de las cuales, se encuentra el agente expansor (pentano) que a temperatura ambiente está en fase líquida.

## PROCESO PRODUCTIVO

1.- A esta materia prima se le aplica calor por medio de vapor de agua (85-95°C), lográndose que las perlas se expandan hasta 50 veces su volumen original, obteniendo productos con densidad aparente entre 10 y 30 Kg/m<sup>3</sup>.

2.- Tiempo de reposo en los silos aireados.

3.- El producto preexpandido se vierte en molde metálico y se le inyecta nuevamente vapor, logrando nueva expansión y fusión o soldadura entre las perlas, generándose una estructura similar a un panal de abejas. Puede obtenerse por esta vía 2 tipos de productos: bloques rectangulares con una medida de 5.15 x 1.30 x 1m los cuales serán cortados posteriormente con hilos calientes (alambre de resistencia) para obtener láminas o figuras de diferente sección o productos moldeados: piezas de formas complicadas y alta densidad.

## PROPIEDADES MECÁNICAS DEL ANIME

**1.-COMPRESIÓN:** El EPS (anime), tiene como principal virtud su altísima resistencia a la compresión.

**2.- CONDUCTIBILIDAD TÉRMICA:** Es muy baja, comparada con los materiales de construcción tradicional. Su relación costo-aislamiento térmico, es una de las más bajas del mercado.

**3.- ABSORCIÓN DE AGUA:** muy baja, lo cual es excelente para la industria de la vivienda. El no traspaso de humedad hacia el lado interno de la obra, permite evitar el deterioro de los acabados de albañilería:

**3% EN 7 DÍAS**

**5% EN 1 AÑO**

**4.- RESISTENCIA AL ENVEJECIMIENTO:** No se degrada y la acción del sol amarillea el producto en la parte externa, pero su estructura celular no sufrirá deterioros.

**5.- RESISTENCIA AL ATAQUE BIOLÓGICO:** No puede ser digerida por los animales y por tanto, no la usarán como fuente de alimento. Tampoco puede actuar como medio nutritivo para hongos o bacterias. Siempre es recomendable restringir el acceso a la espuma con una capa de cemento.

# AUTOEXTINGUIBILIDAD DE LA ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS)

Cuando se aplica una llama al Poliestireno expandido, éste arde con una llama luminosa y humo negro. Continúa ardiendo cuando se retira la fuente de ignición, por lo tanto, a la espuma de **EPS NORMAL** le corresponde la categoría B3 (ARDE FÁCILMENTE) de la Norma DIN 4102. Pero la incorporación de un aditivo retardante a la llama en la materia prima, como en el caso de los grados de BASF que utiliza **ISOTEX®**, hace que la inflamabilidad y la propagación de las llamas de espuma rígida de Poliestireno Expandido que ha tenido un tiempo de reposo suficiente, son tan reducidas, que las láminas hechas de estos materiales se pueden clasificar según DIN 4102 como “DIFÍCILMENTE FLAMAMBLES” (B1). Cuando se inflaman con una llama pequeña, no siguen ardiendo; se apagan, apenas esta es retirada.

En las pruebas según la norma UL94 (HORIZONTAL Burning Test for Classifying Foamed Materials 94 HBF, 94 HF-1 or HF-2) se han de clasificar como 94 HF-1.

Los resultados de estas pruebas corresponden también al comportamiento en fuego de láminas apliladas debidamente reposadas; por lo tanto son muy importantes para la evaluación del riesgo de incendio en empresas transformadoras.

Ensayos de fuego en la relación 1:1 hechas por la Universidad de Karlsruhe, arrojan una propagación de fuego claramente retrasada para la espuma rígida de Poliestireno Expandido F frente a espumas rígidas P sin aditivos ignífugos. (Método de ensayo para piezas moldeadas según DIN 53438, parte 3).

## RETARDO A LA LLAMA

El calor de combustión de la espuma de Poliestireno expandido es de alrededor de 40MJ/Kg. En la práctica, la cantidad de calor despedido, suponiendo que la combustión sea completa, dependerá de la densidad de la espuma.

## VALORES TÍPICOS

### DENSIDAD DE LA ESPUMA

15 Kg/m<sup>3</sup>

20 Kg/m<sup>3</sup>

25 Kg/m<sup>3</sup>

### CALOR LIBERADO

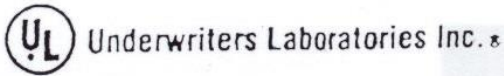
600 MJ/m<sup>3</sup>

800 MJ/m<sup>3</sup>

1000 MJ/m<sup>3</sup>

LOS VALORES PARA LA MADERA SE SITÚAN ENTRE 7000 Y 8000 MJ/m<sup>3</sup>

Wenatchee, New York • (516) 271-6200  
 Santa Clara, California • (408) 985-2400  
 Research Triangle Park,  
 North Carolina • (919) 549-1400  
 Tacoma, Washington • (360) 817-5500



POLIOLES S A DE C V  
 MR A H QUINTANILLA  
 FERNANDO MONTES DE OCA 71  
 COLONIA CONDESA  
 06140 MEXICO MEXICO



Your most recent listing is shown below. Please review this information and report any inaccuracies to the UL Engineering staff member who handled your UL project.

BRYX  
 Foamed Plastic

April 2, 1997

POLIOLES S A DE C V

R11205 (S)

(A1 - cont. from A card)

### - Flame spread and smoke developed recorded while material remained in the original test position. Ignition of molten residue on furnace floor resulted in flame travel equivalent to calculated flame spread classification of 25 and smoke developed classification of over 500.

Styropor Types F0305, F0405, F0507, F0710, F1015, F1525, FR1015, FR0710, FR0507 or  
 Styropor Types AF112, AF212, AF312, AF412 and AF512

	2.5CM (1 In.) Max+	5.1CM (2 In.) Max+	10.2CM (4 In.) Max+
Flame spread	5#	5##	5###
Smoke developed	175#	175##	175###

Replaces R11205A1 dated January 25, 1994.  
 585238001 H0897 Underwriters Laboratories Inc.\*

(Cont. on B card)  
 A11/0128153  
 80

For information on placing an order for UL Listing Cards in a 3 x 5 inch card format, please refer to the enclosed ordering information.

UNDERWRITERS LABORATORIES INC.

A not-for-profit organization  
 dedicated to public safety and  
 committed to quality service



# COMBUSTIÓN

## EMISIONES DE LA ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO EN CASO DE INCENDIO

El peligro para la salud que comportan los productos de descomposición térmica que se producen en caso de incendio de espuma rígida de Poliestireno Expandido, ya fue objeto de estudio en 1976 conjuntamente por parte del Laboratorio de Técnicas de Materiales Plásticos del Museo Industrial de Viena y el Laboratorio Toxicológico de BASF Aktiengesellschaft. El resultado ha sido publicado en el manual de Styropor, capítulo 1 "Prevención de Incendios", publicado por el profesor E. Neufert.

Concretamente, en los estudios realizados según la norma DIN 53436, en los que además la espuma rígida de Poliestireno Expandido también se incluyeron, a título comparativo, materiales para la construcción a base de celulosa, se determinaron las concentraciones de los distintos componentes de productos de descomposición térmica que se indican en la tabla de combustión que se presenta a continuación.

TIPO DE MUESTRA	Componentes de los gases de combustión	COMPOSICIÓN DEL GAS DE COMBUSTIÓN EN ppm, a una temperatura de ensayo de			
		300 C°	400 C°	500 C°	600 C°
Espumas rígidas de Styropor P	Monóxido de carbono estireno monómetro otras sustancias aromáticas ácido bromhídrico	50* 200 Trazas 0	200* 300 10 0	400* 500 30 0	1.000** 50 10 0
Espumas rígidas de Styropor F	Monóxido de carbono estireno monómetro otras sustancias aromáticas ácido bromhídrico	10* 50 Trazas 10	50* 100 20 15	500* 500 20 13	1.000* 50 10 11
Madera de abeto	Monóxido de carbono sustancias aromáticas	400* -	6.000** -	12.000** -	15.000** 300
Planchas aislantes de aglomerado de madera	Monóxido de carbono sustancias aromáticas	14.000* Trazas	24.000** 300	59.000** 300	69.000** 1.000
Corcho expandido	Monóxido de carbono sustancias aromáticas	1.000* Trazas	3.000** 200	15.000** 1.000	29.000** 1.000
OBSERVACIÓN: CONDICIONES DE ENSAYO SEGÚN DIN 53 4 36, APORTACIÓN DE AIRE 100 l/h, TAMAÑO DE LAS PROBETAS EN mm: 300 x 15 x 10					
*COMBUSTIÓN SIN LLAMA					
**COMBUSTIÓN CON LLAMA					
- NO SE MIDió					

Los amplios estudios toxicológicos que también se llevaron a cabo en organismos vivos, demuestran que los gases de combustión de espuma Rígida de Poliestireno expandido, no tienen un potencial tóxico mayor que el de los gases de combustión de productos naturales, como por ejemplo: madera, corcho o lana.

Se llevaron a cabo varias pruebas con los plásticos que contienen hexabromociclododecano (HBCD) como agente ignífugo, en cuanto a la probabilidad de formación de dibenzodioxinas y furanos polibromados en caso de incendio. En 1990 por encargo de la Oficina Federal del Medio Ambiente, Hutzinger llevó a cabo trabajos de investigación fundamentales también con gases de combustión de granulado PS con un contenido de HBCD de 3%, en ellos afirma que la probabilidad de formación de estas sustancias depende, aparte de las condiciones del fuego, de la estructura molecular del agente ignífugo y afirma que en el caso ensayado, la probabilidad de formación de PHDD/F de HBCD es despreciable.

Otros estudios independientes obtienen resultados similares.

Investigaciones llevadas a cabo por el Departamento de Inspección de Industrias Münster durante el corte de bloques de EPS con hilo incandescente, tampoco revelaron la presencia de dioxinas en el área de trabajo. El valor determinado para dibenzofuranos bromados fue de menos del 1% del valor diario tolerable para la absorción.



