

## ANÁLISIS COMPARATIVO CRÍTICO DE LAS NORMATIVAS UNE PARA LA HOMOLOGACIÓN DE DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO “IN SITU” Y EN CONDICIONES CONTROLADAS

PACS: 43.15.+s

Peiró-Torres, M.P.<sup>1</sup>; Ballester-Ramos, M.<sup>1</sup>; Redondo, J.<sup>2</sup>; Bravo, J.M.<sup>3</sup>, Sánchez-Pérez, J.V.<sup>3</sup>

(1) BECSA, S.A.U.; Dirección: Ciudad del Transporte II. C/ Grecia, 31, Castellón (Spain)

(2) Universitat Politècnica de València. Instituto de Investigación para la Gestión Integrada de zonas Costeras, Paranimf 1, Grao de Gandia, Valencia (Spain)

(3) Universitat Politècnica de València. Centro de Tecnologías Físicas, Acústica, Materiales y Astrofísica, División acústica. Camino de Vera s/n, Valencia (Spain)

E-Mail: mpeiro@becsa.es

**Palabras Clave:** Barreras acústicas, dispositivos reductores de ruido, características intrínsecas, campo sonoro directo, campo sonoro difuso.

### ABSTRACT.

With the publication in Spanish of the standard UNE 1793-6 which regulates the test method for determining the acoustic performance of traffic noise reducing devices on roads in direct sound field conditions, the methodology for standardization of these devices has been reviewed. Indeed, until now the acoustic standardization was basically based on the standard UNE 1793-2, where the characterization was carried out in diffuse field conditions. However, the real working conditions of most of these devices are performed under direct sound field conditions. In this work a detailed comparative analysis of both standardization tests was carried out.

### RESUMEN.

Con la publicación en español de la norma UNE 1793-6 que regula la caracterización acústica de los dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras en condiciones de campo sonoro directo, se ha dado un vuelco a la metodología de homologación de estos dispositivos. Efectivamente, hasta ahora la homologación estaba fundamentalmente basada en la norma 1793-2, donde la caracterización se realizaba en condiciones de campo difuso. Sin embargo, las condiciones reales de trabajo de la mayoría de estos dispositivos se realizan en condiciones de campo sonoro directo. En este trabajo se realiza un detallado análisis comparativo de ambos tipos de pruebas de caracterización.

### INTRODUCCIÓN.

Cuando hablamos de protección contra el ruido generado por las infraestructuras de transporte, fundamentalmente el tráfico que circula por carreteras o el tráfico ferroviario, la medida de protección más comúnmente utilizada para tratar de minimizar los efectos del ruido generado en las poblaciones adyacentes a estas infraestructuras, suele ser la instalación de barreras acústicas, o como comúnmente se les denomina en la normativa, los dispositivos reductores de ruido.

Estos dispositivos actúan sobre el sonido en su fase de transmisión, interponiéndose entre la fuente de sonido y el receptor, o zona que se pretende proteger de la fuente emisora de ruido, en este caso, la infraestructura viaria. Estas barreras acústicas funcionan fundamentalmente reflejando el sonido de nuevo hacia las infraestructuras viarias generadoras de ruido, o absorbiendo parte del sonido si éstas disponen de materiales que posibiliten la utilización de dicho mecanismo de control de ruido.

La eficacia de este tipo de dispositivos de control de ruido depende fundamentalmente de una serie de factores tanto intrínsecos como extrínsecos como son i) la capacidad de aislamiento acústico de la pantalla (aislamiento a ruido aéreo y absorción); ii) las dimensiones de la pantalla; iii) la ubicación de la misma, la topografía adyacente y las características del terreno donde es instalada. [1].

