



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 358 143**

② Número de solicitud: 200902074

⑤ Int. Cl.:  
**E01F 8/00** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

⑫ Fecha de presentación: **23.10.2009**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **06.05.2011**

⑭ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**06.05.2011**

⑰ Solicitante/s: **Universidad Politécnica de Valencia  
CTT-Edif. 6G - Camino de Vera, s/n  
46022 Valencia, ES**

⑱ Inventor/es: **Castiñeira Ibáñez, Sergio;  
Sánchez Pérez, Juan Vicente;  
García Raffi, Luis Miguel y  
Romero García, Vicente**

⑳ Agente: **Martín Santos, Victoria Sofía**

⑳ Título: **Pantalla acústica.**

㉑ Resumen:  
Pantalla acústica.

La invención se refiere a una pantalla acústica para atenuar el sonido en el rango del audible y en transmisión aérea, interponiéndose entre la fuente de sonido y el receptor. Está basada en cristales de sonido, definidos como un medio compuesto no homogéneo formado por centros dispersores para el sonido dispuestos según una simetría cristalina. En esta pantalla se han dispuesto los centros dispersores según una simetría fractal modificada mediante el aumento de la sección de algunos dispersores y la eliminación de otros, con el fin de maximizar la atenuación en un rango de frecuencias más amplio mediante un proceso de reflexión múltiple. Para potenciar esta atenuación se han modificado los centros dispersores añadiéndoles absorbentes y ranurándolos para introducir mecanismos de absorción y resonancia. La invención posee aplicación para apantallar las vías de comunicación urbanas e interurbanas con el objeto de aislar de los ruidos las zonas colindantes.

ES 2 358 143 A1

## DESCRIPCIÓN

Pantalla acústica.

### Objeto de la invención

La invención se refiere a una pantalla acústica cuyo objetivo es la atenuación del sonido en el rango audible y en transmisión aérea, destinada a interponerse entre la fuente generadora del sonido y el receptor.

La pantalla está basada en los denominados cristales de sonido, definidos como un medio compuesto no homogéneo formado por centros dispersores de las ondas acústicas dispuestos periódicamente e inmersos en otro medio de distintas propiedades físicas, de modo que actúan sobre las ondas sonoras impidiendo la transmisión a su través mediante un mecanismo de reflexión múltiple.

La invención posee aplicación en el apantallamiento de vías de comunicación urbanas e interurbanas (carreteras, ferrocarriles, ...) con el objeto de aislar de los ruidos las zonas colindantes.

### Antecedentes de la invención

Los cristales de sonido son estructuras formadas por la repetición ordenada de centros dispersores para ondas sonoras. Estos cristales presentan la característica de modificar el comportamiento de los fenómenos de naturaleza ondulatoria que se transmiten en su interior. En estos cristales se produce una dispersión coherente de la onda acústica que se propaga en su interior, apareciendo bandas prohibidas de propagación para determinados intervalos de frecuencia, dependiendo su posición en el rango de frecuencias de las características geométricas del cristal. De este modo las ondas acústicas cuya frecuencia caiga dentro de una de estas bandas prohibidas de propagación no serán capaces de propagarse por el interior del cristal y serán reflejadas cuando incidan en él.

Se cita como antecedente la patente española de número de solicitud 200200398 del mismo solicitante y que divulga una pantalla acústica que está constituida por cristales de sonido bidimensionales o tridimensionales formando cualquier red cristalina.

Es conocida también la utilización de cristales de sonido como pantallas acústicas que logran una atenuación mediante reflexión de la onda sonora junto con una atenuación por absorción al poseer un material aislante en el interior de los centros dispersores.

Es conocida también la existencia de los llamados cristales fotónicos en los que se utilizan simetrías bidimensionales fractales para la distribución de los centros dispersores de modo que atenúan o incluso eliminan la propagación de ondas electromagnéticas, aunque no es conocida su aplicación para el caso de ondas acústicas.

Se entiende por fractal un objeto cuya estructura básica, fragmentada o irregular, se repite a diferentes escalas.

