

(12) SOLICITUD INTERNACIONAL PUBLICADA EN VIRTUD DEL TRATADO DE COOPERACIÓN EN MATERIA DE PATENTES (PCT)

(19) Organización Mundial de la Propiedad  
Intelectual  
Oficina internacional



(10) Número de Publicación Internacional  
**WO 2011/128487 A1**

(43) Fecha de publicación internacional  
20 de octubre de 2011 (20.10.2011)

(51) Clasificación Internacional de Patentes:

G01N 29/07 (2006.01) G01N 29/28 (2006.01)  
G01N 29/11 (2006.01) G01N 29/44 (2006.01)

(21) Número de la solicitud internacional:

PCT/ES2011/070271

(22) Fecha de presentación internacional:

15 de abril de 2011 (15.04.2011)

(25) Idioma de presentación:

español

(26) Idioma de publicación:

español

(30) Datos relativos a la prioridad:

P201000518 16 de abril de 2010 (16.04.2010) ES

(71) Solicitante (para todos los Estados designados salvo US):

**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE VALENCIA** [ES/ES]; CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES).

(72) Inventores; e

(75) Inventores/Solicitantes (para US solamente):

**SALAZAR AFANADOR, Addison** [CO/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES).  
**VERGARA DOMÍNGUEZ, Luis** [ES/ES]; Universidad

Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **GOSÁLBEZ CASTILLO, Jorge** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **MIRALLES RICÓS, Ramón** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **BOSCH ROIG, Ignacio** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES). **PARRA CREGO, Ángela** [ES/ES]; Universidad Politécnica de Valencia, CTT - Edificio 6G, Camino de Vera, s/n, E-46022 Valencia (ES).

(74) Mandatario: **UNGRIA LÓPEZ, Javier**; Avenida Ramón y Cajal, 78, E-28043 Madrid (ES).

(81) Estados designados (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección nacional admisible): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS,

[Continúa en la página siguiente]

(54) Title: UNIT AND METHOD FOR CATALOGUING ARCHAEOLOGICAL CERAMICS ACCORDING TO THE ORIGIN THEREOF

(54) Título : UNIDAD Y MÉTODO DE CATALOGACIÓN DE CERÁMICAS ARQUEOLÓGICAS SEGÚN SU PROCEDENCIA

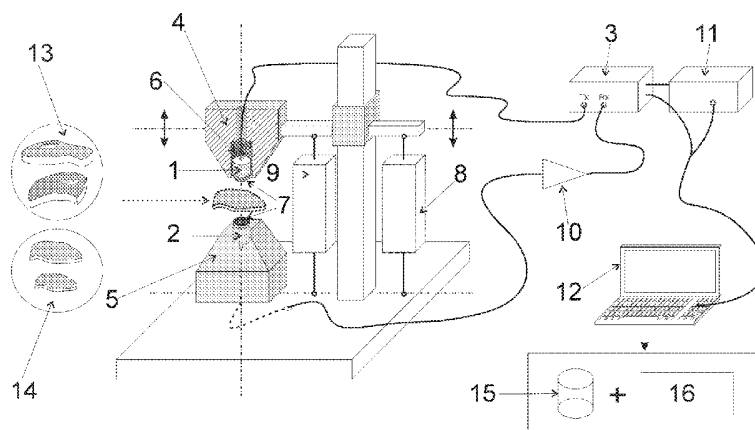


FIG. 1

(57) Abstract: The invention relates to a unit and a method for cataloguing archaeological ceramics according to the origin thereof, based on the analysis of ultrasound signals transmitted through ceramic samples being studied. The invention can provide accurate and standardised information about the studied samples, such that the region and/or kiln of origin thereof can be determined, as well as allowing easy user handling without incurring a high implementation cost. In addition the invention can be adapted to numerous types of archaeological activities, such as establishment of origin, chronology and restoration, rendering same of use to museums, archaeologists and restorers.

(57) Resumen:

[Continúa en la página siguiente]

WO 2011/128487 A1



RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

**(84) Estados designados** (a menos que se indique otra cosa, para toda clase de protección regional admisible): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), euroasiática (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europea (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT,

**Publicada:**

- con informe de búsqueda internacional (Art. 21(3))
- antes de la expiración del plazo para modificar las reivindicaciones y para ser republicada si se reciben modificaciones (Regla 48.2(h))

---

La presente invención hace referencia a una unidad y a un método de catalogación de cerámicas arqueológicas según su procedencia, basados en el análisis de señales ultrasónicas transmitidas a través de muestras de cerámica bajo estudio. La invención es capaz de proporcionar una información precisa y normalizada sobre las muestras estudiadas, permitiendo determinar la región y/o el horno de procedencia de las mismas, resultando adicionalmente de fácil manejo para el usuario sin incurrir en un alto coste de implementación, pudiendo adaptarse, además, a numerosos tipos de actividades arqueológicas, tales como el establecimiento de procedencia, la cronología o la restauración, y resultando de utilidad para museos, arqueólogos y restauradores.

## **UNIDAD Y MÉTODO DE CATALOGACIÓN DE CERÁMICAS ARQUEOLÓGICAS SEGÚN SU PROCEDENCIA**

### **CAMPO DE LA INVENCIÓN**

5

La presente invención se adscribe al campo de la arqueología y, dentro del mismo, a la catalogación de cerámicas arqueológicas mediante técnicas de ultrasonidos.

### **10 ANTECEDENTES DE LA INVENCIÓN**

El análisis y la conservación de objetos arqueológicos comprenden, habitualmente, el empleo de herramientas de catalogación que permiten obtener datos relevantes sobre dichos objetos, tales como el tiempo transcurrido desde su fabricación o la cultura más probable a la que pertenecen, entre otros. Dichas herramientas de catalogación incluyen un gran número de técnicas de investigación bibliográfica y documental, así como el empleo de sistemas de análisis de las propiedades físico-químicas de las piezas que son objeto de estudio.

