

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 384**

21 Número de solicitud: 201631352

51 Int. Cl.:

A01D 46/26 (2006.01)

12

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN

B2

22 Fecha de presentación:

20.10.2016

43 Fecha de publicación de la solicitud:

16.05.2017

Fecha de concesión:

16.05.2018

45 Fecha de publicación de la concesión:

23.05.2018

73 Titular/es:

**UNIVERSIDAD DE MÁLAGA (100.0%)
Avenida Cervantes, N°2
29071 Málaga (Málaga) ES**

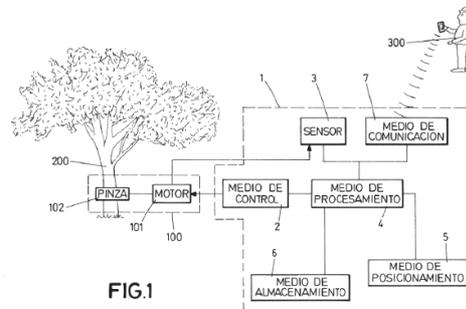
72 Inventor/es:

**GARCÍA GONZÁLEZ, Antonio Luis;
AGUILERA GARCÍA, José Antonio;
ESTÉVEZ SÁNCHEZ, Juan y
TORRES LÓPEZ, Víctor**

54 Título: **Dispositivo de control de vibración aplicada a árboles frutales y procedimiento asociado**

57 Resumen:

La invención describe un dispositivo (1) para controlar la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina (100) de vibración accionada por un motor (101), que comprende: un medio (2) de control configurado para conectarse a la máquina (100) de vibración para actuar sobre la velocidad del motor (101) de tal modo que la frecuencia de la vibración aplicada al árbol (200) coincida con la frecuencia natural de resonancia del árbol (200); al menos un sensor (3) de vibración configurado para obtener información en tiempo real acerca de respuesta del árbol (200) a la vibración aplicada; y un medio (4) de procesamiento conectado al medio (2) de control y al sensor (3) de vibración, que está configurado para gestionar el funcionamiento de dicho medio (2) de control y dicho sensor (3) de vibración.



ES 2 612 384 B2

DESCRIPCIÓN

Dispositivo de control de vibración aplicada a árboles frutales y procedimiento asociado

5

OBJETO DE LA INVENCION

La presente invención pertenece de manera general al campo de la agricultura, y más particularmente a los dispositivos empleados para la vibración de árboles frutales con el propósito de desprender el fruto de los mismos.

10

Un primer objeto de la presente invención es un nuevo dispositivo que permite acortar la duración del procedimiento de vibración aplicada a los árboles frutales.

15

Un segundo objeto de la invención es el procedimiento de funcionamiento del dispositivo mencionado anteriormente.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

20

Un método conocido para la recolección de determinados frutos, y muy especialmente de la aceituna procedente del olivo, consiste en la aplicación de sacudidas o vibraciones mecánicas al tronco del árbol en cuestión con el propósito de hacer caer el fruto. Actualmente, los dispositivos diseñados para este fin comprenden pinzas o cabezas vibratoras que pueden sacudir con potencias de hasta 100 CV, normalmente gracias a la actuación de uno o más motores hidráulicos conectados a unas masas excéntricas.

25

La mayor parte de los dispositivos que se utilizan en la actualidad están diseñados fundamentalmente para la aplicación de la vibración al árbol en cuestión, pero carecen de sensores para obtener información que permita conocer el estado del árbol en tiempo real durante la aplicación de la vibración. Por ese motivo, en la mayoría de los casos la frecuencia e intensidad de la vibración aplicada es controlada de manera completamente subjetiva y empírica por parte de un operario. La aplicación de una vibración de una amplitud o frecuencia que no se controla adecuadamente puede producir daños en el árbol, por ejemplo en las raíces.

30

Para solucionar este problema, se han desarrollado dispositivos que, gracias a un sensor de

vibración y a un control en tiempo real de las características de la vibración aplicada, permiten no sólo evitar daños en las raíces sino también maximizar la cantidad de fruto extraída del árbol. Algunos de estos dispositivos incluyen además un medio de comunicación inalámbrica con un ordenador o medio de procesamiento para el
5 almacenamiento de la información obtenida del árbol.

Un primer ejemplo de este tipo de dispositivos es el documento US 5,473,875. Este documento menciona un sistema dotado de acelerómetros que permiten obtener información acerca de la respuesta del árbol a la vibración aplicada. En una realización
10 preferida, se vibra además el árbol específicamente a su frecuencia de resonancia, dadas las ventajas relativas a la mayor cantidad de fruto extraído y menores daños en las raíces.

Un segundo ejemplo de este tipo de dispositivos es el documento US 2011/0047956. Este documento menciona un sistema también dotado de sensores que permiten obtener
15 realimentación en tiempo real acerca de la respuesta del árbol para ajustar la frecuencia de la vibración a la frecuencia de resonancia del árbol. Además, este documento comprende medios para transmitir de manera inalámbrica la información obtenida por los sensores a un medio de procesamiento, tal como un ordenador.

Un inconveniente de estos dispositivos es el hecho de que la determinación de la frecuencia de resonancia de un árbol requiere la realización de un barrido de frecuencias amplio en la vibración aplicada. Un barrido denominado "*amplio*" es un barrido cuyas frecuencias superior e inferior están respectivamente muy por encima y muy por debajo de la frecuencia natural de resonancia del árbol. El propósito de efectuar un barrido amplio es asegurar que la
20 frecuencia de resonancia no se encuentra fuera del rango de frecuencias del barrido. Esta gran amplitud del barrido puede conllevar una pérdida excesiva de tiempo en el procedimiento de identificación de la vibración de resonancia de un árbol. Nótese que este proceso de barrido de frecuencias puede tener que realizarse cientos o miles de veces, tantas como árboles haya en la finca que se va a vibrar. La pérdida de tiempo acumulada
30 puede ser muy grande.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención resuelve el problema anterior gracias a un nuevo dispositivo de
35 control de la vibración que permite identificar la posición del árbol que se va a vibrar y, gracias a ello, determinar si dicho árbol se ha vibrado con anterioridad. En caso afirmativo,

el conocimiento de la frecuencia natural de vibración anterior del árbol permite acortar la amplitud del barrido de frecuencias necesario para determinar su frecuencia natural de vibración actual. Como consecuencia, se reduce el tiempo necesario para determinar la frecuencia de vibración de cada árbol, lo que permite ahorrar tiempo y por tanto también
5 costes.

En efecto, la frecuencia natural de vibración de un árbol cambia con el paso del tiempo debido a múltiples factores, como por ejemplo el peso y distribución de los frutos o el paulatino crecimiento de tronco y ramas. Sin embargo, el cambio en la frecuencia natural de resonancia de un árbol a lo largo del tiempo que transcurre entre una vibración y otra,
10 normalmente aproximadamente un año, puede considerarse pequeño. Es decir, si en la última temporada el árbol tenía una determinada frecuencia natural de resonancia, es de esperar que la frecuencia natural de resonancia de la temporada actual esté cerca de aquella. La presente invención tiene esto en cuenta para, una vez conocida la frecuencia
15 natural de resonancia de un árbol a partir de una vibración anterior, centrar y acortar el barrido de frecuencias alrededor de dicha frecuencia natural de resonancia en la vibración subsiguiente.

