

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 380 268**

21 Número de solicitud: 200901666

51 Int. Cl.:

A01M 1/22 (2006.01)

G01H 11/06 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION

B1

22 Fecha de presentación:

29.07.2009

43 Fecha de publicación de la solicitud:

10.05.2012

Fecha de la concesión:

14.03.2013

45 Fecha de publicación de la concesión:

27.03.2013

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE VALLADOLID
PLAZA DE SANTA CRUZ 5 BAJO
47002 VALLADOLID (Valladolid) ES**

72 Inventor/es:

**DEL VAL PUENTE, Lara;
IZQUIERDO FUENTE, Alberto;
JIMENEZ GOMEZ, Maria Isabel y
RABOSO MATEOS, Mariano**

54 Título: **SISTEMA ACUSTICO DE DETECCION Y ELIMINACION DE INSECTOS DESTRUCTORES DE LA MADERA**

57 Resumen:

El sistema objeto de la presente invención permite (i) detectar por procedimientos acústicos en la banda de audio (500Hz-20kHz) la existencia de insectos destructores de la madera en estructuras de madera, (ii) estimar su posición espacial bidimensional y (iii) eliminarlos de la zona infectada. El sistema está basado en la utilización de haces electrónicos en la banda acústica de 500Hz a 20kHz, tanto en transmisión como en recepción, estando constituido por una cámara anecoica (12), una plataforma giratoria (13) para la colocación del objeto (11), un conjunto de transductores de recepción constituido por un array de micrófonos (9), un conjunto de transductores de transmisión constituido por un array de altavoces (10), un sistema de amplificación (8), un sistema de preamplificación (7), un módulo de digitalización A/D (5), un módulo de digitalización D/A (6), un equipo de procesado de señal en tiempo real con un DSP (4), un equipo informático de computación (2) y un software con los algoritmos de procesado necesarios para el funcionamiento del sistema (3).

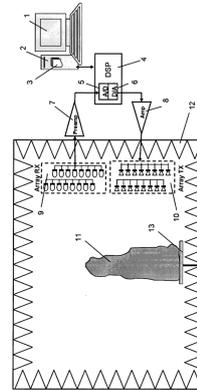


Figura 2

ES 2 380 268 B1

DESCRIPCIÓN

Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera.

5 **Campo de la invención**

La presente invención se enmarca en el campo de la detección y eliminación de insectos que destruyen la madera, y más concretamente en los métodos, sistemas y dispositivos para detectar y eliminar dichos insectos, mediante la utilización de ondas acústicas en la banda de 500 Hz a 20 kHz, previniendo los daños que puedan ocasionar.

10

Estado de la técnica

Los insectos que destruyen la madera, como puede ser el caso de las termitas, la carcoma, y ciertas especies de hormigas, escarabajos y abeja, son animales sociales que viven en colonias, cuyo número puede sobrepasar el millón de individuos. En el caso concreto de las termitas, éstas cavan intrincadas redes de galerías organizadas con el fin de alimentar a la “reina”, ponedora de huevos, que garanticen la próxima generación y, en consecuencia, la supervivencia de la especie. Una colonia puede extenderse en un radio de 1 km. Estos invertebrados se alimentan principalmente de celulosa, por lo que suelen invadir lugares donde existe madera y sus derivados.

15

20

Rara vez se puede observar de forma visual una plaga de este tipo de insectos y si está dañando la madera. Normalmente, para inspeccionar la madera de forma visual, un inspector se fija en signos secundarios ocasionados por una plaga, tales como manchas de humedad. Un método comúnmente empleado en su detección es golpear la superficie de la madera mientras se busca escuchar un sonido característico de la existencia de galerías huecas. Cuando se detecta un área sospechosa, el inspector clava un objeto afilado para romper la superficie de la madera y localizar galerías e insectos. Este método tiene desventajas significativas, comenzando por los daños ocasionados en la madera. Este tipo de métodos de detección no son viables para localizar este tipo de insectos en obras de arte esculpidas en madera, tales como retablos, esculturas, etc. La demanda comercial de métodos no subjetivos y no destructivos para la detección de estos insectos ha originado el desarrollo de numerosas alternativas a estos métodos, pero ninguna de ellas ha satisfecho totalmente dicha demanda.

25

30

Los primeros dispositivos no destructivos para este tipo de detecciones se pueden clasificar en cuatro categorías:

- a) Dispositivos con sensores que detectan la presencia de gases emitidos por los insectos, como el desarrollado por Martin y Tober en la patente nº 6150944.
- b) Dispositivos con sensores acústicos para la detección de sonidos de insectos a frecuencias altas y ultrasónicas, como los desarrollados por Shade en la patente nº 4809554, por Robbins en la patente nº 5285688, por Peng en la patente nº 7385483, o por González en la patente nº WO/2006/128932.
- c) Dispositivos que detectan la destrucción de un cebo, como los desarrollados por Tanaka en la patente nº 5571967 o por Otomo en la patente nº 5877422.
- d) Dispositivos que emplean sensores infrarrojos, como los desarrollados por Peng en la patente nº 7385483 (este dispositivo combina sensores infrarrojos y acústicos), por Otomo en la patente nº 5575105, o por Garretson en la patente nº 5815982.

35

40

45

Tomando como ejemplo el caso concreto de las termitas, los científicos del *Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation* en Canberra, Australia, exponen que lo fundamental para dichos insectos a la hora de comer es el ruido generado cuando mastican lo que encuentran a su paso. A partir de este ruido, de estas vibraciones acústicas, deciden qué pedazos tragar y cuáles no. Las termitas también acuden a las vibraciones acústicas para detectar la presencia de otras especies de termitas en el mismo pedazo de madera y evitar así competir con ellas, ya que cada especie posee un espectro de emisión con una o varias frecuencias portadoras características. El análisis de estas vibraciones en el dominio del tiempo y de la frecuencia permite decidir si existe o no invasión (plaga), y también permite desarrollar instrumentos con los cuales ahuyentar a los insectos sin fumigar, ni destruir la estructura invadida. La base de la lucha contra este tipo de insectos está en la detección y localización de sus colonias. Su rango total de emisión es de 500 Hz a 15 kHz, aunque se centran, sobre todo, en torno a ciertas frecuencias, siendo los 7 kHz la frecuencia en la que se centran las emisiones de las termitas. Este rango de frecuencias de emisión está dentro de la banda acústica (20 Hz a 20 kHz), por lo que estas emisiones pueden detectarse con este tipo de sensores. En vista de estos resultados, los dispositivos basados en detección acústica parecen los más acertados para este fin.

50

55

60

Los sistemas de detección y localización surgen con los sistemas *Radar*. El término *Radar* deriva del acrónimo inglés *RA*dio *D*etection *A*nd *R*anging (detección y medición de distancias por radio). Son sistemas que usan ondas electromagnéticas para medir distancias, altitudes, direcciones y velocidades de objetos estáticos o móviles. Los radares modernos van más allá y se desarrollan para clasificar o identificar blancos (*Skolnik, “Introduction to Radar Systems”. 3ª edición. Mc Graw-Hill International Editions, Electrical Engineering Series, Singapore, 2001*). Equivalentes a este tipo de sistemas están los sistemas *Sodar* (*SONic Detection And Ranging*) y *Lidar* (un acrónimo del inglés *LIght Detection And Ranging*, o también *Laser Imaging Detection And Ranging*), que trabajan con ondas acústicas y láser, respectivamente, en lugar de con ondas de radio.

65

El principio de los sistemas de detección y localización, es que un transmisor envía una señal que rebotará en cualquier blanco que encuentre a su paso (tierra, mar, barcos, aeronaves), y una pequeña cantidad de energía es devuelta al receptor. Después de amplificar las señales en el receptor, las señales se procesan para separar los ecos requeridos, de los no deseados, mediante una combinación de procesamiento electrónico (de señal) y software (procesado de datos).
 5 A partir de estos “ecos” se extrae gran cantidad de información. Cuando estos sistemas emiten señales en la dirección de interés y reciben y almacenan la energía dispersada por los blancos, se dice que estos sistemas son activos. Estos sistemas también pueden ser pasivos, cuando sólo reciben señales emitidas por los blancos en su ambiente natural. En la Figura 1 se muestra el diagrama de bloques general de todo sistema de detección y localización, donde la existencia de los módulos entre paréntesis depende del tipo de sistema con que se trabaje.

10 En el pasado, las antenas eran una parte secundaria en el diseño de un sistema de detección y localización. En ellos, las antenas parabólicas que giran mecánicamente hacia su objetivo, pasaron a ser la representación de tecnologías antiguas, y se pasó a la construcción de arrays de antenas. El array de antenas es un conjunto de antenas sencillas convenientemente excitadas y adoptando distintas geometrías, que obtienen un diagrama de radiación compuesto por
 15 la suma de las señales generadas por cada elemento (*Johnson & Dudgeon “Array Signal Processing” New York Prentice Hall 1993*). Los arrays de sensores se usan frecuentemente en diversos campos de la ciencia y la ingeniería, particularmente cuando el objetivo es el estudio de la propagación de las ondas. Ejemplos de ello son la astronomía (concretamente la radioastronomía), el diagnóstico médico, la comunicación, el radar, el sonar, el sodar, la sismología y la exploración sísmica. El objetivo principal del procesamiento de señal de array es obtener, entre otro tipo de información,
 20 la localización de fuentes.