20

Dentro de los sistemas de análisis de las propiedades físico químicas de los objetos arqueológicos disponibles en la actualidad, resultan especialmente importantes aquellos métodos de catalogación que no resultan destructivos para las muestras estudiadas, los cuales permiten extraer información de las piezas sin alterar ni dañar sus propiedades o sus materiales de fabricación. En el ámbito correspondiente a la catalogación de cerámicas arqueológicas, la microestructura física específica de las cerámicas complica frecuentemente los procedimientos de análisis, haciendo que los métodos no destructivos convencionales no puedan ser, muchas veces, utilizados con éxito.

30

- 2 -

Una de las técnicas existentes en el estado de la técnica, dentro de los citados sistemas de análisis no destructivos aplicados a la cerámica, es el empleo de señales acústicas o acústico-térmicas a través de las piezas bajo estudio, con el objetivo de obtener información sobre su estructura. Ejemplos de este tipo de técnicas son las solicitudes de patente WO 2006042520, EP 0150843 y US 2009000382.

De las citadas técnicas acústicas, aquéllas basadas en ultrasonidos son capaces de proporcionar herramientas de gran precisión, al tiempo que permiten obtener información sobre un gran número de parámetros característicos de las muestras bajo estudio, minimizando el error en las estimaciones realizadas sobre ellas, mediante el uso de herramientas de computación y procesamiento de datos, implementadas en ordenadores. Un ejemplo de este tipo de técnicas es la publicación "Ultrasonic signal processing for archaeological ceramic restoration" (A. Salazar et al., *31<sup>st</sup> IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing, ICASSP 2006, Toulouse (France), 14-19 May, 2006*). En dicha publicación se describe un método para el procesado de señales de ultrasonidos a través de muestras de cerámicas arqueológicas, con el objetivo de encontrar parámetros relacionados con las propiedades físicas de dichas muestras, que permitan, asimismo, determinar su época (periodo arqueológico) de procedencia. Para ello, mediante el análisis de los parámetros físicos obtenidos, se compone una firma ultrasónica que se usa, posteriormente, para establecer cuál es la época de origen más probable de las muestras estudiadas, mediante la comparación de dicha firma con una base de datos de firmas correspondientes a piezas de origen conocido.

Si bien la técnica anteriormente descrita posee algunos elementos comunes con la presente invención, resultando exitosa en la determinación del periodo arqueológico correspondiente de las cerámicas,

- 3 -

no permite, a causa de su diseño, la determinación del lugar de procedencia (región y/u horno de fabricación) de las mismas, siendo esta información de gran importancia dentro de cualquier proceso de catalogación arqueológica. Adicionalmente, la adquisición de datos  
5 descrita en la citada referencia se realiza de un modo manual, comportando este modo de uso cierto grado de imprecisión en los datos obtenidos, además de resultar más laborioso. También, el método de clasificación empleado en la citada referencia está basado en una técnica de clasificación particular que podría inducir sesgos derivados del  
10 funcionamiento de dicha técnica.

La presente invención está destinada a superar los problemas anteriormente descritos, mediante una unidad y un método no destructivos de catalogación de cerámicas arqueológicas según su  
15 procedencia, capaces de proporcionar una información precisa y normalizada sobre las muestras estudiadas, resultando adicionalmente de fácil manejo para el usuario sin incurrir en un alto coste de implementación, pudiendo adaptarse, además, a numerosos tipos de actividades arqueológicas, tales como el establecimiento del lugar de  
20 procedencia, la cronología o la restauración, y resultando, así, de utilidad para museos, arqueólogos y restauradores en múltiples tareas.

## **DESCRIPCIÓN GENERAL DE LA INVENCION**

25 Un objeto de la presente invención es una unidad de catalogación de cerámicas arqueológicas por medio del análisis de señales ultrasónicas transmitidas a través de los materiales cerámicos bajo estudio, así como la estimación del lugar de fabricación más probable de los citados materiales. Mediante la invención, es posible discernir entre fragmentos  
30 arqueológicos de la misma época, distinguiendo si dichos fragmentos han sido fabricados en la misma región o en el mismo horno.

- 4 -

En una realización preferente de la invención, la unidad de catalogación de cerámicas arqueológicas según su procedencia comprende, al menos, los siguientes elementos:

- 5       - un transductor de ultrasonidos emisor y un transductor de ultrasonidos receptor, ambos conectados a una tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos;
- dos carcasas donde se alojan los transductores de ultrasonidos emisor y receptor, comprendiendo cada carcasa un sistema de  
10       amortiguamiento y control de presión;
- un medio de acople capaz de acoplar las impedancias de los transductores con la muestra de material cerámico bajo estudio;
- un sistema de aproximación capaz de desplazar el conjunto formado por las carcasas, hasta ajustarlos al espesor de la muestra de  
15       material cerámico bajo estudio;
- un sistema de medición longitudinal asociado al sistema de aproximación y a las carcasas, capaz de medir el espesor de la muestra de cerámica bajo estudio;
- un preamplificador conectado entre el transductor de ultrasonidos  
20       receptor y la tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos, destinado a amplificar la señal captada;
- un medio de digitalización de la señal captada por el transductor de ultrasonidos receptor;
- un procesador capaz de procesar las señales digitalizadas, por  
25       medio de la extracción y el almacenamiento de una firma ultrasónica de la señal medida, que se emplea para asignar el lugar de procedencia de la muestra de cerámica bajo estudio.

30       Con el diseño anterior se consigue una unidad de catalogación que proporciona un uso no destructivo de las muestras cerámicas bajo estudio, y que no produce ninguna alteración en el material de fabricación

- 5 -

de dichas muestras. La unidad, asimismo, permite trabajar con muestras no preparadas y no resulta intensiva en el tiempo, resultando muy rápida en la obtención de resultados.

