



340 - 3-

los ruidos en las edificaciones III

J. M. TOBÍO, Dr. en Química Industrial

aislamiento acústico

9.-Aislamiento de ruidos transmitidos por el aire

La mayor parte de los ruidos que entran en un recinto son transmitidos por el aire. Si se pretende mantener en dicho recinto un nivel acústico aceptable es menester *aislar*. Hay que colocar barreras aislantes para que no entre el sonido. Es evidente que también puede atenuarse el nivel de ruidos en una habitación colocando absorbentes adecuados.

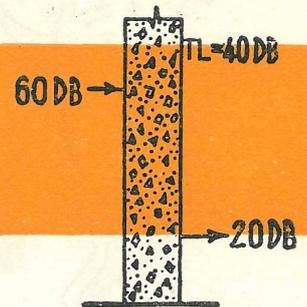
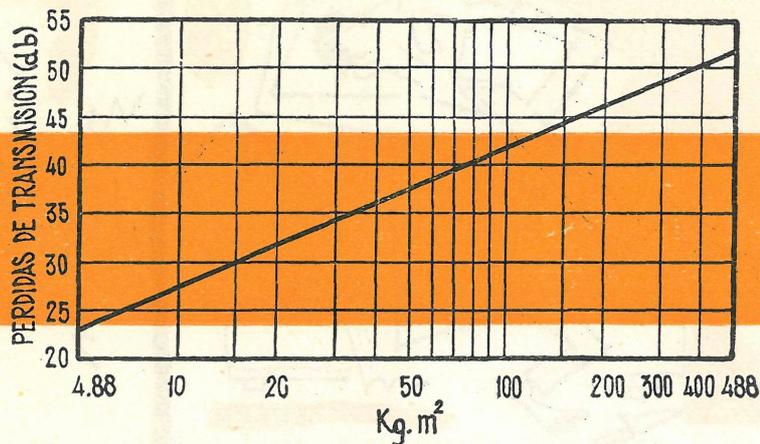
Pero sería totalmente erróneo y antieconómico construir un edificio sin tomar las debidas precauciones y pretender luego que los materiales absorbentes vayan a resolver el problema. Los absorbentes, combinados con un aislamiento adecuado, pueden rendir óptimos resultados; pueden mejorar algo el aislamiento, pero nunca sustituirlo.

Todo material sólido posee un cierto poder aislante para el sonido, un "coeficiente de pérdidas de transmisión" (ver capítulo 5). Igual que en el caso de las absorbentes, el poder aislante depende también de la frecuencia, tal como puede verse en la tabla II.

En general, las superficies sólidas, bien alisadas, son buenos aislantes para el sonido. Los muros gruesos, compactos y de gran densidad son excelentes aislantes acústicos. En el caso de muros y tabiques, puede decirse que el aislamiento (pérdidas de transmisión en db) crece con el peso del material por metro cuadrado.

Para un tabique homogéneo, sencillo y rígido, las TL medias (125 a 2.000 c/s) se relacionan con el peso, en kg/m², según la gráfica de la fig. 21. La pendiente de dicha gráfica muestra que, en líneas generales, *las TL de una pared rígida y masiva aumentan en 4,3 db cuando el peso se duplica*.

Claro que esto depende mucho del material considerado, pero la experiencia muestra que no puede contarse más que con 4 a 5 db de aumento en las TL cuando se incrementa al doble el peso del tabique.



21

22

El cálculo de la energía sonora transmitida a través de un muro es sumamente sencillo si se conoce el nivel del sonido incidente y las TL del material. La figura 22 ilustra sobre este extremo. Si un sonido de 60 db incide sobre un muro y las TL del mismo son de 40 db, al otro lado del muro existirá un nivel de $60 - 40 = 20$ db o, lo que es lo mismo, solamente 1/10.000 de la energía incidente será transmitida a través de la pared (fórmula [4]).

En general, cuando se quieren obtener buenos aislamientos, no se aumenta el espesor de la pared hasta obtener los kg/m^2 que serían precisos según la gráfica de la figura 21. Es mucho más práctico utilizar estructuras discontinuas o compuestas.