La conformación de haz (*beamforming*) es una de las herramientas básicas del procesamiento de señal en array. La conformación permite dirigir el haz de radiación/emisión de manera electrónica ajustando, tanto la amplitud y fase de cada elemento que compone el array, como la posición del mismo (*Van Veen & Buckley “Beamforming: a versatile
 25 approach to spatial filtering” IEEE ASSP Magazine April 1988*). Así el sistema se comporta como un filtro espacial que puede barrer el espacio de exploración. El hecho de que el haz se genere de manera electrónica permite desplazarlo de una posición del espacio a otra en cuestión de microsegundos, al tiempo que sobre un mismo conjunto de señales, pueden obtenerse simultáneamente múltiples haces dirigidos.

30 Los arrays, haciendo uso de las técnicas de conformación de haz, permiten la detección de objetos en entornos muy dispares. Empleando arrays formados por sensores acústicos se consigue detectar fuentes sonoras, como las que producen las colonias de estos insectos al comer. A tal efecto esta invención adapta estos sistemas de arrays acústicos al ámbito tanto de la detección como de la eliminación de insectos destructores de la madera.

35 Se han desarrollado sistemas que emplean arrays para la detección de insectos, bien sea empleando microondas, como es el caso de las patentes nº 7176828 y 7057516, desarrolladas por Tirkel y Donskay respectivamente, o empleando arrays acústicos para la detección de gusanos (*Zhang “Acoustic Estimation of Infestations and Population Densities of White Grubs” Journal of Economic Entomology 2003*) o de insectos en productos agrícolas, como la patente nº 5473942, desarrollada por Vick, la patente nº 5616845, desarrollada por Hickling, o el trabajo desarrollado
 40 por Mankin (*Mankin “Acoustic Counting of Adult Insect with Differing Rates and Intensities os Sound Production in Stored Wheat” Journal of Economic Entomology 1997*).

Aunque se han desarrollado muchos sistemas que emplean sensores acústicos para la detección de insectos, y concretamente de termitas, sólo Peng en su patente nº 7429928 hace referencia al empleo de señales acústicas para
 45 modificar el comportamiento de las termitas y conseguir eliminarlas, pero sin emplear arrays acústicos.

Explicación de la invención

La presente invención consiste en un sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la
 50 madera mediante la utilización de un array de micrófonos y altavoces trabajando con señales acústicas. El objetivo de la invención es múltiple: (i) detectar por procedimientos electro-acústicos la existencia de un conjunto de insectos que se hallen en el espacio acotado, en la estructura de madera, a estudio, (ii) estimar la posición bidimensional de la colonia de insectos detectada, (iii) estimar la frecuencia característica de los sonidos emitidos por la colonia detectada y (iv) eliminarla de la estructura a estudio.

55 Se conforma un haz de recepción, es decir, de escucha, para explorar la estructura a estudio (11), situada, preferiblemente, en el campo próximo del array. Mediante un array de micrófonos independientes (9), distribuidos según la geometría mostrada en la Figura 3, se recoge la información sonora obtenida de la exploración de la estructura. La salida de cada uno de los micrófonos, se amplifica (7) y se convierte al dominio digital mediante el módulo de
 60 digitalización A/D (5) perteneciente al equipo de procesamiento de señal en tiempo real (DSP) (4).

El DSP (4) recoge los datos y a partir de un conjunto de algoritmos de procesamiento de señal (2), obtiene la imagen de la estructura de exploración, visualizándola en el monitor (1) del equipo informático (2). Y a la vez calcula la posición de la fuente emisora, es decir, de la colonia de insectos que ha infectado la estructura de madera.

65 A partir de las fuentes detectadas, se calcula su posición, es decir, la posición de las colonias. La presente invención estima la posición de la colonia de insectos en una estructura de madera. Este dato resulta de particular interés tanto para analizar estructuras de dicho material que se encuentren en espacios exteriores, como para el análisis de objetos

de madera de pequeñas y medias dimensiones, como mobiliario doméstico, y otros objetos de madera con un gran valor y antigüedad, tales como obras de arte: esculturas, retablos, artesanados, etc.

Una vez detectada la posición, se estima la frecuencia fundamental emitida por la colonia, mediante una transformada de Fourier discreta.

Sobre la estructura a estudio (11), y concretamente sobre la posición calculada, se emite un haz acústico, a través del array de altavoces (10). Este haz acústico se genera digitalmente en la tarjeta de procesamiento de señal (4), convertido al dominio analógico mediante su módulo de digitalización D/A (6) y con la potencia necesaria suministrada por los amplificadores (8).

Para minimizar los efectos del ruido, se ha optado por interconectar todos los subsistemas de audio mediante cables balanceados con conectores XLR.

El objetivo del haz acústico emitido es eliminar la colonia de insectos de la estructura a estudio. Dicho objetivo se puede obtener de dos formas diferentes:

- Modo de Ahuyentamiento: Se emite un haz con una potencia transmitida que genere un nivel de presión acústica superior a 100 dB en toda la extensión de la colonia y cuya frecuencia tenga un incremento, respecto a la frecuencia fundamental emitida por la colonia de insectos, comprendido entre 100 y 500 Hz. De esta manera se emula la existencia de otra colonia más numerosa en la estructura, por lo que la colonia detectada deberá abandonarla.
- Modo destructivo: Se emite un haz acústico focalizado en la extensión de la colonia, con una potencia transmitida que genere un nivel de presión acústica superior a 180 dB en toda la extensión de la colonia y cuya frecuencia este comprendida entre 18 kHz y 20 kHz. Dicho haz elevará la temperatura de la zona seleccionada, matando los insectos que se encuentren en ella. Al emplear un haz muy focalizado, las zonas colindantes se mantienen a una temperatura moderada, no se ven afectadas por este aumento de la temperatura, por lo que no sufren ningún tipo de daño.

La presente invención, como elemento clave diferenciador, trabaja en la banda acústica (500 Hz-20 kHz), lo que permite trabajar con transductores de amplia difusión y equipos de adquisición y procesamiento del segmento bajo-medio, que posibilitan un coste reducido de producción, y por tanto un alto índice de penetración en el mercado. Otro elemento clave de esta invención es el empleo de arrays acústicos, no solo en la detección de las colonias de insectos destructores de la madera, sino en la eliminación de las mismas de la estructura infectada. Además, esta invención emplea de técnicas no destructivas, algo imprescindible en su ámbito de aplicación, como es el análisis de la salud de estructuras y objetos de madera situados en espacios exteriores, como puede ser la estructura de viviendas construidas en madera o troncos de determinados árboles y plantas.

El último elemento importante del sistema es una cámara anecoica que simula una situación de campo abierto, ofreciendo un mayor control del haz acústico, y permitiendo, en un espacio cerrado, el análisis de objetos de madera de dimensiones medias y/o reducidas. Dichos objetos de madera pueden ser tanto obras de arte de gran valor y antigüedad realizadas en madera, como esculturas, retablos, artesanados, etc., como mobiliario y estructuras domésticas realizadas en madera, como sillas, mesas, armarios, puertas, ventanas y sus respectivos marcos, etc.

Descripción detallada de la invención

La presente invención permite medir la posición bidimensional, de una colonia de insectos dentro de una estructura de madera. La posición bidimensional se obtiene estimado la dirección de llegada de la señal recibida, en función de sus dos componentes denominadas Azimut y Elevación. Para la obtención de esta información la invención utiliza las técnicas de procesamiento en array, concretamente las de conformación de haz.

La calidad del sistema estará determinada por la Probabilidad de detectar una colonia cuando está presente (Pd) y por la Probabilidad de falsa alarma (Pfa), es decir la probabilidad de determinar la existencia de una colonia que no existe.

El elemento clave de la invención en la funcionalidad de detección es el array de micrófonos (Fig. 2-9), que a partir del desfase/retardo con el que se reciben las señales permite detectar la posición de la colonia de insectos en función del ángulo de llegada de las señales. El número y posición de los micrófonos, junto con el procesamiento de conformación, determinan la respuesta del array de micrófonos.

El array de micrófonos (Fig. 2-9) va sondeando la estructura a explorar por medio de unos haces que la van recorriendo (Figura 6), y así recoge las señales recibidas, obteniéndose una señal por cada micrófono. Estas señales son preamplificadas mediante un sistema de preamplificación (Fig. 2-7).

En este punto las señales son digitalizadas a través de los convertidores A/D (Fig. 2-5) que posee la tarjeta DSP (Fig. 2-4). El retardo que pudiera ser introducido por el convertor A/D entre canales, junto con la frecuencia de muestreo real empleada serán parámetros a utilizar en los bloques de procesamiento de señal de la invención.

Para minimizar los efectos del ruido, se interconectan todos los subsistemas de audio mediante cables balanceados con conectores tipo canon, concretamente con conectores XLR.

