



UNIVERSIDAD DE LEÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

**MÁSTER DE POSTGRADO EN
INGENIERÍA ACÚSTICA Y VIBRACIONES**

PROYECTO FIN DE MÁSTER

**VALORES ÚNICOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO.-
EVOLUCIÓN, DESARROLLO, EXPECTATIVAS Y
PROPUESTAS DE CAMBIO PARA UN FUTURO
CERCANO**

Mariano Francisco Álvarez Santos

María Machimbarrena

Valladolid, julio 2013

MÁSTER UNIVERSITARIO EN INGENIERÍA ACÚSTICA Y VIBRACIONES.- TRABAJO
FIN DE MÁSTER

Alumno: Mariano Francisco Álvarez Santos

Tutora: MARÍA MACHIMBARRENA

**VALORES ÚNICOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO.-
EVOLUCIÓN, DESARROLLO, EXPECTATIVAS Y
PROPUESTAS DE CAMBIO PARA UN FUTURO
CERCANO**

A mis padres

"Aprender sin reflexionar, es malgastar la energía".

"Cuando el objetivo te parezca difícil, no cambies de objetivo;

busca un nuevo camino para llegar a él.

(Atribuidas a la doctrina de Confucio)

ÍNDICE

PREFACIO.....	8
Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS.....	9
1.1 Antecedentes históricos	9
1.2 Panorama actual	12
A nivel social	13
A nivel político - reglamentario	14
A nivel técnico.....	15
A nivel económico.....	15
A nivel experimental	16
1.3 Destino previsible-destino deseable	16
Destino previsible	16
Destino deseable.....	16
1.4 Proceso normativo	18
1.5 Normativa en proceso de transformación.....	19
1.5.1 Evaluación aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo NWIP 16717-1	20
1.5.2 Evaluación aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto NWIP 16717-2.....	20
1.5.3 Mediciones in situ del aislamiento acústico en los edificios y en elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo ISO/CD 16283-1	20
1.5.4 Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: aislamiento acústico ISO/DIS 12999-1	21
1.6 Objetivo de este trabajo	21
Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE.- RECOPIACIÓN DE ARTÍCULOS POR TEMÁTICA:	23
2.1 Parámetros	23
2.2 Requisitos acústicos entre recintos colindantes o viviendas colindantes.	30
2.3 Frecuencias.....	32
2.4 Problemática del ruido de fondo y enmascaramiento.....	32

2.4.1 Problemas políticos.....	36
2.4.2 Problemas económicos.....	37
2.4.3 Problemas en cuanto a materiales	37
2.4.4 Problemas socioculturales.....	38
2.5 La variable psico-acústica en la elección del índice	39
Capítulo 3. ¿CÓMO SE CALCULA EL VALOR ÚNICO (16717) DE MANERA QUE INCORPORA DE LA MEJOR MANERA POSIBLE LA SUBJETIVIDAD?	40
3.1 Alcance de la revisión:	40
3.2 Las propuestas de la revisión.....	41
3.2.1 Campos de actuación en edificación.....	41
3.2.2 Rangos de frecuencia.....	41
3.2.3 Determinación de los valores únicos (SNQs)	42
3.2.4 Valores únicos.- mejora de la reducción de ruido aéreo.....	45
3.2.5 Ruido de impacto: conversión de $L_{n,i}$ a R_i	46
3.2.7 Dilema bandas de octava o bandas de tercio de octava.....	47
3.2.8 Equivalencia con descriptores ISO 717.....	48
Capítulo 4. ¿QUÉ PRETENDE MEJORAR LAS NUEVAS PROPUESTAS DE PROCESOS DE MEDICIÓN CON RESPECTO A LAS ANTERIORES? PROCESO ESPECÍFICO PARA BAJAS FRECUENCIAS. ISO/CD 16283	49
4.1 ISO/CD 16283-1	49
4.2 Condiciones ISO/CD 16283-1	49
4.2.1 Dimensiones de los recintos.....	49
4.2.2 Rangos de frecuencia.....	50
4.2.3 Micrófonos	50
4.2.4 Altavoces y número de altavoces.....	50
4.2.5 Tiempo de promediado.....	51
4.2.6 Distancias mínimas de los micrófonos a los paramentos	51
4.3 Trayectorias específicas del micrófono escaneado manualmente	51
4.4 Justificación de los tipos de escaneo manual.....	52
4.5 Procedimiento para toda la gama de frecuencias	54
4.6 Procedimiento de medición de bajas frecuencias (LFP); $V < 25 \text{ m}^3$	54
4.6.1 Campo acústico	54
4.6.2 Posiciones de los altavoces y los micrófonos	55
4.6.3 Número de medidas y promedio de tiempos	55

4.6.4 Cálculo del promedio energético.....	56
4.7 Ruido de fondo en el procedimiento de bajas frecuencias. Corrección.....	56
4.8 Tiempo de reverberación en la sala receptora.....	57
Método del ruido interrumpido.....	58
Método de la respuesta de integrada.....	58
4.9 Conversión a bandas de octava	58
Capítulo 5. Una posible idea para el etiquetado acústico de los materiales y elementos de construcción.....	59
5.1 Etiquetado de materiales de construcción	59
5.2 Problemas que se vislumbran a partir del etiquetado de materiales con valores globales.....	59
5.3 ¿Cuál sería la manera de proporcionar información correcta?.....	59
5.4 Una posible respuesta intermedia a la solución del etiquetado.....	60
Capítulo 6. Conclusiones y valoración personal	61
6.1 Algunas conclusiones.....	61
6.2 Aclaración sobre Anexos	62
6.3 Valoración personal.....	63
Agradecimientos	64
Anexo A: Relación de artículos utilizados de mayor relevancia.....	65
Anexo B: Ejemplo 1 comparación sistemas de valores únicos.....	88
Anexo C: Ejemplo 2 comparaciones índices de reducción acústica en dos elementos distintos de separación y con ampliación del rango de frecuencias.....	93
Anexo D: Extracto resumen aplicación ISO/CD 16283-1	98
Anexo E: Ejemplo posible propuesta de expresión en cuanto a etiquetado de productos.....	100
Epílogo	102
Créditos y referencias.....	103

PREFACIO

Segovia, 6 de febrero de 2013, tras varios meses ocupado en realizar traducciones de artículos y buscando normativas, inicio esta andadura para redactar este documento, con bastantes dudas e incertidumbre de adónde me voy a dirigir pero con plena actitud positiva hacia el desconocido objetivo.

Este trabajo analiza a nivel básico los nuevos sistemas, procesos y normativas de aislamiento acústico en edificios y elementos de edificaciones que actualmente se encuentran en proceso de renovación, actualización y evolución. Está fundamentado principalmente, en diversos artículos de categoría científica que han dado origen a discusiones en diversos foros y comités, llegando a formular las normativas de aplicación del aislamiento acústico en los edificios. Estos artículos se han generado a partir de experiencias evolutivas, procesos experimentales, estudios, análisis, encuestas, ensayos y también fallos y errores que a lo largo del tiempo han permitido posicionarnos donde, en el sentido de la acústica, nos encontramos.

Sin duda alguna es de agradecer a cuantas personas han hecho posible llegar hasta aquí en toda la historia de la Acústica, también a aquellos que, sin ánimo de ofender, ignoran y pueden llegar a subestimar, o bien son carentes de sensibilidad educada en todo o parte de lo que concierne a esta rama de la ciencia, pues esto supone un reto, obligando y dando alicientes a los estudiosos en esta materia para poner todavía más esfuerzo y entrega hacia una mayor concienciación con respecto a la acústica, para conseguir mejorar el medio en el que vivimos, haciéndolo más aceptable para todos.

Capítulo 1. INTRODUCCIÓN Y OBJETIVOS

1.1 Antecedentes históricos

Los primeros estudios sobre fenómenos acústicos provienen de la Antigua Grecia: Pitágoras y sus discípulos observaron y dieron cuenta sobre cómo el ruido producido por los martillos al golpear un yunque variaba en función de la masa de los mismos y estudiaron también la relación que existía entre las características de una cuerda vibrante y el tono que emite; Aristóteles comprobó que el sonido producía contracciones y expansiones de aire; Vitruvio escribió, en su tratado sobre Arquitectura, un libro dedicado a la acústica y los teatros, [1] estudió la naturaleza del eco, atribuyéndolo a la reflexión del sonido; Herón de Alejandría enseñó que los sonidos son ondas vibratorias longitudinales que se propagan a través del aire [2].

Sin lugar a duda, las transformaciones socioeconómicas, tecnológicas y culturales en la historia de la humanidad desde el neolítico, así como el inicio de la degradación ambiental de este planeta, se iniciaron con la Revolución Industrial que dio comienzo en Inglaterra a mediados del siglo XVIII- principios del s. XIX, extendiéndose al resto de Europa con posterioridad. A partir de entonces, se iniciaron los procesos de sustitución del hombre por la máquina, la fuerza humana por la mecanización, con la aparición de la máquina de vapor, desarrollo industrial, motor de explosión, electricidad, energía atómica, etc. originándose la modificación de las condiciones medioambientales sin vuelta atrás, incluyendo entre otros el ruido y las vibraciones como agentes contaminantes con los que el ser humano está condenado a evaluar y batallar desde entonces.

Si bien en el s. XIX las reglamentaciones y buenas prácticas en cuanto a la construcción de edificios iban encaminadas para afrontar el riesgo de incendios [3], fue a finales del siglo, en concreto en 1877 cuando el físico inglés lord Rayleigh publicó un tratado con el título de *Theory of Sound* que contenía los fundamentos teóricos de esta rama de la Física (Acústica) y que hoy en día aun sirve de referencia [4], al menos respecto a la acústica de salas y en la configuración de recintos en edificios públicos. Entre las explicaciones que en dicho tratado se vertían sobre acústica se limitaban a generalidades del siguiente tipo:

“En relación con la acústica de edificios públicos, hay varios puntos que permanecen oscuros. ... A fin de evitar la reverberación, a menudo se hace necesario colocar moquetas o cortinas para absorber sonido. En algunos casos, la presencia de la audiencia es ya suficiente para conseguir el efecto deseado.”

No deja de ser curioso que en una época caracterizada por descubrimientos revolucionarios en campos como la física atómica (finales del s. XIX), el progreso de la

acústica, que pretende explicar un fenómeno cotidiano como el comportamiento del sonido, fuese tan lento debido entre otros motivos a la inexistencia de equipos que fueran capaces de cuantificar y realizar medidas objetivas, así como la falta de máquinas potentes con las que realizar las operaciones y cálculos complejos que son precisos.

Wallace Clement Sabine (1868-1919), profesor asociado del departamento de Física de la Universidad de Harvard, le fue encomendada la tarea de buscar una solución a la pésima acústica del Fogg Art Museum (Cambridge, Massachusetts), y en principio la encontró, fue un primer paso; posteriormente recibió el encargo de realizar el estudio acústico del nuevo Boston Music Hall, por lo que aplicó los datos experimentales que había recopilado en su anterior experiencia, llegando a una justificación analítica de que “es una hipérbola”, acababa de descubrir que la reverberación en un recinto es inversamente proporcional a la cantidad de absorción del mismo. Encontró la ecuación para el cálculo del tiempo de reverberación y que relacionaba el volumen de una sala y la absorción de ésta:

$$T = 0,161 \cdot \frac{V}{A} \quad (\text{ec.1})$$

Siendo:

V= Volumen de la sala (en m³)

A= Absorción equivalente de la sala ($\sum \alpha_i \cdot S_i$)

α_i = Cada uno de los coeficientes de absorción acústica de los *i* elementos.

S_i = Cada una de las superficies de los *i* elementos.

Siglo XX, en sus comienzos, la civilización comienza a darse cuenta y sensibilizarse con la idea de que un aislamiento acústico insuficiente es origen de conflicto entre vecinos con la consiguiente reducción del bienestar de sus ocupantes. [3]

La acústica se consolidó como una nueva ciencia a partir de los años 30 ya en el s. XX, fundamentalmente con el desarrollo de la tecnología de los altavoces, micrófonos, válvulas y amplificadores. [4]

En las siguientes décadas, comenzaron a aparecer los primeros requisitos sencillos en cuanto a aislamiento acústico en algunas normativas locales de los países más avanzados, haciendo hincapié en los elementos de separación. [3]

Posteriormente, ya en la década de los años 60 se introdujeron, en algunos países, los primeros criterios de aislamiento acústico, requisitos que han permanecido invariables o con cambios insignificantes durante varias décadas, mientras que los niveles de ruido y la demanda de confortabilidad han ido en aumento. [3]

Más tarde, con el desarrollo de los equipos electrónicos y sistemas de procesamiento de señales acústicas, se han podido relacionar una serie de parámetros

subjetivos tales como inteligibilidad, claridad, reverberación, envolvente, intimidad acústica, etc. [4]

En 1960 aparece el primer patrón de medidas in situ, se correspondía con ISO/R 140. [5] [6]

Posteriormente, en 1968 se presenta el primer patrón internacional de medida del aislamiento (ISO/R 717:1968) [7], basado en una investigación alemana. [5] En estos patrones se introdujo el soporte de las curvas de referencia del aislamiento, con una desviación máxima permitida de 8 dB en cada banda de tercio de octava de la curva de referencia definida en dicho patrón.

En un principio, los requisitos de aislamiento fueron meramente comparativos, por ejemplo, "si era preciso aislar acústicamente, qué mejor que una pared de sillería", posteriormente aparecieron los requisitos específicos como " R_m " siendo un promedio de valores en tercio de octava para rangos de frecuencia de 100-3150 Hz.

En 1982 aparece una revisión de la ISO 717 con tres partes principales:

- Aislamiento a ruido aéreo
- Aislamiento a ruido de impacto
- Aislamiento a ruido de fachadas

que se basaban en la ISO 140 de 1978 siendo las curvas de referencia idénticas a las de la edición de 1968 sin embargo, el tope máximo de desviación, en cuanto a los 8 dB se introdujo como límite máximo, debiendo de informarse sobre valores superiores.

En Francia se hizo una aproximación diferente, con los descriptores R_{rosa} y R_{ruta} , que definían brevemente, en valores con ponderación A, la diferencia del espectro sonoro de ruido rosa o ruido de tráfico.

La siguiente revisión de la ISO 717, publicada en 1982, fue un intento de combinar los métodos francés y alemán, incluyendo los métodos de evaluación del aislamiento contra el ruido de tráfico y también considerando el rango de frecuencias de 50-5000 Hz, actualizándose a su vez la ISO 140. [5]

Actualmente los descriptores para evaluar tanto el aislamiento acústico a ruido aéreo como de ruido de impacto están definidos en ISO 717-1:1996 e ISO 717-2:1996 [8] [9] respectivamente con un total de posibles descriptores de hasta 48 descriptores entre aislamiento a ruido aéreo, fachada e impacto. Aparecen los términos de adaptación espectral C y C_{tr} introducidos en la segunda edición de la Norma Internacional ISO 717 (que incluye a su vez la anterior ISO 717-3 [10]) con el fin de tener en cuenta los diferentes espectros de las fuentes de ruido (tales como ruido rosa y ruido de tráfico) y para evaluar las curvas de aislamiento acústico con valores muy bajos en una sola banda de frecuencia.

En este sentido, el término de adaptación espectral reemplaza la regla de los 8 dB usada en la primera edición de la ISO 717-1.

Tabla 1: Histórico del patrón ISO 717 e indicaciones de principales características [5]

Año	Patrón ISO	Características principales
1968	ISO/R 717:1968, Evaluación del aislamiento acústico entre viviendas (1ª edición, 7 páginas)	Descriptores de medida: I_a I_i Desviación máxima de 8 dB
1982	ISO 717:1982, Acústica - Evaluación del aislamiento acústico en edificios y elementos de edificios Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo en edificios y elementos del interior de los edificios Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto Parte 3: Aislamiento a ruido aéreo en fachadas y elementos de fachadas	Medidas in situ y en laboratorio: Parte 1: R_w , R'_{w} , D_w , $D_{nT,w}$ Parte 2: $L_{n,w}$, L'_{w} , $L_{nT,w}$ Parte 3: Desviaciones significativamente superiores a 8 dB deberán de informarse.
1996	ISO 717:1996, Acústica - Evaluación del aislamiento acústico en edificios y elementos de edificios Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto	Varios términos de adaptación espectral: - C , C_{tr} , C_i - Varios rangos de frecuencia

Tabla 2: Descriptores para evaluación del ruido en edificios conforme ISO 717 [5]

ISO 717:1996 Descriptores para evaluación in situ del aislamiento acústico	Aislamiento a ruido aéreo entre recintos (ISO 717-1)	Aislamiento a ruido de fachadas (ISO 717-1)		Aislamiento a ruido de impacto entre recintos (ISO 717-2)
Descriptores básicos (valores numéricos únicos)	R'_{w} $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$	R'_{w} $D_{n,w}$ $D_{nT,w}$		$L'_{n,w}$ $L'_{nT,w}$
Términos de adaptación espectral (enumerados según principales aplicaciones)	<i>Sin corrección</i> C $C_{50-3150}$ $C_{100-5000}$ $C_{50-5000}$	<i>Sin corrección</i> C $C_{50-3150}$ $C_{100-5000}$ $C_{50-5000}$	<i>Sin corrección</i> C_{tr} $C_{tr, 50-3150}$ $C_{tr, 100-5000}$ $C_{tr, 50-5000}$	<i>Sin corrección</i> C_i $C_{i, 50-2500}$
Número total de descriptores	3 x 5 = 15	3 x 9 = 27		2 x 3 = 6

1.2 Panorama actual

A continuación, agrupado y resumido en cinco categorías expreso lo que considero que significa el actual panorama en cuanto a acústica se refiere:

- Social
- Político y reglamentario
- Técnico
- Económico
- Experimental

A nivel social

- Aumento en cuanto a sensibilización de la importancia de la protección frente al ruido, ver directiva 2002/49/CE de la UE en la que se considera al ruido como uno de los mayores problemas medioambientales que sufre Europa. Aunque no hace mención, para nada del problema del ruido producido entre vecinos. La sociedad actual demanda más confort. La mecanización y el progreso surgido desde la revolución industrial, trajo consigo un aumento del desarrollo de la sociedad dignificando los trabajos más rudos, y por el contrario, en muchos casos desatendiendo la calidad de vida en cuanto a situaciones no tangibles que se manifiestan a largo plazo, como los daños causados por el ruido, en detrimento del medio ambiente.
- En las encuestas, la gente por lo general clama por un buen aislamiento acústico, aunque no está dispuesta a pagar más por su vivienda, lo considera un derecho así como una característica intrínseca de la vivienda.
- Una vivienda que esté catalogada como de lujo sus ocupantes esperan que se encuentre debidamente aislada acústicamente.
- El ruido entre vecinos supone, en orden de magnitud, la segunda causa de molestias de ruido después del ruido de tráfico.
- Ligera disminución del ruido de tráfico en las ciudades, pues los gobiernos, aunque levemente, están comenzando a tomar medidas, (utilización de estaciones de medición en las ciudades, distribución del tráfico rodado alejándolo de las zonas residenciales y cascos de las ciudades, actuaciones en orden de encapsular las fuentes de ruido, utilización de barreras acústicas en perímetro de accesos a las ciudades, la industria está introduciendo en el mercado vehículos eléctricos con menor incidencia acústica, etc...).
- Aumento del uso en los hogares de electrodomésticos, aparatos electro-mecánicos que facilitan el confort y de climatización, sistemas hi-fi y de cine en casa, etc. que se caracterizan por un incremento de bajas frecuencias, en cuanto al ruido; también para el caso de pisadas [5]. Esto nos lleva a reivindicar un aumento del aislamiento acústico para dichas frecuencias, y por consiguiente, el estudiar qué ocurre en cuanto a aislamiento en dichas frecuencias, lo que es extender el rango de frecuencias de estudio. [11]
- Aumento de los niveles de ruido en viviendas producido por instalaciones, al aumentar la diversidad de éstas.
- Enfoque de los sistemas de construcción, aumentando el uso de sistemas y elementos ligeros, que si bien en un principio implican un menor daño al medio ambiente durante los procesos de elaboración, por el contra son bastante deficientes en cuanto a aislamiento acústico a bajas frecuencias.
- Respecto al diseño de las viviendas y los espacios interiores hay nuevas tendencias de estilos de vida, tales como recintos abiertos a otros, espacios con varios usos sin separación entre actividades diurnas y nocturnas (por ejemplo salones con cocina incorporada, salones dormitorio sin espacios de separación).

- Es importante destacar que el confort acústico se caracteriza principalmente por [3]:
 - Ausencia de ruidos no deseados
 - Sonidos deseados con el nivel adecuado
 - Oportunidad para realizar otras actividades
- En este sentido es importante observar que el confort acústico no sólo implica a la persona como receptora de ruidos, sino también como fuente de ruido, es molesto estar sometido a ruido de otros vecinos o personas, pero recíprocamente es tanto o más molesto el saber o suponer que lo que uno hace puede ser escuchado por otra persona lo que significa tener una falta de privacidad.

A nivel político - reglamentario

- Falta de armonización en Europa. Concretamente en cuanto a descriptores de ruido y requisitos legales de reglamentación para 24 países, lo que denota dificultades de cooperación eficiente entre países. Estamos hablando de 24 países con 24 requisitos legales diferentes en cuanto a aislamiento y también rangos de frecuencia distintos. [3]
- Con esta diversidad de descriptores, se genera la posibilidad de definir una idéntica situación con descriptores distintos, e incluso diversos rangos y espectros, lo que origina confusión y multitud de interpretaciones, tanto para el que tiene la responsabilidad de reglamentar como del que la tiene que cumplir o hacer cumplir. Se puede llegar a dar situaciones de mediciones in situ realizadas a medida de los requisitos del solicitante de la comprobación, por la confusión que da lugar tal cantidad de descriptores. (Ver tabla 2).
- Reglamentaciones acústicas en plena ebullición que conlleva a distintos enfoques de las naciones en cuanto al ruido, con diferentes normativas país y distintos descriptores según normativa y país. Es primordial una puesta en común de criterios, para poder abordar objetivos generales. [5]
- Voluntad de unificar criterios a nivel comunitario con las razonables discusiones entre distintos comités de diferentes países encargados de crear un clima de unificación de criterios.
- Primeros pasos en cuanto a esquemas de clasificación acústica de edificios, en algunos países se ha podido comprobar que el cumplimiento de requisitos legales no garantiza unas condiciones satisfactorias para sus ocupantes. [3]
- Inexistencia de armonía en Europa en cuanto a esquemas de clasificación de edificios en lo referente al aislamiento acústico [3]. Sería bueno el armonizar y acercar estos criterios que permitieran una concordancia y el uso de éstas experiencias por otros países.
- Se valora como importante necesidad la realización de una guía práctica, que complementándose a la normativa aportara soluciones, detalles de aplicación y recomendaciones útiles de aplicación en cuanto a los sistemas de construcción, toma de datos y realización de mediciones in situ.

- Unificación de criterios para valores numéricos únicos que sean significativos y reflejen claramente la evaluación subjetiva de la experiencia acústica.
- Los espectros de referencia de ruido existentes (L_{living} , $L_{traffic}$) ¿caracterizan de verdad todas situaciones que se presentan o pueden presentarse en un hogar?
- Para asegurar un confort suficiente entre viviendas, los reglamentos de construcción especifican requerimientos para viviendas nuevas en relación con:
 - Aislamiento a ruido aéreo.
 - Aislamiento a ruido de impacto.
 - Niveles de ruido de tráfico.
 - Niveles de ruido de las instalaciones.
- Poca o nula reglamentación específica de aplicación de aislamiento acústico para casos de edificios y viviendas ya existentes y rehabilitaciones.

A nivel técnico

- Mejoras cualitativas con respecto al desarrollo tecnológico y computacional que permite cálculos que en otros tiempos habrían sido imposibles.
- Problemas en cuanto a medición de ruidos de bajas frecuencias, dispersión de resultados inaceptables, incluso entre laboratorios.
- Creación de espectros de caracterización de ruidos.
- Problemática en cuanto a la caracterización de los elementos de construcción con un valor numérico único frente a distintos tipos de ruido (bajas frecuencias, altas frecuencias).
- La mayoría de los descriptores usados para cuantificar el aislamiento no son adecuados para cumplirse por algunas construcciones ligeras.
- En cuanto a los rangos de frecuencia de estudio van de 100-3150 Hz en bandas de tercio de octava, lo que subestima las bajas frecuencias y las altas frecuencias.
- Los valores numéricos únicos, en cuanto al aislamiento a ruido aéreo, aportan muy poca información sobre el particular aislamiento a bajas, medias o altas frecuencias.
- En bajas frecuencias se producen grandes incertidumbres, provocadas por el comportamiento modal en los campos acústicos de medición.

A nivel económico

- La resistencia por parte de los gobiernos e instituciones a abordar una valiente modificación de los requisitos legales se basa en un temor a fuertes consecuencias económicas y la dificultad de poner al día los manuales y reglamentaciones sin una amplia experiencia que garantice soluciones que estén de acuerdo con las propias reglamentaciones.
- Elevados costes de abordar el aislamiento acústico en rehabilitaciones o en construcciones ya terminadas. (Ley de Sitter que postula lo siguiente: *“Un dólar gastado en fase de diseño y construcción elimina costes de 5 dólares en*

mantenimiento preventivo, 25 dólares en labores de reparación y 125 dólares en rehabilitación”). Si hacemos caso a este postulado, nos llevaría a costes imposibles en lo que se refiere a la adaptación y adecuación del aislamiento acústico en edificios ya terminados.

A nivel experimental

- Incongruencia o sistemas confusos, mientras que cuanto mayor es el valor numérico de R' a ruido aéreo en un elemento separador indica mayor aislamiento pues expresa un índice de reducción acústica, mientras que cuando analizamos el ruido de impacto, se expresa mediante el valor del Nivel de Presión de Ruido de Impacto, es decir lo que transmite y por tanto cuanto mayor es el valor sugiere un menor nivel de aislamiento. [12]
- En cuanto al uso de la máquina de impacto, existen críticas [13] a su uso, pues no caracteriza bien ruidos de pisadas de hecho no se ha podido confirmar que $L_{n,w}+C_i$ ₅₀₋₂₅₀₀ con ponderación A represente el ruido de personas caminando. La clasificación de los distintos suelos, a nivel de ruido de impacto, dependería inclusive del calzado utilizado por las personas.