Además, una ventaja adicional del dispositivo de la presente invención es que puede configurarse como un elemento físicamente separado de la máquina que aplica la vibración al árbol. Es decir, el dispositivo de la presente invención puede configurarse de manera que sea acoplable a cualquier máquina de vibración convencional independientemente de que ésta sea de tipo eléctrico o hidráulico. Gracias a ello, el presente dispositivo permite transformar cualquier máquina de vibración convencional de accionamiento puramente
20 manual en una máquina de vibración “*inteligente*” capaz de hacer vibrar el árbol a su frecuencia natural de resonancia, entre otras funciones que se describen a lo largo de esta solicitud.

En este contexto, el término “*máquina de vibración convencional*” hace referencia a una máquina de vibración que no incluye medios para ajustar la velocidad de vibración a la frecuencia de resonancia del árbol. De manera general, este tipo de máquinas únicamente permiten un control manual de la velocidad de vibración, por ejemplo a través de un mando tal como un dial o una rueda. Las máquinas de vibración convencional normalmente comprenden un motor (que puede ser hidráulico o eléctrico) que hace girar un par de masas
30 excéntricas que generan la vibración, y unas pinzas configuradas para agarrar firmemente el árbol para la aplicación de la vibración generada por el motor.

Un primer objeto de la invención describe un dispositivo de control de la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina de vibración accionada por un motor, que comprende: un medio de control, al menos un sensor de vibración, un medio de procesamiento, y un medio de posicionamiento. A continuación, se describe cada uno de estos elementos con mayor detalle.

a) Medio de control

El medio de control está configurado para actuar sobre la velocidad del motor de tal modo que la frecuencia de la vibración aplicada al árbol coincida con la frecuencia natural de resonancia del árbol. Por ejemplo, el medio de control puede actuar sobre la alimentación eléctrica del motor, si este es eléctrico, sobre el caudal suministrado al motor, si este es hidráulico, o ambos casos sobre la magnitud y distancia entre unas masas excéntricas del motor.

La configuración del medio de control se describirá con mayor detalle más adelante en este documento.

b) Sensor de vibración

Se trata de al menos un sensor de vibración configurado para obtener información en tiempo real acerca de respuesta del árbol a la vibración aplicada. El sensor, o conjunto de sensores, puede estar configurado para obtener datos sobre la vibración en una única dirección o bien en varias direcciones. En principio, pueden usarse diferentes tipos de sensores, aunque en una realización especialmente preferida de la invención el sensor de vibración es un acelerómetro.

c) Medio de procesamiento

El medio de procesamiento está conectado al medio de control y al sensor de vibración, y está configurado para gestionar el funcionamiento de dicho medio de control y de dicho sensor de vibración de tal modo que, primero, se aplica un barrido de frecuencias al árbol hasta identificar su frecuencia natural de resonancia y, luego, se aplica al árbol la vibración a dicha frecuencia natural de resonancia.

Es decir, el medio de procesamiento comanda el funcionamiento del medio de control para, en primer lugar, determinar la frecuencia de resonancia del árbol a través de la aplicación de un barrido de frecuencias y del análisis de la respuesta del árbol obtenida mediante el sensor de vibración y, en segundo lugar, aplicar al árbol la vibración a la frecuencia natural de resonancia que se ha determinado. Además, el medio de procesamiento es capaz de analizar los datos obtenidos por el sensor para obtener información de gran utilidad. Por ejemplo, en una realización preferida de la invención el medio de procesamiento está configurado además para determinar la masa desprendida del árbol a partir de los datos de la respuesta del árbol obtenidos por el sensor de vibración.

El medio de procesamiento puede implementarse en principio a través de cualquier dispositivo programable, como por ejemplo un microcontrolador, un microprocesador, un ASIC, un DSP, una FPGA, u otros.

d) Medio de posicionamiento

El medio de posicionamiento está conectado al medio de procesamiento y configurado para obtener la posición del árbol al que se aplica la vibración. Gracias a esta información, el medio de procesamiento puede determinar, en función de la posición del árbol, si se ha aplicado vibración a dicho árbol con anterioridad. Si es así, el medio de procesamiento puede identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol obtenida en la vibración anterior y acortar la amplitud del barrido de frecuencias actual, centrándolo en la frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior. Como se ha mencionado, el acortamiento de la amplitud del barrido de frecuencias permite ahorrar tiempo con relación a los dispositivos anteriores.

En otras palabras, el medio de posicionamiento permite que el dispositivo de la invención determine si se ha aplicado vibración al árbol en cuestión y, en función de ello, que se aplique un barrido de frecuencias más corto centrado en la frecuencia natural de resonancia anterior. Normalmente se toma como referencia la frecuencia natural de resonancia obtenida en la vibración inmediatamente anterior, que debe ser la más cercana a la frecuencia natural de resonancia actual de ese árbol. Las frecuencias naturales de resonancia de cada árbol que se ha vibrado alguna vez puede estar almacenada en el propio medio de procesamiento, o bien en cualquier

elemento auxiliar del dispositivo configurado al efecto.

En realizaciones preferidas de la invención, el medio de posicionamiento puede elegirse de entre los siguientes: GPS, Glonass, o Galileo.

5

En definitiva, gracias al medio de posicionamiento, el dispositivo de la invención conoce la posición exacta de cada árbol que va a vibrar. Esta información se utiliza para identificar dicho árbol, determinar si se conoce su frecuencia natural de resonancia en un momento anterior al actual, y ajustar la amplitud y posición del barrido de frecuencias actual en función de ello.

10

De acuerdo con otra realización preferida, el dispositivo de la invención comprende además un medio de almacenamiento para almacenar, para cada árbol, al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, estimación de la masa desprendida del árbol. Por ejemplo, el medio de almacenamiento puede ser un ROM, RAM, disco duro, memoria flash, u otros. De ese modo, el dispositivo de la invención puede almacenar la información relativa a cada árbol obtenida por el sensor y/o el medio de posicionamiento, o bien la información calculada por el medio de procesamiento a partir de la información obtenida por aquellos. Se puede generar así un histórico que permitirá al agricultor conocer con mayor detalle la evolución de cada árbol en particular.

15

20

De acuerdo con otra realización preferida más, el dispositivo de la invención comprende además un medio de comunicación para transmitir al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, estimación de la masa desprendida del árbol. Esta información puede ser así transmitida a un teléfono móvil, ordenador, o tableta del agricultor en tiempo real, proporcionándole una herramienta de gran utilidad para el control de la explotación. Por ejemplo, el medio de comunicación puede comprender una red móvil tal como UMTS, GSM, GPRS, o CDMA, tecnologías de comunicación de corta distancia tales como Bluetooth, WiFi, o ZigBee, internet, u otras.