A partir de las señales digitalizadas y almacenadas del array de micrófonos, se realizan un conjunto de técnicas encaminadas a la detección y estimación de la posición de las colonias de insectos. En primer lugar, se procesan las señales recibidas a través de un filtro digital paso-banda, que mejora las prestaciones del filtrado analógico, así como compensa las imperfecciones del mismo. La invención selecciona la longitud y respuesta en frecuencia. A continuación se demodulan las secuencias filtradas a banda-base, mediante la multiplicación por una señal exponencial compleja y un filtrado discreto paso-bajo, obteniéndose las componentes en fase y en cuadratura de las secuencias.

En este punto, la invención implementa un conformador multihaz, generándose varios haces de procesado, estableciendo el ángulo de apuntamiento para cada uno de ellos, así como su diagrama de radiación. Para ellos desfasa adecuadamente las secuencias, al tiempo que las pondera a través de un conjunto de pesos y realiza su sumatorio. Esta operación se realiza de forma independiente para cada haz. El número de haces, determina la resolución angular del sistema. Con varios haces se explora la estructura mucho más rápido, reduciendo el tiempo de exploración y con ello el coste del estudio. Estos haces se generan de tal forma que se cortan a 3 dBs (Figura 8).

Las señales obtenidas en cada haz de recepción, se procesan a través de un banco de filtros adaptados a la señal que simula las emisiones que producen los insectos al comer. Este filtro maximiza la relación señal a ruido y permite maximizar la calidad final del sistema (Pd, Pfa).

Para la detección de las colonias, la invención explota el hecho de que el diagrama de radiación del haz es conocido, puesto que la disposición de los elementos del array (Figura 3-1), así como los desfases y pesos aplicados en la conformación está bajo el control de la invención. Este array de micrófonos es un array planar basado en el array de redundancia cero (*Moffet, "Minimum Redundancy Linear Arrays", IEEE Transactions on Antennas and Propagation, 1968*) de 4 elementos (Figura 4-1). El array empleado en esta invención es un array planar con cada uno de sus lados compuesto por un array lineal de 4 elementos de redundancia cero, distribuidos de tal manera que el array planar es simétrico con respecto a sus dos diagonales (Figura 4-2).

Una colonia de insectos, situada en la posición de escucha de un haz, emite energía en ese haz y en menor medida fuera del mismo, de forma que un sistema clásico de detección, determinaría la existencia de una colonia basándose en umbrales. Esta invención establece unos parámetros de umbral muy estrictos para evitar posibles situaciones de error, de manera que el sistema toma como correcta la posición sobre la que se ha detectado una mayor energía.

La frecuencia fundamental emitida por la colonia, se calcula mediante una transformada de Fourier discreta, de 4096 puntos, que permita obtener una resolución frecuencia inferior a 25 Hz. Esta transformada se implementa mediante el algoritmo FFT.

Posteriormente, mediante el módulo de Generación de imagen se representa en el monitor del equipo informático (Fig. 2-1) una representación bidimensional, con la posición de la(s) fuente(s) detectada(s) (Figura 10), expresada en coordenadas cartesianas.

La transmisión del haz se realiza a partir de un array de altavoces (Fig. 2-10). Este array de altavoces es el elemento clave de la invención en la funcionalidad de eliminación de las colonias de insectos.

La señal transmitida está formada por un haz dirigido a la posición que ocupa la colonia detectada, a partir de las mismas técnicas de procesado en array empleadas en el array de detección (Figura 7). La generación del haz transmitido se realiza en el equipo de procesado en tiempo real, en el DSP (Fig. 2-4), se convierte en una señal analógica mediante el módulo de digitalización D/A que incluye (Fig. 2-6), se amplifica mediante el sistema de amplificación de potencia (Fig. 2-8) y finalmente se radia a través del array de altavoces (Fig. 2-10).

El array de altavoces empleado en la eliminación de los insectos (Figura 3-2) tiene una geometría equivalente a la del array de micrófonos. La única diferencia entre ellos, es que uno es la imagen especular del otro. Esta diferenciación permite ensamblar ambos arrays de tal forma que ocupen un menor espacio y estén más centrados (Figura 5), formando un o sistema más compacto.

El sistema de amplificación permite generar un haz que genere un nivel de presión acústica superior a 100 dB en toda la extensión de la colonia. Este haz se emite a una frecuencia diferente (incremento frecuencial comprendido entre 100 y 500 Hz) a la que emite la colonia detectada en la estructura, manteniéndose dentro de la banda de emisión de estos insectos (500 Hz-10 kHz), de este modo los insectos presentes en la estructura interpretarán dicho sonido como la presencia de otra colonia más numerosa que la suya. Los insectos de la estructura acabarán so abandonando la misma, siguiendo la pauta de comportamiento que se ha observado en los estudios que se han realizado sobre los mismos.

Otra forma de eliminar la colonia de insectos detectada que puede emplearse en esta invención es mediante la transmisión de un haz, que genere un nivel de presión acústica superior a 180dB, con una frecuencia comprendida entre 18 kHz y 20 kHz, focalizado hacia la posición calculada para la colonia. Este haz se consigue sumando de manera coherente la potencia de cada uno de los canales de transmisión, es decir de cada uno de los altavoces. Dicho haz eleva

la temperatura de la zona infectada, matando los insectos que se encuentren en ella. Las zonas colindantes a la zona donde se encuentran los insectos no se ven afectadas por el aumento de la temperatura, gracias a que el haz empleado esta focalizado. Este tipo de procedimiento está siendo usado en múltiples tratamientos contra el cáncer. Con él se consigue eliminar la zona afectada por el tumor cancerígeno, sin afectar a los órganos colindantes (*Kluiwstra "Therapeutic ultrasound phased arrays: practical conservation and design strategies" IEEE Ultrasonics Symposium 1996*, *Vlastos "Minimally Invasive Approaches for Diagnosis and Treatment of Early-Stage Breast Cancer" The Oncologist 2007*, *Daum "Theoretical design of a spherically sectioned phased array for ultrasonic surgery of the liver" European Journal of Ultrasound 1999*). Al igual que para el campo medico, este procedimiento se emplea en el ámbito militar, concretamente en sistemas antimisiles, basados en inutilizar los misiles aumentando la temperatura de su cabeza con un haz de microondas (*Pinhasi et al. "Efficient electrostatica-accelerator free-electron massers for atmospheric power beaming" IEEE Transactions on Plasma Science 1996*).

La presente invención tiene asociada una cámara anecoica (Fig. 2-12) donde se introduce la estructura a análisis (Fig. 2-11), produciéndose en su interior tanto el proceso de detección como el de eliminación de insectos. Esta cámara evita las reflexiones de las señales acústicas generadas en el proceso, simulando que el mismo se realiza en un espacio abierto, permitiendo controlar los haces con precisión.

En base al espacio y coste asociados a la cámara se emplean unas dimensiones de la misma de 5 metros de largo, 3 metros de ancho y 2.5 de alto, por ser un tamaño adecuado para su construcción dentro de un laboratorio. En la Figura 9-1 puede verse el alzado (figura superior izquierda), el perfil (figura superior derecha) y la planta (figura inferior izquierda) de esta cámara anecoica. Gracias a su tamaño moderado, el coste asociado a la misma es reducido en comparación con las cámaras anecoicas comerciales.

Dicha cámara está revestida de cuñas, o pirámides, acústicas con una frecuencia de corte de 500 Hz, en base a las frecuencias de trabajo de la invención. Para esta frecuencia de corte, las dimensiones de las pirámides son de 50x50x170 mm (Figura 9-2).

En el interior de la cámara anecoica existe una plataforma giratoria (Fig. 2-13) que permite el análisis de la totalidad de la superficie del objeto de madera. Este análisis permite dar una idea de la profundidad a la que se encuentra la colonia de insectos en el objeto, y así decidir en que posición es más conveniente colocar dicho objeto para efectuar sobre él el proceso de eliminación de los insectos.

La plataforma giratoria no es fija, por lo que puede colocarse a cualquier distancia del array de micrófonos, para conseguir trabajar con los haces en campo lejano, sea cual sea la frecuencia de trabajo empleada.

La presente invención es de utilidad para la detección y eliminación de insectos destructores de la madera en los siguientes ámbitos:

a) análisis de la salud de estructuras y objetos de madera situados en espacios exteriores, como la estructura de viviendas de madera, o los troncos de determinados árboles y plantas,

b) análisis de obras de arte de gran valor y antigüedad realizadas en madera, como esculturas, retablos, artesanados, etc.,

c) análisis de mobiliario y estructuras domésticas realizadas en madera, como sillas, mesas, armarios, puertas, ventanas y sus respectivos marcos, etc.

Enunciado de las figuras

Figura 1: Esquema general del comportamiento de un sistema de detección y localización.

Figura 2: Esquema general de la invención.

Figura 3-1: Topología del array planar de micrófonos empleado en la invención.

Figura 3-2: Topología del array planar de altavoces empleado en la invención.

Figura 4-1: Array de redundancia cero de 4 elementos.

Figura 4-2: Simetría de los arrays de la invención con respecto a sus diagonales.

Figura 5: Esquema del montaje de los dos arrays de la invención (micrófonos y altavoces) en la misma estructura.

Figura 6: Diagrama del proceso de escucha empleado en la detección de los insectos.

Figura 7: Diagrama del proceso de transmisión empleado en la eliminación de los insectos.

