

INFORME TÉCNICO

para

El Subcomité de Acondicionamiento Térmico de Edificios de IRAM

Tema:

EVALUACIÓN DE LA RESISTENCIA TÉRMICA “R” Y TRANSMITANCIA TÉRMICA “K”
DE BLOQUES CERÁMICOS MEDIANTE NORMAS IRAM. COMPARACIÓN CON OTROS
BLOQUES CERAMICOS.

Autor:

Dr. Ing. Arq. Jorge D. Czajkowski

LAYHS - FAU - UNLP / CIC / CONICET



Lugar y fecha:

La Plata, 24 marzo 2021

Introducción

A partir de una evaluación previa de las características físicas y térmicas de bloques cerámicos huecos y ante la inminente posibilidad de actualización de la NORMA IRAM 11601 se propone este análisis. Lo motiva el debate que se ha generado en el Subcomité de acondicionamiento térmico de edificios la inclusión de “nuevos modos” o “procedimientos alternos” NO CONTEMPLADOS en las series de normas de cumplimiento obligatorio por la Ley 13059 junto a los Códigos de Edificación de Rosario (2013) y CABA (2018).

En el LAyHS entendemos que el único camino para determinar la resistencia térmica de nuevos componentes constructivos es el de “Caja caliente con guarda”. Siendo un método experimental probado a lo largo de décadas.

También por experiencia entendemos que la simulación numérica en sus diversas variantes es un camino que parte de la modelización de un objeto y que es muy afectado por las variables de entrada. En nuestro caso la conductividad térmica en W/m^{-1} del material. Sea cerámica, plástico, madera concreto o metales. El largo del recorrido que pueda hacer la onda de calor desde una cara con menos temperatura a una con más temperatura variará con el formato del bloque. Y luego la conformación de los mampuestos junto a las juntas de asiento en 1 m² de muro.

Pero hay condicionamientos del material en estado húmedo (arcilla) en el proceso de extrusión que en parte limitan y condicionan el bloque resultante junto a una cierta resistencia mínima para su manipuleo. Y de allí los productos que nos ofrece el mercado desde hace al menos unos 70 años.

La evaluación se emprende debido a dudas que generan los valores ofrecidos en la *actualización* de la Norma 11601. Independientemente de la calidad del trabajo del INTI y de los fabricantes.

Descripción del procedimiento de verificación

Así se propone un método teórico basado en la Norma IRAM 11601¹ y se contrasta con la Norma IRAM 11605² el muro construido con el bloque “doble

¹ IRAM 11601. Aislamiento térmico de edificios. Métodos de cálculo. Propiedades térmicas de los componentes y elementos de construcción en régimen estacionario. 10/10/2002.

² IRAM 11605. Acondicionamiento térmico de edificios. Condiciones de habitabilidad en edificios. Valores máximos de transmitancia térmica en cerramientos opacos. 06/12/1996.

pared". Y luego se extiende a otros usuales como los de 18x18x33, 12,18x33 y 8x18x33cm a los fines de comparación.

En todos los casos se adopta como localidad de referencia La Plata, con clima templado cálido húmedo zona IIIb (Lat: 34° 56' S Long: 57° 57' O) con una temperatura mínima de diseño de -2.5°C que está localizada a 26 msnm.

Para ciertas verificaciones (IRAM 11605 y 11625) se utiliza el programa desarrollado por la Universidad Nacional de Tucumán llamado CEEMACON ©.

Los valores higrotérmicos se toman preferentemente de la Norma IRAM 11601.

1. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL BLOQUE "DOBLE PARED".

Se obtuvo por cortesía de la Empresa Fanelli S.A. unos bloques para la experiencia. Los bloques cerámicos se dejaron 7 días en el interior del laboratorio a fin de estabilizar su contenido de humedad.

Luego se procedió a su pesado a fin de conocer la masa media de estos. Se pesaron en secuencia los 5 bloques mediante una balanza de maletas. En la tabla 1 se muestra el resultado de la pesada y el valor medio obtenido con su dispersión.

TABLA 1: Pesaje de una muestra de 5 (cinco) bloques tipo "doble pared" de 20x18x33 cm.