TABLA II

MATERIAL	Peso (kg/m^2)	Pérdidas de transmisión (db)						Media
		125 (c/s)	250 (c/s)	500 (c/s)	1.000 (c/s)	2.000 (c/s)	4.000 (c/s)	
LADRILLO:								
Tabique macizo, 1 pie, guarnecido de yeso por ambas caras	—	—	48	49	57	59	—	51
Tabicón (hueco doble)	—	8	5	9	14	19	17	11
Idem id. guarnecido	—	31	31	36	47	50	58	38
HORMIGON:								
Muro de 10 cm, doble revoco	235	34	39	44	49	54	59	47
De 15 cm, ídem id.	352	36	41	46	51	56	61	49
De 20 cm, ídem id.	470	38	43	48	53	58	63	51
De 30 cm, ídem id.	704	42	47	52	57	62	67	54
De clinker, 7,6 cm de espesor	83	17	18	22	30	40	—	23
Idem id., guarnecido	147	27	32	40	52	58	—	44
Celular, bloques, guarnecido por una cara.	220	24	35	47	56	55	—	46
YESO:								
Plaster-board, 10 mm de espesor	9,3	16	20	27	34	31	—	27
Idem id., 5 capas de 10 mm	39	25	30	32	34	39	—	32
Idem id., de 19 mm, enlucido	64	29	32	31	42	50	—	34
PUERTAS:								
Roble, normal, 44 mm espesor	—	12	15	20	22	16	—	20
Madera, especial, 50-60 mm espesor, juntas de goma, burlete, etc.	61	30	30	29	25	26	37	27
Doble puerta, 50 mm, separadas 11 cm ...	—	—	—	—	—	—	—	55
VENTANAS:								
Vidrios de 3-3,5 mm espesor	—	—	—	—	—	—	—	28
Idem id. 6-7 mm espesor	—	—	—	—	—	—	—	31
Dobles, vidrios 3-3,5 mm, espaciados 7 mm	—	—	—	—	—	—	—	31
Idem, id. 6-7 mm, espaciados 13 mm	—	—	—	—	—	—	—	36

10.-Materiales porosos

Cuando un sonido se transmite a través de un material poroso (tal como los que se emplean como absorbentes), una parte de la energía sonora se pierde en forma de calor o movimiento de las partículas del material. Esto da lugar a un cierto poder aislante que, en general, es directamente proporcional al espesor.

La gráfica de la figura 23 muestra las TL de una lámina de lana mineral de 2,5 cm de espesor, en función de la frecuencia. La densidad es de 80 kg/m³. Puede observarse que, como en otras ocasiones, las TL son mayores para frecuencias altas que para bajas frecuencias. También se ve que un panel de lana mineral de 15 cm de grueso poseerá unas TL de 14 db a 800 c/s y 19 db a 1.500 c/s, lo cual es, a todas luces, un valor muy bajo para una lámina tan gruesa.

Este panel constituye un buen absorbente, pero es un mal aislante. *Bajo ningún concepto deben utilizarse materiales porosos como particiones aislantes.*

Sin embargo, dichos materiales pueden y deben usarse en tabiques discontinuos o compuestos, puesto que contribuyen al aislamiento total proporcionado por la estructura combinada, como veremos en el apartado siguiente.

11.-Dobles paneles

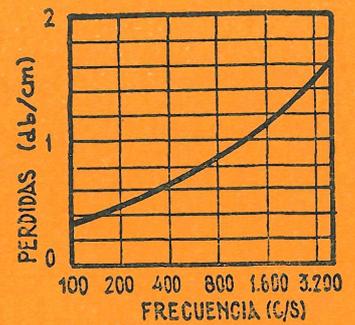
La gráfica de la figura 21 muestra que para muros de más de 70 kg/m² el incremento que se logra en las TL al aumentar el peso es relativamente pequeño. Hay que huir de la construcción monolítica—desde el punto de vista acústico, naturalmente—y acudir a los dobles paneles como medio económicamente práctico de lograr buenos aislamientos con poco peso.

La técnica del doble tabique exige, no obstante, que el número de puntos de unión entre ambos paneles sea mínimo, puesto que lo contrario tiende a rigidizar la estructura y reducir el aislamiento. Muchas veces puede resultar económico colocar un recubrimiento absorbente entre ambos paneles, especialmente en tabiquería ligera, pero no siempre resulta conveniente.

