



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 323 204**

② Número de solicitud: 200602543

⑤ Int. Cl.:  
**G01J 3/28** (2006.01)

**G01B 9/02** (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

⑫ Fecha de presentación: **06.10.2006**

⑬ Fecha de publicación de la solicitud: **08.07.2009**

Fecha de la concesión: **01.02.2010**

⑭ Fecha de anuncio de la concesión: **15.02.2010**

⑮ Fecha de publicación del folleto de la patente:  
**15.02.2010**

⑰ Titular/es:  
**Universidade de Santiago de Compostela  
Edificio CACTUS - Campus Sur  
15782 Santiago de Compostela, A Coruña, ES**

⑱ Inventor/es: **Montero Orille, Carlos;  
Couce Rodríguez, Beatriz;  
Fuente Carballo, Raúl de la y  
Prieto Blanco, Jesús**

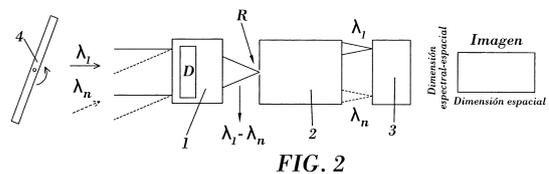
⑳ Agente: **Carpintero López, Francisco**

⑳ Título: **Espectrómetro de imagen y método de espectroscopia de imagen.**

㉑ Resumen:

Espectrómetro de imagen y método de espectroscopia de imagen.

El espectrómetro de imagen comprende un módulo de formación de imagen (1) para proyectar una imagen de un objeto sobre un módulo de dispersión (2) configurado para captar una franja de dicha imagen y descomponerla en una pluralidad de componentes espectrales, que son detectadas por un módulo de detección (3). Asociado al módulo de formación de imagen (1) hay al menos un dispositivo dispersor (D, D41, D51) configurado para formar un conjunto de imágenes del objeto desplazadas lateralmente, cada una de ellas correspondiente a una banda espectral diferente, de manera que la franja captada por el módulo (2) de dispersión comprende una pluralidad de componentes espectrales que cada una corresponde a una franja espacial distinta del objeto. La invención también se refiere a un método de espectroscopia de imagen.



ES 2 323 204 B2

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 40.2.8 LP.

## DESCRIPCIÓN

Espectrómetro de imagen y método de espectroscopía de imagen.

### 5 **Campo técnico de la invención**

La presente invención se enmarca en el ámbito de la espectroscopía de imagen, técnica con la que se pretende determinar el contenido espectral de una escena bidimensional.

### 10 **Antecedentes de la invención**

Los espectrómetros de imagen, también denominados sensores hiperespectrales, son detectores de radiación que proporcionan el espectro de cada uno de los puntos que conforman una escena no homogénea. Dicho de otra forma, proveen una colección continua de imágenes de una escena, cada una de ellas correspondiente a una diferente banda espectral. En su conjunto, esta colección de imágenes se denomina imagen hiperespectral.

Para entender en qué consiste una imagen hiperespectral se la puede comparar con una imagen en color convencional. Una imagen en color puede considerarse como la superposición de tres imágenes tomadas en tres bandas diferentes del espectro visible, típicamente las bandas roja, verde y azul. En cambio, una imagen hiperespectral consiste en un conjunto (decenas o centenas) de imágenes distintas tomadas en bandas espectrales contiguas y estrechas (habitualmente < 10 nm si se toma la longitud de onda como parámetro espectral y se considera el rango espectral visible). Por lo tanto, una imagen hiperespectral corresponde a un cubo de datos con dos dimensiones espaciales y una dimensión espectral. Cada dato de este cubo representa la energía detectada procedente de un punto particular de la escena y correspondiente a una banda espectral determinada.

Los espectrómetros de imagen son ampliamente utilizados en aplicaciones que implican detección remota, pero también se pueden usar en la industria, en medicina o en colorimetría, por citar algunos ejemplos. Con ellos se pueden llevar a cabo tareas tan diversas como cartografías de zonas amplias, identificación y reconocimiento de objetos, detección de blancos, procesos de monitorización y control, diagnosis clínica por imagen o gestión medioambiental.

