

## Rehabilitación acústica de las fachadas de recintos en los alrededores del Aeropuerto Adolfo Suarez Madrid-Barajas

César Díaz, Antonio Pedrero & M<sup>a</sup> A Navacerrada,

Grupo de Investigación en Acústica Arquitectónica. Universidad Politécnica de Madrid. ETS de Arquitectura.  
Avenida Juan de Herrera nº 4, 28040 Madrid, España. [cesar.diaz.sanchidrian@upm.es](mailto:cesar.diaz.sanchidrian@upm.es)

**RESUMEN:** El aeropuerto Internacional Adolfo Suarez Madrid-Barajas está entre los aeropuertos europeos con mayor tráfico aéreo y en los últimos años ha estado sometido a trabajos de ampliación. A partir de los estudios de las evaluaciones de Impacto Ambiental de los años 1996 y 2001, ha sido necesario realizar actuaciones de mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo en edificaciones de usos residencial, docente, sanitario y cultural situadas en el entorno del aeropuerto. El número de viviendas afectadas por la huella sonora del aeropuerto en las que se han realizado obras de mejora del aislamiento acústico es aproximadamente de 13.000. Este proyecto es uno de los mayores trabajos de mediciones acústicas in situ realizados en el mundo.

En esta comunicación se muestra la metodología utilizada en el trabajo y se realiza un estudio de los resultados obtenidos en la rehabilitación de edificaciones de uso residencial. Los ensayos acústicos fueron realizados por el Laboratorio de Acústica y Vibraciones de la ETS de Arquitectura UPM, mediante la aplicación de la Norma UNE-EN ISO 140-5:1999.

**KEYWORDS:** Aislamiento a ruido aéreo de fachadas de recintos, rehabilitación acústica, fachadas, planes de aislamiento acústico.

## 1. INTRODUCCIÓN

Como resultado de los procedimientos de evaluación de impacto ambiental a los que son sometidos los proyectos de ampliación de los aeropuertos en España por parte del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, la entidad Aena Aeropuertos lleva a cabo la realización de Planes de Aislamiento Acústico (PAA) en edificios situados en el entorno de aquellos aeropuertos de su red en los que se determina que es necesario realizar actuaciones de mejora del aislamiento acústico a ruido aéreo. Estos planes de aislamiento acústico tienen como objetivo minimizar las molestias que ocasiona en el entorno de los aeropuertos el ruido producido por las aeronaves en sus operaciones de despegue, aterrizaje, rodadura, pruebas de motores, circulación de vehículos en las plataformas, etc.

Los Planes de Aislamiento Acústico (PAA) se realizan en aquellas viviendas y edificaciones de usos docente, sanitario y cultural que requieran una especial protección contra la contaminación acústica, que estando incluidas dentro de la envolvente de las isófonas del aeropuerto correspondiente, (en el caso de este aeropuerto entre 52 dBA y 82 dBA), dispongan de licencia de obra con fecha anterior a la publicación en el Boletín Oficial del Estado de la resolución que le sea de aplicación, con vistas a conseguir que en el interior de los citados inmuebles se cumplan los objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable que se recogen en la tabla B del anexo II del Real Decreto 1367/2007, de 19 de octubre, por el que se desarrolla la Ley 37/2003, del Ruido, de 17 de noviembre, en lo referente a zonificación acústica, objetivos de calidad y emisiones acústicas, Tabla 1, [1].

En la realización de estos planes de aislamiento se determinan las viviendas que están incluidas en la zona de afectación. Los titulares de estas viviendas solicitan que su vivienda se incluya en el PAA. Si esta es incluida, posteriormente se realizan mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de las fachadas de los recintos afectados y se determina si la vivienda tiene necesidades de aislamiento acústico suplementario. Cuando la vivienda tiene necesidad de mejora del aislamiento acústico se redacta el proyecto correspondiente y una vez aprobado por la oficina de Gestión del PAA, se realizan los trabajos de rehabilitación acústica por parte de empresas especializadas. Posteriormente se realiza un muestreo de mediciones acústicas de comprobación para verificar el cumplimiento de los niveles sonoros de inmisión en los recintos. En el caso del aeropuerto objeto de este trabajo, de las aproximadamente 14.000 viviendas con derecho a solicitar mejora del aislamiento acústico, hasta la fecha se han realizado actuaciones de mejora en el 95% de ellas.

