

ISO 140 : ACÚSTICA - MEDICIÓN DE LA AISLACIÓN ACÚSTICA EN VIVIENDAS Y PARTES DE UNA VIVIENDA

Jaime Delannoy Arriagada
Universidad Tecnológica Vicente Pérez Rosales

PARTE 4:

Mediciones in situ de la aislación acústica por vía aérea entre dependencias de una vivienda.

0 INTRODUCCIÓN:

El propósito de la norma es:

- a) Dar los procedimientos que se requieren para medir la aislación acústica entre dos dependencias de una vivienda con el objetivo de verificar el cumplimiento de los requerimientos que pudiese exigir alguna disposición en las normativas de edificación.
- b) Dar los procedimientos para chequear si los elementos constructivos (puertas, tabiques, ventanas, etc.) cumplen las especificaciones dispuestas por norma o para detectar algún defecto en su construcción.

1 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN:

- Medición en terreno de la aislación proporcionada en paredes interiores, puertas y pisos entre dos recintos bajo condiciones de campo sonoro difuso.
- Este dato puede usarse para determinar la protección adecuada a los ocupantes de una vivienda.

2 REFERENCIAS:

ISO 140-2 : Acoustics – Measurements of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2 : Determination, verification and application of precision data.

ISO 140-3 : Acoustics – Measurements of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3 : Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.

ISO 140-5 : Acoustics – Measurements of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5 : Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades.

ISO R354 : Acoustics – Measurement of absorption coefficients in a reverberation room

ISO R717 : Acoustics – Rating of sound insulation for dwellings.

IEC Publication 225 : Octave, half octave and third-octave band filters intended for the analysis of sound and vibration.

3 PARÁMETROS SUJETOS A MEDICIÓN

- (a) Cuando se requiere determinar la **protección** proporcionada a los ocupantes de una vivienda, la cantidad a medir se denomina *diferencia de nivel normalizada* (D_{nT}). Esta cantidad está definida por la expresión:

$$D_{nT} = D + 10 \log_{10}(T/T_0) \text{ dB}$$

Donde

$D = L_1 - L_2$: diferencia de nivel

L_1 = nivel de presión sonora promedio (espacial y temporal) en la sala emisora.

L_2 = nivel de presión sonora promedio (espacial y temporal) en la sala receptora.

T = tiempo de reverberación en la sala receptora.

T_0 = tiempo de reverberación de referencia. (ara viviendas este valor es de 0,5 s)

- (b) Cuando se requiere determinar las propiedades de aislación acústica de los elementos de una vivienda tales como tabiques, puertas, pisos, etc. la cantidad a medir se denomina *índice de reducción aparente* (R'). Este valor puede evaluarse – bajo condiciones de campo sonoro difuso tanto en la sala emisora como en la receptora – por medio de la expresión

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \log_{10}(S/A) \text{ dB}$$

Donde

S = área de la muestra que se evalúa (ventana, tabique, puerta, etc.)

A = absorción sonora en la sala receptora.

4 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Los principios de medición de la aislación acústica –por vía aérea- in situ entre dos dependencias de una vivienda son los mismos que los que se realizan en laboratorio. Una o varias fuentes generan un campo sonoro **estacionario** en la sala emisora; emitiendo ruido de espectro continuo (preferentemente **blanco o rosado**) filtrado en bandas de frecuencia de porcentaje de ancho de banda constante (1/3 de octava o 1 octava). Para la determinación de los niveles de presión sonora promedio de debe disponer de un tiempo de integración (promedio temporal) suficiente como para que la lectura se estabilize en un valor; para obtener el promedio espacial se debe disponer de un número fijo de posiciones de micrófono (para ocupar un único micrófono móvil se debe establecer la trayectoria). Tanto en la sala emisora como en la receptora debe asegurarse que el campo sonoro sea **difuso**. Así mismo los puntos de medición en que se

ubicarán los micrófonos deben encontrarse fuera de los efectos del **campo cercano** de los divisorios.