# RESISTENCIA DE LA ESPUMA RÍGIDA DE POLIESTIRENO EXPANDIDO (EPS) ISOTEX® A LOS PRODUCTOS QUÍMICOS

La Espuma Rígida de Poliestireno Expandido **ISOTEX®** resiste aún después de una exposición prolongada sin ser afectada a: Soluciones salinas, jabones y humectantes, agentes blanqueadores, como hipoclorito, agua clorada, soluciones de peróxido de hidrógeno, ácidos diluidos, ácido clorhídrico al 36%, ácido nítrico al 50%, Hidróxido de sodio, hidróxido de potasio y soluciones de amoníaco, aceite de silicón.

La Espuma Rígida de Poliestireno Expandido **ISOTEX®** resiste limitadamente después de una exposición prolongada (puede contraerse o sufrir algún daño superficial) a: Aceite de parafina, vaselina, alcoholes, p.e metanol, etanol.

La Espuma Rígida de Poliestireno Expandido **ISOTEX®** no resiste, contrayéndose o disolviéndose al contacto con: ácidos anhídridos (p.e. ácido sulfúrico fumante, ácido fórmico), solventes orgánicos como la acetona, éster del ácido acético, benceno, xileno, tricloroetileno, solventes para pinturas, Hidrocarburos alifáticos saturados, gasolina, gasolina blanca, Diesel.

TABLA NRO.3

## PROPIEDADES FÍSICAS DEL POLIESTIRENO EXPANDIDO **ISOTEX**

		PESO FÍSICO APARENTE (Kg/m <sup>3</sup> )					Método de ensayo
PROPIEDAD	UNIDAD	13	16	20	25	30	
Resistencia a la compresión							
10% de recalado	Kg/ cm <sup>2</sup>	0,4 - 0,7	0,7 - 1,1	1,0 - 1,4	1,4 - 2,0	1,8 - 2,5	DIN 53421
Resistencia al corte	Kg/ cm <sup>2</sup>	3,6 - 4,8	4,7 - 5,6	6,0 - 8,0	7,2 - 10,0	8,5 - 12,0	DIN 53422
Resistencia a la flexión	Kg/ cm <sup>2</sup>	1,2 - 1,6	1,8 - 2,3	2,5 - 3,0	3,2 - 4,0	4,2 - 5,0	DIN 53423
Resistencia a la tracción	Kg/ cm <sup>2</sup>	1,2 - 1,7	1,8 - 2,6	2,5 - 3,2	3,2 - 4,1	3,7 - 5,2	DIN 53571
Coeficiente de conductibilidad	<u>Kca</u>	0,032	0,029	0,028	0,027	0,026	DIN 52612
Térmicaa + 10°C	m.h.°C						
Resistencia a la difusión del	<u>gr</u>	1,8	1,5	1,0	0,8	0,6	DIN 53122
Vapor de Agua	m <sup>2</sup> .h						
Absorción de Agua							
después de 7 días	% V	0,4 - 3	0,4 - 2,0	0,4 - 0,8	0,4 - 0,7	0,3 - 0,7	DIN 53428
depués de 1 año	% V	5,0 - 6,0	4,0 - 6,0	3,0 - 4,5	3,0 - 4,5	3,0 - 4,0	

DATOS PROPORCIONADOS POR BASF LUDWIGSHAFEN - ALEMANIA FED.

## FÍSICA DE CONSTRUCCIÓN

En condiciones desfavorables, el vapor de agua puede condensarse en la superficie o en el interior de los elementos constructivos. En ambos casos, puede producirse el empapado, que puede ser un peligro tanto para la salud y el bienestar del ser humano, como para los elementos constructivos.



**Tabla 1** Propiedades físicas de plásticos celulares de Styropor

Propiedades <sup>1)</sup>	Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Densidad aparente	DIN 53 420	kg/m <sup>3</sup>	20	25	30
Conductividad térmica Valor de medida a +10 °C	DIN 52 612	mW/(m · K)	33 – 35	32 – 34	31 – 34
Tensión de compresión a 10% de recalcado	EN 826	kPa	110 – 140	150 – 200	200 – 250
Tensión de compresión admisible para cálculos de embalajes	DIN 52 612	kPa	39	31 – 34	71
Resistencia a la flexión (con piel de espuma)	EN 12 089	kPa	260 – 360	360 – 460	460 – 560
Resistencia a la flexión (sin piel de espuma)	EN 12 089	kPa	250 – 310	340 – 400	430 – 490
Resistencia a la tracción	EN 826	kPa	230 – 330	300 – 400	380 – 480
Resistencia a la cizalladura	DIN 53 427	kPa	120 – 180	160 – 200	210 – 260
Módulo E (ensayo de compresión)	EN 826	MPa	3,5 – 4,5	5,0 – 8,5	7,5 – 11,0
Factor específico de acolchado C*	DIN 55 471, parte 2 <sup>2)</sup>	1	2,5	2,5	2,5
Energía específica/Capacidad de absorción de energía de choque e*	DIN 55 471, parte 2 <sup>2)</sup>	kJ/m <sup>3</sup>	150	200	250
Coeficiente de variación térmica longitudinal		1/k	5 – 7 · 10 <sup>-5</sup>	5 – 7 · 10 <sup>-5</sup>	5 – 7 · 10 <sup>-5</sup>
Capacidad calorífica específica	DIN 53 765	J/(kg · K)	1210	1210	1210
Absorción de agua por inmersión durante 7 días	DIN 53 434	% Vol.	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5	0,5 – 1,5
Absorción de agua por inmersión durante 28 días	DIN 53 434	% Vol.	1,0 – 3,0	1,0 – 3,0	1,0 – 3,0
Factor de resistencia a la difusión de vapor de agua *	DIN 52 615	1	55	75	85

1 MPa  $\triangleq$  1000 kPa  $\triangleq$  1 N/mm<sup>2</sup>

\* Este valor se refiere a una temperatura de 23 °C y 0/85 % de humedad relativa del aire

## 2 Propiedades físicas

### Esfuerzo de compresión según norma DIN 53 421

La densidad aparente y el tipo de transformación influyen en las propiedades físicas del material.

En el caso de materiales que se deforman por una fuerza de forma

elástica o plástica, la resistencia a la compresión está determinada fundamentalmente por el grado de recalcado. Por ello se indica en el caso de plásticos celulares el esfuerzo de

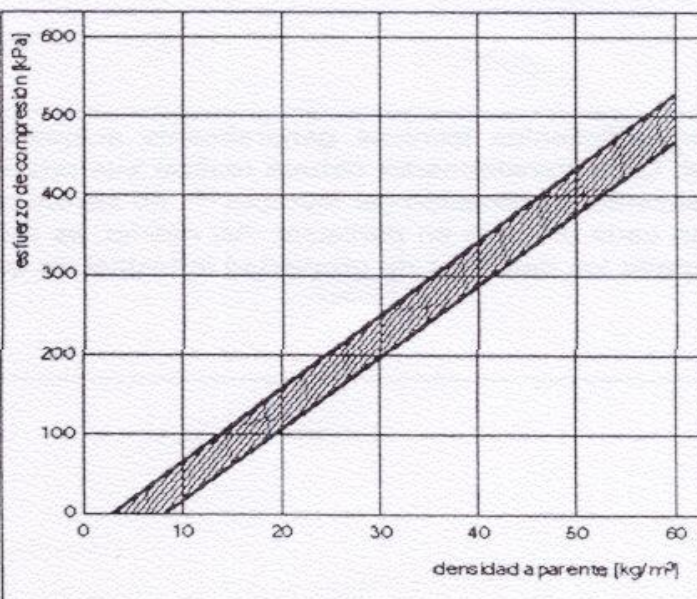


Fig. 1 Influencia de la densidad aparente sobre el esfuerzo de compresión para un recalcado del 10% (DIN 53 421). (Zona pronosticable 90 % en trozos)

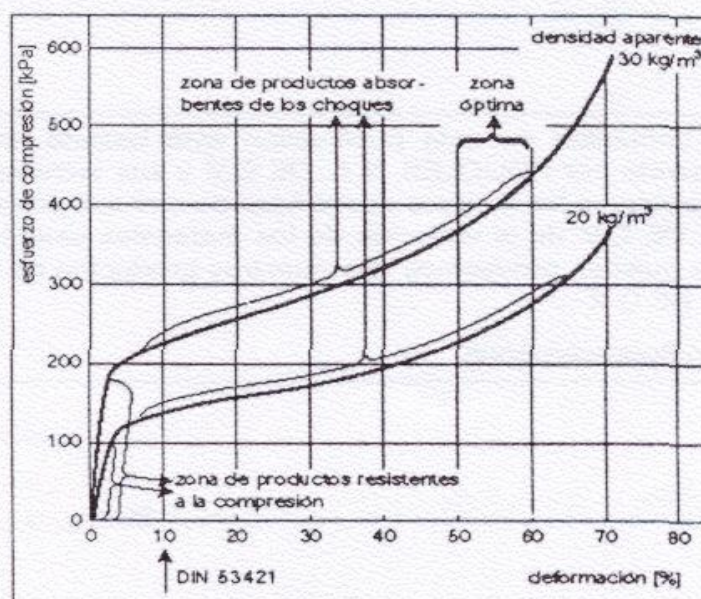


Fig. 2 Comportamiento de los plásticos celulares de Styropor ante el esfuerzo de compresión y deformación