25

30

De acuerdo con otra realización preferida de la invención, el dispositivo está configurado para permitir un acoplamiento de manera separable a cualquier máquina de vibración. En este contexto, el “*acoplamiento de manera separable*” del dispositivo a la máquina de vibración convencional hace referencia a un acoplamiento que permite el posterior

35

desacoplamiento sin pérdida de las capacidades del dispositivo de la invención. Es decir, sería posible acoplar el dispositivo a una primera máquina de vibración en particular para la realización de un determinado trabajo y, una vez terminado éste, desacoplarlo de dicha primera máquina de vibración para su uso con una segunda máquina de vibración diferente de la primera. Como se ha mencionado anteriormente, esto permite transformar cualquier máquina de vibración convencional en una máquina de vibración inteligente dotada de todo un conjunto de elementos y funciones como los descritos en los párrafos anteriores.

En principio, el acoplamiento entre el dispositivo y la máquina de vibración puede realizarse de diferentes modos en función del tipo de máquina de vibración convencional, siempre que permita variar la frecuencia o la intensidad de la vibración aplicada al árbol y, al mismo tiempo, obtener información relativa a la respuesta del árbol a la vibración aplicada. En una realización preferida de la invención:

- El medio de control está configurado para su acoplamiento al motor de una máquina de vibración de tal modo que permite: modificar las características de la alimentación eléctrica aplicada al motor cuando éste es eléctrico (por ejemplo, el medio de control puede comprender un variador de frecuencia configurado para interponerse entre la alimentación eléctrica y el motor de la máquina de vibración); o modificar el caudal aplicado al motor cuando éste es hidráulico (por ejemplo, el medio de control puede comprender un elemento de interfaz conectable a una servoválvula o electroválvula de la máquina de vibración).

- El sensor de vibración está configurado para su acoplamiento a las pinzas de la máquina de vibración. Por ejemplo, el sensor de vibración puede estar conectado al medio de procesamiento mediante un cable extensible y tener una zona dotada de adhesivo, una pinza, una brida, o cualquier elemento similar que permita su fijación a las pinzas de la máquina de vibración convencional.

En otra realización preferida de la invención, el medio de control está configurado para actuar sobre el valor de unas masas excéntricas del motor o sobre la distancia entre las mismas.

Por lo tanto, la instalación de este dispositivo en una máquina de vibración convencional comprende fundamentalmente hacer pasar los cables de alimentación eléctrica al motor de la máquina de vibración convencional a través del medio de control, si la máquina es de tipo

eléctrico, o bien conectar un elemento de interfaz del medio de control a la servoválvula de la bomba o a una electroválvula de la máquina, si la máquina es de tipo hidráulico (si no existe servoválvula o electroválvula, habría que instalar una). A continuación, se coloca el sensor de vibración en al menos una de las pinzas de la máquina de vibración convencional.

5 Una vez hecho esto, como se describirá con detalle más adelante, el medio de procesamiento comanda la operación de la máquina de vibración convencional: primero controla el motor para que su velocidad efectúe un barrido vibratorio (este barrido puede ser amplio, si es la primera vez que se vibra el árbol, o corto, si ya se ha vibrado con anterioridad y se conoce su frecuencia natural de resonancia anterior), y al mismo tiempo
10 recibe los datos acerca de la respuesta del árbol obtenidos por el sensor de vibración; a continuación, identifica la frecuencia natural de resonancia del árbol en función de los datos recibidos del sensor de vibración; y por último ordena al medio de control el accionamiento del motor para que su velocidad corresponda a la frecuencia natural de resonancia del árbol que se ha determinado.

15

Nótese que, si bien en la presente descripción del dispositivo de la invención se han descrito una serie de elementos tales como el medio de procesamiento, medio de control, medio de posicionamiento, medio de almacenamiento, y medio de comunicación, éstos no tienen necesariamente que constituir elementos físicamente separados e independientes. Por el
20 contrario, debe interpretarse que estos elementos únicamente hacen referencia a bloques funcionales destinados a llevar a cabo una determinada función dentro del dispositivo, y por lo tanto pueden estar agrupados físicamente de diferentes modos. Por ejemplo, el medio de procesamiento puede ser un microcontrolador o microprocesador que incluya el medio de almacenamiento, el medio de comunicación y/o el medio de control. También es posible que
25 el dispositivo de la invención incluya elementos auxiliares comúnmente utilizados para la realización de las funciones descritas que no se mencionan explícitamente en esta descripción, como por ejemplo tarjetas de adquisición y procesamiento de datos.

Un segundo objeto de la invención describe un procedimiento de control de la vibración
30 aplicada a árboles frutales por una máquina de vibración accionada por un motor, que es llevado a cabo por un dispositivo como el descrito anteriormente, y que comprende fundamentalmente los siguientes pasos:

1) Actuar sobre el motor para aplicar al árbol una vibración cuya frecuencia efectúa
35 un barrido, obteniendo al mismo tiempo datos acerca de la respuesta del árbol.

Como se ha mencionado anteriormente, la actuación sobre el motor se realiza a través del medio de control que, a su vez, es comandado por el medio de procesamiento. Por su parte, el sensor de vibración obtiene los datos acerca de la respuesta del árbol y los comunica al medio de procesamiento.

5

2) Identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol a partir de los datos obtenidos.

10

El medio de procesamiento analiza los datos obtenidos por el sensor de vibración para identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol. En primer lugar, se realiza un filtrado previo de la señal obtenida para eliminar posibles interferencias, ruido o muestras erróneas y, a continuación, se filtran las frecuencias correspondientes a los elementos de la máquina de vibración tales como las pinzas, el motor, etc., hasta que finalmente se aísla la frecuencia natural de resonancia correspondiente al árbol.

15

3) Actuar sobre el motor para aplicar al árbol una vibración a la frecuencia natural de resonancia del árbol obtenida para provocar la caída de los frutos.

20

Una vez determinada la frecuencia de resonancia, el medio de procesamiento actúa sobre el medio de control para que éste accione el motor a una velocidad correspondiente a la frecuencia natural de resonancia del árbol.

25

En una realización preferida de la invención, durante este proceso el medio de procesamiento continúa analizando la información recibida del sensor de vibración de tal modo que, a partir de los datos de la respuesta del árbol obtenidos, se estima la masa desprendida del árbol.

30

Hasta ahora, el procedimiento es similar al funcionamiento de algunos dispositivos anteriores. Sin embargo, a diferencia de aquellos, el procedimiento de la invención comprende además los pasos previos de:

35

00) Determinar, en función de la posición del árbol, si se ha aplicado una vibración al árbol con anterioridad.

0) Si es así, identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol obtenida

en la vibración anterior y acortar la amplitud del barrido de frecuencias, centrándolo en la frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior.

Es decir, en caso de que el dispositivo de la invención no tenga ninguna información sobre el árbol que se va a vibrar, el barrido que se realizará será un barrido amplio. Sin embargo, si se determina que se ha aplicado una vibración a ese árbol con anterioridad, dado que se conoce la frecuencia natural de resonancia anterior de ese mismo árbol, se puede acortar la amplitud del barrido de frecuencias y centrarla en la frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior. En efecto, como se ha comentado previamente, dado que puede esperarse que la frecuencia natural de resonancia del árbol se encuentre cerca de la frecuencia natural de resonancia del árbol en un momento anterior, si se conoce dicha frecuencia natural de resonancia anterior no es necesario realizar un barrido amplio. El barrido se acorta y se centra en la frecuencia natural de resonancia anterior, y gracias a ello el proceso de determinación de la frecuencia natural de resonancia actual del árbol es más rápido.