Muestra	Ensayo					Promedio
	1° Pesaje	2° Pesaje	3° Pesaje	4° Pesaje	5° Pesaje	
Bloque N°1	7.71	7.44	7.48	7.44	7.44	7.502
Bloque N°2	7.71	7.26	7.44	7.26	7.35	7.404
Bloque N°3	7.71	7.39	7.71	7.48	7.35	7.528
Bloque N°4	7.71	7.48	7.26	7.26	7.37	7.420
Bloque N°5	7.71	7.35	7.26	7.48	7.48	7.456
Masa media en kg (desv est 0.05)						7.462

Puede notarse que el peso medio de cada bloque es de 7.46 kg.

Nota: los valores consignados en la Norma IRAM 11601 se entiende que poseen un contenido de humedad medio del 10%. El LAyHS no posee una mufra para calentar los bloques a fin de retirar la mayoría del agua en su masa y obtener el peso seco. Dado que la conductividad de un material es afectada por la humedad, es algo que debiera tenerse en cuenta en un estudio preciso.

1.1 Dimensiones del bloque.

A fin de determinar el volumen de material cerámico se procedió a medir una de las muestras y el resultado se muestra en la Figura 1.

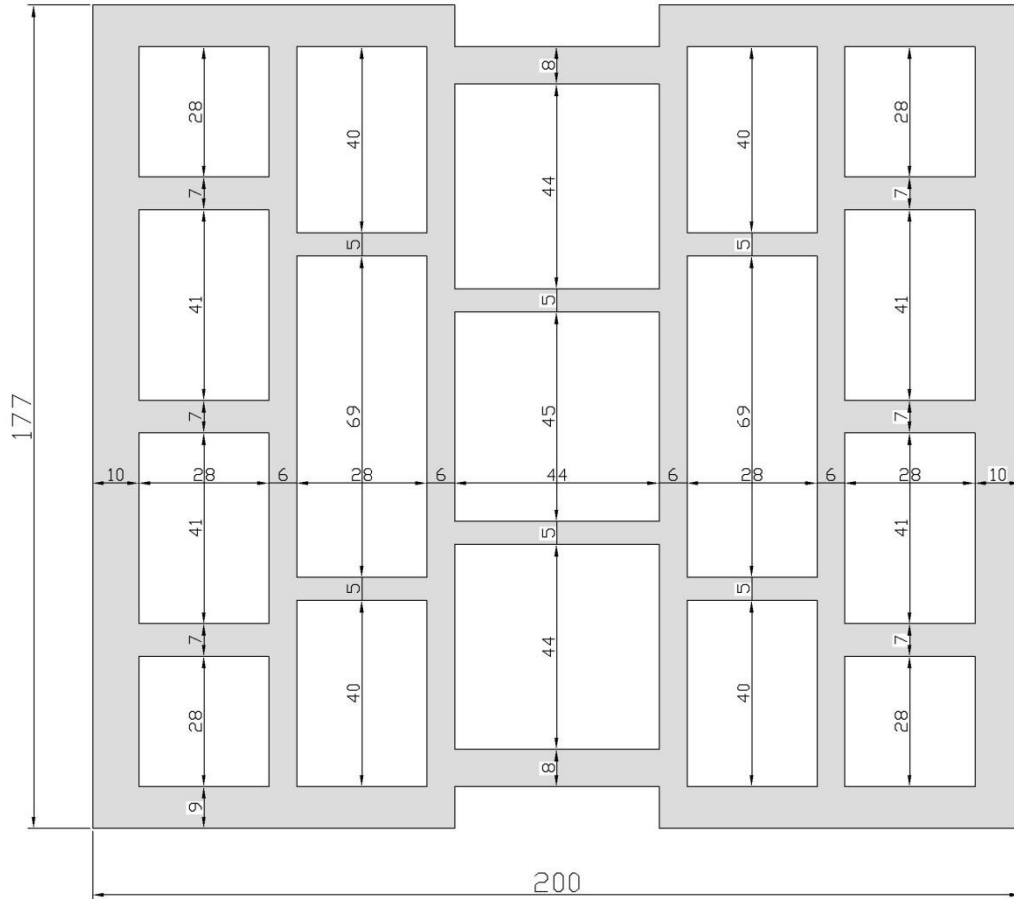


Figura 1: Sección del bloque “doble muro” mostrando sus dimensiones

Tabla 2: Característica dimensional del bloque.