El nivel de presión acústica en el interior del recinto, se determina a partir de la ecuación (1), [2]:

$$L_{2,nT} = L_{1,2m} - D_{2m,nT} \text{ dB} \quad (1)$$

Donde:  $L_{2,nT}$  es el nivel de presión acústica medio espacio-temporal en el recinto receptor, estandarizado a un tiempo de reverberación de 0,5 s;  $L_{1,2m}$  el nivel de presión sonora exterior a 2 m frente a la fachada, en nuestro caso el valor de la curva isófona que afecta a la fachada y  $D_{2m,nT}$ , es la Diferencia de niveles estandarizada, [3], correspondiente a un valor de referencia

del tiempo de reverberación en el recinto receptor, que se define mediante la ecuación (2), que es la magnitud que se mide in situ para cada recinto:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad dB \quad (2)$$

T es el tiempo de reverberación en el recinto receptor y  $T_0$  es el tiempo de reverberación de referencia;  $T_0 = 0,5$  s.

A partir de los valores obtenidos en la ecuación (1), se calcula el nivel de inmisión en el recinto, en dB ponderados A, producidos por el ruido ambiental, para determinar si se cumplen los objetivos de calidad acústica de la Tabla 1.

En los países de la Unión Europea existen diferentes parámetros acústicos para caracterizar el aislamiento acústico a ruido aéreo, algunos utilizan los índices globales ponderados A [4], o los ponderados de acuerdo con la Norma ISO 717-1:2013, [5]. Los rangos de frecuencias empleados varían de 100 Hz a 3150 Hz; de 50 Hz a 3150 Hz, y de 50 Hz o 100 Hz a 5000 Hz. Se puede probar que los niveles globales de inmisión en dBA en los recintos son prácticamente los mismos utilizando el rango de frecuencias de 100 Hz a 3150 Hz o el rango de frecuencias ampliado de 100 Hz a 5000 Hz [6].

En todos los casos en los que se ha realizado la rehabilitación se ha mejorado el aislamiento acústico a ruido aéreo de las fachadas. Con la sustitución de ventanas sin clasificar con vidrios sencillos por otras con carpinterías más estancas con unidades de vidrio aislante, se ha reducido de forma muy importante la demanda energética de los recintos y mejorado sustancialmente las condiciones de habitabilidad y confort en su interior.

*Tabla 1. Objetivos de calidad acústica para ruido aplicables al espacio interior habitable de edificaciones destinadas a vivienda, usos residenciales, hospitalarios, educativos o culturales (1)*

| Uso del edificio           | Tipo de recinto   | Índices de ruido |       |       |
|----------------------------|-------------------|------------------|-------|-------|
|                            |                   | $L_d$            | $L_e$ | $L_n$ |
| Vivienda o uso residencial | Estancias         | 45               | 45    | 35    |
|                            | Dormitorios       | 40               | 40    | 30    |
| Hospitalario               | Zonas de estancia | 45               | 45    | 35    |
|                            | Dormitorios       | 40               | 40    | 30    |
| Educativo o cultural       | Aulas             | 40               | 40    | 40    |
|                            | Salas de lectura  | 35               | 35    | 35    |

(1) Los valores de la tabla, se refieren a los valores del índice de inmisión resultantes del conjunto de emisores acústicos que inciden en el interior del recinto (instalaciones del propio edificio, actividades que se desarrollan en el propio edificio o colindantes, ruido ambiental transmitido al interior).

## 2. RESULTADOS EXPERIMENTALES

La fachada es la parte visible de los edificios que cumple diferentes funciones. Desde el punto de vista del proyecto presenta el aspecto compositivo, de adaptación al entorno, de expresividad y personalidad del edificio. Los materiales elegidos, la relación entre partes ciegas y los huecos definen su aspecto exterior. Debe garantizar la protección térmica, acústica, de iluminación, de estanqueidad, resistencia al fuego y de estabilidad para alcanzar unas condiciones de habitabilidad. Para garantizar lo anterior las fachadas adoptan diferentes tipologías, desde cerramientos de una capa a multicapas. Se suelen llamar fachadas de un recinto a los cerramientos exteriores cuya inclinación respecto a la horizontal sea mayor de 60°.