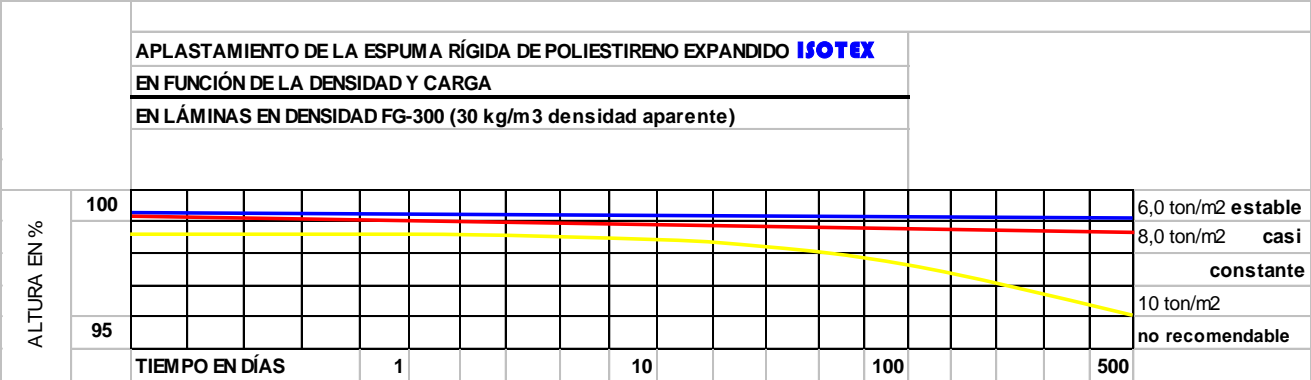
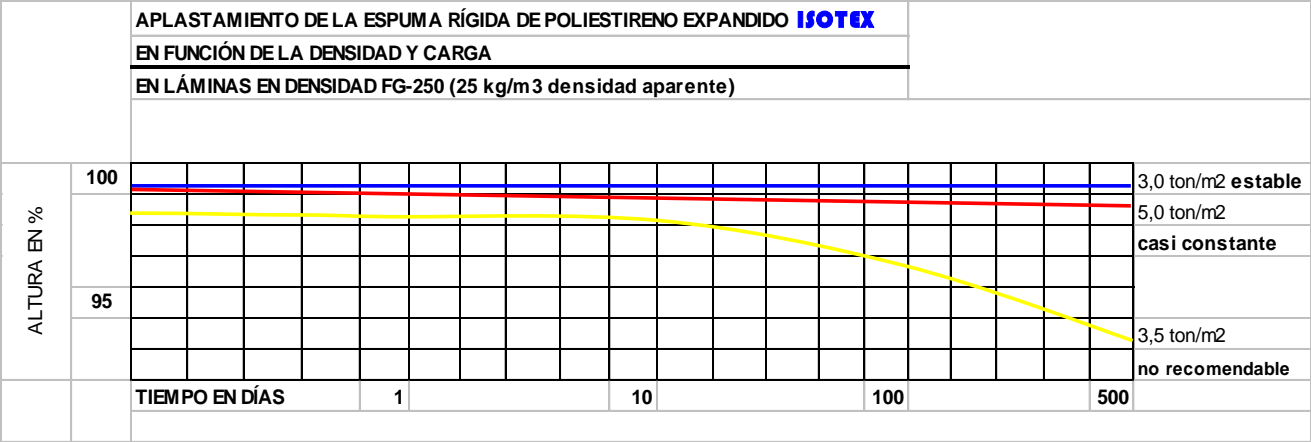
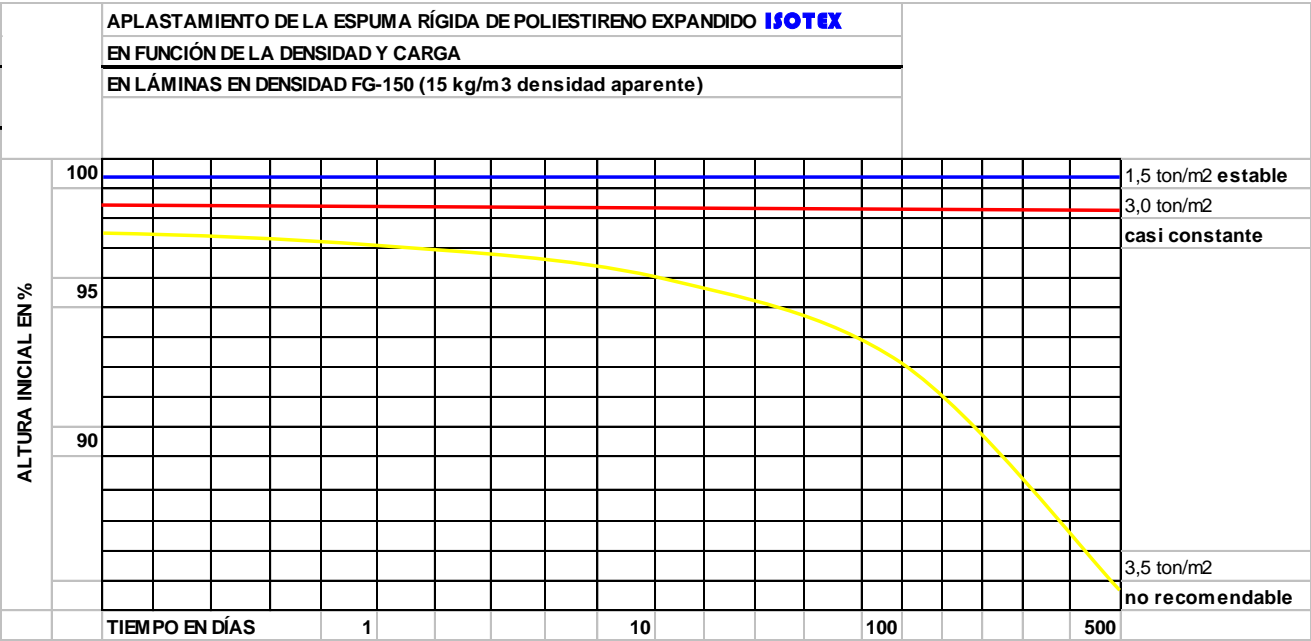
**Tabla 2 Datos físicos de espumas rígidas de Styropor**

Propiedades físicas		Ensayo según	Unidad	Resultado del ensayo		
Tipos de protección de calidad		Especificaciones de calidad GSH		PS 15 SE	PS 20 SE	PS 30 SE
Tipos de aplicación		DIN 18164, parte 1		W	WD	WS + WD
Densidad aparente mínima		EN ISO 845	kg/m <sup>3</sup>	15	20	30
Clase de material de construcción		DIN 4102		B1, difícilmente inflamable	B1, difícilmente inflamable	B1, difícilmente inflamable
Conductividad térmica	Medida a + 10 °C	DIN 52612	mW/(m · K)	36–0,038	33–0,036	31–35
	Valor calculado según DIN 4108	DIN 4108	mW/(m · K)	40	40	35
Tensión por compresión con 10% de recalcado		EN 826	kPa	65–100	110–140	200–250
Resistencia a la presión permanente con recalcado < 2%		ISO 785	kPa	20–30	35–50	70–90
Resistencia a la flexión		EN 12089	kPa	150–230	250–310	430–490
Resistencia al cizallamiento		DIN 53427	kPa	80–130	120–170	210–260
Resistencia a la tracción		DIN 53430	kPa	160–260	230–330	380–480
Módulo E (Ensayo de compresión)		EN 826	MPa	1,0–4,0	3,5–4,5	7,5–11,0
Estabilidad dimensional al calor A corto plazo		DIN 53424 <sup>2)</sup>	°C	100	100	100
Estabilidad dimensional al calor A largo plazo con 20kPa		DIN 53424	°C	75	80	80
Coeficiente de dilatación térmica lineal			1/K	5–7 · 10 <sup>-5</sup>	5–7 · 10 <sup>-5</sup>	5–7 · 10 <sup>-5</sup>
Capacidad térmica específica		DIN 53765	J/(kg · K)	1210	1210	1210
Absorción de agua por inmersión (en vol.)						
Después de 7 días		DIN 53434	Vol. %	0,5–1,5	0,5–1,5	0,5–1,5
Después de 28 días		DIN 53434	Vol. %	1,0–3,0	1,0–3,0	1,0–3,0
Índice de resistencia a la difusión de vapor de agua		DIN 52615	1	20/50	30/70	40/100
Cálculo según DIN 4108/parte 4 (valor más y menos ventajoso)						

**Tabla 2 Estabilidad de espumas rígidas de Styropor contra productos químicos**

Estabilidad contra productos químicos	
Sustancia	Styropor P, F (FH)
Soluciones salinas (agua de mar)	+
Soluciones jabonosas y humectantes	+
Lejías blanqueantes, como hipoclorito, agua de cloro, solución de peróxido de hidrógeno	+
Ácidos diluidos	+
Ácido clorhídrico 35%, ácido nítrico hasta 50%	+
Ácidos anhidros, por ej. ácido sulfúrico fumante, ácido acético glacial, ácido fórmico al 100%	–
Sosa cáustica, potasa cáustica, agua amoniacal	+
Solventes orgánicos, como acetona, acetato de etilo, benceno, xileno, diluyente de barnices, tricloroetileno	–
Hidrocarburos alifáticos saturados, bencina medicinal, gasolina de comprobación	– (+–)
Aceite de parafina, vaselina	+– (+)
Combustible Diesel	– (+)
Combustible para motores de gasolina (Normal y Súper)	–
Alcoholes, por ej. metanol, etanol	+
Aceite de silicona	+

estable, la espuma rígida no es destruida ni por exposición prolongada a la sustancia estable; la espuma rígida puede contraerse o verse agredida en el caso de exposición prolongada inestable, la espuma rígida se contrae y se disuelve más o menos rápidamente  
1 N/mm<sup>2</sup> ≈ 1 MPa ≈ 1000 kPa



**GRÁFICAS DEL APLASTAMIENTO (DEFORMACIÓN) POR COMPRESIÓN EN LÁMINAS DE POLIESTIRENO EXPANDIDO ISOTEX EN % CON RELACIÓN AL ESPESOR ORIGINAL EN FUNCIÓN DEL TIEMPO Y LA DENSIDAD**



# CONCEPTOS

## HUMEDAD DE SATURACIÓN

El agua se presenta en tres estados: **sólido** (nieve, hielo, escarcha), **líquido** (agua) y **gaseoso** (vapor de agua). El hielo, sólo es posible por debajo del punto de congelación ( $^{\circ}\text{C}$ ); el agua entre el punto de congelación y el de ebullición, en cambio el vapor de agua es posible a cualquier temperatura. El hielo y el agua se evaporan a cualquier temperatura y esto ocurre sólo en la superficie, tomándose el calor necesario para tal proceso, de los alrededores. El vapor de agua es invisible; las llamadas “nubes de vapor” no son vapor de agua sino pequeñas gotas que flotan suspendidas en el aire.

El aire a determinada temperatura, sólo puede tolerar una limitada cantidad de vapor de agua y, a esa cantidad máxima, se le denomina **humedad de saturación**.

La humedad de saturación aumenta y disminuye con la temperatura del aire: cuanto más caliente, más vapor de agua invisible puede contener.