	Dimensiones (cm)	Área (cm ²)	Volumen (cm ³)
Total	20x18x33	-	-
Masa	-	126.84	4185.72
Huecos	-	219.24	7234.92

1.2. Determinación de la densidad

Dado que conocemos la masa media de la muestra de bloques de 7.46 kg y el volumen de estos de 0.04186 m³ podemos conocer la densidad media.

$$\delta = 7.46 \text{ kg} / 0.004186 \text{ m}^3 = 1782 \text{ kg/m}^3$$

1.3. Determinación de la conductividad térmica “λ”

La Norma IRAM 11601 ofrece *valores homologados* de conductividad térmica de materiales cerámicos para densidades entre 1600 a 2000 kg/m³.

MAMPOSTERÍA DE LADRILLOS Y BLOQUES MACIZOS		
Ladrillo cerámicos macizos	1600	0,81
	1800	0,91
	2000	1,10

Figura 2: Extracto de la Norma 11601.

Con estos valores se realiza una correlación y se obtiene una expresión que nos permite conocer la conductividad térmica a partir de la densidad del material cerámico.

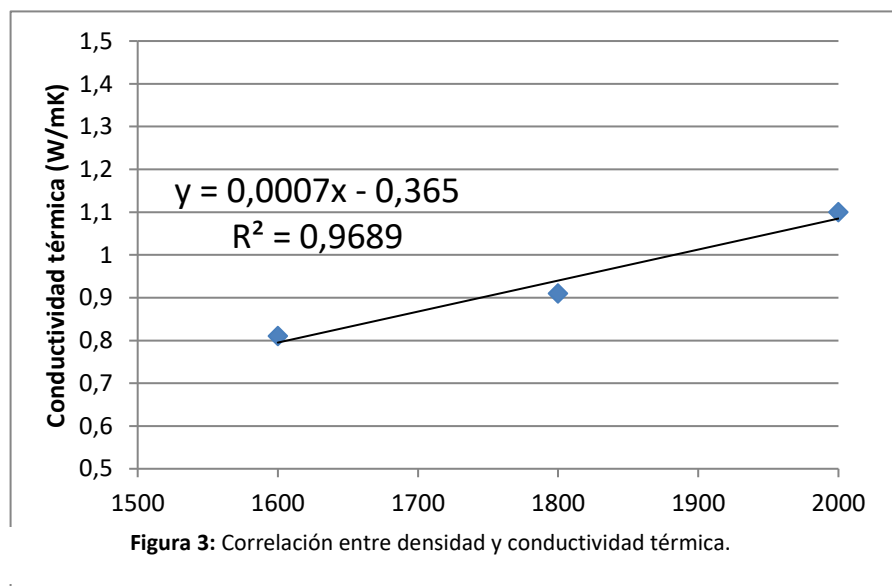


Figura 3: Correlación entre densidad y conductividad térmica.

Así:

$$- \lambda = 0.0007 \delta - 0.365 \text{ con un } R^2 \text{ de } 0.9689$$

$$\lambda_{\text{bloque}} = 0.0007 \times 1782 \text{ kg/m}^3 - 0.365 = 0.882 \text{ W/mK}$$

Entonces obtenemos que la característica térmica de la cerámica utilizada para la fabricación del bloque doble pared tiene una conductividad térmica $\lambda = 0.882 \text{ W/mK}$

El valor obtenido difiere en demasía con el de $\lambda = 0.353 \text{ W/mK}$ que **POR SOLICITUD EXPRESA del CLIENTE** utilizó el INTI Ref: OT N°224-455 del 11/09/19.

1.4. Determinación resistencia térmica ponderada

La Norma IRAM 11601 permite determinar en estado estacionario la resistencia térmica de un bloque en dos pasos.

- Una sección transversal del bloque se divide en zonas térmicas (figura 4), se calcula la resistencia térmica de cada zona y luego se pondera en función de la sección en contacto con el aire exterior.