1.3 Destino previsible-destino deseable

Destino previsible

- Aumento de la cooperación entre países europeos y posible preparación de una Directiva Europea Acústica para viviendas.
- Aumento del rango de frecuencias, tanto en bajas como en altas frecuencias, rango de frecuencias de 50 Hz a 5000 Hz.

Destino deseable

Desde un punto de vista ambicioso, considero interesantes como objetivos a cumplir los siguientes:

- Normativa única con iguales criterios en toda la Comunidad Europea. Si existe la libre circulación de ciudadanos en la UE, sería considerable que las condiciones de protección frente a los contaminantes fuesen iguales en todo el territorio, pues los requerimientos no dependen de dónde vivas. Es hora de considerarlo como un derecho.
- Descriptores únicos y en número reducido de ellos.
- Valores numéricos que, establecidos en tal grado de magnitud, fuesen capaces de reflejar por sí mismos la evaluación subjetiva del aislamiento, es decir que los valores estén bien relacionados con respecto a lo que se mide.

- Esquemas de clasificación acústica de edificios común en todo el territorio de la UE con unos niveles fácilmente escalables entre dos contiguos en cuanto a medios y costes.
- Puesta en común de datos en cuanto a estudios de laboratorio de diferentes soluciones constructivas.
- Supresión de los términos de adaptación espectral.
- Etiquetado ecuánime y coherente en cuanto a ámbito de aplicación.
- Avanzar en la investigación, facilitando datos de sistemas, guías y soluciones ecuánimes. Evaluación y análisis de sistemas de aislamiento que combinen diferentes propuestas y que a su vez resuelvan deficiencias de aislamiento acústico.
- Investigar sobre sistemas de aislamiento mixtos, es decir aquellos sistemas que combinan elementos sólidos y ligeros (fábricas de ladrillo junto con absorbentes acústicos y placas de yeso laminado) que aportan soluciones para el aislamiento acústico entre viviendas.

1.4 Proceso normativo

Aunque no es concerniente a este documento, a título meramente informativo presento como aclaración el siguiente esquema que indica cómo se elaboran las normas internacionales dentro de ISO (International Standard Organization) y de CEN (Comité Europeo de Normalización).

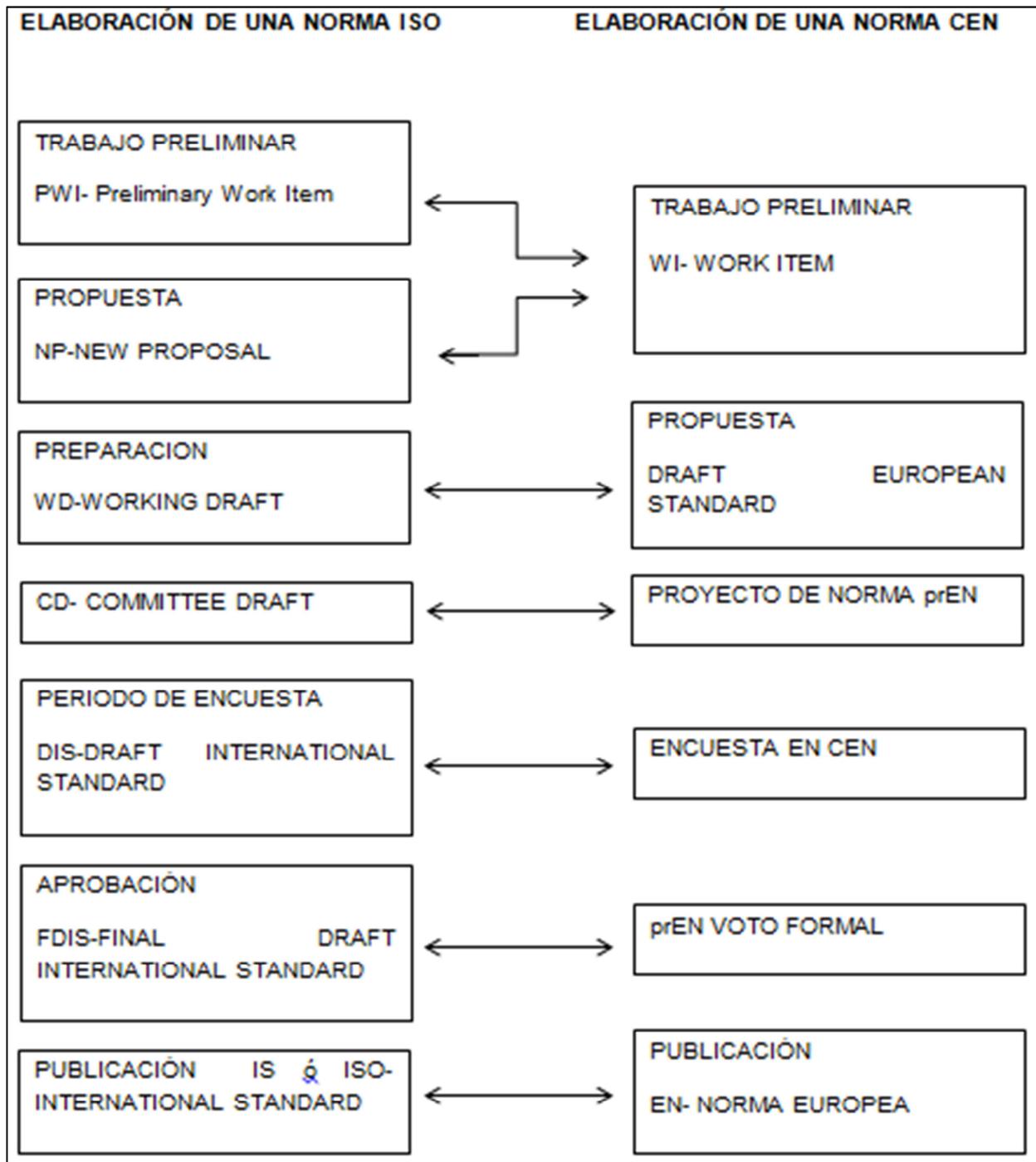


Figura 1: Esquema pasos para la creación de una norma ISO y/o CEN

Como puede observarse en el esquema anterior, las fases de elaboración de una norma internacional son paralelas dentro de ISO (Organización Internacional de Normalización) y CEN (Comité Europeo de Normalización).

La primera parte del trabajo consiste en, una vez que se ha definido el tema que se pretende normalizar, se busca toda la información existente sobre dicho tema y se elabora un documento donde, debidamente fundamentado y argumentado, se exprese ante el Comité Técnico (TC) o Subcomité (SC) correspondiente la necesidad de comenzar estos trabajos de normalización.

Una vez aprobados por el TC o SC el nuevo tema de trabajo (WI o NP), se crea un Grupo de Trabajo, o se adjudica a uno ya existente, la tarea de comenzar a realizar el borrador de la futura norma (WD o Draft European Standard).

Cuando este borrador de norma está definido, se somete a encuesta dentro del TC de forma que con los comentarios que se reciban, se obtiene un borrador definitivo (CD o prEN), que será sometido a voto dentro del TC o SC del que forme parte hasta llegar a ser una norma ISO o EN.

En las votaciones de CD a DIS, de DIS a FDIS y encuesta en CEN, se podrán realizar por parte de los miembros del TC o SC correspondiente, comentarios de tipo técnico y editorial, y que el WG que elabore la norma se encargará de evaluar y aceptar o rechazar justificadamente. En la última votación en que se pasa de FDIS a norma ISO, o fase de Voto Formal en CEN, sólo se pueden realizar comentarios editoriales.

Un borrador de norma no tiene porqué llegar a ser norma, puede no alcanzarse un consenso entre los miembros del TC/SC y entonces el borrador pasa a ser un Informe Técnico: TR (Technical Report).

Las normas se revisan cada 5 años, enviándose un cuestionario tipo donde se informa al TC al que pertenece la norma sobre la utilidad e importancia de dicha norma en el sector y su necesidad de actualizarla o simplemente de reafirmar su validez. En el caso de que sea necesario modificarla se seguirá un proceso idéntico al de realización de las normas desde la fase de CD o prEN).

1.5 Normativa en proceso de transformación

Actualmente se encuentran en proceso de revisión, encuesta y aprobación de borradores los siguientes patrones en cuanto a aislamiento acústico en los edificios y en los elementos de construcción: [14]

- a) Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- b) Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto.

- c) Mediciones in situ del aislamiento acústico en edificios y en elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento acústico al ruido aéreo.
- d) Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: Aislamiento acústico.

1.5.1 Evaluación aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo NWIP 16717-1

Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo. (NWIP 16717-1:2011).

Se trata de un proyecto de norma continuadora de la actual ISO 717-1:1996 y que pretende reducir el excesivo número de descriptores, a un total de 12 descriptores. En cuanto al rango de frecuencias de estos espectros van de 50 Hz a 5000 Hz para espectros de ruido *traffic* y *living* y de 200 Hz a 5000 Hz para espectro *speech*.

1.5.2 Evaluación aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto NWIP 16717-2

Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto. (NWIP 16717-2:2011).

Es un proyecto de norma continuadora de la actual ISO 717-2:1996 y que entre otros objetivos está el de terminar con la contraposición existente en cuanto a sistemas de caracterización de aislamiento acústico de ruido aéreo y ruido de impacto. Definiendo a su vez espectro de ruido de impacto procedente de la máquina normalizada. El rango de frecuencias considerado va desde 50 Hz a 2500 Hz en bandas de tercio de octava. (El sistema americano es de este modo).

1.5.3 Mediciones in situ del aislamiento acústico en los edificios y en elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo ISO/CD 16283-1

UNE-EN ISO 140-4:1999, Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 4: Medición "in situ" del aislamiento al ruido aéreo entre locales que se pretende sustituir por:

Acústica. Mediciones in situ del aislamiento acústico en edificios y en elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento acústico al ruido aéreo (ISO/CD 16283-1:2011).

El proyecto de este documento define los aspectos técnicos y físicos en cuanto a los métodos de medición in situ del aislamiento acústico en los edificios y elementos de edificios, y el procedimiento específico para bajas frecuencias.

1.5.4 Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: aislamiento acústico ISO/DIS 12999-1

Descripción AENOR:

Acústica. Determinación y aplicación de las incertidumbres de medición en la acústica de edificios. Parte 1: aislamiento acústico (ISO/DIS 12999-1:2012)

CTN: AEN/CTN 74 - ACÚSTICA

Se trata de la nueva ISO 140-2 o UNE EN ISO 20140-1 que será sustituida por el borrador del patrón internacional ISO/DIS 12999

1.6 Objetivo de este trabajo

El presente documento que se presenta surge a raíz de la necesidad de desarrollar un Trabajo Fin de Máster en el Máster Universitario de Ingeniería Acústica y Vibraciones, impartido conjuntamente por Universidad de Valladolid y Universidad de León.

Se trata de un trabajo de recopilación, análisis y posterior compilación del estado actual de cierta normativa de relevancia en el ámbito de la acústica de edificios así como del proceso de revisión que se está desarrollando y de las posibles implicaciones en el orden tecnológico, normativo e incluso económico. Cabe señalar como objetivos específicos los siguientes:

- Elaborar un documento que sirva para el futuro estudio y entendimiento de cómo y qué ha motivado los cambios en la legislación por lo que respecta al cálculo de valores únicos que expresen el aislamiento.
- Añadir a este documento una serie de artículos científicos en los que se fundamentan y se han discutido estos cambios.
- Realizar un análisis crítico tanto de la normativa existente como de las modificaciones que se proponen.
- Recopilar o crear una pequeña base de datos o colección de artículos de especial relevancia en la temática elegida, con un pequeño esquema-resumen de contenidos de cada uno de ellos. Esto se presenta en el Anexo A.
- Presentar alguna idea que aporte o abra algún posible camino de mejora.
- Como propio objetivo personal de afianzar y ampliar conocimientos en el campo de la acústica, si bien este objetivo, a nivel personal está por encima de la

necesidad de desarrollar el Trabajo Fin de Máster. Esto lo considero ya cumplido en el mismo instante de redacción de este párrafo (marzo 2013).

Capítulo 2. ESTADO DEL ARTE.- RECOPIACIÓN DE ARTÍCULOS POR TEMÁTICA:

Se dedica este capítulo a exponer el estado del arte por lo que respecta a distintos aspectos de la evaluación del aislamiento acústico en edificios. Se presenta como complemento a este capítulo el Anexo A, que consiste, como anteriormente se ha expresado, en una ficha resumen de los artículos más relevantes utilizados.

2.1 Parámetros

Existen muchos aspectos y situaciones a considerar y valorar cuando nos disponemos a realizar una medición de niveles de presión acústica. A continuación se enumeran aquellas más relevantes:

Aspectos físicos

- Tiempo de reverberación.
- Elementos separadores entre recintos
- Ruido de fondo en ambos recintos
- Nivel de ruido de fondo diferente en cada recinto.
- Temperatura y presión.
- Absorción acústica equivalente en sala receptora y también en emisora.

Aspectos geométricos

- Configuración geométrica de los recintos, superficie, volumen
- Situación relativa de los recintos
- Flancos comunes de transmisión de energía acústica entre recintos
- Dimensiones diferentes o no y volúmenes diferentes o no de los recintos.

Aspectos técnicos

- Medios e instrumentación de medida, micrófonos, analizadores, medidores, altavoces con sus correspondientes limitaciones técnicas de medida, precisión.

Otros aspectos

- Usos diferentes o no de los recintos colindantes.

- Posibilidad de cambio de uso de los recintos a lo largo del tiempo
- Materiales de elementos separadores y en cuanto al recinto receptor la capacidad de absorción acústica de los materiales que revisten dichos recintos
- Diversidad de materiales con características, densidades módulos de elasticidad distintos que conforman los elementos de separación, particiones, flancos, revestimiento interior de los recintos
- Ocupación de los recintos, no siempre se encuentran en equilibrio con respecto a la absorción óptima para una diferencia de niveles determinada.
- Operadores con mayor o menor pericia.

Atendiendo a la definición facilitada en [15], se denomina aislamiento acústico específico de un elemento constructivo a su capacidad para reducir la intensidad acústica del ruido al interponerle este elemento en su propagación, para lo cual se mide por la diferencia entre los niveles de intensidad acústica incidente y transmitida a través del elemento constructivo:

$$R = 10 \cdot \log \frac{I_i}{I_t} = L_i - L_t \quad (\text{ec.2})$$

NOTA: Si bien la expresión de la ecuación anterior puede parecer chocante, hay que interpretarla de acuerdo a la definición que aplica y considerando que la capacidad de reducir la intensidad acústica no es más que una disminución de la energía que incide por absorción o intercambio energético.

De igual forma el aislamiento acústico entre recintos se corresponde con la disminución de la intensidad del ruido al pasar del recinto emisor al receptor.

Se han definido diversos parámetros que son capaces de caracterizar el aislamiento a ruido aéreo [16] :

- a) Aislamiento acústico bruto entre dos locales.

$$D = L_1 - L_2 \quad (\text{ec.3})$$

- b) Índice de reducción acústica, R, que se define como el ratio entre potencia acústica incidente y transmitida.

$$R = 10 \cdot \log \left(\frac{P_{W \text{ in}}}{P_{W \text{ tr}}} \right) \quad (\text{ec. 4})$$

Lo cual también puede expresarse mediante la ecuación 5 suponiendo campo difuso en ambas salas:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \left(\frac{S}{A} \right) \quad (\text{ec. 5})$$

- c) Diferencia normalizada de niveles de ruido: diferencia de niveles de presión acústica con relación al área de absorción acústica.

$$D_n = L_1 - L_2 - 10 \cdot \log \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (\text{ec. 6})$$

- d) Diferencia estandarizada de niveles de ruido (D_{nT}): es decir la diferencia de nivel normalizado referido a un tiempo de reverberación de la sala receptora. Se emplea preferentemente para caracterizar la reducción de ruido, principalmente podría ser cuando no estuviese clara, en cuanto a definición, la superficie del elemento separador. También cuando el área de absorción acústica sea idéntica o muy parecida entre recintos, por ejemplo podría darse el caso entre viviendas en bloque

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{ec. 7})$$

- e) Incremento o mejora del índice de reducción acústica ΔR aportado por un revestimiento o solución.

$$\Delta R = R_{con} - R_{sin} \quad (\text{ec. 8})$$

La medición de ΔR , se lleva a cabo particularmente con referencia a paredes o techos básicos, y el valor numérico único se evalúa restando el índice de Reducción Acústica de la mejora con respecto a un elemento de referencia.

- f) El nivel de presión acústica de ruido de impacto normalizado

$$L_n = L_{receptor} + 10 \cdot \log \left(\frac{A}{A_0} \right) \quad (\text{ec. 9})$$

- g) El nivel de ruido de impacto estandarizado cuando se considera el tiempo de reverberación en vez del área de absorción acústica.

$$L_{nT} = L_{receptor} + 10 \cdot \log \left(\frac{T}{T_0} \right) \quad (\text{ec. 10})$$

- h) La mejora del aislamiento a ruido de impacto en pavimentos se caracteriza por la Reducción del Nivel de Ruido de Impacto (o mejora del aislamiento a ruido de impacto), siendo la diferencia de niveles de presión acústica de impacto normalizado CON y SIN el revestimiento de prueba:

$$\Delta L = L_{sin\ revestimiento} - L_{con\ revestimiento} \quad (\text{ec. 11})$$

El valor numérico único del ΔL se obtiene restando el valor promedio ponderado del nivel de presión de ruido de impacto normalizado de un suelo de referencia ficticio del promedio ponderado del nivel de presión de impacto normalizado del suelo de referencia no mejorado. El valor numérico único del ΔL se denomina Reducción Ponderada del Nivel de Presión de Impacto (ΔL_w). Se han definido cuatro tipos de suelo diferentes, cada uno está caracterizado por una curva de referencia y que son:

- Suelo pesado y consistente;
- Suelo de madera 1;
- Suelo de madera 2 y
- Suelo de madera 3.

Una característica especial de la mejora del ruido de impacto es que los suelos consistentes y pesados sin revestimiento tienen un valor característico adicional denominado Nivel Equivalente de Impacto Normalizado y Ponderado ($L_{n,w,eq}$).

- i) Con un $L_{n,w,eq}$ de un suelo sólido y un ΔL_w de un revestimiento el resultado es un Nivel de Presión Acústica de Ruido de Impacto Ponderado Normalizado ($L_{n,w}$).

$$L_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w \quad (\text{ec. 12})$$

Desde hace años, existen dos caminos reconocidos y diferentes para llegar a los valores únicos: Uno de ellos opta por los valores ponderados de aislamiento acústico, como por ejemplo R_w y el otro camino conduce a diferencias de nivel de presión de ruido ponderados A llamados por ejemplo R_{route} o R_{rosa} , que equivalen a los espectros de referencia de ruido de tráfico o ruido rosa, respectivamente.

Tabla 3: Descriptores que se aplican en 24 países europeos en 2008

Ruido aéreo		Ruido de impacto	
Nº de países	Descriptor	Nº de países	Descriptor
12	R'_w	15	L_{nw}
2	$R'_w + C$	1	L_{nw}
1	$R'_w + C_{50-3150}$	6	L_{nw}
4	$D_{nT,w}$	1	L_{nw}
2	$D_{nT,w} + C$	1	$I_{co}(=59 - L_{nT,w} + C_1 \text{ dB})$
1	$D_{nTA} \approx D_{nT,w} + C_{100-5000}$	¿?	Varios
1	$D_{nT,w} + C_{tr}$	¿?	Recomendaciones
1	$D_{n,w}$	¿?	Reglamentaciones especiales
1	$I_{IU;k}(=R'_w + C - 52 \text{ dB})$		
¿?	Varios		
¿?	Recomendaciones		
¿?	Reglamentaciones especiales		

1. El primero de ellos, ya era aceptado en la NBE-CA-88 del Ministerio de Fomento que se corresponde con la diferencia de niveles de la intensidad

acústica entre la emisión y recepción, ponderados ambos con la curva A y en el supuesto de emisión de ruido rosa [15]:

$$N_{Ae} = 10 \cdot \log \sum_{fi=100}^{5000} 10^{\frac{(N_{fi} + A_i)}{10}} \quad (\text{ec.13})$$

La obtención del nivel global se efectúa mediante ecuación (ec.13), promedio energético ponderado A. Está basado en las curvas de ponderación que tiene en cuenta la variación de la sensibilidad del oído con la frecuencia (A, B, C y D).

El valor del aislamiento acústico global se obtiene en dB(A) por la diferencia entre el nivel global en emisión ponderado A y el nivel global en recepción ponderado A. (Ver ejemplo Anexo B).

En los Códigos Técnicos [17], también se incluyen espectros de referencia normalizados de ruidos de aeronaves, automóviles, ruido ferroviario y ruido rosa, ponderados A para comparar con los niveles de ruido medidos o calculados.

2. El método de ISO 717 que utiliza también el método de comparación con una determinada curva de referencia, pero mediante el desplazamiento ésta en saltos de 1 dB hacia la curva medida hasta que la suma de desviaciones desfavorables sea lo mayor posible pero no mayor de 32,0 dB para mediciones en bandas de tercio de octava o de 10,0 dB para mediciones en bandas de octava. Se entiende por desviación desfavorable en una determinada frecuencia a la que ocurre cuando el resultado de las mediciones es inferior al valor de referencia.

Después de realizar el desplazamiento de la curva, el valor de la curva de referencia a una frecuencia de 500 Hz coincide con el valor de R_w , R'_w , $D_{n,w}$ o $D_{nT,w}$, etc. (Ver ejemplo Anexo B).

Este método de comparación sólo utiliza una curva o espectro de referencia que es para el aislamiento a ruido aéreo y se define en un rango de frecuencias de 100 a 3150 Hz para el aislamiento a ruido aéreo (una curva para cálculos en bandas de octava y otra para bandas de tercio de octava). Cuando el valor global del espectro con el que se quiere comparar es el que se corresponde con el ruido de tráfico urbano ponderado o bien con el de ruido rosa ponderado (para el caso de ruido interior), o bien cuando se requiere extender el rango de frecuencias se utiliza el cálculo de los términos de adaptación espectral (C y C_{tr} ; $C_{50-5000}$; $C_{100-5000}$; $C_{50-3150}$; $C_{tr, 50-3150}$; $C_{tr, 50-5000}$; $C_{tr, 50-3150}$).

$R_w + C$ es aproximadamente igual a R_{rosa} y $R_w + C_{tr}$ a R_{route} (con pequeñas diferencias debido a qué rango de frecuencia estamos utilizando y también a los distintos espectros de tráfico).

En cuanto al ruido de impacto el procedimiento es similar y dispone de una curva de referencia, espectro de referencia (una para mediciones en bandas de octava y otra para mediciones en bandas de tercio de octava) que ha de desplazarse igualmente en

saltos de 1 dB hacia la curva medida hasta que la suma de las desviaciones favorables sea lo más cercano e inferior a 32,0 dB para bandas de tercio de octava y de 10 dB para bandas de octava, entonces el valor en dB de la curva de referencia a 500 Hz después del desplazamiento es el valor de $L_{n,w}$, $L'_{n,w}$ o $L'_{nT,w}$ respectivamente, o ese mismo valor disminuido en 5 dB para mediciones en bandas de octava.

El método de ponderación usado en ISO 717 (método del desplazamiento de la curva de referencia) tiene la ventaja de que los tramos o rangos de frecuencia con un deficiente aislamiento acústico no se ven compensados con el aislamiento proporcionado en los rangos de frecuencia con mejor aislamiento. Válido cuando incluía la regla de desviaciones de 8 dB.

Con los nuevos valores de C, en particular para el ruido aéreo, se introdujeron una gran cantidad de opciones respecto a rangos de frecuencias y espectros de fuente, originando dudas e incertidumbres -al existir un amplio abanico de posibilidades de combinación de términos de adaptación espectral- en cuanto a qué descriptores de valores numéricos únicos serían más adecuados en cada caso. (Ver tabla 2)

Así que cuando llegó a la decisión de revisar la norma ISO 717, uno de los primeros objetivos era el de simplificar el sistema del valor numérico único, reduciendo el número de opciones y dando una información clara de qué descriptor se usa en cada caso.

Tabla 4: Valores únicos del aislamiento al ruido aéreo y de impacto propuestos en NWIP 16717. [18]

DESCRIPTORES DE AISLAMIENTO E INCREMENTO Y REDUCCIÓN DE RUIDO AÉREO	
R_{living} D_{n, living} D_{nT, living}	Diferencia de nivel de ruido <i>living</i> ponderado A , en espectro de frecuencias de 50Hz a 5KHz conforme a espectro <i>living</i> en anexo A. Esta cantidad se corresponde con la molestia causada por este tipo de ruido. R _{living} se refiere al índice de reducción de ruido <i>living</i> . D _{n, living} se refiere a la diferencia de niveles de ruido <u>normalizado</u> . D _{nT, living} se refiere a la diferencia de nivel de ruido <u>estandarizado</u> .
R_{traffic} D_{n, traffic} D_{nT, traffic}	Diferencia de niveles de ruido de tráfico con ponderación A excitado en bandas de frecuencia de 50Hz a 5kHz, conforme al espectro de ruido de tráfico descrito en anexo A. Esta cantidad se corresponde a la molestia causada por este tipo de ruido. R _{traffic} indica el índice de reducción de ruido de tráfico. D _{n, traffic} se refiere a la diferencia de niveles de ruido de tráfico <u>normalizado</u> . D _{nT, traffic} se refiere a la diferencia de niveles de ruido de tráfico <u>estandarizado</u> .
R_{speech} D_{n, speech} D_{nT, speech}	Diferencia de ruido de conversación excitado en espectro de frecuencias de 315 Hz a 3150Hz conforme espectro de conversación definido en anexo A. Esta cantidad se corresponde con la privacidad de la conversación. D _{n, speech} se refiere a la diferencia de niveles de ruido <u>normalizados</u> . D _{nT, speech} se refiere a la diferencia de niveles de ruido de conversación <u>estandarizados</u> .
ΔR_{living}	Incremento de la reducción de ruido de existencia o presencia por un revestimiento.
ΔR_{traffic}	Incremento de la reducción de ruido de tráfico por un revestimiento.
ΔR_{speech}	Incremento de la reducción de ruido de conversación por un revestimiento.
R_{impact} D_{n, impact} D_{nT, impact}	“Índice de reducción de ruido de impacto” R _{impact} se refiere a la diferencia de niveles de potencia acústica de acuerdo a la ecuación (1) de 50-2500 Hz, cuando un suelo se encuentra excitado por una máquina de impactos conforme a ISO 140-6. Esta cantidad representa, aproximadamente, el nivel de ruido de impacto con ponderación A provocado por el acto de dar pasos en todos los tipos de suelo. En edificios se refiere a la “diferencia de niveles de ruido normalizados” (D _{n, impact}) y “diferencia de niveles de ruido de impacto estandarizado” (D _{nT, impact}) usándose en función de sus correspondientes áreas de absorción acústica A o el tiempo de reverberación T de la sala receptora.
R_{eq, impact}	Este número representa “índice de reducción de ruido de impacto equivalente”. Es el R _{impact} de un suelo sin pavimento, modificado en función de su potencialidad para ser mejorado por un revestimiento de suelo estándar. Sólo es aplicable a los suelos (forjados o soleras) de pisos sin pavimento superficial.
ΔR_{impact}	Esta cantidad se denomina “mejora de la reducción de ruido de impacto”. Se calcula como la mejora del R _{impact} de un suelo desnudo estándar por un pavimento. El suelo sin revestimiento estándar puede ser un suelo pesado o diferentes tipos de suelos ligeros.