Análogamente a la cantidad máxima posible de vapor de agua en el aire, existe una presión máxima posible del vapor de agua; es la presión del vapor saturado, que igual a la primera, depende de la temperatura.

**Ejemplo:** a  $20^{\circ}\text{C}$ , el aire puede albergar como máximo 17.3 g. de humedad por metro cúbico, en forma invisible; si se traspasa ese valor, el agua será visible.

Citaremos a continuación, algunos valores de contenido máximo de humedad, así como de presión de vapor, en relación a la temperatura.

TABLA NRO.1			
Temperatura del aire		Humedad máxima.	Presión de sat. Del Vapor de agua
K	$^{\circ}\text{C}$	g/m <sup>3</sup>	Kp/m <sup>2</sup>
253	-20	0,90	10,50
258	-15	1,39	16,80
263	-10	2,15	26,50
268	-5	3,26	40,90
273	0	4,80	62,30
278	+5	6,79	88,90
283	+10	9,40	125,20
288	+15	12,83	173,90
291	+18	15,36	210,50
293	+20	17,30	238,50
297	+24	21,80	304,30
301	+28	27,20	385,40
303	+30	30,36	432,60
308	+35	39,50	573,00
313	+40	51,14	752,00
323	+50	82,98	1258,00

# HUMEDAD RELATIVA

La Humedad relativa del aire indica que tanto por ciento de la humedad de saturación, contiene el aire en forma de vapor de agua invisible. Para exponer esto de una forma más clara, daremos el siguiente ejemplo: a 36°C puede contener como máximo 24.4 g.de humedad invisible por m3, lo que equivale a un 100% de humedad relativa. Pero si a esa temperatura sólo hay 12.2 g/m3, habrá una humedad relativa del 50%. (12.2 es la mitad de 24.4).



## PUNTO DE ROCÍO

Al enfriarse el aire, disminuye la humedad de saturación, o sea que pierde en mayor o menor grado la capacidad de contener vapor de agua. Al efectuarse un enfriamiento paulatino del aire y habiendo un contenido constante de vapor de agua en él, aumenta su humedad relativa, hasta alcanzar la humedad de saturación.

Veamos ahora una aplicación práctica de los conceptos anteriores. Imaginemos un metro cúbico de aire a 35°C que contenga constantemente 15.4 g de “humedad invisible”, si nos fijamos en la tabla anterior, llegaremos a la siguiente conclusión:

A 35°C el aire puede contener 39.4 g/m3 de humedad invisible, lo que equivaldría en ese caso a un 100% de humedad relativa. Pero como sólo contiene 15.4 g, quiere decir que hay aproximadamente, un 39% de humedad relativa. Disminuyendo la temperatura de ese metro cúbico de aire de 35 a 30°C, el máximo contenido de humedad será 30.3 g/m3, pero como sigue conteniendo 15.4 g, la humedad relativa será de un 50.8%.

Sintetizaremos este proceso en una tabla:

TABLA NRO.2					
Temperatura del metro cúbico de aire en °C			Humedad relativa de éste en % con una <b>CANTIDAD CONSTANTE</b> de 15,4 g. de humedad invisible		
Disminuye la Temperatura		35 °C	39,00%		Aumenta la Humedad Relativa
		30 °C	50,80%		
		28 °C	56,60%		
		24 °C	70,60%		
		20 °C	89,00%		
		18 °C	100,00%		

Se observa que enfriando el m3 de aire de 35 a 18°C, la humedad relativa aumenta hasta llegar al 100%.

Ahora ¿qué sucede si enfriamos hasta los -20°C? A esa temperatura el aire sólo puede contener 0.90 g/m3 de humedad invisible. Pero si teníamos constantemente 15.4g; ¿qué sucedió con los 14.5 g restantes? Estos dejaron de ser invisibles y pasaron al estado líquido, o incluso, según el caso, al estado sólido.

• **La condensación superficial** (“agua en forma de rocío”) surge sobre todo cuando los elementos exteriores tienen una deficiente protección térmica. Dicho de otra forma: el punto de rocío es alcanzado sobre la superficie del lado interior. Generalmente la condensación superficial, se evita mediante un aislamiento térmico adecuado, procurando que la temperatura superficial del elemento constructivo supere la del punto de rocío de la atmósfera adyacente.

TABLA NRO.4									
Temperatura del Aire	Enfriamiento admisible del aire hasta la formación de rocío en °C, siendo la humedad erlativa del aire de								
°C	30%	40%	50%	60%	65%	70%	80%	90%	95%
-4	13,5	10,4	7,9	5,9	5	4,2	2,6	1,2	0,6
-2	13,7	10,5	8,1	6	5,4	4,2	2,6	1,3	0,6
0	13,8	10,7	8,2	6	5,1	4,3	2,7	1,3	0,7
2	14,3	11,1	8,5	6,4	5,4	4,6	3	1,5	0,7
4	14,7	11,5	8,8	6,7	5,8	4,9	3,2	1,5	0,7
6	15,1	11,8	9,2	7,1	6,1	5,1	3,2	1,5	0,7
8	15,6	12,2	9,6	7,3	6,2	5,1	3,2	1,6	0,8
10	16	12,6	9,9	7,4	6,3	5,2	3,3	1,6	0,8
12	16,4	13,1	10,1	7,5	6,4	5,3	3,4	1,6	0,8
14	16,9	13,4	10,3	7,6	6,5	5,4	3,4	1,6	0,8
16	17,4	13,6	10,4	7,8	6,6	5,5	3,5	1,7	0,8
18	17,8	13,8	10,6	7,9	6,7	5,6	3,5	1,7	0,8
20	18,1	14	10,7	8	6,8	5,6	3,6	1,7	0,8
22	18,4	14,2	10,9	8,1	6,9	5,7	3,6	1,7	0,9
24	18,6	14,4	11,1	8,3	7	5,8	3,7	1,8	0,9
26	18,9	14,7	11,2	8,4	7,1	5,9	3,7	1,8	0,9
28	19,2	14,9	11,4	8,5	7,2	6	3,8	1,8	0,9
30	19,5	15,1	11,6	8,6	7,3	6,1	3,8	1,8	0,9
35	20,2	15,6	12	8,9	7,6	6,3	4	1,9	0,9

- **La condensación en el interior** de los elementos constructivos es, con frecuencia, debida a una inadecuada disposición de las capas. Las mismas, deberán disponerse de manera tal, que el factor  $\mu.d$  disminuya en dirección del gradiente de temperatura. En la práctica, los siguientes síntomas indican con frecuencia una temperatura superficial demasiado baja de los elementos constructivos circundantes:
  - Visibilidad de las juntas de mampostería.
  - Formación de esporas en las esquinas del recinto y en los dinteles de las ventanas.
  - Agua condensada en los cristales.
  - Manchas de óxido en las cabezas de los clavos que se hallan en la pared.



El espesor aproximado en espuma Rígida de Poliestireno Expandido (EPS) **ISOTEX®** para evitar la condensación superficial se determina mediante la siguiente fórmula:

$$\left[ \frac{\Delta t}{UT} \right] - 1 = D \text{ (cm)}$$

**EPS ISOTEX®**

2.05

$\frac{\Delta t}{UT}$  = diferencia de temperatura máxima entre interior y exterior. Se extrae de la tabla **Nro.4**.

## COMPARACIÓN Y ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS

La calidad de una estructura no sólo depende de su solidez, terminación, etc., sino de sus cualidades térmicas y sus índices de comodidad y salubridad.

Una pared deficientemente aislada no sólo significa un enorme derroche de energía, sino que causa efectos nocivos a la salud. Una temperatura superficial de pared excesivamente baja, origina la sensación de “corriente de aire fría”. Esto se debe a la mayor radiación de calor ( $\Delta t$  mayor) del cuerpo humano hacia la pared, con el consiguiente decrecimiento de la temperatura superficial de la piel.

En los diagramas siguientes se analizarán 3 tipos de estructuras diferentes que regularmente son observables en la práctica. El espesor de las paredes representa resistencia a la difusión total ( $\mu.d$ ) mientras que cada una de sus capas, está representada, no por su espesor sino por su resistencia a la difusión parcial.

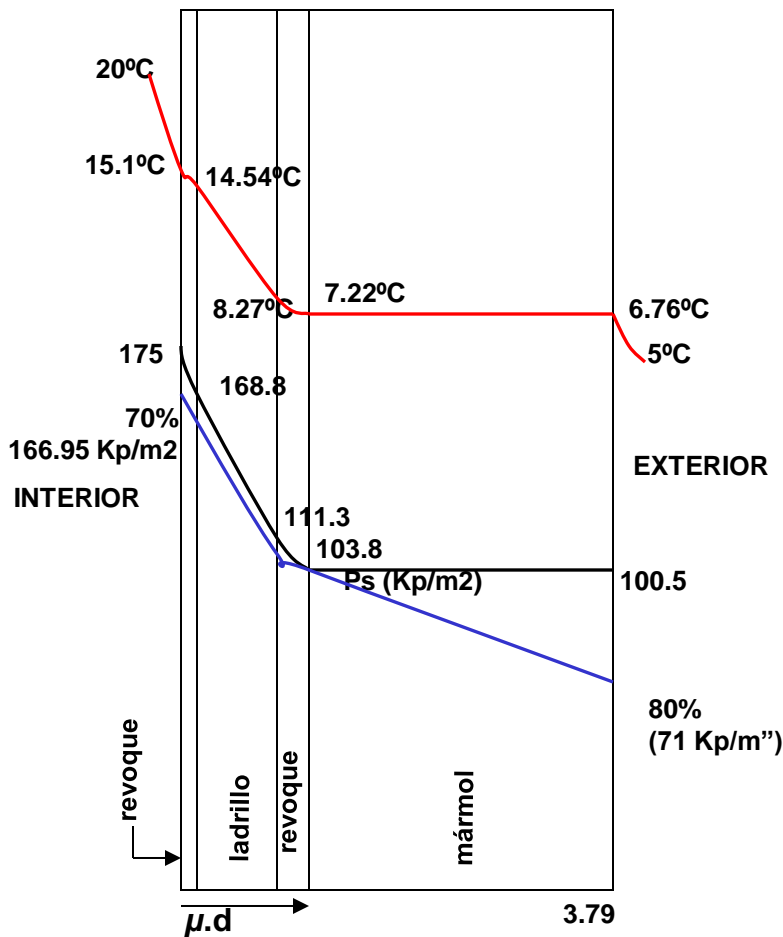
Las condiciones impuestas son:

- Humedad relativa interior: 70%; temperatura interior 20°C
- Humedad relativa exterior: 80%; temperatura exterior 5°C
- Film de aire  $\alpha_i + \alpha_e = 0.19 \text{ m}^2 \text{ h K} / \text{Kcal}$

### CASO 1:

La pared aquí expuesta carece de debida aislación térmica; asimismo, la disposición de capas es totalmente errónea. La curva de presión de vapor saturado, en función de la variación de temperatura, es tangente a la curva de presión parcial de vapor: en este caso, la pared se deteriorará al cabo del tiempo. A su vez, la temperatura superficial es excesivamente baja (15.1°C), produciéndose condensación superficial por encima del 73% de humedad relativa.

