

## Determinación del coeficiente de aislación acústica de un muro construido con ladrillos.

C.E. Boschi, S.G. Acosta, A.F. González

*cboschi@frm.utn.edu.ar; sacosta@graduados.utn.edu.ar; adofgon@lanet.com.ar*

*Laboratorio de Acústica y Sonido "Mario Guillermo Camín", CEREDETEC, Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Mendoza.*

RESUMEN: En la provincia de Mendoza, es usual en la industria de la construcción, el empleo de muros conformados con mampuestos cerámicos cocidos, denominado comúnmente ladrillón. El Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza, (Art. II.4.3.b), establece que el coeficiente de aislación entre dos unidades locativas diferentes debe ser tal, que asegure una reducción acústica de 41 decibeles como mínimo. Así también, la Disposición N° 18 para el Plan Federal de Infraestructura y Vivienda, recomienda que en viviendas apareadas o en tiras, los muros divisorios entre unidades tengan en toda su altura una resistencia acústica mínima de 48 decibeles. En la bibliografía especializada existente, no se hace referencia a este tipo de material en razón de ser de uso regional. En la investigación realizada se determinó su coeficiente de aislación utilizando métodos estándares y propios.

### 1 INTRODUCCIÓN

El "Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza"[1], en los apartados: II.4.2 (Condiciones térmicas) y en el IV.7.6 (Preveniones contra incendio), exige en paredes exteriores de ladrillo común un espesor mínimo de 20 cm, esto trajo aparejado en la provincia la aparición y el uso del ladrillón, mampuesto cerámico, elaborado en forma artesanal, cocido en hornos a cielo abierto y de mayor ancho que el del ladrillo común. Debido a que este material de construcción es de uso local masivo y a que no existen estudios de las propiedades acústicas del mismo, se procedió a la determinación del coeficiente de aislación acústica de un muro construido con ladrillón.

A nivel Nacional, existe la Disposición N° 18 del 05/04/2000 para el Plan Federal de Infraestructura y Vivienda, referido a los estándares mínimos de calidad para viviendas de interés social, que en el apartado 4.3.4 (Aislación acústica), recomienda que en viviendas apareadas o en tiras, los muros divisorios entre unidades tengan en toda su altura una resistencia acústica mínima de 48 decibeles.

### 2 CONSIDERACIONES PRELIMINARES

#### 2.1 Conceptos básicos:

Desde el punto de vista de un receptor, el sonido es una sensación auditiva producida por ondas de presión generadas por el movimiento vibratorio de cuerpos, que se transmite por un medio elástico, normalmente el aire. A todo sonido no deseado se lo puede denominar como ruido. Por otra parte, los sonidos se pueden clasificar por su respuesta subjetiva dependiendo de los niveles de presión sonora que producen. Si estos niveles son excesivos, a los sonidos, o ruidos se los califica de molestos.

Una de las maneras de medir los niveles sonoros y por lo tanto los de ruido es a través de la unidad conocida como decibel (dB). La escala en decibeles es logarítmica. A modo de ejemplos para entender esta escala es importante destacar que los susurros en una biblioteca suman 40 dB, una conversación o el motor de un ventilador llegan a 60 dB, un camión 80 dB; una discoteca 110 dB y un martillo neumático

120 dB. Esto significa que los 80 dB que genera un camión no duplican los 40 dB que reinan en una biblioteca, sino que como la escala es logarítmica, los centuplican.

El sonido se propaga en la atmósfera en forma de ondas de presión cuya velocidad es de aproximadamente 340 m/s dependiendo de la temperatura, humedad relativa del ambiente y de la presión atmosférica. Entre los fenómenos físicos que verifican las ondas sonoras en su propagación a través de distintos medios, se encuentran la absorción y la aislación de las mismas; y aquí cabe hacer algunos considerandos debido a la confusión que existe alrededor de estos conceptos:

### 2.1.1 Absorción acústica

La absorción acústica, consiste en aprovechar las propiedades de algunos materiales, sistemas o montajes de forma tal que transformen parte de la energía sonora que se genera en un determinado lugar, en otra forma no acústica de energía, generalmente térmica en forma de calor, cuyos valores son prácticamente despreciables.

Si bien éstas técnicas se desarrollaron originalmente para controlar la calidad acústica de salas destinadas a la buena reproducción de la palabra hablada o la música, tienen una intervención muy interesante en lo que a control de ruido se refiere. También se las aplica como complemento de los sistemas aislantes aumentando su eficiencia.