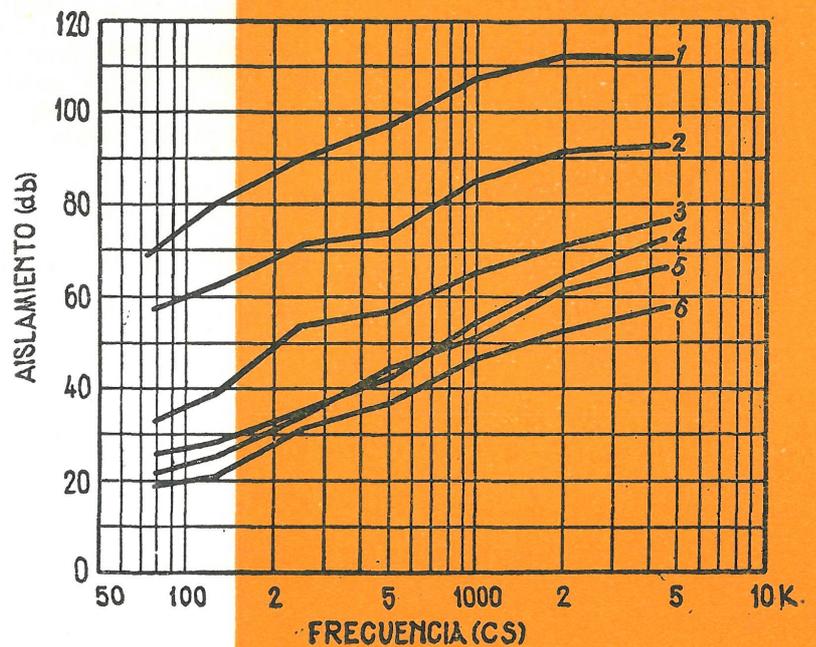
El tratamiento matemático de lo que sucede en los dobles tabiques es extremadamente complejo y ha de hacerse acudiendo a muchas hipótesis simplificativas.

De todos modos, la curva de la figura 21 nos muestra, en grosera aproximación, que las TL son iguales al logaritmo de la masa multiplicado por una constante de proporcionalidad K. Dos paneles paralelos, de masas *m* y *m'*, colocados a una cierta distancia, provocarán unas pérdidas que podremos representar así:

$$TL = 20 \log K \cdot m + 20 \log K \cdot m' = 20 \log K^2 \cdot m \cdot m' \quad [11]$$