En los recintos estudiados la parte ciega de las fachada no está ventilada, y la mayoría son de fábrica de ladrillos, insertadas en estructuras porticadas. Muchas de ellas están formadas por dos hojas. La hoja exterior es de medio pie (o un pie) de ladrillo cerámico perforado, visto o enfoscado, la hoja interior es de ladrillo hueco. También se han realizado mediciones acústicas en edificios con fachadas cuya parte ciega es un muro de mampostería de espesor superior al de las de fábrica de ladrillos. Por su composición y masa por unidad de superficie, en general, la parte ciega de las fachadas objeto de estudio presenta un índice de reducción acústica frente al ruido de tráfico,  $R_{Atr}$  entre 40 y 50 dBA.

En este apartado se realiza un estudio comparativo de los valores medidos de la Diferencia de nivel estandarizada de las fachadas de recintos de viviendas de uso residencial en dos escenarios: en su situación original y después de la rehabilitación. En total se analizan 1328 casos, con diferentes sistemas de apertura y tipos de vidrios. No se analizan casos donde el número de ensayos de un sistema de apertura y tipos de vidrios es inferior a 8.

Dado el elevado número de recintos estudiados y las diferentes combinaciones de sistemas de apertura y tipos de acristalamiento, se muestran en las Tablas 2, 4, 5 y 6 los resultados globales de las mediciones acústicas realizadas agrupándolas según el tipo de rehabilitación acústica efectuada. En cada tabla se muestra, en las dos primeras columnas el sistema de apertura del hueco de fachada en las ventanas o balconeras antes y después de la rehabilitación (deslizante o batiente). La gran mayoría de las ventanas originales tienen caja de persiana de obra, con la tapa de registro hacia el interior del recinto. En la tercera y cuarta columnas se indica si los vidrios son sencillos, VS, o unidades de vidrio aislante, UVA. La quinta columna expone el número de ensayos analizados de cada categoría. La sexta y séptima columnas muestran los valores globales de la Diferencia de niveles estandarizados ponderados  $D_{nT,w}$  y  $D_{nT+} C_{tr}$  en dB obtenidos en la fachada original. La octava y novena columnas presentan los valores globales cuando la fachada ha sido rehabilitada. La mejora obtenida con la rehabilitación a ruido de tráfico aéreo se observa fácilmente para cada situación, restando los valores de las columnas 9 y 7.

### **2.1 Fachadas de recintos en donde se han sustituido las ventanas sencillas**

En este apartado se analizan 198 casos en los que en la fachada se ha sustituido la ventana sencilla original por otra ventana sencilla clasificada respecto a su permeabilidad al aire. En la Tabla 2 se muestran los resultados globales de las mediciones acústicas realizadas en recintos

en donde se ha sustituido la ventana sencilla. La mejora de la diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico  $D_{nT,w} + C_{tr}$  para las diferentes configuraciones varía entre 2 y 9 dB. En la Tabla 3 se exponen los datos geométricos de los recintos objeto de estudio en este subapartado y que son bastante parecidos a los casos que se analizarán posteriormente.

Tabla 2. Resultados de la diferencia de niveles estandarizada ponderada en fachadas de recintos donde se han sustituido las ventanas originales.

| Fachadas de recintos con ventanas sustituidas |              |          |              |          |             |               |              |               |
|---|--------------|----------|--------------|----------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| Ventana, sistema de apertura                  |              | Vidrios  |              | Nº casos | Original    |               | Rehabilitada |               |
| Original                                      | Rehabilitada | Original | Rehabilitada |          | DnT,w, (dB) | DnT+Ctr, (dB) | DnT,w, (dB)  | DnT+Ctr, (dB) |
| Deslizante                                    | Deslizante   | VS       | VS           | 8        | 27          | 25            | 29           | 27            |
|   |              | VS       | UVA          | 9        | 23          | 22            | 30           | 28            |
|   |              | UVA      | UVA          | 13       | 27          | 25            | 32           | 29            |
| Batiente                                      | Batiente     | VS       | VS           | 14       | 27          | 26            | 35           | 32            |
|   |              | VS       | UVA          | 9        | 26          | 24            | 36           | 33            |
|   |              | UVA      | UVA          | 46       | 33          | 29            | 38           | 34            |
| Deslizante                                    | Batiente     | VS       | UVA          | 53       | 25          | 24            | 36           | 32            |
|   |              | UVA      | UVA          | 46       | 27          | 25            | 34           | 30            |

Tabla 3. Datos geométricos de los recintos en los que se han sustituido las ventanas originales.