Para entender este fenómeno veamos el siguiente ejemplo: si a una esponja le echamos agua, parte la absorbe y parte la deja pasar debido a su porosidad. Lo mismo sucede con una onda sonora frente a una esponja, parte es absorbida y parte pasa, como se puede observar en la figura 1. Cuanto más grande sea la esponja mayor cantidad de agua o de sonido va a absorber.

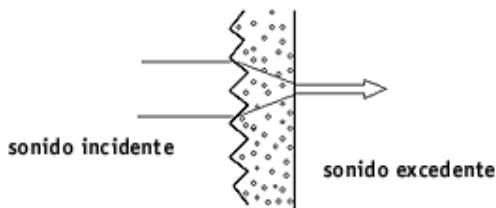


Figura 1. Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de baja densidad.

Son materiales absorbentes, aquellos cuya composición celular de celdas abiertas

intercomunicadas, permiten el paso de un flujo de aire, por lo tanto son acústicamente permeables.

La densidad, la porosidad y el grado de permeabilidad se regulan dentro de ciertos parámetros para obtener un factor de absorción elevado, de modo que no cualquier espuma es apta sino que las que se utilizan están desarrolladas específicamente para fines acústicos.

Siendo un material permeable aquel que disipa el sonido al ser atravesada su estructura celular, cuanto mayor recorrido deba éste transitar, mayor será también el porcentaje transformado en calor. Como regla práctica general hay que tener en cuenta que los mayores espesores abarcan un rango de frecuencias más amplio (desde los sonidos agudos hasta los graves) y los espesores menores actúan más eficientemente hacia los agudos, cayendo su rendimiento en los graves.

Los materiales fonoabsorbentes son particularmente útiles para controlar el tiempo de reverberación de los recintos.

Si bien esto puede no ser lo más importante en ambientes industriales, constituye uno de los objetivos esenciales de la acústica de salas.

### 2.1.2 Aislación

La aislación sonora, es la técnica característica en la práctica del control del ruido. Consiste básicamente en dividir mediante barreras físicas, preferentemente con cierres totales, el sector que contiene a la o las fuentes sonoras del que se desea proteger, de tal manera que constituyan recintos estancos. Intuitivamente se puede concluir que las características que debe reunir un aislante acústico no solo no coinciden con las de los fonoabsorbentes, sino que son incompatibles.

En efecto, los materiales porosos al permitir el paso del aire permiten también el paso del sonido y en consecuencia no pueden tener propiedades aislantes. En general, puede decirse que un material o combinación de materiales tienen buen comportamiento acústico, cuando son pesados e impermeables al paso del aire. Es positivo que sean poco rígidos y deben conformar cierres herméticos.

Siguiendo con el ejemplo del agua, si interponemos en cambio una membrana impermeable el agua no pasa. Cuanto más pesada sea la membrana impermeable mayor resistencia tendrá al paso del agua. Lo mismo sucede con el ruido frente a una membrana impermeable y pesada, no pasa, como se puede observar en la figura 2.



Figura 2. Esquema de incidencia de una onda acústica sobre un cuerpo de elevada densidad.

### 3 OBJETIVO

Determinar el coeficiente de aislación acústica de muros construidos con ladrillón.

### 4 JUSTIFICACIÓN

En la zona de Mendoza es usual la construcción de muros realizados con ladrillones. El Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza, (Art. II.4.3.b) establece que el coeficiente de aislación, entre dos unidades locativas diferentes, asegure una aislación acústica de 41 decibeles.

La bibliografía especializada consultada nacional [2] e internacionalmente [3] hace referencia a distintos tipos de materiales de construcción pero en ningún caso a la construcción realizada con este material local. En consecuencia, se desconoce cuánto es lo que puede aislar acústicamente un muro de este tipo, a lo sumo se puede tomar como referencia, la aislación acústica alcanzada por materiales de similares características tales como el ladrillo.

El laboratorio de Acústica y Sonido de la UTN - FRM, cuenta con un laboratorio, construido específicamente para realizar este tipo de ensayos. El mismo cumple con lo especificado por la Norma IRAM 4063 y consta de dos recintos, uno emisor con superficie de 4,40m x 4,40m y uno receptor de 4,40m x 4,00m, y están aislados uno del otro tanto desde el punto de vista estructural como acústico, como se observa en la figura 3, lo que le permite realizar este tipo de ensayos.

