

ESTUDIO DE LA INCIDENCIA DE LA GEOMETRÍA SUPERFICIAL EN EL RENDIMIENTO FUNCIONAL DE PANTALLAS ACÚSTICAS DISPERSAS.



Dr. María de la O Moreno Balboa
Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X El Sabio

Dr. José Domínguez de Posada (Universidad Alfonso X El Sabio), Dr. Rafael Magro Andrade (ASIMAG Servicios Empresariales).

1. INTRODUCCIÓN

Entre las soluciones disponibles para hacer frente al ruido ambiental, se encuentra la instalación de pantallas acústicas artificiales. De manera genérica, podemos hacer una primera clasificación de estas, partiendo de su comportamiento frente a la expansión de las ondas acústicas; así nos encontramos con pantallas acústicas reflectantes y pantallas acústicas absorbentes. Nuestro Estudio pretende investigar si el "uso efectivo de la forma puede mejorar la función". Nos centraremos en las "pantallas acústicas reflectantes", en concreto en las "pantallas acústicas reflectantes difusas". Como primer acercamiento a la hipótesis se incidirá en la textura superficial de la pantalla acústica, (denominamos textura superficial, a las posibles variaciones geométricas) en concreto en la cara interna de la misma, (aquella que está expuesta de manera directa a las ondas acústicas); que es la que de manera efectiva ejerce la función principal de la acción anti-ruido.

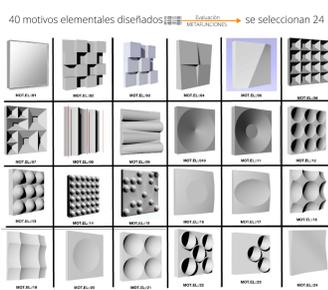


EL USO EFECTIVO DE LA FORMA PUEDE MEJORAR LA FUNCIÓN.

2. SISTEMA EXPERIMENTAL.

El sistema experimental utilizado para esta evaluación funcional, está compuesto básicamente por un conjunto de elementos de ensayo específicos:

1. Caja "anechoica".
2. Motivos elementales (24), para la generación de texturas superficiales.
3. Dispositivo electroacústico.



- Geometrías superficiales (texturas)
- Cuerpos geométricos:
- Poliedros regulares:
 - Paralelepípedos
 - Prismas
 - Pirámides
 - Cuerpos geométricos redondos
 - Sólidos de revolución.

SISTEMA EXPERIMENTAL: APROXIMACIÓN FORMAL

Motivos elementales

Motivo	Forma	Material	Medida
1.1	Triángulo	Aluminio	10x10x10
1.2	Cubo	Aluminio	10x10x10
1.3	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.4	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.5	Cono	Aluminio	10x10x10
1.6	Prisma	Aluminio	10x10x10
1.7	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.8	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.9	Cono	Aluminio	10x10x10
1.10	Prisma	Aluminio	10x10x10
1.11	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.12	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.13	Cono	Aluminio	10x10x10
1.14	Prisma	Aluminio	10x10x10
1.15	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.16	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.17	Cono	Aluminio	10x10x10
1.18	Prisma	Aluminio	10x10x10
1.19	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.20	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.21	Cono	Aluminio	10x10x10
1.22	Prisma	Aluminio	10x10x10
1.23	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.24	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.25	Cono	Aluminio	10x10x10
1.26	Prisma	Aluminio	10x10x10
1.27	Esfera	Aluminio	10x10x10
1.28	Cilindro	Aluminio	10x10x10
1.29	Cono	Aluminio	10x10x10
1.30	Prisma	Aluminio	10x10x10

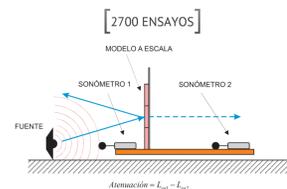
Generación de 24 texturas superficiales.



Campeña de ensayos

- 24 motivos elementales + material de soporte = 25 elementos a ensayar.
- Espectro Frecuencias: 63 Hz, 100 Hz, 150 Hz, 250 Hz, 400 Hz, 630 Hz, 1000 Hz, 1500 Hz, 2000 Hz, 3000 Hz, 4000 Hz, 5000 Hz.
- Son sometidos cada uno de los modelos a escala a una fuente fija de sonido, durante 2 minutos.

12 ensayos: x 9 veces = 108 mediciones para cada elemento a ensayar.



Las Tablas de medición (300) contienen información sobre el número del ensayo, número de placa, la visualización de la misma, la frecuencia de medición, el registro de medición delante de la pantalla, el registro de medición detrás de la pantalla y la atenuación, calculada como diferencia entre las medidas de los lados de la pantalla, según se indica en la ecuación:

Atenuación = $I_{L1} - I_{L2}$

Tabla B-1: Ensayo de la pantalla nº18. Medidas de los lados y detrás de la pantalla a frecuencia fija 63Hz.

