

Índices globales de valoración del aislamiento acústico

A. Moreno, J. Pfretzschner, C. de la Colina, F. Simón
Instituto de Acústica, CSIC Serrano 144, Madrid 28006

PACS: 43.55.-n, 43.50.-x, 43.40.-r

Resumen

En este trabajo se hace una panorámica de las aportaciones hechas al conocimiento de las características de los índices globales de aislamiento frente al ruido aéreo. De manera concreta se analizan los índices R_w (ISO 717) y R_A (aislamiento en decibelios A), extendiendo éste último a distintos tipos de ruido incidente, en relación a la disminución de sonoridad del ruido transmitido. Se estudian la influencia del ruido incidente y la importancia de la forma de la curva de aislamiento, señalando la forma óptima de ésta. Se concluye en la mayor idoneidad del sistema aislamiento en decibelios A generalizado y se indica un método para determinar si un determinado tipo de ruido necesita o no un nuevo término de adaptación espectral $C_{r,A}$.

Summary

This work presents a general insight of contributions, made by the authors, to the knowledge of single number ratings of airborne sound insulation, particularly R_w and R_A . Ratings are analyzed with regard to the influence of both the incident noise and the shape of the transmission loss curve, into the loudness reduction. The generalized index $R_{r,A}$ shows a neatly better agreement with loudness reduction and a method to justify spectrum adaptation terms, particularly for an arbitrary incident noise are mentioned.

Introducción

Los índices de valoración global del ruido representan una simplificación importante en el establecimiento de normativas exigenciales. Tal es su éxito que en la década de los setenta pasaban ampliamente del centenar (comunicación personal de G. Fuchs, Argentina). Un elemento clave de este éxito es la incorporación de aspectos perceptivos, sobre todo de molestia, junto a las características físicas del ruido.

Iniciativas semejantes se dieron en relación al aislamiento acústico tanto para ruido aéreo como para el de impactos. El método mas ampliamente difundido se basaba en la comparación de la curva de aislamiento en cuestión con una curva tipo, siguiendo un determinado protocolo. Así sucedía en Inglaterra, Alemania, Bélgica, Holanda, etc., cada uno con sus propias curvas y protocolos de atribución del valor del índice. Francia mantenía un sistema diferente con tres valores, uno en bajas frecuencias, otro en medias y otro en altas.

Pronto surgió en el seno de la ISO, el interés de una norma internacional que acabó adoptando esencialmente el protocolo alemán, bajo la denominación ISO 717. El punto fuerte de este sistema consiste en tomar como curva de referencia para el ruido aéreo un perfil suavizado del aislamiento de una pared de ladrillo macizo de un pie de espesor, con la esperanza de conseguir para los edificios un aislamiento, por lo menos equivalente al que proporciona este divisorio del que se tenía una experiencia positiva, en la época anterior a la segunda gran guerra. La medición experimental de una curva de aislamiento concreta requiere, en este esquema, el uso del protocolo de la norma ISO 140, que resulta en general onerosa. K. Gösele encuentra una aproximación experimental

directa al valor del índice global correspondiente mediante el uso de la ponderación A.

A principios de la década de los setenta en Francia se establecen las exigencias de aislamiento a ruido aéreo mediante medición exclusiva del nivel de ruido, a través de la red de ponderación A, en la recepción, emitiendo con una fuente de características bien definidas.

Algunos años más tarde en España se establece un sistema semejante al francés pero limitando el control al proyecto y estableciendo las exigencias en términos de propiedades específicas de los productos. Este planteamiento supone novedades respecto al sistema francés mucho más importantes de lo que a primera vista parece. Sus aspectos más distintivos son una definición ajustada del aislamiento, en decibelios A, de los productos y una razonable capacidad de previsión del resultado en obra a partir de las propiedades de los elementos definidas en la manera indicada. (Curiosamente, y con algunos matices, esta dualidad producto de construcción-edificio terminado está emergiendo con mucha fuerza en la UE, quizá porque satisface el doble interés de tratar los productos por un lado y el edificio por otro, pero con la capacidad de combinar ambos tal como se ve en la serie de normas EN ISO 12354, o en su correspondiente norma UNE).

Aspectos físicos del aislamiento acústico valorado en decibelios A

En la situación descrita, sobre todo a nivel nacional acometimos, en el Instituto de Acústica, la tarea de estudiar los aspectos físicos y perceptivos implicados en el aislamiento en decibelios A y sus repercusiones técnicas de aplicación práctica, ya que aunque todo el mundo parecía tener muy claras las cosas, entendimos que la realidad era muy otra.

