

# LA LEY DEL RUIDO Y SUS IMPLICACIONES EN LA EDIFICACIÓN

AMELIA ROMERO FERNÁNDEZ Y M<sup>a</sup> TERESA CARRASCAL GARCÍA

Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja, IETcc.

## RESUMEN:

El objeto de esta comunicación es analizar las implicaciones que la Ley del Ruido puede tener en la edificación, como consecuencia de que los edificios sean considerados por la citada Ley como parte del Medio Ambiente y, en concreto, como receptores acústicos.

El Gobierno fijará los objetivos de calidad acústica aplicables a cada tipo de área acústica y al espacio interior habitable de las edificaciones. La Ley del Ruido demanda al Código Técnico de la Edificación (CTE) un sistema de verificación acústica de las edificaciones. Éste, en el Documento Básico DB HR Protección frente al ruido, establecerá las exigencias de aislamiento acústico frente al ruido exterior, proporcionará un método de cálculo para el aislamiento de fachadas y cubiertas y un conjunto de soluciones de aislamiento para llegar al cumplimiento de dichas exigencias.

La mayor exigencia de protección frente al ruido por parte del CTE en comparación con la actual Norma Básica de la Edificación, dado el insuficiente grado de aislamiento de la edificación actual, el cumplimiento por parte de éste de los objetivos de calidad acústica interiores impuestos por la Ley del Ruido y la necesidad de conocer la realidad del aislamiento acústico proporcionado en obra por las nuevas soluciones propuestas por el CTE hacen imprescindible profundizar en el estudio de las soluciones constructivas para fachadas y cubiertas, incidiendo especialmente en las características de las ventanas, punto débil del aislamiento frente al ruido exterior.

## ABSTRACT:

The aim of this paper is to analyze the implications that the 'Noise Law' could have in building, as a result of buildings being considered as a part of the environment, and specifically as acoustic receivers, by that law.

The government will fix the acoustic quality objectives to apply to each type of acoustic area and to the inner inhabitable spaces of the buildings. The 'Noise Law' demands an acoustic verifying method for buildings to Technical Building Code (CTE). It will establish the acoustic isolation requirements against the outdoor noise by means of the Basic Document DB-HR Protection against noise. It will provide a calculation method for façades and covers as well as an isolation solutions set to fulfill the requirements.

The higher noise isolation requirements in the CTE in comparison with those of the current NBE because of the unsatisfactory degree of isolation in the present buildings, the fulfillment of the acoustic quality objectives imposed by the 'Noise Law' and the necessity of knowing about the real acoustic isolation obtained *in situ* by the new solutions proposed in the CTE, make indispensable to study in depth the constructive solutions for façades and covers insisting specially on the windows characteristics, that are the weakness of the isolation against outdoor noise.

## 1. Introducción

La exposición de la población al ruido ambiental producido por las actividades humanas ha aumentado significativamente en los últimos años. El ruido medioambiental es uno de los mayores problemas ambientales en Europa y, sin embargo, las acciones destinadas a reducir este tipo de contaminación han sido menos prioritarias que las actuaciones frente a otros tipos de contaminación.

Los problemas de ruido son causantes de muchos trastornos del sueño, pérdida de atención, de rendimiento, cambios de conducta, etc. y pueden llegar incluso a causar riesgos para la salud y problemas de estrés; de acuerdo a las "Guías para el ruido urbano" preparadas por la Organización Mundial de la Salud, un nivel de ruido exterior de valor  $L_{Aeq}$  55 dBA causa una molestia grave durante el día y durante la noche y un nivel de ruido exterior de valor  $L_{Aeq}$  50 dBA causa una molestia moderada tanto en el día como en la noche.

En los últimos años ha aumentado la concienciación social con los problemas del ruido y existe una mayor demanda en la sociedad de incrementar el confort acústico de las viviendas; según el censo de población y viviendas del INE (2001), más de 12 millones de españoles tienen problemas de ruidos en su vivienda<sup>1</sup>.

Según la OMS, el ruido debe mantenerse dentro de unos márgenes: los niveles de ruido exterior a un metro de la fachada de las viviendas y edificios de uso docente no deben exceder 45 dBA durante la noche y 55 dBA durante el día, ambos expresados mediante la medida convencional equivalente  $L_{Aeq}$ .

Con el objetivo de desarrollar un programa de reducción del ruido y homogeneizar la normativa de ruido a nivel europeo surgió el Libro Verde de la Comisión Europea sobre "Política Futura de Lucha Contra el Ruido" (Bruselas, 1996), concluyendo que los estados miembros además de implantar controles sobre los focos de ruido, deben coordinar sus esfuerzos en otros ámbitos para prevenir y reducir el ruido ambiente. Como resultado apareció la "Directiva sobre ruido ambiental", Directiva 2002/49/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 25 de Junio de 2002, sobre evaluación y gestión del ruido ambiental. La trasposición de esta Directiva al ámbito español, da lugar a la Ley 37/2003 del Ruido y a los reglamentos técnicos que la desarrollan. En nuestro país no ha existido, hasta noviembre de 2003, una ley básica sobre ruidos y su regulación estaba dispersa en diferentes textos legales y reglamentarios, tanto estatales como autonómicos y en Ordenanzas Municipales.