La presentación de los resultados, sean estos para la diferencia de nivel normalizada (D_{nT}) o para el índice de reducción aparente (R') deben realizarse por medio de una tabulación y además a través de un gráfico donde se explicita el valor del parámetro para cada una de las frecuencias centrales de los filtros utilizados. Si la medición se realizó utilizando filtros de 1/3 de octava se deben presentar los correspondientes valores para las frecuencia que van desde los 100 Hz hasta los 3150 Hz (16 bandas). Si, en cambio, la medición se realizó utilizando filtros de octava, los resultados incluirán al menos las bandas de 125 a 2000 Hz (5 bandas).

La **absorción** (A) presente en la sala receptora puede obtenerse indirectamente conociendo su **tiempo de reverberación**. Puede ser calculado por medio de la expresión :

$$T = 0.163 (V/A) \text{ s}$$

$$A = 0.163 (V/T) \text{ m}^2$$

Donde

V = volumen de la sala receptora

Cuando suceda que, en cualquiera de las bandas medidas, el nivel promedio obtenido tenga una diferencia menor a 10 dB con respecto al ruido de fondo, debe efectuarse una corrección de acuerdo a la siguiente tabla:

Diferencia entre el nivel medido con la fuente operando y el ruido de fondo dB	Corrección a sustraer del nivel medido con la fuente operando dB
3	3
4 a 5	2
6 a 9	1

Nota: Si la diferencia es menor a 3 dB ,entonces no es posible determinar el valor de L_2 , debido a que muy probablemente su valor es inferior al ruido de fondo presente en la sala receptora.

Si se desea evaluar la **transmisión lateral** , esto es, aquellas vías de transmisión acústica diferentes a la que atraviesa directamente el divisorio bajo medición, se puede ver el procedimiento detallado en el anexo B del la publicación oficial de esta norma (ISO 140-4).

Del mismo modo, si se requiere evaluar el **factor de pérdida** del divisorio, se puede recurrir al anexo C de la ISO 140-4.

5 MEDICION DE RUIDO IMPACTO

Un procedimiento similar al descrito aquí pero dirigido a la cuantificación de la transmisión por vía estructural se encuentra en la ISO 140-6,7.

PARTE 5:

Mediciones in situ de la aislación acústica de fachadas y de elementos de fachadas

0 INTRODUCCIÓN

El propósito de esta norma es dar a conocer los procedimientos de medición de las propiedades de aislación de una fachada, con respecto a ruidos externos tales como ruido de tráfico, haciendo posible la verificación de que las viviendas cumplan con las condiciones acústicas deseadas. De este mismo modo se puede determinar si se ha incurrido en errores durante la construcción de una fachada.

1 ALCANCE Y CAMPO DE APLICACIÓN:

- Medición de la aislación acústica de una fachada.
- Determinar la protección acústica proporcionada por la fachada a los ocupantes de la vivienda.

1.1 Descripción

La aislación acústica de la fachada o elemento de la fachada (puerta, ventana, balcón, etc.) debe determinarse, preferentemente, utilizando el tráfico existente en el momento de la medición como fuente de ruido. Esta situación asegura que el ruido incide de diferentes direcciones y lo hace con intensidad variable. Si no es posible utilizar ruido de tráfico in situ entonces se puede recurrir al uso de un altavoz (sonido dirigido) para ser utilizado como fuente de ruido.

2 REFERENCIAS

ISO 140-2 : Acoustics – Measurements of sound insulation in building and of building elements – Part 2: Determination, verification and application of precision data.

ISO 140-3 : Acoustics – Measurements of sound insulation in building and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.

ISO R354 : Acoustics – Measurement of absorption coefficients in a reverberation room.

ISO R1996: Acoustics – Assesment of noise with respect to community response.

IEC Publication 225 : Octave, half-octave and third octave band filters intended for the analysis of sound and vibration.