Preferentemente, para determinar si se ha aplicado una vibración al árbol con anterioridad, se obtiene la posición geográfica del árbol que se va a vibrar y se compara dicha posición geográfica con las posiciones geográficas de todos los árboles a los que se ha aplicado vibración con anterioridad. Si la posición geográfica de un árbol que se va a vibrar coincide con la de alguno de los árboles que se han vibrado con anterioridad, se determina que ese árbol ya ha sido vibrado y por tanto que su frecuencia de resonancia en un determinado momento en el pasado ya ha sido calculada y que se puede acceder a ella para acortar el barrido de frecuencias actual.

De acuerdo con una realización preferida más de la invención, el procedimiento comprende además el paso de almacenar, para cada árbol, al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, estimación de la masa desprendida del árbol.

En otra realización preferida más, el procedimiento comprende además el paso de comunicar, para cada árbol, al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, estimación de la masa desprendida del árbol.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de un dispositivo de acuerdo con la presente invención.

5 La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo general del procedimiento de la invención.

La Fig. 3 muestra un diagrama de flujo detallado del proceso de excitación del árbol según el procedimiento de la invención.

10 La Fig. 4 muestra un diagrama de flujo detallado del proceso de comprobación de la existencia de datos previos del árbol según el procedimiento de la invención.

La Fig. 5 muestra un diagrama de flujo detallado del proceso de análisis para la obtención de la frecuencia natural de resonancia del árbol según el procedimiento de la invención.

15

La Fig. 6 muestra un diagrama de flujo detallado del proceso de excitación del árbol a la frecuencia natural de resonancia del árbol según el procedimiento de la invención.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

20

A continuación, se describe con mayor detalle una realización preferida de la presente invención haciendo referencia a las figuras adjuntas.

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático del dispositivo (1) según la presente invención donde se aprecian las diferentes partes que lo componen. El dispositivo (1) comprende un medio (4) de procesamiento que está conectado al resto de elementos: medio (2) de control, sensor (3), medio (5) de posicionamiento, medio (6) de almacenamiento, y medio (7) de comunicación. En este ejemplo concreto, el medio (4) de procesamiento está implementado mediante un ordenador de placa Raspberry Pi dotado de tarjeta de adquisición de datos
30 Arduino a la que se conectan dos acelerómetros digitales modelo ADXL345 que constituyen los sensores (3). Esta configuración permite una alta tasa de muestreo de los datos obtenidos por los sensores (3), y al mismo tiempo permite preprocesar las señales obtenidas para eliminar ruido y medidas erróneas. El medio (4) de procesamiento recibe continuamente los datos de los sensores (3), los filtra, y los procesa matemáticamente para
35 obtener los valores de la respuesta en frecuencia del árbol (200). Un dispositivo Bluetooth constituye en este ejemplo el medio (7) de comunicación, y permite enviar en tiempo real a

un operario (300) los datos que va obteniendo el medio (4) de procesamiento. El dispositivo (1) incluye un medio (5) de posicionamiento consistente en un sistema GPS, y un medio (6) de almacenamiento formado por una tarjeta de memoria flash.

5 El dispositivo (1) descrito se acopla a una máquina (100) de vibración convencional. La máquina (100) de vibración convencional está formada fundamentalmente por un motor (101) al que está acoplada una pinza (102) destinada a fijarse al tronco del árbol (200) que se va a vibrar. El medio (2) de control del dispositivo (1) de la invención está configurado para controlar el funcionamiento del motor. Esto puede llevarse a cabo de diferentes modos
10 (mecánicamente, electrónicamente, hidráulicamente) en función de las necesidades de cada aplicación y del tipo de motor del que disponga la máquina de vibración convencional. En cualquier caso, el medio (2) de control es capaz de actuar sobre la frecuencia de la vibración que la pinza (102) transmite al tronco del árbol (200). Adicionalmente, con el propósito de recibir información sobre las características de la vibración, el sensor o sensores (3) se fijan
15 a la pinza (102) de la máquina (100) de vibración convencional.

El funcionamiento de este dispositivo es fundamentalmente el siguiente. La Fig. 2 muestra un diagrama de flujo del proceso de cosecha de frutos, como la oliva o ciertos frutos secos. El proceso comienza con la colocación de la pinza (102) alrededor del tronco el árbol (200)
20 (paso 1100). Como es conocido en este campo, la orientación de la pinza (102) debe seleccionarse para que sea la más adecuada según la geometría del tronco del árbol (200) a vibrar. A continuación, se cierra la pinza (102) de modo que se produzca un agarre firme, para evitar posibles daños en el tronco durante el proceso (paso 1200). Además, un agarre firme mejora la precisión de los datos recogidos por el sensor (3) de vibración. Durante estos
25 dos pasos del procedimiento es necesaria la intervención de un operario (300). El resto de pasos son realizados de manera automática por el dispositivo (1) de la invención, de modo que el operario (300) sólo interviene para iniciar y finalizar el proceso de vibrado.

A continuación, tiene lugar el proceso de excitación del árbol (200) para provocar la caída
30 del fruto (paso 1300), como se representa en la Fig. 3. Este proceso comienza cuando el dispositivo (1) reconoce el árbol (200) al que se va a aplicar vibración. Para ello, en primer lugar el dispositivo (1) determina la posición geográfica del árbol (200) que se va a vibrar (paso 1310). Después, como se muestra en la Fig. 4, el dispositivo (1) comprueba si el árbol (200) fue recolectado el año anterior con este método (paso 1320). Si es así, se tienen en
35 cuenta los datos del año anterior para realizar un barrido corto (paso 1321-A). Por el contrario, si es la primera vez que se aplica este proceso al árbol (200), es necesario realizar

un barrido largo (paso 1321-B). El barrido corto, como su propio nombre indica, es más breve que el barrido amplio ya que solo se aplica el barrido en un rango de frecuencias cercano a la frecuencia natural de resonancia que tenía el árbol (200) en el año anterior, mientras que el barrido largo implica recorrer todo el rango de valores posibles para detectar la frecuencia natural de resonancia del árbol (200).