2.2 Requisitos acústicos entre recintos colindantes o viviendas colindantes.

En la siguiente tabla se expresan los principales requisitos de aislamiento acústico a ruido aéreo entre viviendas en 24 países europeos: [3]

Tabla 5: Requisitos acústicos para ruido aéreo entre viviendas de 24 países europeos [3].

País	Descriptor	Viviendas en bloque	Viviendas adosadas
Austria	$D_{nT,w}$	≥ 55	≥ 60
Bélgica	$D_{nT,w}$	≥ 54	≥ 58
República Checa	R'_{w}	≥ 52	≥ 57
Dinamarca	R'_{w}	≥ 55	≥ 55
Estonia	R'_{w}	≥ 55	≥ 55
Finlandia	R'_{w}	≥ 55	≥ 55
Francia	$D_{nT,w} + C$	≥ 53	≥ 53
Alemania	R'_{w}	$\geq 53^1$	≥ 57
Hungría	$R'_{w}+C$	≥ 51	≥ 56
Islandia	R'_{w}^2	$\geq 52^3$	≥ 55
Irlanda	$D_{nT,w}$	$\geq 53^4$	≥ 53
Italia	R'_{w}	≥ 50	≥ 50
Letonia	R'_{w}	≥ 54	≥ 54
Lituania	$D_{nT,w}$ o R'_{w}	≥ 55	≥ 55
Holanda	$I_{u;k}^5$	≥ 0	≥ 0
Noruega	R'_{w}^6	$\geq 55^6$	$\geq 55^6$
Polonia	$R'_{w}+C$	$\geq 50^7$	$\geq 52^7$
Portugal	$D_{n,w}$	≥ 50	≥ 50
Eslovaquia	R'_{w}	≥ 52	≥ 52
Eslovenia	R'_{w}	≥ 52	≥ 52
España	$D_{nTA} \approx D_{nT,w}+C_{100-5000}$	≥ 50	≥ 50
Suecia	$R'_{w}+C_{50-3150}$	≥ 53	≥ 53
Suiza	$D_{nT,w}+C$	$\geq 52^8$	≥ 55
Reino Unido ⁹	$D_{nT,w}+C_{tr}$	≥ 45	≥ 45

En la siguiente tabla se expresan los principales requisitos de aislamiento acústico a ruido de impacto entre viviendas en 24 países europeos [3]:

¹ Horizontal, requerimientos para verticales son 1 dB superior en Alemania y Polonia, Irlanda por debajo.

² Añadiendo al procedimiento descrito en ISO 717, el procedimiento islandés regulatorio de los edificios prescribe un máximo de 8 dB de desviación.

³ Se recomienda 55 dB

⁴ Horizontal, requerimientos para verticales son 1 dB superior en Alemania y Polonia, Irlanda por debajo.

⁵ $I_{u;k}=R_w+C-52$ dB Ref

⁶ Se recomienda igual criterio que $R_w+C_{50-3150}$

⁷ Horizontal, requerimientos para verticales son 1 dB superior en Alemania y Polonia, Irlanda por debajo.

⁸ Apartamentos en alquiler. Si los ocupantes son los propietarios, el criterio es idéntico que para viviendas adosadas.

⁹ Inglaterra y Gales únicamente. Escocia y norte de Irlanda usan distintos descriptores y niveles.

Tabla 6: Requisitos acústicos de aislamiento a ruido de impacto entre viviendas en 24 países europeos

País	Descriptor	Viviendas en bloque	Viviendas adosadas
Austria	$L'_{nT,w}$	≤ 48	≤ 43
Bélgica	$L'_{nT,w}$	$\leq 58^{10}$	≤ 50
República Checa	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 53
Dinamarca	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 53
Estonia	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 53
Finlandia	$L'_{n,w}$	$\leq 53^{11}$	$\leq 53^{11}$
Francia	$L'_{nT,w}$	≤ 58	≤ 58
Alemania	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 48
Hungría	$L'_{n,w}$	≤ 55	≤ 45
Islandia	$L'_{n,w}$	$\leq 58^{12}$	≤ 53
Irlanda	$L'_{nT,w}$	≤ 62	Ninguno
Italia	$L'_{n,w}$	≤ 63	≤ 63
Letonia	$L'_{n,w}$	≤ 54	≤ 54
Lituania	$L'_{n,w}$	≤ 53	≤ 53
Holanda	I_{co}	$\geq + 5$	$\geq + 5$
Noruega	$L'_{n,w}$	$\leq 53^{10}$	$\leq 53^{10}$
Polonia	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 53
Portugal	$L'_{n,w}$	≤ 60	≤ 60
Eslovaquia	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 58
Eslovenia	$L'_{n,w}$	≤ 58	≤ 58
España	$L'_{nT,w}$	≤ 65	≤ 65
Suecia	$L'_{n,w}+C_{1,50-2500}$	$\leq 56^{13}$	$\leq 56^{13}$
Suiza	$L'_{nT,w}+C_1$	$\leq 53^{14}$	≤ 50
Reino Unido ¹⁵	$L'_{nT,w}$	≤ 62	Ninguno

En la siguiente tabla se expresa un resumen de los descriptores que se aplican en Europa en 24 países a fecha de 2008. [3]

Como fácilmente se deduce del análisis de estas tablas, se puede afirmar que en Europa impera la falta de armonía en cuanto a descriptores, valores de descriptores y requisitos, que era otro de los temas importantes a abordar en las propuestas de modificación de la ISO 717.

¹⁰ Desde recintos que no sean dormitorios hacia dormitorios se requieren ≤ 54 dB

¹¹ Se recomienda igual criterio que para los $L'_{n,w}+C_{1,50-2500}$

¹² Se recomienda 53 dB.

¹³ Igual criterio que para los $L'_{n,w}$.

¹⁴ Apartamentos en alquiler. Si los ocupantes son los propietarios, el criterio es idéntico que para viviendas adosadas.

¹⁵ Inglaterra y Gales únicamente. Escocia y norte de Irlanda usan distintos descriptores y niveles.

2.3 Frecuencias

Según se conoce, el oído humano es capaz de recibir sensaciones auditivas en rangos de frecuencia de 20 a 20000 Hz, mientras que en el ámbito de la acústica de edificios los estudios y medidas se limitan a un rango de frecuencias comprendido entre 100 y 3150 Hz. En tercios de octava se refiere a las siguientes frecuencias centrales, en hercios:

100 Hz/ 125 Hz/ 160 Hz/ 200 Hz/ 250 Hz/ 315 Hz/ 400 Hz/ 500 Hz/ 630 Hz/ 800 Hz/ 1000 Hz/ 1250 Hz/ 1600 Hz/ 2000 Hz/ 2500 Hz/ 3150 Hz.

O en bien para bandas de octava:

125 Hz/ 250 Hz/ 500 Hz/ 1000 Hz/ 2000 Hz.

Los tramos de frecuencias inferiores 50, 63, 80 Hz y los de frecuencias superiores 4000, 5000 Hz en bandas de tercio de octava no son unánimemente aceptados como relevantes y por tanto no se incluyen de forma sistemática en todos los estudios en el ámbito de la acústica arquitectónica.

En la actualidad hay países en los cuales es obligatorio medir en estos rangos de frecuencia ampliados y otros en los que no. Obviamente esto conlleva a diferentes prestaciones en cuanto a los edificios, legislaciones y reglamentaciones. Siendo esto un aspecto más a tener en cuenta a la hora de pretender consensuar la mejor manera de evaluar el aislamiento acústico de forma armonizada en Europa.

Por lo que en principio y en el ámbito de la acústica de edificios se deja fuera de todo análisis el rango de frecuencias de 20-50 Hz y el de 5000 Hz a 20000 Hz. Posiblemente en el futuro serán implementados a los rangos de frecuencia que se estudian otros, conforme se vaya avanzando en cuanto a desarrollo tecnológico, especialmente en cuanto a ruido de impacto y bajas frecuencias.

2.4 Problemática del ruido de fondo y enmascaramiento

Se denomina nivel de ruido de fondo a aquél con un percentil cercano a 90-95, es decir se trata de un ruido tal que en condiciones normales está presente, incluso con los altavoces apagados para el caso de una medición entre recintos.

El ruido de fondo afecta a la percepción subjetiva del aislamiento acústico, por efecto del enmascaramiento, debiéndose considerar este efecto en las futuras pruebas de escucha, encuestas socio-acústicas y clasificación de los sistemas acústicos. [19]

Paradójicamente, muchas quejas de vecinos se deben a un nivel bajo de ruido de fondo (niveles por debajo de 15 dB(A)); pues en tales circunstancias los niveles normales de conversación se hacen audibles, e incluso inteligibles entre viviendas. La no audibilidad de ruidos de vecinos puede suponer aproximadamente que el nivel de ruido

de vecinos es aproximadamente 10 dB de nivel por debajo del nivel de ruido de fondo de la habitación. Cuanto menor es el nivel de ruido de fondo, se precisa un mayor aislamiento acústico para mantener el equilibrio entre señal y ruido. [19]

Por otro lado, a frecuencias altas, existen soluciones constructivas potentes en cuanto a aislamiento acústico y el ruido que proviene de la sala emisora puede llegar a ser próximo o muy próximo al nivel de ruido de fondo en la sala receptora a esas frecuencias, por lo que la realización de ensayos se complica al tener que realizar correcciones sistemáticas de las medidas por no cumplirse la condición de la sustracción de niveles de presión sonora para valores de ruido de fondo comprendidos entre 3 y 10 dB por debajo del nivel de ruido. Para diferencias entre el nivel de ruido y nivel de ruido de fondo inferiores a 3 dB no se puede precisar el nivel de la fuente por efecto del enmascaramiento.

A bajas frecuencias existe un ruido de fondo bastante elevado, lo cual en ocasiones puede dificultar la medida del tiempo de reverberación siendo además difícil excitar adecuadamente las frecuencias más graves.

El fenómeno del enmascaramiento es un arma de doble filo y tiene gran importancia en la vida diaria, ya que su acción puede ser tanto beneficiosa como perjudicial. Debido a este efecto, con frecuencia no escuchamos las conversaciones ajenas, o los sonidos procedentes de otros aparatos ya que son enmascarados, encubiertos por otros sonidos que nos impiden distinguir o filtrar los sonidos deseados, por el contrario también ocurre que en muchos casos en la vida diaria el enmascaramiento nos impide tener conversaciones tranquilas con otras personas. Hay estudiosos que afirman que de no ser por este fenómeno seríamos capaces de escuchar sonidos como el de algún insecto moviéndose, etc. [20] El sonido enmascarador debe tener como mínimo un nivel de presión sonora de unos 20 dB superior al sonido enmascarado.

Atendiendo a las bajas frecuencias se pueden atisbar grandes problemas debido a las dificultades técnicas en cuanto a abordar el problema que generan, reduciéndose a tres grupos:

1. Muestreo en campo es más complejo por no ser difuso y por consiguiente no se obtienen iguales valores, dentro de un mismo recinto, para distintas posiciones de altavoz. (Problemas de desviaciones y reproducibilidad).
2. Por otro lado, en cuanto a dificultades técnicas nos encontramos con las fuentes de ruido para medir estos valores, pues para los altavoces que excitan el recinto emisor se necesita que emitan una determinada señal a unas frecuencias determinadas y en un amplio espacio de tiempo, lo suficiente para excitar los micrófonos, que en bajas frecuencias es mayor ($f = \frac{1}{t}$), lo que para bajas frecuencias es tecnológicamente complicado.
3. Dificultad para medir el tiempo de reverberación.

El ruido de baja frecuencia tiene una energía acústica significativa en el margen de frecuencias de 8 a 100 Hz. Este tipo de ruido es típico en grandes motores diésel, de trenes, barcos y plantas de energía así como máquinas y aparatos como compresores de aire acondicionado, lavadoras, en fin, ruido de máquinas y, puesto que este ruido es difícil de amortiguar y se extiende fácilmente en todas direcciones, puede ser percibido a mucha distancia. El ruido de baja frecuencia es más molesto de lo que se cabría esperar con una medida del nivel de presión sonora ponderado A. La diferencia entre el nivel sonoro ponderado A y el ponderado C puede indicar la existencia o no de un problema de ruido de baja frecuencia.

Por lo que respecta a la transmisibilidad, el ruido de baja frecuencia se caracteriza, en comparación con el ruido de alta frecuencia por ser un ruido de transmisión mientras que los sonidos de altas frecuencias pueden ser reflejados en mayor nivel que los que tienen componentes de bajas frecuencias:

Cuando un frente de ondas incide en un material o recinto cuya estructura está formada por reflectores de acuerdo a su longitud de onda, éste experimenta una dispersión de su energía acústica en todas direcciones. Los reflectores actúan como emisores omnidireccionales, esféricos y selectivos con la frecuencia, los cuales dispersan mejor las altas frecuencias que las bajas. La energía dispersada que conserva el mismo sentido de propagación que el frente incidente se denomina dispersión transmitida, mientras que la energía que posee un sentido distinto al de incidencia es denominada como dispersión reflejada. Este efecto de la dispersión es la causa del ruido estructural, compuesto principalmente por ruidos de bajas frecuencias. [21]

Pues bien para comprender un poco mejor la importancia de las bajas frecuencias en cuanto a aislamiento, si nos atenemos al fenómeno físico de transmisión de ondas planas a través de una capa con incidencia normal (capa $\lambda/4$) con lo que se puede obtener una transmisión total de un medio a otro a través de un elemento intermedio cuya impedancia característica sea igual a la media geométrica de la impedancia de los otros dos medios, siendo esta acción selectiva para unas determinadas frecuencias ($f = \left(n - \frac{1}{2}\right) \frac{c_2}{2L}$) lo que supone la necesidad de un espesor de aislamiento capa $L=\lambda/4$ para poder absorber la energía de las ondas sonoras en dichas frecuencias (equivalente a 39 m para aislar a una frecuencia de 20 Hz y de 8 m para frecuencias de 100 Hz). Por lo que el aislamiento acústico a bajas frecuencias supone una labor cuasi imposible, importante para dilucidar el procedimiento a seguir.

Varios estudios experimentales se han realizado para investigar y analizar los pros y los contras que se producen al realizar mediciones de bajas frecuencias.

En concreto, algunos ensayos entre laboratorios de análisis de aislamientos [11], han demostrado no sólo la variabilidad de la prueba sino también la variación de las desviaciones estándar que pueden ocurrir a bajas frecuencias. El aumentar o extender el rango de frecuencias por debajo de 250 Hz provoca un (aumento) que se traduce en un empeoramiento de la repetibilidad y la reproducibilidad acústica.

Tabla 7.- Repetibilidad, reproducibilidad, rango y desviación en los resultados del Round Robin test [11]

Lang '97 Mediciones in situ	$D_{nT, w}$	C	C_{tr}
Repetibilidad	1,19	1,4	1,87
Reproducibilidad	1,36	1,43	2,22
Rango (dB)	59-62	61-57	52-57
Desviación	3 dB	4 dB	5 dB

Aumentar el rango de frecuencias por debajo de 100 Hz supone:

- Aumento de la desviación estándar.
- Dicha dispersión se incrementa tanto en paredes dobles como en paredes sencillas.
- Repetibilidad y reproducibilidad son superiores cuando se usan C_{tr} .
- Aumenta la dispersión de resultados en valores de 3 a 5 dB.

Entre las conclusiones que manifiestan algunos autores argumentan:

- Los resultados se limitan a unas condiciones específicas.
- En recintos con tamaños similares se producen acoplamientos y suponen un peor escenario para las bajas frecuencias.
- La reducción de la densidad modal o menores modos de vibración en recintos pequeños suponen caídas más pronunciadas en cuanto al aislamiento acústico medido, téngase en cuenta también que en estos casos la absorción acústica es menor pues en principio estamos trabajando con superficies de absorción más pequeñas, para un mismo nivel de ruido. Esta situación provoca el dar mayor importancia al acoplamiento entre el recinto fuente y el receptor en cuanto a bajas frecuencias. Habitaciones receptoras pequeñas (comparados con el recinto emisor) proporcionan peores niveles de aislamiento acústico para idénticos sistemas de aislamiento. El rendimiento acústico es peor.
- Uno de los beneficios pretendidos [19] de la inclusión de bandas de 50-80 Hz para el cálculo de los valores únicos es la mejora de la correlación entre la valoración subjetiva del aislamiento acústico y el valor numérico único. De hecho se ha evidenciado en las encuestas que los ruidos ambientales por debajo de los 100 Hz suponen el principal motivo de las quejas por ruido entre vecinos aunque es evidente que la alteración provocada por niveles de ruido excesivamente altos (malos hábitos) no se puede reducir o aliviar mediante la mejora de dos decibelios del aislamiento acústico a bajas frecuencias.

En Dinamarca, se han efectuado experimentos para observar la influencia de los ruidos de bajas frecuencias entre vecinos [5], se usaron tres tipos de señales:

1. Música
2. Ruidos de pisadas de hombre adulto en el recinto superior
3. Ruido de niños jugando a la pelota y correteando en el recinto superior.

Se modificó el espectro de frecuencias de la señal de entrada, para cada una de las tres señales anteriores mediante filtros, obteniendo unas señales de salida que simulaban el aislamiento proporcionado por cinco tipos diferentes de elementos separadores. Una población de muestra formada por 25 personas fue sometida a la escucha de estas señales de salida por medio de auriculares. En cuanto a la transmisión a ruido aéreo se varió la pendiente del espectro entre 50 y 160 Hz para conseguir simular la transmisión acústica a través de sistemas diferentes desde el ligero al pesado. Por encima de 160 Hz el espectro se mantuvo constante. Para conseguir un ruido similar al de impacto se usó únicamente la pendiente del espectro entre 50 y 125 Hz. El experimento concluye que en cuanto a bajas frecuencias y para construcciones pesadas y semi-pesadas el problema es menor que en construcciones ligeras y medias.

Otros ensayos realizados por distintos laboratorios [19], cinco en concreto, fueron realizados mediante el uso de métodos de presión e intensidad con resultados distintos entre sí:

1. Método A: mediante el método de presión en rangos de frecuencia de 50-5000 Hz y aplicando ISO 140-3
2. Método B: Usando el método de intensidad para rangos de 50-160 Hz y el método de presión en rangos de frecuencia de 200-5000 Hz.

Los mejores resultados, es decir los que obtuvieron menor incertidumbre, fueron los realizados por el método B.

Cuando se extiende el rango de bajas frecuencias, la incertidumbre de las mediciones aumenta.

Medir aislamiento a bajas frecuencias con el método de presión resulta menos adecuado que con el método de intensidad, aunque con el método de intensidad los resultados se confirman ligeramente inferiores que con el método de presión en cuanto a índices de reducción acústica se debe a que éste método subestima la presión sonora incidente en la muestra, lo que proporciona resultados teóricamente más cercanos al valor real físico del índice de reducción acústica.

2.4.1 Problemas políticos

Los problemas son derivados del propio cumplimiento reglamentario derivan en

1. Incertidumbres en las medidas, que se transforman en inseguridad a la hora de aplicar las leyes y normas aprobadas.
2. Dispersión de resultados que genera inseguridad a la hora de tomar acciones.

3. Problemas y dispersiones de valores a la hora de verificar el cumplimiento reglamentario.

2.4.2 Problemas económicos

En cuanto a las soluciones y adaptaciones acústicas para edificios y viviendas, no se trata, por lo general de meras aportaciones sobre los acabados que se añaden a las construcciones una vez acabadas, sino que éstas implican actuar en las “tripas”, es decir, bajo elementos no accesibles directamente lo que obliga, si queremos hacer las cosas de una manera correcta, a un levantado de pavimentos y demoliciones previas en paredes, suelos y techos, de forma que se opere para obstruir las vías de transmisión. Esto supone modificar y alterar considerablemente el recinto receptor o el emisor cortando las vías en su origen.

El actuar en este sentido no se hace con soluciones de poco coste, sino al contrario, suponen costes cuantiosos por lo que es muy importante hacer una llamada de atención tanto política como socialmente para que exista y se despierte en la sociedad, a todos los niveles, una conciencia sobre la importancia de un adecuado aislamiento acústico en los procesos constructivos, no ya sólo en cuanto en beneficio de la salud mental de los futuros ocupantes, sino por economía.

Todo esto, junto con el hecho de extender el rango de frecuencias, supone la participación de todos los agentes incitando a un cambio normativo que conlleve el caracterizar nuevamente todas las soluciones constructivas existentes en el mercado, actualización de guías y listados de materiales, esquemas de clasificación acústica de edificios, etc. Para los laboratorios y los técnicos implicados supone el continuo reciclaje y cuantiosos costes de inversión en I+D+i, gastos en formación y acreditación para los nuevos métodos y sistemas y equipos de medida.

Actualmente, no estamos en el mejor escenario económico para implementar todos estos cambios que son necesarios y tampoco creo que las propias administraciones públicas están en la mejor posición para exigir y requerir cumplimientos legislativos, normativos y reglamentarios, aunque sí es momento de tomar conciencia y replegarse avanzando en estudios, investigaciones y practicar conocimientos y experiencias, para poder, en un futuro, desplegar todo un sistema innovador que garantice un adecuado aislamiento acústico y unos métodos de medición reproducibles con desviaciones e incertidumbres minimizadas.

2.4.3 Problemas en cuanto a materiales

Para construcciones ligeras el problema se agrava a bajas frecuencias, pues el comportamiento en frecuencia no es igual para paredes sencillas y ligeras que para

elementos pesados y sólidos. Tampoco se obtienen resultados similares según se trate de un material u otro. (Ver ejemplo 2 en Anexo C).

Este ejemplo mencionado, deja ver que en primer lugar no funcionan igual para todas las frecuencias elementos de separación de distintos materiales incluso con valores globales de índices de ruido idénticos para una determinada exposición de ruido y en segundo lugar se demuestra que el aumentar o extender el espectro de frecuencias de estudio conlleva que un sistema constructivo que reglamentariamente cumpliría para ciertos espectros de ruido en un rango de frecuencias determinado, para el espectro ampliado ya no resulta válido, cuestión muy importante a tener en cuenta a la hora de legislar y reglamentar pues estas mejoras, a nivel de confortabilidad, deben ir acompañadas de una nueva catalogación, clasificación y etiquetado de materiales así como la búsqueda de nuevos sistemas de aislamiento.

2.4.4 Problemas socioculturales

Se han realizado numerosos *listening test* y encuestas que revelan que no todos los países perciben igual la problemática en cuanto a las bajas frecuencias.

En cuanto a las conclusiones de las encuestas realizadas sobre molestias percibidas por el ruido en las viviendas, en los países nórdicos han dado como resultado que los ruidos con gama de frecuencia graves, como pueden ser los procedentes de equipos de música de alta fidelidad y equipos de cine en casa, son fuentes características de ruido molestas, mientras que en España, por ejemplo, no aparece como una de las principales molestias, aunque en este sentido sería necesario una mayor precisión y análisis de la situación, conocer porcentajes de usuarios de cine en casa o equipos de música, especificar también cuales son los hábitos más comunes dentro de las viviendas tanto de una cultura como de la otra. A este respecto es importante destacar que los hábitos de la sociedad española tienen que ver más con actividades al exterior, debido a la climatología, sin embargo dentro de la vivienda nuestras actividades, que por lo general poco tienen que ver con las de los habitantes de los países nórdicos, son más ruidosas. Esto nos podría hacer pensar en que somos más tolerantes frente al ruido, es lógico, somos más ruidosos. En los países nórdicos, sus habitantes tienen otros hábitos que se centran mayormente en el interior de sus viviendas, es posible también que manejen por tanto con mayor asiduidad aparatos de ocio y confort (bombas de calor, climatizadoras y home cinema) que en los países del sur, éstos a aparatos se son proclives a generar ruidos de bajas frecuencias, si a esto sumamos lo anteriormente expuesto de que sus actividades son mayormente en el interior de las viviendas, es fácil deducir que estén más sensibilizados con los ruidos en bajas frecuencias

2.5 La variable psico-acústica en la elección del índice

Es importante que los índices elegidos sean característicos del nivel de la molestia, no sólo corresponderse con un valor numérico, para lo cual se considera muy necesarios los trabajos de encuestas psico-acústicas.

Es necesario también, elegir un sistema que transfiera fielmente los resultados de las encuestas, con la finalidad de cuantificar los resultados mediante una escala numérica convertibles en una estadística.

La encuesta a realizar debiera tratarse de un modelo tipificado, que realizada en distintos países con iguales criterios técnicos, los resultados obtenidos en distintos países puedan ser comparados.

Por todo lo anterior, resulta muy apropiadas las propuestas de ISO/TS 15666 [22] así como otros estudios de sistema de valoración y cuantificación de molestias y perturbaciones acústicas como el modelo *Genlyd*. [23].

Capítulo 3. ¿CÓMO SE CALCULA EL VALOR ÚNICO (16717) DE MANERA QUE INCORPORE DE LA MEJOR MANERA POSIBLE LA SUBJETIVIDAD?

Actualmente la norma ISO 717 se encuentra en proceso evolutivo con grandes cambios a nivel técnico y valorativo en cuanto a procedimientos de cálculo de los valores únicos a partir de espectros de frecuencia de aislamiento acústico en edificios.

Los cambios pretendidos son reflejados en NWIP/ISO 16717-1 y NWIP/ISO 16717-2 (“Evaluación de espectros de aislamiento acústico mediante valores únicos. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo” y “Evaluación de espectros de aislamiento acústico mediante valores únicos. Parte 2: Aislamiento a ruido de impacto” respectivamente).