- b. Se toma una porción de un metro cuadrado de muro con la traba en "soga" y se determina la superficie expuesta al exterior de cada zona térmica (figura 5), se pondera a fin de obtener la resistencia térmica del mampuesto. Se compara con otros bloques similares de la IRAM 11601.

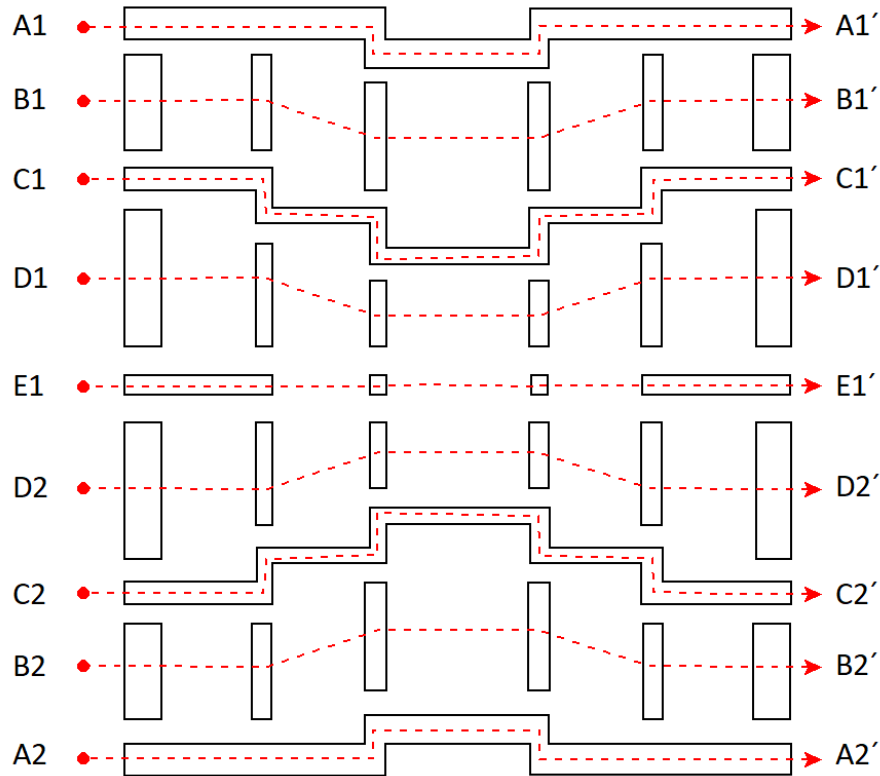


Figura 4: Despiece en sectores térmicos del bloque.

Cálculo:

$$ZT A1 \rightarrow R_{A1} = e / \lambda = 0.21 \text{ m} / 0.882 \text{ W/mK} = 0.238 \text{ m}_2\text{K/W}$$

$$ZT B1 \rightarrow R_{B1} = \sum e / \lambda + R_{CA} = 2 \times 0.01 / 0.882 + 4 \times 0.006 / 0.882 + 5 \times 0.11 \text{ mK/W} = 0.60 \text{ m}_2\text{K/W}$$

$$ZT C1 \rightarrow R_{C1} = e / \lambda = 0.33 \text{ m} / 0.882 \text{ W/mK} = 0.374 \text{ m}_2\text{K/W}$$

$$ZT D1 \rightarrow R_{D1} = R_{B1}$$

$$ZT E1 \rightarrow R_{E1} = \sum e / \lambda + R_{CA} = 2 \times 0.044 / 0.882 + 2 \times 0.006 / 0.882 + 3 \times 0.11 \text{ mK/W} = 0.44 \text{ m}_2\text{K/W}$$

$$R_{\text{bloque}} = (10 \times 0.238 \times 0.01 + 10 \times 0.60 \times 0.028 + 10 \times 0.374 \times 0.006 + 5 \times 0.44 \times 0.006) / 1 = 0.014 \text{ m}_2\text{K/W}$$

En tabla 3 se muestra el procedimiento para un metro cuadrado de muro y se desprecia el puente térmico por juntas.