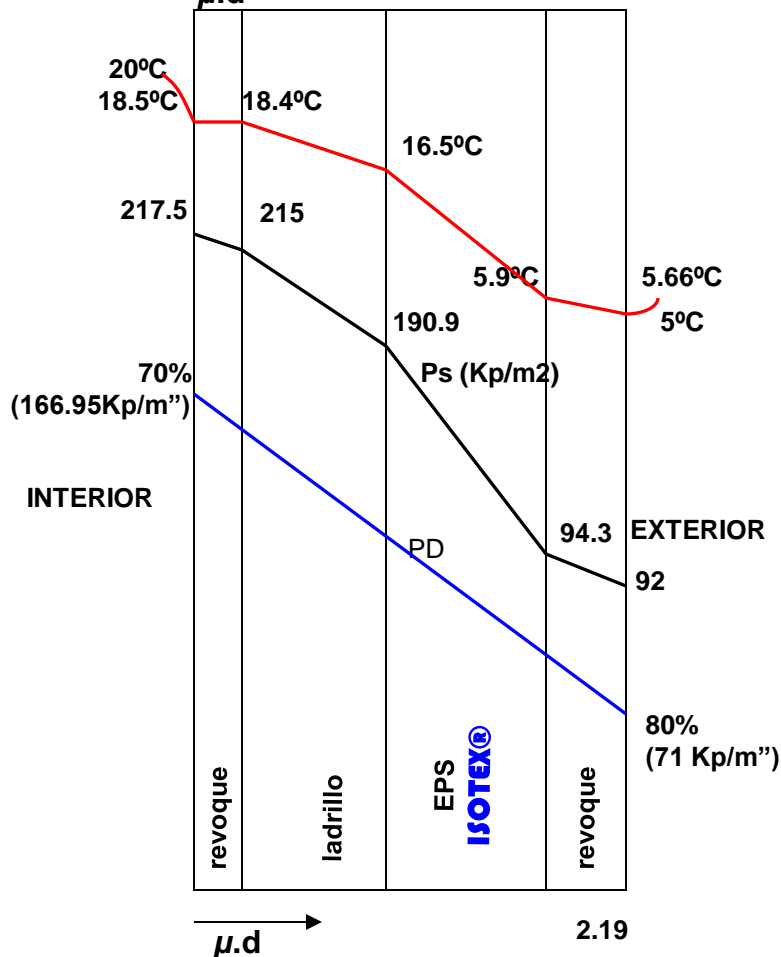
## (CASO 1)



CARACTERÍSTICAS DEL MURO		
	D (cm)	d/λ
		(m2 h K/kcal)
REVOQUE	1	0,016
LADRILLO	12	0,179
REVOQUE	2	0,33
MÁRMOL	2,5	0,13
VALOR K (kcal/m2 h k)		2,33
TEMP. SUPERFICIAL		15,10°C
EVALUACIÓN AMBIENTE INHÓSPITO.		
ENORME PÉRDIDA DE ENERGÍA PARA		
MANTENER LA TEMPERATURA INTERIOR.		
DAÑOS EN LA ESTRUCTURA.		
CONSUMO DE QUEROSENO		7 Lts.
POR M2 EN		
100 DÍAS INVIERNO (Δt = 10°C)		

## CASO 2:

Aquí se dispuso una capa asilante de EPS **ISOTEX®** de sólo 3cm. de espesor (con las juntas escalonadas) por la parte externa. El estudio del comportamiento físico no acusa condensaciones internas. La temperatura mínima superficial es de 18.52°C; por lo tanto sólo se alcanzaría condensación superficial por encima del 60% de humedad relativa.



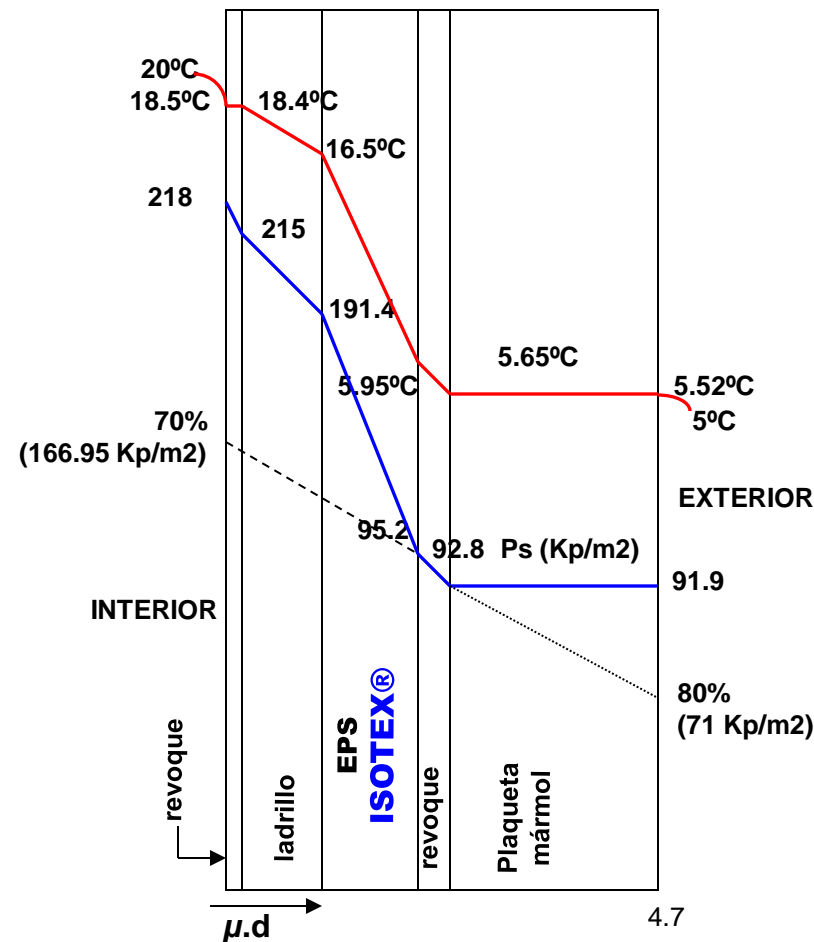
CARACTERÍSTICAS DEL MURO		
	D (cm)	d/λ (m2 h K/kcal)
REVOQUE	1	0,016
LADRILLO	12	0,179
EPS ISOTEX	3	1,111
REVOQUE	2	0,033
VALOR K (kcal/m2 h k)		0,705
TEMP. SUPERFICIAL		18,25°C
EVALUACIÓN		
COMPORTAMIENTO FÍSICO CORRECTO		
ÓPTIMAS CONDICIONES MICROCLIMÁTICAS		
CONSUMO DE QUEROSENO		2,11 Lts.
POR M2 EN		
100 DÍAS INVIERNO (Δt = 10°C)		

### CASO 3:

Las plaquetas de mármol, tejas vidriadas, baldosas, etc., dispuestas de manera equívoca, pueden causar daños a la construcción. Por su elevada resistencia a la difusión (ver tabla Nro.3), pueden adoptar el papel de barrera de vapor. Esto no necesariamente es una cualidad negativa, dependiendo de los efectos dañinos de la ubicación de la capa. En este caso, la curva de presión de vapor saturado ( $P_s$ ) es tangente a la curva de presión parcial. Pero esta circunstancia sola, no justifica la suposición de que puedan esperarse daños en la construcción.

**Solamente el cálculo exacto** de la cantidad de agua que difunde hacia adentro y hacia afuera por la pared, puede mostrar si efectivamente existe peligro para un muro con esta estructura. En el caso 3, la cantidad de condensado que penetra, se sitúa alrededor de los 0.23 g/m<sup>2</sup>h, mientras que la cantidad que podría evacuarse hacia afuera es de aproximadamente 0.05 g/m<sup>2</sup>h.

**Conclusión:** la estructura quedará empapada. Si bien las espumas aislantes absorben ínfimas cantidades de agua (ver propiedades físicas del EPS), sin perder sus cualidades aislantes, pueden “empaparse” de agua por condensación interna a la celdilla. Los daños así originados son generalmente irreversibles. En la tabla NRO.5, se aprecia en qué proporción aumenta  $\lambda$  \* a medida que aumenta el contenido de agua dentro del aislante.



CARACTERÍSTICAS DEL MURO		
	D (cm)	d/λ
		(m2 h K/kcal)
REVOQUE	1	0,016
LADRILLO	12	0,179
EPS ISOTEX	3	1,111
REVOQUE	2	0,03
MÁRMOL	2,5	0,013
VALOR K (kcal/m2 h k)		0,70
TEMP. SUPERFICIAL		18,52°C
EVALUACIÓN ERRÓNEA DISTRIBUCIÓN DE CAPAS. LA APARICIÓN DE AGUA DE CONDENSACIÓN SE PODRÍA ELIMINAR CON UN ADECUADO CONTRA VAPOR POR EL LADO INTERIOR.		
CONSUMO DE QUEROSENO		2,10 Lts.
POR M2 EN		
100 DÍAS INVIERNO (Δt = 10°C)		
(ESTE VALOR DEBE ENTENDERSE TEÓRICO, DADO QUE AL AUMENTAR LA CONDENSACIÓN DENTRO DE UNA ESTRUCTURA, DECRECE SU VALOR K CON EL CORRESPONDIENTE AUMENTO DEL CONSUMO).		