Figura 8: Corte de los haces generados a 3 dB.

Figura 9-1: Medidas de la cámara anecoica de la invención.

Figura 9-2: Medidas de las pirámides acústicas empleadas en la cámara anecoica de la invención.

5 Figura 10: Imagen bidimensional de la detección.

Figura 11: Ejemplo de escenario de prueba.

10 Ejemplo de realización de la invención

15 La propia Figura 2 sirve para ilustrar una materialización de la invención. Se ha empleado un ordenador personal del tipo PC AMD a 1 GHz (2), sobre el cual se encuentra una tarjeta de procesamiento de señal (4) basada en el procesador M6713 e Innovative Integrations, que integra un controlador PCI implementado a través de su FPGA. Dicha tarjeta consta de 2 tarjetas omnibus SD16 con 16 parejas de convertidores A/D D/A de 18 bits y 48 k muestras/s. Estos módulos SD16 se emplean para la entrada y salida de datos, y los dispositivos de entrada y salida se han controlado con threads independientes.

20 En el ordenador se encuentra el software (3) necesario para controlar los distintos dispositivos y realizar la visualización de la imagen y trayectorias obtenida así como los programas de procesamiento de señal que se cargan y ejecutan en la tarjeta de procesamiento de señal. Para la comunicación y control del DSP se ha empleado la librería Malibu, que, por un lado, facilita la abstracción de hardware mediante una abstracción software y, por otro, proporciona comunicación entre el DSP y el PC y control básico de la ejecución de los programas en el DSP.

25 El array de micrófonos, está constituido por 16 micrófonos de estudio Behringer C2, con diagrama omnidireccional. El sistema de preamplificación (7) se ha construido a partir de 2 preamplificadores SM PRO AUDIO EP84 de 8 canales. Se han empleado 2 mangueras de 8 cables de 6 metros, con conectores XLR_macho-XLR_hembra para la conexión de los micrófonos con los preamplificadores, y otras 4 mangueras de 8 cables, de 1,5 metros, con conectores XLR_macho-BNC, para la conexión de los preamplificadores con el panel de entrada del sistema A/D del DSP.

30 El array de altavoces (10) está formado por 16 tweeter HPC de 150 W (5 k-25 k), con una impedancia de 91 dB @ 1 w/1 m, alimentados por 16 amplificadores T.AMP S75 con una potencia de 2x45 W (8). Se han empleado 16 cables de 6 metros, de par bifilar, para conectar los tweeters a la salida de los amplificadores, y 2 mangueras de 8 cables de 1.5 metros, con conectores XLR_hembra-BNC, para la conectar la entrada de los amplificadores con el sistema D/A del DSP.

35 Los arrays empleados son arrays planares (Figura 3) basados en los arrays de redundancia cero, de 4 elementos, empleando una separación unidad entre sensores de $\lambda/2$.

40 Finalmente el recinto de ensayo seleccionado (Figura 11) es una cámara anecoica de medidas: 3 metros de ancho por 5 metros de largo y una altura de 2,5 metros. El sistema de arrays de micrófonos y de altavoces, está colocado, mediante un soporte regulable en altura y profundidad en el origen de coordenadas (x-y), a una altura de 110 cm.

45 Se ha seleccionado un escenario constituido por un objeto de madera infectado por una colonia de termitas, posicionado el centro de la misma en el punto $x = 1,5$ m e $y = 0,7$ cm, y a 2 m de distancia de los arrays, tal y como se refleja en la Figura 11. Dicha colonia de termitas emite sonidos a una frecuencia de 7,2 kHz.

El pulso de transmisión es una onda sinusoidal de frecuencia 7,2 kHz, enventanada con un pulso rectangular de duración 1 ms. Los haces están distribuidos espacialmente e interseccionan a 3 dB de potencia.

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera, que consiste en la utilización de haces electrónicos en la banda acústica de 500 Hz a 20 kHz, tanto en transmisión como en recepción, **caracterizado**
10 por una cámara anecoica (12), una plataforma giratoria para la colocación del objeto (13), un conjunto de transductores de recepción constituido por un array de micrófonos (9), un conjunto de transductores de transmisión constituido por un array de altavoces (10), un sistema de amplificación (8), un sistema de preamplificación (7), un módulo de digitalización A/D (5), un módulo de digitalización D/A (6), un equipo de procesado de señal en tiempo real con un DSP (4), un equipo informático de computación (2) y un software con los algoritmos de procesado necesarios para el funcionamiento del sistema (3).

15 2. Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera, según reivindicación 1, **caracterizado** por emplear la conformación multihaz en recepción para la detección y estimación bidimensional de las colonias de insectos destructores de la madera.

20 3. Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera, según reivindicación 1, **caracterizado** por emplear como método de ahuyentamiento de la colonia, la conformación multihaz en transmisión para emitir un haz acústico focalizado en la extensión de la colonia, con una potencia transmitida que genere un nivel de presión acústica superior a 100 dB en toda la extensión de la colonia y cuya frecuencia tenga un incremento, respecto a la frecuencia fundamental emitida por la colonia de insectos, comprendido entre 100 y 500 Hz.

25 4. Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera, según reivindicación 1, **caracterizado** por emplear como método de eliminación de la colonia, la conformación multihaz en transmisión para emitir un haz acústico focalizado en la extensión de la colonia, con una potencia transmitida que genere un nivel de presión acústica superior a 180dB en toda la extensión de la colonia y cuya frecuencia este comprendida entre 18 kHz y 20 kHz.

30 5. Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera, según reivindicación 1, **caracterizado** por emplear arrays planares basados en el array lineal de redundancia cero de 4 elementos, dispuestos de tal manera que el array planar es simétrico con respecto a ambas diagonales.