La presente invención proporciona una pantalla acústica que permite maximizar la atenuación de las ondas sonoras, incidiendo especialmente en el rango de las bajas frecuencias, mediante un menor número de centros dispersores que aquellas que presentan una distribución de los centros dispersores según una red cristalina (cristales de sonido) aligerándose la pantalla y consiguiendo además que la carga de viento que ésta soporta sea menor. Estos dos factores hacen que la pantalla no necesite cimentación.

### Descripción de la invención

El rango de frecuencias a atenuar está entre 0 Hz y 22000 Hz, correspondientes al rango de audición del oído humano. Sin embargo, esta pantalla actúa especialmente bien en el rango de las bajas frecuencias, que constituye habitualmente la banda más difícil de atenuar.

La pantalla acústica objeto de la invención comprende centros dispersores para ondas acústicas dispuestos sobre un zócalo de sustentación.

La invención se caracteriza porque los centros dispersores se distribuyen sobre el zócalo según una simetría fractal modificada.

La simetría fractal ha sido modificada debido a que los centros dispersores pertenecientes a cada uno de los órdenes fractales poseen una sección de distinto tamaño a la del resto de órdenes fractales. Esto implica que algunos de los cilindros del fractal original han sido eliminados para permitir la variación de secciones. Como consecuencia de esta modificación, cada orden fractal posee una masa mínima de centros dispersores y por tanto se maximizan el ancho de la banda de frecuencias atenuada y el nivel de atenuación conseguido.

Cada orden fractal utilizado posee un parámetro de red, es decir, una distancia entre centros dispersores distinta, que atenúa una banda de frecuencias distinta, consiguiendo una banda de atenuación más amplia que en el caso de un único cristal de sonido, que posee un único parámetro de red.

La simetría fractal logra que la banda de atenuación de frecuencia sea más amplia, consiguiéndose por tanto que la banda de frecuencias atenuada sea también más amplia. Es decir, se maximizan las propiedades de la reflexión múltiple de la red de centros dispersores, por las razones expuestas en los dos párrafos precedentes.

Debido a lo expuesto en los párrafos anteriores, los órdenes fractales superiores (de mayor separación entre centros dispersores) podrían tener una separación muy alta. Sin embargo, se ha llegado hasta el quinto orden fractal pensando en un compromiso entre la anchura de la banda de frecuencias atenuada y la anchura resultante de la pantalla, que debería ser lo más pequeña posible.

Si se pretendiese atenuar la banda de frecuencias que se consigue con esta disposición fractal mediante cristales de sonido, sería necesario disponer de varios cristales de sonido con distintos parámetros de red uno a continuación de otro. Sin embargo, el espacio ocupado por esta distribución superaría los requisitos de anchura máxima exigibles a una pantalla acústica. Esta es una de las ventajas que presenta la utilización de una distribución fractal de centros dispersores.

Las ventajas que se obtienen con el dispositivo objeto de la invención son: atenuación en todo el rango del audible especialmente el rango de las bajas frecuencias, la obtención de un mayor nivel de atenuación en un rango de frecuencias más amplio empleando un número menor de centros dispersores. Esta última ventaja permite disminuir el coste de la pantalla y aumentar su portabilidad.

### Descripción de los dibujos

Se complementa la presente memoria descriptiva, con unos planos, ilustrativos del ejemplo preferente y nunca limitativos de la invención.

La figura 1 es una representación esquemática en planta de un ejemplo de realización de una disposi-

ción de cilindros según una simetría fractal, denominada triángulo de Sierpinski.

La figura 2 es una representación de una sección en planta de una unidad fractal modificada que forma parte de la pantalla acústica objeto de la invención.

La figura 3 es una representación en planta de un módulo de pantalla acústica formado por tres unidades fractales según el ejemplo de realización correspondiente a la figura 2.

La figura 4 es una representación en alzado del módulo correspondiente a la figura 3.

#### **Realización preferente de la invención**

La pantalla acústica correspondiente al ejemplo de realización y representada en las figuras comprende cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) como centros dispersores (1) situados sobre un zócalo (2). Los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) se distribuyen según una simetría fractal en la que los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) correspondientes a cada orden fractal presentan un diámetro distinto a los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) correspondientes a otros órdenes fractales. El ejemplo de realización comprende cinco órdenes fractales cada uno de ellos formado por cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) de igual diámetro.