TABLA NRO.5				
COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TÉRMICA DE EPS <b>ISOTEX</b> CON 0 A 80% DE HUMEDAD				
MÉTODO DE ENSAYO: DIN 52 416				
Peso del material	Contenido de Humedad en			Coeficiente de conductividad
en Kg/ m3		% vol.	% peso	Térmica en Kcal/m h °C
20		0	0	0,027
30		1	50	0,028
50		3	150	0,031
70		5	250	0,034
120		10	500	0,45
220		20	1000	0,75
320		30	1500	0,11
620		60	3000	0,25
820		80	4000	0,36

Los coeficientes arriba mencionados son valores de referencia. Su validez rige también para otras espumas de plástico.

(Realizado por Forschungsinstitut für Wärmeschutz E. V. München).

## RESUMEN:

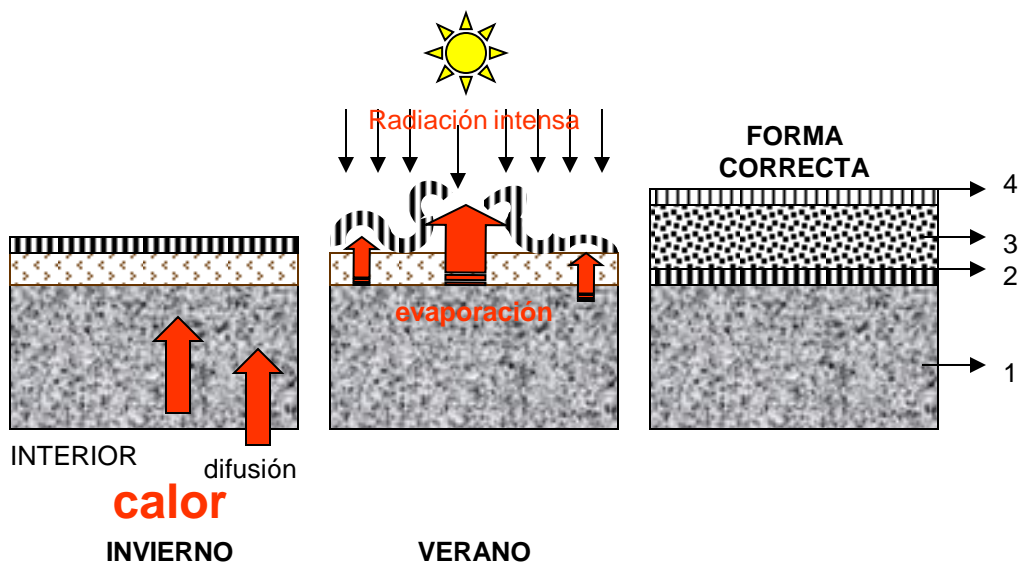
El peligro de la condensación de vapor de agua disminuye:

- Con el descenso de la humedad relativa del aire.
- Con descendente diferencial de temperatura entre el interior y el exterior.
- Cuando existe una capa de aislamiento térmico adecuado por la parte exterior.
- Cuando la capa más estanca a la difusión se dispone por la parte caliente.

## PROBLEMA DE DIFUSIÓN DE VAPOR DE AGUA EN LAS LOSAS

En el caso de las losas no aisladas, o inadecuadamente aisladas, se origina condensado por debajo de la capa impermeable ( $\mu.d = 15.000$ ).

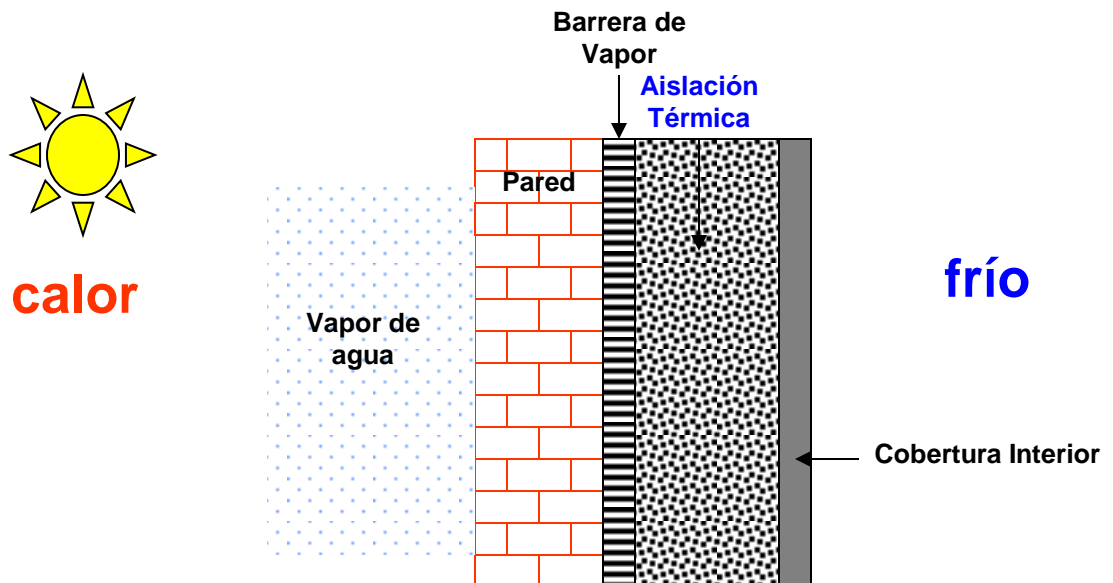
A la acción intensa de los rayos solares, esta agua trata de difundir hacia el lado frío (interior); pero como el hormigón de la losa no permite una evacuación lo suficientemente rápida, se forman “burbujas de vapor” en la capa impermeable, que luego (por la acción de los rayos u.v.) se agrietan causando los trastornos correspondientes (filtración de agua, etc.).

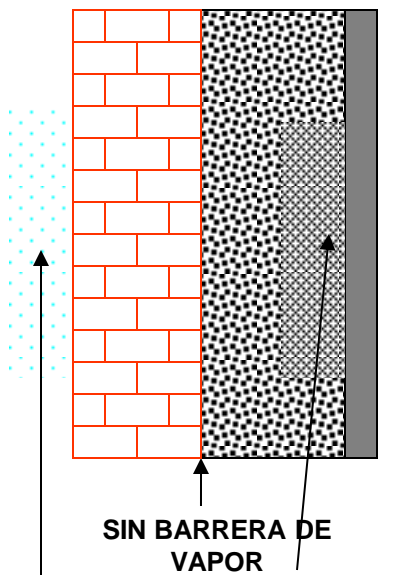


1. LOSA
2. BARRERA DE VAPOR USADA A LA VEZ COMO CAPA IMPERMEABLE
3. **ISOTEX EPS** AUTOTRABANTE
4. TERMINACIÓN CON O SIN IMPERMEABILIZANTE OPCIONAL  $\mu.d$  MENOR QUE EN LA BARRERA DE VAPOR (2)

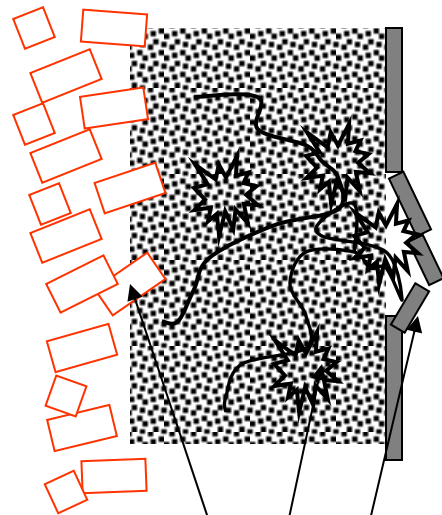
## ...Y EN CÁMARAS FRIGORÍFICAS

Imaginémonos una cámara de frío a la cual no se le ha colocado una barrera de vapor. En su interior, hay una temperatura de  $-20^{\circ}\text{C}$ . La temperatura externa promedio de  $+20^{\circ}\text{C}$ , el aire contiene más humedad invisible por metro cúbico, que el aire interior, por lo cual aparece una presión de vapor de agua mayor del lado donde hay más humedad, que del lado donde hay menos humedad. Esta diferencia de presiones parciales de valor de agua es la causante del siguiente proceso:





**CONDENSACIÓN DE VAPOR  
Y ACUMULACIÓN DE AGUA**

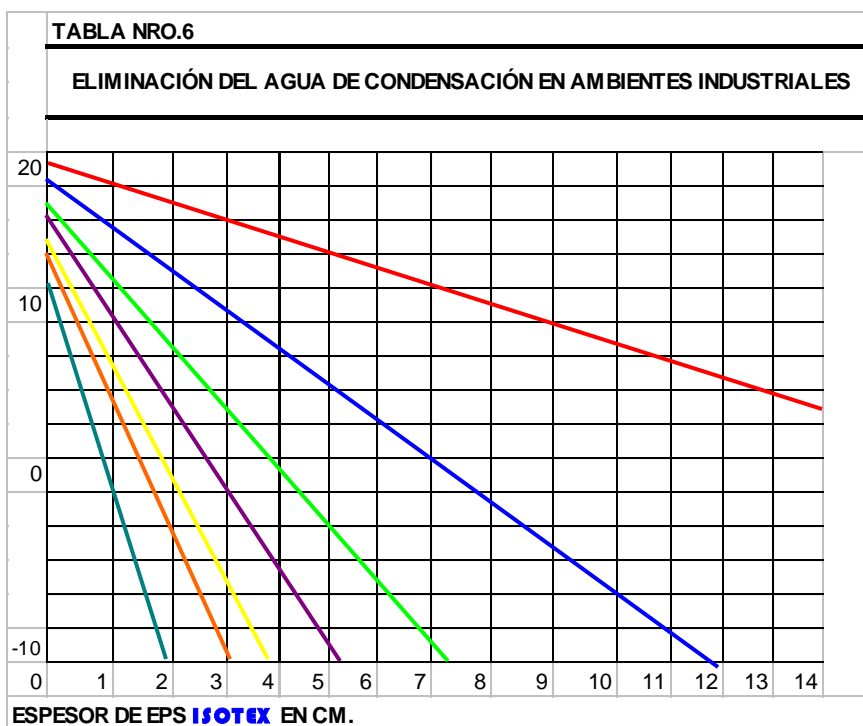


**FORMACIÓN DE HIELO Y  
DETERIORO DE LA  
ESTRUCTURA DEL EDIFICIO**

El vapor del agua del lado “caliente” traspasa los elementos constructivos de la pared, (ladrillos, revoque, aislación, etc.) hacia el lado frío. A medida que la humedad invisible difunde a través de la pared (LA CUAL NO LLEVA LA BARRERA DE VAPOR) se acercará al interior, o sea que su temperatura irá disminuyendo lentamente. Hagamos ahora una abstracción e imaginemos un “trozo” de aire que pasa por la pared. Poco a poco se irá enfriando, por lo cual decrece su capacidad de “retener” vapor de agua, hasta alcanzar el punto de rocío e incluso pasarlo. Cada vez puede contener menos humedad pero... ¿dónde deja la que irá sobrando? Esta con el tiempo se condensará dentro de la pared, originando así el llamado “empapado”. ¿Qué le sucede al aislante? El aislante térmico, fuera el que fuere, también deja pasar vapor de agua (esto no quiere decir, que sea permeable al agua en sí). Este vapor de agua se condensará también dentro del material aislante (sea cual fuera) originando así una enorme pérdida de su valor aislante. **POR CADA % DE HUMEDAD DENTRO DE UN AISLANTE TÉRMICO, SE ANULA APROXIMADAMENTE 5% DE SU VALOR AISLANTE**, según datos del Instituto de Investigaciones Térmicas – Munich. (ver tabla Nro.5).