Así, bastará con asegurar aislamientos intrínsecos a ruido aéreo del orden de 25 a 26 dBA, puesto que la efectividad de las pantallas acústicas raramente es superior a 15 o 16 dBA, [1] esto es debido a aspectos extrínsecos. Según los experimentos de Maekawa para pantallas acústicas, la efectividad de éstas no superará los 25dB de atenuación [2]. Todos estos parámetros extrínsecos deberán ser considerados a la hora de diseñar un proyecto de apantallamiento acústico.

Estas afirmaciones, fueron comprobadas por este equipo de investigación, tal y como se muestra en la figura 1. Se realizaron simulaciones mediante FDTD (Finite Differences Time Domain, FDTD) [3] para diferentes grados de aislamiento de la pantalla definidos mediante su índice de aislamiento a ruido aéreo ( $DL_R$ ), a pesar de aumentar dicho aislamiento, el apantallamiento no logra obtener valores por encima de los 15 dB, definido el apantallamiento mediante el parámetro de pérdidas por inserción (Insertion Loss en ingles, IL). En otras palabras, el IL sufre una saturación a los 15 dB. Existe un IL determinado por características geométricas que no puede ser superado.

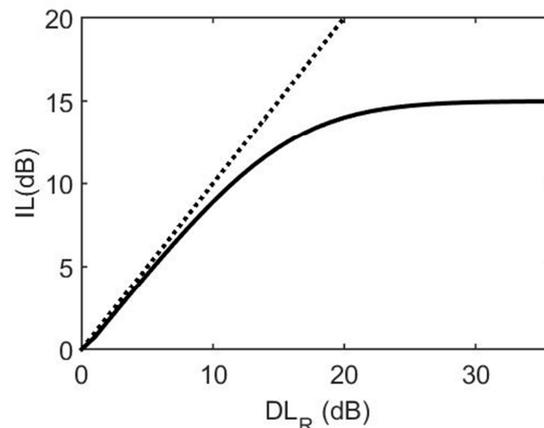


Figura 1. Resultados simulaciones realizadas para la obtención de IL de una pantalla para distintos valores de  $DL_R$

Por ello, será necesario evaluar y considerar estos aspectos a la hora de diseñar un proyecto de apantallamiento acústico. El diseño de una pantalla acústica precisará cuantificar el problema acústico a resolver y esto determinará la definición de la eficacia acústica que la pantalla a instalar deberá presentar. Esta eficacia acústica vendrá definida por una serie de características acústicas intrínsecas que deberán ser ensayadas. Además, las barreras a instalar en las carreteras deberán cumplir con la regulación establecida para este tipo de dispositivos.

Esta regulación, para el sector de la carretera, comenzó a redactarse en 1989 en cuanto a la normativa relativa a dispositivos reductores de ruido de carreteras por el CEN/TC226/WG6 de equipamiento de carreteras, la misma ha sido sistemáticamente sometida a múltiples revisiones, tal y como se recogen en las publicaciones sobre el estado del arte de esta normativa específica [4], [5].

Todos los ensayos definidos en la normativa recogida en la presente comunicación tienen como finalidad calificar los productos que se instalan en las carreteras para reducir el ruido de tráfico provocado por los vehículos en dichas infraestructuras, así como verificar el cumplimiento de las especificaciones de diseño.

En esta comunicación no se pretende realizar un Estado del Arte de dicha normativa aplicable a los dispositivos de control de ruido en las infraestructuras viarias, sino se trata de realizar un análisis crítico de la misma, y de la aplicación que de ésta se está realizando por parte de los actores involucrados en el sector, es decir, fabricantes de dispositivos reductores de ruido (pantallas acústicas básicamente), laboratorios acreditados y las distintas administraciones que poseen la titularidad de las carreteras.

## **NORMALIZACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO DE TRÁFICO EN CARRETERAS.**

Primeramente, será necesario realizar una recopilación de la normativa que resulta aplicable a los dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. En la norma UNE-EN 14388:2016 se recogen los requisitos necesarios para la obtención del Marcado CE necesario para poder instalar un dispositivo de reducción de ruido de tráfico en carreteras y relaciona la normativa donde se describen los métodos de ensayo a aplicar en este tipo de dispositivos. Por lo que respecta a la calidad y el control de producción en fábrica, especifica que podría certificarse mediante la obtención del sello de calidad según la EN ISO 9001:2000.