Por otra parte, la aparición de reglamentación relacionada con los problemas acústicos en edificación tanto a nivel europeo (Directiva de Productos de Construcción), como a nivel estatal (LOE, Ley del ruido), implica una necesaria adecuación de la normativa acústica existente. La nueva normativa debe solucionar las carencias de la normativa actual vigente en cuanto a las condiciones acústicas de la edificación para reducir los riesgos y molestias provocados por el ruido a sus usuarios.

<sup>1</sup> Fuente: [www.ruidos.org](http://www.ruidos.org).

## 2. La ley del ruido

La Ley del Ruido tiene como objeto la prevención, vigilancia y reducción de la contaminación acústica, entendiéndose como tal la presencia en el ambiente de ruido o vibraciones, cualquiera que sea el emisor acústico que los origine, que impliquen molestia, riesgo o daño para las personas, para el desarrollo de sus actividades o para los bienes de cualquier naturaleza, incluso cuando su efecto sea perturbar el disfrute de los sonidos de origen natural, o que causen efectos significativos sobre el medio ambiente. A efectos de esta Ley, el concepto de emisor acústico se refiere a cualquier actividad, infraestructura, equipo, maquinaria o comportamiento que genere contaminación acústica.

Por tanto, están sujetos a las prescripciones de esta Ley todos los emisores acústicos, tanto de titularidad pública como privada, así como las edificaciones en su calidad de receptores acústicos.

Las finalidades que fija la Directiva Europea, y que coinciden con los objetivos de la Ley del Ruido son: determinar la exposición al ruido ambiental, mediante la elaboración de mapas de ruido, poner a disposición de la población la información sobre el ruido ambiental y sus efectos y, en consecuencia, adoptar planes de acción con la intención de prevenir y reducir el ruido ambiental.

Se deben determinar áreas acústicas en función del uso predominante del suelo. Esta clasificación de áreas acústicas podrá realizarlas las Comunidades Autónomas, dentro de las tipologías mínimas recogidas en esta Ley y referidas tanto a situaciones nuevas como a situaciones existentes.

El Gobierno fijará reglamentariamente los objetivos de calidad acústica aplicables a cada tipo de área acústica, siendo un área acústica una zona del territorio que comparte los mismos objetivos de calidad acústica. En cada área acústica, deberán respetarse los valores límite de emisión y de inmisión que hagan posible el cumplimiento de los correspondientes objetivos de calidad acústica. Asimismo, fijará los objetivos de calidad aplicables al espacio interior habitable de las edificaciones destinadas a uso residencial, hospitalario, educativo o cultural, estableciendo de esta forma el nivel de ruido máximo que podrá existir en el interior de los recintos en función del tramo horario y de su uso.

Se contempla en la Ley la elaboración y aprobación de mapas de ruido por las Administraciones Públicas competentes. Estos mapas de ruido deberán revisarse, y en su caso modificarse, cada 5 años.

Los mapas de ruido son el elemento previsto por la directiva sobre ruido ambiental encaminado a disponer de información uniforme sobre los niveles de contaminación acústica en los distintos puntos del territorio, aplicando criterios homogéneos de evaluación que permitan hacer comparables entre sí las magnitudes del ruido ambiental determinadas en cada lugar.

Los mapas de ruido han de contener información, entre otros, sobre:

- Valor de los índices acústicos existentes o previstos en cada una de las áreas acústicas afectadas.
- Valores límite y objetivos de calidad acústica aplicables a dichas áreas.
- Superación o no por los valores existentes de los índices acústicos de los valores límite aplicables, y cumplimiento o no de los objetivos aplicables de calidad acústica.
- Número estimado de personas, de viviendas, de colegios y de hospitales, expuestos a valores específicos de un índice de ruido.

Además, habrán elaborarse y aprobarse planes de acción para prevenir y corregir la contaminación acústica correspondiente a los ámbitos territoriales de los mapas de ruido elaborados.

En cuanto a los índices acústicos, a efectos de esta ley se emplearán índices acústicos homogéneos correspondientes a las 24 horas del día ( $L_{den}$ ), al período diurno ( $L_d$ ), al período vespertino ( $L_e$ ) y al período nocturno ( $L_n$ ).

Por último, las disposiciones adicionales de esta Ley contienen una serie de medidas que inciden sobre materias regidas por otras normas: el Código Técnico de la Edificación, previsto en la Ley 38/1999, de 5 de noviembre, de Ordenación de la Edificación, deberá incluir un sistema de verificación acústica de las edificaciones. De esta forma se toman medidas orientadas a mejorar la calidad acústica de los inmuebles, en particular los de uso residencial. El incumplimiento de los objetivos de calidad acústica en los espacios interiores será considerado como un supuesto de vicio o defecto oculto en los inmuebles y, por tanto, objeto de saneamiento por parte del vendedor.

Por tanto, está clara la interrelación que existe entre la Ley del Ruido y el Código Técnico de la Edificación. Por una parte, la Ley del Ruido espera del CTE un método de verificación acústica de las edificaciones; por otra, es objeto del CTE el establecer unas exigencias de aislamiento frente al ruido exterior y una cuantificación de las mismas que satisfagan el requisito básico de protección frente al ruido y que sean acordes con los objetivos de calidad interiores de las edificaciones impuestos por la Ley del ruido.