3 MEDICIONES UTILIZANDO AL TRÁFICO COMO FUENTE DE RUIDO

3.1 Cantidades

(a) Nivel de presión sonora equivalente (L_{eq}). Se define por

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left| \frac{\frac{1}{T_i} \int_0^{T_i} p^2(t) dt}{p_0^2} \right| \quad dB$$

Donde

- $p(t)$ = presión sonora variable en el tiempo
- p_0 = presión sonora de referencia (igual a $20\mu\text{Pa}$)
- T_i = tiempo de integración

(b) Índice de reducción sonora (R_{tr}). Está dado por la expresión

$$R_{tr} = L_{eq1} - L_{eq2} + 10 \log_{10}(S/A) \quad \text{dB}$$

Donde

- L_{eq1} = nivel de presión sonora equivalente medido a 2 m enfrente de la fachada
- L_{eq2} = nivel de presión sonora equivalente en la sala receptora promediado temporal y espacialmente
- S = área de la fachada o elemento de fachada que se evalúa
- A = absorción sonora en la sala receptora

(c) Diferencia de nivel normalizada ($D_{nT, tr}$). Se obtiene por medio de la expresión

$$D_{nT, tr} = L_{eq1} - L_{eq2} + 10 \log_{10}(T/T_0) \quad \text{dB}$$

Donde

- T = tiempo de reverberación medido en la sala receptora
- T_0 = tiempo de reverberación de referencia (para viviendas este valor es de 0,5 s)

3.2 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

Debido a la naturaleza fluctuante del ruido de tráfico, debe calcularse el nivel continuo equivalente L_{eq} **simultáneamente a ambos lados de la fachada**. Este valor puede obtenerse, por ejemplo, registrando ambas señales en una grabadora de dos pistas. Posteriormente, por medio de un dispositivo integrador o por medio de un proceso estadístico en concordancia con ISO/R 1996, se puede obtener el nivel equivalente realizando el análisis de ambas pistas sobre intervalos de tiempo similares.

El nivel de presión sonora equivalente medido en el exterior debe obtenerse ubicando un micrófono a 2 m del frente de la fachada o elemento de fachada. El nivel de presión sonora equivalente medido en el interior debe realizarse considerando un promedio espacial (número de posiciones o trayectoria de micrófono) y un promedio temporal (tiempo de integración uniforme para cada posición de micrófono). Si se detecta la presencia de un balcón en el frente de la fachada no será posible determinar su índice de reducción con ruido de tráfico. Sin embargo, ubicando al micrófono a 2 m enfrente del balcón se puede obtener la protección que ofrece el conjunto fachada-balcón a los ocupantes de la vivienda por medio de la diferencia de nivel normalizada ($D_{nT, tr}$).

Las mediciones deben realizarse ya sea en bandas de 1/3 de octava cuyas frecuencias centrales van desde 100 Hz hasta 3150 Hz, o en bandas de octava, en cuyo caso las frecuencias centrales deben abarcar, al menos, desde 125 Hz hasta 2000 Hz.

La absorción (A) presente en el interior puede obtenerse tal como se describe en la parte 4 de esta misma norma.

Cualquiera sea el parámetro medido los resultados que se obtengan deben ser presentados, por medio de una tabulación y de una curva, para cada una de las bandas de frecuencias consideradas en la medición.

4 MEDICIONES UTILIZANDO UN ALTAVOZ COMO FUENTE DE RUIDO

El índice de reducción sonora (R_θ) está dado por

$$R_\theta = L_1'' - L_2 + 10 \log_{10} \left(\frac{4S \cos(\theta)}{A} \right) \quad dB$$

Donde

- L_1'' = nivel de presión sonora equivalente promedio medido inmediatamente enfrente de la fachada o elemento de fachada sin considerar el efecto de sus reflexiones
- L_2 = nivel de presión sonora promedio en la sala receptora
- S = área de la fachada o parte de la fachada que se evalúa
- A = absorción sonora en la sala receptora
- θ = ángulo de incidencia que se forma entre el eje del altavoz dirigido al centro de la fachada y la normal a ésta.