Toda la normativa relativa a los métodos de ensayo podría dividirse en dos grandes bloques: i) la relativa a las características acústicas que presentan dichos dispositivos reductores de ruido ii) la relativa a las características no acústicas que presentan los dispositivos.

A su vez, dentro de dichos grandes grupos normativos, existirían dos subdivisiones, que consistirían en la evaluación del comportamiento a corto y largo plazo, puesto que estos dispositivos deberán cumplir los requerimientos referentes a su función acústica y estructural durante toda su vida útil. En la figura 2 se grafía un esquema de dichas subdivisiones.

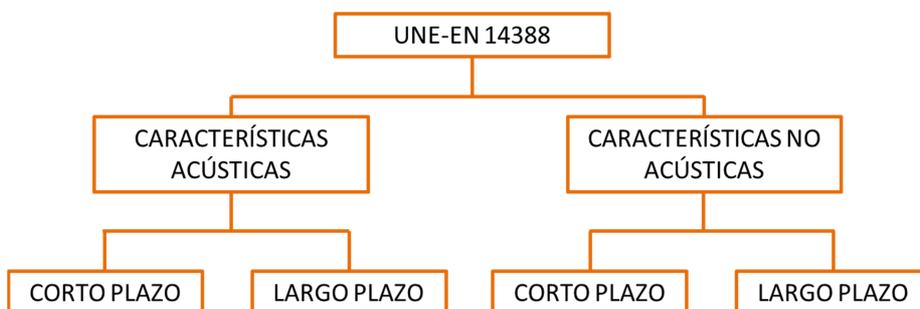


Figura 2. Esquema normativo de los dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras.

En cuanto a las características acústicas, la regulación específica que se requerirá la obtención de la homologación de los dispositivos por parte de un laboratorio independiente acreditado, que realice los ensayos determinados en la normativa siguiente:

- UNE-EN 1793-1. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 1: Características intrínsecas. Absorción sonora.
- UNE-EN 1793-2. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 2: Características intrínsecas. Aislamiento a ruido aéreo.
- UNE-EN 1793-3. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 3: Espectro normalizado de ruido de tráfico.
- UNE-EN 1793-4. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 4: Características intrínsecas. Valores in situ de la difracción sonora.
- UNE-EN 1793-5. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 5: Características intrínsecas. Valores in situ de la reflexión sonora en condiciones de campo sonoro directo.
- UNE-EN 1793-6. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 6: Características intrínsecas. Valores in situ del aislamiento al ruido aéreo en condiciones de campo sonoro directo.
- UNE-EN 14389-1. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Procedimientos para evaluar el comportamiento a largo plazo. Características acústicas.

Por lo que respecta a las características no acústicas, la normativa publicada al respecto que deberán cumplir los dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras será la siguiente:

- UNE-EN 1794-1. Comportamiento mecánico y requisitos de estabilidad. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Comportamiento no acústico. Parte 1: Comportamiento mecánico y requisitos de estabilidad.
- UNE-EN 14794-2. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Comportamiento no acústico. Parte 2: Consideraciones en relación con la seguridad general y el medio ambiente.
- UNE-EN 14389-2. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Procedimientos para evaluar el comportamiento a largo plazo. Características no acústicas.

Nuestro estudio comparativo se centrará en la normativa relativa a las características acústicas, y en la diferenciación que se realiza en cuanto a los ensayos relativos a campo difuso y campo directo.