3.1 Alcance de la revisión:

En la nueva propuesta de revisión de la ISO 717 pretende redefinir:

- Reducir considerablemente el número de descriptores, siempre a partir de los ya existentes, con la premisa de que los valores medidos y calculados anteriormente mediante el patrón ISO 717 fueran convertibles a estos nuevos valores numéricos únicos, siempre que se estuviese trabajando en el mismo rango de frecuencias, con el objeto de que sean válidos los informes ya existentes.
- Se extienden los rangos de frecuencia a estudiar en los extremos, es decir se pueden elegir los intervalos a partir de 50Hz, 63Hz y 100Hz para el extremo inferior y 2500, 3150 y 5000 Hz para el extremo superior.
- Mejorar la correlación entre el valor o sensación subjetiva y los valores únicos. A este respecto varias investigaciones entre laboratorios [11] han demostrado que la inclusión de frecuencias inferiores a 100 Hz mejora significativamente la relación entre los valores únicos y la evaluación subjetiva, o percepción humana.
- Se ha visto también como la oportunidad de reconsiderar la innecesaria contraposición en el tratamiento del ruido aéreo y ruido de impacto, mientras que uno se expresaba hasta ahora mediante índices de reducción acústica, el otro, es decir el ruido de impacto, se trataba y describía con niveles de presión de ruido de impacto. Un valor, el del índice de reducción, expresa mayor aislamiento cuanto mayor es el número que lo representa mientras que el otro, el del ruido de impacto, al expresarse mediante niveles de presión indica que cuanto mayor es el valor numérico, menor es la percepción del aislamiento. La ventaja real de expresar el aislamiento a ruido de impacto en términos de índices de reducción acústica, no sólo se debe a lo expresado anteriormente, sino que además estriba

en el hecho de que la fuente de ruido de impacto aparece también en la evaluación del aislamiento acústico, permitiendo el uso de otra fuente de referencia, aparte de la que genera la máquina de impactos normalizada.

3.2 Las propuestas de la revisión

3.2.1 Campos de actuación en edificación

En principio, se han definido cuatro espectros, relacionados con cuatro campos de aplicación en cuanto a la acústica en edificaciones para la creación de los descriptores de valores únicos y que son:

- a) El ruido de vecinos o colindantes (se denomina por "*living noise*"): pensado para situaciones en las que predomina en general el ruido de vida en los hogares, es ruido interior que incluye todo tipo de sonidos comúnmente escuchados en los hogares.
- b) El ruido exterior, caracterizado principalmente por ruido de tráfico rodado (denominado "*traffic noise*"). Este espectro se destina al elemento o construcción expuesta al aire libre, véase fachadas, ventanas, etc.
- c) Inteligibilidad del habla, conversaciones ("*speech noise*"). Está destinada a situaciones donde los sonidos de conversaciones son una fuente importante de molestias. Su objetivo es la predicción de la inteligibilidad de la palabra.
- d) Ruido de impacto, transmitido principalmente a través de flancos estructurales ("*impact noise*")

Como se puede comprobar, los nuevos nombres de descriptores se identifican por sí mismos al aplicar los subíndices "*traffic, living, speech o impact*".

3.2.2 Rangos de frecuencia

Como es lógico, para cada uno de los campos de aplicación y situaciones es preciso el realizar las mediciones en rangos de frecuencia que fuesen significativos con el tipo de ruido de referencia, incluyendo las frecuencias por debajo de 100 Hz.

Los espectros de referencia se definen en un rango de frecuencia general de 50 Hz a 5000 Hz, exceptuando los referentes a los que motivan medición para caracterizar la inteligibilidad del habla, donde el límite que mejor se adapta es el de 200 Hz, y en espectros de ruido de la máquina normalizada de impactos de acuerdo con ISO 140-6, de 50 Hz hasta 2500 Hz. (Tabla 8 y Figura 2)

3.2.3 Determinación de los valores únicos (SNQs)

El procedimiento de comparación con una curva de referencia desplazada de ISO 717 y el de la determinación de los niveles totales o diferencia de niveles entre fuente y receptor de un elemento de construcción y comparación con un espectro determinado de referencia se han demostrado equivalentes cuando se cubre idéntico rango de frecuencias (Ejemplo 1, Anexo B) por lo que se ha decidido, para la propuesta de NWIP 16717, utilizar este segundo método de cálculo de los valores únicos. Para ello se propone el uso de los siguientes espectros de referencia en función de la posible fuente de ruido que predomine en cada caso.

Tabla 8: Valores de espectros de referencia propuestos en NWIP 16717 [24]

Frecuencia (Hz)	Valores de espectros de referencia Li dB			
	Living	Traffic	Speech	Impacto
50	-41	-25		-23,8
63	-37	-23		-22,8
80	-34	-21		-21,8
100	-30	-20		-20,8
125	-27	-20		-19,8
160	-24	-18		-18,8
200	-22	-16	-38	-17,8
250	-20	-15	-28	-16,8
315	-18	-14	-18	-15,8
400	-16	-13	-10	-14,8
500	-14	-12	-10	-13,8
630	-13	-11	-10	-12,8
800	-12	-9	-10	-11,8
1000	-11	-8	-10	-10,8
1250	-10	-9	-10	-9,8
1600	-10	-10	-10	-8,8
2000	-10	-11	-10	-7,8
2500	-10	-13	-10	-6,8
3150	-10	-15	-13	
4000	-10	-16	-20	
5000	-10	-18	-30	

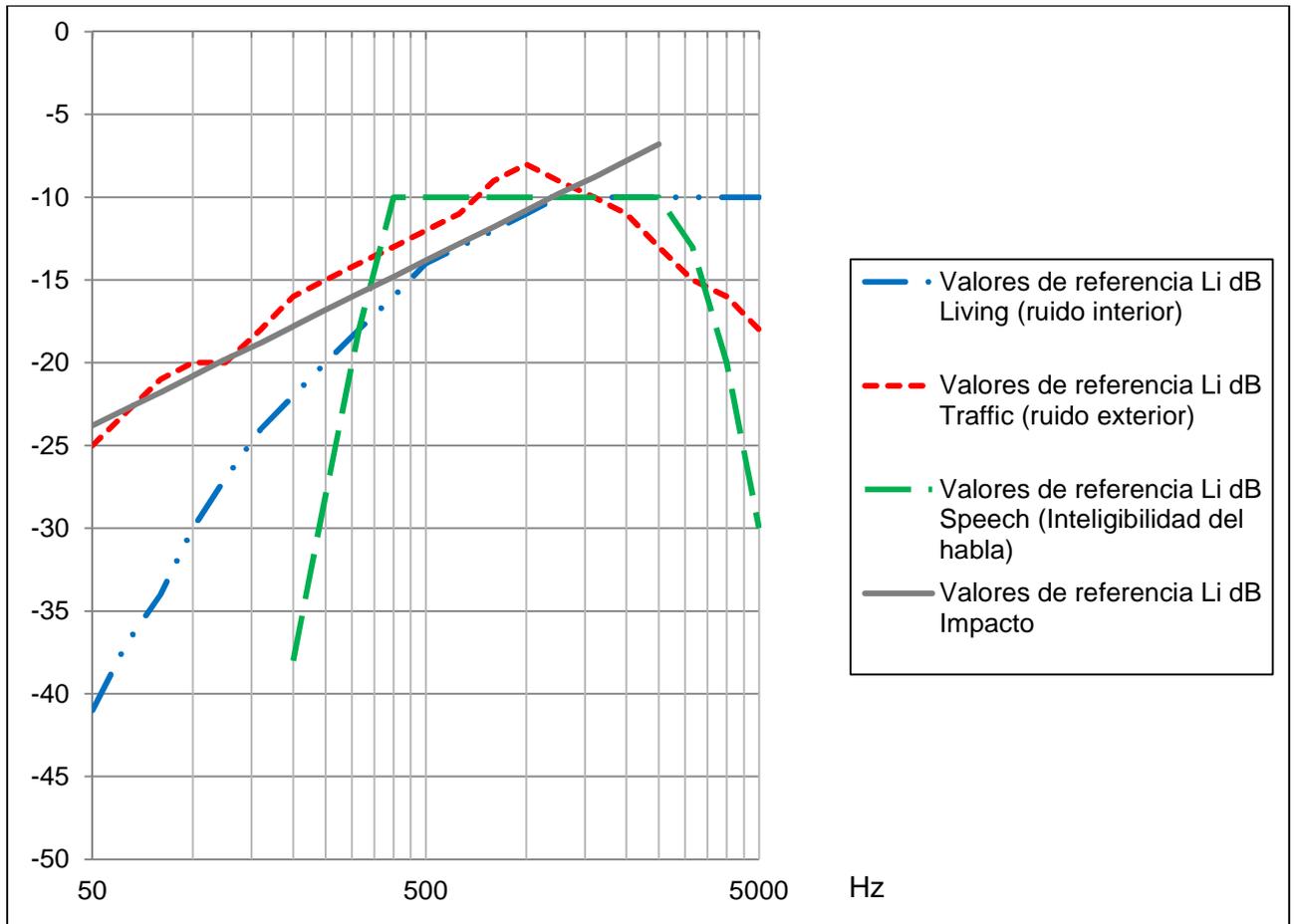


Figura 2. Espectros de referencia Li para ruido living, traffic, speech e impacto en bandas de tercio de octava

Aunque también se pueden encontrar otras propuestas, como la expresada en la tabla 9, que añade los espectros de referencia de ruido de aviones, ferrocarriles y trenes, así como cualquier otra nueva que pueda surgir en un futuro.

Tabla 9: Valores de espectros de referencia de otros tipos de ruido, no contemplados por NWIP 16717 [25]

Frecuencia (Hz)	Otros valores de referencia no contemplados por NWIP ISO 16717								
	Living 85%	TGM	Road	Railway	Aircraft	Opt- Speech	Plus	L 30 phon	L 40 phon
50	-33,6	40,1	-45,2	-50,1	-47,1	-45,0	-59,1	-53,3	-49,4
63	-29,4	48,3	-37,2	-44,8	-37,9	-40,0	-46,0	-48,2	-44,7
80	-25,3	53,8	-33,0	-41,1	-31,3	-35,0	-39,1	-43,2	-40,1
100	-21,1	57,6	-29,6	-36,7	-26,3	-30,0	-32,5	-38,8	-36,0
125	-17,8	60,4	-25,9	-31,2	-23,5	-25,0	-27,1	-34,6	-32,2
160	-15,4	62,8	-22,9	-24,7	-20,8	-20,0	-23,3	-30,4	-28,3
200	-12,9	65,0	-21,6	-22,2	-18,6	-15,0	-22,0	-26,8	-25,0
250	-10,5	67,1	-18,8	-18,5	-14,4	-10,0	-19,1	-23,5	-22,0
315	-8,5	69,3	-16,7	-15,0	-11,7	-5,0	-15,4	-20,4	-19,2
400	-6,6	71,4	-14,8	-12,5	-9,5	0,0	-12,9	-17,5	-16,6
500	-5,5	73,3	-12,6	-10,6	-8,7	0,0	-9,3	-15,4	-14,7
630	-5,0	74,8	-10,8	-8,7	-8,5	0,0	-7,9	-13,5	-12,9
800	-5,0	75,8	-8,7	-7,5	-8,2	0,0	-7,1	-12,1	-11,7
1000	-5,0	76,1	-8,0	-9,8	-8,9	0,0	-9,0	-12,0	-11,6
1250	-5,0	75,5	-10,3	-12,3	-11,8	0,0	-11,6	-13,6	-13,4
1600	-5,0	74,1	-11,7	-14,7	-13,7	0,0	-12,9	-14,0	-14,1
2000	-5,0	71,9	-10,0	-11,2	-13,1	0,0	-13,2	-10,8	-10,8
2500	-5,5	69,0	-9,6	-10,1	-14,7	0,0	-12,6	-8,0	-8,1
3150	-6,2	66,0	-10,9	-12,0	-19,2	0,0	-13,7	-7,0	-7,2
4000	-7,0	63,2	-14,7	-14,5	-26,0	-8,0	-16,6	-8,0	-8,2
5000	-7,7	61,4	-20,9	-19,4	-34,8	-16,0	-22,1	-11,4	-11,6

¹⁶

¹⁶ NOTA:

Espectro TGM: Basado en un nuevo estudio del departamento de Acústica Física y Edificación del Instituto Federal de Tecnología, TGM, en Viena. El espectro representa ruidos de vida contemporáneos.

Espectro Plus: espectro ponderado original, referenciado como "R+". Proviene de un estudio preliminar de ruido de vida a partir de mediciones de muchos tipos de ruido que aparecen en las casas modernas.

Espectros Opt-Speech. L₃₀ phone y L₄₀ phone como variantes de speech noise.

Espectro Living 85 % que es otra variante del espectro de ruido living.

El procedimiento propuesto según NWIP 16717 es posible utilizarlo para cualquiera de los parámetros expresados

$$R_{fuente} = 10 \cdot \log \left(\frac{\sum_i 10^{\frac{L_{i,fuente}}{10}}}{\sum_i 10^{\frac{(L_{i,fuente}-R_i)}{10}}} \right) dB \quad (ec.14)$$

Donde el subíndice *f fuente* se refiere a los valores descritos de los espectros de referencia descritos anteriormente, elegido para el tipo de aislamiento a ruido que estemos valorando, es decir *living, traffic, speech* o *impacto*.

R_i = Es el valor del aislamiento acústico medido o calculado en bandas de tercio de octava.

L_i = Es el nivel del espectro de referencia elegido en la tabla 8

R_{fuente} = Es el valor único de la reducción de ruido o diferencia de niveles de ruido.

Cabe destacar la introducción de un nuevo índice de aislamiento a ruido de impacto R_i cuya filosofía trata de emular al índice de reducción sonora a ruido aéreo, en el sentido de que a valores mayores corresponden mejores aislamientos. Esta propuesta es novedosa

3.2.4 Valores únicos.- mejora de la reducción de ruido aéreo

Se define igualmente un descriptor del valor único de la mejora de la reducción de ruido operando de la siguiente manera:

1. Se trata de escoger los valores de la medición o cálculo, en bandas de tercio de octava, del incremento de la reducción de ruido, ΔR_i ,
2. Se aplica este incremento al índice de reducción de ruido que se elige en anexo B de NWIP ISO 16717-1, para el elemento básico de referencia, obteniéndose el $R_{i,ref,sin}$.

3. Se opera con la ecuación:

$$R_{i,ref,con} = R_{i,ref,sin} + \Delta R_i \quad (ec.15)$$

4. Por último, se obtiene el valor único del incremento de la reducción de ruido (incremento del aislamiento) según el tipo de ruido elegido (*living, traffic, speech*) con la ecuación:

$$\Delta R_{living,traffic\ o\ speech} = 10 \cdot \log \frac{\sum_i 10^{\frac{(L_i - R_{i,ref,sin})}{10}}}{\sum_i 10^{\frac{(L_i - R_{i,ref,con})}{10}}} dB \quad (ec.16)$$

Siendo:

i = el subíndice del tercio de octava

L_i = el nivel de espectro de referencia en bandas de tercio de octava (*living, traffic o speech*).

3.2.5 Ruido de impacto: conversión de $L_{n,i}$ a R_i

Se plantea, en la propuesta NWIP 16717, solucionar la mayor controversia en cuanto a índices de reducción de ruido de impacto (aislamiento) y niveles de presión de ruido de impacto que hasta ahora caracteriza al ruido de impacto, si somos capaces de relacionar en una ecuación la conversión de niveles de presión de ruido de impacto (de la máquina de impactos), partiendo de R_{impact} como un ratio entre la potencia emitida por la fuente y la potencia transmitida, igual que en aislamiento acústico se obtiene:

$$R_i = 78,2 + 10 \cdot \log \left(\frac{f_i}{1\ Hz} \right) - L_{n,i} \quad (ec.19)$$

(Sólo de aplicación para espectros de la máquina de impactos)

Siendo $L_{n,i}$, los valores normalizados en bandas de tercio de octava de los niveles de presión acústica en la sala receptora [24]. Los dos primeros términos de la ecuación representan el nivel de potencia de la máquina de impactos, f_i , es la frecuencia central de la respectiva banda de tercio de octava.

Para el caso específico en el que se acuerde el espectro de la máquina de impactos normalizada ISO, como espectro de referencia para el ruido de impacto, el nuevo índice de reducción acústica de ruido de impacto, R_{impact} , se relaciona con el antiguo valor $L_{n,w} + C_i$ mediante la ecuación:

$$R_{impact} = 104 - (L_{n,w} + C_{I\ 50-2500}) \quad (ec.20)$$

Con este paso - sustituir L_{ni} , por R_i - todo el sistema de aislamiento a ruido aéreo y de impacto se hace claro y consecuente, incluso es posible imaginar el poder hacer ensayos a ruido de impacto con distintas fuentes de ruido de impacto o no y compararlo [24].

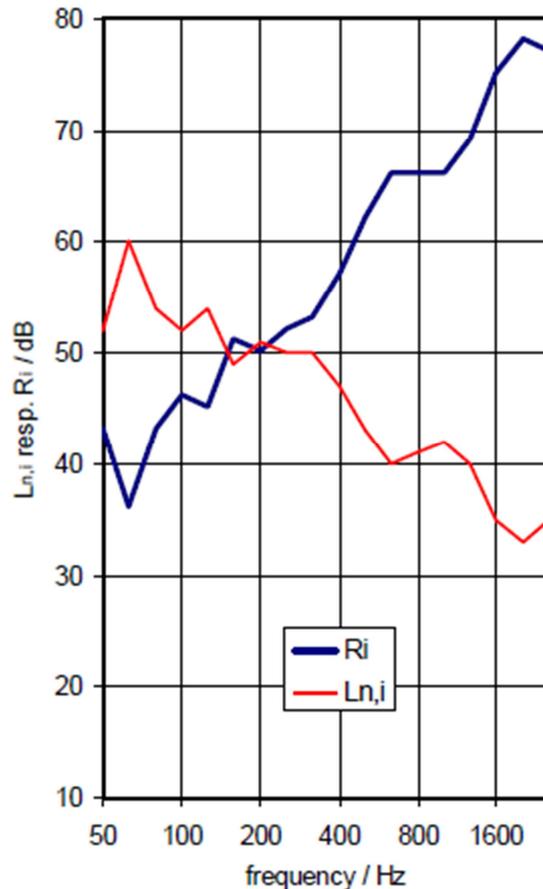


Figura 3: Valores de niveles de presión $L_{n,i}$ e índice de reducción de ruido de impacto R_i de un pavimento elegido aleatoriamente. Los valores únicos son: $L_{n,w} = 46$ dB; $C_{i,50-2500} = 3$ dB; $R_{i,impact} = 55$ dB

En la figura 2 se aprecia a simple vista la simetría, con respecto a una línea que actúa como eje de simetría o charnela, de ambos espectros, lo que nos indica que ambas son inversas.

3.2.7 Dilema bandas de octava o bandas de tercio de octava

Todos los valores únicos en la actualidad pueden ser calculados y evaluados partiendo de espectros de bandas de octava o de tercio de octava, lo que requiere una doble definición de espectros de la fuente de referencia. La propuesta original, permitía el uso de valores en bandas de octava como norma para reducir costes de tiempo y esfuerzo técnico, justificando así la pérdida de información espectral [16].

Los resultados en valores únicos no tienen por qué ser iguales en bandas de octava que en bandas de tercio de octava [26] y la única ventaja que se presenta en el caso de utilizar los valores en bandas de octava, respecto a lo de bandas de tercio de

octava es la facilidad de cálculos y simplificación, pero hoy en día no resulta ser un problema gracias a la tecnología en uso, aparatos de medición, computadoras, ordenadores, hojas de cálculo, por lo que la evaluación en bandas de tercio de octava podría permanecer de forma exclusiva, ya que la ventaja principal es que aporta más información, información que de otro modo se perdería. [24]

3.2.8 Equivalencia con descriptores ISO 717

En la tabla siguiente se expresan la equivalencia entre los anteriores y los nuevos descriptores que son propuestos en la NWIP 16717.

Tabla 10: Equivalencia entre valores numéricos únicos para aislamiento a ruido aéreo y de impacto. [12]

DESCRIPTORES NUEVOS		ANTERIORES DESCRIPTORES
R_{living}	Índice de reducción de ruido de actividad o living	$R_w + C_{50-5000}$
D_{n, living}	Diferencia normalizada de nivel de ruido living o de actividad	$D_{n,w} + C_{50-5000}$
D_{nT, living}	Diferencia estandarizada de nivel de ruido living o de actividad	$D_{nT,w} + C_{50-5000}$
R_{traffic}	Índice de reducción de ruido de tráfico	$R_w + C_{tr,50-5000}$
D_{n, traffic}	Diferencia de nivel de ruido de tráfico normalizado.	$D_{n,w} + C_{tr,50-5000}$
D_{nT, traffic}	Diferencia de nivel de ruido de tráfico estandarizado	$D_{nT,w} + C_{tr,50-5000}$
R_{speech}	Índice de reducción de ruido de conversación	NINGUNO
D_{n, speech}	Diferencia de ruido de conversación normalizado	
D_{nT, speech}	Diferencia de nivel de ruido de conversación estandarizado.	
ΔR_{living}	Incremento de la reducción de ruido de actividad o living	$\Delta(R_w + C_{50-5000})$
ΔR_{traffic}	Incremento de la reducción de ruido de tráfico	$\Delta(R_w + C_{tr, 50-5000})$
ΔR_{speech}	Incremento de la reducción del ruido de conversaciones	NINGUNO
R_{impact}	Índice de reducción de ruido de impacto	$104 - (L_{n,w} + C_{i, 50-2500})$

Capítulo 4. ¿QUÉ PRETENDE MEJORAR LAS NUEVAS PROPUESTAS DE PROCESOS DE MEDICIÓN CON RESPECTO A LAS ANTERIORES? PROCESO ESPECÍFICO PARA BAJAS FRECUENCIAS. ISO/CD 16283

El nuevo proyecto de borrador ISO/CD 16283-1 pretende mejorar los procedimientos de medición in situ de los promedios de niveles de presión acústica para determinar el aislamiento acústico entre dos recintos en edificios ajustándolo a condiciones y parámetros específicos con la finalidad de reducir las desviaciones, acotar o reducir la incertidumbre y mejorar la reproducibilidad de las mediciones.

El borrador ISO/CD 16283 (se encuentra en proyecto normativo) se compone de tres partes, 16283-1, 16283-2 y 16283-3 correspondiente cada una de ellas a aislamiento a ruido aéreo, impacto y fachadas respectivamente. Pretenden sustituir y anular las ediciones ISO 140-4: 1998, ISO 140-5: 1998, ISO 140-7:1998, ISO 140-14: 2004. [27]

4.1 ISO/CD 16283-1

Define un programa y procedimiento de medida en el que se especifican tanto las posiciones relativas de los micrófonos, como la de los altavoces, distinguiendo entre otras opciones, las de medición mediante escaneo manual del micrófono además de las de posiciones fijas o las de micrófono con movimiento mecanizado para obtener mediciones coherentes y ecuánimes de los niveles de presión en un recinto que se encuentra acústicamente estimulado.

Define, a su vez, un procedimiento específico de medida del ruido de bajas frecuencias, como consecuencia del hecho de extender el rango de estudio para bajas y por la especificidad de este hecho.

4.2 Condiciones ISO/CD 16283-1

4.2.1 Dimensiones de los recintos

Los volúmenes de habitaciones y salas se especifica que sean comprendidos entre 10 y 250 m³.

4.2.2 Rangos de frecuencia

Los valores se han de medir en bandas de tercio de octava, con un rango de frecuencias que va de 100 a 3150 Hz.

En caso de que fuera preceptivo el añadir información en cuanto a bajas frecuencias se usarán, también en bandas de tercio de octava, valores de 50 a 80 Hz para lo cual se definen procesos específicos.

Para el caso de aportar información sobre altas frecuencias, se usará el intervalo de frecuencias en tercio de octava de 4000-5000 Hz.

4.2.3 Micrófonos

Identifica cuatro tipos o categorías de micrófonos en función de su posición y/o movimiento:

- a) Micrófono fijo: Aquél que se encuentra situado en el espacio sobre un soporte (trípode).
- b) Micrófono mecanizado con movimiento continuo: Micrófono montado sobre un mecanismo que le hace girar a una velocidad angular constante o casi constante. Define, en su movimiento, una trayectoria circular, con ángulos de rotación de entre 270° y 360° alrededor de un eje fijo.
- c) Micrófono escaneado manualmente: Aquél que, conectado directamente a un instrumento de medición o a través de una varilla de extensión, es movido por un operador en una trayectoria determinada.
- d) Micrófono sostenido a pulso: Micrófono conectado a un dispositivo medidor o varilla de extensión que se fija en una posición por un operador a una distancia del tronco del operador de al menos un brazo.

4.2.4 Altavoces y número de altavoces

En cuanto a los altavoces, el documento especifica las posiciones de éstos dentro de los recintos, y distingue entre mediciones a realizar con un único altavoz o con varios altavoces.

La fuente de ruido debe ser tal que en el recinto emisor el promedio energético de niveles de presión acústica no ha de tener una diferencia de niveles mayores de 8 dB entre bandas de frecuencia adyacentes para frecuencias superiores a 100 Hz; para ello, las señales acústicas que se supondrían más adecuadas serían las señales de ruido rosa o blanco, si bien, este proyecto normativo [27] no las recomienda como señales de ruido de banda ancha, pues precisan ser implementadas estas señales para asegurar una adecuada en relación con las altas frecuencias.

4.2.5 Tiempo de promediado

En función del tipo de procedimiento de medición y del intervalo de frecuencias que se mida, el borrador ISO/CD 16283 determina el tiempo mínimo de promediado de cada uno de los micrófonos.