Una vez determinado si se realiza un barrido corto o largo, se actúa sobre el motor (101) de la máquina (100) para aplicar la vibración al árbol (200). Durante el tiempo que dura el barrido, el sensor (3) de vibración mide la respuesta del árbol en forma de aceleración. A continuación, como se muestra en la Fig. 5, se realiza un tratamiento previo para eliminar posibles interferencias, ruido o muestras erróneas (paso 1332). Después, se aplica una transformada rápida de Fourier (FFT, Fast Fourier Transform) para pasar la señal al dominio de la frecuencia, y a continuación se realiza una descomposición modal para desacoplar la parte de la señal que corresponde a la respuesta del árbol (200) de la parte de la señal que corresponde a los diferentes elementos que componen la máquina (100) de vibración (paso 1333). Durante este proceso es importante ser capaz de diferenciar las distintas aportaciones de los elementos que componen la máquina (100) de vibración al espectro de frecuencias. Normalmente, la primera frecuencia natural que se obtiene corresponde al árbol, ya que los elementos que componen la máquina (100) de vibración presentan frecuencias naturales más altas debido a su elevada rigidez y a su naturaleza metálica. Una vez aislada, se realiza un análisis de la señal correspondiente al árbol (200), que además debe variar a lo largo de la vibración aplicada como consecuencia de la pérdida de masa (paso 1335). La información obtenida se almacena en el medio (6) de almacenamiento para poder compararla con datos obtenidos en próximas recolecciones (paso 1334). Además de permitir un barrido corto, poseer un histórico con todos los datos e información adicional de cada árbol (200) permite llevar un control óptimo de la explotación.

Finalizado el paso 1330, se continúa con el paso 1340 mostrado en la Fig. 3 para excitar el árbol (200) a la frecuencia natural de resonancia del árbol (200). Como se muestra en la Fig. 6, el operario da la orden de comenzar el vibrado para que el dispositivo (1) actúe sobre el motor (101) de modo que el árbol (200) se excite a la frecuencia obtenida (paso 1341). Para asegurar que el dispositivo (1) aplica la frecuencia correcta en todo momento, se realiza un control en bucle cerrado donde se monitoriza el comportamiento del árbol (200) (paso 1342), se comprueba si la frecuencia de excitación es la correcta y, si es necesario, se corrige la frecuencia de la vibración aplicada (paso 1343). Este proceso puede continuar hasta que el operario da la orden de detención cuando el fruto ha terminado de desprenderse.

Alternativamente, sería posible que el propio dispositivo (1) diese la orden de parada de manera automática.

5 Una vez terminado el proceso de excitación del árbol (200) (paso 1400), el procedimiento termina con el paso 1500 consistente en la apertura y retirada de la pinza (102). Durante todo este procedimiento, o bien al final, el dispositivo (1) almacena o envía diversos datos útiles sobre el proceso realizado, como por ejemplo: la ubicación geográfica del árbol (200), el tiempo de duración de la vibración aplicada, la fecha y hora de la vibración, o una estimación de la masa desprendida del árbol (200) a partir del desplazamiento de su
10 frecuencia natural de resonancia. El operario (300) puede recibir estos datos en un teléfono móvil, un ordenador, una tableta, u otros, ya sea mediante comunicación de corto alcance (Bluetooth, WiFi, ZigBee, etc) si está físicamente en el campo junto al lugar donde se lleva a cabo el vibrado, o bien mediante comunicación de largo alcance (red móvil, internet, etc.) si está en otra ubicación, como por ejemplo en una oficina.

15

REIVINDICACIONES

1. Dispositivo (1) de control de la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina (100) de vibración accionada por un motor (101), que comprende:

- 5 - un medio (2) de control configurado para actuar sobre la velocidad del motor (101) de tal modo que la frecuencia de la vibración aplicada al árbol (200) coincida con la frecuencia natural de resonancia del árbol (200);
- al menos un sensor (3) de vibración configurado para obtener información en tiempo real acerca de la respuesta del árbol (200) a la vibración aplicada; y
- 10 - un medio (4) de procesamiento conectado al medio (2) de control y al sensor (3) de vibración, que está configurado para gestionar el funcionamiento de dicho medio (2) de control y de dicho sensor (3) de vibración de tal modo que, primero, se aplica un barrido de frecuencias al árbol (200) hasta identificar su frecuencia natural de resonancia y, luego, se aplica al árbol (200) la vibración a dicha frecuencia natural de resonancia,

15 caracterizado por que además comprende:

- un medio (5) de posicionamiento conectado al medio (4) de procesamiento y configurado para obtener la posición del árbol (200) al que se aplica la vibración, de modo que el medio (4) de procesamiento: determina, en función de la posición del árbol (200), si se ha aplicado vibración a dicho árbol (200) con anterioridad; y, si es así, identifica la frecuencia natural de resonancia del árbol (200) obtenida en la vibración anterior y acorta la amplitud del barrido de frecuencias, centrándolo en la frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior.

25 2. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 1, donde el medio (5) de posicionamiento se elige de entre los siguientes: GPS, Glonass, Galileo

3. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un medio (6) de almacenamiento configurado para almacenar, para cada árbol (200), al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de resonancia, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, y estimación de la masa desprendida del árbol (200).

35 4. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende un medio (7) de comunicación configurado para transmitir al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la

vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, y estimación de la masa desprendida del árbol (200).

5 5. Dispositivo (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que está configurado para su acoplamiento de manera separable a cualquier máquina (100) de vibración.

6. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 5, donde:

- 10 - el medio (2) de control está configurado para su acoplamiento al motor (101) de una máquina (100) de vibración de tal modo que permite: modificar las características de la alimentación eléctrica aplicada al motor (101) cuando éste es eléctrico; o modificar el caudal aplicado al motor (101) cuando éste es hidráulico; y
- el sensor (3) de vibración está configurado para su acoplamiento a las pinzas (102) de la máquina (100) de vibración.

15

7. Dispositivo (1) de acuerdo con la reivindicación 6, donde el medio (2) de control está configurado para actuar sobre el valor de unas masas excéntricas del motor (101) o sobre la distancia entre las mismas.

20 8. Procedimiento de control de la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina (100) de vibración accionada por un motor (101), donde el procedimiento es llevado a cabo por un dispositivo (1) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende los siguientes pasos:

- 25 - actuar sobre el motor (101) de la máquina (100) de vibración para aplicar al árbol (200) una vibración cuya frecuencia efectúa un barrido, obteniendo al mismo tiempo datos acerca de la respuesta del árbol (200);
- identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol (200) a partir de los datos obtenidos; y
- actuar sobre el motor (101) para aplicar al árbol (200) una vibración a la frecuencia natural de resonancia del árbol (200) obtenida con el propósito de provocar la caída de los frutos,

30

caracterizado por que además comprende los pasos previos de:

- determinar, en función de la posición del árbol (200), si se ha aplicado una vibración al árbol (200) con anterioridad; y
- 35 - si es así, identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol (200) obtenida en la vibración anterior y acortar la amplitud del barrido de frecuencias, centrándolo en la

frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior.

- 5 9. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, donde el paso de determinar si se ha aplicado una vibración al árbol (200) con anterioridad en función de su posición comprende a su vez:
- obtener la posición geográfica del árbol (200) que se va a vibrar; y
 - comparar dicha posición geográfica con las posiciones geográficas de todos los árboles (200) a los que se ha aplicado vibración con anterioridad.
- 10 10. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, que además comprende el paso de almacenar, para cada árbol (200), al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, y estimación de la masa desprendida del árbol (200).
- 15 11. Procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-10, que además comprende el paso de comunicar, para cada árbol (200), al menos uno de los siguientes datos: posición, frecuencia natural de vibración, tiempo de aplicación de la vibración, fecha y hora de cada vibración aplicada, y estimación de la masa desprendida del árbol (200).