5           En una realización preferente de la invención, el sistema de amortiguamiento y control de presión de la unidad de catalogación es, preferentemente, un muelle mecánico que confiere tres grados de libertad a los transductores de ultrasonidos, para orientarse según la morfología de la pieza inspeccionada.

10

En una realización preferente de la invención, el medio de acople de la unidad de catalogación es, preferentemente, una goma sintética aplicada en seco a cada transductor que, junto con el sistema de amortiguamiento y control de presión, permite la máxima transferencia de energía ultrasónica y protege el cristal piezoeléctrico de los transductores.

15

En una realización preferente de la invención, el sistema de aproximación de la unidad de catalogación es, preferentemente, un guiado mecánico basado en guías concéntricas que permite la aproximación alineada de los transductores.

20

En una realización preferente de la invención, el sistema de medición longitudinal de la unidad de catalogación es, preferentemente, un codificador digital de distancia lineal.

25

En una realización preferente de la invención, el medio de digitalización de la unidad de catalogación es, preferentemente, un osciloscopio.

- 6 -

En una realización preferente de la invención, el medio de digitalización de la unidad de catalogación es, preferentemente, una tarjeta de digitalización integrada en un ordenador.

En una realización preferente de la invención, el procesador de las  
5 señales digitalizadas de la unidad de catalogación está compuesto por, al menos:

- un ordenador conectado al medio de digitalización;
- un conjunto de programas de software capaces de procesar la señal ultrasónica adquirida;
- 10 - una base de datos capaz de almacenar las medidas realizadas.

En una realización preferente de la invención, las señales ultrasónicas empleadas por la unidad de catalogación poseen una frecuencia de trabajo en un rango comprendido, preferentemente, entre 1-  
15 5 MHz.

En una realización preferente de la invención, la energía de las señales ultrasónicas empleadas por la unidad de catalogación está comprendida, preferentemente, entre 20-80 dB.

20

Es, asimismo, otro objeto de la invención un método de catalogación de cerámicas arqueológicas según su lugar de procedencia, que comprende el uso de una unidad de catalogación, donde se realizan las siguientes etapas:

- 25 - se incluye la muestra de cerámica bajo estudio en un grupo de "muestras etiquetadas" o "muestras no etiquetadas", en función de que el origen de dicha muestra sea, respectivamente, conocido o desconocido;
- se aplican los transductores de ultrasonidos a la muestra de cerámica bajo estudio, situando dicha muestra entre las carcassas,  
30 dejándola descansar sobre la carcasa inferior de la unidad de catalogación;



- 7 -

- se activa el mecanismo de aproximación para que la carcasa superior se desplace hasta que la muestra bajo estudio queda fija entre ambas carcasas;

5 - se emiten pulsos de ultrasonidos sobre la muestra de cerámica etiquetada o no etiquetada;

- se transmite el espesor medido por el sistema de medición longitudinal al procesador;

10 - se reciben las señales de los pulsos emitidos por el transductor de ultrasonidos receptor, acondicionando dichas señales mediante el preamplificador y digitalizándolas mediante el medio de digitalización;

15 - se procesan las señales digitales mediante algoritmos de extracción de parámetros temporales, frecuenciales y estadísticos para el cálculo de la firma ultrasónica. La firma ultrasónica es almacenada y catalogada estimándose, en caso de pertenecer al grupo de “muestras no etiquetadas”, el lugar de fabricación más probable de la muestra bajo estudio.

20 En una realización preferente de la presente invención, los parámetros temporales, frecuenciales y estadísticos de la señal que determinan el cálculo de la firma ultrasónica de la muestra de cerámica bajo estudio, en el método de catalogación, comprenden, preferentemente, al menos uno de los siguientes parámetros:

- la frecuencia central, calculada a partir de un modelo autorregresivo de segundo orden;

25 - el promedio de momentos de tercer orden evaluados en torno al origen;

- el ancho de banda del pulso ultrasónico medido en fraccionales a diferentes profundidades;

- la potencia de la señal en intervalos de tiempo;

30 - el tiempo de variación de la frecuencia de la señal, con respecto a la frecuencia del transductor;

- 8 -

- la velocidad de propagación de la señal.

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción de la invención que sigue, así como de la realización ilustrativa de las figuras que la acompañan.

5

## **DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS**

La Figura 1 muestra una representación esquemática simplificada de la unidad de catalogación según la invención, en la que se aprecia la  
10 secuencia de las fases de adquisición de la señal ultrasónica, el almacenamiento de la firma ultrasónica y la determinación del horno de procedencia de fragmentos cerámicos arqueológicos.

La Figura 2 muestra una representación esquemática de una  
15 realización de la invención, en la que los transductores emisor y receptor se adaptan a las superficies de la muestra de cerámica estudiada, a través de los medios de acople.

## **DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION**

20

Tal y como se representa en la Figura 1, la unidad de catalogación de cerámicas arqueológicas según la presente invención comprende los siguientes elementos:

25 - Un transductor de ultrasonidos emisor (1) y un transductor de ultrasonidos receptor (2), ambos conectados a una tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos (3).

30 - Dos carcassas (4, 5) donde se alojan los transductores de ultrasonidos emisor (1) y receptor (2). Cada carcassa posee un sistema de amortiguamiento y control de presión (6) que hace que la presión ejercida

en los transductores en cada medida esté normalizada. El sistema de amortiguamiento y control de presión (6) es, preferentemente, un muelle mecánico, que le confiere tres grados de libertad a los transductores emisor (1) y receptor (2) para orientarse según la morfología de la pieza inspeccionada.

- Un medio de acople (7) que permite acoplar las impedancias de los transductores (1, 2) con la muestra de material cerámico bajo estudio (ver Figura 2). Dicho medio de acople (7) es, preferentemente una goma sintética aplicada en seco a cada transductor (1, 2) que, junto con el sistema de amortiguamiento y control de presión (6), permite la máxima transferencia de energía ultrasónica y protege el cristal piezoeléctrico de los transductores (1, 2).