35

40

45

50

55

60

65

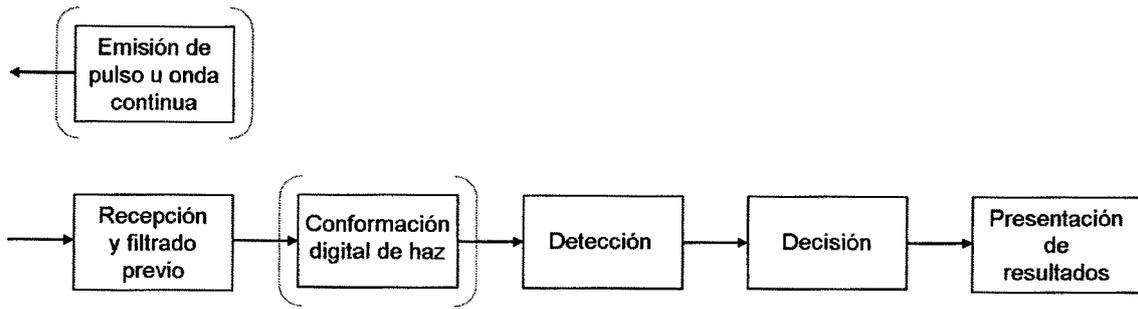


Figura 1

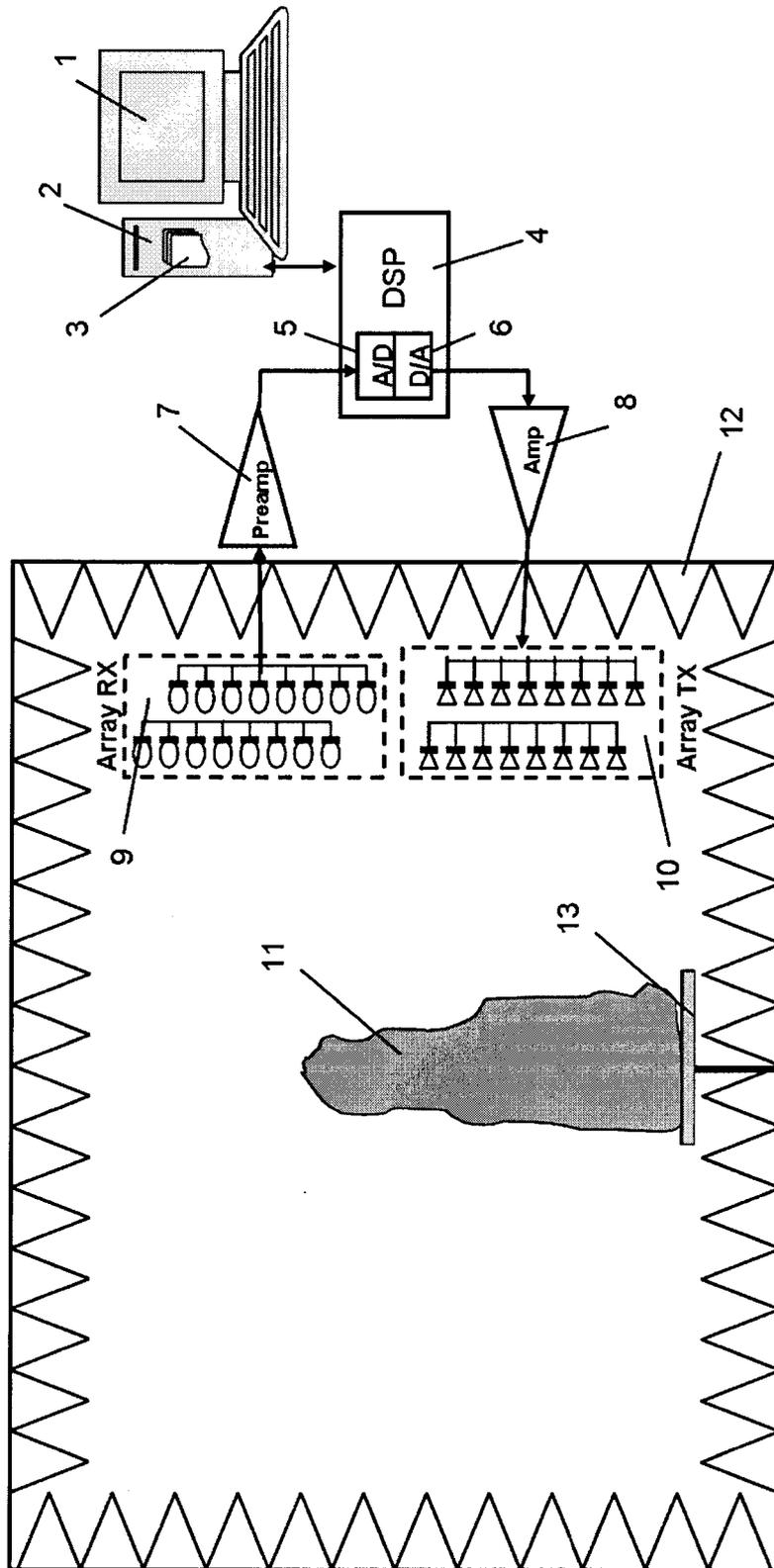


Figura 2

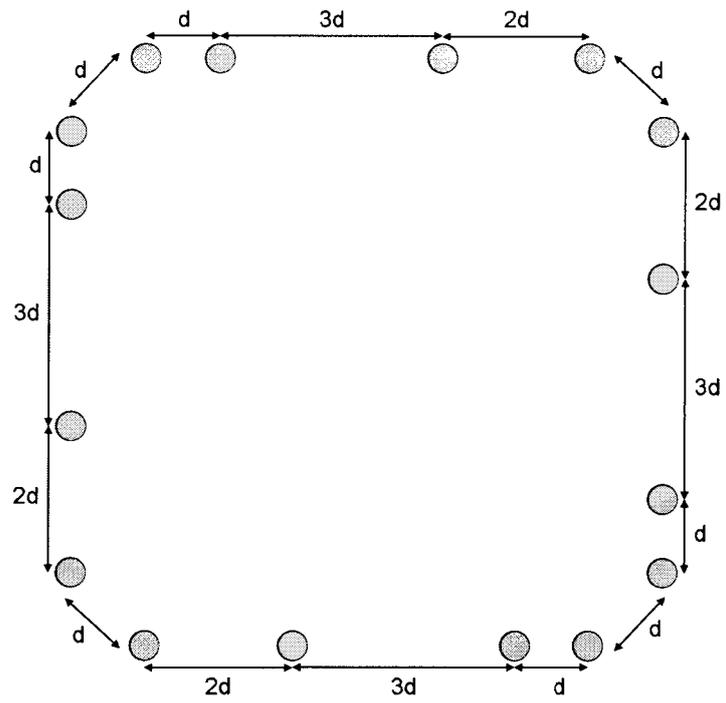


Figura 3-1

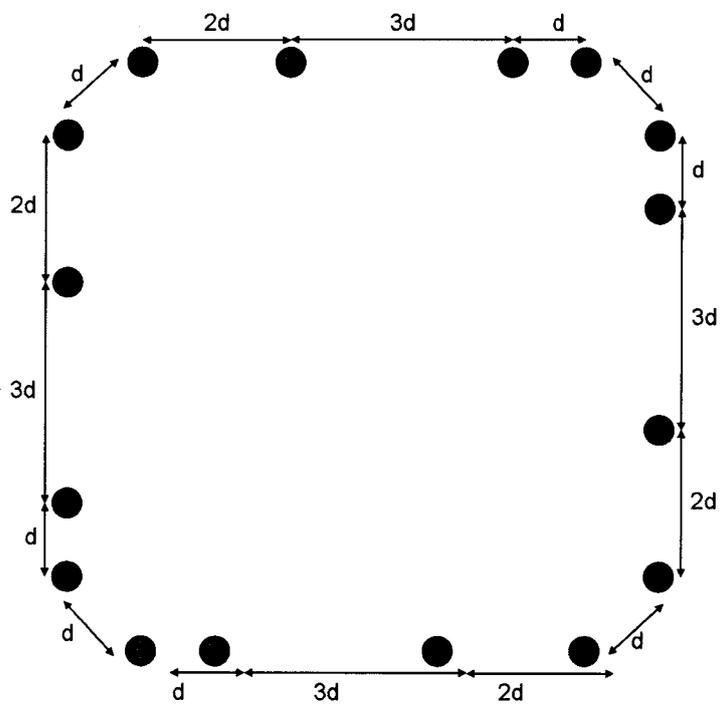


Figura 3-2

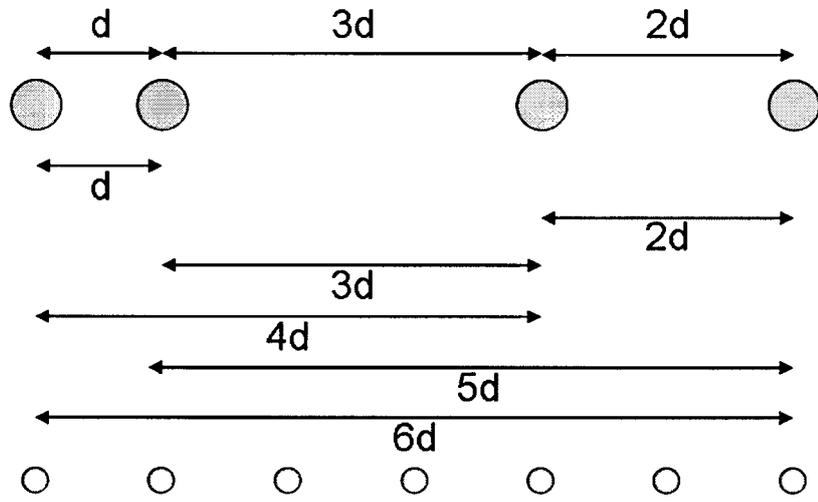


Figura 4-1

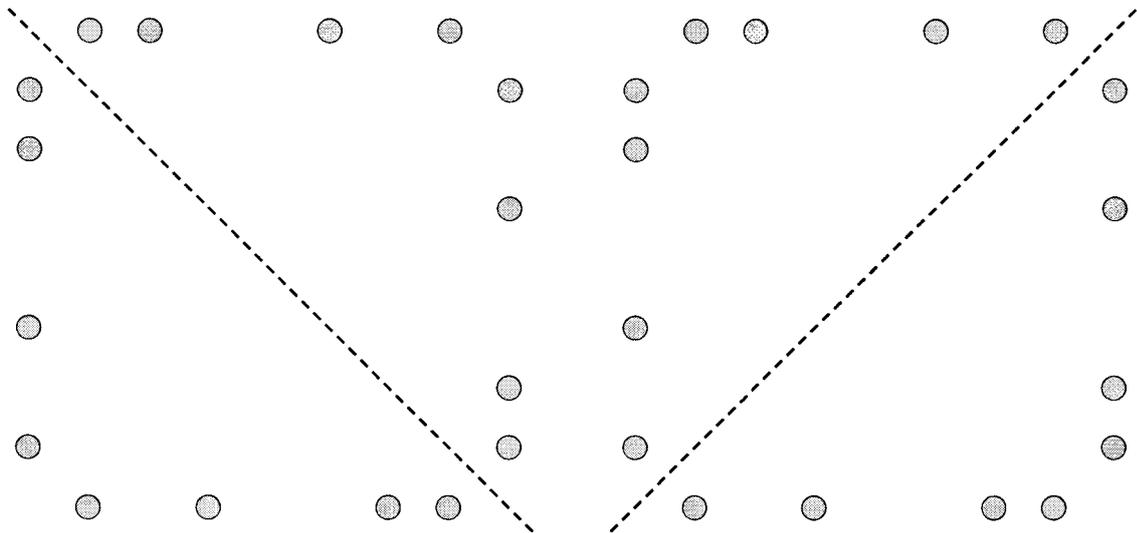


Figura 4-2

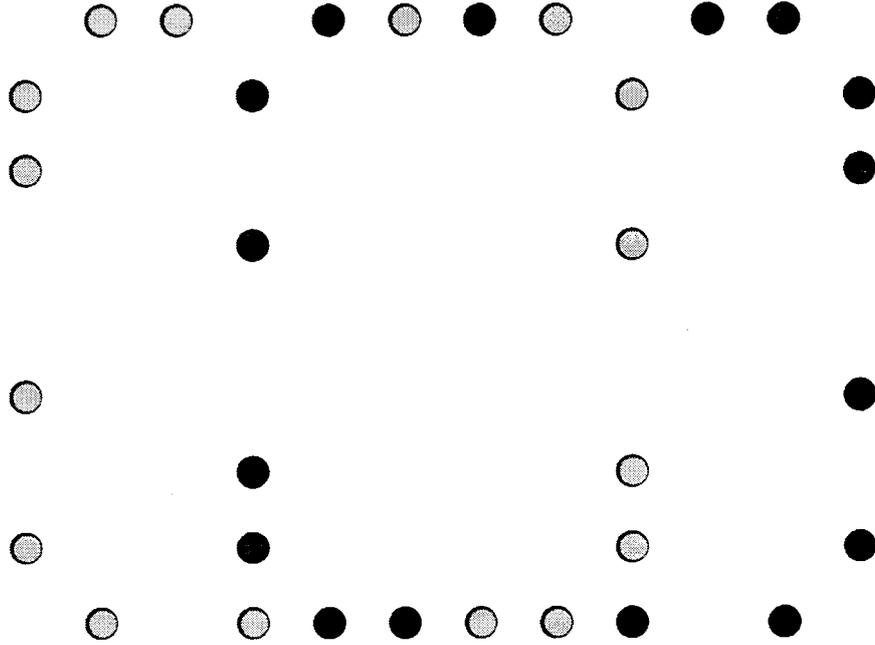


Figura 5

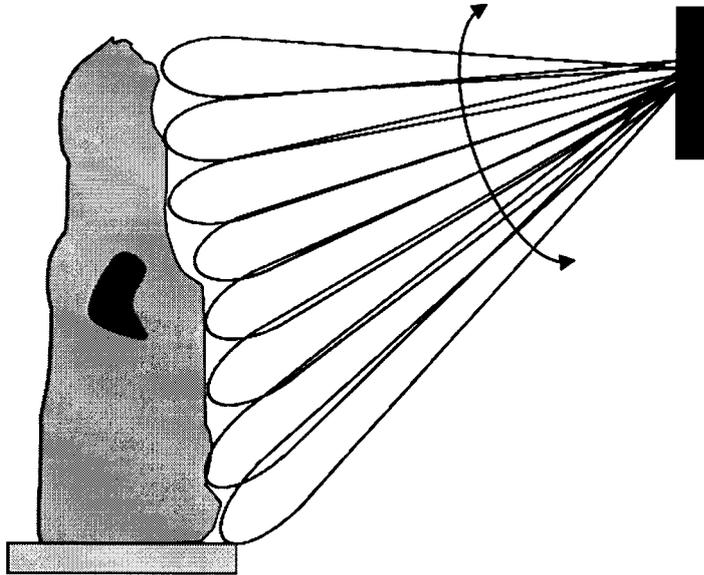


Figura 6-1

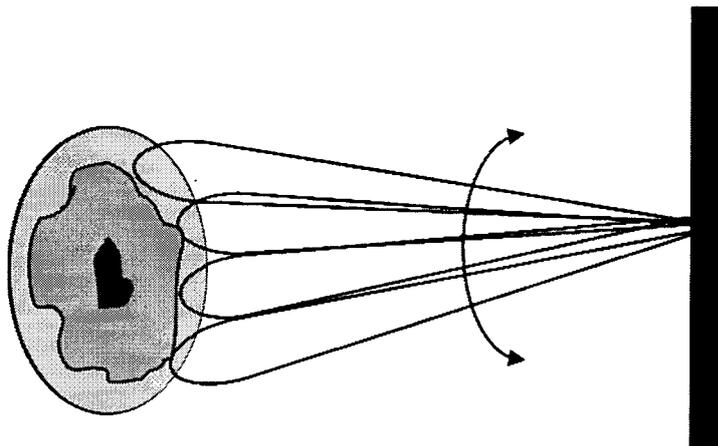


Figura 6-2

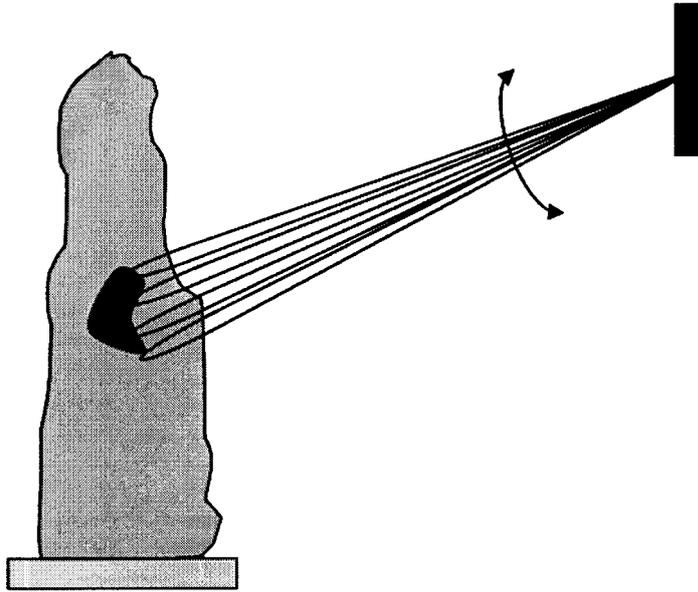


Figura 7-1

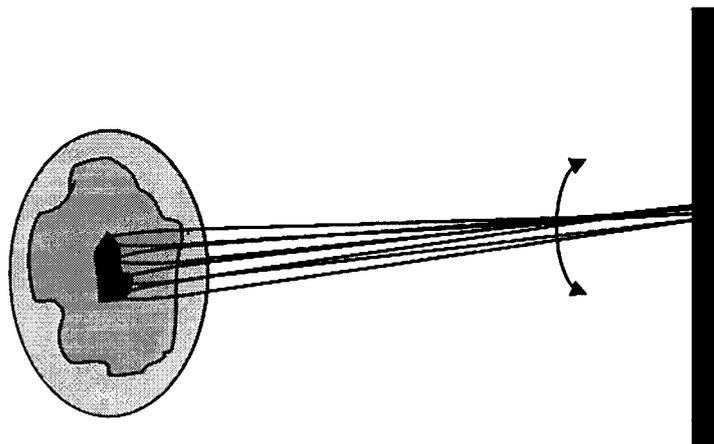


Figura 7-2

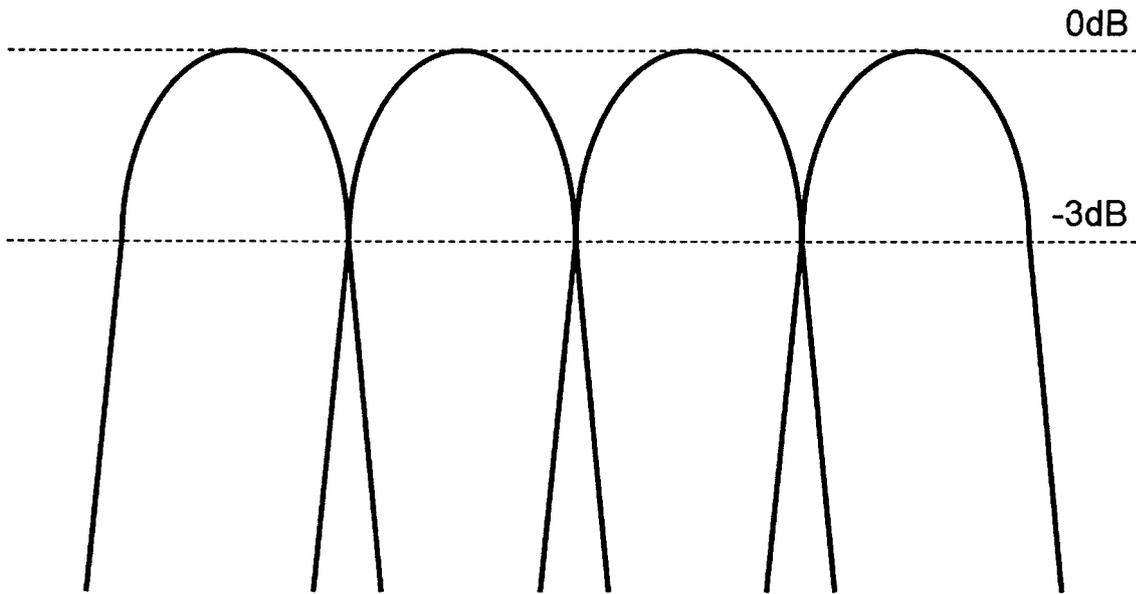


Figura 8

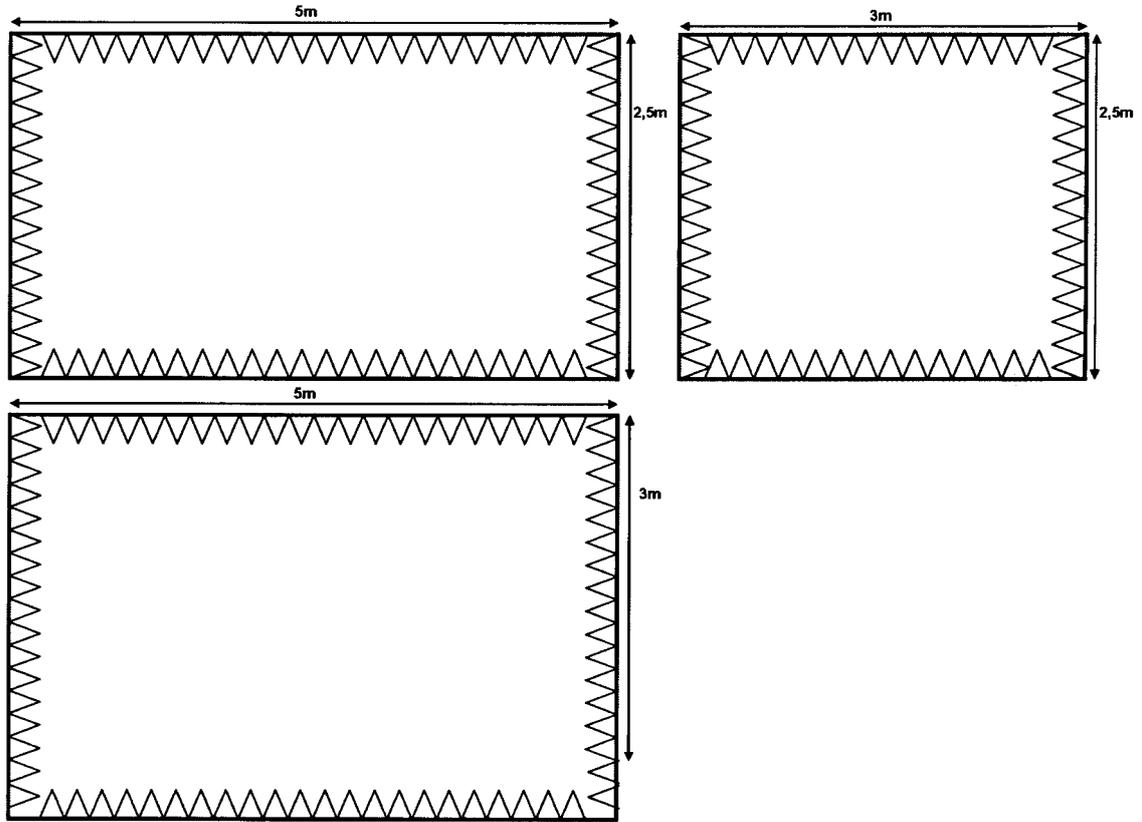


Figura 9-1

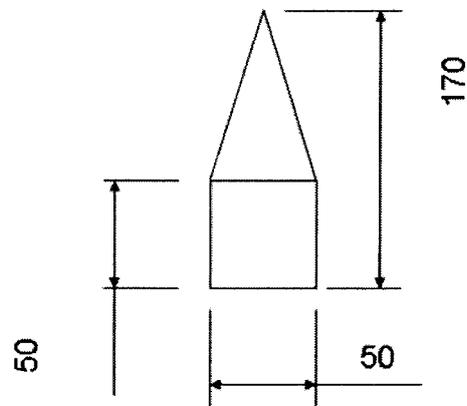


Figura 9-2

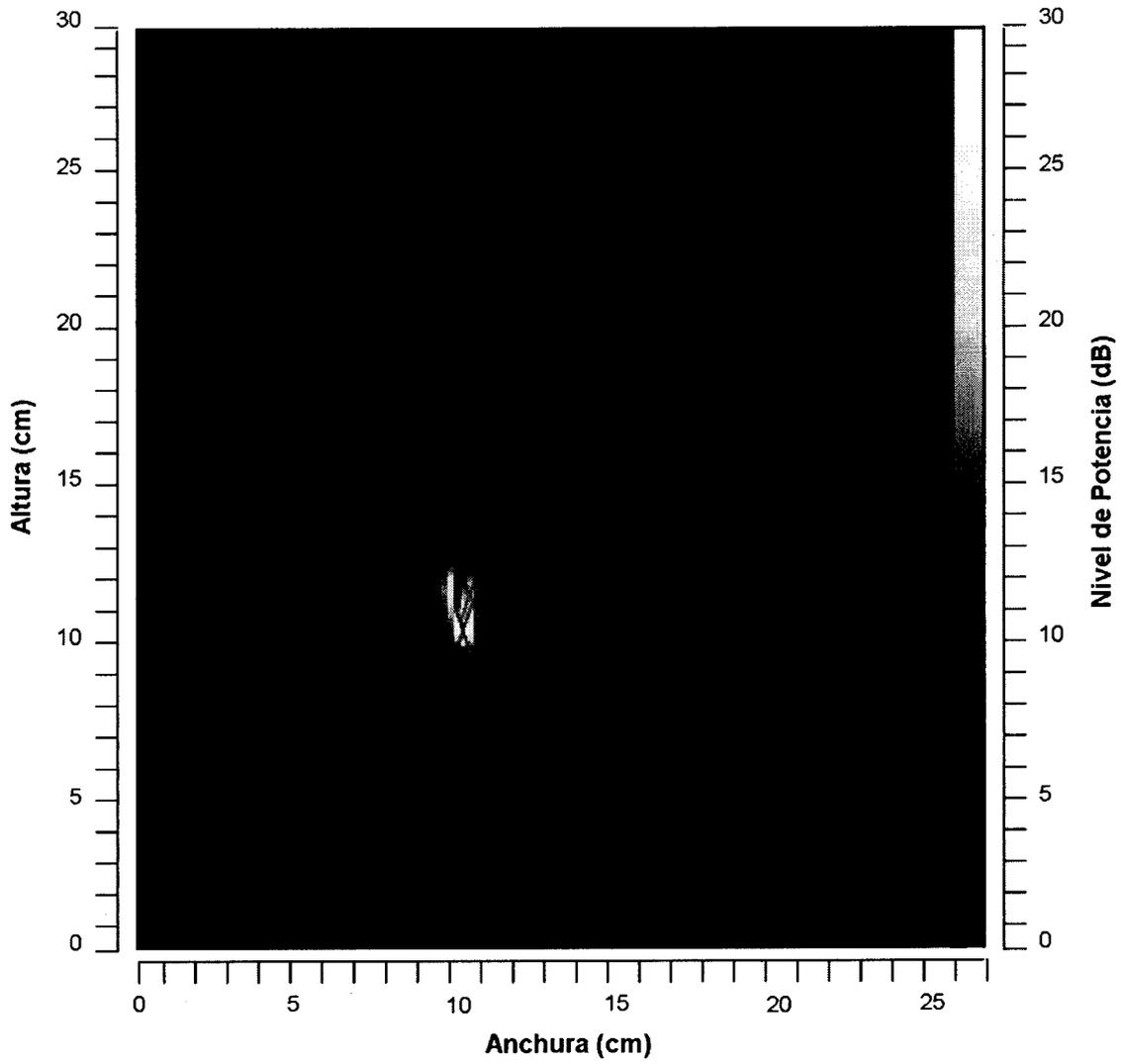


Figura 10

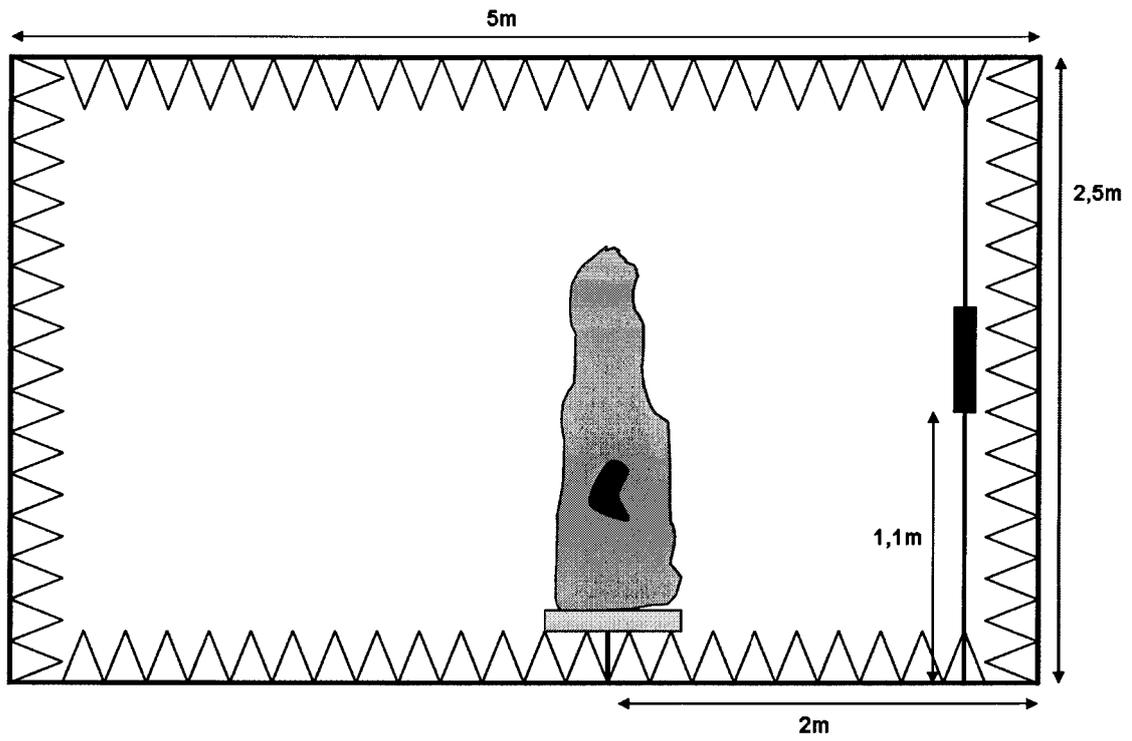


Figura 11-1

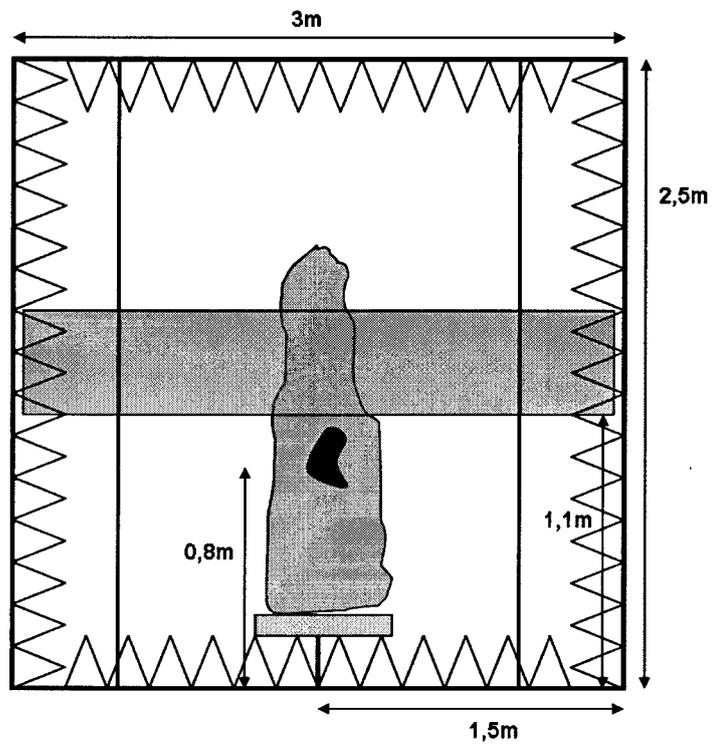


Figura 11-2



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

②① N.º solicitud: 200901666

②② Fecha de presentación de la solicitud: 29.07.2009

③② Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤① Int. Cl.: **A01M1/22** (2006.01)
G01H11/06 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 2006028345 A1 (LEE PENG) 09/02/2006, párrafos [0027 - 0030]; párrafo [0038]; párrafos [0056 -0058]; párrafo [0079]; párrafo [0084]; resumen.	1, 3-5
Y	US 2006028345 A1 (LEE PENG) 09/02/2006, párrafos [0027 - 0030]; párrafo [0038]; párrafos [0056 -0058]; párrafo [0079]; párrafo [0084]; resumen.	2
Y	US 5285688 A (ROBBINS WILLIAM P ET AL.) 15/02/1994, resumen.	2
A	GB 705921 A (MARCELLE FLEISCHMANN FOUNDATIO) 24/03/1954, todo el documento.	1-5

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
25.04.2012

Examinador
D. Cavia del Olmo

Página
1/5

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

A01M, G01H

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

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 25.04.2012

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-5	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones	SI
	Reivindicaciones 1-5	NO