## **CARACTERÍSTICAS ACÚSTICAS DE LOS DISPOSITIVOS REDUCTORES DE RUIDO.**

La normativa vigente que define los ensayos a realizar a los dispositivos de control de ruido que se instalan en carreteras, es muy clara en cuanto a la división de los ensayos realizados en campo difuso (en el que todos los ángulos de incidencia son igualmente probables) y en campo directo. Así, aunque la normativa que define el espectro de referencia de ruido de tráfico es común a ambas, el resto de normativas se encuentra dividido en aquellos métodos que definen ensayos en condiciones de campo difuso y la que respecta a ensayos en condiciones de campo directo. Respecto a esta última afirmación, nos gustaría aclarar que,

aunque se ha comenzado a trabajar sobre la posibilidad de diferenciar también el espectro tipo de ruido de tráfico para ambas condiciones de ensayo, lo cierto es que hasta el momento los estudios no han determinado diferencias significativas que justifiquen una utilización diferenciada de espectro de ruido de tráfico tipo [5]. No ocurre lo mismo en la normativa relacionada con el tráfico ferroviario, la cual posee dos espectros de ruido de tráfico normalizado para cada una de las condiciones de instalación, campo difuso o directo.

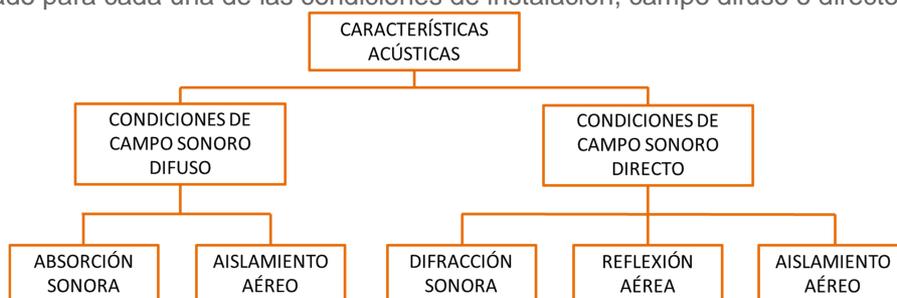


Figura 3. Esquema normativo de las características acústicas de las pantallas para carreteras.

Así, la normativa dispondría de métodos definidos de evaluación de las características acústicas principales tanto para ensayos realizados en laboratorio en condiciones de campo sonoro difuso, como métodos definidos para los ensayos realizados in situ en condiciones de campo sonoro directo. Estas características acústicas principales serían fundamentalmente la capacidad de aislamiento a ruido aéreo que presenta la pantalla, definida por el parámetro  $DL_R$  (índice de evaluación del comportamiento de aislamiento al ruido aéreo), y la capacidad de absorción acústica, determinada por el parámetro  $DL_a$  (índice de evaluación de la absorción acústica); ambos calculados como la diferencia de niveles de presión sonora ponderados A, en decibelios. Adicionalmente, en el caso de los ensayos realizados en condiciones de campo sonoro directo, existiría también una normativa que definiría los ensayos a realizar para cuantificar la efectividad de dispositivos que se instalen en la cumbre de las pantallas acústicas para minimizar el efecto de la difracción de borde, así, evaluarían la difracción sonora.

La diferenciación de la normativa respecto a las condiciones de ensayo estuvo separada desde los inicios de su redacción, ya que, de hecho, fue redactada por dos grupos de trabajo diferenciados. Así, la normativa correspondiente a campo difuso se basa fundamentalmente en la normativa vigente que define los ensayos de aislamiento en tabiquería; por el contrario, la normativa correspondiente a campo directo ha sido desarrollada específicamente para los dispositivos de control de ruido de tráfico en infraestructuras. El necesario desarrollo de esta normativa, y la investigación necesaria para su determinación, ha dilatado en el tiempo su publicación, por lo que inicialmente, tan sólo se disponía de la normativa correspondiente a la definición de los ensayos realizados en campo sonoro difuso.