- Un sistema de aproximación (8) que permite desplazar el conjunto formado por las carcasas (4, 5), hasta ajustarlos al espesor de la muestra de material cerámico bajo estudio. Dicho sistema de aproximación (8) es, preferentemente, un guiado mecánico, basado en guías concéntricas, que permite la aproximación alineada de los transductores.

- Un sistema de medición longitudinal (9) asociado al sistema de aproximación (8) y a las carcasas (4, 5), destinado a medir el espesor de la muestra de cerámica bajo estudio. El sistema de medición longitudinal (9) es, preferentemente, un codificador digital de distancia lineal.

- Un preamplificador (10) conectado entre el transductor de ultrasonidos receptor (2) y la tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos (3), destinado a amplificar la señal captada.

- Un medio de digitalización (11) de la señal captada por el transductor de ultrasonidos receptor (2).

- 10 -

- Un procesador (12) destinado a procesar las señales digitalizadas, por medio de la extracción y el almacenamiento de una firma ultrasónica de la señal medida que será usada para asignar el lugar de procedencia de la muestra de cerámica bajo estudio.

Según su funcionalidad, la unidad de análisis de cerámicas arqueológicas según la presente invención se puede dividir en tres sub-unidades conectadas y cooperantes:

a) Sub-unidad de medida: Compuesta por los dos transductores de ultrasonidos (1, 2), las dos carcasas (4, 5), el sistema de amortiguamiento y control de presión (6), el medio de acople (7), el mecanismo de aproximación (8) para mover dichas carcasas (3, 4) y el instrumento de medición longitudinal (9).

Los transductores de ultrasonidos (1, 2) se encuentran, respectivamente, alojados dentro de las carcasas (4, 5). Dichas carcasas (4, 5) están dotadas de un mecanismo que permite ejercer una presión estándar sobre los transductores (1, 2) durante todo el proceso de medida. El sistema de aproximación (8) permite mover las carcasas (3, 4) hasta que los transductores (1, 2) entran en contacto con la muestra de cerámica bajo estudio. El sistema de medición longitudinal (9) se utiliza para medir el espesor de la muestra.

Los transductores de ultrasonidos (1, 2) poseen, preferentemente, un diámetro comprendido entre 5-15 mm, que permite adaptarse a fragmentos cerámicos de dimensiones reducidas, siendo el espesor habitual de dichos fragmentos de entre 3-15 mm y presentando superficies de entre 300-1200 mm, con formas irregulares. Las muestras de cerámica bajo estudio son medidas a través de su sección transversal

- 11 -

(espesor), cuyas paredes pueden presentar curvaturas o irregularidades. Por este motivo, el medio de acople (7) es flexible para garantizar la adaptación de los transductores (1, 2) a las características físicas de las muestras bajo estudio, obteniendo una buena relación señal a ruido en la  
5 señal transmitida. El medio de acople (7) permite que los transductores (1, 2) puedan aplicarse para la medición en múltiples puntos de una pieza de cerámica bajo estudio, facilitando la caracterización global de dicha pieza. Los transductores de ultrasonidos (1, 2) se seleccionan con una frecuencia deseada, acorde con la resolución de la unidad de  
10 catalogación, y con un diámetro y una sección del cristal piezoeléctrico de dichos transductores (1, 2) apropiados para las dimensiones y forma de las muestras de cerámica bajo estudio.

b) Sub-unidad de ultrasonidos: Compuesta por el dispositivo  
15 emisor/receptor de ultrasonidos (3), el preamplificador de señal (10) y el medio de digitalización (11).

La tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos (3) genera y capta una  
20 señal de frecuencia sensible a la microestructura del material bajo estudio. Normalmente, para el análisis de cerámicas arqueológicas, se emplea, preferentemente, una frecuencia de trabajo en un rango comprendido entre 1-5 MHz. Los pulsos ultrasónicos emitidos atraviesan la muestra de cerámica bajo estudio y producen una señal que es medida por el transductor receptor (2) y amplificada por medio del preamplificador  
25 (10), transmitiéndola a un osciloscopio o a la tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos (3), para su tratamiento posterior por medio del procesador (12). La energía del pulso ultrasónico ha de ser la necesaria para atravesar la pieza, y estará comprendida, preferentemente, entre 20-80 dB.

30

c) Sub-unidad de procesamiento: Compuesta por el procesador (12) de adquisición y procesado digital de señales ultrasónicas.

El procesador (12) destinado a procesar las señales digitalizadas, comprende un ordenador conectado al medio de digitalización (11), un  
5 conjunto de programas de software que llevan a cabo el procesado de las señales ultrasónicas adquiridas y una base de datos de referencia que se genera y actualiza con las medidas realizadas. El procesado de las señales se efectúa mediante algoritmos de caracterización estadística que extraen parámetros temporales, frecuenciales y estadísticos de la señal,  
10 conformando una firma ultrasónica de la muestra de cerámica bajo estudio. Las firmas de las muestras evaluadas son almacenadas en una base de datos de referencia junto con su yacimiento y lugar de fabricación (conocido o estimado). Adicionalmente, pueden ser almacenados también otros datos de las piezas que permitan ajustar la configuración del equipo  
15 de medida, tales como las constantes elásticas, densidad, uso de la pieza (vajilla, cocina,...), etc.

La presente invención comprende, adicionalmente, un método de catalogación de cerámicas arqueológicas según su procedencia, que se  
20 lleva a cabo con la unidad de catalogación descrita en párrafos anteriores. Dicho método comprende las siguientes etapas:

- En función de que el origen de la muestra bajo estudio sea conocida o desconocida, se incluye dicha muestra en un grupo de  
25 "muestras etiquetadas" (13) o "muestras no etiquetadas" (14), respectivamente.

- Se aplican los transductores de ultrasonidos (1, 2) a la muestra bajo estudio, situando la muestra entre las carcacas (4, 5), dejándola  
30 descansar sobre la carcaca inferior (5) de la unidad de catalogación.