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 2006028345 A1 (LEE PENG)	09.02.2006
D02	US 2006028345 A1 (LEE PENG)	09.02.2006
D03	US 5285688 A (ROBBINS WILLIAM P et al.)	15.02.1994
D04	GB 705921 A (MARCELLE FLEISCHMANN FOUNDATIO)	24.03.1954

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

Se considera D01 el documento del estado de la técnica más próximo al objeto de la solicitud reivindicado. Siguiendo la redacción de la reivindicación independiente D01 describe lo siguiente:

Sistema acústico de detección y eliminación de insectos destructores de la madera basado en el uso de un array de sensores acústicos (ver párrafo [0057]) capaz de detectar sonidos en la banda acústica de 100 Hz a 15 kHz aproximadamente (ver párrafo [0023]) constituido, entre otros, por los siguientes elementos técnicos (ver párrafos [0024] y [0025]):

- Micrófono
- Sistema de amplificación acoplado al micrófono
- Conversor de la señal analógica en señal digital para facilitar su posterior comparación.
- Sistema de reconocimiento y procesado de sonidos que incluye una base de datos de sonidos previamente identificados y el software correspondiente con los algoritmos de procesado necesarios para el funcionamiento del sistema (ver figuras 6 y 7).
- El sensor puede estar rodeado por una sustancia o elemento que atenúe, minimice o elimine el sonido ambiente (ver párrafo [0023]).

El sistema acústico descrito en D01 puede configurarse en recepción de modo que se detecta e identifica el sonido emitido por las colonias de insectos (ver párrafos [0027], [0056] y [0058]). La localización de los insectos en el interior de la madera se realiza en primer lugar mediante un escáner térmico y, posteriormente, mediante el uso del sensor acústico, se acaba de precisar la localización exacta de la colonia (ver resumen).

Señales acústicas pueden ser emitidas con el fin de repeler la presencia de los insectos, inducirlos a entrar en una trampa para su destrucción o actuar de manera autodestructiva. Las características concretas de la señal acústica que se debe emitir dependen del tipo de estructura y la localización concreta de los insectos en ella. En D01 se hace mención a estudios de laboratorio que emplean una frecuencia entre 100Hz y 4000Hz (ver párrafos [0030], [0038], [0057], [0079] □ [0084]).