20

...

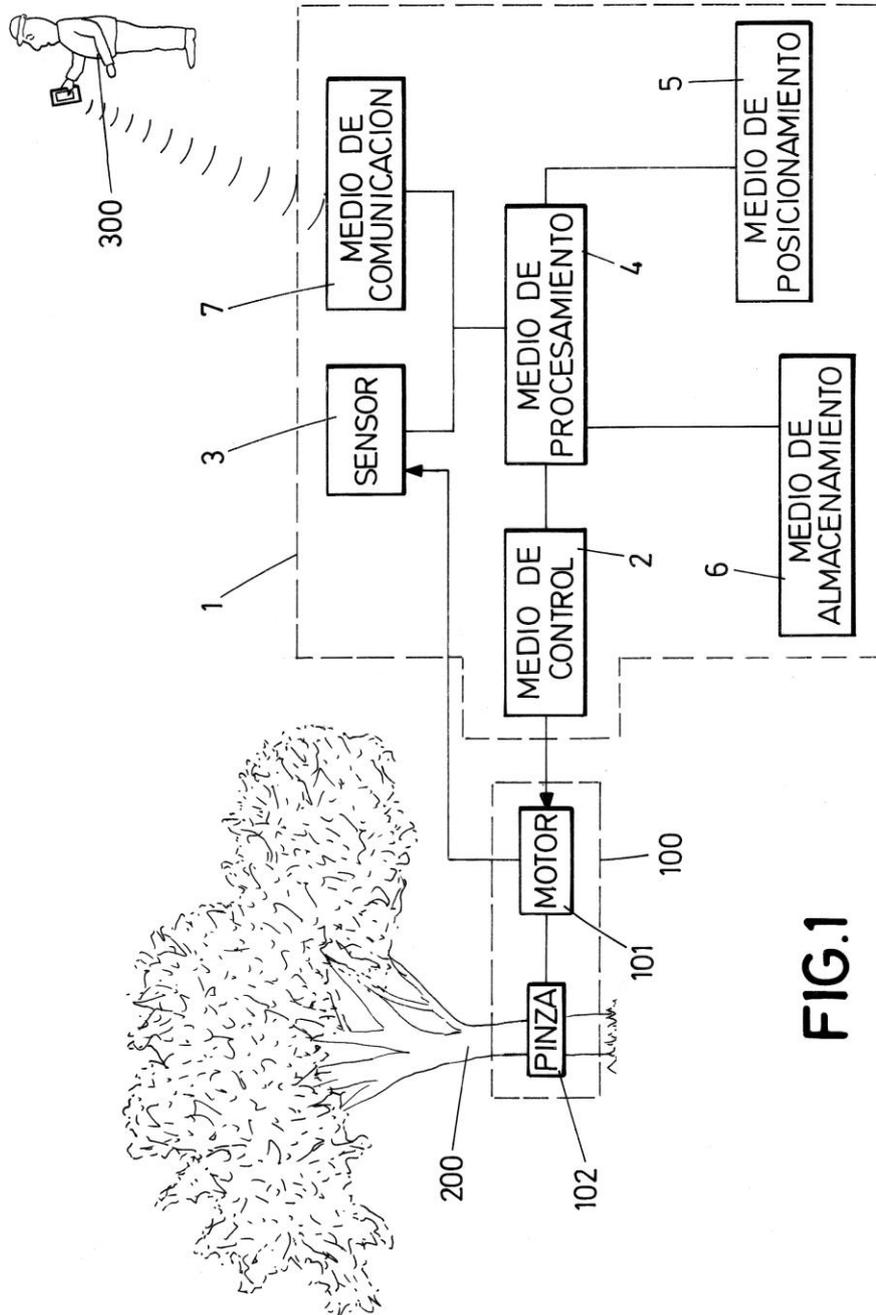


FIG.1

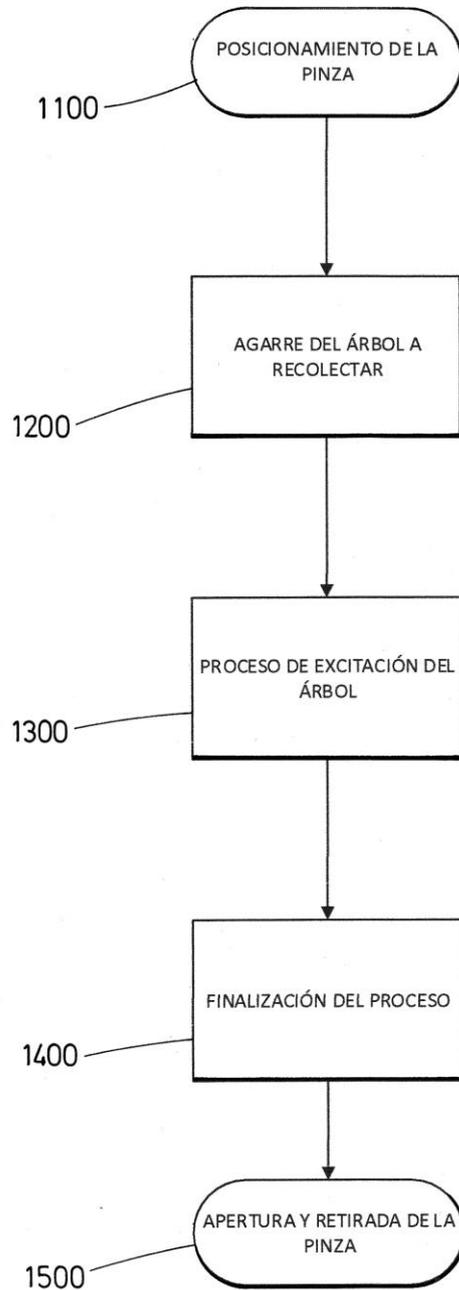
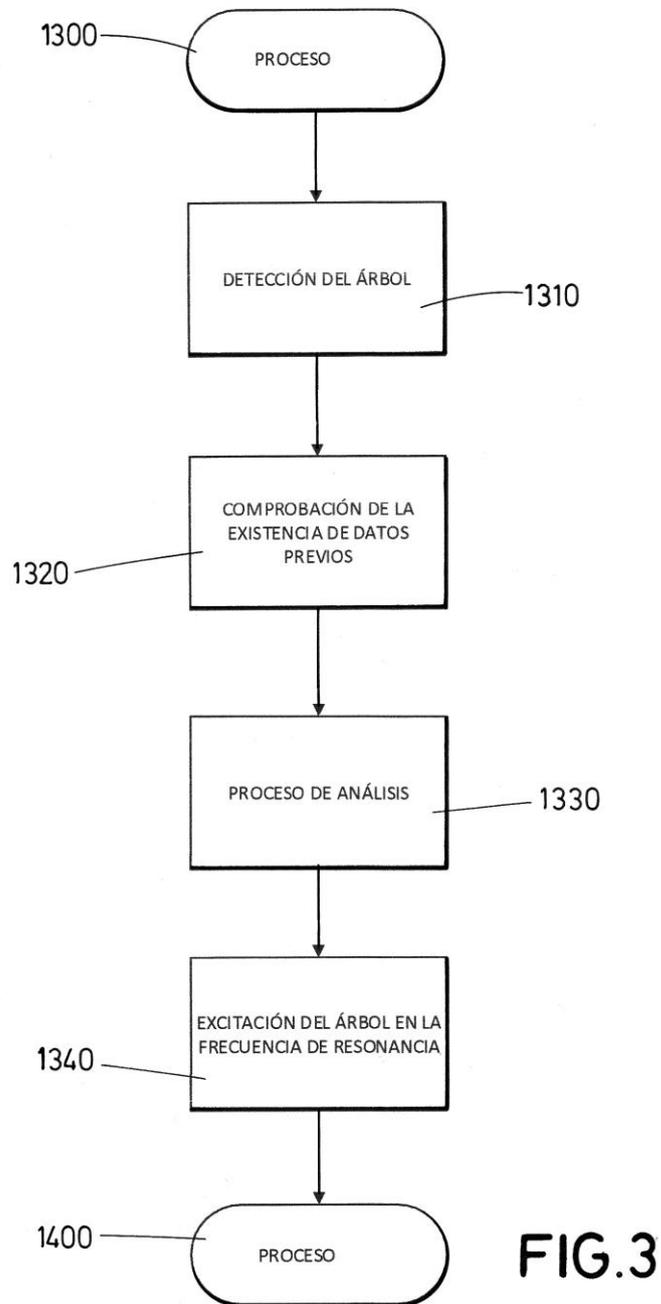