En el ejemplo de realización mostrado el diámetro de los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) aumenta en cada uno de los órdenes fractales. Al aumentar el diámetro de los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) en cada orden fractal muchos de los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) del fractal denominado triángulo de Sierpinski han sido eliminados. De este modo los cilindros (1.1) del primer orden fractal presentan un mayor diámetro que los cilindros (1.2) del segundo orden fractal y así sucesivamente con el resto del cilindros (1.3, 1.4, 1.5) correspondientes a los órdenes fractales tercero, cuarto y quinto.

La distribución de los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) se realiza, en el ejemplo mostrado en las figuras, según una simetría fractal denominada triángulo de Sierpinski.

Se han realizado ensayos sobre dos ordenamientos fractales, triángulo y alfombra de Sierpinski, siendo el triángulo de Sierpinski el que ha demostrado una mayor capacidad de atenuación especialmente a bajas frecuencias. La disposición triangular es también más sencilla y posee menos masa por unidad de superficie, lo que incide en la portabilidad del módulo de la pantalla acústica.

La pantalla acústica del ejemplo de realización está comprendida por módulos, según la figura 3, que

están formados por tres unidades fractales del triángulo de Sierpinski modificado. De este modo los módulos se pueden situar uno a continuación de otro permitiendo cualquier longitud de la pantalla acústica. Se eligen tres unidades fractales para facilitar el transporte del módulo. La pantalla del ejemplo de realización podría constar de cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) de distintas alturas.

Los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) están fabricados en un material reflectante al sonido, por ejemplo, hierro galvanizado, PVC, aluminio, acero, goma de neumático triturada y prensada, plexiglás, hormigón.

Además del mencionado efecto de atenuación mediante reflexión, la pantalla acústica objeto de la invención presenta atenuación del sonido mediante otros fenómenos como la resonancia y la absorción. Estos efectos acústicos se han utilizado para aumentar la potencia de atenuación del dispositivo.

La resonancia, es decir, la destrucción de ondas acústicas por rozamiento y vibración, se logra mediante el ranurado longitudinal (1.1.1, 1.2.1, 1.3.1, 1.4.1) de algunos de los cilindros que pueden ser huecos, convirtiéndolos en resonadores Helmholtz. No todos los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) tienen porqué presentar el mencionado ranurado longitudinal (1.1.1, 1.2.1, 1.3.1, 1.4.1), en el ejemplo de realización mostrado en la figura 3 se disponen ranurados los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4) de órdenes fractales primero a cuarto y los de menor tamaño (1.5) sin ranurar. Concretamente la apertura de la ranura puede estar entre 45° y 180°.

Los centros dispersores (1) pueden también comprender material absorbente acústico, como por ejemplo, lana de roca, lana de vidrio, fibras de madera o caña de azúcar, poliestireno expandido, pinturas absorbentes, enlucidos porosos con base de yeso o vermiculita o goma de neumático picada.

El material absorbente puede localizarse en la cara externa del centro dispersor (1) o bien en la cara interna o en ambas y cubrir todo o en parte el mismo.

El zócalo (2) de sustentación es de hormigón y los cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5) se disponen empotrados en el mismo de modo que así se logra que se dispongan en posición vertical. El conjunto descansaría sobre el suelo directamente sin necesidad de ningún tipo de anclaje, hecho que incide en su portabilidad. De este modo los módulos se pueden situar unos a continuación de otros configurando así una pantalla acústica de la longitud deseada.

## REIVINDICACIONES

1. Pantalla acústica, que comprende centros dispersores (1) para ondas acústicas dispuestos sobre un zócalo (2) de sustentación, **caracterizado** porque los centros dispersores (1) se distribuyen sobre el zócalo (2) según una simetría fractal modificada en la que los centros dispersores (1) pertenecientes a cada uno de los órdenes fractales poseen una sección de distinto tamaño a la del resto de órdenes fractales.

2. Pantalla acústica, según la reivindicación 1, **caracterizada** porque los centros dispersores (1) de un orden fractal superior poseen una sección mayor que los de un orden fractal inferior.