Rt'	espesor	Rt''
m2K/W	m	m2K/W
0,238	0,010	0,002
0,600	0,028	0,017
0,374	0,006	0,002
0,600	0,041	0,025
0,440	0,006	0,003
0,600	0,041	0,025
0,374	0,006	0,002
0,600	0,028	0,017
0,238	0,010	0,002
	0,176	0,095
Resistencia	Térmica	0,56

Tabla 3: Cálculo Rt ponderada

1.5. Verificación del K_{adm} para La Plata (IRAM 11605)

Un muro construido con este bloque y revocado en ambas caras tendrá una transmitancia térmica K de:

$$\begin{aligned}
 K_{\text{bloque}} &= 1 / (R_{si} + R_{\text{revoque}} + R_{\text{bloque}} + R_{\text{revoque}} + R_{se}) = \\
 &= 1 / (0.13 + 0.017 + 0.56 + 0.017 + 0.04) = \\
 &= 1 / 0.76 = \\
 &= 1.32 \text{ W/m}^2\text{K (NO CUMPLE IRAM 11605)}
 \end{aligned}$$

Dónde:

$$R_{\text{revoque}} = 0.02 \text{ m} / 1.16 \text{ W/mK} = 0.017 \text{ m}^2\text{K/W}$$

El valor admisible para la Ciudad de La Plata (Aeropuerto) con una TDMN = -2.5°C es un $K_{adm} = 0.92 \text{ W/m}^2\text{K}$

1.6. Determinación de las temperaturas superficiales exteriores en cada zona térmica.

La Norma IRAM 11625 de riesgo de condensación superficial e intersticial plantea un procedimiento de cálculo por el cual pueden calcularse con rango de diferencia aceptable las temperaturas de bulbo seco y de rocío en cada capa que compone el sistema térmico del bloque. Siempre se requiere la condición de que el sistema se encuentre en régimen estacionario.

El programa CEEMACON desarrollado por la Universidad Nacional de Tucumán y con *homologación tácita* de la Secretaría de la Vivienda de Nación y el Instituto de la Vivienda de la

Provincia de Buenos Aires que lo utilizan en las certificaciones de aptitud técnica, es una herramienta válida.

Mediante el CEEMACON encontramos que hay riesgo de condensación superficial e intersticial en las zonas térmicas A y C (Figura 5). Mientras que en las zonas B y D podría haber en la cara exterior del bloque o en el revoque exterior (figura 6).

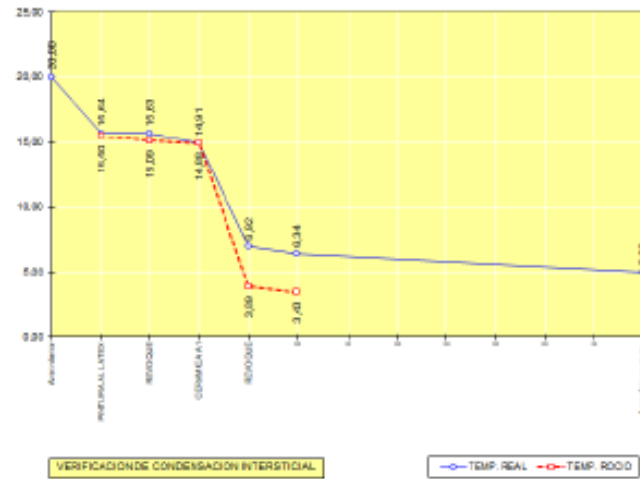


Figura 1.5: Riesgo de condensación en zonas A1-2. Con programa CEEMACON.

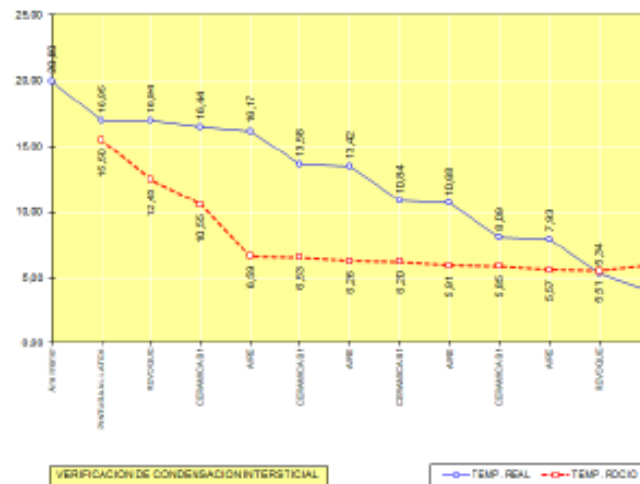


Figura 1.6: Riesgo de condensación en zonas B1-2 y D1-2. Con programa CEEMACON.