Aparte de otros requisitos un buen índice debe caracterizar unívocamente una situación o un producto. La introducción del aislamiento en decibelios A parece a primera vista impedir esta univocidad. Ahora bien para una situación constructiva el efecto de ese aislamiento dado es diferente según sea el tipo y nivel de ruido del que quiere proteger. Dado que este efecto de protección es el fin y la base de toda legislación acústica, cabe preguntarse si es posible tenerla en cuenta sin pérdida de la univocidad en la caracterización de productos y situaciones. En este apartado y en los siguientes responderemos a ambas cuestiones en relación al aislamiento frente al ruido aéreo.

La ecuación que sigue constituye manera rigurosa de definir un índice global de aislamiento en decibelios A, o más brevemente aislamiento en decibelios A,

$$R_A = 10 \cdot \lg \frac{\sum_i 10^{(L_i + A_i)/10}}{\sum_i 10^{(L_i - R_i + A_i)/10}} ; i = 1, 2, \dots$$

en donde L_i , R_i , y A_i son, respectivamente, los valores del nivel de ruido, del aislamiento a ruido aéreo normalizado según UNE EN ISO 140 y de la ponderación A en la banda de frecuencia i , usualmente en tercios de octava. Esta ecuación pone de manifiesto la dependencia del valor del índice global respecto al ruido incidente y respecto a la forma de la curva de aislamiento.

Hemos estudiado la influencia de la forma de la curva de aislamiento a partir de las formas simplificadas que siguen formadas por quebradas de uno dos o tres tramos según la secuencia \setminus , $_$, \wedge , \wedge , $_$, \setminus en orden de importancia numérica de la cantidad de divisorios usados en la práctica, obtenida a partir de los datos de los laboratorio más prestigiosos del mundo. Las variables, dentro de cada tipo, son la posición (frecuencia) del punto de unión de los tramos y la pendiente de los tramos inclinados. En la Figura 1 aparecen curvas de aislamiento experimentales del tipo \setminus

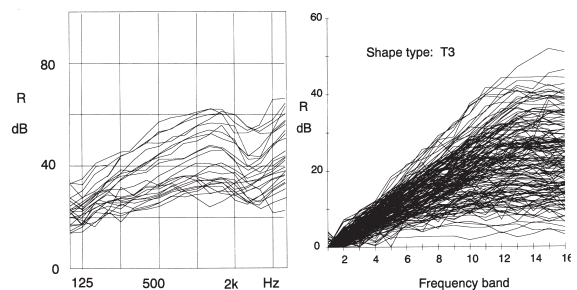


Figura 1. Curvas de aislamiento reales del tipo \setminus (izquierda) y simuladas de los tipos \setminus , $_$, \wedge

Se ha realizado un estudio exhaustivo pudiendo resumir que el elemento de forma con influencia más decisiva en el valor del índice es la pendiente. (Como se verá en el párrafo siguiente, esto es cierto independientemente del ruido incidente). En términos generales se puede afirmar que cuanto mayor es la pendiente mayor es el valor del índice.

Se ha estudiado también la influencia de los ruidos más distintivos, rosa, tráfico, palabra, etc., combinadamente con las formas de la curva de aislamiento. Las curvas de aislamiento muy planas son poco sensibles a la influencia del tipo de ruido. La Figura 2 muestra la influencia de tres tipos de ruido incidente, rosa, tráfico y palabra referidos al ruido rosa, para los tipos de curvas \setminus , $_$, \wedge siendo F1 y F2 las frecuencias de los vértices de la quebrada en los tipos $_$ y \wedge respectivamente. La forma y el tipo de ruido son importantes en el valor del índice asociado: en particular el ruido de tráfico difiere notablemente del ruido rosa.

Más adelante se verán otras influencias de la frecuencia al considerar aspectos subjetivos.

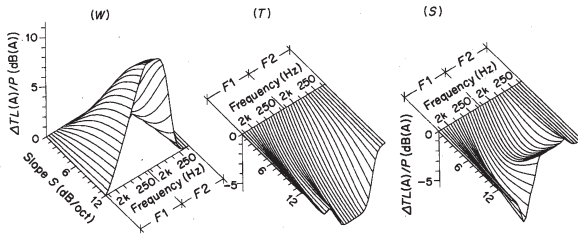


Figura 2. Influencia del tipo de ruido en el índice global de aislamiento a ruido aéreo, en decibelios A, y de los parámetros de forma de la curva de aislamiento (tipos /, \, /). Valores referidos al índice RA (ruido rosa). W - ruido blanco; T- ruido de tráfico; S- palabra.