Medición	Medición delante de pantalla	Medición detrás de pantalla	Atenuación
1	80	79	1
2	80	79	1
3	80	79	1
4	80	79	1
5	80	79	1
6	80	79	1
7	80	79	1
8	80	79	1
9	80	79	1
10	80	79	1
11	80	79	1
12	80	79	1
13	80	79	1
14	80	79	1
15	80	79	1
16	80	79	1
17	80	79	1
18	80	79	1
19	80	79	1
20	80	79	1
21	80	79	1
22	80	79	1
23	80	79	1
24	80	79	1
25	80	79	1
26	80	79	1
27	80	79	1
28	80	79	1
29	80	79	1
30	80	79	1
31	80	79	1
32	80	79	1
33	80	79	1
34	80	79	1
35	80	79	1
36	80	79	1
37	80	79	1
38	80	79	1
39	80	79	1
40	80	79	1
41	80	79	1
42	80	79	1
43	80	79	1
44	80	79	1
45	80	79	1
46	80	79	1
47	80	79	1
48	80	79	1
49	80	79	1
50	80	79	1
51	80	79	1
52	80	79	1
53	80	79	1
54	80	79	1
55	80	79	1
56	80	79	1
57	80	79	1
58	80	79	1
59	80	79	1
60	80	79	1
61	80	79	1
62	80	79	1
63	80	79	1
64	80	79	1
65	80	79	1
66	80	79	1
67	80	79	1
68	80	79	1
69	80	79	1
70	80	79	1
71	80	79	1
72	80	79	1
73	80	79	1
74	80	79	1
75	80	79	1
76	80	79	1
77	80	79	1
78	80	79	1
79	80	79	1
80	80	79	1
81	80	79	1
82	80	79	1
83	80	79	1
84	80	79	1
85	80	79	1
86	80	79	1
87	80	79	1
88	80	79	1
89	80	79	1
90	80	79	1
91	80	79	1
92	80	79	1
93	80	79	1
94	80	79	1
95	80	79	1
96	80	79	1
97	80	79	1
98	80	79	1
99	80	79	1
100	80	79	1
101	80	79	1
102	80	79	1
103	80	79	1
104	80	79	1
105	80	79	1
106	80	79	1
107	80	79	1
108	80	79	1

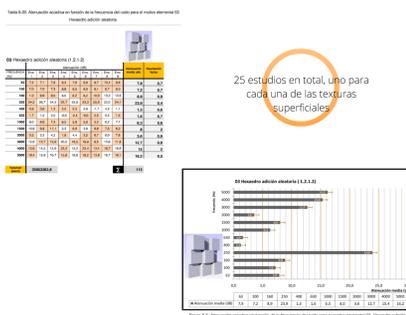
3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.

Para evaluar las pantallas desde el punto de vista pragmático (funcional), el que nos ocupa, se ha llevado a cabo una evaluación de eficiencia, para ello presentaremos de diferentes modos los resultados:

- Resultados de eficiencia por Pantalla.
- Resultados de eficiencia por Frecuencia.

La evaluación desde el punto de vista pragmático (funcional); eficiencia, concluye con la definición del ranking de los motivos elementales, realizado mediante la evaluación a través de una matriz monocriterio, siendo este el criterio funcional; eficiencia, mejor atenuación.

RESULTADOS EFICIENCIA POR PANTALLA. MOTIVO ELEMENTAL 03



25 estudios en total, uno para cada una de las texturas superficiales.

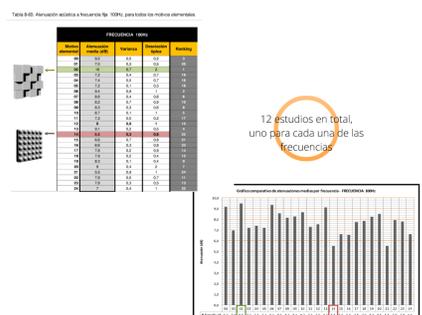
RESULTADOS EFICIENCIA PARA MOTIVO ELEMENTAL 13

Tabla B-41: Porcentaje de mejora en la atenuación del MOT.EL.13, respecto a los datos de atenuación media, producidos por el MOT.EL.01.