FIG.2



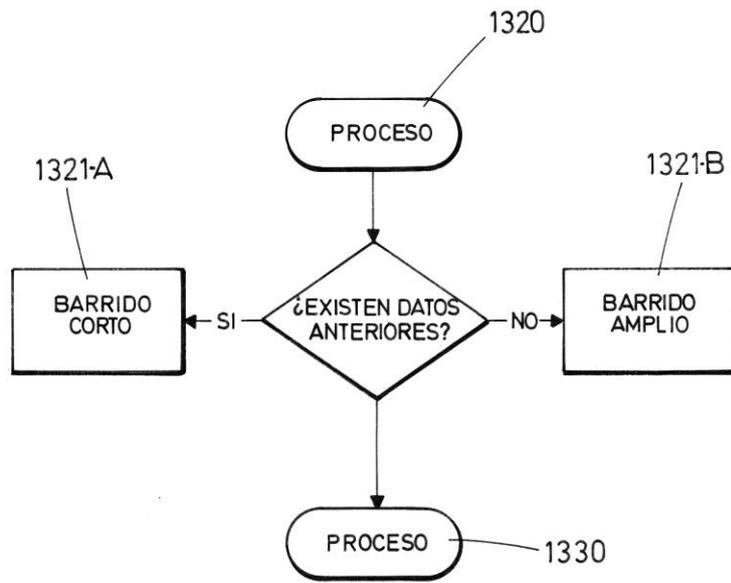


FIG. 4

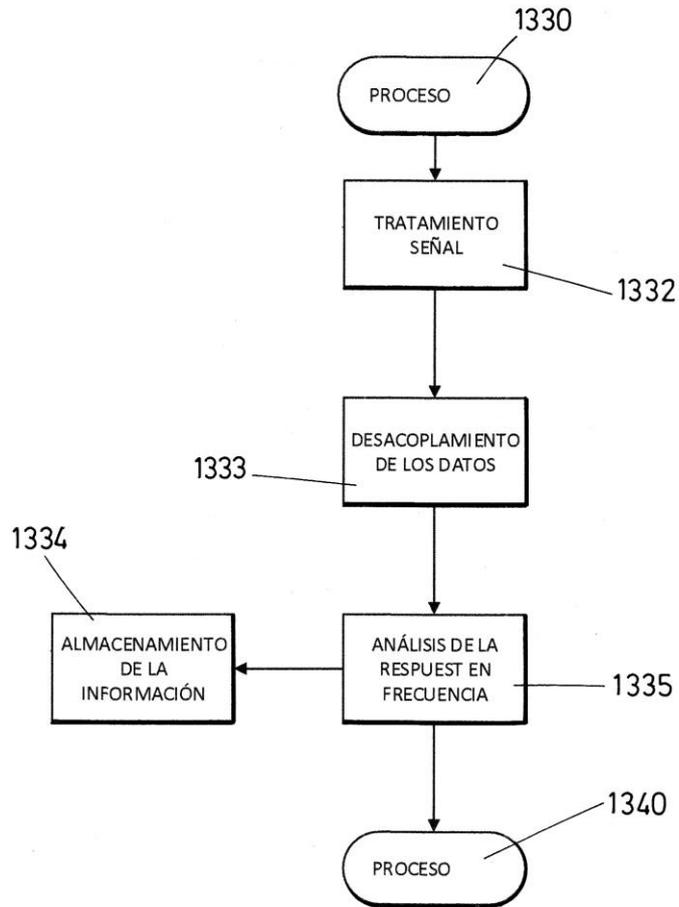


FIG.5

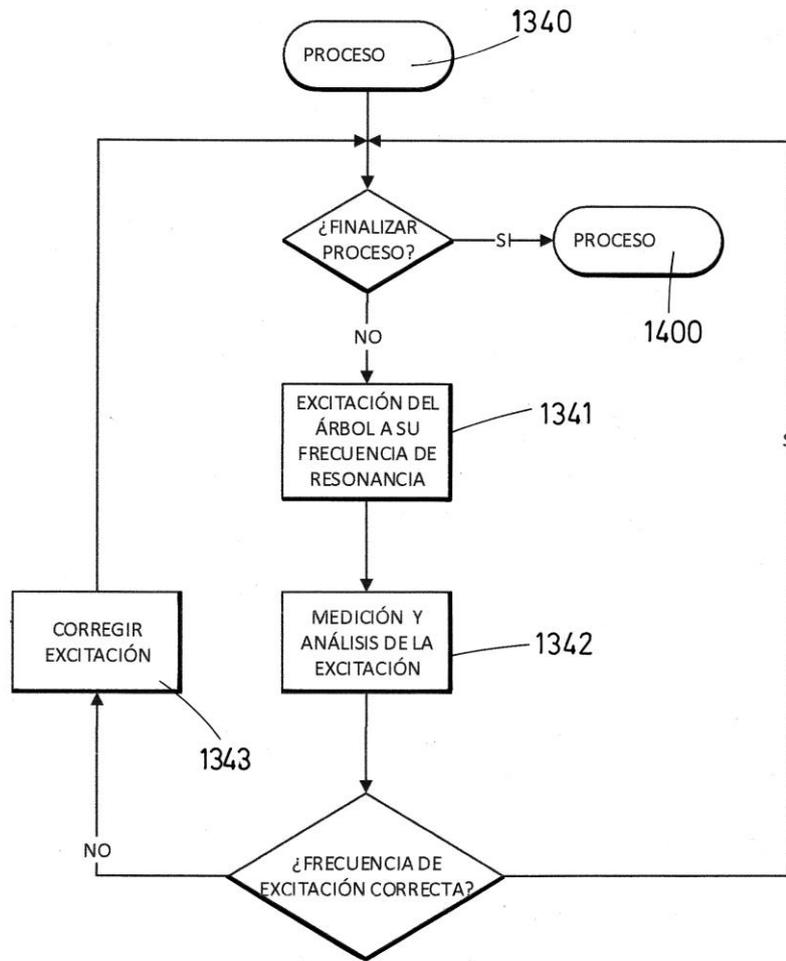


FIG.6



- ②¹ N.º solicitud: 201631352
②² Fecha de presentación de la solicitud: 20.10.2016
③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤¹ Int. Cl.: **A01D46/26** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 5473875 A (ZHAVI; EITAN; CHIEL; DAVID) 12/12/1995, Columna 2, línea 66 – columna 5, línea 46; figuras.	1-11
A	US 2011047956 A1 (SNELL LLOYD D) 03/03/2011, Párrafos 53 - 56; figuras.	1-11
A	WO 2009016640 A2 (AGROSIF LTD; SHOCHAT ELCHANAN) 05/02/2009, Página 4, línea 6 – página 20, línea 19; figuras.	1-11

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 n.º:

Fecha de realización del informe
04.05.2017

Examinador
F. J. Riesco Ruiz

Página
1/5

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

A01D

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: 04.05.2017

Declaración

Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)	Reivindicaciones 1-11	SI
	Reivindicaciones	NO
Actividad inventiva (Art. 8.1 LP11/1986)	Reivindicaciones 1-11	SI
	Reivindicaciones	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 5473875 A (ZEHAVI; EITAN; CHIEL; DAVID)	12.12.1995
D02	US 2011047956 A1 (SNELL LLOYD D)	03.03.2011
D03	WO 2009016640 A2 (AGROSIF LTD; SHOCHAT ELCHANAN)	05.02.2009

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

El objeto de la invención según la reivindicación independiente 1 es un dispositivo de control de la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina de vibración accionada por un motor, que comprende un medio de control configurado para actuar sobre la velocidad del motor de tal modo que la frecuencia de la vibración aplicada al árbol coincida con la frecuencia natural de resonancia del árbol; al menos un sensor de vibración configurado para obtener información en tiempo real acerca de la respuesta del árbol a la vibración aplicada; y un medio de procesamiento conectado al medio de control y al sensor de vibración, que está configurado para gestionar el funcionamiento de dicho medio de control y dicho sensor de vibración de tal modo que, primero se aplica un barrido de frecuencias al árbol hasta identificar su frecuencia natural de resonancia y, luego, se aplica al árbol la vibración a dicha frecuencia natural de resonancia. Comprende además un medio de posicionamiento conectado al medio de procesamiento y configurado para obtener la posición del árbol al que se aplica la vibración, de modo que el medio de procesamiento determina, en función de la posición del árbol, si se ha aplicado vibración a dicho árbol con anterioridad; y si es así, identifica la frecuencia natural de resonancia del árbol obtenida en la vibración anterior y acorta la amplitud del barrido de frecuencias, centrándolo en la frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior.

También es objeto de la invención, según la reivindicación independiente 8, un procedimiento de control de la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina de vibración accionada por un motor, donde el procedimiento es llevado a cabo por un dispositivo como el que se acaba de especificar, que comprende los siguientes pasos: actuar sobre el motor de la máquina de vibración para aplicar al árbol una vibración cuya frecuencia efectúa un barrido, obteniendo al mismo tiempo datos acerca de la respuesta del árbol; identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol a partir de los datos obtenidos; y actuar sobre el motor para aplicar al árbol una vibración a la frecuencia natural de resonancia del árbol obtenida con el propósito de provocar la caída de los frutos. Comprende además los pasos previos de determinar, en función de la posición del árbol, si se ha aplicado una vibración al árbol con anterioridad; y si es así, identificar la frecuencia natural de resonancia del árbol obtenida en la vibración anterior y acortar la amplitud del barrido de frecuencias, centrándolo en la frecuencia natural de resonancia obtenida durante la vibración anterior.