Con respecto a la reivindicación independiente, y teniendo en cuenta el contenido de D01, se concluye que las principales diferencias entre D01 y R1 son las que se comentan a continuación:

- En D01 no se hace mención explícita a la existencia de una cámara anecoica. Sin embargo, sí se resalta la importancia de que el sensor pueda estar rodeado por una sustancia o elemento que atenúe, minimice o elimine el sonido ambiente. Se considera que, partiendo de esta necesidad de aislamiento acústico planteada en D01, la elección de una cámara anecoica resultaría una opción de diseño evidente para el experto en la materia que no implica por sí misma ningún grado de actividad inventiva.

- En D01 no se hace mención a una plataforma para la colocación del objeto de madera del cual se desea eliminar los insectos. Se considera que ésta es una opción de diseño que no implica por sí misma ningún grado de actividad inventiva y que el experto en la materia seleccionaría en función de las características (tamaño, peso, etc) del objeto de madera en cuestión.

- En D01 no se hace mención explícita a un módulo de digitalización D/A para convertir al dominio analógico el haz acústico emitido. De nuevo se considera que ésta es una característica de diseño que el experto en la materia consideraría en el caso en cuestión y que no aporta en sí misma ningún grado de actividad inventiva que contribuya a la resolución del problema técnico planteado.

El resto de elementos técnicos reivindicados en R1 se encuentran descritos en D01 donde desarrollan la misma función técnica que se les atribuye en R1. Por tanto, en base a lo anterior, se concluye que R1 carece de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