En la actualidad existe una gran variedad de sensores hiperespectrales. Se puede realizar una clasificación de los mismos atendiendo a diversos parámetros, por ejemplo, atendiendo al método que utilizan para adquirir la información espectral y/o al método que utilizan para adquirir la información espacial (R.G. Sellar, G. D. Boreman, Optical Engineering 44, 013602, 2005).

Atendiendo a la adquisición de la información espectral se pueden distinguir tres tipos de sensores:

1. Espectrómetro de filtrado espectral
2. Espectrómetro dispersivo
3. Espectrómetro interferométrico, también denominado espectrómetro de transformada de Fourier

Atendiendo a la adquisición de la información espacial se pueden distinguir cuatro tipos de sensores:

1. Espectrómetro de barrido con campo visual puntual (o cero dimensional)
2. Espectrómetro de barrido con campo visual lineal (o unidimensional)
3. Espectrómetro de barrido con campo visual bidimensional
4. Espectrómetro estático, también denominado espectrómetro de visión fija

Esta nomenclatura puede diferir según la fuente que se consulte.

Basándose en estos dos parámetros, se pueden considerar hasta 12 tipos diferentes de espectrómetros de imagen. Los más frecuentes corresponden o bien al tipo dispersivo y de barrido con campo visual lineal, o bien al tipo de filtrado espectral y de visión fija.

En la patente US-B-6211906 se describe un espectrómetro de imagen de filtrado espectral y de barrido con campo visual bidimensional que contiene dos filtros interferenciales variables, el primero de ellos en el rango visible y el segundo en el rango infrarrojo cercano, acoplados a sendos módulos de imagen.

En la solicitud de patente US-A-2005/0030545 se presenta otro espectrómetro de filtrado espectral y, en este caso, estático, basado en un filtro óptico de Fabry-Perot sintonizable.

## ES 2 323 204 B2

En la solicitud de patente EP-A-0509770 se describe un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo de visión puntual que utiliza como dispositivo de muestreo un polígono rotatorio.

5 En la patente US-A-5768040 se describe un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo de visión lineal constituido principalmente por elementos ópticos concéntricos.

En la patente US-A-5777736 se presenta un espectrómetro de imagen interferométrico y de barrido con campo de visión bidimensional basado en un interferómetro tipo Mach Zehnder.

10 En la solicitud de patente WO-A-99/06807 se presenta un espectrómetro de imagen interferométrico y estático que contiene un dispositivo birrefringente para variar la diferencia de camino entre los dos brazos del interferómetro.

En otras patentes y documentos se describen numerosos espectrómetros de imagen de uno u otro tipo. No obstante, no se conocen ejemplos de espectrómetros de imagen de filtrado y de barrido con campo visual lineal ni tampoco de 15 espectrómetros de imagen dispersivos y de barrido con campo de visión bidimensional.

La invención se puede considerar como un desarrollo basado en un espectrómetro dispersivo y de barrido con campo visual lineal. En la figura 1 se muestra un dibujo esquemático de este tipo de espectrómetro, que desde un punto de vista operativo consta de tres módulos: un módulo de formación de imagen (1), un módulo de dispersión (2) 20 y un módulo detector (3).

El módulo de formación de imagen (1) está configurado para formar o proyectar una imagen de la muestra sobre el módulo de dispersión (en este contexto, términos como “muestra” u “objeto” deben interpretarse de forma amplia, ya que pueden referirse a una muestra, a un objeto, a una zona, a una escena o a cualquier cosa cuya imagen se está captando y analizando con el dispositivo)). En la entrada del módulo de dispersión se sitúa una rendija (R), u otro 25 dispositivo de selección similar, que solamente transmite o deja pasar la radiación procedente de una línea (o, en realidad, de una franja muy estrecha) de la muestra.

En el módulo de dispersión (2) se separan las diferentes componentes espectrales ( $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ ) de la radiación de forma que cada una de ellas es focalizada en una posición diferente del módulo detector (3). El módulo detector comprende un detector de radiación bidimensional junto con los dispositivos o componentes necesarios para visualizar y procesar la imagen detectada. La rendija (R) está orientada perpendicularmente a la dirección en la que se produce la descomposición espectral, de modo que la imagen en el módulo detector (3) tiene un eje espacial y un eje espectral. Por ejemplo, en la figura 1, la descomposición espectral se produce en el plano del dibujo mientras que la rendija es 35 perpendicular a dicho plano.