4.2.6 Distancias mínimas de los micrófonos a los paramentos

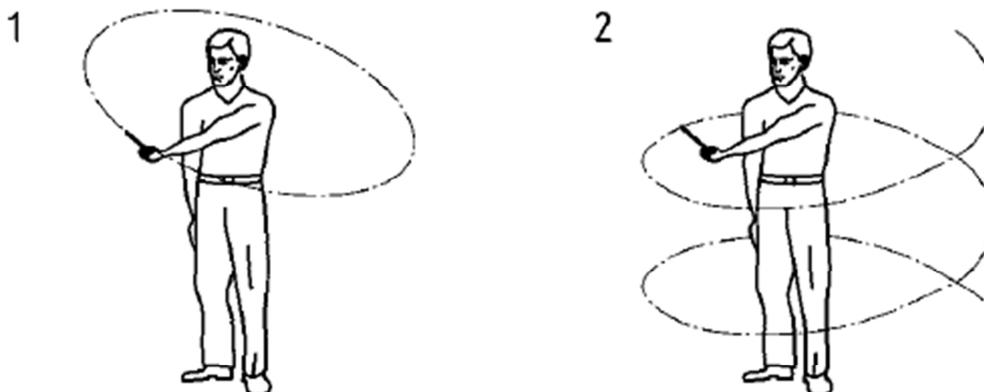
Para el procedimiento por defecto, y con el fin de garantizar la reproducibilidad del método es preciso fijar unas condiciones que han de cumplir las posiciones de los micrófonos entre sí a con respecto al contorno del recinto donde se ubican, de este modo indica:

- a) 0,7 m entre posiciones fijas de micrófonos.
- b) 0,5 m entre cualquier posición del micrófono y el perímetro de las habitaciones.
- c) 1,0 m entre cualquier posición del micrófono y altavoz con el fin de evitar el acoplamiento de la señal y campos electromagnéticos entre altavoz y micro.

De esta manera se pretende evitar, entre otros, los efectos de las señales parásitas entre equipos electrónicos y electromagnéticos que distorsionarían las señales y por consiguiente, los resultados de la medición.

4.3 Trayectorias específicas del micrófono escaneado manualmente

Esta ISO/CD 16283-1, identifica, incorpora y define cuatro posibles trayectorias de escaneo manual de micrófonos. Cada uno de ellos los define específicamente en cuanto a ángulos de rotación, inclinación, velocidad angular aproximada, máximo acercamiento a paredes, suelo y techo del micrófono, nº de giros completos, etc.



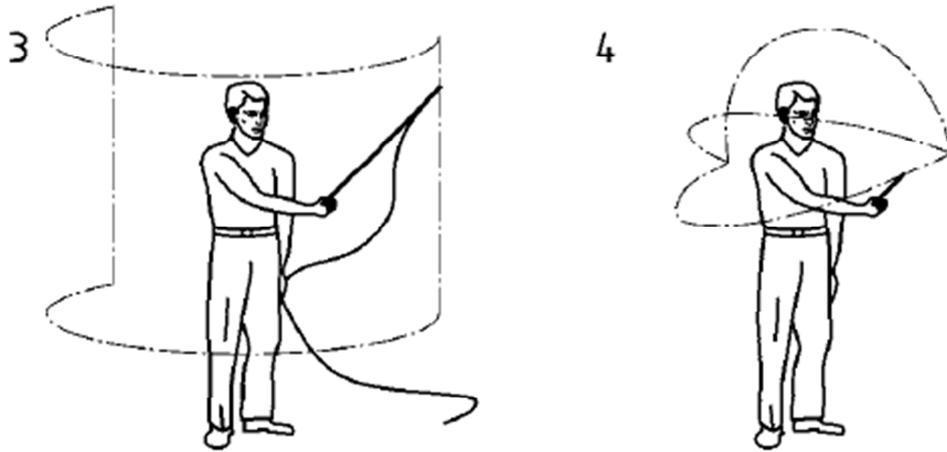


Figura 4: Diferentes tipos de trayectorias de escaneo manual de micrófonos

En la figura anterior se muestran los cuatro tipos de trayectorias de escaneo manual aceptados por ISO/CD 16283-1, identificadas por:

- 1- Trayectoria circular.
- 2- Trayectoria helicoidal.
- 3- Trayectoria cilíndrica.
- 4- Trayectoria tres semicírculos.

4.4 Justificación de los tipos de escaneo manual

La distribución de los niveles de presión acústica en un recinto no es uniforme por muchos motivos, tienen que ver los flancos, campo difuso, reflexiones, ocupación, absorción acústica diferente en función de la distribución el mobiliario, posición de los ocupantes, etc. El determinar un valor promedio del nivel de presión sonora en un recinto implica el realizar un promediado espacial de una serie de medidas.

Las mediciones se realizan con la finalidad de determinar el nivel promedio en la zona central del recinto receptor.

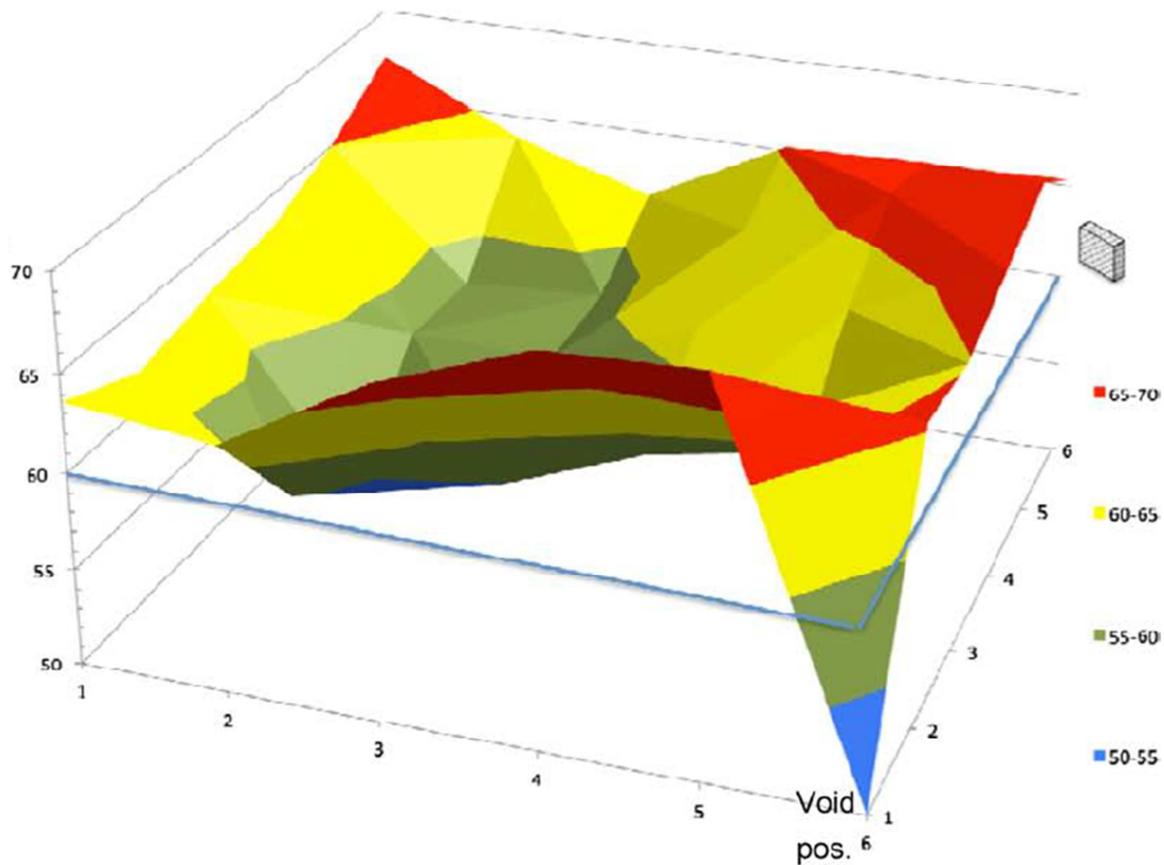


Figura 5: Distribución de niveles de presión acústica en un recinto determinado. Experimento realizado con seis micrófonos fijos. Niveles en frecuencia de 63 Hz en tercio de octava [28]

En la figura anterior se muestra la distribución espacial de niveles de presión sonora para una frecuencia de 63 Hz en bandas de tercio de octava en un recinto receptor determinado. Como puede apreciarse los valores de nivel más altos para ese rango de frecuencias se producen en las esquinas, debido a las características de los sonidos de bajas frecuencias.

El realizar escaneado tanto si es manual como si es mecánico es equivalente a hacer un promediado en diferentes posiciones de un espacio determinado, y cuyo valor promedio se pretende que sea lo más cercano posible a un percentil suficientemente alto (lo más cercano a 100) que estadísticamente se acerque lo más posible al valor real del nivel de presión sonora en un recinto en un momento determinado y bajo unas condiciones específicas.

4.5 Procedimiento para toda la gama de frecuencias

Se usan procedimientos de promediado con micrófonos fijos, micrófonos mecanizados con movimiento continuo o bien el procedimiento del micrófono escaneado de forma manual.

El sonido generado en el recinto fuente ha de ser constante y con un espectro continuo en cuanto al rango de frecuencias, por lo que es aceptable el uso de ruidos blanco o rosa, (con la condición, anteriormente expresada de que entre bandas de frecuencia de tercio de octava adyacentes la diferencia no será superior a 8 dB).

En el Anexo D se facilita una tabla de especificaciones que concretiza el proyecto normativo para este procedimiento.

4.6 Procedimiento de medición de bajas frecuencias (LFP); $V < 25 \text{ m}^3$

Siempre y cuando el volumen de la sala receptora sea inferior a 25 m^3 será necesario utilizar un procedimiento específico para medir los niveles de presión sonora en las bandas de tercio de octava de 50, 63 y 80 Hz. Este procedimiento se lleva a cabo de forma adicional al procedimiento por defecto y requiere mediciones adicionales en las esquinas de la sala fuente y receptora mediante el uso de un micrófono manual o fijo.

El procedimiento de bajas frecuencias LFP (Low Frequency Procedure) ha de realizarse en habitaciones pequeñas debido a las grandes variaciones espaciales del nivel de presión sonora del campo acústico, y por lo tanto el realizar mediciones en las esquinas es para mejorar la repetibilidad y reproducibilidad.

Los valores medidos se usan para determinar cuáles son los niveles mayores en las esquinas de la sala receptora.

4.6.1 Campo acústico

Se generará ruido mediante al menos dos altavoces ubicados en la sala emisora.

La potencia acústica de los altavoces ha de ser tal que el nivel de presión acústica en la sala receptora sea significativamente superior al nivel de ruido de fondo.

Otra de las condiciones que se requiere en este proyecto normativo es que el ruido generado sea constante, con espectro continuo en el rango de frecuencias que se mide.

4.6.2 Posiciones de los altavoces y los micrófonos

En cuanto a las posiciones de los altavoces para el procedimiento de bajas frecuencias es similar a las del procedimiento por defecto.

En cuanto a los micrófonos han de ubicarse en posición fija en las esquinas de las habitaciones a una distancia de entre 0,3 a 0,6 m..

Las posiciones relativas de altavoz y micrófono tendrán una distancia mínima de 1,0 m.

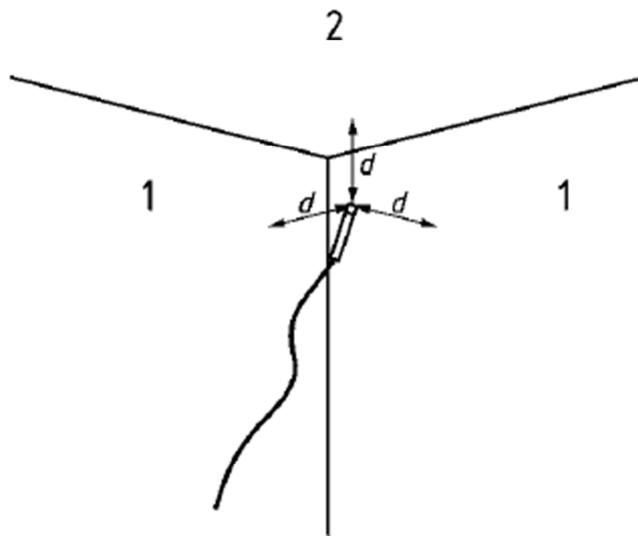


Figura 6: Posicionamiento de micrófono en esquina sostenido manualmente o fijo [29]

4.6.3 Número de medidas y promedio de tiempos

Han de tomarse al menos medidas en cuatro esquinas del recinto receptor usando bien posiciones fijas de micrófonos o micrófonos sostenidos manualmente.

Para cada cuatro medidas han de ser dos en esquinas de techo y dos en esquinas de suelo.

En cuanto al tiempo de promediado, para cada posición de micrófono será de al menos 15 s.

4.6.4 Cálculo del promedio energético

En primer lugar se ha de obtener un nivel de presión acústica de esquina, y aquí surgen dos procedimientos de obtención del nivel de presión acústica en las esquinas, dependiendo de si se utilizan uno o varios altavoces.

- Quando están funcionando varios altavoces simultáneamente. En este caso el nivel de presión acústica de las esquinas se toma como el nivel más alto para cada una de las frecuencias de referencia (50, 63, 80 Hz)
- Quando funciona un único altavoz. Se determina el valor del nivel de presión acústica de cada banda de 50, 63 y 80 Hz, a partir de la ecuación:

$$L_{esquina} = 10 \cdot \log \left(\frac{p_{esquina 1}^2 + p_{esquina 2}^2 + \dots + p_{esquina q}^2}{q \cdot p_0^2} \right) \quad (\text{ec.21})$$

Seguidamente, y para obtener el promedio energético del nivel de presión acústica de baja frecuencia, se combinan los valores obtenidos en las esquinas con los niveles del recinto obtenidos mediante el procedimiento determinado, usando la siguiente ecuación:

$$L_{LF} = 10 \cdot \log \left[\frac{10^{\frac{L_{esquina}}{10}} + \left(2 \cdot 10^{\frac{L}{10}} \right)}{3} \right] \quad (\text{ec.22})$$

4.7 Ruido de fondo en el procedimiento de bajas frecuencias. Corrección

Para todas las mediciones es necesario llevar a cabo una valoración previa del nivel del ruido de fondo. En particular, para el procedimiento de bajas frecuencias también y se realizará en las mismas esquinas utilizadas en la medición. El nivel de ruido de fondo se calcula mediante ecuaciones 23 y 24 expresadas a continuación:

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n \cdot p_0^2} \right) \quad (\text{ec.23})$$

$$L = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right) \quad (\text{ec.24})$$

$p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2$ son los cuadrados de los niveles de presión del ruido de fondo de la habitación.

p_0 se refiere a la presión de referencia, es decir 20μPa.

L_1, L_2, \dots, L_n se corresponden con los niveles de presión de n posiciones distintas de los micrófonos en las habitaciones.

En la práctica, los niveles de presión se promedian mediante la ecuación 24.

Por defecto, y también en procedimientos para bajas frecuencias, la diferencia de niveles entre la medición y el ruido de fondo ha de ser por lo menos de 6 dB, aunque es preferible que esta diferencia sea de 10 dB por debajo del nivel de ruido de la señal y ruido de fondo combinados para cada frecuencia.

Aquí aparecen tres posibilidades de operar en función del valor de la diferencia:

- a) Si la diferencia de nivel de ruido (por cada frecuencia) y el ruido de fondo es superior a 10 dB. Entonces no es preceptivo realizar corrección alguna.
- b) Si la diferencia de niveles por cada frecuencia estriba en valores entre 6 y 10 dB, es necesario calcular correcciones de la media energética del nivel de presión acústica y el nivel de ruido de esquina mediante la siguiente ecuación:

$$L = 10 \cdot \log \left(10^{\frac{L_{SB}}{10}} - 10^{\frac{L_0}{10}} \right) \quad (\text{ec.25})$$

Donde:

L = El nivel corregido de la señal.

L_{SB} = El nivel combinado de la señal y el ruido de fondo.

L_0 = El nivel del ruido de fondo.

c) Si la diferencia de niveles fuese inferior o igual a 6 dB para cualquiera de las bandas de frecuencia, se usará la corrección de 1,3 dB. Esta circunstancia es preciso reflejarla claramente en los informe indicando la corrección y que los valores se encuentran al límite de la medición.

4.8 Tiempo de reverberación en la sala receptora

En cuanto a tiempos de reverberación se aplica la normativa vigente hasta ahora, haciendo referencia a ISO 3382-2 e ISO 18233, usando indistintamente los métodos de ruido interrumpido o el de la respuesta integrada.

Hay una salvedad en cuanto a la medición de los tiempos de reverberación para el procedimiento de bajas frecuencias y es que en bandas de frecuencia de 50, 63 y 80 Hz los tiempos de reverberación no son pequeños, afectando a la definición de la curva de decaimiento (pues no se manifiesta como una recta con una pendiente determinada) por lo que el tiempo de reverberación se mide en bandas de octava de 63 Hz y se aplica este valor a las bandas de 50, 63 y 80 Hz.

Método del ruido interrumpido

Consiste básicamente en excitar una sala con una fuente de ruido, apagar la fuente de ruido y calcular la curva de decaimiento.

Método de la respuesta de integrada

Se obtiene la curva de decaimiento mediante una integración invertida en el tiempo de la respuesta cuadrática al impulso (Schroeder), es decir sumando (integrando) todas las contribuciones energéticas asociadas a una única curva desde un instante de tiempo infinito (en la práctica entre 1 y 3 s) hasta el inicial. [4]

$$TR = \int_t^\infty h^2(t)dt = \int_0^\infty h^2(t)dt - \int_0^t h^2(t)dt \quad (\text{ec.26})$$

Debido a la imposibilidad, en la mayoría de los casos prácticos, de obtener un rango de caída tan elevado (60 dB), se evalúa el intervalo comprendido entre 5 dB y los 35 dB por debajo del nivel máximo inicial y se extrapola a una caída de 60 dB (cálculo del T_{30}), o bien el intervalo comprendido entre 5 dB y los 25 dB por debajo del nivel inicial y nuevamente extrapolando a una caída de 60 dB (cálculo del T_{20}).

4.9 Conversión a bandas de octava

Cuando fuese necesario que la diferencia de niveles estandarizados como del índice aparente de reducción de ruido sean dados en valores en bandas de octava, bien por necesidades de comparación entre mediciones antiguas o por otras causas, se pueden calcular estos valores a partir de los de bandas de tercio de octava por aplicación de las siguientes ecuaciones:

$$D_{nT,oct} = -10 \cdot \log \left(\sum_{n=1}^3 \frac{10^{\frac{-D_{nT, \frac{1}{3}oct}}{10}}}{3} \right) \quad (\text{ec. 27})$$

$$R'_{oct} = -10 \cdot \log \left(\sum_{n=1}^3 \frac{10^{\frac{-R_{\frac{1}{3}oct,n}}{10}}}{3} \right) \quad (\text{ec. 28})$$

Capítulo 5. Una posible idea para el etiquetado acústico de los materiales y elementos de construcción.

NOTA: Lo que se expresa en este capítulo, no pretende más que abrir la brecha de una posible ruta a desarrollar.

5.1 Etiquetado de materiales de construcción

Actualmente, en cuanto al etiquetado de productos y materiales para la construcción y elementos de separación, se realiza mediante valores únicos de los índices de reducción de ruido junto con dos términos de adaptación espectral (C ; C_{tr}) y/o mediante un único valor del índice de reducción acústica ponderado A (R_A). Pero ¿cuál es la propuesta para expresar los índices de reducción acústica de los elementos de construcción en el caso de que en un futuro próximo sea llevado a norma la propuesta NWIP 16717? ¿Existe alguna alternativa? Lo que trata de exponer este capítulo podría ser una alternativa, pues a fecha actual desconozco si existe alguna propuesta en este sentido.

5.2 Problemas que se vislumbran a partir del etiquetado de materiales con valores globales

Los valores únicos o globales no aportan datos precisos que se puedan utilizar para discriminar entre una solución u otra.

Mediante el actual etiquetado de productos lo que se vislumbra es la poca o nula información que transmite a la hora de tener que elegir entre distintos productos en el mercado que nos pudiesen aportar soluciones a una determinada situación o circunstancia concreta. Proporcionar información incompleta o que pueda llevar a error es incluso peor que no darla.

5.3 ¿Cuál sería la manera de proporcionar información correcta?

La forma de transmitir información completa de un producto está en el rango de frecuencias en comparación con un espectro de referencias, por lo tanto sería bueno que los fabricantes incorporasen en su etiquetación el índice de aislamiento en todo el rango

de frecuencias, lo cual, seguramente traería otros problemas (demasiada información puede llegar a ser desinformación).

En la documentación técnica de los productos el aportar el índice de aislamiento en todo el rango de frecuencias debiera ser normalizado y obligado a todos los fabricantes de productos de construcción, sin embargo para el etiquetado de los productos sería preferible una reducción de exceso de información pero la suficiente para poder discriminar unos productos frente a otros e inclinar la balanza a la hora de seleccionar o bien almacenar y ordenar los productos.

La información que se requiere en un etiquetado debe ser concisa, escueta y veraz, si bien no debería ser una información que sirviera como base para el cálculo de aislamiento acústico entre recintos o del índice de aislamiento de un producto.

5.4 Una posible respuesta intermedia a la solución del etiquetado

En el etiquetado de elementos de construcción se utilizan valores de índices de reducción de ruido. Para expresar de forma concisa valores informativos de índice de reducción acústica se podría expresar, además del valor global para todo el rango de frecuencias (50-5000 Hz), referido a un espectro de referencia (por ejemplo living) y añadiendo un subíndice y un superíndice al valor del índice de reducción acústica.

El subíndice expresaría el valor del índice de reducción acústica, referenciado al mismo espectro, pero en un rango de frecuencias de 50 Hz a 100 Hz en tercios de octava e indicaría el valor del índice de reducción acústica para bajas frecuencias.

El superíndice podría expresar el valor del índice de reducción acústica, también referenciado al espectro empleado como espectro de referencia, en un rango de frecuencias de 3150 Hz a 5000 Hz.

Con esta forma de expresión u otra :

$$X_y^z \quad (\text{living, traffic, speech ó impact})$$

NOTA: En el Anexo E se indica un ejemplo de esta propuesta, con los datos de ejemplos anteriores.

Capítulo 6. Conclusiones y valoración personal

6.1 Algunas conclusiones

En vista de lo anteriormente expuesto y estudiado el borrador normativo propuesto (NWIP ISO 16717 parte 1 y parte 2) las observaciones más relevantes al respecto son:

- Los descriptores de los valores únicos de ISO 717 se pretenden reducir seleccionando entre los descriptores ya existentes.
- Se propone mantener el sistema anterior de ISO 717 y el nuevo en paralelo durante al menos dos años, para permitir una correcta transición de un sistema a otro. Por este motivo, y con la finalidad de diferenciarlos y evitar confusiones, a este nuevo sistema se le pretende denominar ISO 16717.
- Los espectros, al ser específicos para situaciones predominantes, es posible implementarlos, añadirse nuevos valores, extender rangos de frecuencia manteniendo la versatilidad del sistema, o ampliarse y/o modificarse para futuras nuevas situaciones. La normalización hablará en este sentido.
- El mejor sistema que hasta ahora se ha comprobado para determinar el valor único del aislamiento entre recintos, o exterior y recintos se ha visto que pasa por comparar la diferencia de niveles de presión acústica con una curva de referencia de aislamiento. Hasta ahora se representaba por el/los descriptores por ejemplo $R_w + C_{50-5000}$; $D_{n,w} + C_{50-5000}$; $D_{nT,w} + C_{50-5000}$ u otros similares, es decir índice (R_w , D_{nw} , $D_{nT,w}$) más un espectro de referencia "C". Con este nuevo sistema de los valores únicos, al referirlo a un espectro de referencia *living, traffic, speech o impact*, estamos realizando la misma operación, pero los indicadores son más claros y se expresan por sí mismos.
- El sistema ISO 717 de comparación con un espectro de referencia, añadiendo posteriormente los términos de adaptación espectral para compararlos con otras fuentes de ruido y/o con otros espectros extendidos de frecuencia se le presume como un sistema limitado o agotado y que ha llegado a su máxima definición no admitiendo más espectros de referencia de otras fuentes de ruido u otros rangos de frecuencia si no es a costa de transformarlo en un sistema complejo con múltiples y posibles descriptores y rangos de frecuencia, así como nuevos términos de adaptación espectral que llevaría a un sistema confuso e incierto, poniendo en juego la credibilidad de laboratorios y técnicos por la diversidad de resultados a que podrían dar lugar en función de rangos de frecuencias y espectros.
- Los valores globales o valores únicos siguen sin dar respuesta a una etiquetación correcta de materiales de construcción. El sistema actualmente de etiquetado

mediante $R_w+C;Ctr$ ó R_A o mediante valores globales únicos propuesto en el NWIP 16717 siguen sin resolver la falta de información de los valores en frecuencia, por lo que es un tema a estudiar. De todas maneras con un solo valor es algo imposible, al variar las propiedades de los elementos y materiales en función de la frecuencia.

- En cuanto a la nueva ISO/CD 16283-1, no se aduce nada en cuanto al ruido generado por los operadores de micrófonos manualmente escaneados.
- Tampoco se habla de cuántos operadores pueden estar presentes en un proceso de medición ni la influencia de éstos en cuanto a la absorción acústica. No hay estudios en cuanto a la influencia en los resultados de la medición de la presencia de operadores en los recintos durante la medición. ¿Sería posible realizar alguna corrección mediante alguna ecuación al caso?
- El procedimiento mediante micrófono escaneado manualmente, aparentemente resulta aparatoso y llamativo. Aunque técnicamente define bastante bien el procedimiento, inclinación, mínimas distancias a los paramentos, velocidad angular de rotación, etc. Considero que para mediciones en el interior de viviendas es difícil su uso por la existencia de muebles y objetos y se necesita práctica en los procesos de escaneo. Con el micrófono mecanizado ocurre similar, en lo referente a la existencia de muebles, lámparas, y objetos que puedan interceder en la trayectoria.
- El uso del micrófono mecanizado es más apropiado en laboratorios que en mediciones in situ en los recintos de edificios.

6.2 Aclaración sobre Anexos

Se aporta como complemento a esta memoria varios anexos que se conforman como parte sustancial de la misma. Se ha presentado como anejo, pues considero es un formato que simplifica la comprensión y consulta de la memoria, no sólo la redacción y lectura.

El Anexo A presenta un esquema y resumen de muchos de los artículos consultados para la elaboración del este documento, reflejando los aspectos más destacados en forma de índice de contenidos de dichos artículos. Pretende servir de guía a futuros investigadores que quieran iniciarse en este tema.

Los Anexos B y C se refieren a ejemplos elaborados con la pretensión de facilitar la comprensión.

El Anexo B compara, con idénticos datos de partida, los valores numéricos únicos obtenidos por los dos métodos, actualmente en vigor (ISO 717 y comparación con curvas de ponderación A) con el propuesto por NWIP 16717.