No obstante, con la aparición de las normas UNE-EN 1793-4 [6] y la norma UNE-EN1793-5 [7], y finalmente la norma UNE-EN 1793-6 [8], se definieron por fin las condiciones de ensayos para poder determinar las características intrínsecas de los dispositivos de control de ruido en condiciones de campo sonoro directo, correspondiéndose así con las normas UNE-EN 1793-1 [9] y UNE-1793-2 [10] definidas para campo sonoro difuso.

Por lo que respecta a los ensayos que determinan las pérdidas por inserción de los dispositivos, éstas representan una característica determinada por un comportamiento extrínseco, es decir, que depende de factores que no están relacionados con el producto en sí mismo, sino de otros elementos como las dimensiones de la pantalla, su adecuado emplazamiento, su correcta instalación, el terreno donde se instala y la geometría del lugar. El grupo de trabajo que desarrolla la normativa relativa a dispositivos de control de ruido para carreteras, no ha considerado necesario el desarrollo de normativa que describa los métodos de ensayo para determinar dicha característica; sin embargo, en el caso de barreras acústicas para aplicaciones ferroviarias, sí existe una normativa ratificada por AENOR en febrero de 2016,

donde se recoge el método de ensayo para determinar las características extrínsecas, los valores in situ de la pérdida por inserción. (UNE-CEN/TS 16272-7:2015) [11].

#### **APLICACIÓN DE LA NORMA EN EL CASO DE CONDICIONES DE CAMPO SONORO DIFUSO O EN CONDICIONES DE CAMPO SONORO DIRECTO.**

Una vez aclarado la existencia de dos métodos de ensayo en las condiciones de campo sonoro directo y difuso, cabe indicar cuándo será necesario aplicar unas condiciones de ensayo u otras.

La normativa al respecto es clara. Define que se deberán ensayar en condiciones de campo sonoro difuso, aquellos dispositivos que estén destinados a ser instalados en condiciones de reverberación. Dichas condiciones de reverberación, a su vez, también se encuentran definidas en la norma, y dependen de la geometría del entorno. Básicamente se resumen en que se consideran unas condiciones de reverberación a aquellas en las cuales el espacio abierto en el contorno sea menor o igual al 25%, esto es, por ejemplo, para pantallas acústicas que se instalen en el interior de túneles, o entre taludes de desmonte profundos.

Pese a que los resultados de los ensayos realizados en condiciones de campo sonoro difuso son comparables a los resultados de los ensayos realizados a los mismos dispositivos en condiciones de campo sonoro directo, no son idénticos. Así, los resultados obtenidos por la norma UNE-EN 1793-1 [9] son comparables con los resultados obtenidos por la norma UNE 1793-5 [7] realizando los correspondientes cálculos puesto que en el primer caso se obtienen datos de las características intrínsecas del dispositivo en cuanto a absorción, y en el segundo caso se obtienen datos de las características intrínsecas del dispositivo en cuanto a reflexión. De la misma manera, los resultados obtenidos mediante el método definido en la norma UNE-EN 1793-2 [10] son comparables con los resultados obtenidos por la norma UNE 1793-6 [8], en cuanto a las características intrínsecas de aislamiento a ruido aéreo que presente el dispositivo a ensayar.

Una de las diferencias más características en cuanto a la aplicación de uno u otro método de ensayo (en cuanto a campo de sonido difuso o directo) es que, en el caso de campo de sonido difuso, los ensayos se realizan en un laboratorio, bien en una cámara de transmisión, bien en una cámara de reverberación, dependiendo de si la característica a ensayar es el aislamiento a ruido aéreo que presenta o la absorción. Por el contrario, en los métodos de ensayos definidos en la normativa diseñada para campo sonoro directo se pueden aplicar in situ, es decir, donde se instalen los reductores de ruido.