| Fachadas de recintos con ventanas sustituidas |              |          |              |          |                         |            |                |                                    |            |             |                                |            |             |
|---|--------------|----------|--------------|----------|-------------------------|------------|----------------|------------------------------------|------------|-------------|--------------------------------|------------|-------------|
| Ventana, sistema de apertura                  |              | Vidrios  |              | Nº casos | Volumen, m <sup>3</sup> |            |                | Área de la fachada, m <sup>2</sup> |            |             | Área del hueco, m <sup>2</sup> |            |             |
| Original                                      | Rehabilitada | Original | Rehabilitada |          | Promedio                | Desv. est. | Rango          | Promedio                           | Desv. est. | Rango       | Promedio                       | Desv. est. | Rango       |
| Deslizante                                    | Deslizante   | VS       | VS           | 8        | 26,5                    | 9,6        | (13,8; 45,9)   | 11,8                               | 5,3        | (4,7; 17,6) | 2,2                            | 1,6        | (1,6)       |
|   |              | VS       | UVA          | 9        | 33,6                    | 15,1       | (17,8; 60,9)   | 10,7                               | 3,6        | (5,6; 17,5) | 2,6                            | 1,7        | (0,9; 1,6)  |
|   |              | UVA      | UVA          | 13       | 49,6                    | 21,6       | (21,0; 86,6)   | 15,8                               | 9          | (7,4; 36,6) | 4,8                            | 4,2        | (1,5; 14,1) |
| Batiente                                      | Batiente     | VS       | VS           | 14       | 32,3                    | 9,5        | (20,6; 57)     | 14,2                               | 5,9        | (5,3; 24,6) | 1,7                            | 0,7        | (0,7; 3,5)  |
|   |              | VS       | UVA          | 9        | 26,6                    | 5,4        | (20,1; 36,6)   | 12,3                               | 5,4        | (5,8; 19,5) | 1,4                            | 0,3        | (0,9; 1,3)  |
|   |              | UVA      | UVA          | 46       | 37,8                    | 21,2       | (18,8; 85,3)   | 9,6                                | 6,1        | (2,3; 38,7) | 2,4                            | 1,3        | (0,7; 5,9)  |
| Deslizante                                    | Batiente     | VS       | UVA          | 53       | 35,3                    | 19,4       | (17,9; 108,19) | 13,2                               | 6,9        | (5,2; 41,6) | 2,6                            | 1,9        | (0,9; 8,5)  |
|   |              | UVA      | UVA          | 46       | 35                      | 20,7       | (19,0; 117,6)  | 10,4                               | 5,5        | (6,2; 38,4) | 3,3                            | 1,6        | (1,4; 9,2)  |

En las figuras siguientes se muestra de forma más detallada los resultados obtenidos en las fachadas de recintos en donde las ventanas deslizantes originales con vidrio sencillo se han sustituido por ventanas batientes con unidades de vidrio aislante, (53 casos).

La figura 1 muestra los valores promedios de la diferencia de niveles estandarizada junto con la desviación típica en las fachadas originales y rehabilitadas. Se observa en el rango de las bajas frecuencias que la diferencia de niveles estandarizada entre las fachadas rehabilitadas y las originales es menor por el efecto de la frecuencia de resonancia masa-aire-masa de las unidades de vidrio aislante en las ventanas rehabilitadas. La mejora de la diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico  $D_{nT,w} + C_{tr}$  es de 8 dB. En la figura 2 se muestra el histograma de los resultados obtenidos de la magnitud  $D_{nT,w} + C_{tr}$  antes y después de la rehabilitación.

