

## ESTUDIO COMPARATIVO DEL AISLAMIENTO ACUSTICO MEDIDO POR PRESION Y POR INTENSIDAD

M Machimbarrena \*, J González \*, J I Sánchez \*, M Herráez\*\*

\* E.T.S Arquitectura, Universidad de Valladolid, Av Salamanca s/n  
47014 Valladolid, España. e-mail: maria@wamba.cpd.uva.es

\*\* E.T.S.Ingenieros Industriales, Dpto. I.M.E.I.M., Paseo del Cauce s/n  
47011 Valladolid, España, e-mail: marher@eis.uva.es

### INTRODUCCIÓN

El aislamiento, o índice de reducción sonora R, puede determinarse, tanto en laboratorio como "in situ" de acuerdo a normativa ISO 140-3/4 (técnica de presión) o bien mediante la técnica de intensidad ( $R_{i,c}$ ), para la cual no existe todavía normativa internacional. Si se efectúan medidas de intensidad en laboratorio, uno siempre puede seguir las indicaciones propuestas en la normativa nórdica NT ACOU 084 o en el correspondiente borrador de norma ISO que está actualmente siendo redactado [2]. Sin embargo, cuando se realizan medidas de aislamiento por intensidad "in situ", no hay normativa en la que apoyarse y por tanto parece lógico pensar que el mejor procedimiento a seguir es el propuesto para medidas en el laboratorio.

A continuación se presentan resultados experimentales, tanto en laboratorio como "in situ", de medidas de aislamiento obtenidas siguiendo los dos métodos citados. Se comparan los resultados obtenidos, destacando las divergencias y apuntando posibles razones. Así mismo se sugiere una ligera modificación en el borrador de norma de intensidad citado.

Todas las medidas de intensidad se han realizado con un espaciador de 12 mm y micrófonos de campo libre de 1/2", con lo cual el rango de validez de los resultados queda, en principio, restringido al rango de frecuencias comprendido entre 100Hz y 5kHz, aunque en las gráficas se muestran resultados desde los 50Hz. Los ensayos en laboratorio se efectuaron en las instalaciones del Swedish National Testing and Research Institute en Borås, Suecia. Las medidas de campo se efectuaron en diversas instalaciones en Valladolid.

### ACERCA DE LOS INDICADORES

En la normativa existente,[2][3] se presentan una serie de indicadores que cualifican tanto al equipo de medida como a la medida en sí misma. Se define la capacidad dinámica del equipo de medida como la diferencia entre el índice de presión intensidad residual  $\delta_{pl_0}$  y una constante K que depende del grado de precisión exigido al ensayo. En el caso de un grado de precisión de ensayo se toma K=7 y para precisión de ingeniería se toma K=10. La capacidad dinámica informa de la reactividad máxima permitida en el campo sonoro en el que se va a realizar la medida.

En lo que respecta al campo, tanto [2] como [3] se refieren al índice de presión intensidad  $\Delta_{p|I} \equiv F_{pI}$ . De acuerdo con [3], para que una superficie de medida sea calificada como adecuada para la determinación del nivel de potencia inyectada por ella, mediante un equipo dado, debe de cumplirse, en cada banda de frecuencia, que:  $L_d > F_{pI}$  (1) El borrador de norma, sin embargo, sólo exige que  $F_{pI} < 10$  (2)

### MEDIDAS EN LABORATORIO

Para medir el aislamiento por intensidad, en laboratorio, el elemento de prueba se instala generalmente en un nicho, quedando ligeramente enclaustrado en el propio cerramiento del laboratorio. Se toma como superficie de medida, una superficie imaginaria paralela al elemento de prueba y que cierre la apertura frontal del nicho (N). Se medirá la intensidad neta en la dirección normal a esta superficie.

Se ha estudiado [4] el aislamiento de cinco puertas diferentes de acuerdo a ambos métodos, observándose una desviación sistemática a partir de una frecuencia determinada que parece depender de la puerta estudiada. (Ver fig.1)