4.1 PROCEDIMIENTO DE MEDICIÓN

El altavoz debe ubicarse en el exterior de la vivienda, preferentemente en el suelo, a una distancia tal que la fachada sea excitada lo más uniformemente posible. Las mediciones deben efectuarse a un ángulo de incidencia de 45° (también pueden agregarse 0° , 15° , 30° , 60° y 75°). El sonido generado debe ser ruido de espectro continuo filtrado en bandas de al menos $1/3$ de octava. La obtención del valor L_1'' debe obtenerse por medio de un proceso de calibración del altavoz. Este proceso debe llevarse a cabo en **campo libre** donde se obtiene un promedio sobre un área equivalente a la de la fachada midiendo la radiación sonora sobre un área tal y a la misma distancia que se utilice en la evaluación de la fachada. Debe asegurarse que la potencia acústica proporcionada por el altavoz durante el proceso de calibración se mantenga al momento de efectuar la evaluación de R_θ .

El nivel obtenido en la sala receptora debe considerar un promedio tanto espacial como temporal. Para el primero debe disponerse de un número fijo de posiciones de micrófono o de un único micrófono que se desplaza en el campo sonoro. Para este último caso si el micrófono realiza trayectorias en círculo el radio de éstos debe ser de al menos 0,7 m. Para obtener el promedio temporal debe considerarse un tiempo de integración de al menos 30 s.

La absorción (A) presente en el interior puede obtenerse tal como se describe en la parte 4 de esta misma norma.

Si el valor L_2 obtenido para cualquiera de las bandas de frecuencia tiene una diferencia menor a 10 dB, con respecto al ruido de fondo, entonces será necesario realizar una corrección como la especificada en la parte 4 de esta norma.

Los resultados obtenidos deben ser presentados por medio de una tabulación y de una curva para cada una de las bandas de frecuencias consideradas en la medición.

ISO 717 ACÚSTICA – CLASIFICACIÓN DE AISLACIÓN ACÚSTICA DE VIVIENDAS Y ELEMENTOS DE VIVIENDAS

Jaime Delannoy Arriagada
Universidad Tecnológica Vicente Pérez Rosales

PARTE UNO:

Aislación acústica para transmisión por vía aérea

1 ALCANCE

- a) Define una cantidad de valor único para la clasificación de la aislación acústica.
- b) Considera diferentes tipos de espectros de fuentes tales como: ruido de tráfico y ruido producido al interior de las viviendas.
- c) Entrega procedimientos para calcular estas cantidades en bandas de octava y de 1/3 octava

1.1 OBJETIVOS

- Clasificar la aislación acústica de una vivienda
- Simplificar la formulación de requerimientos en normativas relativas a la construcción de viviendas.

2 NORMATIVA DE REFERENCIA

ISO 140-3: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 3: Laboratory measurements of airborne sound insulation of building elements.

ISO 140-4: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 4: Field measurements of airborne sound insulation of between rooms.

ISO 140-5: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 5: Field measurements of airborne sound insulation of facade elements and facades.

ISO 140-9: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 9: Laboratory measurement of room-to-room airborne sound insulation of a suspended ceiling with a plenum above it.

ISO 140-10: Acoustics – Measurement of sound insulation in buildings and of building elements – Part 10: Laboratory measurement of airborne sound insulation of small building elements.

3 DEFINICIONES

- 3.1 Cantidad única para la clasificación de la aislación acústica para transmisión por vía aérea:** Es el valor, en decibeles, de la curva de referencia ajustada a la frecuencia de 500 Hz de acuerdo al método que se establece en esta norma.

3.2 Término de adaptación de espectro: Es el valor, en decibeles, que debe agregarse al valor de clasificación de cantidad única (por ej.: R'_w) para evaluar los efectos particulares de diferentes tipos de espectros sonoros.