Por lo que respecta a la reivindicación dependiente número 2, la diferencia existente entre R2 y D01 consiste en que, en D01 la estimación bidimensional de la localización exacta de la colonia de insectos dentro de la madera se realiza no solo mediante el uso de un sistema acústico sino empleando previamente un escáner térmico. El efecto técnico que se deriva de esta diferencia se traduce en que el sistema propuesto en la solicitud de patente objeto de estudio es mucho más sencillo que el propuesto en D01 que combina dos técnicas (sonora y térmica) diferentes. Sin embargo, el uso de sistemas exclusivamente acústicos para la localización de colonias de insectos en la madera es habitual en el sector técnico en cuestión tal y como se refleja en el documento D02 (ver resumen). Por tanto, en base al contenido de los documentos D01 y D02 se concluye que R2 carece de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 de la Ley de Patentes puesto que el experto en la materia intentaría combinar el contenido de ambos documentos al objeto de obtener el resultado técnico reivindicado en R2 y sin la aplicación de ningún grado de actividad inventiva.

Por lo que respecta a las reivindicaciones dependientes números 3 y 4, que reivindican la emisión de sonido para ahuyentar o eliminar las colonias de insectos (en una frecuencia y presión acústica determinadas para cada uno de los casos), se considera que éstas carecen de actividad inventiva puesto que D01 también hace mención del uso de ondas sonoras a efectos de ahuyentar o eliminar colonias de insectos. En cuanto al rango específico de frecuencia o presión acústica a emplear en cada uno de los casos, si bien en D01 no se especifica, sí se especifica que dependen del tipo de estructura y la localización concreta de los insectos en ella. Por tanto, se considera que los rangos de frecuencias y presión acústica reivindicados en R3 y R4 son opciones de diseño que el experto en la materia consideraría en el caso en cuestión por lo que R3 y R4 carecen de actividad inventiva en el sentido del artículo 8.1 de la Ley de Patentes.

Por lo que respecta a R5, se considera que el elemento técnico que introduce (disposición concreta de emisores y receptores) es una mera opción de diseño que no reviste por sí misma ningún grado de actividad inventiva y que el experto en la materia consideraría para el caso en cuestión.

El documento D03 es representativo del estado de la técnica en el sector.