### 5 METODOLOGÍA

Se planteó el estudio del material “ladrillón” en sus aspectos de características físico-mecánicas y de los

morteros utilizados para la confección de la mampostería. Se extrajeron 30 ladrillones por muestreo y 5 muestras de cada una de las cinco pastonadas utilizadas en la confección del muro de ensayo.

Se confeccionó el muro de ladrillón en el laboratorio de Acústica y se ensayaron las características acústicas del mismo a una edad superior a 28 días.

#### 5.1 Ensayos de los materiales

##### 5.1.1 Ladrillón

Se le practicaron a las muestras de los ladrillones los siguientes ensayos, a fin de determinar sus características físico-mecánicas:

- Métodos de ensayo de las características geométricas: MEDIDAS - Norma: IRAM 12585.[4]
- Métodos de ensayo de las características geométricas: CONCAVIDAD - Norma: IRAM 12585.
- Métodos de ensayo de las características geométricas: CONVEXIDAD - Norma: IRAM 12585.
- Capacidad de succión en ladrillos y bloques - Norma: IRAM 12589.[5]

##### 5.1.2 Mortero

Ensayo a compresión de probetas de mortero de 70 x 70 x 70 mm de lado, según INPRES-CIRSOC 103.[9]

#### 5.2 Confección del muro

La muestra consta de un muro de ladrillón de 3,04 m de alto por 3,35 m de largo, cubriendo un área de 10,18m<sup>2</sup> y cubre el 76% de la pared lateral común a ambos recintos, como se observa en la figura 4.

El mortero utilizado, fue realizado con cemento Pórtland Puzolánico (CPP40), con una dosificación en volumen de 1:1:5 (cemento, cal, arena), corresponde a un mortero “Clase 2” según el Código de Construcciones Sismorresistentes para la Provincia de Mendoza en el apartado 7.2.2.4. [6]

#### 5.3 Ensayo acústico

5.3.1 Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de la construcción (IRAM 4063 Parte 3).[7].

El método de medición se encuentra descrito en la Norma IRAM de referencia, pero básicamente

consiste en generar un nivel sonoro adecuado a un lado del muro que se está ensayando y medir cuanto es el nivel sonoro del otro lado. El sonido en el recinto emisor fue estacionario y tuvo un espectro continuo en las frecuencias consideradas (125 – 250 – 500 – 1000 – 2000 Hz.).

La nivel de presión sonora se adoptó en aproximadamente 100 dB, verificando que en todo el rango de frecuencias, el nivel de presión acústica en el recinto receptor sobrepasara en 10dB el nivel de ruido de fondo.

La medición del nivel de presión sonora en ambos recintos, se obtuvo del promedio en el espacio y el tiempo. Se tomaron 30 mediciones y para cada medición se adoptaron 6 posiciones fijas en cada recinto y para cada tipo de frecuencia.

## 6 RESULTADO DE LOS ENSAYOS

Los resultados de los ensayos de los ladrillos utilizados se presentan en las tablas 1, 2, 3 y 4.

Los resultados de los ensayos mecánicos para probetas de mortero se presentan en la tabla 5.

Los resultados de las mediciones acústicas a las distintas frecuencias consideradas, se presentan en la tabla 6.

El resultado de aislación acústica del muro construido con ladrillos sin revoque, se presenta en la figura 5.

Tabla 1: Resultado de medidas del material “ladrillón”.

Muestra n = 30	Largo [mm]	Ancho [mm]	Espesor [mm]
Media	265,3	168,8	71,0
Desvío	1,6	1,3	1,6
Coef. Variac.	0,60	0,76	2,23

Tabla 2: Resultado de concavidad del material “ladrillón”.

Flecha Máxima [mm]	Muestra n = 30	Flecha relativa máxima [mm/cm <sup>2</sup> ]
0,4	Media	0,01
0,6	Desvío	0,05

Tabla 3: Resultado de convexidad del material “ladrillón”.

Flecha Máxima [mm]	Muestra n = 30	Flecha relativa máxima [mm/cm <sup>2</sup> ]
4,3	Media	0,01
1,0	Desvío	0,02

Tabla 4: Resultado de succión en “ladrillón”.