El Anexo C es un ejemplo de comparación de índices de reducción acústica de dos elementos distintos, que coinciden en un valor de índice de reducción acústica para

un rango de frecuencias determinado (en este caso para $R_W + C_{50-5000}$), y qué valores toma cuando se reduce el rango de frecuencias.

El Anexo D condensa en una tabla, elaborada a partir del articulado del proyecto de norma ISO/CD 16283, los datos y procedimientos de medida de aislamiento a ruido aéreo in situ, para facilitar su aplicación, realizado, creo de forma ordenada y esquematizada, pues de una lectura de la misma te lleva a confusión, al estar las indicaciones en la misma bastante revueltas.

El Anexo E se redacta como complemento del capítulo 5 que es un ensayo para reflejar mediante un indicador único, el comportamiento de una solución constructiva de forma realista.

6.3 Valoración personal

El objetivo de recoger en un documento el estado actual de la normativa en materia de aislamiento en acústica de edificios considero ha sido cumplido con lo expuesto en esta memoria.

Tal y como exponía al principio de la presente memoria, considero que el trabajo y aprendizaje asociados a la elaboración de este Trabajo Fin de Máster ha sido cuantioso, requiriendo muchas horas de trabajo, estudio y sobre todo reflexión para poder resumir la situación.

Agradecimientos

Sin duda alguna agradecer y destacar la paciencia y empeño de la persona que ha sido la tutora y guía en la elaboración de este trabajo, me refiero a María Machimbarrena, que gracias a su participación en distintos Comités de Normalización ha sido posible acceder a información que en parte se recoge en este documento, aunque mucha de ella se encuentre en fase de desarrollo y no sea una normativa aprobada.

A todos los que han hecho funcionar este Máster, en especial a los profesores que han participado.

A las universidades de Valladolid y León.

A los compañeros de fatigas, que han compartido esta experiencia

Anexo A: Relación de artículos utilizados de mayor relevancia

En esta sección se indican esquemáticamente en formato de fichas los artículos más importantes que han sido utilizados para la realización de este trabajo. Se detalla, para facilitar su uso en caso necesario, el título original del artículo, traducción del mismo, autor fecha de publicación e índice traducido de materias que comprende cada artículo.

ARTÍCULO 1	SOUND INSULATION BETWEEN DWELLINGS- REQUIREMENTS IN BUILDING REGULATIONS IN EUROPE AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE VECINOS. REQUISITOS EN LAS REGULACIONES EUROPEAS
SERIE 1	BIRGIT RASMUSSEN
	JUNIO 2008
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción: Análisis histórico 2. Terminología 3. Confort acústico y aspectos principales 4. Descriptores normalizados de aislamiento acústico in situ 5. Requisitos legales de aislamiento acústico en Europa <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Método para colección de datos 5.2 Requisitos legales de aislamiento en 24 países en Europa 5.3 La necesidad de términos de adaptación espectral para espectros de baja frecuencia 5.4 Aislamiento acústico en fachadas 5.5 Cumplimiento del chequeo in situ 6. Esquemas de clasificación como una caja de herramientas para especificar el aumento de confort 7. Discusión <ol style="list-style-type: none"> 7.1 Coincidencias de OMS con encuestas de viviendas 7.2 Directiva Acústica 2002 medioambiental 7.3 ¿Resulta interesante a la sociedad el aislamiento acústico en viviendas? 8. ¿Viviendas para el futuro? 9. Conclusiones <p>Panorama actual en aislamiento acústico entre viviendas Proceso cronológico hasta descriptores de valores únicos Tablas comparativas de aislamiento acústico entre viviendas a ruido aéreo y de impacto en 24 países Diversificación de descriptores Esquemas de clasificación acústica Encuesta de población Conclusiones</p>
	DATOS HISTÓRICOS PUESTA EN ESCENA REQUISITOS 24 PAÍSES

ARTÍCULO 2	SOUND INSULATION BETWEEN DWELLINGS- DESCRIPTORS APPLIED IN BUILDING REGULATIONS IN EUROPE AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE VECINOS.- DESCRIPTORES APLICADOS EN LOS REGULADORES DE EDIFICACIÓN EN EUROPA
SERIE 1	BIRGIT RASMUSSEN; JENS HOLGER RINDEL
	JUNIO 2008
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Breve historia de los descriptores 3. Evaluación objetiva del aislamiento acústico <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Descriptores estándar aislamiento acústico in situ 3.2 Algunas consideraciones sobre la aplicación de los términos de adaptación espectral de ISO 717 3.3 Ecuaciones que definen propiedades para el aislamiento acústico.- Consideraciones de estas ecuaciones 3.4 Medidas in situ 4. Aislamiento acústico subjetivo <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Respecto al aislamiento acústico 4.2 Ruido de bajas frecuencias entre vecinos- experimento de laboratorio. 5. Discusión 6. Sugerencias 7. Conclusiones 8. Referencias <p>Introducción y antecedentes a la creación de descriptores Historia de los descriptores Patrones descriptores de aislamiento acústico.- términos de adaptación espectral Ecuaciones que definen las propiedades de aislamiento acústico según ISO 140-4:1998</p> <p>Evaluación subjetiva</p> <p>Descriptores más convenientes</p> <p>Sumario inconvenientes situación actual y necesidad de investigar así como alguna sugerencia para futuros descriptores</p>
	<p>HISTORIA DESCRIPTORES</p> <p>PUESTA EN ESCENA: DESCRIPTORES, ECUACIONES, BAJAS FRECUENCIAS</p>

ARTÍCULO 3	COMPARISON OF SOME GLOBAL INDICES TO ADEQUATELY ASSES AIRBORNE SOUND INSULATION. COMPARACIÓN ENTRE ALGUNOS ÍNDICES ADECUADOS DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO
SERIE 1	CRISTIAN MONDACA; MARÍA MACHIMBARRENA; CAROLINA MONTEIRO
	JUNIO 2012
<p>Introducción, aumentar espectro frecuencias y abandono del uso de curvas de referencia ISO</p> <p>Valor numérico único para el aislamiento a ruido aéreo entre viviendas</p> <p>Análisis teórico comparativo: simulación de curvas y análisis de los índices globales; efectos de la selección de frecuencias;</p> <p>Conclusión</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Actuales valores numéricos para aislamiento acústico en viviendas 3. Análisis teórico comparativo <ol style="list-style-type: none"> 6.1 Curvas de simulación de índices de reducción acústica y análisis de índices globales 6.2 Efectos de la selección del rango de frecuencias en el índice 6.3 Efectos de la selección del rango de frecuencias en los términos de adaptación espectral 6.4 Capacidad de índices a rangos 7. Conclusiones 8. Referencias 	
ÍNDICES GLOBALES; ANÁLISIS TEÓRICO CURVAS	

ARTÍCULO 4	Revisión de la ISO 717-1 ANÁLISIS COMPARATIVO DE MEDIDAS DE AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO EN PAREDES LIGERAS Y PESADAS UTILIZANDO DIFERENTES DESCRIPTORES DE AISLAMIENTO ACÚSTICO.
SERIE 1	CRISTIAN MONDACA; MARÍA MACHIMBARRENA; CAROLINA MONTEIRO
	JUNIO 2012
<p>Propuesta para un conjunto de descriptores acústicos para aislamiento a ruido aéreo y de impacto, fachadas y preparar un esquema europeo de Clasificación Acústica de Viviendas.</p> <p>Resumen</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Metodología 3. Exigencias de aislamiento acústico en las normativas nacionales: el ejemplo del Reino Unido 4. Análisis de los datos de medidas de aislamiento in situ <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Efecto de los términos de adaptación espectral: paredes pesadas 4.2 Efecto de los términos de adaptación espectral: paredes ligeras 4.3 Efecto de los términos de adaptación espectral: paredes ligeras 4.4 Efectos del cambio de descriptor y rango de frecuencias: paredes pesadas 4.5 Efectos del cambio de descriptor y rango de frecuencias: paredes ligeras 5. Análisis de los efectos de la introducción de descriptores de aislamiento a ruido aéreo propuestos por algunos autores <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Comportamiento de los valores de aislamiento acústico en el dominio de la frecuencia 5.2 Efectos de la introducción de los nuevos descriptores de aislamiento a ruido aéreo 6. Conclusiones 	
TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL EN VARIAS SITUACIONES ANÁLISIS EFECTOS NUEVOS DESCRIPTORES RUIDO AÉREO	

ARTÍCULO 5	REPRODUCIBILITY OF THE PRESENT AND THE PROPOSED SINGLE-NUMBER QUANTITIES OF AIRBORNE SOUND INSULATION. REPRODUCIBILIDAD DE LOS ACTUALES Y LAS PROPUESTAS DE LOS VALORES ÚNICOS PARA AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO
SERIE 1	VALTTERI HONGISTO; JUKKA KERÄNEN; MIKKO KYLLIÄINEN; JEFFREY MAHN
	MARZO 2012
<p>Comparar los valores de reproducibilidad de la propuesta y los actuales en base a los resultados de laboratorio.</p> <p>Comparar los valores numéricos únicos sobre la base de presión e intensidad</p> <ul style="list-style-type: none"> - Factores que influyen en la incertidumbre de la medición - Factores que influyen respecto a aislamiento a bajas frecuencias <p>Método de intensidad para medir aislamiento a bajas frecuencias.</p> <p>Problemática en cuanto a diseño de la inclusión por debajo de los 100 Hz.</p> <p>Proceso de enmascaramiento en cuanto a ruido de fondo en los recintos.</p> <p>Razones no adecuadas para aumentar el rango de frecuencias</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Materiales y métodos <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Datos de medición 2.2 Determinación de valores numéricos 3. Resultados 4. Discusión <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Discusión de resultados 4.2 Problemas de diseño acústico por debajo de 100 Hz 4.3 Método de intensidad 4.4 Fundamentos psicológicos para extender el rango de frecuencias 5. Conclusiones 	
<p>VALORES SNQ MÉTODO DE PRESIÓN E INTENSIDAD BAJAS FRECUENCIAS ENMASCARAMIENTO</p>	

ARTÍCULO 6	AIRBORNE SOUND TRANSMISSION, ISO 140 AND INFLUENCE OF ISO 717-1 SPECTRUM ADAPTATION TERMS TRANSMISIÓN ACÚSTICA DE RUIDO AÉREO, ISO 140 E INFLUENCIA DE LOS TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL DE ISO 717-1
SERIE 1	SMITH, SEAN; MACDONALD, RUSSEL; LURCOCK, DANIEL; MACKENZIE, ROBIN
	SEPTIEMBRE 2007
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Extracto 2. Introducción 3. Ruido de fondo <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Medición de aislamiento a bajas frecuencias 3.2 Términos de adaptación espectral 4. Análisis de la sensibilidad y metodología <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Cambios a frecuencias sencillas 4.2 Cambios a frecuencias múltiples 5. Construcción de viviendas y cumplimiento de informe 6. Conclusiones
	RUIDO DE FONDO BAJAS FRECUENCIAS CONSTRUCCIÓN VIVIENDAS

ARTÍCULO 7	EVALUATION OF AIRBORNE SOUND INSULATION IN TERMS OF SPEECH INTELLIGIBILITY EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO EN TÉRMINOS DE INTELIGIBILIDAD DE LA PALABRA
SERIE 1	PARK, H.K.; BRADLEY, J.S.; GOVER, B.N.
	JUNIO 2007
<p>El artículo facilita los resultados de los nuevos análisis de audición para evaluar varios valores de aislamiento acústico en términos de inteligibilidad de la transmisión de conversaciones. Se han probado 20 simulaciones distintas de paredes con presencia permanente de ambiente acústico bajo</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción <ol style="list-style-type: none"> 1.1 medida de aislamiento acústico estándar 1.2 Mediciones de Inteligibilidad de la Conversaciones (Speech Intelligibility) 1.3 Resultados de investigaciones previas 1.4 El New Work (NW) 2. El Método experimental <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Del laboratorio 2.2 Paredes simuladas 2.3 Conversaciones y test acústico de ruido 2.4 Sujetos 2.5 Procedimientos y análisis 3. Resultados <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Evaluación de Mediciones Acústicas de patrones de aislamiento 3.2 Evaluación de mediciones de Inteligibilidad de conversaciones 3.3 Evaluación tipificada de la suma energética y mediciones de nivel de ruido 3.4 Efectos de inclusión de frecuencias 3.5 Variación de valores de STC 3.6 Variaciones de valores de R_w 4. Discusión y conclusiones 5. Referencias 	
EXPERIMENTAL TEST ESCUCHA 20 SIMULACIONES	

ARTÍCULO 1	DOES IT MATTER WHETHER SINGLE-NUMBER VALUES OF SOUND REDUCTION INDICES ARE EVALUATED FROM THIRD-OCTAVE BAND VALUES OR FROM OCTAVE BANDS VALUES? ¿IMPORTA MUCHO SI LOS VALORES ÚNICOS DE LOS ÍNDICES DE REDUCCIÓN SON EVALUADOS A PARTIR DE BANDAS DE TERCIO DE OCTAVA O BANDAS DE OCTAVA?
SERIE 2	WERNER SCHOLL; VOLKER WITTSTOCK
	NOVIEMBRE 2011
<p>Ventajas del enfoque en bandas de octava Ventajas del enfoque en bandas de tercio de octava ¿Pueden ser iguales los valores del SRI en bandas de tercio de octava que en bandas de octava? Influencia del procedimiento de evaluación del valor numérico único</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. ¿Se pueden obtener los mismos valores de SRI a partir de valores en bandas de octava o de tercio de octava? <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Enfoque de equivalencia de potencia acústica curvas en bandas de octava 2.2 Enfoque sobre el decaimiento de las curvas en bandas de octava 2.3 El enfoque de la ISO 10140 3. Influencia del procedimiento de evaluación del valor numérico único 4. Conclusiones 	
BANDAS OCTAVA-TERCIO OCTAVA.- INFLUENCIA SNQ	

ARTÍCULO 2	RATING OF SOUND INSULATION AT PRESENT AND IN FUTURE. THE REVISION OF ISO 717 VALORACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EL PRESENTE Y EN EL FUTURO. LA REVISIÓN DE ISO 717
SERIE 2	WERNER SCHOLL; JUDITH LANG; VOLKER WITTSTOCK
	SEPTIEMBRE 2010
Antecedentes y propuestas actuales para la revisión de la ISO 717	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. El actual sistema del valor numérico único conforme a ISO 717 <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Relación entre SNQ y patrones 2.2 Actuales SNQ 2.3 Términos de adaptación espectral 3. Propuesta para revisar los sistemas de valores numéricos únicos: <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Investigaciones sobre importancia de los SNQ 3.2 Propuesta de sistemas mejorados de SNQ.- Características exigibles 3.3 Propuesta de alternativa para Ruido de Impacto 3.4 ¿Podrían sobrevivir los valores en bandas de octava 3.5 Influencia de las bajas frecuencias en la incertidumbre de los valores numéricos únicos 4. Comparación de los SNQ nuevos y los anteriores <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Aislamiento a ruido aéreo 4.2 Aislamiento a ruido de impacto 5. Conclusiones 	
SNQ BANDAS DE OCTAVA TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL BAJAS FRECUENCIAS EN CUANTO A INCERTIDUMBRE	

ARTÍCULO 4	CAN REDUCTION INDICES BE MEASURED AT 50 Hz WITH EXISTING LOUDSPEAKERS? ¿ES POSIBLE MEDIR LOS ÍNDICES DE REDUCCIÓN A 50 Hz CON LOS ACTUALES ALTAVOCES?
SERIE 2	W. SCHOLL
	NOVIEMBRE 2011
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Cálculos 3. Resultados 	
ANÁLISIS TECNOLÓGICO ALTAVOCES	

ARTÍCULO 5	REVISION OF ISO 717: WHY NOT USE IMPACT SOUND REDUCTION INDICES INSTEAD OF IMPACT SOUND PRESSURE LEVELS?. REVISIÓN DE ISO 717: ¿PORQUÉ NO SE USAN LOS ÍNDICES DE REDUCCIÓN DE RUIDO DE IMPACTO EN VEZ DE LOS NIVELES DE PRESIÓN?
SERIE 2	W. SCHOLL
	SEPTIEMBRE 2010
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. La idea básica de la reducción de índices acústicos 3. Índices de reducción de ruido de impacto 4. Índices de reducción de ruido de impacto en bandas de tercio de octava 5. Evaluación del valor numérico único del índice de reducción de ruido de impacto 6. Diferencia de nivel de ruido de impacto normalizado y estandarizado 7. Mejora de la reducción del ruido de impacto 8. Conclusiones y sumario
	ÍNDICES REDUCCIÓN RUIDO IMPACTO EN ISO 717 DESCRIPTORES RUIDO DE IMPACTO

ARTÍCULO 6	ABOUT ADEQUATE SINGLE-NUMBER DESCRIPTORS FOR IMPACT NOISE FROM DIFFERENT SOURCES. SOBRE LOS ADECUADOS DESCRIPTORES DE VALORES ÚNICOS PARA RUIDO DE IMPACTO DE DIFERENTES FUENTES DE RUIDO
SERIE 2	WERNER SCHOLL
	DICIEMBRE 2012
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. El mandato de la ISO 16717 3. Otro espectro de referencia junto con una propuesta particular 6. La información que facilita R_{impact} 7. Fuente de ruido de impacto para mantener $L_{n,w}$ como espectro de referencia 8. Fuentes de ruido de impacto que expresan espectros de ruido de impacto 4. La máquina de impactos con ponderación A ¿representa el espectro de ruido de pisadas de personas andando? 5. Conclusiones
	RUIDO DE IMPACTO FUENTES DE RUIDO DE IMPACTOS MÁQUINA DE RUIDO DE IMPACTOS

ARTÍCULO 8	DOES THE LIVING NOISE SPECTRUM ADAPTATION OF SOUND INSULATION MATCH THE SUBJECTIVE PERCEPTION? ¿REFLEJA EL ESPECTRO DE RUIDO LIVING LA PERCEPCIÓN SUBJETIVA?
SERIE 2	MONIKA RYCHTÁRIKOVÁ; HERBERT MÜLNER; MATHIAS STANI; VOJTECH CHMELIK; CHRIST GLORIEUX
	2012
<p>Presenta comparación perceptiva del ruido transmitido a través de dos tipos diferentes de paredes con distintos espectros de aislamiento pero con índice global R_{living} idéntico.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción: marcado productos construcción con índice R 2. Experimento prueba de escucha en cámara anecoica 64 muestras de sonidos; población 40 personas <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Estímulo acústico 2.2 Sujetos escuchantes 2.3 Protocolo de audición 3. Resultados 2 pruebas 4. Conclusión: Espectro living no siempre es característico 	
EXPERIMENTO ACÚSTICO PRUEBA DE ESCUCHA	

ARTÍCULO 1	SUBJECTIVE EVALUATION OF NOISE NEIGHBOURS WITH FOCUS ON LOW FREQUENCIES. EVALUACIÓN SUBJETIVA DEL RUIDO DE VECINOS ENFOCADO HACIA LAS BAJAS FRECUENCIAS
SERIE 3	FRANK RYSGAARD MORTENSEN
	1999
Describe el trabajo experimental con pruebas de audición subjetivas.	
TRABAJO EXPERIMENTAL	

ARTÍCULO 2	COMPLAINTS ABOUT POOR SOUND INSULATION BETWEEN DWELLINGS IN ENGLAND AND WALES. QUEJAS EN INGLATERRA Y GALES SOBRE UN DEFICIENTE AISLAMIENTO ACÚSTICO ENTRE VECINOS
SERIE 3	COLIN GRIMWOOD
	AGOSTO 1996
Describe los resultados de un trabajo llevado a cabo en Inglaterra y Gales entre 1992 y 1994 donde se determinaban las quejas sobre el deficiente aislamiento acústico entre viviendas. Se investigaron un total de 40 casos.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cuál es el nivel razonable de aislamiento acústico? 2. Carácter de las quejas 3. Sonidos escuchados en los casos investigados 4. Análisis de los resultados del aislamiento acústico 5. Conclusiones 6. Reconocimiento 	
TRABAJO EXPERIMENTAL QUEJAS DE RUIDOS	

ARTÍCULO 3	NORWEGIAN SOUND QUALITY CLASSIFICATION STANDARD AND RELATED LEGISLATION. CALIDAD ACÚSTICA EN NORUEGA, CLASIFICACIÓN DE LA NORMATIVA
SERIE 3	LIRIS TURUNED-RINDEL
	OCTUBRE 2012
El patrón standard de clasificación acústica de edificios, NS 8175, contiene criterios de ruido y aislamiento acústico para condiciones interiores de las viviendas, así como criterios de ruido exterior cercano a los edificios. Define cuatro clases de calidades.	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Clasificación acústica <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Clase A 2.2 Clase B 2.3 Clase C 2.4 Clase D 3. Modelo básico o referencia personal 4. Cuantificaciones acústicas 5. Clasificaciones 	
CLASIFICACIÓN ACÚSTICA	

ARTÍCULO 4	COMPARISON OF SOME GLOBAL INDICES TO ADEQUATELY ASSESS AIRBORNE SOUND INSULATION. COMPARACIÓN DE ALGUNOS ÍNDICES GLOBALES PARA EVALUAR ADECUADAMENTE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO
SERIE 3	CRISTIAN MONDACA; MARÍA MACHIMBARRENA; CAROLINA MONTEIRO
	OCTUBRE 2012
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción- Índices existentes-Ruido de fondo (Análisis histórico) 2. Simulación matlab <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Rango de frecuencias 2.2 Términos de adaptación espectral 2.3 Capacidad de los índices 3. Conclusiones
COMPARACIÓN ÍNDICES GLOBALES AISL. RUIDO AÉREO	

ARTÍCULO 5	REVISION OF SOUND CLASSIFICATION SCHEMES IN SWEDEN. REVISIÓN DE LOS ESQUEMAS DE CLASIFICACIÓN EN SUECIA
SERIE 3	CRISTIAN SIMONS
	JUNIO 2010
	<p>Intenta dirigir para la próxima revisión del patrón de clasificación acústica en Suecia SS 25267.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Cuestionarios 3. Ejemplo de encuestas socio-acústicas y función correlativa 4. BETSI Una pregunta a nivel nacional e inspecciones durante la construcción 5. Otras inspecciones en viviendas residenciales 6. Referencias
CLASIFICACIÓN ACÚSTICA	

ARTÍCULO 6	SISTEMA PARA LA CALIFICACIÓN Y CERTIFICACIÓN ACÚSTICA DE EDIFICIOS
SERIE 3	AECOR.- Asociación Española para la Calidad Acústica
	<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Objetivos 3. Situación en Europa <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Comparación con las legislaciones europeas 3.2 Sistemas de clasificación acústica vigente en Europa 4. Propuesta de desarrollo <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Esquema básico 4.2 Calificación y Certificación acústica del proyecto de un edificio 4.3 Calificación y Certificación acústica de un edificio: verificación final "in situ"
CLASIFICACIÓN ACÚSTICA CERTIFICACIÓN	

ARTÍCULO 7	ONLINE ASSESSMENTS OF INDOOR NOISE ANNOYANCE EN LÍNEA CON LA EVALUACIÓN DE LA MOLESTIA DEL RUIDO INTERIOR
SERIE 3	SONIA MONTEIRO DA SILVA ANTUNES
	MARZO 2012
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Vista previa de los test de escucha 3. Esquema del test 4. Análisis de datos 5. Conclusiones 6. Agradecimientos 	
MOLESTIAS RUIDO INTERIOR.- GRÁFICAS Y ANÁLISIS	

ARTÍCULO 8	LA NORMA ITALIANA UNI 11367:2010 DE CLASIFICACIÓN ACÚSTICA DE EDIFICACIONES
SERIE 3	AECOR
	ENERO 2011
<ol style="list-style-type: none"> 1. Parámetros acústicos contemplados en la clasificación acústica 2. Clases y requerimientos del sistema 3. Procedimiento de clasificación <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Plan de muestreo 3.2 Métodos de medición 3.3 Cálculo de la clase resultante 4. Expresión de los resultados 	
CLASIFICACIÓN ACÚSTICA.- NORMA ITALIANA	

ARTÍCULO 1	ESTADO DE LA ACCIÓN COST TU0901: "INTEGRACIÓN Y ARMONIZACIÓN DE PARÁMETROS ACÚSTICOS EN EL MARCO DE EDIFICACIONES URBANAS SOSTENIBLES
SERIE 4	M^a TERESA CARRASCAL GARCÍA; JUAN FRÍAS; MARÍA MACHIMBARRENA; MARTA HERRÁEZ
	2011
<p>Resumen: Respecto a protección contra el ruido en los edificios, existen notables diferencias en cuanto a requisitos legales, índices y valores límite utilizados en cada país europeo, lo que puede suponer una barrera técnica o comercial. Acción COST TU 0901 tiene como objetivo el armonizar índices y sistemas de clasificación acústica edificatoria en Europa. Aquí se expresan brevemente el estado de la acción y las líneas futuras de trabajo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción: transposición normativa UE 2. Objetivos de la acción: Llegar a la armonización de índices y sistemas de clasificación.-Otros objetivos. 3. Estructura del trabajo en la acción <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Armonización de descriptores de aislamiento acústico 3.2 Evaluación subjetiva del aislamiento 3.3 Diseño y comportamiento acústico 4. Conclusiones 	
ANÁLISIS DIVERSIDAD ÍNDICES, VALORES Y DESCRIPTORES ACÚSTICOS	

ARTÍCULO 3	FIELD MEASUREMENT OF SOUND INSULATION IN BUILDINGS AND OF BUILDING ELEMENTS-PART 1: AIRBORNE INSULATION ISO/CD 16283-1 MEDICIÓN IN SITU DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EDIFICIOS Y EN ELEMENTOS DE EDIFICIOS-PARTE 1: AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO ISO/CD 16283-1
SERIE 4	PELAYO PÉREZ; JORGE PEDROSO
	ABRIL 2012
Abstracción: Resumen propuesta Comité Draft modificación ISO 16283-1	
ANÁLISIS CD/ISO 16283-1	