El espectrómetro debe realizar un barrido en la otra dimensión espacial de la muestra para construir el cubo de datos. Para ello puede disponer de medios para realizar el barrido, por ejemplo, de un módulo de barrido que puede comprender, por ejemplo, un espejo rotatorio. No obstante, el propio movimiento de la plataforma en la que se sitúa 40 el sensor (por ejemplo, un satélite o un avión) o el movimiento de la escena u objeto cuya imagen se está captando (por ejemplo, en una cadena de producción) puede proveer la acción necesaria para realizar el barrido. Por lo tanto, muchas veces se considera el módulo de barrido como una parte opcional del espectrómetro.

### Descripción de la invención

45 Un primer aspecto de la invención se refiere a un espectrómetro de imagen, que comprende:

un módulo de formación de imagen configurado para recibir radiación proveniente de un objeto (en este contexto, “objeto” se entiende en un sentido amplio, es decir, como cualquier elemento, muestra, zona o similar sobre la que se desea extraer información y cuya imagen se desea captar y procesar) y para proyectar una correspondiente imagen del objeto sobre un módulo de dispersión; y

dicho módulo de dispersión, configurado para captar una franja (básicamente, una franja estrecha, en el caso “ideal”, una “línea”) de dicha imagen y para descomponer dicha franja en una pluralidad de componentes espectrales 55 de la franja.

En este contexto, el término “módulo” debe entenderse en sentido funcional y no como algo que necesariamente esté estructuralmente separado de los demás módulos.

60 De acuerdo con la invención, el espectrómetro de imagen comprende además, asociado al módulo de formación de imagen (por ejemplo, de forma separada del módulo de formación de imagen o de forma integrada en el mismo, por ejemplo, constituyendo el módulo de formación de imagen), al menos un dispositivo dispersor (o medio dispersor) configurado para formar un conjunto de imágenes del objeto desplazadas lateralmente, cada una de ellas correspondiente a una banda espectral diferente, de manera que la franja captada por el módulo de dispersión comprenda una 65 pluralidad de componentes espectrales que cada una corresponda a una franja espacial distinta del objeto.

## ES 2 323 204 B2

Además, el módulo de dispersión puede configurarse para que dicha franja captada sea perpendicular a la dirección de desplazamiento de las imágenes.

5 En este contexto, un dispositivo dispersor es un dispositivo que actúa sobre la radiación que recibe de un modo que depende de la longitud de onda de la misma.

10 Para obtener y procesar información del objeto muestreado, el espectrómetro de imagen arriba descrito debe adicionalmente comprender o complementarse con un módulo de detección configurado para detectar las componentes espectrales procedentes del módulo de dispersión y para componer (por ejemplo, electrónicamente) un conjunto de datos a partir de dichas componentes espectrales, representando dichos datos información espectral y espacial de la imagen. Este conjunto de datos puede formar parte del “cubo” de datos, con dos dimensiones espaciales y una dimensión espectral, descrito más arriba. El cubo de datos propiamente dicho se obtiene mediante la toma de múltiples imágenes según un barrido, por ejemplo, mediante espejo giratorio, movimiento de plataforma, movimiento del objeto observado, etc.

15 Dentro de la clasificación mencionada anteriormente, se podría decir que la presente invención se refiere a un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo visual bidimensional. No obstante, tal y como se desprende de lo que se ha indicado más arriba, la configuración del sistema puede ser similar a la del tipo dispersivo y de barrido con campo visual lineal. De hecho, se podría pasar de una configuración a otra, según convenga, sin más que realizar una pequeña modificación (típicamente, quitar o poner, respectivamente, el dispositivo dispersor). Esto puede representar una ventaja de la invención, ya que se dispondría de “dos tipos de espectrómetros en uno”.