Succión media n = 10 [g/cm <sup>2</sup> ]	Coef. Variación	Succión característica [g/cm <sup>2</sup> ]
1,116	0,230	1,581

Tabla 5: Resultado de resistencia de probetas de mortero.

Pastón	Muestra	Tensión $\tau$ obtenida [MPa]		Tensión media [MPa]	Coef. Variación
		7 d	28 d		
1	1	6,72		7,720	0,159
	2	8,72			
	3		9,60		
	4		9,56		
	5		11,96		
2	1	6,64		6,600	0,007
	2	6,56			
	3		9,60		
	4		8,60		
	5		9,80		
3	1	5,64		5,420	0,050
	2	5,20			
	3		8,28		
	4		7,44		
	5		7,84		
4	1	6,24		6,280	0,008
	2	6,32			
	3		9,76		
	4		8,84		
	5		8,88		
5	1	4,44		4,480	0,011
	2	4,52			
	3		6,80		
	4		8,76		
	5		7,08		



Figura 3: Vista interior de los recintos.



Figura 4: Vista del muro de ensayo

Tabla 6: Resultado de mediciones a distintas frecuencias en las distintas posiciones.

VALOR MEDIO PARA BANDAS DE OCTAVA; [dB]					
MEDICION (N = 6)	FRECUENCIAS; [Hz]				
	125	250	500	1000	2000
1	43,79	41,62	44,60	45,79	53,75
2	40,35	45,06	45,28	43,29	55,82
3	52,15	41,25	45,81	44,76	55,05
4	39,39	42,02	45,26	44,98	53,93
5	43,60	42,84	40,60	46,38	55,56
6	40,69	51,17	43,96	49,18	53,29
7	52,74	50,54	44,97	48,85	59,15
8	41,92	41,05	40,28	42,11	54,40
9	40,65	46,18	43,19	45,64	54,63
10	39,60	44,74	44,04	43,94	53,77
11	44,14	35,47	39,30	44,21	57,81
12	41,35	35,04	39,30	46,15	54,48
13	40,39	34,67	39,30	44,19	55,74
14	42,45	42,93	41,55	42,88	57,56
15	42,42	46,00	45,30	44,16	56,51
16	35,43	42,86	45,65	44,19	53,24
17	40,09	44,46	43,24	42,04	51,56
18	37,50	42,12	47,17	46,84	52,45
19	39,53	40,52	41,13	43,30	48,93
20	47,27	32,55	44,13	46,55	56,08
21	48,23	39,62	40,96	45,01	56,21
22	42,31	42,54	41,88	42,05	51,91
23	35,98	40,61	43,40	51,95	53,24
24	35,02	41,14	39,72	44,36	52,46
25	33,19	42,67	41,73	42,37	50,83
26	44,95	34,27	42,02	45,09	57,60
27	44,61	34,92	44,94	45,18	49,92
28	44,93	38,23	44,94	48,28	53,44
29	48,51	36,67	41,35	43,49	52,64
30	44,01	34,01	47,15	42,98	51,87
Media	42,24	40,93	43,07	45,01	54,13
Desv. Est.	4,63	4,71	2,38	2,31	2,41