Dado que el proceso de acumulación de condensado es progresivo y ambas zonas se encuentran interconectadas el humedecimiento de la cerámica es progresivo. Con este humedecimiento aumenta la conductividad térmica de la cerámica y disminuye progresivamente la resistencia térmica aumentando la pérdida de calor de los muros en invierno. Es un fenómeno variable en función del sistema de calefacción de la vivienda y el nivel de evacuación del vapor interior generado principalmente por cocción e higiene personal (duchas).

Esto debe ser verificado mediante termografía IN SITU junto a medición del contenido de humedad relativa en la cara interior de ser posible. La termografía exterior IN SITU y mediante caja caliente ajustando en CEEMACON las condiciones térmicas del sistema (temperaturas

interior y exterior) debieran darnos las temperaturas superficiales exteriores e interiores en cada zona térmica.

Con tiempo y uso de la vivienda esto será más notorio cuando en sendas caras se manifiesten ennegrecimiento por hongos tipo *Aspergillus* (moho negro), *Penicillium*, *Alternaria* y/o *Cladosporium*.

1.7. Requerimiento para cumplir IRAM 11605

Siguiendo el tipo de construcción húmeda es posible utilizar un revoque térmico exterior para cumplir con el K_{adm} (IRAM 11605). En el mercado nacional los usuales son *Isolteco* de la empresa Estisol y *Webertherm Climamur* o *Webertherm Aislone* de la empresa Saint Gobain. Al pie se indican sus características.

Isolteco (Estisol)

- Densidad en seco. 250 Kg/m³.
- Coeficiente de conductividad térmica λ . 0,076 W/mK.

Webertherm Climamur (Sain Gobain)

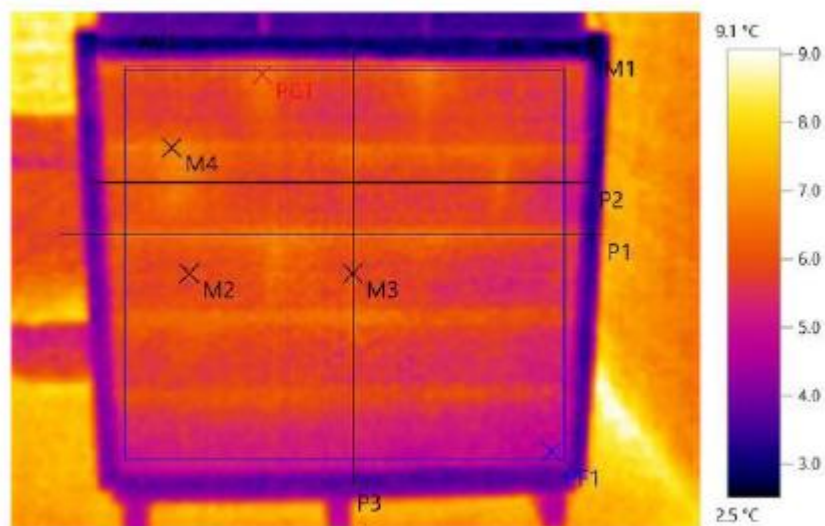
- ☑ Densidad del material fraguado: 400 kg/m³
- ☑ Conductividad térmica (teórica): 0,1 W/ m·k

Webertherm Aislone (Sain Gobain)

- Densidad en masa: 0,35 ± 0,05 g/cm³
- Conductividad térmica (λ): 0,042 W/m·k

Así se requerirán de 2.5 cm de *Isolteco*, o 3.3 cm de *Climamur* o 1.4 cm adicionales de *Aislone* para llegar a una resistencia térmica admisible de 1.087 m²K/W o un K_{adm} de 0.92 W/m²K para la zona suburbana de La Plata. Que es la zona de mayor crecimiento en la actualidad.