- 13 -

- Se activa el mecanismo de aproximación (8) para que la carcasa superior (4) se desplace hasta que la muestra bajo estudio queda fija entre ambas carcasas (4, 5).

5       - Se emiten pulsos de ultrasonidos sobre la muestra de cerámica etiquetada (13) o no etiquetada (14).

- Se transmite el espesor medido por el sistema de medición longitudinal (9) al procesador (12).

10

- Se reciben las señales de los pulsos emitidos por el transductor de ultrasonidos receptor (2), acondicionando dichas señales mediante el preamplificador (10) y digitalizándolas mediante el medio de digitalización (11).

15

- Se procesan las señales digitales mediante algoritmos de extracción de parámetros temporales, frecuenciales y estadísticos para el cálculo de la firma ultrasónica. La firma ultrasónica es almacenada (15) y catalogada (16) estimándose, en caso de pertenecer al grupo de "muestras no etiquetadas", el lugar de fabricación más probable de la muestra bajo estudio.

20

El método de catalogación de cerámicas arqueológicas comprende, asimismo, dos fases de aplicación: una fase de entrenamiento y una fase de catalogación. La fase de entrenamiento se aplica para constituir una base de datos de referencia y un modelo a partir de los parámetros extraídos de las señales ultrasónicas medidas en muestras de procedencia conocida. El modelo obtenido a partir de los parámetros extraídos permite definir unas regiones de clasificación dentro del espacio de dichos parámetros que se emplean durante la fase de catalogación para asignar la procedencia de las muestras pertenecientes al grupo de

25

30

“muestras no etiquetadas”. Las procedencias estimadas se asignan mediante probabilidades de acierto.

La presente invención se basa en el principio de que todas las  
5 cerámicas arqueológicas poseen una firma ultrasónica, la cual, siendo  
apropiadamente identificada, puede emplearse para determinar el lugar  
donde las muestras bajo estudio han sido manufacturadas. Dicha firma  
ultrasónica puede variar entre diferentes fuentes potenciales de  
procedencia, y esta variación puede relacionarse con las ocurrencias  
10 geográficas de las materias primas empleadas en la fabricación de la  
cerámica. Así, las diferencias que presenta la firma ultrasónica se pueden  
producir como consecuencia de las diferencias existentes entre las  
características físicas de los materiales de fabricación, tales como la  
porosidad o la elasticidad de la cerámica. Los parámetros extraídos de la  
15 señal ultrasónica son sensibles a estas diferencias y constituyen una  
caracterización del material de fabricación de las muestras. A partir de la  
estimación de la procedencia de las cerámicas arqueológicas y contando  
con un apropiado modelo socio-económico de los pueblos originarios de  
las muestras bajo estudio, es posible profundizar en la obtención de datos  
20 tales como posibles patrones comerciales de dichos pueblos, la existencia  
de compañerismo en ellos o la existencia de contactos interregionales,  
entre otros.

Los parámetros extraídos de las señales ultrasónicas, a partir de los  
25 cuales se elabora la firma ultrasónica de las muestras estudiadas, son los  
siguientes: frecuencia central, promedio de momentos de tercer orden  
evaluados en torno al origen, ancho de banda del pulso ultrasónico  
medido en fraccionales a diferentes profundidades, evaluación de la  
potencia en intervalos de tiempo, tiempo de variación de la frecuencia de  
30 la señal con respecto a la frecuencia del transductor, y velocidad de  
propagación. Una descripción de estos parámetros se encuentra en la  
Tabla 1 que acompaña al presente documento. El primer paso del



- 15 -

procesado de los parámetros se realiza mediante análisis de componentes principales, seleccionando dichos componentes para obtener una varianza explicada mayor del 90%. Los componentes seleccionados son procesados por un procedimiento de clasificación que comprende una combinación de uno o más clasificadores, consistiendo dichos clasificadores en algoritmos que realizan una selección óptima de una clase  $k$  (entre  $K$  posibles categorías previamente definidas,  $k = 1 \dots K$ ), para un vector de parámetros de entrada cuya clase es desconocida (en el caso de la presente invención, la procedencia de la muestra de cerámica analizada). La clasificación óptima de un vector de parámetros (o componentes)  $\mathbf{x}$  de clase desconocida se hace seleccionando la clase  $C_k$  que tiene la máxima probabilidad de la clase condicionada a los datos,  $p(C_k / \mathbf{x})$ . A esta probabilidad se la denomina probabilidad a posteriori de la clase. La combinación de las decisiones individuales de  $N$  clasificadores se realiza escogiendo el máximo de la suma de la probabilidad a posteriori para cada clase obtenida por cada clasificador  $i$ , ( $i = 1 \dots N$ ). El procedimiento anterior de combinación de decisiones se aplica, en la presente invención, para combinar las decisiones de uno o más de los siguientes 5 clasificadores ( $i = 1 \dots N$ ,  $N = 5$ ) cuyos algoritmos son bien conocidos dentro de las técnicas de análisis estadístico: LDA ("Linear Discriminant Analysis"), kNN ("k-Nearest Neighbors"), Mixca ("Mixture of Component Analyzers"), SVC ("Support Vector Classifier"), y FCM ("Fuzzy C-Means"). La decisión final sobre la clase de cerámica analizada se toma mediante una integración de las decisiones individuales de cada clasificador utilizado.

Una vez descrita la presente invención, cabe resaltar que las realizaciones preferentes de la misma no han de ser consideradas como limitativas frente variaciones de su diseño o de los elementos empleados

- 16 -

para su fabricación, siempre que dichas variaciones no alteren la esencia de la invención, así como el objeto de la misma.