La cantidad única, usada en la clasificación de la aislación acústica, tiene una serie de variantes que se aplican al tipo de medición realizada. En la tabla 1 se especifican las cantidades asociadas a las propiedades de aislación acústica de partes o elementos de una vivienda. En la tabla 2 se especifican algunas de estas cantidades utilizadas para la evaluación de viviendas.

Tabla 1 - Cantidades de número único asociadas a la aislación acústica de partes de una vivienda (Ej. puertas, ventanas, cielo, etc.) para mediciones realizadas en bandas de 1/3 de octava en laboratorio.

CANTIDAD	OBTENIDA A PARTIR DE LOS VALORES EN 1/3 OCT. DE	NORMA
Indice de reducción sonora ponderado R_w	Indice de reducción sonora R	ISO 140-3
Diferencia de nivel normalizada ponderada de ciclo suspendido $D_{n,c,w}$	Diferencia de nivel normalizada de ciclo suspendido $D_{n,c}$	ISO 140-9
Diferencia de nivel ponderada de un elemento normalizado $D_{n,e,w}$	Diferencia de nivel de un elemento normalizado $D_{n,e}$	ISO 140-10

Tabla 2 - Ejemplos de cantidades de número único asociadas a la aislación acústica de una vivienda para mediciones realizadas en bandas de 1/3 de octava en terreno.

CANTIDAD ÚNICA		NORMA
Indice de reducción sonora aparente ponderado R'_w	Indice de reducción sonora aparente R'	ISO 140-4
Diferencia de nivel normalizada ponderada $D_{nT,w}$	Diferencia de nivel normalizada D_{nT}	ISO 140-4

4 PROCEDIMIENTO DE EVALUACIÓN

4.1 Descripción

Los valores obtenidos de acuerdo a ISO 140/ 3,4,5,9 y10 (por ej.: D_{nt} , R' , R_{tr} , etc.) son comparados con una serie de valores de referencia a las frecuencias de medición en el rango de frecuencias de 100 Hz a 3150 Hz – para mediciones en 1/3 de octava – y desde 125 Hz hasta 2000 Hz para mediciones realizadas en bandas de octava. De acuerdo al tipo de fuente sonora se deberá calcular un término de adaptación de espectro para lo cual se dispone de dos curvas de referencia.

4.2 Método

Los valores de aislación medidos según ISO 140/3,4,5,9,10 son comparados con una curva de referencia en bandas de 1/3 de octava (Fig.1) ó en bandas de octava (Fig.2) cuyos valores están tabulados en la tabla 3. El procedimiento de ajuste es el siguiente: La curva de referencia aumenta de valor –en pasos de 1 dB (*)- acercándose a la curva de aislación hasta

que la suma de las **desviaciones desfavorables** alcance su **máximo valor** sin ser mayor a 32 dB (mediciones realizadas en 1/3 de octava) o sin ser mayor a 10 dB (mediciones realizadas en octava). Una **desviación desfavorable** se produce cuando, para una frecuencia en particular, el valor de aislación es menor a la curva de referencia. Es importante puntualizar que para este cálculo sólo deben considerarse las desviaciones desfavorables.

Una vez efectuado el ajuste, el valor de la curva de referencia para la frecuencia de 500 Hz es el valor, en decibeles, de la cantidad única calculada (R_w , R'_w , D_{nTW} , etc.)

Tabla 3 – Valores de referencia para transmisión acústica por vía aérea

FRECUCENCIA Hz	VALORES DE REFERENCIA, dB	
	Bandas de tercio de octava	Bandas de octava
100	33	
125	36	36
160	39	
200	42	
250	45	45
315	48	
400	51	
500	52	52
630	53	
800	54	
1.000	55	55
1.250	56	
1.600	56	
2.000	56	56
2.500	56	
3.150	56	

(*): Cuando se dice que la curva de referencia aumenta en pasos de 1 dB quiere decir que todos los valores que aparecen en la tabla 3 modifican su valor simultáneamente.