ARTÍCULO 4	EVALUATION OF REVISED ISO AIRBORNE SOUND INSULATION RATINGS EVALUACIÓN DE LOS AISLAMIENTOS ACÚSTICOS REVISADOS EN ISO
SERIE 4	J.S. BRADLEY
	NOVIEMBRE 2012
<p>Este artículo evalúa 14 espectros diferentes posibles para ser incluidos en el nuevo patrón ISO 16717-1 para la evaluación del aislamiento acústico a ruido aéreo.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Procedimiento <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Análisis de datos 2.2 Test de escucha previos 3. Evaluación de espectros propuestos de medición <ol style="list-style-type: none"> 3.1 Evaluación de las mediciones incluidas en el diseño inicial de la propuesta del patrón ISO <ul style="list-style-type: none"> Espectro <i>Living</i> Espectro <i>Traffic</i> Espectro <i>Speech</i> Espectro <i>Living 85%</i> 3.2 Espectro de medición en versiones previas a ISO 717 <ul style="list-style-type: none"> Espectro $C_{100-3150}$ Espectro $C_{tr(100-3150)}$ 3.3 Espectros de medición derivados de la medición de fuentes de espectro <ul style="list-style-type: none"> Espectro TGM Espectro Road Espectro Railway Espectro Aircraft Espectro Plus 3.4 Espectro óptimo de medición de ruidos de conversaciones 3.5 Espectro de medida derivado de la revisión de los contornos de igual sonoridad 3.6 Importancia de las bandas de baja frecuencia 4. Evaluación de elementos constructivos para múltiples tipos de sonidos 5. Desarrollo de los nuevos espectros de medida 6. Discusión y conclusiones 7. Apéndice A: Detalles de espectros de medida usados para calcular aislamiento acústico. 	
ESPECTROS POSIBLES A INCLUIR EN EL NUEVO PATRÓN ISO 16717-1	

ARTÍCULO 5	SOUND CLASIFICATION SCHEMES IN EUROPE. QUALITY CLASSES INTENDED FOR RENOVATED HOUSING SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN ACÚSTICA EN EUROPA. CLASES DISEÑADAS PARA VIVIENDAS REFORMADAS
SERIE 4	BIRGIT RASMUSSEN
	MAYO 2010
<p>Abstracción: En base a encuestas sociales en varios países europeos, los ocupantes de viviendas en bloque ese consideran perjudicados notablemente por el ruido de las actividades de los vecinos.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Confort acústico y aspectos principales 3. Regulatorio de los requisitos de aislamiento acústico en Europa 4. Esquemas europeos para clasificación acústica de viviendas 5. Discusión <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Encuentros con (OMS) encuestas de viviendas 5.2 ¿Tiene interés a la sociedad la venta de aislamiento acústico en viviendas? 5.3 Viviendas para el futuro 6. COST Action TU0901 7. Conclusiones 	
ESQUEMAS DE CLASIFICACIÓN.- DIVERSIDAD EUROPEA	

ARTÍCULO 1	TECHNICAL SPECIFICATION ISO/TS 15666 ACOUSTICS-ASSESSMENT OF NOISE ANNOYANCE BY MEANS OF SOCIAL AND SOCIO-ACOUSTICS SURVEYS (ESPECIFICACIÓN TÉCNICA.- ACÚSTICA.- EVALUACIÓN DE LA MOLESTIA ACÚSTICA MEDIANTE ENCUESTAS SOCIALES Y SOCIO-ACÚSTICAS ESPECIFICACIONES TÉCNICAS ISO/TS 15666. EVALUACIÓN DE LA MOLESTIA DE RUIDO MEDIANTE ENCUESTAS SOCIALES Y SOCIO ACÚSTICAS
SERIE 5	ISO
	FEBRERO 2003
<p>Prefacio Introducción</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Alcance 2. Normativas de referencia 3. Términos y definiciones 4. Especificaciones para la redacción y escala de preguntas sobre la molestia 5. Especificaciones adicionales para conductas sociales y encuestas socio-acústicas cuando se pregunta sobre la molestia del ruido 6. Especificaciones para valorar el grado de la molestia 7. Especificaciones para la presentación de información básica a partir de encuestas sociales y socio-acústicas <p>Anexo A: Justificación de la redacción y la ampliación de preguntas sobre la molestia. Anexo B: La redacción en nueve idiomas de preguntas sobre la molestia. Bibliografía</p>	
PROPUESTA DE ESPECIFICACIONES TÉCNICAS PROVISIONALES PARA EVALUACIÓN DE LA MOLESTIA DEL RUIDO EN BASE A ENCUESTAS SOCIALES Y SOCIO-ACÚSTICAS.	

ARTÍCULO 2	THE “GENLYD*” NOISE ANNOYANCE MODEL EL MODELO “GENYLD” DE MEDICIÓN DE LA MOLESTIA DE RUIDO
SERIE 5	DELTA ACOUSTICS & ELECTRONICS
	MARZO 2007
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Información General 3. Molestia 4. Medición de la Molestia 5. Escalas de molestia 6. Funciones y Métodos usados en el modelo 7. El modelo “Genlyd” de molestia 8. Visión general de efectos y parámetros en el modelo 9. Perturbaciones del sueño 10. Referencias 11. Apéndice: Artículo de cuestionario sobre sensaciones del ruido en inglés. 12. Apéndice: Artículo de cuestionario sobre sensaciones del ruido en danés. 13. Escena no probada de un cuestionario de actitudes. 14. Resultados del proyecto “Genlyd”. 	
MODELO GENLYD PARA ANALIZAR EL GRADO DE MOLESTIA ACÚSTICA Y PERTURBACIONES.- CUESTIONARIOS	

ARTÍCULO 3	SUBJECTIVE EVALUATION OF IMPACT SOUND TRANSMISSION THROUGH FLOOR STRUCTURES EVALUACIÓN SUBJETIVA DE LA TRANSMISIÓN DE RUIDO DE IMPACTO A TRAVÉS DE PAVIMENTOS
SERIE 5	ERLING NILSSON AND PER HAMMER
	SEPTIEMBRE 1999
<p>Sumario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Método 3. Tipos de suelo en el ensayo 4. Medidas Psicoacústicas 5. Resultados 6. Conclusiones <p>Agradecimientos Referencias</p>	
TRABAJO DE INVESTIGACIÓN CORRELATIVA ENTRE MÉTODOS COMUNES DE MEDICIÓN DE RUIDO DE IMPACTO Y VALORACIONES SUBJETIVAS A PARTIR DE TEST DE ESCUCHA.	

ARTÍCULO 1	COMPARISON BETWEEN EUROPEAN ACOUSTIC CLASSIFICATION SCHEMES FOR DWELLINGS BASED ON EXPERIMENTAL EVALUATIONS AND SOCIAL SURVEYS COMPARATIVA ENTRE LOS ESQUEMAS DE CLASIFICACIÓN ACÚSTICA EUROPEOS ENTRE VIVIENDAS BASADO EN EVALUACIONES EXPERIMENTALES Y ENCUESTAS ACÚSTICAS
SERIE 6	ANTONINO DI BELLA; CHIARA MARTINA PONTAROLLO; MARCO VIGO
	JUNIO 2012
<p>Sumario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Esquemas de clasificación en Europa 3. Proceso de estudio 4. Normalización de clases acústicas y comparación de resultados 5. Comparación entre clasificación y encuestas acústicas 6. Análisis adicional 7. Conclusiones <p>Agradecimientos</p>	
ESQUEMAS DE CLASIFICACIÓN	

ARTÍCULO 2	FIELD MEASUREMENT OF AIRBORNE SOUND INSULATION BETWEEN ROOMS WITH NON-DIFUSE SOUND FIELDS AT LOW FREQUENCIES MEDICIÓN DE AISLAMIENTO ACÚSTICO A RUIDO AÉREO ENTRE RECINTOS EN CAMPOS NO DIFUSOS PARA BAJAS FRECUENCIAS
SERIE 6	C. HOPKINS; P. TURNER
	JULIO 2004
<p>Sumario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Mediciones del aislamiento acústico a ruido aéreo conforme a ISO 140-4 3. Revisión de texto 4. Trabajo experimental: mediciones en entramados de tres dimensiones 5. Análisis de los datos de los niveles de presión del entramado <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Representación visual del campo acústico 5.2 Cuantificación de la variación espacial de los niveles de presión 6. Propuesta de medición de niveles de presión para bajas frecuencias 7. Propuesta para medición del tiempo de reverberación para bajas frecuencias 8. Valoración del protocolo de medición de bajas frecuencias (LFMP) usando los datos del entramado. 9. Proceso del protocolo de medición de bajas frecuencias in situ <ol style="list-style-type: none"> 9.1 Tiempo de reverberación 9.2 Valores numéricos únicos 10. Conclusiones <p>Agradecimientos</p>	
MEDICIÓN DE BAJAS FRECUENCIAS; ANÁLISIS DE DATOS SOBRE REJILLA TRIDIMENSIONAL	

ARTÍCULO 3	LOW FREQUENCY MEASUREMENTS IN BUILDING ACOUSTICS – ANALYSIS OF REVERBERATION TIME FIELD MEASUREMENT RESULTS MEDICIÓN PARA BAJAS FRECUENCIAS EN EDIFICIOS. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE MEDICIÓN DE LOS TIEMPOS DE REVERBERACIÓN
SERIE 6	DRASKO MASOVIC
	JUNIO 2012
<p>Sumario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Problemas en la medición de bajas frecuencias 3. La base de datos 4. Análisis estadístico de los resultados <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Promedio de tiempos de reverberación en recintos amueblados y sin amueblar 4.2 Ejemplo de dispersión del tiempo de reverberación en recintos de igual tamaño 4.3 Relación entre el volumen del recinto y el tiempo de reverberación 5. Conclusión <p>Agradecimientos Referencias</p>	
PROBLEMÁTICA DE LAS BAJAS FRECUENCIAS; RELACIÓN VOLUMEN Y TIEMPO DE REVERBERACIÓN; COMPARACIÓN RECINTOS SIMILARES	

ARTÍCULO 4	UNCERTAINTIES OF ROOM AVERAGE SOUND PRESSURE LEVELS MEASURED IN FIELD ACCORDING TO THE DRAFT STANDARD ISO 16283-1 INCERTIDUMBRES DE LOS PROMEDIOS DE LOS NIVELES DE PRESIÓN MEDIDOS IN SITU CONFORME AL DRAFT ESTÁNDAR ISO 16283-1
SERIE 6	CHRISTIAN SIMMONS
	FEBRERO 2012
<ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Métodos <ol style="list-style-type: none"> 2.1 Precisión del promedio de los niveles de presión en una densa malla 2.2 Simplificación del promedio de los niveles de presión por la trayectoria del micrófono 2.3 Desviación estándar de los niveles de presión 2.4 Tiempo de reverberación 3. Los análisis de los recintos 4. Ejemplo de variaciones espaciales de los niveles de presión (habitaciones vivideras) 5. Análisis estadísticos de los niveles de presión 6. Discusión de resultados y algunas experiencias prácticas 7. Referencias 	
DUDAS SOBRE DS ISO 16283-1	

ARTÍCULO 5	REVISION OF ISO 717: FUTURE SINGLE-NUMBER QUANTITIES FOR SOUND INSULATION IN BUILDINGS REVISIÓN OF ISO 717: FUTUROS VALORES ÚNICOS PARA EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN EDIFICIOS
SERIE 6	WERNER SCHOLL
	JUNIO 2012
<ul style="list-style-type: none"> 1. Alcance de ISO 717 2. El alcance de la revisión 3. Propuestas de revisión 4. Sumario y punto de vista <p>Referencias</p>	
PERSPECTIVA REVISIÓN ISO 717 VALORES ÚNICOS	

ARTÍCULO 6	HARMONIZED MEASUREMENTS OF SOUND PRESSURE LEVELS IN ROOMS WITH ISO/CD 16283-1 MEDICIONES ARMONIZADAS DE NIVELES DE PRESIÓN EN RECINTOS MEDIANTE ISO/CD 16283-1
SERIE 6	CHRISTIAN SIMMONS
	JUNIO 2012
<p>Sumario</p> <ul style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Métodos <ul style="list-style-type: none"> 2.1 Precisión del promedio de los niveles de presión en una densa malla 2.2 Simplificación del promedio de los niveles de presión por la trayectoria del micrófono 2.3 Desviación estándar de los niveles de presión 2.4 Análisis de los recintos 3. Resultados <ul style="list-style-type: none"> 3.1 Análisis estadísticos 4. Discusión, consideraciones prácticas <p>Agradecimientos Referencias</p>	
EXPLICACIÓN ISO/CD 16283-1	

ARTÍCULO 7	ONLINE LISTENING TEST ON SOUND INSULATION OF WALLS-A FEASIBILITY STUDY EN LÍNEA CON LOS TEST DE ESCUCHA SOBRE EL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN PAREDES. UN ESTUDIO FACTIBLE
SERIE 6	TORBEN HOLM PEDERSEN; SONIA ANTUNES; BIRGIT RASMUSSEN
	JUNIO 2012
<p>Sumario</p> <ol style="list-style-type: none"> 5. Introducción 6. Metodología de análisis y procedimientos 7. Calibración del nivel 8. Estímulo <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Ruido de vecinos 4.2 Paredes simuladas 9. Resultados <ol style="list-style-type: none"> 5.1 Valoración de las molestias del estímulo 5.2 Valoración de las molestias de los muros 10. Conclusiones <p>Referencias</p>	
ANÁLISIS TEST DE ESCUCHA SIMULACIÓN DE PAREDES	

ARTÍCULO 8	THE UNCERTAINTY OF SINGLE-NUMBER QUANTITIES FOR EVALUATION OF IMPACT SOUND INSULATION AT THE ENLARGED FREQUENCY RANGE LA INCERTIDUMBRE DE LOS VALORES ÚNICOS PARA LA EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTO EN RANGOS DE FRECUENCIA AMPLIADOS
SERIE 6	MIKKO KYLLIÄINEN
	JUNIO 2012
<p>Sumario</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Introducción 2. Mediciones 3. Simulaciones Monte Carlo 4. Resultados <ol style="list-style-type: none"> 4.1 Incertidumbres de valores numéricos 4.2 Dependencia de una estructura tipo de suelo 5. Conclusiones <p>Agradecimientos</p> <p>Referencias</p> 	
INCERTIDUMBRES	

NOTA: La numeración y serie del artículo es un código interno para organización de este trabajo, no tiene valor alguno.

Anexo B: Ejemplo 1 comparación sistemas de valores únicos

En este Anexo B se presenta un ejemplo en el que se ha operado con los dos sistemas hasta ahora aceptados para obtener los valores globales o valores únicos, sistema de comparación de curva de espectro de referencia de ISO 717 junto con sus correspondientes términos de adaptación espectral y el sistema de comparación con espectros A ponderados del método general de CTE HR, comparándolo con el sistema propuesto de valores únicos de NWIP 16717. Los datos de los ejemplos son idénticos.

Dados dos recintos; emisor y receptor, con los siguientes valores en cuanto a niveles de presión.

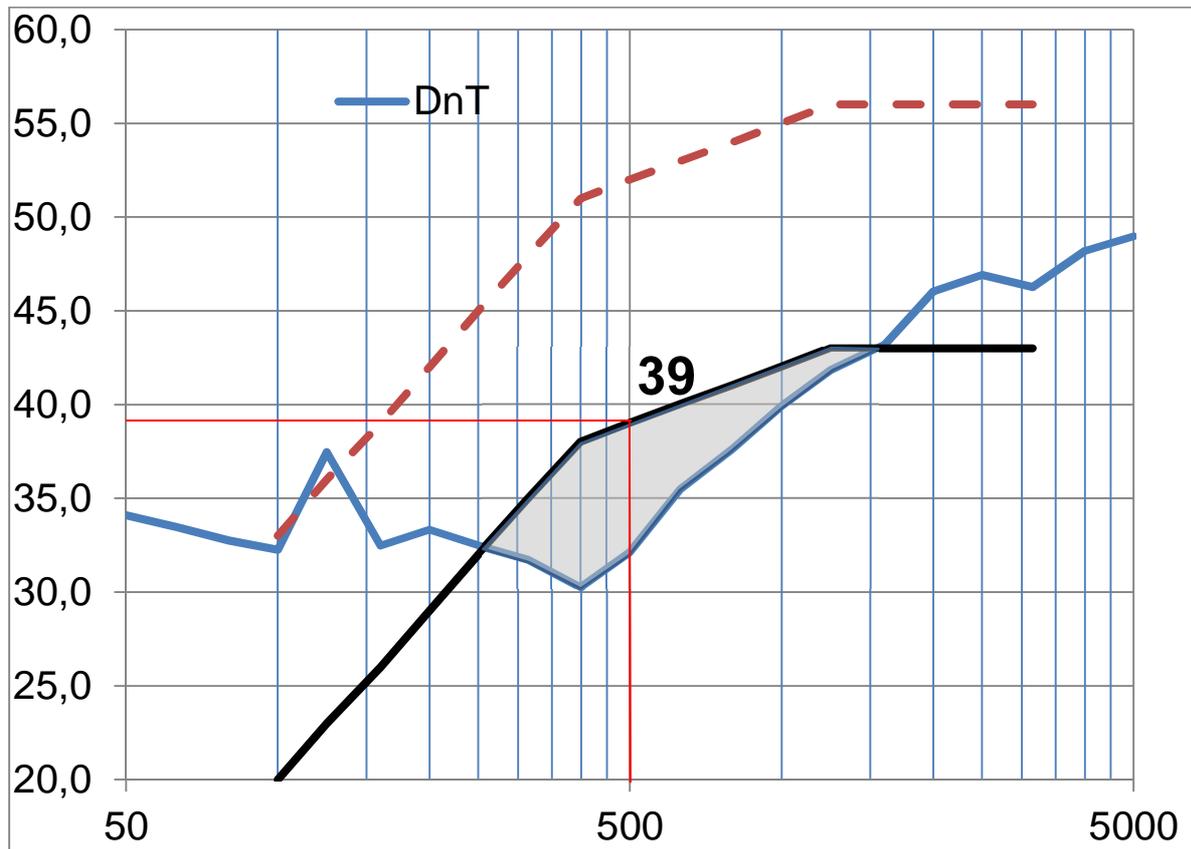
NOTA 1: Los valores de datos aquí presentados no se corresponden con ninguna situación concreta, es meramente un ejemplo práctico de presentación. Lo importante en este ejemplo es seguir el proceso matemático.

NOTA 2: En la resolución conforme a NWIP 16717 En este ejemplo se ha pretendido, con un supuesto de niveles de ruido iguales para distintas situaciones de ruido, *living, traffic, speech e impact*, demostrar la versatilidad del sistema de los valores únicos del NWIP 16717, y cómo nos permite comparar una medición para distintas situaciones.

Los resultados en dB.

NOTA 3: Como puede apreciarse, y sólo en este caso particular, los nuevos indicadores propuestos coinciden con los utilizados por la normativa española CTE DB-HR. Generalmente esta situación de coincidencia no se va a presentar siempre, sino que dependerá de la solución constructiva utilizada así como del rango de frecuencias, como se puede comprobar en el Anexo C..

EJEMPLO ISO 717 CON DATOS FACILITADOS																
DATOS MEDICIÓN Ó CÁLCULO						VALORES DE REFERENCIA TABLA 3		DESPLAZAMIENTO dB CURVA REF		CURVA DE REF. DESPLAZADA			TÉRMINOS DE ADAPTACIÓN ESPECTRAL			
						CURVA REFERENCIA AISL. RUIDO AÉREO ISO		-13		DESVIACIÓN DESFAVORABLE			ESPECTRO Nº 1 (A) para calcular (Li1)	Li1 - DnT	ESPECTRO Nº 2 (A) para calcular Ctr (Li2)	Li2 - DnT
freq. Hz	L1	L2	T	DnT												
50	80,7	54,7	3,22	34,1												
63	80,8	55,4	3,20	33,5												
80	81,5	56,8	3,19	32,7												
100	82,1	57,8	3,12	32,3	33	-12,3	20	-30	-62,3	-20	-52,3	-41	-75,1	-25	-59,1	
125	89,0	59,5	3,13	37,5	36	-14,5	23	-27	-64,5	-20	-57,5	-37	-70,5	-23	-56,5	
160	95,0	70,5	3,14	32,5	39	-6,5	26	-24	-56,5	-18	-50,5	-34	-66,7	-21	-53,7	
200	98,0	71,9	2,64	33,3	42	-4,3	29	-22	-55,3	-16	-49,3	-30	-62,3	-20	-52,3	
250	99,2	73,8	2,56	32,5	45	-0,5	32	-20	-52,5	-15	-47,5	-27	-64,5	-20	-57,5	
315	99,7	74,9	2,47	31,7	48	3,3	35	-18	-49,7	-14	-45,7	-24	-56,5	-18	-50,5	
400	99,6	76,0	2,32	30,3	51	7,7	38	-16	-46,3	-13	-43,3	-22	-55,3	-16	-49,3	
500	97,8	72,5	2,40	32,1	52	6,9	39	-14	-46,1	-12	-44,1	-18	-48,7	-14	-45,7	
630	96,3	67,6	2,38	35,5	53	4,5	40	-13	-48,5	-11	-46,5	-16	-46,3	-13	-43,3	
800	96,6	65,3	2,14	37,6	54	3,4	41	-12	-49,6	-9	-46,6	-14	-49,7	-14	-45,7	
1000	95,3	61,4	1,99	39,9	55	2,1	42	-11	-50,9	-8	-47,9	-16	-46,3	-13	-43,3	
1250	92,9	56,7	1,82	41,8	56	1,2	43	-10	-51,8	-9	-50,8	-18	-48,7	-14	-45,7	
1600	94,6	56,7	1,69	43,2	56	-0,2	43	-10	-53,2	-10	-53,2	-20	-52,3	-20	-52,3	
2000	93,3	52,5	1,67	46,0	56	-3,0	43	-10	-56,0	-11	-57,0	-27	-64,5	-20	-57,5	
2500	91,2	49,2	1,55	46,9	56	-3,9	43	-10	-56,9	-13	-59,9	-30	-62,3	-20	-52,3	
3150	88,1	46,3	1,40	46,3	56	-3,3	43	-10	-56,3	-15	-61,3	-34	-66,7	-21	-53,7	
4000	83,6	39,6	1,31	48,2	56		43	-10	-58,2	-16	-64,2	-37	-70,5	-23	-56,5	
5000	77,7	32,6	1,22	49,0	56		43	-10	-59,0	-18	-67,0	-41	-75,1	-25	-59,1	
Suma valores desfavorables positivos					29,08			DnTw= 39			DnTw+C= 39			DnTw+Ctr= 36		
											C50-5000 = 0			Ctr 50-5000 = -3		



EJEMPLO COMPARACIÓN CON CURVAS DE PONDERACIÓN (A) DB-HR											
DATOS MEDICIÓN Ó CÁLCULO					ESPECTROS DE PONDERACIÓN A			CÁLCULOS			
freq. Hz	L1	L2	T	DnT	ESPECTRO RUIDO AUTOMÓVILES PONDERADO A (TABLA A.3)	ESPECTRO RUIDO ROSA, PONDERADO A (TABLA A.5)	L(A) autom-DnT	L(A) rosa ref-DnT	DnT,A tr	DnT,A	
50	80,7	54,7	3,22	34,1							
63	80,8	55,4	3,20	33,5							
80	81,5	56,8	3,19	32,7							
100	82,1	57,8	3,12	32,3	-20,0	-30,1	-52,3	-62,4			
125	89,0	59,5	3,13	37,5	-20,0	-27,1	-57,5	-64,6			
160	95,0	70,5	3,14	32,5	-18,0	-24,4	-50,5	-56,9			
200	98,0	71,9	2,64	33,3	-16,0	-21,9	-49,3	-55,2			
250	99,2	73,8	2,56	32,5	-15,0	-19,6	-47,5	-52,1			
315	99,7	74,9	2,47	31,7	-14,0	-17,6	-45,7	-49,3			
400	99,6	76,0	2,32	30,3	-13,0	-15,8	-43,3	-46,1			
500	97,8	72,5	2,40	32,1	-12,0	-14,2	-44,1	-46,3			
630	96,3	67,6	2,38	35,5	-11,0	-12,9	-46,5	-48,4			
800	96,6	65,3	2,14	37,6	-9,0	-11,8	-46,6	-49,4			
1000	95,3	61,4	1,99	39,9	-8,0	-11	-47,9	-50,9			
1250	92,9	56,7	1,82	41,8	-9,0	-10,4	-50,8	-52,2			
1600	94,6	56,7	1,69	43,2	-10,0	-10	-53,2	-53,2			
2000	93,3	52,5	1,67	46,0	-11,0	-9,8	-57,0	-55,8			
2500	91,2	49,2	1,55	46,9	-13,0	-9,7	-59,9	-56,6			
3150	88,1	46,3	1,40	46,3	-15,0	-9,8	-61,3	-56,1			
4000	83,6	39,6	1,31	48,2	-16,0	-10	-64,2	-58,2			
5000	77,7	32,6	1,22	49,0	-18,0	-10,5	-67,0	-59,5			
									36	39	