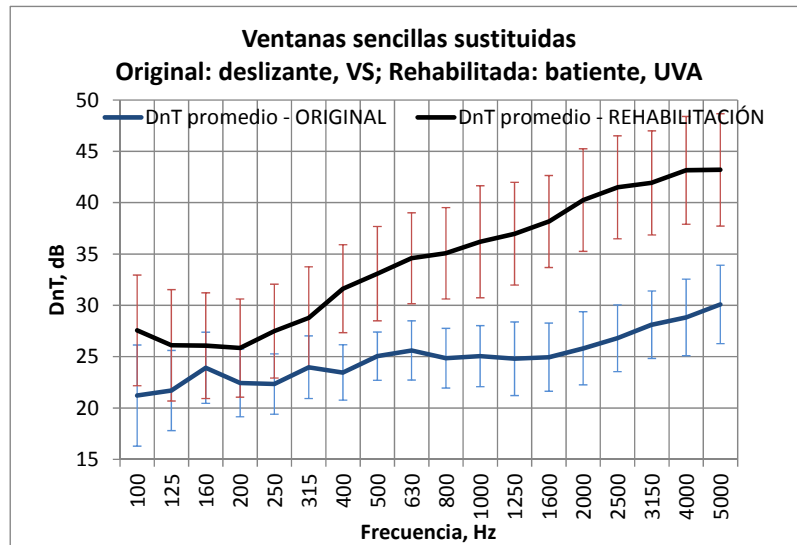


Figura 1. Fachadas con ventanas sencillas sustituidas. La ventana original de apertura deslizante con vidrio sencillo y la rehabilitada de apertura batiente con UVA.

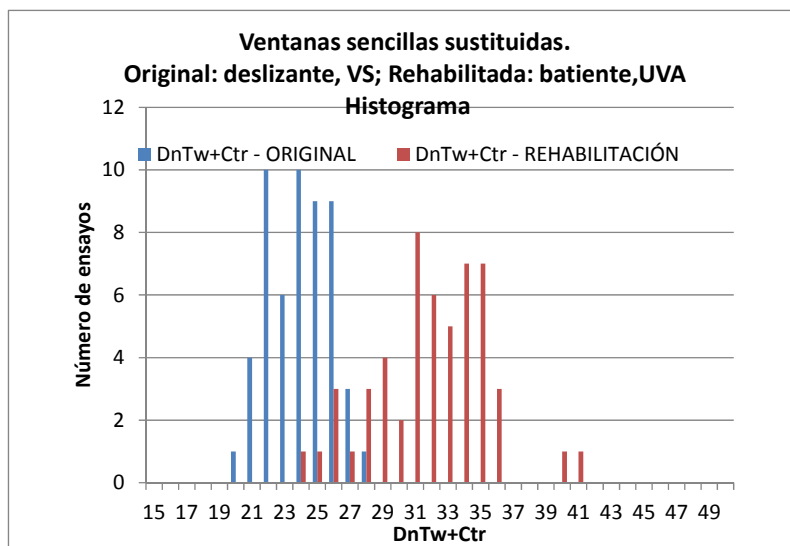


Figura 2. Ventanas sencillas sustituidas. Histograma de la magnitud  $D_{nT,w} + C_{tr}$  antes y después de la rehabilitación.

## 2.2 Fachadas de recintos donde se han sustituido las balconeras sencillas

En la Tabla 4 se exponen los resultados globales promedios obtenidos en los 64 casos analizados. Las mayores diferencias en los resultados se han obtenido cuando la balconera original, de apertura deslizante con vidrio sencillo o unidad de vidrio aislante, se ha sustituido por otra balconera de apertura batiente con unidad de vidrio aislante.

Tabla 4. Resultados de la diferencia de niveles estandarizada ponderada en fachadas de recintos donde se han sustituido las balconeras originales.

| Fachadas de recintos con balconeras sustituidas |              |          |              |          |             |               |              |               |
|---|--------------|----------|--------------|----------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| Balconera, sistema de apertura                  |              | Vidrios  |              | Nº casos | Original    |               | Rehabilitada |               |
| Original  | Rehabilitada | Original | Rehabilitada |          | DnT,w, (dB) | DnT+Ctr, (dB) | DnT,w, (dB)  | DnT+Ctr, (dB) |
| Deslizante                                      | Deslizante   | VS       | UVA          | 9        | 25          | 23            | 31           | 29            |
| Batiente  | Batiente     | VS       | UVA          | 31       | 27          | 25            | 36           | 33            |
|   |              | UVA      | UVA          | 11       | 32          | 29            | 35           | 32            |
| Deslizante                                      | Batiente     | VS       | UVA          | 13       | 27          | 25            | 37           | 33            |

### 2.3 Fachadas de recintos donde se ha doblado la ventana sencilla original .

En este apartado se analizan los recintos en los que se mantuvo la ventana original y la rehabilitación ha consistido en añadir otra ventana en la parte exterior de apertura deslizante para posibilitar su limpieza. La distancia entre las hojas de los vidrios de las ventanas varía entre 12 y 14 cm. El número de ensayos analizados en este apartado es de 867. La Tabla 5 muestra los resultados promedios obtenidos en las diferentes configuraciones. La mejora de la diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico  $D_{nT,w} + C_{tr}$  varía entre 11 y 17 dB, dependiendo del sistema de apertura y tipos de vidrios.