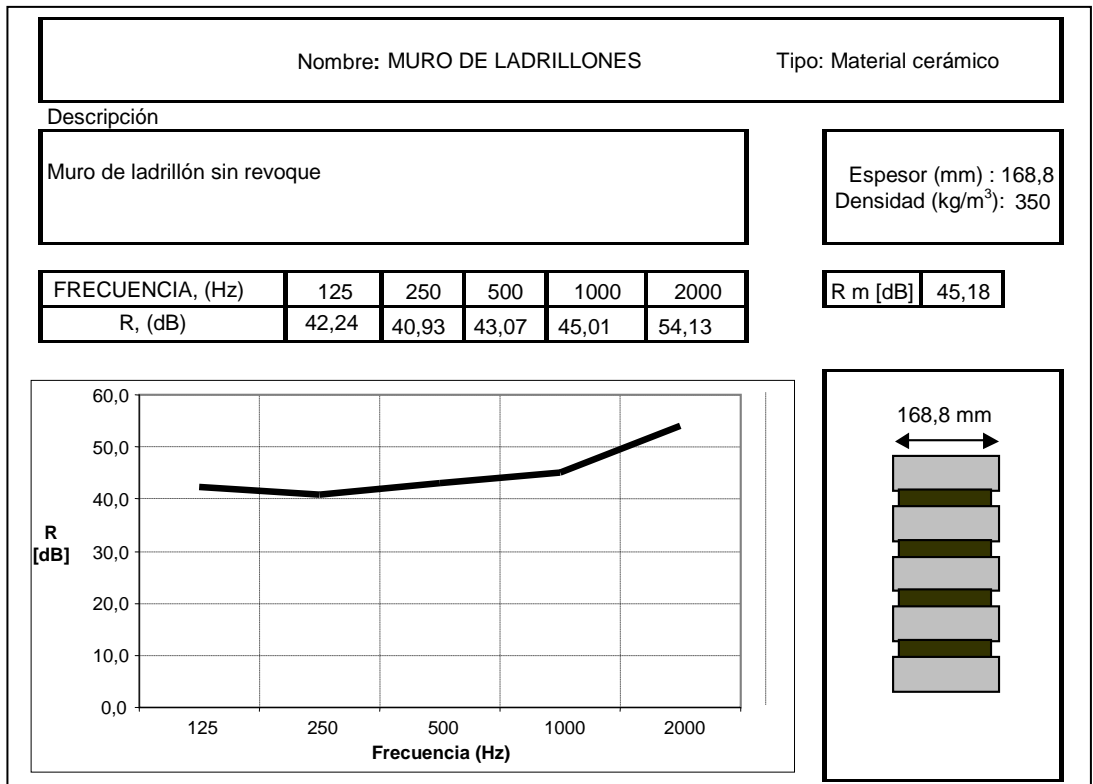


Figura 5: Ficha y gráfico resumen con resistencias acústicas obtenidas sobre muro de ladrillón sin revoque.

## 7 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

- Físicos: de la comparación de los resultados obtenidos de las características geométricas del ladrillón, con valores publicados [8], se observa una marcada disminución en las distintas magnitudes del ladrillón a través del paso de los años.
- Mecánicos: de los resultados obtenidos de resistencia en probetas de mortero, se observa que la totalidad de las pastonadas ensayadas a 28 días, cumple con los valores requeridos por el Reglamento INPRES-CIRSOC 103, parte III. [9].
- Acústicos: de la comparación entre el resultado obtenido de 45,18 dB de coeficiente de aislación acústica para un muro construido de ladrillones, con la

Disposición N° 18 para el Plan Federal de Infraestructura y Vivienda, se observa que este tipo de muro, no cumple con los 48 dB mínimos exigidos.

En la comparación con la aislación acústica mínima exigida de 41 dB, del Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza, el muro ensayado cumple en forme satisfactoria.

## 8 CONCLUSIÓN

Los muros de ladrillón, cumplen satisfactoriamente con el Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza en lo que hace a las condiciones de aislación acústica.

Con respecto a la Disposición N° 18 para el Plan Federal de Infraestructura y Vivienda, el muro construido con ladrillones sin revoque, no cumple con la exigencia especificada.

## 9 AGRADECIMIENTOS

Se agradece la colaboración del siguiente personal:  
Ing. Víctor E. D`Amico, Ing. Gustavo Palazzo, Ing. Julieta Nasazzi, Sr. Gabriel Muñoz Vargas, Sr. Marcos Fozzatti, Sr. Leandro Beccaria, en la tarea de recolección de datos.

## 10 REFERENCIAS

- [1] Código de Edificación de la Ciudad de Mendoza, septiembre de 1995.
- [2] Norma IRAM 4044: 1985. “Aislamiento acústico mínimo de tabiques y muros”.
- [3] M. Recuero López, Acústica Arquitectónica Aplicada, Editorial Paraninfo, 1999.
- [4] Norma IRAM 12585: 2004. “Ladrillos y bloques cerámicos para la construcción – Método de ensayo de las características geométricas”.
- [5] Norma IRAM 12589: 1982. “Ladrillos y bloques cerámicos para muros – Capacidad de succión en ladrillos y bloques”.
- [6] Código de construcciones sismo resistentes para la provincia de Mendoza, julio de 1994.
- [7] Norma IRAM 4063: 2002. “Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción”.
- [8] N.G. Maldonado y R. Michelini, Influence of masonry quality control in limit state design, II Congreso iberoamericano de patología de la construcción”, Volumen II, 1993.
- [9] Reglamento INPRES-CIRSOC 103., Parte III: Construcciones de mampostería, agosto 1991.