3. Pantalla acústica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la distribución de los centros dispersores (1) se realiza según una simetría fractal denominada triángulo de Sierpinski.

4. Pantalla acústica, según la reivindicación 3, **caracterizada** porque está comprendida por módulos que están formados por tres unidades fractales del triángulo de Sierpinski modificado que se disponen a continuación unos de otros.

5. Pantalla acústica, según las reivindicaciones 1 ó 2, **caracterizada** porque la distribución de los centros dispersores (1) se realiza según una simetría fractal denominada alfombra de Sierpinski.

6. Pantalla acústica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque los centros dispersores (1) son cilindros (1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 1.5).

7. Pantalla acústica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque comprende cinco órdenes fractales.

8. Pantalla acústica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque los centros dispersores (1) son huecos y comprenden un ranurado longitudinal (1.1.1, 1.2.1, 1.3.1, 1.4.1) de modo que atenúan las ondas sonoras por resonancia.

9. Pantalla acústica, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque los centros dispersores (1) comprenden material absorbente acústico.

10. Pantalla acústica, según la reivindicación 9, **caracterizada** porque el material absorbente acústico se dispone en la cara externa del centros dispersor (1) o en la cara interna o en ambas.

5

10

15

20

25

30

35

40

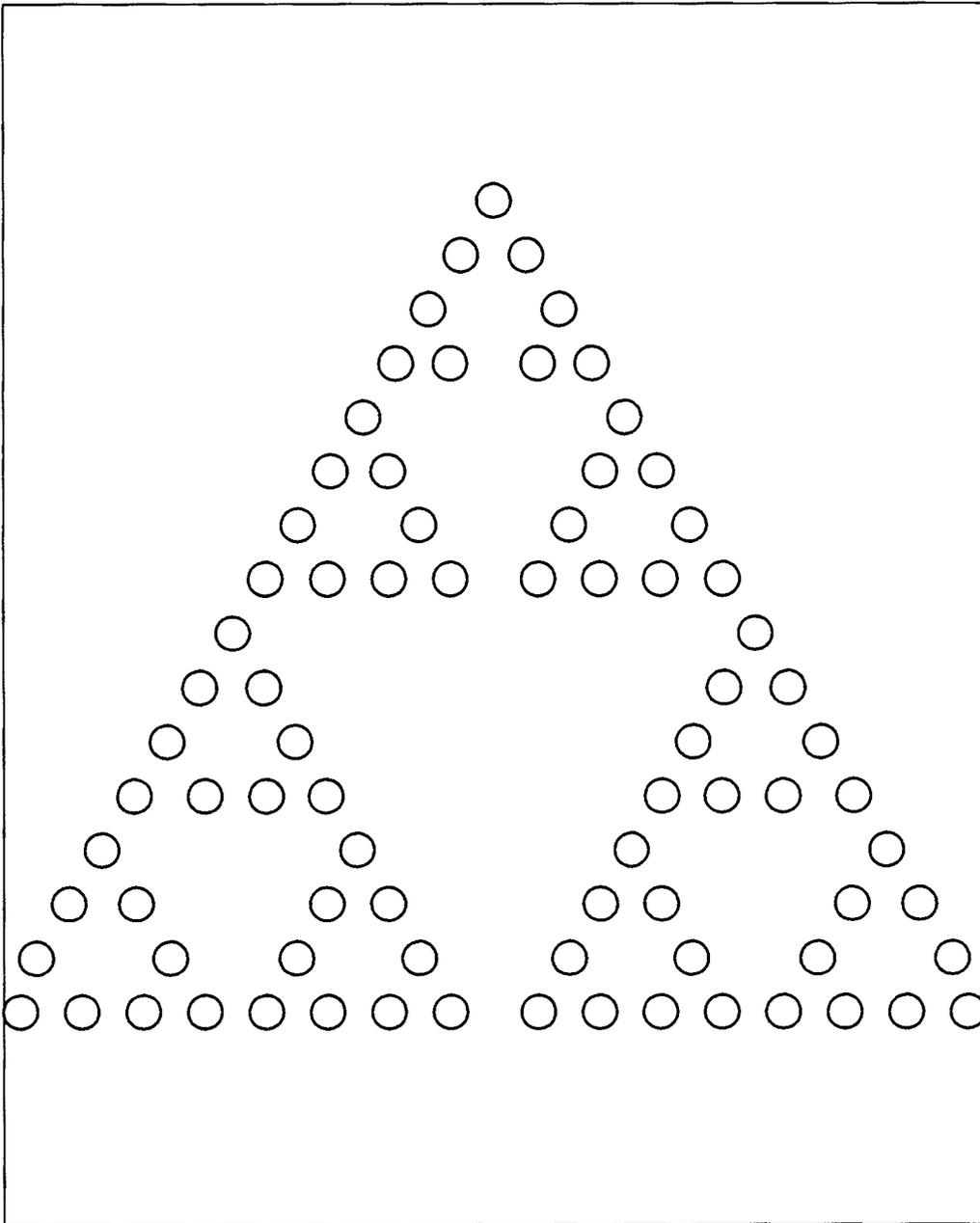
45

50

55

60

65



**FIG.1**

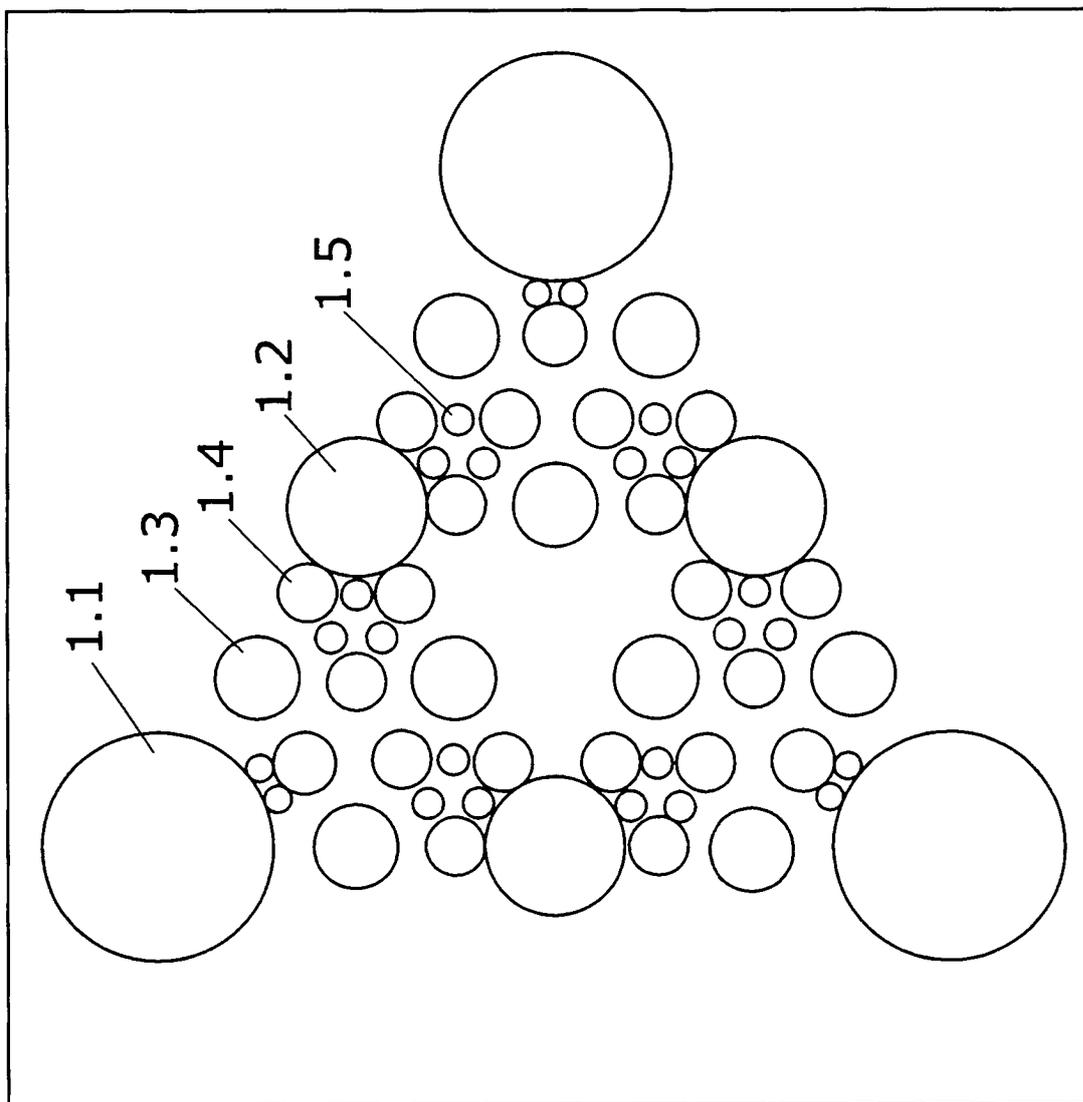


FIG.2

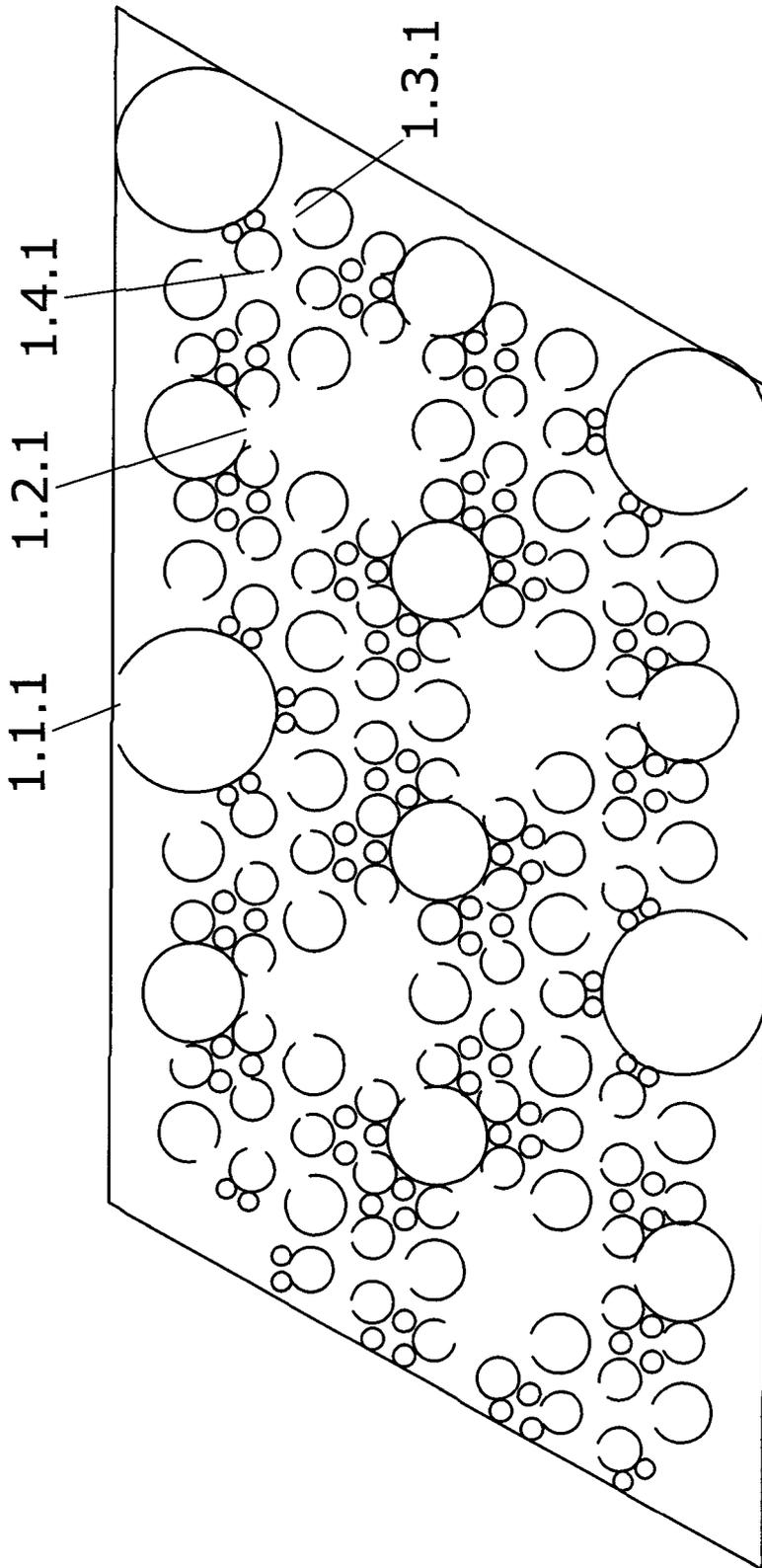


FIG.3

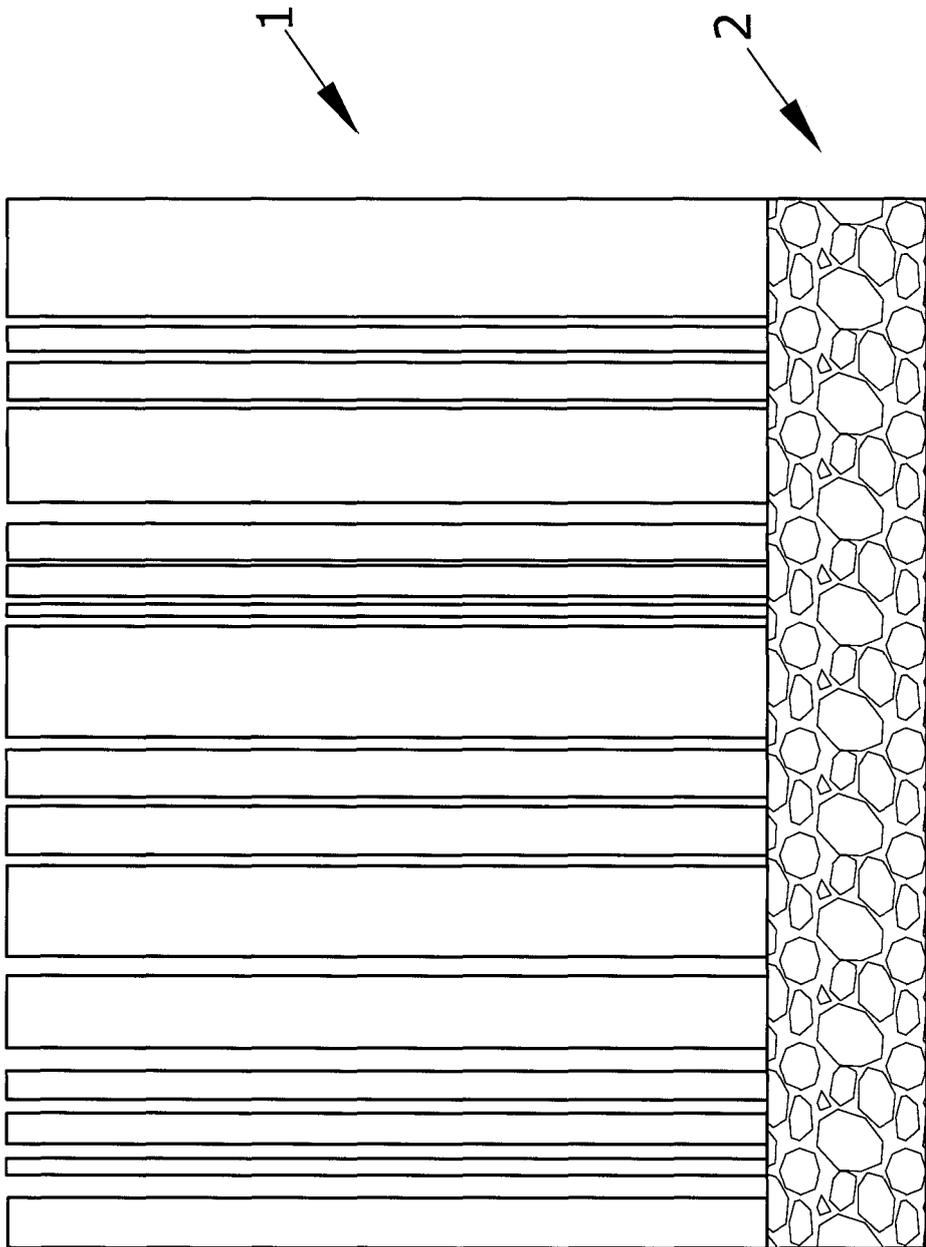


FIG.4



OFICINA ESPAÑOLA  
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②<sup>1</sup> N.º solicitud: 200902074