No hay duda de que la Ley del Ruido y el Código Técnico de la Edificación serán dos nuevos marcos legislativos que tendrán gran incidencia en los sectores de la construcción y del medio ambiente de nuestro país en las próximas décadas.

### **3. Código técnico de la edificación. El documento básico de protección frente al ruido.**

El Código Técnico de la Edificación es un nuevo marco normativo estructurado que identifica, ordena y completa la reglamentación técnica existente y que pretende facilitar su aplicación y cumplimiento, todo ello en armonía con la normativa europea. Además, mediante un enfoque basado en prestaciones, se tratará de fomentar la innovación y el desarrollo tecnológico en la edificación.

El CTE tiene por objeto establecer las exigencias básicas de calidad que deben cumplir los edificios para satisfacer los requisitos básicos de seguridad y habitabilidad establecidos en la Ley de Ordenación de la Edificación (LOE), así como determinar los procedimientos que permiten acreditar su cumplimiento con suficientes garantías técnicas. Las exigencias básicas son aquellas que deben cumplirse en el proyecto, la construcción, el mantenimiento y la conservación de los edificios y sus instalaciones para alcanzar las prestaciones que satisfagan los requisitos básicos.

El CTE se ordena en dos partes: la primera contiene las disposiciones y condiciones generales de aplicación del CTE y las exigencias básicas; la segunda se compone de los llamados Documentos Básicos (DB) que contienen, por una parte, la caracterización de las exigencias básicas y su cuantificación, mediante el establecimiento de los valores límite de las prestaciones de los edificios o sus partes que satisfacen los requisitos básicos; por otra, unos procedimientos cuya utilización acredita el cumplimiento de aquellas exigencias básicas. Estos procedimientos se concretan en forma de métodos de verificación o soluciones sancionadas por la práctica.

El objetivo del requisito básico "Protección frente el ruido" consiste en limitar, dentro de los edificios y en condiciones normales de utilización, el riesgo de molestias o enfermeda-

des que el ruido pueda producir a los usuarios. Para satisfacer este objetivo, los edificios se proyectarán, construirán, utilizarán y mantendrán de tal forma que los elementos constructivos que conforman sus recintos tengan unas características acústicas adecuadas para reducir la transmisión del ruido aéreo, del ruido de impactos y del ruido y vibraciones de las instalaciones propias del edificio, y para limitar el ruido reverberante de los recintos.

El Documento Básico “DB HR Protección frente al Ruido”, que actualmente se encuentra en fase de redacción, especifica parámetros objetivos y sistemas de verificación cuyo cumplimiento asegura la satisfacción de las exigencias básicas y la superación de los niveles mínimos de calidad propios del requisito básico de protección frente al ruido. Hasta que se apruebe este DB se aplicará la Norma Básica de la Edificación NBE-CA-88 “Condiciones acústicas en los edificios”<sup>2</sup>.

La manera en que la NBE-CA-88 expresa los valores límite de cumplimiento de las exigencias de aislamiento no es la más adecuada dado que estos límites se establecen en términos de valores de laboratorio<sup>3</sup> de las soluciones constructivas y el aislamiento de los constructivos en proyecto no refleja el comportamiento y el aislamiento real de las soluciones constructivas in situ; al ser un valor de laboratorio no tiene en cuenta las transmisiones secundarias de la parte ciega de la fachada. Esto tiene el gran inconveniente de no ser una exigencia verificable in situ mediante una medida de aislamiento, derivando en un gran número de litigios y, en definitiva, dejando al usuario desprotegido.

La NBE-CA-88 determina el aislamiento acústico de fachadas mediante el *Aislamiento global de elementos constructivos mixtos*,  $a_g$ , contemplando un valor de 30 dBA.

En el DB-HR del CTE se expresarán las exigencias de aislamiento mediante parámetros verificables en una medición in situ<sup>4</sup>. El aislamiento acústico de fachadas vendrá determinado mediante la *Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, para ruido de automóviles*,  $D_{2m,nT,Atr}$  en dBA.

El valor de  $D_{2m,nT,Atr}$  se puede aproximar mediante  $D_{2m,nT,A} + C_{tr}$ , usando para  $C_{tr}$ , el valor del término de adaptación espectral para ruido de tráfico del índice de reducción acústica del elemento de aislamiento más débil, generalmente la ventana.

La magnitud  $D_{2m,nT,A}$  *Diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, de una fachada*, en dBA, viene dada por la siguiente expresión:

$$D_{2m,nT,A} = R'_A + \Delta L_{fs} + 10 \cdot \lg \frac{V}{6T_0S} \quad (\text{dBA}) \quad (1)$$

donde

$R'_A$  es el *índice global de reducción acústica aparente, ponderado A*, (dBA);

$V$  es el volumen del recinto receptor, ( $m^3$ );

$S$  es el área total de la fachada, vista desde el interior del recinto, ( $m^2$ );

$T_0$  es el *tiempo de reverberación de referencia*; para viviendas es  $T_0=0,5$  s.