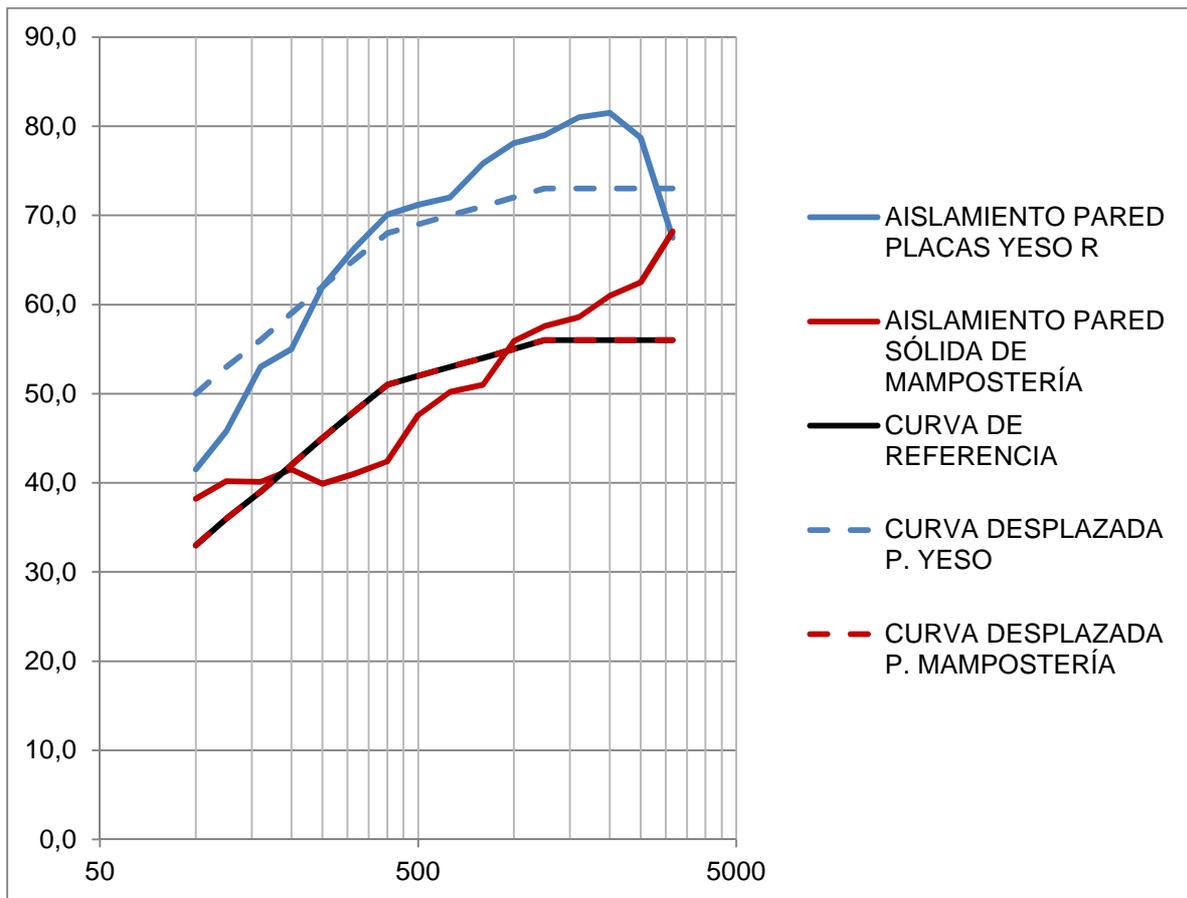
EJEMPLO NWIP ISO-16717 CON DATOS FACILITADOS																
DATOS MEDICIÓN Ó CÁLCULO					ESPECTROS DE REFERENCIA					CÁLCULO DE VALORES GLOBALES						
frec. Hz	L1	L2	T	DnT	Ruido interior Living	Ruido exterior Traffic	Speech	Impacto	Li living-DnT	Li traffic-DnT	Li speech-DnT	Li impact-DnT	DnT, living	DnT, traffic	DnT, speech	DnT, impact
50	80,7	54,7	3,22	34,1	-41	-25		-23,8	-75,1	-59,1		-57,9				
63	80,8	55,4	3,20	33,5	-37	-23		-22,8	-70,5	-56,5		-56,3				
80	81,5	56,8	3,19	32,7	-34	-21		-21,8	-66,7	-53,7		-54,5				
100	82,1	57,8	3,12	32,3	-30	-20		-20,8	-62,3	-52,3		-53,1				
125	89,0	59,5	3,13	37,5	-27	-20		-19,8	-64,5	-57,5		-57,3				
160	95,0	70,5	3,14	32,5	-24	-18		-18,8	-56,5	-50,5		-51,3				
200	98,0	71,9	2,64	33,3	-22	-16	-38	-17,8	-55,3	-49,3	-71,3	-51,1				
250	99,2	73,8	2,56	32,5	-20	-15	-28	-16,8	-52,5	-47,5	-60,5	-49,3				
315	99,7	74,9	2,47	31,7	-18	-14	-18	-15,8	-49,7	-45,7	-49,7	-47,5				
400	99,6	76,0	2,32	30,3	-16	-13	-10	-14,8	-46,3	-43,3	-40,3	-45,1				
500	97,8	72,5	2,40	32,1	-14	-12	-10	-13,8	-46,1	-44,1	-42,1	-45,9				
630	96,3	67,6	2,38	35,5	-13	-11	-10	-12,8	-48,5	-46,5	-45,5	-48,3				
800	96,6	65,3	2,14	37,6	-12	-9	-10	-11,8	-49,6	-46,6	-47,6	-49,4				
1000	95,3	61,4	1,99	39,9	-11	-8	-10	-10,8	-50,9	-47,9	-49,9	-50,7				
1250	92,9	56,7	1,82	41,8	-10	-9	-10	-9,8	-51,8	-50,8	-51,8	-51,6				
1600	94,6	56,7	1,69	43,2	-10	-10	-10	-8,8	-53,2	-53,2	-53,2	-52,0				
2000	93,3	52,5	1,67	46,0	-10	-11	-10	-7,8	-56,0	-57,0	-56,0	-53,8				
2500	91,2	49,2	1,55	46,9	-10	-13	-10	-6,8	-56,9	-59,9	-56,9	-53,7				
3150	88,1	46,3	1,40	46,3	-10	-15	-13	-13	-56,3	-61,3	-59,3	-53,7				
4000	83,6	39,6	1,31	48,2	-10	-16	-20	-20	-58,2	-64,2	-68,2	-79,0				
5000	77,7	32,6	1,22	49,0	-10	-18	-30	-30	-59,0	-67,0	-79,0					

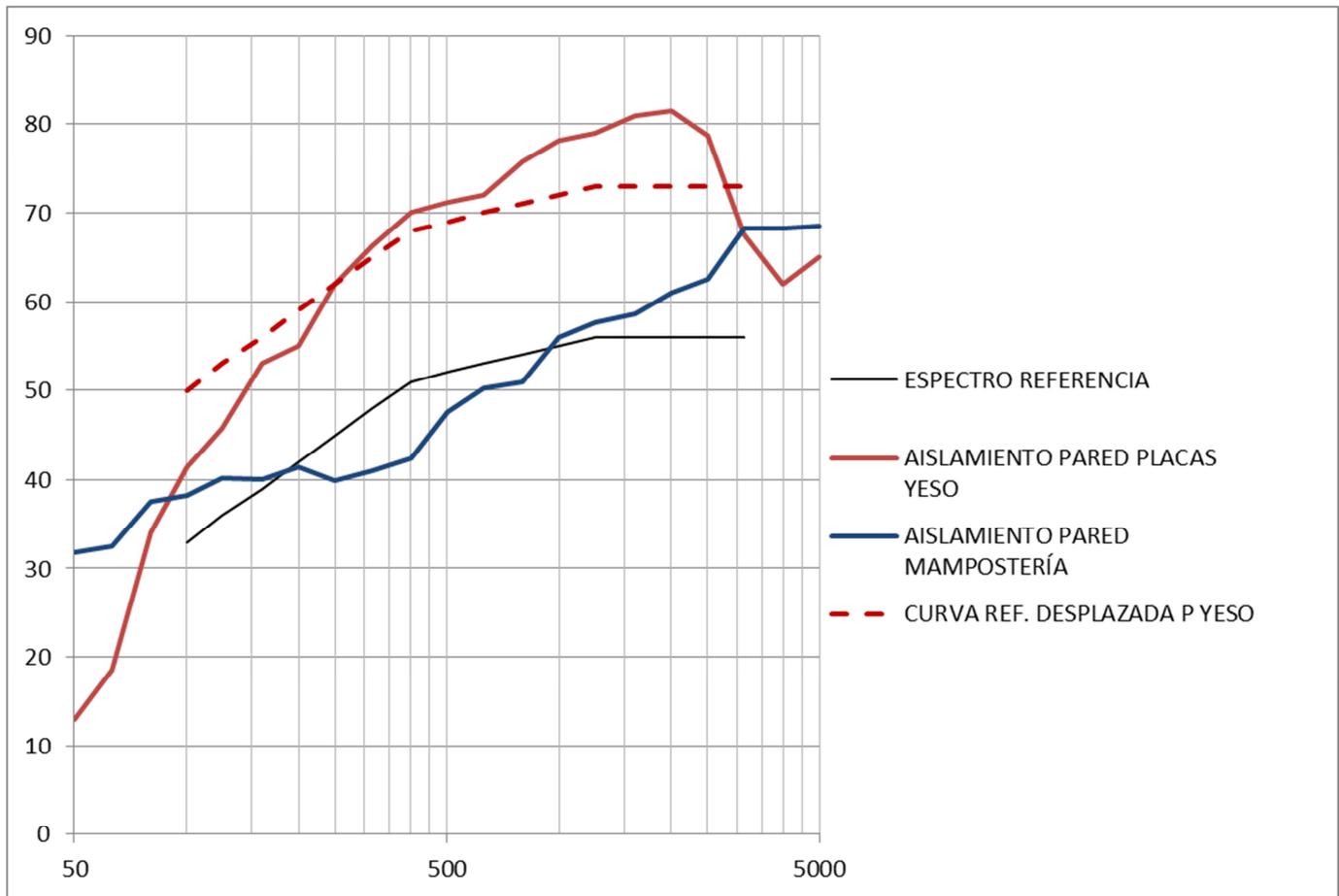
Anexo C: Ejemplo 2 comparaciones índices de reducción acústica en dos elementos distintos de separación y con ampliación del rango de frecuencias

En este Anexo C se presenta un ejemplo en el cual se comparan los índices de reducción acústica de materiales diferentes, y cómo varían sus resultados si se estudian con rangos de frecuencia ampliados. Para ello se han elegido dos soluciones constructivas diferentes que tienen igual valor global de índice de reducción acústica en un rango de frecuencia de 50-5000 Hz.

Como se puede observar los valores únicos no son iguales según estemos analizando un espectro de frecuencias de 100 a 3150 Hz o bien de 50 a 5000 Hz, lo que confirma la premisa manifestada en este documento de que si se amplían o extienden los rangos de frecuencia es preciso también el modificar y adaptar todos los catálogos constructivos de elementos, y no sólo eso sino que en cuanto a cumplimientos reglamentarios una solución válida para dar cumplimiento a un requerimiento específico en cuanto a aislamiento acústico, no resulta válido si se analiza en espectros de frecuencia diferentes.

COMPARACIÓN ÍNDICES DE REDUCCIÓN ACÚSTICA DE DOS PAREDES DISTINTAS EN ESPECTRO 100-3150 Hz															
ÍNDICE DE REDUCCIÓN ACÚSTICA (dB)															
FRECUENCIA (Hz)	ESPECTRO REFERENCIA AÉREO Nº1 ISO 717	ESPECTRO Nº1	ESPECTRO Nº2	PARED LIGERA PLACAS DE YESO LAMINADO				PARED SÓLIDA MAMPOSTERÍA							
				R medido	DESPLAZAMIENTO ESPECTRO REF DESPLAZADO	Desviación desfavorable	valor global Rw	L1-R	L12-R	R medido	DESPLAZAMIENTO ESPECTRO REF DESPLAZADO	Desviación desfavorable	valor global Rw	L1-R	L12-R
100	33	-29	-20	41,5	50,0	8,5	69,0	-70,5	-61,5	38,2	33,0	-5,2	52,0	-67,20	-58,2
125	36	-26	-20	45,8	53,0	7,2		-71,8	-65,8	40,2	36,0	-4,2		-66,20	-60,2
160	39	-23	-18	53,0	56,0	3,0		-76,0	-71,0	40,1	39,0	-1,1		-63,10	-58,1
200	42	-21	-16	55,0	59,0	4,0		-76,0	-71,0	41,5	42,0	0,5		-62,50	-57,5
250	45	-19	-15	62,0	62,0	0,0		-81,0	-77,0	39,9	45,0	5,1		-58,90	-54,9
315	48	-17	-14	66,3	65,0	-1,3		-83,3	-80,3	41,0	48,0	7,0		-58,00	-55,0
400	51	-15	-13	70,1	68,0	-2,1		-85,1	-83,1	42,4	51,0	8,6		-57,40	-55,4
500	52	-13	-12	71,2	69,0	-2,2		-84,2	-83,2	47,6	52,0	4,4		-60,60	-59,6
630	53	-12	-11	72,0	70,0	-2,0		-84,0	-83,0	50,2	53,0	2,8		-62,20	-61,2
800	54	-11	-9	75,8	71,0	-4,8		-86,8	-84,8	51,0	54,0	3,0		-62,00	-60,0
1000	55	-10	-8	78,1	72,0	-6,1		-88,1	-86,1	55,9	55,0	-0,9		-65,90	-63,9
1250	56	-9	-9	79,0	73,0	-6,0		-88,0	-88,0	57,6	56,0	-1,6		-66,60	-66,6
1600	56	-9	-10	81,0	73,0	-8,0		-90,0	-91,0	58,6	56,0	-2,6		-67,60	-68,6
2000	56	-9	-11	81,5	73,0	-8,5		-90,5	-92,5	61,0	56,0	-5,0		-70,00	-72,0
2500	56	-9	-13	78,7	73,0	-5,7		-87,7	-91,7	62,5	56,0	-6,5		-71,50	-75,5
3150	56	-9	-15	67,5	73,0	5,5		-76,5	-82,5	68,2	56,0	-12,2		-77,20	-83,2
				Σ desviaciones desfavorables				Σ desviaciones desfavorables							
				28,2				31,4							
				C 100-3150 = -3				C 100-3150 = -2							
				Ctr 100-3150 = -10				Ctr 100-3150 = -5							
				R = Rw + C 100-3150 = 66				R = Rw + C 100-3150 = 50							
				Rtraffic = Rw + Ctr 100-3150 = 59				Rtraffic = Rw + Ctr 100-3150 = 47							





Anexo D: Extracto resumen aplicación ISO/CD 16283-1

Este Anexo es meramente informativo y aclaratorio, aporta una tabla de los requerimientos específicos en cuanto a medición del proyecto normativo ISO/CD 16283-1.

TABLA RESUMEN DE ESPECIFICACIONES DE ISO/CD 16283-1 PARA EL PROCEDIMIENTO POR DEFECTO DE MEDICIÓN DE NIVELES DE PRESIÓN ACÚSTICA									
TIPO DE PROCEDIMIENTO DE PROMEDIADO	TRAYECTORIA	ALTAVOCES		MEDICIONES (posición micrófono/habitación)	DISTANCIAS MÍNIMAS PARA POSICIONES DE MICROFONO	TIEMPO DE PROMEDIADO (para cada posición de micro)	CÁLCULO DEL PROMEDIO ENERGÉTICO DE NIVELES DE PRESIÓN		
		Nº ALTAVOCES	POSICIONES						
POSICIÓN FIJA MICROFONO		VARIOS	≥1	5	0,7 m entre posiciones fijas de micrófonos	6 s	$L = 10 \cdot \log \left(\frac{p_1^2 + p_2^2 + \dots + p_n^2}{n p_0^2} \right)$ (8)		
					0,5 m entre posición micrófono y perímetro habitaciones	4 s			
					1,0 m entre altavoz y micrófono	15 s			
		UNO	≥2	5*	0,7 m entre posiciones fijas de micrófonos	6 s	$L = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$ (9)		
					0,5 m entre posición micrófono y perímetro habitaciones	4 s			
					1,0 m entre altavoz y micrófono	15 s			
MICRÓFONO MECANIZADO CON MOVIMIENTO CONTINUO		VARIOS	≥1	1	100 a 5000 Hz	30 s	$L = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt \right)$ (10)		
					50 a 80 Hz	60 s			
					100 a 5000 Hz	30 s			
		UNO	≥2	1* **	50 a 80 Hz	60 s	$L = 10 \cdot \log \left(\frac{L_1}{10^{10}} + \frac{L_2}{10^{16}} + \dots + \frac{L_n}{10^{70}} \right)$ (11)		
					100 a 5000 Hz	30 s			
					50 a 80 Hz	60 s			
MICRÓFONO ESCANEADO MANUALMENTE	CIRCULAR	UNO	≥2	1* **	100 a 5000 Hz	30 s	$L = 10 \cdot \log \left(\frac{1}{T_m} \int_0^{T_m} p^2(t) dt \right)$ (10)		
					VARIOS	≥1		1	
					UNO	≥2		1* **	
		HELICOIDAL	VARIOS	≥1	1	CON UN NÚMERO COMPLETO DE CICLOS			
						UNO		≥2	1* **
						VARIOS		≥1	1
	CILÍNDRICA	UNO	≥2	1* **	100 a 5000 Hz	30 s	$L = 10 \cdot \log \left(\frac{L_1}{10^{10}} + \frac{L_2}{10^{16}} + \dots + \frac{L_n}{10^{70}} \right)$ (11)		
					VARIOS	≥1		1	
					UNO	≥2		1* **	
		TRES SEMICÍRCULOS	VARIOS	≥1	1	CON UN NÚMERO COMPLETO DE CICLOS			
						UNO		≥2	1* **
						VARIOS		≥1	1

* Para cada posición del altavoz
 ** El posicionamiento del eje del micrófono se puede cambiar por cada postura del altavoz
 *** Con un número completo de ciclos
 (8) Ecuación de promedio energético de niveles de presión en salas fuente y receptora
 (9) Ecuación práctica de promedio de niveles de presión
 (10) Ecuación de promedio energético para más de una exploración en el mismo recinto
 (11) Ecuación de promedio energético para más de una exploración en el mismo recinto

Anexo E: Ejemplo posible propuesta de expresión en cuanto a etiquetado de productos

En este Anexo E se analiza mediante esta hoja de cálculo la idea planteada en el capítulo 5, en base a los datos de ejercicios anteriores en el que se comparaban dos elementos constructivos diferentes (pared ligera de placas de yeso y pared sólida de mampostería). El método de cálculo seguido es el de la propuesta de los valores únicos de NWIP 16717-1, tanto para el valor único en todo el rango de frecuencias como el del valor único en los rangos de frecuencia reducidos. Se ha escogido este ejemplo por coincidir el valor único en el rango de frecuencia determinado (50-5000 Hz).

EJEMPLO: UNA POSIBILIDAD ETIQUETADO DE ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN CON DATOS FACILITADOS CON ESPECTROS NWIP 16717

DATOS MEDICIÓN Ó CÁLCULO R _w			ESPECTROS DE REFERENCIA							CÁLCULO DE VALORES GLOBALES								
frec. Hz	PARED LIGERA PLACAS DE YESO	PARED SÓLIDA DE MAMPOSTERÍA	Ruido interior Living	Ruido exterior Traffic	Speech	Impacto	PARED LIGERA PLACAS DE YESO			PARED SÓLIDA DE MAMPOSTERÍA								
							Li living-Rw	Valor global	Valor subíndice	Valor superíndice	Notación etiquetado	Li living-Rw	Valor global	Valor subíndice	Valor superíndice	Notación etiquetado		
50	13,0	31,8	-41	-25		-23,8	-54,0				-72,8							
63	18,5	32,5	-37	-23		-22,8	-55,5				-69,5							
80	34,0	37,5	-34	-21		-21,8	-68,0	24			-71,5	36						
100	41,5	38,2	-30	-20		-20,8	-71,5				-68,2							
125	45,8	40,2	-27	-20		-19,8	-72,8				-67,2							
160	53,0	40,1	-24	-18		-18,8	-77,0				-64,1							
200	55,0	41,5	-22	-16	-38	-17,8	-77,0				-63,5							
250	62,0	39,9	-20	-15	-28	-16,8	-82,0				-59,9							
315	66,3	41,0	-18	-14	-18	-15,8	-84,3				-59,0							
400	70,1	42,4	-16	-13	-10	-14,8	-86,1				-58,4							
500	71,2	47,6	-14	-12	-10	-13,8	-85,2	51			-61,6	51						
630	72,0	50,2	-13	-11	-10	-12,8	-85,0				-63,2							
800	75,8	51,0	-12	-9	-10	-11,8	-87,8				-63,0							
1000	78,1	55,9	-11	-8	-10	-10,8	-89,1				-66,9							
1250	79,0	57,6	-10	-9	-10	-9,8	-89,0				-67,6							
1600	81,0	58,6	-10	-10	-10	-8,8	-91,0				-68,6							
2000	81,5	61,0	-10	-11	-10	-7,8	-91,5				-71,0							
2500	78,7	62,5	-10	-13	-10	-6,8	-88,7				-72,5							
3150	67,5	68,2	-10	-15	-13		-77,5			64	-78,2							68
4000	62,0	68,2	-10	-16	-20		-72,0				-78,2							
5000	65,0	68,5	-10	-18	-30		-75,0				-78,5							

Epílogo

Hasta aquí he llegado con este trabajo, me gustaría pensar que tiene utilidad para otras personas pero me quedan bastantes dudas a este respecto ante la posibilidad de que los nuevos proyectos de normas queden aparcados. Al menos para mí puedo decir, no obstante, que me ha sido útil para introducirme más en la acústica.

En Segovia, 17 de junio de 2013

Mariano Francisco Álvarez Santos

Créditos y referencias

- [1] Vitruvio, «Los diez libros de Arquitectura (Lib. V)».
- [2] «www.acusticarq.com,» [En línea].
- [3] B. Rasmussen, «Sound insulation between dwellings – Requirements in building regulation in Europe,» junio 2008.
- [4] A. Carrión Isbert, Diseño acústico de espacios arquitectónicos.- Introducción, 1998.
- [5] B. Rasmusen y J. H. Rindel, «Sound insulation between dwellings – Descriptors applied in building regulations in Europe,» junio 2008.
- [6] ISO, «ISO 140 serie Acústica: MEDICIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN».
- [7] ISO, «ISO 717 serie Acústica: EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN».
- [8] ISO, «ISO 717-1 EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN. Parte 1: AISLAMIENTO A RUIDO AÉREO,» 1996.
- [9] ISO, «ISO 717-2 EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN. Parte 2: AISLAMIENTO A RUIDO DE IMPACTOS,» 1996.
- [10] ISO, «ISO 717-3 EVALUACIÓN DEL AISLAMIENTO ACÚSTICO EN LOS EDIFICIOS Y DE LOS ELEMENTOS DE CONSTRUCCIÓN. Parte 3: AISLAMIENTO A RUIDO EN FACHADAS».
- [11] S. M. R. L. d. m. R. Smith, «Airborne Sound Transmission, ISO 140 and influence of ISO 717-1 Spectrum Adaptations Terms,» septiembre 2007.
- [12] W. Scholl, «Revision ISO 717: Why Not Use Impact Sound Reduction Indices Instead of Impact Sound Pressure Levels?,» 2011.
- [13] W. Scholl, «About adequate single-number descriptors for impact noise from different sources,» diciembre 2012.
- [14] «www.aenor.es,» [En línea].

- [15] C. d. I. C. T. & A. M. Arranz, *Acústica de la Edificación*, Madrid: Fundación Escuela de la Edificación, 1997.
- [16] W. Scholl, J. Lang y V. Wittstock, «Rating of Sound Insulation at Present and in Future. The revision of ISO 717,» Vols. %1 de %297 (2011) 686-698, 2011.
- [17] Ministerio de Fomento (España), *Documento Básico HR Protección frente al ruido*, 2009.
- [18] ISO/TC 43/ SC2, *NEW WORK ITEM PROPOSAL "ISO 16717-1, ACOUSTICS-EVALUATION OF SOUND INSULATION SPECTRA BY SINGLE-NUMBERS. PART 1: AIRBORNE SOUN INSULATION.*, 2011.
- [19] J. K. M. K. j. M. Valteri Hongisto, «Reproducibility of the Present and the Proposed Single-Number Quantities of Airborne Sound Insulation,» 2012 march.
- [20] M. R. López, *Ingeniería Acústica*, Madrid: Paraninfo, junio 1999.
- [21] M. Á. M. ARMENTA, «MODELADO DE RUIDO ESTRUCTURAL PARA LA CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES DISPERSIVOS,» MADRID, 2007.
- [22] serie ISO, *TECHNICAL SPECIFICATION ISO/TS 15666 ACOUSTICS-ASSESSMENT OF NOISE ANNOYANCE BY MEANS OF SOCIAL AND SOCIO-ACOUSTICS SURVEYS*, febrero 2003.
- [23] DELTA ACCOUSTICS & ELECTRONICS, «The GENLYD noise annoyance model,» marzo 2007.
- [24] W. Scholl, «Revision of ISO 717:Future single-number quantities for sound insulation in buildings,» de *Euronoise Prague 2012*, Praga, junio 2012.
- [25] J. Bradley, «Evaluation of revised ISO airborne sound insulation ratings,» noviembre 2012.
- [26] W. Scholl y V. Wittstock, *Does it matter whether single-numbers values of sound reduction indices are evaluated from third-octave band values or from octave bands valu?*, noviembre 2011.
- [27] I. 4. SC2, ISO/CD 16283-1 Acoustics-Field measurement of sound insulation in buildings and of building elements - Part 1: Airborne insulation, julio 2011.
- [28] C. Simmons, *Uncertainties of room average sound pressure levels measured in the field according to the draft standard ISO 16283-1*, febrero 2012.
- [29] P. Pérez y J. Pedroso, *Field measurement of sound insulation in buildins and of building elements-part 1: Airborne Insulation ISO/CD 16283-1*, Valladolid-León,

abril 2012.

- [30] «www. ISO.org,» [En línea]. [Último acceso: 2103].
- [31] C. Mondaca, M. Machimbarrena y C. Monteiro, «Comparison of some global indices to adequately asses airborne sound iinsulation,» 2012.
- [32] [En línea]. [Último acceso: 25 febrero 2013].
- [33] «http://www.labc.usb.ve/paginas/EC4514/AUDIO/PSICOACUSTICA/Enmascarami ento_sonoro.html,» [En línea].
- [34] W. SCHOLL, *NWI PROPOSAL ISO 16717-2, Acoustics-Evaluation of sound insulation spectra by single-numbers. Part 2: Impact sound insulation*, noviembre 2011.
- [35] *NEW WORK ITEM PROPOSAL ISO 16717-2 ACOUSTICS- EVALUATION OF SOUND INSULATION SPECTRA BY SINGLE-NUMBERS. PART 2: IMPACT SOUND INSULATION*, 2011.
- [36] C. SIMMONS, *UNCERTAINTIES OF ROOM AVERAGE SOUND PRESSURE LEVELS MEASURED IN FIELD ACCCORDING TO THE DRAFT STANDARD ISO 16283-1*, febrero 2012.
- [37] BRÜEL&KJAER SOUND & VIBRATION MEASUREMENT A/S, [En línea].



UNIVERSIDAD DE LEÓN



UNIVERSIDAD DE VALLADOLID

MÁSTER DE POSTGRADO EN INGENIERÍA ACÚSTICA Y VIBRACIONES

PROYECTO FIN DE MÁSTER

VALORES ÚNICOS DE AISLAMIENTO ACÚSTICO.- EVOLUCIÓN, DESARROLLO, EXPECTATIVAS Y PROPUESTAS DE CAMBIO PARA UN FUTURO CERCANO

Mariano Francisco Álvarez Santos

María Machimbarrena

Vº Bº

Valladolid, julio 2013