1.8. Termografía de 1m² de muro.



Figuras 2.8: Imagen termográfica de la cara exterior el día 30/7/19.

Una termografía de un módulo de 1 m² de muros de bloques cerámicos muestra que el centro de los bloques como es de esperarse posee un mejor comportamiento térmico que las juntas verticales y horizontales. Para la toma de juntas y asiento se utilizó un producto pre elaborado de marca Weber de gran poder adhesivo con mínimo espesor.

1.9. Comparación con casos de la IRAM 11601

Junto a la Norma IRAM 11601 se toma como antecedente un antiguo trabajo del INTI que utilizara el método de Caja caliente con guarda para el análisis de una gran cantidad de productos en el mercado.





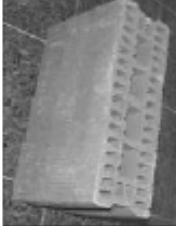
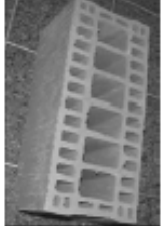
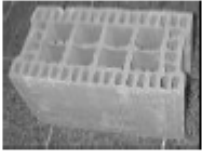
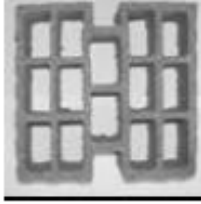
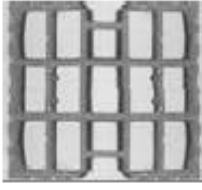

DISEÑO	DESCRIPCIÓN	DISEÑO	DESCRIPCIÓN
	<p>Espesor: 0,08 m</p> <p>2 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 6 tubos</p> <p>Juntas: H</p> <p>2,52 W/m².K</p>		<p>Espesor: 0.12 m</p> <p>2 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 6 tubos</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>2,31 W/m².K</p>
	<p>Espesor: 0.12 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 9 tubos</p> <p>Juntas: H</p> <p>2,00 W/m².K</p>		<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: 9 tubos</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,80 W/m².K</p>
	<p>Espesor: 0.12 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,92 W/m².K</p>		<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>3 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,66 W/m².K</p>
	<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>4 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H</p> <p>1,57 W/m².K</p>		<p>Espesor: 0.18 m</p> <p>5 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,40 W/m².K</p>
	<p>Espesor: 0.20 m</p> <p>5 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,37 W/m².K</p>		<p>Espesor: 0.24 m</p> <p>6 Cámaras de aire</p> <p>Tipo: Portante</p> <p>Juntas: H y V</p> <p>1,23 W/m².K</p>

Tabla 4: Resistencias térmicas medidas de varios bloques cerámicos. Fuente: INTI

Bloque	Medidas	Masa (kg/m ²)	Peso (kg)	Volumen (m ³)	Densidad (kg/m ³)
A	8 x 18 x 33	69	3.50*	0.00216	1620
B	12 x 18 x 33	96	4.50*	0.00256	1758
C	18 x 18 x 33	125	6.80*	0.00348	1954
D	18 x 18 x 33 DM18	121	6.25*	0.00320	1953
E	DM20	--	7.46	0.00418	1782
Promedio					1814

Nota: ** peso tomado de página web de fabricantes

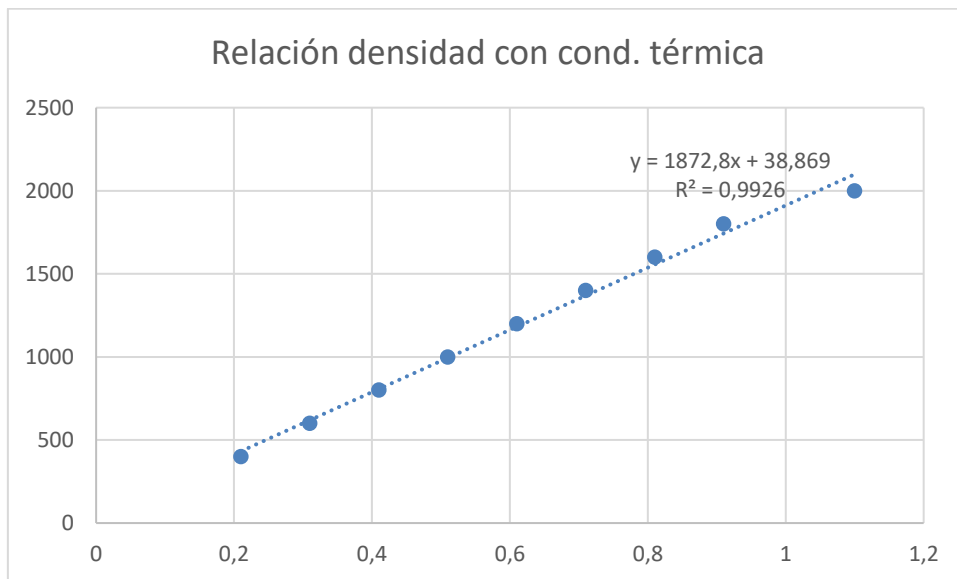
Tabla 5: Características de bloques cerámicos huecos. Fuente: Tabla A.2. IRAM 11601