Otra de las diferencias es la utilización, en el caso de ensayos realizados in situ, de ventanas temporales de Adrienne para la captación de la componente directa del sonido en "campo libre", tratando así de discriminar sonidos que provengan de reflexiones en el suelo en el lado del receptor o en el lado de la fuente y de difracciones producidas por los límites del dispositivo reductor de ruido. Esta característica no es necesaria en los ensayos realizados en el entorno controlado del laboratorio. Dicha ventana temporal de Adrienne, determinará asimismo el límite de baja frecuencia de la medición de las características intrínsecas del dispositivo reductor de ruido.

#### **ANÁLISIS DEL ESTADO DE LA CERTIFICACIÓN DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL DE RUIDO DE TRÁFICO EN CARRETERAS.**

En la actualidad, existe una amplia normativa ya revisada y aprobada, que nos define claramente la metodología de ensayos a realizar para determinar con garantías las características intrínsecas principales de los distintos dispositivos reductores de ruido de tráfico por carreteras. Dichas características intrínsecas definen la capacidad de atenuación de estos

dispositivos y sus prestaciones, y permitirán distinguir unas soluciones de otras, así como posicionar y admitir diversos dispositivos de control de ruido que puedan salir al mercado. Por todo ello, es importante que tanto fabricantes como laboratorios de ensayo apliquen correctamente esta normativa existente fruto de más de 25 años de trabajo como herramientas para mejorar y garantizar diseños efectivos que consigan efectivamente minimizar el problema del ruido generado por las infraestructuras de transporte.

Así, las características acústicas que definen la efectividad de un dispositivo de control de ruido a instalar en una carretera han de ser medidas y determinadas bajo un campo de sonido similar al que después será instalado dicho dispositivo. Es decir, los dispositivos que vayan a ser instalados bajo condiciones de reverberación deberán cumplir con las especificaciones definidas por los proyectos respecto a su aislamiento al ruido aéreo, y la determinación de dicha característica deberá ser ensayada en condiciones de campo difuso. No obstante, aquellas barreras acústicas que vayan a ser instaladas en condiciones de no reverberación, para la determinación de sus características acústicas, será necesario ensayarlas en condiciones de campo libre, tal y como después funcionarán en la realidad.

En la práctica, la mayor parte de los fabricantes de barreras acústicas, poseen las certificaciones de las características acústicas realizadas por un laboratorio acreditado en condiciones de campo difuso, pese a que, en la mayor parte de los casos, las condiciones de instalación de la inmensa mayoría de las barreras acústicas en las carreteras se realizan en condiciones de no reverberación.

De hecho, a este grupo de investigación, le ha resultado difícil encontrar laboratorios que dispongan de la capacidad de realizar los ensayos en condiciones de campo libre descritos en la normativa para dispositivos de control de ruido de carreteras, y mucho menos que éstos se encuentren acreditados para homologar estos dispositivos en condiciones de ensayo in situ.

## **CONCLUSIONES.**

En esta comunicación se ha presentado y descrito la normativa que existe actualmente vigente y que describe los métodos de ensayo necesarios para determinar las características acústicas intrínsecas de los dispositivos de control de ruido por carreteras, asimismo, se ha realizado un análisis de la utilización que efectivamente, se está realizando en la actualidad de dicha normativa, y si ésta está siendo utilizada correctamente.

A pesar de que la mayor parte de estos denominados dispositivos de control de ruido de tráfico en carreteras son instalados en condiciones de no reverberación, la realidad es que la determinación de las características acústicas que definen sus capacidades de atenuación no son ensayadas en las condiciones de campo libre, que son las condiciones donde luego son instaladas. De hecho, la inmensa mayoría de las barreras acústicas que se encuentran instaladas en la actualidad en las infraestructuras de nuestro país, se encuentran certificadas mediante ensayos realizados en laboratorio en condiciones de campo difuso, pese a que su instalación no se realiza en condiciones de reverberación.