②<sup>2</sup> Fecha de presentación de la solicitud: 23.10.2009

③<sup>2</sup> Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤<sup>1</sup> Int. Cl.: **E01F8/00** (01.01.2006)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 2005103568 A1 (ECOLE POLYTECH; COLAS SA) 19.05.2005, páginas 1-5; figuras.	1-10
A	US 5027920 A (RPG DIFFUSOR SYSTEMS INC) 02.07.1991, columna 1, línea 43 – columna 6, línea 9; figuras.	1-10
A	US 2004060771 A1 (RPG DIFFUSOR SYSTEMS INC) 01.04.2004, figuras & Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; AN 2004-282181.	1-10
A	ES 2190904 A1 (UNIV VALENCIA POLITECNICA) 16.08.2003, figuras & Resumen de la base de datos WPI. Recuperado de EPOQUE; AN 2003-733748.	1-10

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud

E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe  
28.02.2011

Examinador  
M. Castañón Chicharro

Página  
1/4

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

E01F

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 28.02.2011

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-10	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-10	<b>SI</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de aplicación industrial. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión.-**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como se publica.

**1. Documentos considerados.-**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	US 2005103568 A1 (ECOLE POLYTECH; COLAS SA)	19.05.2005

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración****1.- Problema Técnico.**

El objeto técnico de la invención es una "Pantalla acústica".

Las pantallas acústicas, en las que los centros dispersores siguen una distribución cristalina y para una banda de frecuencias a atenuar, estas tienen unas dimensiones, peso y carga del viento a soportar que pueden hacer necesario el empleo de cimentación, aumentando el coste de la misma y dificultando su portabilidad.

**2.- Solución propuesta.**

El inventor propone una pantalla acústica, en la que los centros dispersores se encuentran distribuidos siguiendo una simetría fractal modificada, siendo la sección de los centros dispersores de cada orden fractal de distinto tamaño a la del resto de los órdenes. Consiguiéndose maximizar el ancho de banda de frecuencias atenuadas y el nivel de atenuación conseguido, aligerándose así mismo la pantalla, disminuyendo su coste y aumentando su portabilidad.

**3.- Reivindicaciones.**

La solicitud consta de 10 reivindicaciones, siendo la 1ª reivindicación independiente y el resto de ellas dependientes.

La 1ª reivindicación especifica las características técnicas principales del objeto técnico de la invención.

La 2ª reivindicación se refiere a las secciones de los órdenes fractales.

La 3ª, 4ª y 5ª reivindicaciones se refieren a la disposición que adoptan los centros dispersores.

La 6ª, 8ª, 9ª y 10ª reivindicaciones, se refieren a la forma, ranurado y relleno ó recubrimiento por material absorbente de los centros dispersores.

La 7ª reivindicación, se refiere al número de órdenes fractales.

**4.- Novedad y actividad inventiva.**

De los documentos citados en el Informe de Búsqueda, se considera el más próximo a la invención, el documento US2005103568 (D01).

D01 divulga una pantalla acústica que comprende centros dispersores (1) de forma troncocónica y con taladro central (2), susceptibles de estar constituidos ó recubiertos por material absorbente acústico, dispuestos sobre un zócalo (9) de sustentación, dispuestos según una simetría fractal (Ver Figs.).

La diferencia entre D01 y la 1ª reivindicación, radica en que no se cumple la condición de que los centros dispersores de cada orden fractal posea una sección de distinto tamaño al del resto de los órdenes.

Ningún documento citado en el Informe de Búsqueda Internacional, cuestiona de forma aislada ó combinada la novedad y actividad inventiva de la 1ª reivindicación y por lo tanto de las dependientes de ella.

**5.- Conclusión.**

Las reivindicaciones 1-10 son nuevas y poseen actividad inventiva. (Art. 6 y 8 de la Ley de Patentes 11/1986)