Si obtenemos el promedio de las densidades de los 5 bloques obtendremos un valor de 1813 kg/m³

Y aplicamos la expresión usada previamente para la conductividad térmica, tendremos:

$$\lambda_{\text{bloque}} = 0.0007 \times 1813 \text{ kg/m}^3 - 0.365 = 0.904 \text{ W/mK}$$

Pero el Informe Técnico del INTI utiliza una conductividad térmica de $\lambda = 0.353 \text{ W/mK}$ que es de prácticamente 1/3 de la consignada en la Norma IRAM 11601. Que yo califico de **“cerámica mágica”** por su nivel de baja conductividad térmica.



Si decidimos extrapolar para conocer cual es la densidad “especial” de la cerámica roja nacional nos encontraremos con que:

$\delta = 1872.8 \times 0.353 \text{ W/mK} + 38.869 = 699.96 \text{ kg/m}^3$ e implica que en vez de pesar el DM20 7.46kg este debiera pesar 2.92 kg. Y entiendo que serían bloques cerámicos únicos.

CONCLUSIÓN

El Informe del INTI está viciado de nulidad absoluta y debiera ser rechazado. El valor suministrado por la empresa es falaz. La comunidad de académicos e industriales debieran

hacer una presentación conjunta para denunciar dicho informe técnico y solicitar una auditoría internacional al trabajo que viene realizando la dependencia del INTI. Y desde ya se sugiere al Comité General de Normas y a los honorables colegas y amigos del Subcomité de acondicionamiento térmico de edificios que sean cuidadosos con lo que aceptan y aprueban. Está en juego el buen nombre de IRAM y de todos los que integramos el subcomité. Por esto les ruego que vuelvan atrás y revisen todos los nuevos valores a incorporar como asimismo nuevos materiales y productos de la construcción.

Exijan cuando haya sospechas o dudas que haya al menos dos informes independientes. Es necesario que el país cuente con otro laboratorio quizá privado para contrastar con el laboratorio estatal. O apelar a centros homologados del exterior.

Este informe no cuenta con la suficiente profundidad de análisis para considerarse válido, solo sirve para reflexionar acerca de los cambios que se proponen introducir a la Norma IRAM 11601.

Sepan disculpar mi ausencia, pero mi condición de salud no me permite que los acompañe en el debate, ya que me causa sumo stress. Que en 2011 me llevó a poner en riesgo de vida. Un gran saludo a todos.

1.10. REFERENCIAS

Volantino, Vicente y Moruga, José. (2005). Patologías higrotérmicas existentes en cerramientos exteriores contruidos con bloques huecos de hormigón o de material cerámico. Unidad Técnica Habitabilidad Higrotérmica. INTI Construcciones. Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente; V.9. ISSN: 0329-5184. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/82924>


Alonso, Germán; Velázquez, Silvia y Moruga, José. (2019). Informe Técnico INTI. OT N°224-455 del 11/09/19. <http://www.later-cersa.com.ar/assets/descargas/informeDM20.pdf>

Norma IRAM 11601

Norma IRAM 11603

Norma IRAM 11605

Norma IRAM 11625



Dr. JORGE DANIEL OZAJKOWSKI
Director LAYHS - FAU - UNLP