El *índice global de reducción acústica aparente, ponderado A*,  $R'_A$ , se obtiene considerando las transmisiones directas e indirectas entre el exterior y la fachada. Consideremos que las transmisiones indirectas suponen unas pérdidas de aislamiento de 2 dBA<sup>5</sup>, y relacionemos la transmisión directa con el aislamiento mixto o combinado de la parte ciega de

<sup>2</sup> Real Decreto 1909/1981 de 25 de julio. Real Decreto 2215/1982, de 12 de agosto. Orden de 29 de septiembre de 1988.

<sup>3</sup> UNE EN ISO 140-3: 1995.

<sup>4</sup> UNE EN ISO 140-5: 1999.

<sup>5</sup> UNE EN 12354-3: 2001.

la fachada y la parte acristalada, *Índice de reducción acústica del elemento constructivo mixto*,  $R_{m,A}$  (dBA):

$$R'_A \approx R_{m,A} - 2 \quad (\text{dBA}) \quad (2)$$

Siendo el aislamiento mixto igual a la expresión siguiente:

$$R_{m,A} = -10 \cdot \lg \left( \sum_{j=1}^n \frac{S_i}{S} \cdot 10^{\frac{-R_{i,A}}{10}} \right) \quad (\text{dBA}) \quad (3)$$

donde

$R_{i,A}$  es el *índice global de reducción acústica ponderado A*, del elemento  $i$ , (dBA);

$S$  es el área total del elemento constructivo mixto, (m<sup>2</sup>);

$S_i$  es el área del elemento  $i$ , (m<sup>2</sup>).

Estas exigencias de aislamiento de fachadas se expresarán en función del nivel sonoro equivalente día ( $L_d$ ) y el nivel sonoro equivalente noche ( $L_n$ ) de la zona donde se ubica el edificio. En el caso de que el ruido exterior predominante sea de aeronaves el valor del aislamiento acústico entre un recinto y el exterior será 4 dBA mayor que en el resto de los casos debido a la diferencias en la sonoridad y grado de molestia percibidos para cada tipo de ruido (A. Moreno. 2002).

A falta de que los reglamentos de la Ley del Ruido establezcan los valores límite a cumplir en las distintas áreas acústicas y en el interior de las edificaciones, se puede hacer una estimación del grado de aislamiento que sería necesario para cada tipo de edificio en función:

- del uso del recinto
- de una gradación de los niveles de ruido exterior en los tramos horarios de día y noche
- de los valores de inmisión de ruido aéreo que propondrá el CTE y que se encuentran en estado de revisión y compatibilización con la Ley del Ruido.

La estimación se ha realizado en base a la siguiente expresión:

$$D_{2m,nT,Atr} = L_{1,2m} - L_2 + 1,4 \quad (\text{dBA}) \quad (4)$$

donde

$D_{2m,nT,Atr}$  es la *diferencia de niveles estandarizada, ponderada A, para ruido de automóviles*, (dBA);

$L_1$  es el nivel de ruido exterior a 2 metros de la fachada. Será el nivel de ruido exterior límite cuando lo fije la Ley del Ruido, (dBA);

$L_2$ , es el nivel de ruido interior a cumplir en los edificios. Se han considerado los valores que propondrá el CTE. Será el nivel de ruido límite en el interior de las edificaciones cuando lo fije la Ley del Ruido, (dBA);

El valor de 1,4 es un margen de seguridad que tiene en cuenta las diferentes condiciones de absorción de los recintos del edificio.

En las tablas siguientes se expresan los resultados obtenidos; el valor entre paréntesis indica el aislamiento necesario en el caso de ruido predominante de aeronaves. Para dimensionar nuestra fachada tendríamos que elegir el valor más restrictivo (día o noche) en cada caso.

Tabla 1. Valores de aislamiento necesario expresados en  $D_{2m,nT,Atr}$  (dBA) para el periodo de día.

Aislamiento, $D_{nT,Atr}$ (dBA)					
Ruido Exterior (dB)	USO	USO SANITARIO		USO DOCENTE Y CULTURAL	
DÍA (7 - 23 horas)	RESIDENCIAL	Estancias	Dormitorios	Aulas	Salas lectura
$L_d < 60$	30	30	30	30	30
$60 \leq L_d < 63$	30	30	33	30	30
$63 \leq L_d < 65$	30	30	36	30	31
$65 \leq L_d < 68$	30	30	39	30	34
$68 \leq L_d < 70$	32 (36)	30 (34)	41 (45)	31 (35)	36 (40)
$70 \leq L_d < 73$	34 (38)	30 (34)	44 (48)	34 (38)	39 (43)
$73 \leq L_d < 75$	36 (40)	32 (36)	46 (50)	36 (40)	41 (44)
$L_d \geq 75$	-	-	-	-	-

Tabla 2. Valores de aislamiento necesario expresados en  $D_{2m,nT,Atr}$  (dBA) para el periodo de noche.