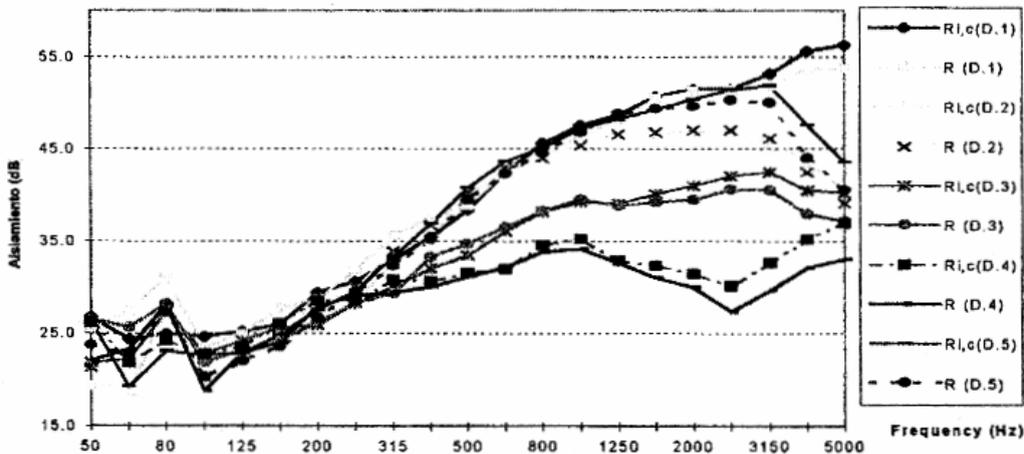


Figura 1:  $R$  &  $R_{1,c}$  para cinco puertas diferentes

Esta divergencia, tal y como indica Fahy [1], pudiera ser debida a que, en torno a la frecuencia de coincidencia de una puerta o cerramiento, gran parte de la energía sonora se transmite paralela a la superficie de separación. Para verificar esta hipótesis se procedió a medir en dos cajas diferentes que englobaran completamente las puertas, considerando que así se obtendría una estimación bastante más aproximada de la energía sonora inyectada en la sala receptora a través de la puerta. Los resultados, obtenidos, sin embargo, apuntan a que la divergencia anteriormente señalada no es debida al flujo de energía paralelo a la superficie, ya que los resultados de aislamiento apenas se ven afectados.[4]

Es importante señalar, que para todas las medidas de intensidad anteriormente citadas, se realizaron dos barridos perpendiculares entre sí, con diferencias entre ambos barridos de menos de 1dB en todos los tercios de octava de interés. Así mismo, se verificaba la condición (1) exigida en [3].

### MEDIDAS "IN SITU"

Cuando se efectúan medidas "in situ", no es siempre posible modificar las condiciones del campo sonoro, que en el caso de la sala receptora son opuestas según el método que se utilice. Por presión el campo debe ser lo más difuso posible, y por intensidad lo menos. En estos casos es especialmente interesante disponer de datos suficientes que permitan aceptar o desestimar los ensayos realizados. A

continuación se presentan los resultados de diversas medidas efectuadas en un colegio público y en una vivienda particular (Figura 2). Para ambos casos se muestra igualmente el valor de los distintos indicadores reflejados en la normativa. (Figura 3)

Casa Nº	Descripción	Sup.Separación (m <sup>2</sup> )	Tr (500 Hz) en V <sub>2</sub> (s)	V <sub>2</sub> (m <sup>3</sup> )
H.1	Aula de un colegio	19.4	2.4	169.4
H.2	Vivienda particular	10	0.5	26.7

La superficie de separación del aula estudiada, está construida con paredes ligeras y consta de una puerta de comunicación entre ambas aulas. El tiempo de reverberación en la sala receptora es bastante elevado a todas las frecuencias, con lo cual se espera que el campo sonoro sea bastante reactivo y, por tanto, los resultados obtenidos mediante el método de intensidad no concuerden adecuadamente con los de presión. Por otra parte, en la vivienda particular, la habitación receptora pertenece a una vivienda de reciente construcción, está amueblada y el tiempo de reverberación permanece bajo, con lo cual las medidas de intensidad, deben ser, en principio, aceptables. Nuevamente, se efectuaron dos barridos perpendiculares entre sí, obteniendo en algunos pocos casos diferencias por encima de 1dB entre ambos barridos. El signo de la intensidad sonora permaneció positivo en todos los casos, excepto en H.2 en el tercio de octava centrado en 5kHz.

Observando las figuras 2 y 3, se encuentra que en H.1 (aula) el índice de reactividad sólo es menor que 10dB a partir de 800Hz, mientras que en H.2 (vivienda) permanece por debajo de los 10dB hasta los 1600Hz. De acuerdo con [2], ninguna de las dos medidas sería válida en todo el rango de frecuencias. Sin embargo, si uno se fija en la capacidad dinámica del equipo, se observa que en cada uno de los casos es completamente diferente (por algún motivo, el día que se midió en H.1, el equipo no estaba en condiciones de medir debidamente).