Para ruidos interiores es razonable tomar como ponderante representativo el ruido doméstico de Northwood, o tranquilamente el ruido rosa, es decir tomar $L_i = cte.$, para todo i . Esta hipótesis acerca este índice a la aproximación de Gösele mencionada y a R_w de la norma ISO 717 y conduce a la formula simple

$$R_A = Cte - 10.lg \sum_i 10^{(A_i - R_i)/10}; i = 1,2,...$$

en donde la constante depende del ancho y del numero de bandas de frecuencia usados. Para tercios de octava cubriendo desde 100 a 5000 Hz, vale aproximadamente 11 dB, y correspondería al índice usado en la NBE-CA Condiciones acústicas en los edificios del MOPU, hoy M. de Fomento.

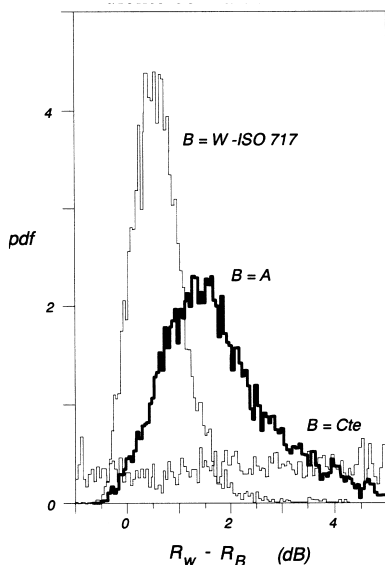


Figura 3. Relación entre al aislamiento en decibelios A y R para distintas redes de ponderación.

Mediante el método de Monte Carlo se ha elaborado un modelo estadístico de las formas simplificadas de las curvas de aislamiento mencionadas, (/, \, /, \, /, \, /), que aproxima las distribuciones de los parámetros de forma reales. Con él se han estudiado comparativamente los índices globales R_A y R_w . Están relacionados por la ecuación

$$R_w = R_A + \delta$$

en donde δ puede considerarse una distribución tipo Weibull sesgada a la derecha, que aparece en la figura siguiente con la denominación $B=A$.

El paralelismo entre R_w y R_A es bastante fuerte, incluso a nivel de la influencia de los parámetros de forma de la curva de aislamiento, efecto que se muestra en la figura siguiente.

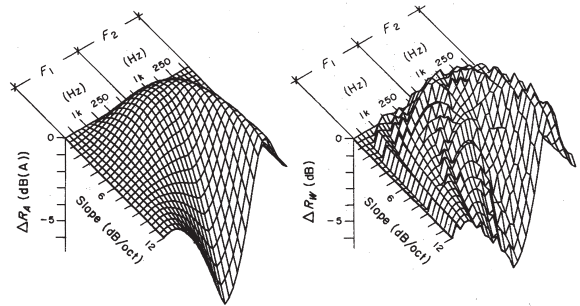


Figura 4. Paralelismo de los índices R_w y R_A respecto a la forma de las curvas de aislamiento

Podría pensarse que el método de la curva de referencia y el de ponderación sean equivalentes. Pero esto no es así: incluso adoptando como curva de ponderación (o equivalentemente como curva de referencia en un planteamiento recíproco) la misma que de referencia el resultado es diferente como puede verse en la curva $B=W$, de la Figura 3 . Hay elementos diferenciadores entre ambos métodos que impide que sean idénticos.

Pero aunque R_w y R_A no son 'iguales' pueden considerarse índices equivalentes a efectos prácticos. Por consiguiente si R_A solamente tiene en cuenta el ruido rosa incidente R_w adolece de la misma limitación, y por ejemplo, frente al ruido de tráfico resulta un índice demasiado tolerante, con valores en media cuatro puntos sobre R_{TeA} , el índice de aislamiento en decibelios A para ruido de tráfico, de importancia en el aislamiento de fachadas.

Aspectos subjetivos del índice global de aislamiento a ruido aéreo en decibelios A

Cabe aducir que las diferencias entre R_w y R_A no tienen fundamento real. Analizaremos en este apartado fundamentos subjetivos que aporten alguna luz sobre el particular.