**TABLA 1**

Parámetro	Definición
<p>Frecuencia central, <math>f_0</math>, calculada a partir de un modelo autorregresivo de segundo orden <math>H_{AR-2}(z)</math>.</p>	<p><math>f_0</math> es la frecuencia que maximiza <math> H_{AR-2}(\omega) </math>:</p> $H_{AR-2}(z) = \frac{G}{1 - a_1 z^{-1} - a_2 z^{-2}}, \text{ para } \omega = 2\pi f_0 / f_s,$ <p>siendo <math>H_{AR-2}(\omega) = H_{AR-2}(z) _{z=e^{j\omega}}</math>. <math>G</math> es la ganancia del modelo y <math>a_1, a_2</math> son los coeficientes del polinomio de segundo orden cuyas raíces tienen argumento <math>\pm 2\pi f_0 / f_s</math>.</p>
<p>Promedio de momentos de tercer orden evaluados en torno al origen.</p>	$\overline{m_3^x}(\tau_1, \tau_2) = E[X(k)X(k+\tau_1)X(k+\tau_2)]$ $(\tau_1, \tau_2) = (1, 2), (-1, -2), \dots$ <p>siendo <math>E</math> el operador matemático de esperanza.</p>
<p>Ancho de banda del pulso ultrasónico medido en fraccionales a diferentes profundidades.</p>	$B_{frac,t} = \left( \frac{f_{sup,t} - f_{inf,t}}{f_{sup,t} + f_{inf,t}} \right) \cdot 100 \quad t = t_0, t_1, \dots$ <p>donde <math>f_{sup,t}</math> y <math>f_{inf,t}</math> son las frecuencias superior e inferior evaluadas en un intervalo <math>t</math>.</p>
<p>Evaluación de la potencia en intervalos de tiempo <math>t</math>.</p>	$P(T_0, T_1) = \frac{\int_{T_0}^{T_1}  x(t) ^2 dt}{T_1 - T_0}, \quad (T_0, T_1) = (t_0, t_1), (t_1, t_2), \dots$ <p>donde <math>x(t)</math> es la amplitud de la señal.</p>
<p>Tiempo de variación, <math>t_1</math>, de la frecuencia de la señal <math>f_{señal,t}</math> con respecto al transductor <math>f_{señal,0}</math>.</p>	<p>Tiempo <math>t_1</math> que minimiza <math>f_{señal,t}</math>, siendo <math>f_{señal,t}</math> la evolución de la frecuencia central de la señal a lo largo del tiempo.</p>
<p>Velocidad de propagación.</p>	$v = \frac{\text{espesor de la pieza}}{\text{tiempo de vuelo}}$

## REIVINDICACIONES

1.- Unidad de catalogación de cerámicas arqueológicas según su procedencia, que comprende los siguientes elementos:

5           - un transductor de ultrasonidos emisor (1) y un transductor de ultrasonidos receptor (2), siendo ambos conectables a una tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos (3);

          - una carcasa superior (4) y una carcasa inferior (5) donde se alojan los transductores de ultrasonidos emisor (1) y receptor (2),  
10       comprendiendo cada carcasa un sistema de amortiguamiento y control de presión (6);

          - un medio de acople (7) capaz de acoplar las impedancias de los transductores (1, 2) con la muestra de material cerámico bajo estudio;

          - un sistema de aproximación (8) capaz de desplazar el conjunto  
15       formado por las carcasas (4, 5), hasta ajustarlos al espesor de la muestra de material cerámico bajo estudio;

          - un sistema de medición longitudinal (9) asociado al sistema de aproximación (8) y a las carcasas (4, 5), capaz de medir el espesor de la muestra de cerámica bajo estudio;

20       - un preamplificador (10) conectado entre el transductor de ultrasonidos receptor (2) y la tarjeta emisora/receptora de ultrasonidos (3), capaz de amplificar la señal captada;

          - un medio de digitalización (11) de la señal captada por el transductor de ultrasonidos receptor (2);

25       - un procesador (12) capaz de procesar las señales digitalizadas, por medio de la extracción y el almacenamiento de una firma ultrasónica de la señal medida.

2.- Unidad de catalogación según la reivindicación 1, donde el  
30       sistema de amortiguamiento y control de presión (6) es, preferentemente, un muelle mecánico.

3.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-2, donde el medio de acople (7) es una goma sintética aplicada en seco a cada transductor (1, 2).

5 4.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde el sistema de aproximación (8) es un guiado mecánico, basado en guías concéntricas, que permite la aproximación alineada de los transductores (1, 2).

10 5.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-4, donde el sistema de medición longitudinal (9) es un codificador digital de distancia lineal.

15 6.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el medio de digitalización (11) es un osciloscopio.

20 7.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el medio de digitalización (11) es una tarjeta de digitalización integrada en un ordenador.

8.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-7, donde el procesador (12) de las señales digitalizadas comprende, al menos:

- un ordenador conectado al medio de digitalización (11);
- 25 - un conjunto de programas de software capaces de procesar la señal ultrasónica adquirida;
- una base de datos capaz de almacenar las medidas realizadas.

30 9.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-8, donde las señales ultrasónicas empleadas poseen una frecuencia de trabajo en un rango comprendido entre 1-5 MHz.

10.- Unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-9, donde la energía de las señales ultrasónicas empleadas está comprendida entre 20-80 dB.