20 El dispositivo dispersor asociado al módulo de formación de imágenes puede comprender cualquier medio dispersor adecuado para la finalidad, por ejemplo, el dispositivo dispersor puede comprender una red de difracción y/o un prisma, o puede incluso estar constituido por una red de difracción o por un prisma. El dispositivo dispersor puede formar parte del módulo de formación de imagen e incluso constituir el módulo de formación de imagen, por ejemplo, consistir en una red de difracción que realiza tanto la función del dispositivo dispersor como la función de formación de imagen.

30 El módulo de dispersión puede comprender elementos ópticos refractivos, y/o elementos ópticos reflectantes, y/o elementos ópticos difractivos.

35 El módulo de dispersión puede comprender una rendija (por ejemplo, una rendija recta con un ancho del orden de  $20\ \mu\text{m}$ ) configurada para dejar pasar la franja de la imagen que se proyecta sobre el módulo de dispersión. El módulo de dispersión puede estar configurado para descomponer dicha franja en dicha pluralidad de componentes espectrales de la franja de manera que dichas componentes espectrales se distribuyan según un eje perpendicular a la dirección en la que se extiende dicha rendija.

40 El módulo de formación de imagen puede comprender al menos un sistema óptico (por ejemplo, un grupo de elementos ópticos o un solo elemento óptico, por ejemplo, incluido el elemento o dispositivo dispersor) sustancialmente idéntico a un sistema óptico del módulo de dispersión. Estos dos sistemas ópticos pueden estar dispuestos de forma simétrica con respecto a la rendija. Esta “igualdad” y simetría puede ser utilizada para que el segundo sistema óptico compense algunas aberraciones ópticas introducidas por el primer sistema.

45 El espectrómetro de imagen puede además comprender un módulo de barrido (por ejemplo, un espejo giratorio) configurado para realizar un barrido del objeto, para permitir la captación de una serie consecutiva de imágenes espacialmente desplazadas entre sí. De esta manera, se puede obtener información espacial y espectral completa del objeto.

50 Otro aspecto de la invención se refiere a un método de espectroscopia de imagen, que comprende:

55 recibir radiación proveniente de un objeto (entendido en sentido amplio, como cualquier elemento, zona o similar sobre la que se desea extraer información) y proyectar una correspondiente imagen del objeto sobre un módulo de dispersión;

en dicho módulo de dispersión, captar una franja (por ejemplo, una franja estrecha, por ejemplo, casi unidimensional, en el caso “ideal”, una “línea”) de dicha imagen y descomponer dicha franja en una pluralidad de componentes espectrales de la franja; y

60 detectar dichas componentes espectrales y componer un conjunto de datos a partir de dichas componentes espectrales, de manera que dichos datos representen información espectral y espacial de la imagen, por ejemplo, correspondiente a una parte del “cubo” de datos arriba comentado (el “cubo completo” se puede obtener realizando un “barrido” del objeto, captando una serie de imágenes sucesivas).

65 De acuerdo con la invención, antes de proyectar la imagen sobre el módulo de dispersión, se somete la imagen a un paso de dispersión de manera que la imagen se proyecta en forma de un conjunto de imágenes del objeto desplazadas lateralmente, cada una de ellas correspondiente a una banda espectral diferente, de manera que la franja captada por

el módulo de dispersión comprenda una pluralidad de componentes espectrales que cada una corresponde a una franja espacial distinta del objeto.

Lo que se ha indicado más arriba con respecto al espectrómetro también es aplicable al método, *mutatis mutandis*.

Por ejemplo, el paso de dispersión se puede realizar con un dispositivo dispersor que comprende una red de difracción, un prisma o ambos. También se puede realizar con un dispositivo dispersor que consiste en una red de difracción o un prisma.

Se puede usar un módulo de dispersión que comprende una rendija configurada para dejar pasar dicha franja de dicha imagen. En el módulo de dispersión, se puede descomponer dicha franja en dicha pluralidad de componentes espectrales de la franja de manera que dichas componentes espectrales se distribuyan según un eje perpendicular a la dirección en la que se extiende dicha rendija. Se pueden usar una pluralidad de elementos ópticos organizadas como una o más parejas de elementos ópticos sustancialmente idénticos dispuestas de forma simétrica con respecto a la rendija.