Aislamiento, $D_{nT,Atr}$ (dBA)					
Ruido Exterior (dB)	USO	USO SANITARIO		USO DOCENTE Y CULTURAL	
NOCHE (23 - 7 horas)	RESIDENCIAL	Estancias	Dormitorios	Aulas	Salas lectura
$L_n < 55$	30	30	30	30	30
$55 \leq L_n < 58$	30	30	30	30	30
$58 \leq L_n < 60$	30	30	31	30	31
$60 \leq L_n < 63$	33	30	34	30	34
$63 \leq L_n < 65$	35 (39)	32 (36)	36 (40)	30 (34)	36 (40)
$65 \leq L_n < 68$	38 (42)	34 (38)	39 (43)	30 (34)	39 (43)
$68 \leq L_n < 70$	41 (45)	36 (40)	41 (45)	31 (35)	41 (45)
$L_n \geq 70$	-	-	-	-	-

#### 4. Ejemplos de aislamiento de fachadas basados en casos reales

Una vez tenemos las exigencias de aislamiento veamos cómo podemos aplicarlas a casos reales:

**Ejemplo 1:** Sea un edificio de uso residencial situado en la Calle Orense, expuesto a un nivel de ruido exterior<sup>6, 7</sup>  $L_d$  71 dB y  $L_n$  67dB durante el día y la noche respectivamente, a partir de la tabla anteriores obtenemos que el aislamiento requerido es  $D_{2m,nT,Atr}$  34 dBA y 38 dBA para sendos periodos. Quedándonos con el valor más restrictivo, las estancias y dormitorios de este edificio deberán tener un aislamiento de 38 dBA.

Supongamos un recinto habitable de este edificio, por ejemplo un dormitorio de volumen  $3,4 \times 3,6 \times 2,5 = 30,6 \text{ m}^3$  y  $8,5 \text{ m}^2$  de fachada. La parte ciega de la fachada está constituida por  $\frac{1}{2}$  pie de ladrillo perforado cara vista + cámara de 5 cm rellena de lana mineral + ladrillo hueco de 4 cm enlucido a una cara, con un índice de reducción acústica  $R_w$  ( $C, C_{tr}$ ) = 51 (1, -2) dB. Se desea colocar una ventana de  $1,40 \times 1,50 \text{ m} = 2,1 \text{ m}^2$  cuyo índice de reduc-

<sup>6</sup> Fuente: Mapa acústico de Madrid 2001-2002. <http://www.mambiente.munimadrid.es>

<sup>7</sup> Valores similares de  $L_d$  y  $L_n$  se encuentran en distintos puntos del Paseo de la Castellana, Plaza de Castilla y Puerta del Sol.

ción acústica deseamos determinar, puesto que será el elemento concluyente en el aislamiento final obtenido.

A partir de la exigencia de  $D_{2m,nT,Atr}$  38 dBA y el coeficiente de adaptación espectral de la parte ciega  $C_{tr} = -2$  (a falta del  $C_{tr}$  de la ventana, que es el elemento más débil), obtenemos que el parámetro  $D_{2m,nT,A}$  tiene un valor de 40 dBA.

Para nuestros cálculos vamos a considerar que las pérdidas por transmisiones indirectas en la fachada son de 2 dBA y que no existe mejora del aislamiento debida a la forma de la fachada,  $\Delta L_{fs}$ .

A partir de la expresión 1 obtenemos un *Índice de reducción acústica del elemento constructivo mixto* de valor 41,2 dBA. Conocidos los valores de las áreas y el aislamiento de la parte ciega y despejando el *Índice global de reducción acústica, ponderado A,  $R_A$* , de la ventana, obtenemos un valor de 35,6 dBA.

Por tanto, para cumplir las exigencias de aislamiento frente al ruido exterior dadas en función de los niveles de ruido exterior que las Administraciones Públicas competentes determinen, y utilizando el sistema de verificación que proporcionará el CTE sería necesario instalar una ventana cuyo aislamiento acústico medido en laboratorio fuese mayor que 35,6 dBA. Es obvio que la solución constructiva deberá estar correctamente ejecutada.

**Ejemplo 2:** Si el edificio anterior fuese de uso sanitario, bajo las mismas condiciones geométricas del recinto dormitorio, en la misma situación de ruido exterior<sup>8</sup> y con la misma solución constructiva, obtendríamos un aislamiento acústico necesario para la ventana de 43,3 dBA, para satisfacer una exigencia de valor  $D_{2m,nT,Atr}$  44 dBA más restrictiva durante el período de día.

**Ejemplo 3:** Veamos una serie de ensayos<sup>9</sup> de aislamiento de fachadas realizados “in situ”<sup>10</sup>.

Los ensayos se realizaron en recintos de un edificio de viviendas del barrio de Barajas.

La solución constructiva de la fachada es: ½ pie de ladrillo perforado cara vista + cámara de 5 cm rellena de lana mineral + ladrillo hueco de 4 cm enlucido a una cara. Las ventanas son sencillas con vidrio doble de 4 mm de espesor y 8 mm de cámara (4-8-4). La carpintería es clase 3 de aluminio y practicabilidad batiente. El capialzado es prefabricado situado en el interior; la persiana es de aluminio o PVC situada en el exterior.