5 11.- Método de catalogación de cerámicas arqueológicas según su procedencia, que comprende el uso de una unidad de catalogación según cualquiera de las reivindicaciones 1-10, donde se realizan las siguientes etapas:

- se incluye la muestra de cerámica bajo estudio en un grupo de  
10 "muestras etiquetadas" (13) o "muestras no etiquetadas" (14), en función de que el origen de dicha muestra sea, respectivamente, conocida o desconocida;

- se aplican los transductores de ultrasonidos (1, 2) a la muestra de  
15 cerámica bajo estudio, situando dicha muestra entre las carcasas (4, 5), dejándola descansar sobre la carcasa inferior (5) de la unidad de catalogación;

- se activa el mecanismo de aproximación (8) para que la carcasa superior (4) se desplace hasta que la muestra bajo estudio queda fija entre ambas carcasas (4, 5);

20 - se emiten pulsos de ultrasonidos sobre la muestra de cerámica etiquetada (13) o no etiquetada (14);

- se transmite el espesor medido por el sistema de medición longitudinal (9) al procesador (12);

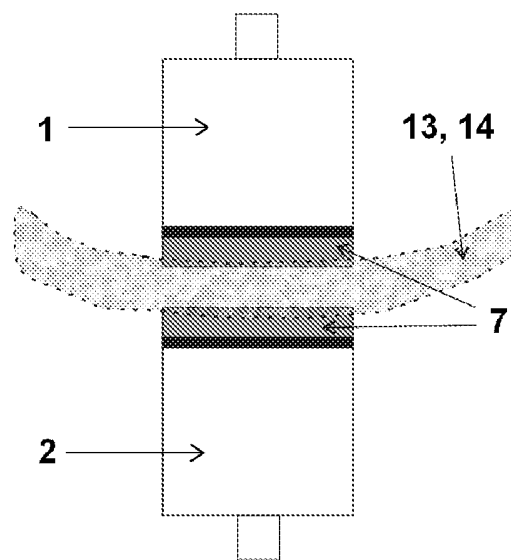
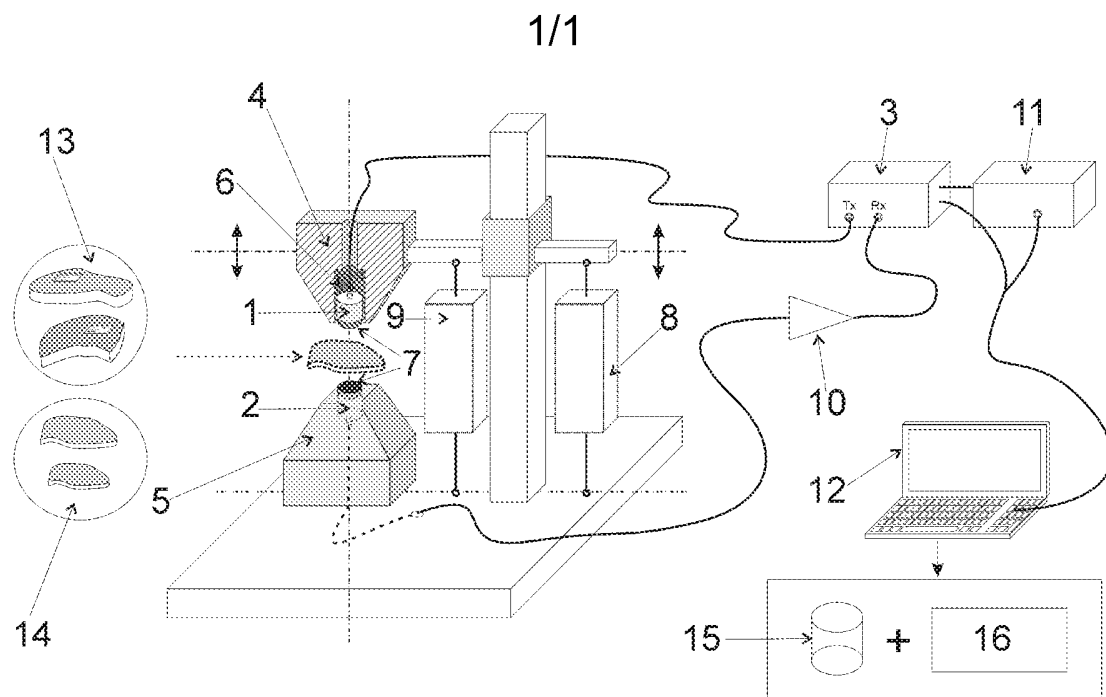
25 - se reciben las señales de los pulsos emitidos por el transductor de ultrasonidos receptor (2), acondicionando dichas señales mediante el preamplificador (10) y digitalizándolas mediante el medio de digitalización (11);

30 - se procesan las señales digitales mediante algoritmos de extracción de parámetros temporales, frecuenciales y estadísticos para el cálculo de la firma ultrasónica. La firma ultrasónica es almacenada (15) y catalogada (16) estimándose, en caso de pertenecer al grupo de "muestras no

etiquetadas”, el lugar de fabricación más probable de la muestra bajo estudio.

12.- Método según la reivindicación 11, donde los parámetros  
5 temporales, frecuenciales y estadísticos de la señal que determinan el cálculo de la firma ultrasónica de la muestra de cerámica bajo estudio comprenden, al menos, uno de los siguientes parámetros:

- la frecuencia central, calculada a partir de un modelo autorregresivo de segundo orden;
- 10 - el promedio de momentos de tercer orden evaluados en torno al origen;
- el ancho de banda del pulso ultrasónico medido en fraccionales a diferentes profundidades;
- la potencia de la señal en intervalos de tiempo;
- 15 - el tiempo de variación de la frecuencia de la señal, con respecto a la frecuencia del transductor;
- la velocidad de propagación de la señal.





# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/ES2011/070271

**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**

**See extra sheet**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

**B. FIELDS SEARCHED**

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
G01N

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

**EPODOC, INVENES**

**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	A. Salazar, R. Miralles, A. Parra, L. Vergara, J. Gosalbez. Ultrasonic Signal Processing for Archaeological Ceramic Restoration. Pages 1-4, Toulouse, Francia, 2006.	1-10
Y	EP 0509895 A1 (LORRAINE LAMINAGE ET AL.) 21/10/1992, column 6, line 50 - column 7, line 17; figures 1 - 3; abstract.	1-12
A	<a href="http://web.archive.org/web/20090520203321/http://www.matec.com/mindt/products/ultrasonic_instruments/pr-5000/">http://web.archive.org/web/20090520203321/http://www.matec.com/mindt/products/ultrasonic_instruments/pr-5000/</a>	8
Y	A. Salazar, A. Parra, L. Vergara, R. Miralles. Evaluación No Destructiva by Ultrasonidos para the Catalogación of Cerámicas Arquelógicas. Revista from Asociación Spanish of Ensayos No Destructivos, 33:22-31, 2006.	11-12

Further documents are listed in the continuation of Box C.  See patent family annex.