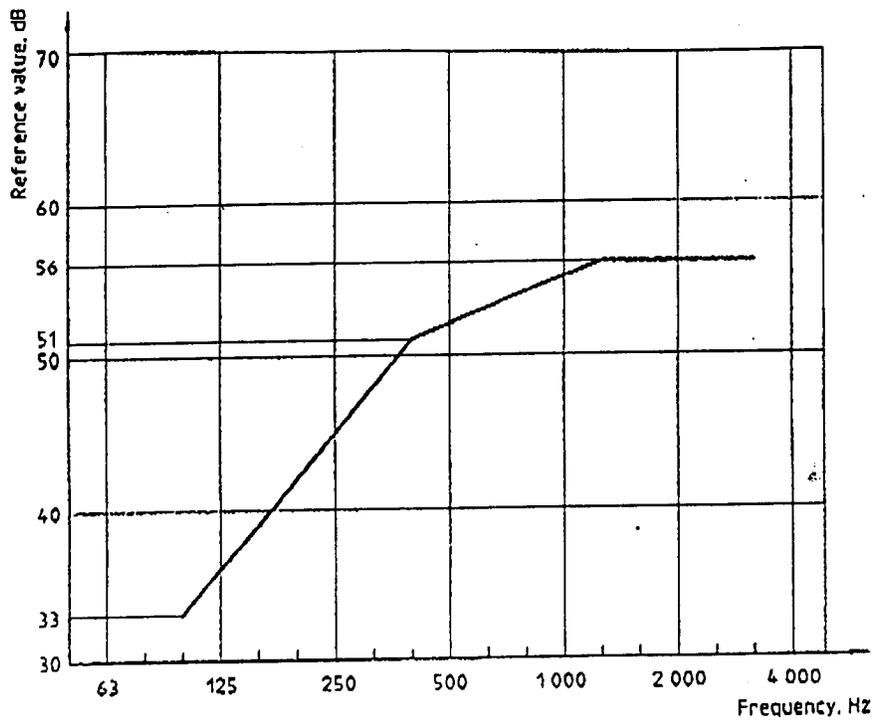


Figure 1 — Curve of reference values for airborne sound, one-third-octave bands

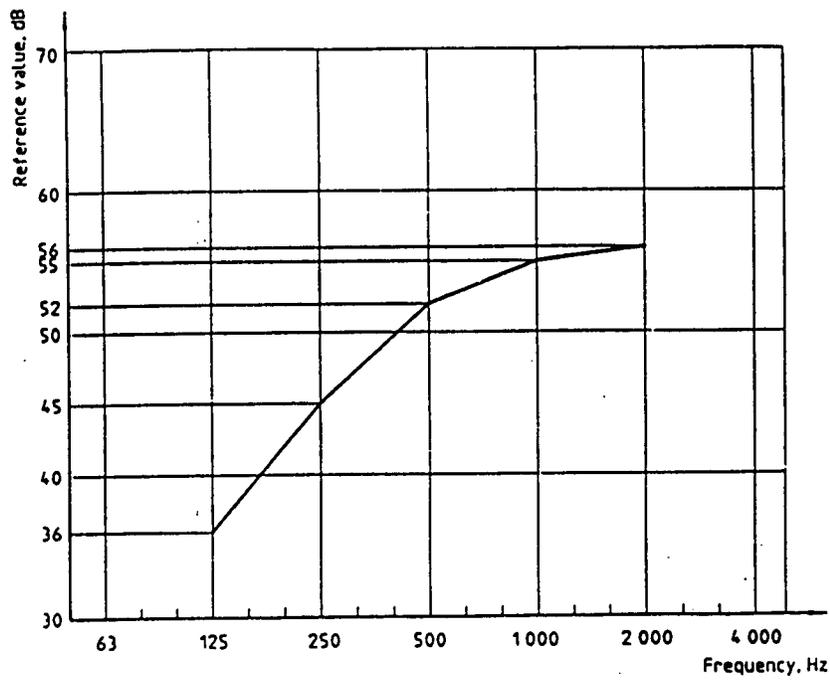


Figure 2 — Curve of reference values for airborne sound, octave bands

El término de adaptación de espectro, C_j , se calcula mediante la expresión

$$C_j = X_{A_j} - X_w$$

donde

- j es el índice para los espectros Nos. 1 y 2;
 X_w es el valor de la cantidad única obtenida por el método de comparación;
 X_{A_j} se calcula por medio de

$$X_{A_j} = -10 \log_{10} \sum 10^{(L_{ij} - X_i)/10} \text{ dB}$$

donde

- i es el índice para las bandas de 1/3 de octava de 100 Hz a 3150 Hz ó para las bandas de octava de 125 Hz a 2000 Hz;
 L_{ij} son los niveles (dados en la tabla 4) para la frecuencia i para el espectro j ;
 X_i es R_i , o R'_i , o D_{ni} o $D_{nT,i}$ para la frecuencia i

Tabla 4 – Nivel sonoro del espectro utilizado para determinar el término de adaptación

Frecuencia Hz	Nivel, L_{ij} dB			
	Espectro N°1 para calcular C 1/3 de octava		Espectro N°2 para calcular C_{tr} 1/3 de octava	
		Octava		Octava
100	-29		-20	
125	-26	-21	-20	-14
160	-23		-18	
200	-21		-16	
250	-19	-14	-15	-10
315	-17		-14	
400	-15		-13	
500	-13	-8	-12	-7
630	-12		-11	
800	-11		-9	
1.000	-10	-5	-8	-4
1.250	-9		-9	
1.600	-9		-10	
2.000	-9	-4	-11	-6
2.500	-9		-13	
3.150	-9		-15	

NOTA: Todo los niveles son ponderados bajo la curva "A" y el nivel del espectro total está normalizado a 0 dB.

El valor del término de adaptación de espectro se debe identificar de acuerdo al espectro usado en el proceso de cálculo:

- C** cuando se usa con el espectro N°1 (**ruido rosado** ponderado con filtro "A")
 C_{tr} cuando se usa con el espectro N°2 (**ruido de tráfico urbano** ponderado con filtro "A")

Para otros tipos de espectro diferentes a los señalados aquí se puede acudir al anexo A de esta misma norma en su publicación original.

5 PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

5.1 Para indicar la efectividad de la aislación acústica de un elemento de vivienda

Una vez calculada la cantidad única, se deben presentar los valores de los términos de adaptación de espectro separados por un punto y coma, entre paréntesis y a continuación de ésta.

Ejemplo:

Si se ha obtenido:

$$R_w = 50$$

$$C = 0$$

$$C_{tr} = -3$$

Entonces debe presentarse como

$$R_w(C;C_{tr}) = 50 (0;-3) \text{ dB}$$

5.2 Para la fijación de requerimientos de calidad acústica y para indicar la calidad de la aislación acústica de elementos de una vivienda

Los requerimientos deben ser indicados a través de la cantidad única o por medio de la suma de este valor y el término de corrección de espectro.

Ejemplos:

$$R'_w + C_{tr} \geq 50 \text{ dB (ej. para fachadas)}$$

o

$$D_{nT,w} + C \geq 55 \text{ dB (ej. para divisorios)}$$

PARTE DOS:

Aislación de ruido impacto

Especifica la metodología requerida para cuantificar, a través de una cantidad única, la aislación acústica para ruido impacto en viviendas y, particularmente, entre pisos de edificios. Para una revisión detallada de este proceso se puede consultar la ISO 717-2: Acoustics – Rating of sound insulation in buildings and of building elements – Part 2: Impact sound insulation.