Consultado el mapa de ruido de Madrid podemos decir que en los niveles de ruido exterior en la zona son:  $L_{eq} = 63$  dB y  $L_n = 57$  dB. El grado de aislamiento que deberíamos tener, según las tablas 1 y 2 es  $D_{2m,nT,Atr}$  30 dBA tanto para el periodo de día como el de noche.

La Figura 1 muestra los resultados obtenidos en los ensayos de aislamiento realizados en 16 recintos.

Dada la exigencia de aislamiento de 30 dBA para este edificio de uso residencial, observamos cómo sólo 6 de los 16 casos la cumplirían. Si el edificio fuese de uso sanitario tendría una exigencia de aislamiento más restrictiva de  $D_{2m,nT,Atr}$  36 dBA y ningún caso estaría en condiciones de satisfacerla. En el caso de uso docente este valor sería de 31 dBA.

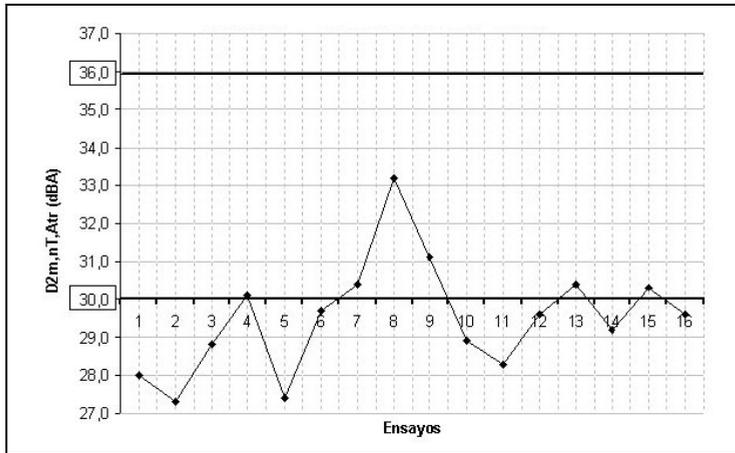
Entre las soluciones que podríamos adoptar están el utilizar vidrios y cámara de aire de mayor espesor, utilizar vidrios laminados, situar el capialzado en el exterior e incluso optar por ventanas de doble carpintería.

<sup>8</sup> Fuente: Mapa acústico de Madrid 2001-2002. Valores de ruido obtenidos en distintas zonas sanitarias de la capital madrileña.

<sup>9</sup> Estudio realizado por el Instituto de Acústica como trabajo de desarrollo y apoyo al CTE y al DB-HR.

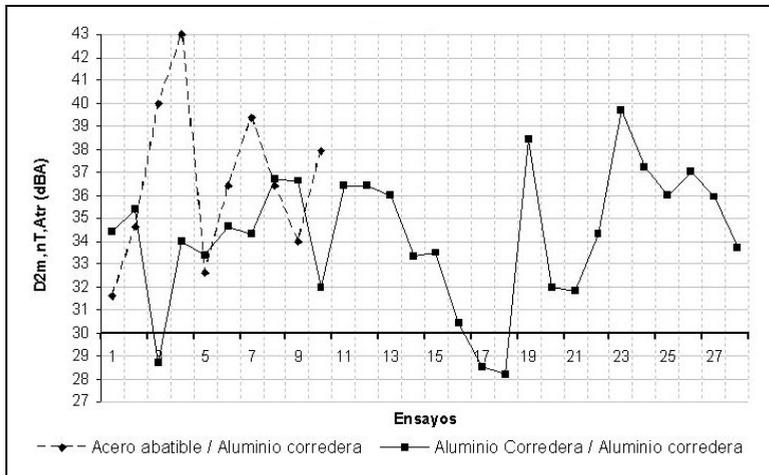
<sup>10</sup> Ensayos realizados según la norma UNE EN ISO 140-5: 1999

Figura 1. Aislamiento obtenido in situ. Ventana sencilla 4-8-4 Abatible.



De los ensayos realizados en recintos con doble ventana observamos los resultados siguientes:

Figura 2. Aislamiento obtenido in situ. Ventana doble.



Tenemos dos series de ensayos:

- Carpintería interior abatible de acero / Carpintería exterior corredera de aluminio. El capialzado es no prefabricado situado en el interior.
- Carpintería interior y exterior corredera de aluminio. El capialzado es no prefabricado situado en el interior en la mayor parte de los casos. Los ensayos que presentan un mayor valor de aislamiento tienen en su mayoría capialzado prefabricado situado en posición intermedia.

En el caso de que la carpintería interior sea abatible en vez de corredera, no existen casos de incumplimiento y se obtiene valores de aislamiento acústico más elevados.

## 5. Incidencia de las carpinterías y acristalamientos en el aislamiento acústico de fachadas

El aislamiento acústico de una fachada es difícil de determinar ya que no es un elemento homogéneo sino mixto. Tenemos tres componentes que dificultan esta estimación: la parte ciega, la carpintería y el acristalamiento; además, el aislamiento conseguido variará el función de la proporción de superficie acristalada con respecto a la superficie ciega.

De estos tres elementos que componen la fachada, la parte ciega no presenta muchos problemas. En caso de que estén realizadas con grandes bloques prefabricados, a veces se observan defectos de estanquidad debido a un sellado de juntas deficiente. Las fachadas ligeras, como muros cortina, pueden presentar transmisiones secundarias de una planta a otra, por falta de estanquidad entre fachada y forjados o a través de la misma fachada ligera.