23



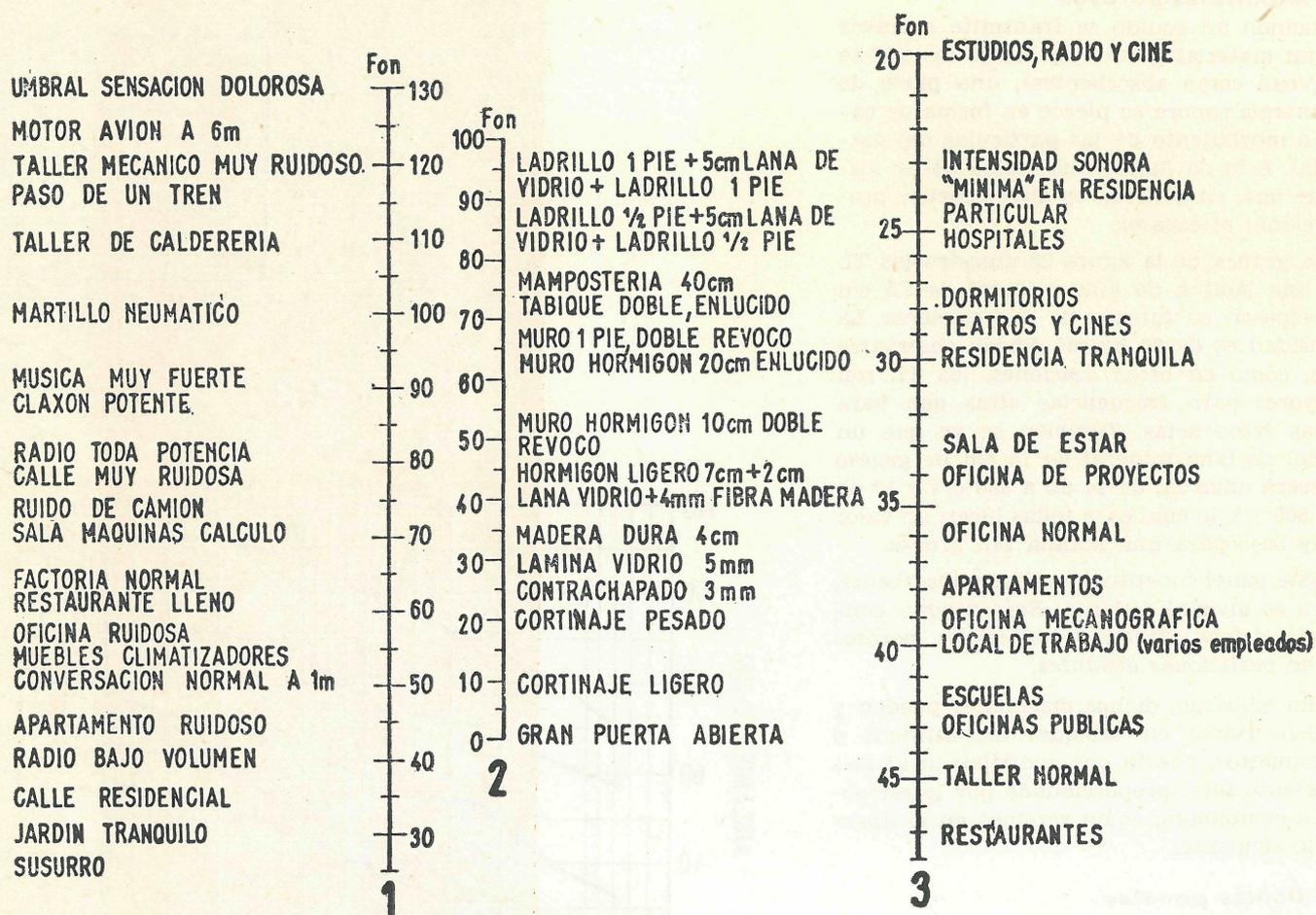
24

1. Pared de ladrillo de 1 pie+5 cm de lana de vidrio+12 cm de espacio de aire+pared de ladrillo de 1 pie+revoco.
2. Hormigón de 20 cm+2,5 cm de lana de vidrio+12 cm de aire+2,5 cm de lana de vidrio+1/2 pie de ladrillo.
3. Ladrillo de 1/2 pie con revoco+2,5 cm de lana de vidrio+4 cm de aire+2,5 cm de lana de vidrio+7 cm de hormigón de clínker.
4. Panel de yeso de 1,3 cm+1,5 cm de lana de vidrio+4 cm de hormigón+1,5 cm de lana de vidrio+1,3 cm de yeso.
5. Hormigón ligero de 7 cm con revoco+2 cm de lana de vidrio+3 cm de espacio de aire+5 cm de hormigón ligero con revoco.
6. Tabique de cañizo y yeso de 3,8 cm+2 cm de lana de vidrio+4 cm de aire+3,8 cm de cañizo y yeso+enlucido de yeso.



25

aislamiento de tabiques y muros



Ejemplo:

Para aislar una oficina normal (35 Fon, escala 3) de un taller mecánico muy ruidoso (120 Fon, escala 1) únanse con una recta los puntos correspondientes. La intersección con la escala 2 muestra que hay que colocar un doble muro de ladrillo de medio pie con 5 cm de lana de vidrio en medio (85 Fon).

Si los paneles se juntan, las pérdidas de transmisión del muro sólido formado serán:

$$TL' = 20 \log K(m + m') \quad [12]$$

Como $K = \frac{\omega}{2Z}$ ($\omega = 2\pi f$; y $Z =$ impedancia acústica del aire = 42 ohmios acústicos) es siem-

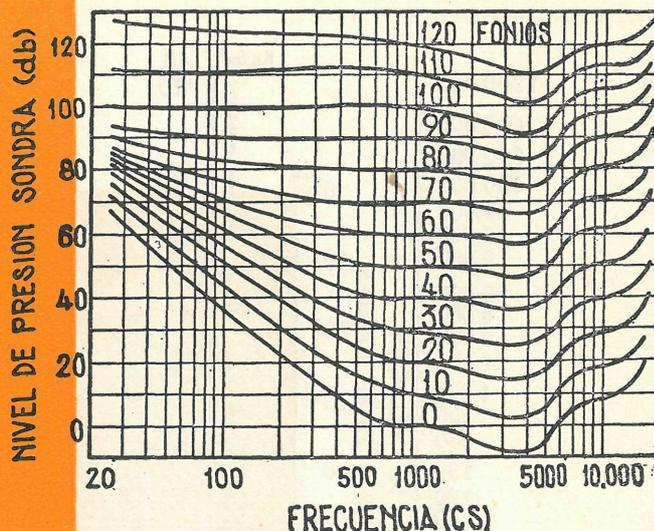
pre mayor que 2, resulta evidente que el valor TL dado por [11] será siempre superior a TL' [12].