FRECUENCIA [Hz]	MOT.EL.01	MOT.EL.13	% Mejora (en atenuación)	% Mejora (en atenuación)
63	7,7	8	3,3%	3,3%
100	7	8,1	16,4%	16,4%
150	5,7	10,5	84,2%	84,2%
250	20	19,8	-1,0%	-1,0%
400	20	4,9	-75,0%	-75,0%
630	1,4	0,9	-35,7%	-35,7%
1000	4,6	-0,9	-119,6%	-119,6%
1500	8,1	10	23,4%	23,4%
2000	19,3	11,8	-38,8%	-38,8%
3000	14,4	10,7	-25,0%	-25,0%
4000	16,1	20,4	26,7%	26,7%
Atenuación media	3000000	2109507	-41,2%	-41,2%

25 estudios en total, uno para cada una de las texturas superficiales.

RESULTADOS DE EFICIENCIA A FRECUENCIA FIJA DE 100Hz.



12 estudios en total, uno para cada una de las frecuencias.

Los análisis a frecuencia variable sobre cada uno de los tipos de pantalla, junto con las representaciones en dos dimensiones, nos permiten visualizar como se muestran las variables y cuáles son las relaciones existentes entre ellas. Se han realizado 25 estudios parciales de eficiencia por pantalla.

La mera descripción de las atenuaciones en función de la frecuencia de emisión en el trabajo que nos compete no es suficiente, ya que se pretende evaluar cómo la forma puede ayudar a desarrollar la función. A continuación se presentan datos de porcentaje de mejora del Motivo elemental 13, respecto a los datos de atenuación media, producida por el motivo elemental básico.

Se muestran los análisis a frecuencia fija, junto con las representaciones en dos dimensiones, que nos permiten visualizar cómo varían los resultados y cuáles son las relaciones existentes entre las variables del ensayo. En cada una de las tablas se marcan: el motivo elemental con mejor respuesta frente a la frecuencia presentada, en color verde, y el motivo elemental con peor respuesta frente a la frecuencia presentada, en color rosado.

Matriz de valoración monocriterio, eficiencia.

La técnica elegida para la evaluación, es una técnica de decisión cualitativa, técnica en la cual se mide el grado de satisfacción de los distintos criterios en una escala ordinal. Una vez planteada la matriz se ha utilizado, la regla de la suma de ratios para concretar cuál de los motivos elementales era el más eficiente, desde el punto de vista funcional, atenuación del sonido. Se trata de sumar para cada alternativa todos los ratios obtenidos en la matriz de valoración, [GARC01]. De este modo también se obtiene una clasificación de las distintas alternativas. El motivo elemental cuya suma de ratios sea menor será el mejor clasificado y por lo tanto el más eficiente desde el punto de vista funcional, atenuación del sonido perteneciente a las doce frecuencias estudiadas, 63Hz, 100Hz, 160Hz, 250Hz, 400Hz, 630Hz, 1000Hz, 1500Hz, 2000Hz,

4. CONCLUSIONES.

La contaminación por el ruido de tráfico es uno de los agentes contaminantes que más deterioran la calidad de vida de los ciudadanos; por ello, durante los últimos años, se ha incrementado el uso de barreras acústicas a lo largo de las vías cercanas (de penetración y circunvalación) a las grandes ciudades. Se configura así un cuadro de componente dual emisor-receptor, entre los cuales se ha interpuesto un obstáculo de tal manera que interrumpa la onda acústica con reflexión o absorción de la energía incidente.

El concepto que dio lugar a este Proyecto de Investigación, entroncado en el diseño industrial y las ciencias ambientales, surgió a partir uno de los axiomas más utilizados en diseño industrial: "el uso efectivo de la forma puede mejorar la función", esta función u objetivo, es atenuar la "percepción del ruido".

El presente estudio nos ha permitido obtener una serie de conclusiones que esperamos nos ayuden a demostrar la validez de axioma enunciado, es decir la relación que existe entre la atenuación acústica y la geometría superficial.

Tras una minucioso examen de los resultados obtenidos, al ensayar los modelos a escala, diseñados para este trabajo de investigación, se puede considerar probado que relación que existe relación entre la atenuación acústica y la geometría superficial, por lo que queda probado el axioma: "el uso efectivo de la forma puede mejorar la función" y que por tanto debería ser tenido en cuenta en el diseño de las pantallas acústicas. En base a la variable pragmática, la atenuación acústica tiene una marcada relación con la geometría de la textura superficial de la pantalla antirruído, en concreto en la cara interna de la misma, aquella que está expuesta de manera directa a las ondas acústicas, y que es la que de manera efectiva ejerce la función principal de la acción anti-ruido.

RELACION ENTRE GEOMETRÍA SUPERFICIAL Y FRECUENCIA DE SONIDO.

La siguiente tabla muestra las geometrías más eficientes en función de la frecuencia.