<p>* Special categories of cited documents:</p> <p>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance.</p> <p>"E" earlier document but published on or after the international filing date</p> <p>"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)</p> <p>"O" document referring to an oral disclosure use, exhibition, or other means.</p> <p>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed</p>	<p>"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention</p> <p>"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone</p> <p>"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other documents, such combination being obvious to a person skilled in the art</p> <p>"&amp;" document member of the same patent family</p>
--	--

Date of the actual completion of the international search  
06/09/2011

Date of mailing of the international search report  
(07/09/2011)

Name and mailing address of the ISA/  
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS  
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)  
Facsimile No.: 91 349 53 04

Authorized officer  
M. Argüeso Montero  
  
Telephone No. 91 3493273

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2011/070271

Information on patent family members

Patent document cited in the search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP0509895 A	21.10.1992	CA2065931 A FR2675263 AB EP19920401030 JP5107233 A	16.10.1992 16.10.1992 13.04.1992 27.04.1993
-----			

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/ES2011/070271

## CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

*G01N29/07* (2006.01)

*G01N29/11* (2006.01)

*G01N29/28* (2006.01)

*G01N29/44* (2006.01)

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

PCT/ES2011/070271

## A. CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

### Ver Hoja Adicional

De acuerdo con la Clasificación Internacional de Patentes (CIP) o según la clasificación nacional y CIP.

## B. SECTORES COMPRENDIDOS POR LA BÚSQUEDA

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

G01N

Otra documentación consultada, además de la documentación mínima, en la medida en que tales documentos formen parte de los sectores comprendidos por la búsqueda

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

EPODOC, INVENES

## C. DOCUMENTOS CONSIDERADOS RELEVANTES

Categoría*	Documentos citados, con indicación, si procede, de las partes relevantes	Relevante para las reivindicaciones nº
Y	A. Salazar, R. Miralles, A. Parra, L. Vergara, J. Gosalbez. Ultrasonic Signal Processing for Archaeological Ceramic Restoration. Pages 1-4, Toulouse, Francia, 2006.	1-10
Y	EP 0509895 A1 (LORRAINE LAMINAGE ET AL.) 21/10/1992, column 6, línea 50 - column 7, línea 17; figuras 1 - 3; resumen.	1-12
A	<a href="http://web.archive.org/web/20090520203321/http://www.matec.com/mindt/products/ultrasonic_instruments/pr-5000/">http://web.archive.org/web/20090520203321/http://www.matec.com/mindt/products/ultrasonic_instruments/pr-5000/</a>	8
Y	A. Salazar, A. Parra, L. Vergara, R. Miralles. Evaluación No Destructiva por Ultrasonidos para la Catalogación de Cerámicas Arqueológicas. Revista de la Asociación Española de Ensayos No Destructivos, 33:22-31, 2006.	11-12

En la continuación del recuadro C se relacionan otros documentos

Los documentos de familias de patentes se indican en el anexo

<p>* Categorías especiales de documentos citados:</p> <p>"A" documento que define el estado general de la técnica no considerado como particularmente relevante.</p> <p>"E" solicitud de patente o patente anterior pero publicada en la fecha de presentación internacional o en fecha posterior.</p> <p>"L" documento que puede plantear dudas sobre una reivindicación de prioridad o que se cita para determinar la fecha de publicación de otra cita o por una razón especial (como la indicada).</p> <p>"O" documento que se refiere a una divulgación oral, a una utilización, a una exposición o a cualquier otro medio.</p> <p>"P" documento publicado antes de la fecha de presentación internacional pero con posterioridad a la fecha de prioridad reivindicada.</p>	<p>"T" documento ulterior publicado con posterioridad a la fecha de presentación internacional o de prioridad que no pertenece al estado de la técnica pertinente pero que se cita por permitir la comprensión del principio o teoría que constituye la base de la invención.</p> <p>"X" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse nueva o que implique una actividad inventiva por referencia al documento aisladamente considerado.</p> <p>"Y" documento particularmente relevante; la invención reivindicada no puede considerarse que implique una actividad inventiva cuando el documento se asocia a otro u otros documentos de la misma naturaleza, cuya combinación resulta evidente para un experto en la materia.</p> <p>"&amp;" documento que forma parte de la misma familia de patentes.</p>
--	--

Fecha en que se ha concluido efectivamente la búsqueda internacional.  
06/09/2011

Fecha de expedición del informe de búsqueda internacional.  
**07-SEPTIEMBRE-2011 (07/09/2011)**

Nombre y dirección postal de la Administración encargada de la búsqueda internacional  
OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS  
Paseo de la Castellana, 75 - 28071 Madrid (España)  
Nº de fax: 91 349 53 04

Funcionario autorizado  
M. Argüeso Montero  
Nº de teléfono 91 3493273

# INFORME DE BÚSQUEDA INTERNACIONAL

Solicitud internacional nº

Informaciones relativas a los miembros de familias de patentes

PCT/ES2011/070271

Documento de patente citado en el informe de búsqueda	Fecha de Publicación	Miembro(s) de la familia de patentes	Fecha de Publicación
EP0509895 A	21.10.1992	CA2065931 A FR2675263 AB EP19920401030 JP5107233 A	16.10.1992 16.10.1992 13.04.1992 27.04.1993
-----	-----	-----	-----

**CLASIFICACIONES DE INVENCION**

***G01N29/07*** (2006.01)

***G01N29/11*** (2006.01)

***G01N29/28*** (2006.01)

***G01N29/44*** (2006.01)