Tabla 5. Fachadas de recintos donde se ha doblado la ventana original, resultados de la diferencia de niveles estandarizada ponderada.

| Fachadas de recintos con dos ventanas |              |          |              |          |             |               |              |               |
|---------------------------------------|--------------|----------|--------------|----------|-------------|---------------|--------------|---------------|
| Ventana, sistema de apertura          |              | Vidrios  |              | Nº casos | Original    |               | Rehabilitada |               |
| Original                              | Rehabilitada | Original | Rehabilitada |          | DnT,w, (dB) | DnT+Ctr, (dB) | DnT,w, (dB)  | DnT+Ctr, (dB) |
| Deslizante                            | Deslizante   | VS       | VS           | 496      | 26          | 25            | 42           | 39            |
|                                       |              | VS       | UVA          | 20       | 27          | 25            | 41           | 38            |
|                                       |              | UVA      | VS           | 140      | 28          | 26            | 43           | 39            |
|                                       |              | UVA      | UVA          | 49       | 27          | 25            | 41           | 38            |
| Batiente                              | Deslizante   | VS       | VS           | 131      | 27          | 25            | 44           | 40            |
|                                       |              | UVA      | VS           | 22       | 31          | 29            | 43           | 40            |
|                                       |              | VS       | UVA          | 9        | 26          | 24            | 44           | 41            |

En las figuras 3 a 7 se muestra de forma más detallada los resultados obtenidos en las fachadas de recintos en donde a las ventanas deslizantes originales con vidrio sencillo se les ha doblado con otra ventana deslizante horizontal con vidrio sencillo, (496 casos).

La figura 3 muestra los valores promedios de la diferencia de niveles estandarizada junto con la desviación típica en las fachadas originales y rehabilitadas. La mejora de la diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico  $D_{nT,w} + C_{tr}$  es de 14 dB. En la figura 4 se muestra el histograma de los resultados obtenidos de la magnitud  $D_{nT,w} + C_{tr}$  antes y después de la rehabilitación. En la figura 5 se representa la magnitud  $D_{nT,w} + C_{tr}$  en función del factor de hueco de la fachada, en los dos casos de fachada original y rehabilitada no existe una correlación de la magnitud medida con el factor de hueco.

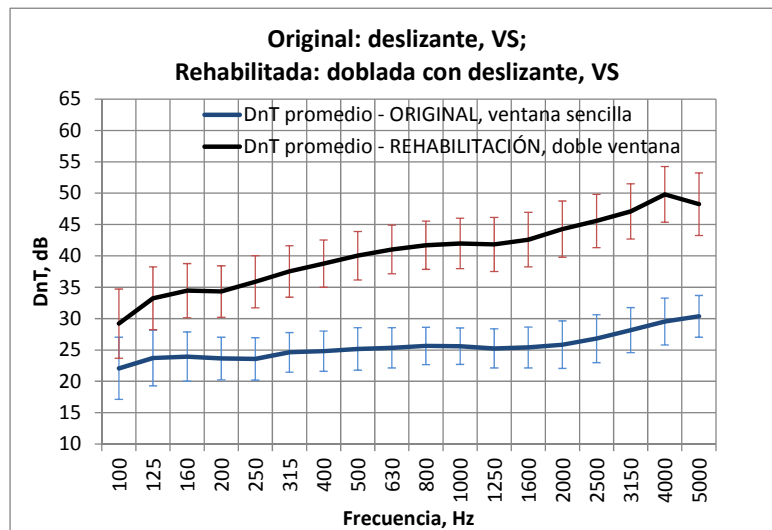


Figura 3. Fachadas donde se ha doblado la ventana sencilla original con otra ventana. La ventana original y la ventana de doblaje con apertura deslizante y vidrio sencillo.