63Hz	[Geometría 1]	1000Hz	[Geometría 10]
100Hz	[Geometría 2]	1500Hz	[Geometría 11]
160Hz	[Geometría 3]	2000Hz	[Geometría 12]
250Hz	[Geometría 4]	3000Hz	[Geometría 13]
400Hz	[Geometría 5]	4000Hz	[Geometría 14]
630Hz	[Geometría 6]	5000Hz	[Geometría 15]

5. BIBLIOGRAFIA.

[1] STADT KÖLN. (2003). Das Wanderungsgeschehen in Köln. Auswertung der Wanderungsmotivuntersuchung 2002 und aktueller Wanderungstatistiken im Rahmen des Wohnungsgesamtplans 2003 [en línea]. Kölner Statistische Nachrichten 2003 Nr. 9.

[2] KLOTH, M., VANCLYSEN, K., CLEMENT, F. (2007). Practitioner Handbook for Local Noise Action Plans—Recommendations from the SILENCE project. AVL List GmbH, Austria. 128 p.

[3] Pibermat. Orcl (1986). El diseño en la empresa. INEF. Madrid.

[4] ABAD, L., MAGRO, R., MORENO, M. de la O, SERRANO, M. (2010). Diseño de una maqueta para medidas de atenuación de ruido en tráfico rodado. Tecnología@ y desarrollo. Mediocambiente y desarrollo. (2010) ISSN 1696-8065.

[5] SERRANO, M., ABAD, L., COLORADO, D., MAGRO, R., MORENO, M. (2010). Estudio de difracción en el borde de las pantallas acústicas. Variación de la eficacia de la pantalla en función de su sección transversal. La tipología de las pantallas acústicas. Conama 10. Madrid, 22 al 26 de noviembre de 2010.

[6] SERRANO PEREZ, M. (2011). Estudio de la difracción en el borde superior de las pantallas acústicas. Aplicación al diseño de las secciones de coronación y comparativa de la eficacia de la pantalla en función de la sección transversal. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior, Universidad Alfonso X El Sabio. Madrid: 2011.

[7] COLORADO, D., ABAD, L., COUCEIRO, L., GARCÍA, T., MAGRO, R. (2010). Pantallas de hormigón con perlas de poliuretano expandido: Comparativa de atenuación acústica. Tecnología@ y Desarrollo. Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente. Volumen VII año 2010. ISSN 1696-8065

[8] COLORADO, D., ABAD, L., COUCEIRO, L., GARCÍA, T., MAGRO, R., SERRANO, M. (2010). Atenuación acústica en hormigón con perlas de poliuretano expandido. Tecnológica León 2010 ISBN: 978-84-87985-19-5. Número especial de la Revista de Acústica Vol. 41

[9] COLORADO, D., ABAD, L., CRUCEIRO, L., GARCÍA, T., SERRANO, M., MORENO, M. (2010). Atenuación acústica del hormigón en función de la frecuencia de ruido. Conama 2010. (Madrid, 22 al 26 de noviembre de 2010)

[10] COLORADO, D. (2011). Estudio de la atenuación del sonido en el hormigón, en función de su densidad y espesor, aplicación al diseño de barreras acústicas. Tesis doctoral. Escuela Politécnica Superior, Universidad Alfonso X El Sabio. Madrid, 2011

[11] SUTTON, D. (2005). Sólidos platónicos y arquimedianos. Oniro S.A. ISBN 84-9754-131-6

[12] SEGUÉS ECHAZARRETA, F. (2007). Conceptos básicos del ruido ambiental [en línea]. [Consulta: 13 enero 2010] Disponible en Web <http://www.mma.es/secciones/calidad_contaminacion/acustica>

[13] GARCÍA MELÓN, M., CLOQUELL BALLESTER, V. (2001) Metodología del Diseño Industrial. Ed. UPV, Valencia, 2001 ISBN 84-9705-024-X

7. AGRADECIMIENTOS.

La información que aquí se recoge son los resultados de la investigación que se ha desarrollando en el marco de tres proyectos de investigación financiados por el Banco Santander / Fundación Universidad Alfonso X el Sabio, con los Nombres:

"Morfología de las pantallas acústicas. Estudios de difracción en el borde de la pantalla"

"Estudios de los factores asociados a la atenuación del sonido mediante barreras acústicas: densidades y espesores variables en pantallas de hormigón. Difracción en el borde superior de las pantallas y estudios morfológicos en pantallas acústicas dispersas mediante redes modulares"

"Aplicación de las pantallas tubulares a la creación de pantallas sumidero para la implementación en el diseño y modelización de la función de atenuación acústica y su aplicación en obra civil".