El documento D1 se refiere a dispositivo de control de la vibración aplicada a árboles frutales por una máquina de vibración accionada por unos motores, que comprende un ordenador o medio de control (referencia 54) configurado para actuar sobre la velocidad de los motores (50, 52) de tal modo que la frecuencia de la vibración aplicada al árbol coincida con la frecuencia natural de resonancia del árbol; un par de acelerómetros (65, 67) que obtienen información en tiempo real acerca de la respuesta en amplitud del árbol a la vibración aplicada; ocurriendo que el ordenador gestiona el funcionamiento del dispositivo de tal modo que, primero se aplica un barrido de frecuencias al árbol hasta identificar su frecuencia natural de resonancia y, luego, se aplica al árbol la vibración a dicha frecuencia natural de resonancia. Para no hacer barridos excesivamente grandes, tiene en cuenta que para un mismo tipo de árboles la frecuencia natural de resonancia está siempre en un intervalo definido y reducido; por ejemplo, para los árboles de cítricos esta frecuencia suele estar entre 8 y 9 Hz, con lo que un barrido suficiente para su identificación va desde 2-3 hasta 12-15 Hz (ver columna 2, línea 66 □ columna 5, línea 46; figuras). Sin embargo, no comprende un medio de posicionamiento conectado al ordenador que permita obtener la posición del árbol, y en función de ello, si se ha obtenido con anterioridad una frecuencia natural de resonancia del árbol que permita acortar más aún el barrido de frecuencias.

El documento D2 divulga un dispositivo de control de la vibración (referencia 100) aplicada a árboles frutales que calcula la frecuencia natural de cada árbol y que dispone de un medio de posicionamiento global que permite que los datos individuales de cada árbol relativos a su producción se guarden en el sistema de control (130) o se envíen a un sistema de planificación global, al objeto de optimizar la producción (ver párrafos 53 - 56; figuras). Sin embargo, no se especifica que se envíe y guarde la frecuencia natural de resonancia identificada, ni que ésta se pudiera considerar para la definición de un barrido de frecuencias a realizar posteriormente.

El documento D3 se refiere a un dispositivo de control de la vibración (referencia 10) aplicada a árboles frutales por una máquina de vibración accionada por un motor, en el que el medio de control tiene almacenados modos de vibración anteriores y se contempla su utilización posterior en función de las características del árbol que se ha de hacer vibrar, al objeto de optimizar la recolección del fruto (ver página 4, línea 6 a página 20, línea 19; figuras). Sin embargo, en este caso tampoco se dispone de un medio de posicionamiento conectado al medio de control que permita obtener la posición del árbol y la frecuencia natural de resonancia obtenida en una vibración anterior.

Ninguno de los documentos D1-D3 citados, ni ninguna combinación relevante de los mismos revela un dispositivo de control de la vibración aplicada a árboles frutales con las características y efecto técnico análogo al de la presente solicitud, y constituyen por tanto un reflejo del estado de la técnica. En consecuencia, la invención tal y como se recoge en las reivindicaciones 1-11 de la solicitud es nueva, se considera que implica actividad inventiva y que tiene aplicación industrial (Art. 6, 8 y 9 LP).