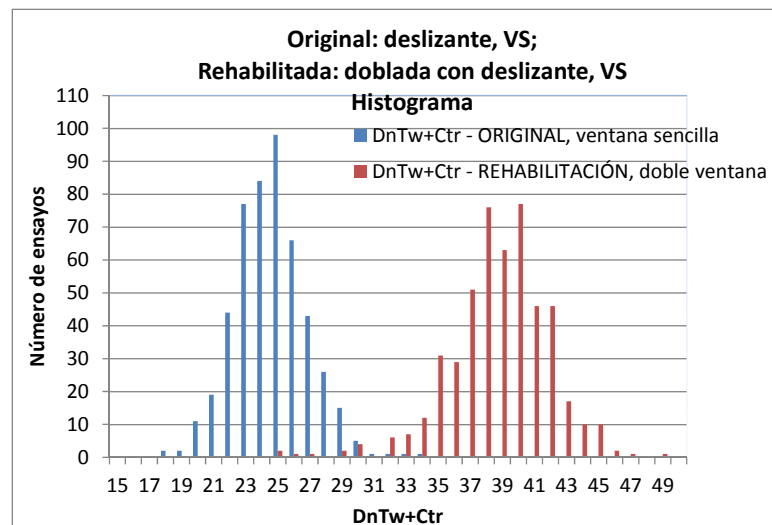


Figura 4. Ventanas sencillas dobladas. Histograma de la magnitud  $D_{nT,w} + C_{tr}$  antes y después de la rehabilitación



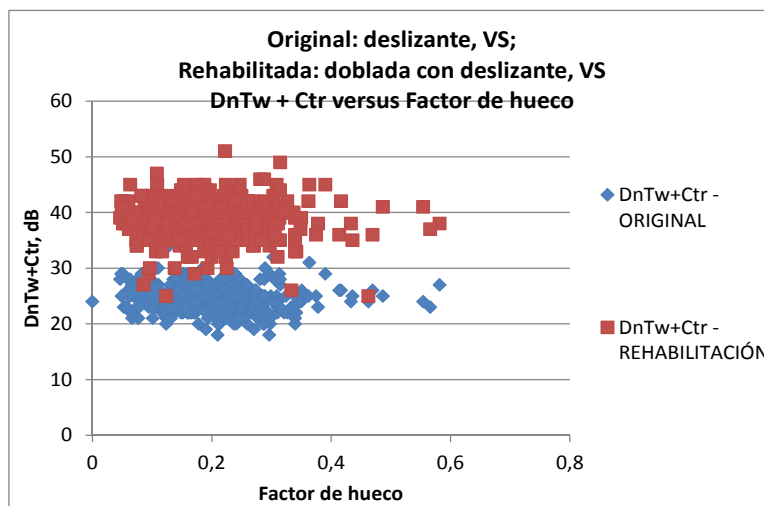


Figura 5. Ventana sencilla doblada con otra ventana sencilla.  $D_{nT,w} + C_{tr}$  en función del factor de hueco de la fachada.

## 2.4 Fachadas de recintos donde se ha doblado la balconera original

En este apartado se analizan los recintos en los que se ha mantenido la balconera original y la rehabilitación ha consistido en añadir otra balconera. La distancia entre las hojas de los vidrios de las balconeras varía entre 10 y 20 cm. El número de ensayos analizados en este apartado es de 199. La Tabla 6 muestra los resultados promedios obtenidos en las diferentes configuraciones. La mejora de la diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico  $D_{nT,w} + C_{tr}$  varía entre 11 y 19 dB, dependiendo del sistema de apertura de las balconeras y tipos de vidrios.

Tabla 6. Resultados de la diferencia de niveles estandarizada ponderada en fachadas de recintos donde se ha doblado la balconera original

| Fachadas de recintos con balconeras dobladas |              |          |              |          |                              |                        |                               |                        |
|--|--------------|----------|--------------|----------|------------------------------|------------------------|-------------------------------|------------------------|
| Balconera, sistema de apertura               |              | Vidrios  |              | Nº casos | Original, balconera sencilla |                        | Rehabilitada, balconera doble |                        |
| Original                                     | Rehabilitada | Original | Rehabilitada |          | $D_{nT,w}$ , (dB)            | $D_{nT}+C_{tr}$ , (dB) | $D_{nT,w}$ , (dB)             | $D_{nT}+C_{tr}$ , (dB) |
| Deslizante                                   | Deslizante   | VS       | VS           | 105      | 26                           | 25                     | 41                            | 38                     |
|  |              | UVA      | VS           | 33       | 28                           | 26                     | 43                            | 40                     |
|  |              | UVA      | UVA          | 37       | 29                           | 27                     | 42                            | 38                     |
| Batiente                                     | Batiente     | VS       | VS           | 9        | 24                           | 22                     | 42                            | 39                     |
| Batiente                                     | Deslizante   | VS       | VS           | 15       | 27                           | 25                     | 42                            | 39                     |

En las figuras 6 y 7 se muestran de forma más detallada los resultados obtenidos en las fachadas de recintos en donde a las balconeras deslizantes originales con vidrio sencillo se les ha doblado con otra balconera deslizante horizontal con vidrio sencillo, (496 casos). La mejora promedio de la diferencia de niveles estandarizada ponderada a ruido de tráfico  $D_{nT,w} + C_{tr}$  es de 13 dB.