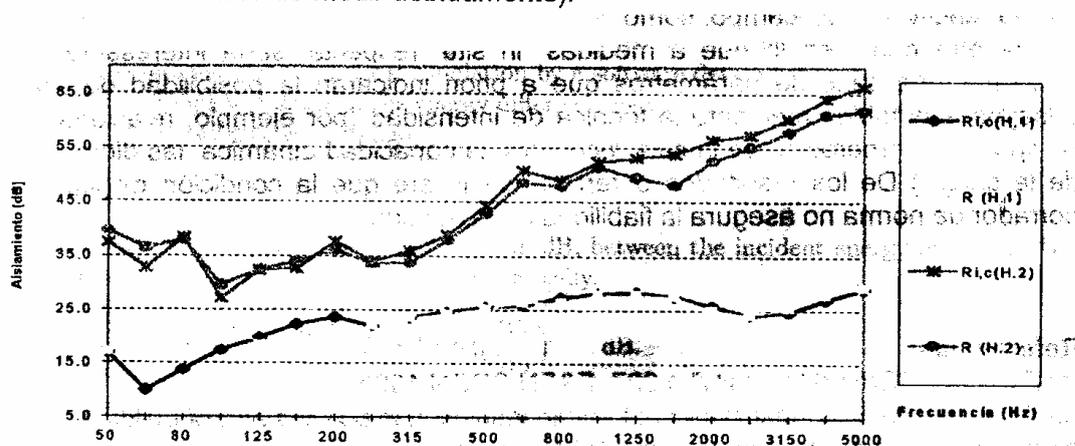
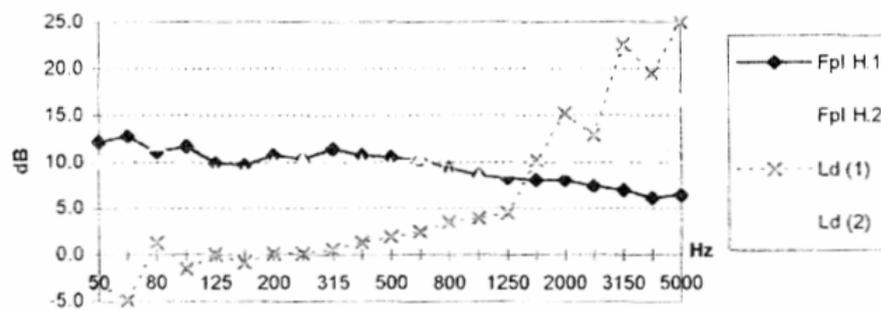


Figura 2: Aislamiento "in situ". H.1 y H.2

En la figura 3 se puede observar cómo para H 1 la condición exigida en [3],  $L_d > F_{pl}$ , sólo se cumple a partir de 1600 Hz, mientras que para H 2 sólo se cumple a 1 kHz. Si hubiéramos tomado  $K=7$ , sin embargo, se cumpliría en todo el rango de frecuencias, con lo cual se entiende que las medidas H 2 son válidas, exigiendo un grado de precisión de ensayo. Por otra parte, dada la extraña forma que adopta la curva  $L_d(1)$ , cabe desestimarla y pensar que, al tratarse del mismo equipo, la capacidad dinámica no debe variar de forma tan drástica en pocos días. Si esto fuera así, todos los datos correspondientes a H 1 serían considerados válidos a partir de 650 Hz para el grado de ingeniería y en todo el rango para el de ensayo.



**Figura 3: Reactividad y Capacidad Dinámica (K=10) H.1 y H.2**

Sin embargo, la excelente concordancia que se observa entre el aislamiento obtenido por presión y por intensidad, incluso a altas frecuencias para H 1 es sospechosa. Cabe más bien pensar que algún fallo técnico en la realización del ensayo, conduce a valores de reactividad del campo adecuados y valores de aislamiento aceptables, compensando la divergencia sistemática a altas frecuencias anteriormente señalada, y que se sigue poniendo de manifiesto en las medidas H 2.

### CONCLUSIONES

En el caso de medidas en laboratorio, donde las condiciones de muestreo son controladas y no existen transmisiones laterales, debería encontrarse una mejor concordancia entre los valores medidos por ambos métodos. Es por tanto necesario encontrar una explicación científica que justifique la divergencia entre el aislamiento obtenido por ambos métodos a altas frecuencias, así cómo encontrar un criterio que permita decidir cual de ambos resultados es más preciso. Sería interesante que el borrador de norma [2], incluyese el concepto de capacidad dinámica del equipo y no solo la reactividad del campo, como condición de validez de los datos obtenidos.

Por otra parte, en lo que a medidas "in situ" respecta, sería interesante poder encontrar una serie de parámetros que a priori indicaran la posibilidad de realizar ensayos aceptables mediante la técnica de intensidad (por ejemplo, relacionando el tiempo de reverberación de la sala receptora, la capacidad dinámica, las dimensiones de la sala...) De los resultados obtenidos se infiere que la condición exigida en el borrador de norma no asegura la fiabilidad de la medida.

### Referencias:

- [1] F.J. Fahy, "Sound Intensity" p.227, E&FN SPON 1995
- [2] ISO/CD 15186 "Measurement of sound insulation in buildings and of building elements using sound intensity- Part 1: Laboratory
- [3] UNE-EN ISO 9614-2 "Determinación de los niveles de potencia acústica emitidos por las fuentes de ruido por intensidad del sonido"
- [4] INTERNOISE 98, M. Machimbarrena et al. "Some problems associated with sound intensity measurements of sound insulation"