Se ve en esto la ventaja de la doble pared. En realidad, los fenómenos son mucho más complejos, porque la lámina de aire comprendida entre los paneles provoca un acoplamiento entre los dos sistemas oscilantes que constituyen los elementos.

La experiencia muestra que si se quiere obtener ventaja del empleo de los dobles paneles, la separación entre ellos debe ser siempre superior a 10 cm y no pasar de 30. Si los dos paneles son de material diferente (densidad distinta) y de diferente espesor, no habrá resonancias ni coincidencias de fase. Los resultados serán entonces mucho mejores que con paneles iguales.

Cuando, por exigencias constructivas, es necesario colocar los paneles muy próximos, se puede compensar el efecto de proximidad colocando entre ambos un material poroso que absorbe una pequeña parte de la energía y aumenta el desfase.

Con objeto de dar al proyectista una idea aproximada del aislamiento que puede lograrse con los dobles paneles, en la figura 24 se incluyen seis ejemplos comunes de estructuras dobles.



27

12.-Efecto de las grietas y orificios

Un factor extremadamente importante en el aislamiento acústico por tabiques o barreras de cualquier clase, es la presencia de grietas, orificios o defectos. Una pequeña grieta puede reducir seriamente la eficacia de un pesado muro. Un ejemplo aclarará mejor esto:

Supongamos un muro de $3 \times 3 = 9 \text{ m}^2$ que presenta, a una frecuencia determinada, unas TL de 40 db. Esto significa que $1/10.000$ de la energía sonora incidente será transmitida por la pared. Para facilidad de cálculo, admitamos que esta energía tiene un valor de 10 watt/m^2 .

La energía sonora incidente total será de $10 \times 9 = 90 \text{ watt}$. La cantidad de sonido transmitida es: $90 \times 1/10.000 = 0,009 \text{ watt}$.

Ahora supongamos que existe en el muro una grieta de 10 cm^2 de superficie. Este orificio tendrá unas TL de *cero* y, por consiguiente, la energía transmitida será:

$$10 \text{ watt/m}^2 \times 10/10.000 = 0,01 \text{ watt},$$

es decir, que la energía transmitida por el orificio de 10 cm^2 es del mismo orden que la transmitida por la totalidad del muro.

Esto indica que cuando se quieren obtener elevadas TL para un tabique o muro, todas las precauciones son pocas. No olvidar, por ejemplo, las puertas y ventanas mal encajadas.

13.-Ruidos transmitidos por los sólidos

Los ruidos sobre los materiales sólidos se originan generalmente por impactos o vibraciones sobre los mismos. Se propagan fácilmente por las estructuras continuas y pueden ser transmitidos a grandes distancias en un edificio.

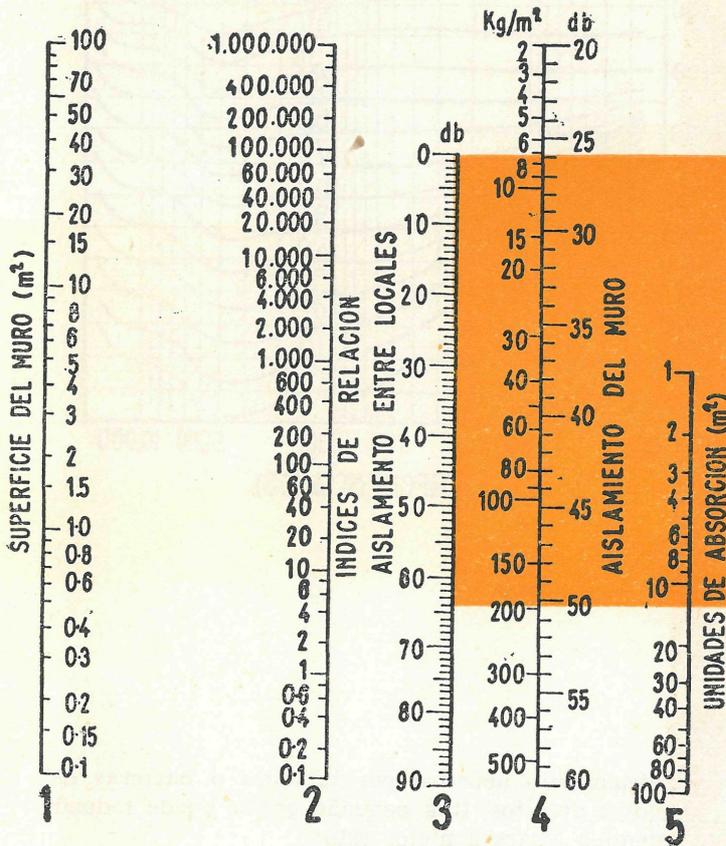
Como es lógico, la forma práctica de combatir estos ruidos es actuar sobre sus fuentes. Medidas tales como aislar del suelo las máquinas que vibran, colocar gruesas alfombras, pisos de corcho o linoleum sobre fieltro para reducir los impactos de pasos y muebles, montajes flotantes para los ventiladores, etc., previenen, en la mayoría de los casos, el peligro.