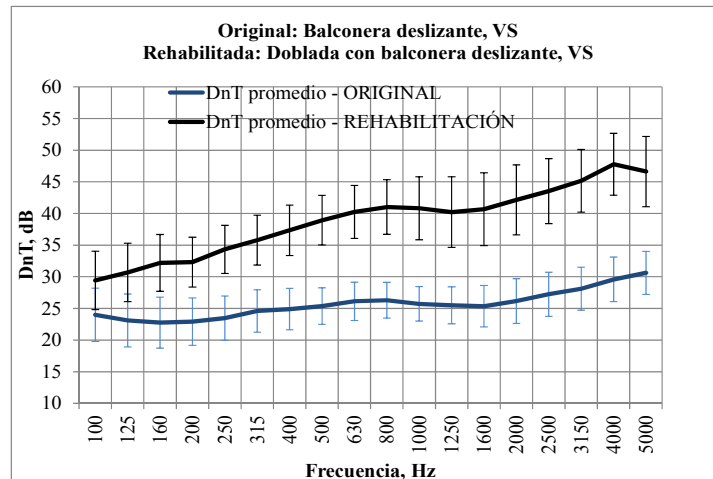


Figura 6. Fachadas donde se ha doblado la balconera original con otra balconera. Las dos balconeras son de apertura deslizante y tienen vidrios sencillos

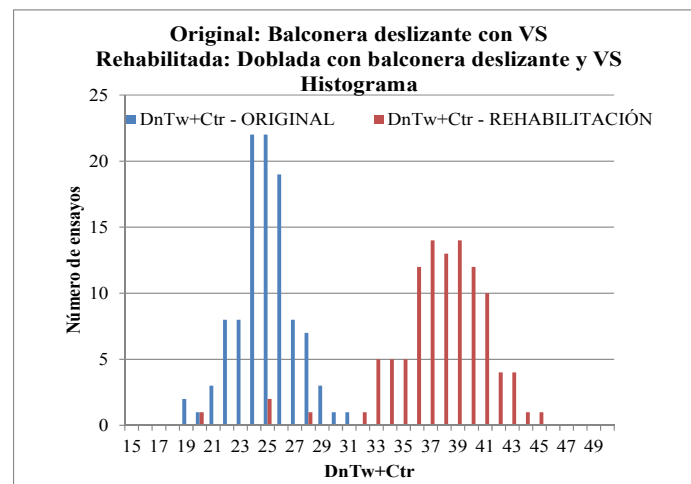


Figura 7. Histograma de la magnitud  $D_{nT,w} + C_{tr}$  antes y después de la rehabilitación.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] R D 1513/2005, de 16 de diciembre y RD 1367/2007 de 19 de octubre.
- [2] UNE-EN 12354-3. (Enero 2001). Acústica en la edificación. Estimación de las características acústicas de las edificaciones a partir de las características de sus elementos. Parte 3: Aislamiento acústico a ruido aéreo contra ruido del exterior.
- [3] UNE-EN ISO 140-5:1999. Acústica. Medición del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 5: Mediciones in situ del aislamiento acústico a ruido aéreo de elementos de fachada y de fachadas.
- [4] DB HR Protección frente al ruido del CTE. Abril 2009.
- [5] UNE-EN ISO 717-1:2013. Acústica. Evaluación del aislamiento acústico en los edificios y de los elementos de construcción. Parte 1: Aislamiento a ruido aéreo.
- [6] Díaz, C., Pedrero, A., Navacerrada, M.A. (2010). Influencia en los niveles globales de inmisión sonora en un recinto de la utilización del rango de frecuencias de tercio de octava ampliado de 100 Hz a 5 kHz. Aplicación al caso de recintos donde uno de sus cerramientos es una fachada. (Comunicación ASL10). 41 Congreso Nacional de Acústica y 6º Encuentro Ibérico de Acústica. EAA Symposium Europeo sobre Acústica Ambiental y Edificación Acústicamente Sostenible. ISBN 978-84-87985-19-5. León,