Esto implicaría mayores costos de refrigeración, dado que el equipo de frío tiene que extraer más calor, significando esto: movimiento de compresores o sea, gatos de electricidad o combustibles, de manutención, de reparación, etc. Pero la más importante consecuencia final sería la formación de hielo dentro de la construcción, la cual llevaría a la destrucción sucesiva de las partes estructurales del edificio, causando enormes pérdidas materiales.

En muchos casos, son suficientes varias capas de una pintura especial para impedir la difusión. En casos de extrema exigencia, como en instalaciones de lavanderías, hilanderías, etc., es casi siempre necesario disponer un cortavapor por la parte caliente.



El problema de la Condensación de vapor de agua en techos y paredes (zinc o similar) de los locales industriales, constituye un problema muy serio, en particular en la industria textil, papelera y alimenticia.

Con buena ventilación solamente, no es posible hallar una solución adecuada.

Es imprescindible para el buen éxito, emplear adicionalmente una buena aislación para los cielo rasos y, eventualmente, de parte de las paredes.

Es necesario recalcar que cada caso individual plantea problemas particulares, pero en forma general, pueden formularse las siguientes directivas:

- La temperatura y la humedad relativa del aire se miden lo más próximas posible a las paredes donde se produce la condensación del vapor de agua.
- Se toma como temperatura exterior, la temperatura mínima promedio invernal.
- Mediante el empleo de la gráfica que antecede, determínese luego el espesor de la espuma Rígida de Poliestireno Expandido (EPS) **ISOTEX®** requerido.

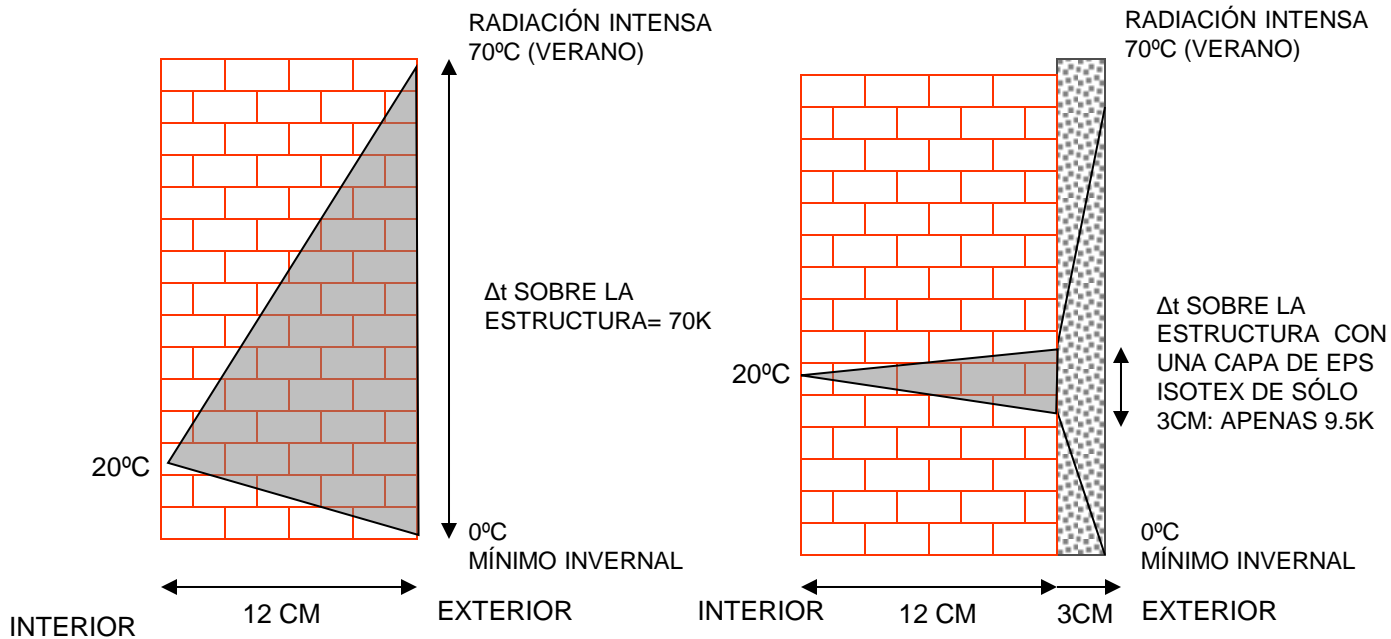
## DILATACIÓN TÉRMICA

Casi todos los materiales se dilatan al calentarse y se contraen al enfriarse. El coeficiente  $\beta$  de dilatación térmico-lineal es función de cada material y se expresa en mm/m °C – o en el sistema S.I. – en 1/K.

Una exagerada temperatura superficial, no sólo es perjudicial para la estructura misma sino que aumenta la entrada de calor al ambiente. Mediante un adecuado aislamiento exterior, se reducen notablemente las fatigas térmicas, pudiéndose aumentar las distancias entre juntas de dilatación.



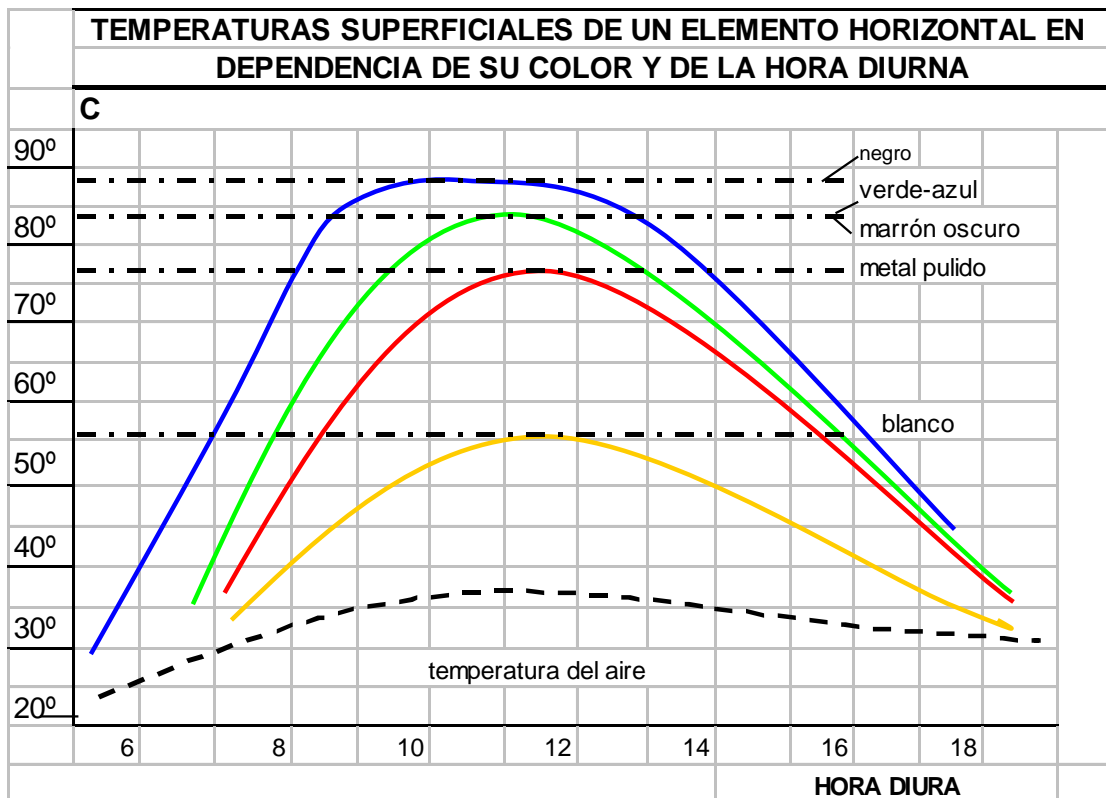
# DISMINUCIÓN DE LA DILATACIÓN POR AISLAMIENTO TÉRMICO EXTERNO



En las tablas siguientes, se expresan algunos valores, tanto de  $\beta$  como de temperaturas superficiales según el color de la superficie.

TABLA NRO.7	
COEFICIENTES DE DILATACIONES TÉRMICO-LINEALES (mm/m K)	
HORMIGÓN ARMADO	0,010 -0,015
LADRILLO	0,005
REVOQUE	0,011
MOSAICO CERÁMICO	0,008
PLAQUETAS DE MÁRMOL	0,008
FIBROCEMENTO	0,012
MADERA	0,05
ACERO	0,012
ALUMINIO	0,024
EPS ISOTEX	0,06
VIDRIO	0,008
PLÁSTICO REFORZADO	0,02

Una plancha de hormigón de 10mtx. De largo expuesta a una diferencia de temperatura de 50°C, sufre una dilatación lineal de  $10 \times 50 \times 15 \times 10^{-6} = 7.5\text{mm}$ .