Los elementos más débiles acústicamente son la carpintería y el acristalamiento. El valor máximo que se puede alcanzar en el aislamiento global de una fachada es de 10 dBA sobre el aislamiento del elemento acústicamente más débil, lo cual confirma lo determinante de las ventanas y del acristalamiento y lo razonable de mejorarlas a fin de conseguir aislamientos adecuados.

La calidad acústica de una carpintería viene fijada principalmente por su estanquidad al aire determinada mediante ensayo y clasificada por la normativa<sup>11</sup> como Clase-1, Clase-2, Clase-3 y Clase-4.

Además de elegir una carpintería con buena clasificación, normalmente Clases 3 y 4, se debe cuidar el sellado del marco con la pared de fachada que es otra causa de debilitamiento acústico, llegando hasta pérdidas de entre 3 y 5 dBA (NBE-CA-88).

Los materiales de la carpintería (aluminio, PVC...) tienen menos influencia, siempre que la carpintería tenga la clasificación adecuada. Sin embargo, el sistema de apertura sí tiene cierta influencia en el aislamiento para una misma clasificación de carpintería. Por ejemplo, una ventana Clase 3 corredera aísla 3 dBA menos que si fuese abatible.

Además, según la carpintería abatible tenga un mayor número de puntos de cierre, se consigue un mayor aislamiento acústico pues un mayor número de puntos de cierre evita que los perfiles se deformen y que, por lo tanto, penetre el ruido por las zonas en las que la presión entre las hojas es menor.

Otro elemento muy importante en la estanquidad de la carpintería es el registro de la persiana que puede provocar por sus rendijas pérdidas importantes de aislamiento. Se recomienda utilizar carpinterías con capialzado prefabricado; cada vez es más frecuente en las carpinterías de aluminio y PVC la incorporación del capialzado a la propia carpintería de la ventana, de forma que la clasificación acústica comprenda al conjunto. El capialzado interior prefabricado tiene unas pérdidas de unos 3 ó 4 dBA en el aislamiento de la fachada, frente a las pérdidas de entre 10 y 15 dBA que supone utilizar un capialzado tradicional interior no prefabricado, claramente de peor estanquidad. Es el capialzado exterior el que proporciona una mayor estanquidad, no influye en el aislamiento y éste dependerá únicamente de la carpintería.

En el caso de no poder optar por una carpintería con capialzado incorporado o si se trata de una rehabilitación, se recomienda colocar en todo el interior de la caja de persiana de 2 a 4 centímetros de material absorbente e incrementar la masa de la tapa de registro, por ejemplo añadiendo una lámina de plomo, una chapa de aluminio, una placa de yeso laminado, etc.

Una buena solución acústica es la doble carpintería. Colocando una carpintería con su registro de persiana correspondiente, enrasada por la cara interior de la fachada y colo-

<sup>11</sup> UNE EN 12207: 2000.

cando exteriormente otra carpintería enrasada por la cara exterior del muro, se consigue que las zonas de entrada del ruido en el registro queden dentro de la cámara formada por ambas carpinterías, con lo que se consiguen atenuaciones del orden de hasta 7 dBA, con respecto a la misma fachada sin la carpintería exterior. El ancho de la cámara de aire que separa los vidrios debe ser grande (más de 10 cm), los vidrios gruesos y de distinto espesor y la estanquidad muy buena, siendo preferible evitar correderas.

Los diferentes tipos de persianas, de PVC, aluminio o madera, pueden aportar una mejora de aislamiento acústico de hasta 5 dBA, siempre que su ajuste y estanquidad sean adecuadas. Para ello, la cámara de aire entre la persiana exterior y el vidrio debe ser de 10 a 15 cm, según la masa de la persiana, para que la frecuencia de resonancia se sitúe por debajo de los 100 Hz. Las persianas enrollables, situadas a escasa distancia de 5 a 6 cm del vidrio, apenas aportan mejora de aislamiento, especialmente las de PVC debido a su escasa masa; su influencia puede ser incluso negativa para ventanas con un aislamiento mayor que 35 dBA.

Por último, hay que considerar la influencia del vidrio según su capacidad como aislante acústico.

Los tres tipos de acristalamientos principales son: monolítico, laminado y doble/triple. Para elegir la mejor solución debemos tener en cuenta dos aspectos fundamentales: la "frecuencia crítica", en la que se produce una pérdida de aislamiento importante, que depende de la clase del material y del espesor, y en el caso de vidrios dobles y triples, la "frecuencia de resonancia" que también produce una pérdida de aislamiento debido al efecto masa-resorte-masa que produce el conjunto vidrio-cámara-vidrio.

El vidrio monolítico se comporta igual que una pared simple, atendiendo a la ley de la masa y, por tanto, aumentando su aislamiento con ella. La frecuencia crítica se sitúa a frecuencias más bajas según se va incrementando su espesor, y tiene especial importancia para vidrios de más de 8 mm por estar situada a frecuencias medias con aislamientos acústicos bajos. Estos vidrios tienen aplicación cuando el aislamiento térmico pasa a segundo plano y el nivel de ruido de tráfico no requiere aislamientos mayores que 30 o 32 dBA.