Tal y como hemos expuesto, la normativa al respecto es clara. Los resultados de los métodos para la valoración tanto de aislamiento como de absorción realizados en campo difuso son comparables pero no idénticos a los obtenidos por el método de ensayo de campo directo, y éstos sólo se deberían usarse para determinar las características intrínsecas de los dispositivos que se instalen bajo condiciones de reverberación (túneles, trincheras profundas, bajo cubiertas), es decir, en el menor de los casos. Pese a ello, la práctica totalidad de las barreras acústicas que se encuentran instalando actualmente en las carreteras, han sido sometidas a ensayos realizados en campo difuso, independientemente de la ubicación en la que vayan a ser instaladas finalmente.

Por todo ello, se puede concluir, que es necesaria la advertencia a todos los actores del sector, en especial a las administraciones que poseen la titularidad de las carreteras, que las características que definen la capacidad acústica de los dispositivos de control de ruido que se encuentran instalando en la actualidad, no están ensayados en base a las normas adecuadas, y que es necesario realizar una campaña de ensayos en condiciones de campo sonoro directo a los distintos productos que los fabricantes de pantallas acústicas ofrecen. Para ello, será necesario que laboratorios tramiten la acreditación correspondiente para poder verificar los resultados de dichos ensayos.

En cualquier caso, también queremos destacar que la efectividad de la instalación de un dispositivo de control de ruido varía importantemente en función no sólo de las características intrínsecas del propio dispositivo, sino tal y como hemos comentado anteriormente, es muy importante la ubicación del mismo, la geometría que presente, e incluso el entorno donde es instalada, es decir, de otras características extrínsecas.

Por ello, finalmente recomendamos la comprobación de la efectividad de las mismas mediante simulaciones previas que contemplen la ubicación de las mismas, o ensayos in situ de pérdidas por inserción tras la instalación de ésta, para poder verificar adecuadamente la efectividad de la medida correctora implantada.

## REFERENCIAS.

- [1] Alegre, D.M., 2008. Dispositivos reductores de ruido y pantallas acústicas. Generalidades coeficientes y tipologías. Asociación Nacional de Industriales de Pantallas y Dispositivos Anti-Ruido.
- [2] Maekawa, Z., 1968. Noise reduction by screens. Applied acoustics, 1(3), 157-173.
- [3] Redondo, J., Picó, R., Roig, B., Avis, M.R., 2007. Time domain simulation of sound diffusers using finite-difference schemes. Acta acústica united with Acustica, 93(4) 611-622.
- [4] Clairbois, J. P., Garai, M., 2013. EN standards for road traffic Noise Reducing Devices and railway Noise Barriers: State of the Art. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 247, No. 4, pp. 4230-4237). Institute of Noise Control Engineering.
- [5] Clairbois, J. P., Garai, M., 2015. The European standards for roads and railways noise barriers: state of the art 2015. In Proc Euronoise.
- [6] UNE-EN 1793-4. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 4: Características intrínsecas. Valores in situ de la difracción sonora.
- [7] UNE-EN 1793-5. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 5: Características intrínsecas. Valores in situ de la reflexión sonora en condiciones de campo sonoro directo.
- [8] UNE-EN 1793-6. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 6: Características intrínsecas. Valores in situ del aislamiento al ruido aéreo en condiciones de campo sonoro directo.
- [9] UNE-EN 1793-1. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 1: Características intrínsecas. Absorción sonora.
- [10] UNE-EN 1793-2. Dispositivos reductores de ruido de tráfico en carreteras. Método de ensayo para determinar el comportamiento acústico. Parte 2: Características intrínsecas. Aislamiento a ruido aéreo.
- [11] UNE-CEN/TS 16272-7. Aplicaciones ferroviarias. Vía. Barreras acústicas y dispositivos relacionados que actúan sobre la propagación aérea del sonido. Método de ensayo para determinar el rendimiento acústico. Parte 7: Características extrínsecas. Valores in situ de la pérdida por inserción.