El remedio general para combatir esta clase de ruidos es la "construcción discontinua". Al hablar de los ruidos industriales volveremos sobre este tema.

En lugares donde se requiere un elevado aislamiento entre dos recintos colocados sobre la misma vertical, tales como estudios de radio y similares, suele adoptarse un sistema constructivo para suelo-techo, parecido al ilustrado en la figura 25.

aislamiento y absorción

(tabiques compuestos)



Ejemplo:

Un muro de hormigón de 10 cm, de 20 m² de superficie (escala 1) y 50 db de aislamiento (escala 4) da un índice de relación (I. R.) de 200 (escala 2). Una puerta de 2 m² en dicho muro, con 30 db de aislamiento da un I. R. de 2.000.

$$I.R. \text{ total} = 2.200$$

Un local separado por dicho muro, con 80 m² de superficie interior total y un coeficiente de absorción (α) del 10% ($\alpha = 0,1$) da: $0,1 \times 80 = 8$ m² unidades de absorción (U. A.), (escala 5). Uniendo el punto 2.200 (2) con 8 (5), se tiene el aislamiento global de 35 db (escala 3).

Notas:

a) Huecos.—Si hay orificios o huecos (aislamiento=0 db) sobre el muro, multiplíquese la sección del hueco (en m²) por 100, 1.000 ó 10.000 y póngase el resultado (escala 1). Se une el punto correspondiente con 20, 30 ó 40 db (4) y se tiene sobre (2) el I. R. Se suma a los I. R. de los demás componentes del muro. El resto se calcula como en el ejemplo anterior.

b) Si la superficie interna de la habitación receptora no es homogénea, las U. A. (5) se calculan por la fórmula $\sum a_m S_m$, donde S_1, S_2, \dots son las áreas parciales, y a_1, a_2 sus absorciones respectivas.

Sobre el forjado—que en este caso es una losa de hormigón—se coloca una lámina de corcho de 2 a 3 cm de grueso. Sobre ella se vierte directamente una lámina de hormigón poco armado de 5 cm de grueso, cuidando de poner sobre el corcho un papel asfáltico para evitar que la pasta entre en los poros del corcho. Sobre este último hormigón va el pavimento, que debe ser corcho o linoleum.

Para organizar el techo se deja un espacio de aire de 5 cm y, por medio de unos alambres empotrados en el hormigón del forjado, se cuelga un falso techo, que puede ser un entramado de madera con losetas acústicas absorbentes.

14.-Cálculos sencillos de aislamiento

Los ábacos de las figuras 26 y 28 pueden resultar prácticos para un cálculo rápido de aislamientos acústicos.

El de la figura 26 permite hallar inmediatamente las pérdidas de transmisión, en fonios, que deben darse a un tabique o muro para lograr un atenuamiento determinado.

En la escala 1 se han incluido los niveles de ruido más corrientes en algunos casos usuales. La escala 3 indica los niveles tolerables o admisibles para locales típicos. La intersección de una recta desde 1 a 3 sobre la escala 2 muestra los fonios de aislamiento que se precisan y, al mismo tiempo, se da una idea constructiva del tabique o muro necesario, que puede tomarse como orientación.

El paso de db a fonios es sencillo, mediante las curvas de Fletcher y Munson (fig. 27), en las que se tienen en cuenta las características especiales del oído en función de la frecuencia. Si no se conoce, o no se toma en consideración la frecuencia, pueden tomarse indistintamente db o fonios en las escalas de la figura 26.

El ábaco de la figura 28 puede servir para calcular el aislamiento de un tabique o muro cuando, además de las características aislantes de éste, se toma en cuenta la absorción de las paredes interiores de la habitación receptora. Las unidades de absorción (escala 5) se corresponden exactamente con el denominador de la fórmula de Sabine [7].

El manejo del ábaco puede comprenderse fácilmente mediante el ejemplo incluido en la fig. 28.