Esto explica por qué, fuere cual fuere la resistencia del mortero o del sistema de impermeabilización, ambos terminarán por agrietarse. Para no exponer la estructura a tensiones térmicas pronunciadas es imprescindible, aislarlas térmicamente por el lado exterior.

## LA CORRECTA DISPOSICIÓN DE UNA CAPA AISLANTE DE ESPESOR ADECUADO EVITA:

- Las tensiones térmicas (contracción, dilatación) de la estructura.
- El deterioro de la capa impermeable por acción de rayos u.v.
- La formación de agua sudado por la parte inferior.
- Gastos prohibitivos de energía para climatizar el ambiente.
- La destrucción sucesiva de mampostería, pinturas, empapelados, etc.
- La anulación total o parcial aislante.
- Los ambientes inhóspitos.

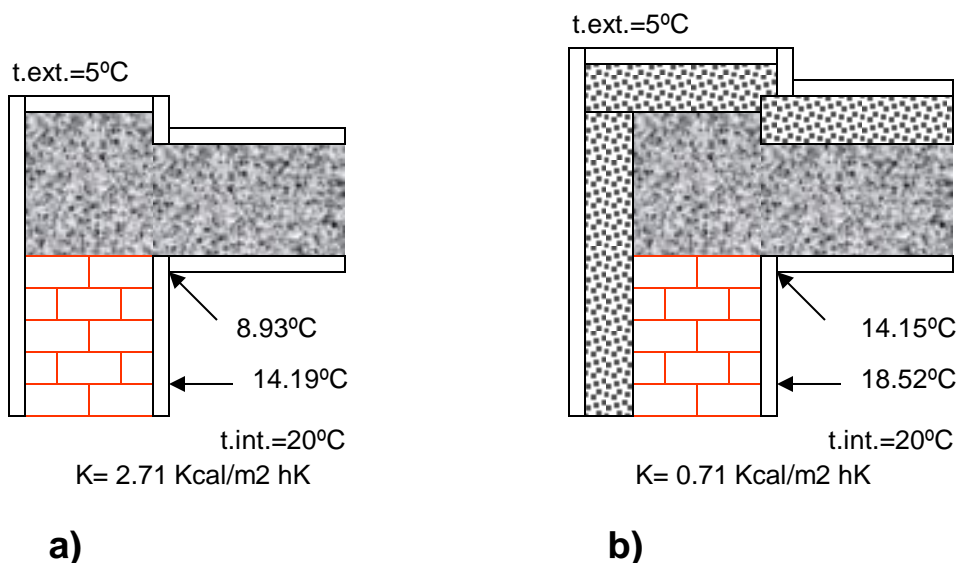
## PUENTES TÉRMICOS

Los puentes térmicos son zonas localizadas de una construcción, que posee una aislación térmica deficiente. Debido al mayor flujo de calor, en dichos lugares decrece la temperatura superficial, alcanzando el punto de rocío.

Esto trae como consecuencia la formación de agua de condensación, fomentando la proliferación de hongos, moho y manchas oscuras en las paredes y techos, con la consiguiente destrucción de la mampostería, empapelados, pintura, etc.

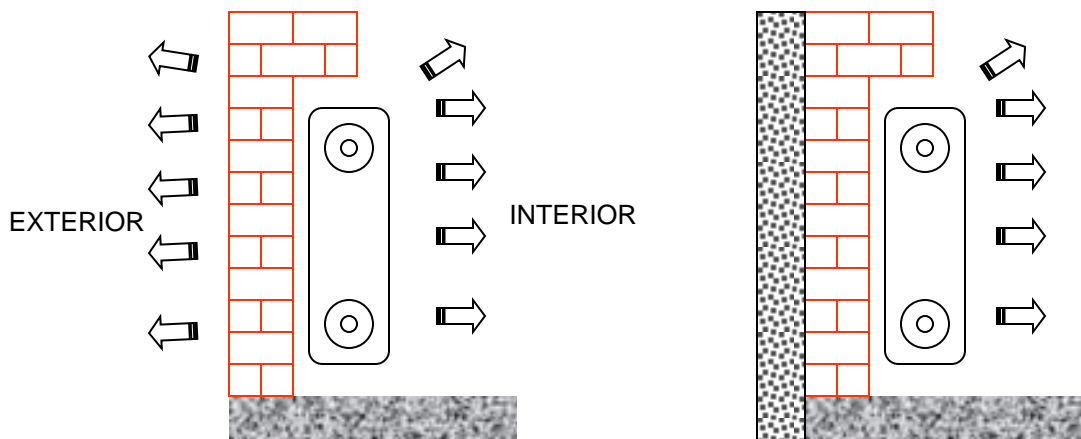
El único método seguro para evitar estos puentes térmicos, es proveer a la construcción de una capa aislante con un espesor **debidamente calculado**. Las características de esta dilatación varían según el lugar donde aparece el problema y las condiciones ambientales reinantes. Ejemplos:

•**Esquinas externas.** En estos lugares, se producen deformaciones en las líneas de flujo de calor. Por tal razón, la temperatura superficial en dichas zonas llega a ser un 40% menor que en la pared lisa, traduciéndose esto en condensaciones y sus lamentables consecuencias. (Fig. a).



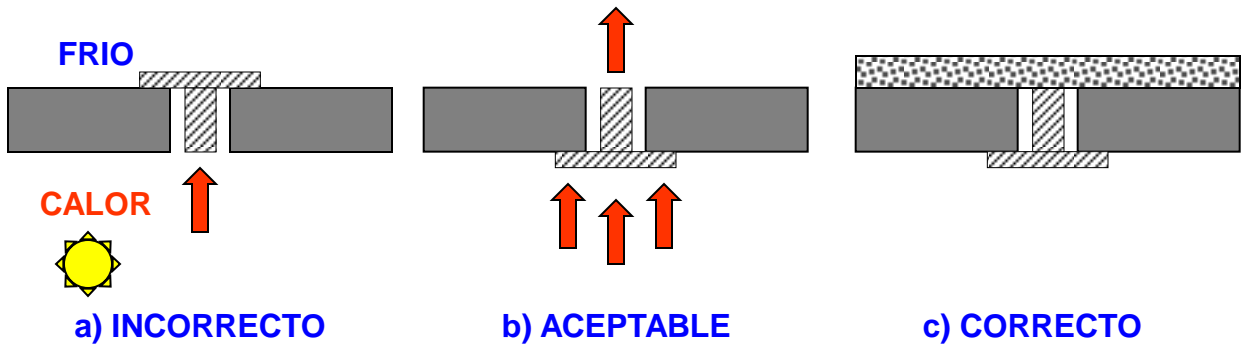
En caso de paredes externas con suficiente aislación térmica, dispuesta del lado externo, este problema desaparece (Fig.b).

Otro lugar donde es común la formación de agua de “sudado”, son los nichos de los radiadores de calefacción. Ahí, además, se materializa una considerable pérdida de calor, dada la insuficiente aislación térmica de la pared.



Los balcones y vigas sobresalientes son otros lugares factibles de condensaciones y pérdidas de calor.

Cuando las vigas traspasan la estructura, en perfiles portantes, etc., hay que considerar la forma en que son colocados. (fig. a, b, c).



En **a)** La superficie irradiadora de calor es mayor que la receptora de calor, por lo tanto, la reposición es insuficiente, bajando la temperatura superficial.

En **b)** La situación es a la inversa, la reposición de calor es mayor: es una solución viable, cuando las diferencias de temperatura son pequeñas.

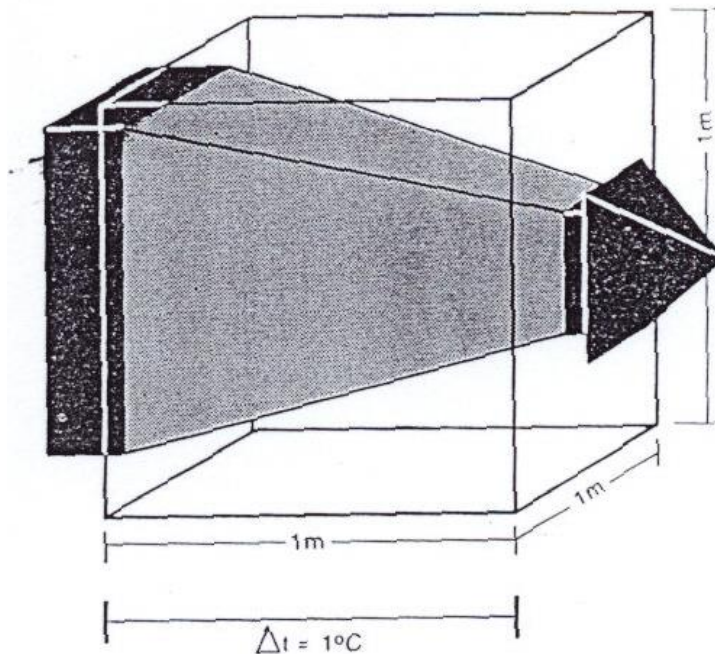
En **c)** Se observa una solución concreta, que elimina los puentes térmicos. Este boletín pretende ser solamente una introducción a este tema. Los puentes térmicos aparecen de las formas más diversas, no habiendo una regla sencilla y global para combatirlos.

# $\lambda$ (Kcal/mh $^{\circ}$ C)

El coeficiente de conductibilidad térmica ( $\lambda$ ) indica la cantidad de calor (Kcal) que en una hora fluye a través de una sección de 1m<sup>2</sup> de una capa de un metro de espesor de un material, si la diferencia de temperatura entre las dos superficies es de 1 grados Celsius, y las caras restantes están aisladas térmicamente.  $\lambda$  puede considerarse como una magnitud específica de cada material variando su dimensión según las condiciones a que se le someta.

A partir del 31/12/1977, la unidad de medida de  $\lambda$  en el sistema S.I es el W/mK

$$1 \text{ Kcal/mhK} = 1.163 \text{ W/mK}$$



Asimismo, la temperatura se mide en Kelvin (K). Dicha escala termométrica absoluta, parte del 0 absoluto (-273 $^{\circ}$ C); dada la consideración de un solo signo (no hay temperaturas negativas) el uso del Kelvin simplifica enormemente el cálculo termodinámico.