Los vidrios laminados se componen de dos vidrios simples adheridos a una capa elástica intermedia con propiedades acústicas. Esta capa intermedia permite utilizar dos vidrios delgados, y por lo tanto con elevada frecuencia crítica, y conseguir unos 2 ó 3 dBA de mejora de aislamiento respecto a un vidrio simple de igual masa.

Los vidrios dobles constan de dos vidrios simples o laminados separados por una cámara de aire o de gas. Es necesario elegir correctamente el espesor de los vidrios y de la cámara pues debido a la frecuencia de resonancia el aislamiento acústico obtenido puede ser menor que el de un vidrio monolítico de igual espesor. Se recomienda colocar espesores altos de vidrio y cámaras anchas, siendo favorable además que los espesores de los vidrios sean diferentes para que no coincidan sus frecuencias críticas. Un doble acristalamiento asimétrico siempre será más aislante acústico que uno simétrico del mismo espesor total, y aún tendremos mejores prestaciones si una de las hojas está formada por un vidrio laminar.

De entre los vidrios disponibles en el mercado, los más utilizados son los de 20 ó 24 mm compuestos de dos hojas de 4 mm y una cámara intermedia de 12 ó 16 mm; ambos tienen aislamiento acústico de entre 25 y 27 dBA, insuficiente para satisfacer las exigencias, como ya hemos visto.

Para un mismo ancho total se obtiene mayor aislamiento con un acristalamiento doble que triple ya que en este último, al tener más cámaras, el espesor de cada una de ellas será menor y las frecuencias de resonancia aumentarán.

Finalmente, es muy importante que el alojamiento del cristal en la carpintería se realice adecuadamente, evitando el contacto entre ambos. Para evitarlo el acristalamiento se deberá colocar mediante perfiles continuos de materiales elásticos (neopreno, butil, PVC, etc.) que impidan la transmisión del sonido entre éste y la carpintería.

## 6. Conclusiones

La futura entrada en vigor de los nuevos marcos legislativos, Código Técnico de la Edificación y Ley del Ruido, implicará unos requisitos de aislamiento acústico para fachadas más restrictivos que los actuales.

A partir de los datos obtenidos de los mapas de ruido, los proyectistas del edificio deberán definir los cerramientos exteriores más adecuados para que el ruido ambiental existente en el exterior del edificio no cause molestias en su interior y se cumplan los objetivos de calidad acústica interiores que la Ley del Ruido establezca.

A lo largo de esta ponencia ha quedado patente la importancia de las ventanas, su configuración, diseño e instalación en la consecución de este grado de aislamiento final en la fachada. Para lograr una eficacia real en el aislamiento es muy importante atender a la buena solución de cada uno de los aspectos reseñados sobre las carpinterías, los vidrios, etc. de forma equilibrada, sin infravalorar la importancia de ninguno de ellos. Un cuidado diseño y ejecución de cada una de las partes del cerramiento, nos permitirá obtener la solución más adecuada a las necesidades específicas de cada problema de ruido.

## 7. Bibliografía

Primer Proyecto Código Técnico de la Edificación. Documento de Aplicación del Código. HR Protección contra el ruido.

Segundo Proyecto de Código Técnico de la Edificación. Parte I.

Harris, Cyril M. *Manual de medidas acústicas y control del ruido*. McGraw-Hill, 1995.

Moreno Arranz, A. *Concepto de índices de valoración del ruido*. Jornadas internacionales sobre contaminación acústica en las ciudades. Madrid, Abril 2002.

Organización Mundial de la Salud (OMS). "Guidelines for Community Noise". <http://www.who.int/docstore/peh/noise/guidelines2.html>. Ginebra, 1999.

(Puede verse una traducción española de su Resumen Ejecutivo en <http://www.cepis.ops-oms.org/bvsci/e/fulltext/ruido/ruido2.pdf>)

Querol Noguera, J. M. *Aislamiento acústico en la edificación: proyecto, cálculo, control técnico y administrativo*. Col.legi d'Aparelladors i Arquitectes Tècnics de Tarragona : SilvaDL 2003.

DIRECTIVA 2002/49/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 25 de junio de 2002 sobre evaluación y gestión del ruido ambiental.

LEY 37/2003, de 17 de noviembre, del Ruido.

Norma Básica de la Edificación NBE-CA-88 sobre condiciones acústicas en los edificios.

UNE-EN-ISO 12354-3: 2001. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo contra el ruido del exterior.

UNE EN ISO 140-3: 1995. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 3: Medición en laboratorio del aislamiento acústico al ruido aéreo de los elementos de construcción. (ISO 140-3: 1995)

UNE EN ISO 140-5: 1999. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Medición in situ del aislamiento acústico al ruido aéreo de elementos de fachadas y de fachadas. (ISO 140-5: 1998).

UNE EN ISO: 717-1: 1996. Evaluación del aislamiento acústico de los edificios y de los elementos de construcción, Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.

UNE EN 12207: 2000. Puertas y ventanas. Permeabilidad al aire. Clasificación. (EN 12207: 1999)