Los algoritmos de calidad perceptiva de señales acústicas, tan en boga estos últimos años, combinan en una cierta proporción las variables perceptivas más significativas tales como sonoridad, agudeza, tonalidad, aspereza, etc., susceptibles de medición más o menos directa. De entre todas sobresale la sonoridad con factores de correlación del orden de 70 a 80 %. Cuanto mayor es la sonoridad la señal se considera menos aceptable. Es este un concepto viejo que se aplica en el aislamiento de la manera más sencilla: un sonido que no se oye no molesta y por tanto basta poner mucho aislamiento para conseguir la privacidad adecuada. El concepto de calidad acústica añade una perspectiva nueva e interesante: puede conseguirse un mayor confort sin necesidad de un mayor aislamiento a condición de que la señal transmitida resulte de mayor calidad acústica. La aplicación práctica de esta idea en su totalidad no es quizá para mañana pero sí que es interesante intentar introducir algunos de sus aspectos. Consideraremos aquí la sonoridad que es fácilmente calculable mediante algoritmos objetivos: cuanto mayor sea la reducción de la sonoridad más eficaz será el aislamiento a igualdad de "aislamiento global" por ejemplo. Se aprecia ya la importancia que potencialmente puede tener la forma de la curva de aislamiento y del tipo de ruido, pero añade una nueva dependencia ligada al nivel sonoro de la señal, que será de dependencia alineal.

A efectos cuantitativos conviene definir un índice de reducción de sonoridad I_z como diferencia entre los niveles de sonoridad entre el ruido incidente y el transmitido. En lo que sigue usaremos el algoritmo de Zwicker para la evaluación del nivel de sonoridad, según la norma ISO 532. Hemos realizado estudios amplios en función del tipo de ruido y de los parámetros de forma de las curvas de aislamiento. Se han usado distintas curvas de ponderación además de la A, en particular las D (Mark VI) y E (Mark VII) más ligadas a la sonoridad. También se ha considerado la cuantía del aislamiento para cuantificar la alinealidad de la sonoridad.

Los resultados más importantes, usando un método de Monte Carlo en base a las distribuciones realistas de los parámetros de forma de las curvas de aislamiento, se resumen en

a- la correlación con el índice de reducción de sonoridad obtenida con índices de aislamiento usando como curvas de ponderación las curvas D y E es netamente menor que para la ponderación A para los ruidos más significativos (rosa, tráfico, de trenes etc.)

b- la correlación de R_w con I_z es francamente mala excepto para el ruido rosa

c- la correlación de I_A (símbolo general del aislamiento en decibelios A, para incluir cualquier tipo de ruido) con I_z es razonablemente buena para todos los ruidos y todos los niveles de aislamiento

Este último resultado se ilustra en la Figura 5

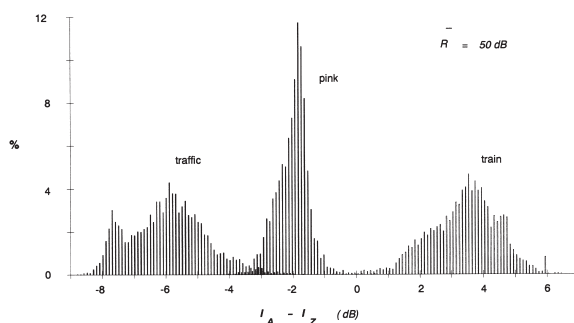


Figura 5. Funciones de distribución de las estadísticas $I_A - I_Z$ para distintos tipos de ruido y distintos niveles de aislamiento.

Como conclusión general se puede decir que la valoración del aislamiento a ruido aéreo mediante la ponderación A, se justifica por la alta correlación con la reducción del nivel de sonoridad para los ruidos más importantes.

Repercusiones en la norma ISO-717

En la forma actual la norma ISO 717, incluye un término de adaptación espectral que se aplica sobre R_w para considerar ruidos incidentes importantes, en particular para el ruido rosa (término C) y para el ruido de tráfico (término $C_{tr,A}$). Este segundo símbolo es significativo ya que denota el uso de la ponderación A. De hecho la definición de estos términos de adaptación espectral corresponde casi literalmente (excepto un redondeo de la primera cifra decimal) a

$$C = R_A - R_w \text{ y } C_{tr,A} = I_{A(tráfico)} - R_w$$

También hemos aportado un método general para definir cuando un ruido dado requiere de un nuevo término de adaptación espectral, carencia aún patente en la norma ISO 717.

NOTA: Señalamos la importante contribución en partes del trabajo aquí referido de Julián García Zaragoza.