### Descripción de las figuras

Para complementar la descripción y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con unos ejemplos preferentes de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de la descripción, un juego de figuras en el que con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

La figura 1.- Muestra una vista esquemática de los módulos funcionales de un espectrómetro dispersivo y de barrido con campo visual lineal, según el estado de la técnica.

La figura 2.- Muestra una vista esquemática de los módulos funcionales de un espectrómetro de acuerdo con una posible realización de la invención.

La figura 3.- Muestra esquemáticamente la diferencia entre las imágenes tomadas mediante un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo visual lineal y un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo visual bidimensional.

Las figuras 4 y 5.- Muestran de forma esquemática la constitución de dos posibles realizaciones de la invención, incluyendo los elementos ópticos que forman parte de los diferentes módulos funcionales.

### Realizaciones preferentes de la invención

De acuerdo con una realización preferida de la invención, el espectrómetro de imagen incorpora un dispositivo dispersor de radiación (D) en el módulo (1) formador de imagen, tal y como se muestra en la figura 2 (que, básicamente, refleja los principios fundamentales de funcionamiento de la invención). Ejemplos de tales dispositivos son una red de difracción, un prisma o una combinación de ambos. Con este dispositivo, el módulo (1) formador de imagen forma un conjunto de imágenes de la escena desplazadas lateralmente en el plano de la rendija (R) del módulo (2) de dispersión (que puede ser un módulo de dispersión convencional, como el que ya se describió en relación con la figura 1), cada una de ellas correspondiente a una longitud de onda " $\lambda$ " (o a una banda espectral) diferente. Es decir, se realiza una recombinación de la información espacial y espectral en la rendija de entrada (R) del módulo de dispersión, pero manteniendo una correlación entre la dirección de incidencia de la radiación en el instrumento y la longitud de onda transmitida. Mientras que en el espectrómetro de campo de visión lineal representado en la figura 1 sólo alcanza la rendija radiación procedente de una línea de la escena, en la presente invención llega y atraviesa la rendija radiación procedente de una zona bidimensional de la escena. Además, de toda la radiación procedente de una línea espacial dada, sólo aquella correspondiente a una estrecha banda espectral es transmitida o captada por la rendija, mientras que de la radiación procedente de otra línea espacial se transmite otra banda espectral, etc.

Por lo tanto, en un momento dado, por la rendija (R) pasa radiación que es combinación de distintas componentes espectrales ( $\lambda_1, \dots, \lambda_n$ ), cada una de estas componentes procedentes de una parte diferente de la muestra u objeto (por ejemplo, de una "línea" o "franja" espacial del objeto). Esta radiación se descompone espectralmente en el módulo (2) de dispersión del espectrómetro y se focaliza en el módulo (3) de detección, el cual en cada momento puede "captar" una "imagen" bidimensional correspondiente, guardando información sobre el objeto distribuida tanto espacial como espectralmente.

Dado que las radiaciones procedentes de diferentes líneas del objeto y que son transmitidas por la rendija corresponden a longitudes de onda diferentes, se dirigirán a posiciones distintas en el detector. Para obtener una información espectral completa de cada línea de la muestra, se toman una colección de imágenes mientras se realiza un barrido continuo en la dirección espacial perpendicular a estas líneas (por ejemplo, con ayuda de un espejo giratorio (4), ilustrado de forma esquemática en la figura 2). De este modo, en imágenes sucesivas el sensor recoge una banda espectral diferente para una misma "línea" o "franja" del objeto o muestra.

## ES 2 323 204 B2

En la figura 3 se muestra la diferencia entre las imágenes tomadas mediante un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo visual lineal y un espectrómetro de imagen dispersivo y de barrido con campo visual bidimensional. Tanto en la figura 3a como en la figura 3b se muestra el cubo de datos correspondiente a una secuencia de imágenes bidimensionales obtenidas mediante el barrido espacial en la dimensión espacial denominada También se muestran diferentes cortes del cubo correspondientes a imágenes individuales. La figura 3a corresponde al sensor de campo visual lineal y cada uno de los cortes corresponde a coordenada “y” constante. Los ejes correspondientes a un corte dado son “x” (dimensión espacial de la escena perpendicular a “y” y correspondiente a la dirección de la extensión de la rendija (R)) y “ $\lambda$ ” (dimensión espectral). En la figura 3b se muestran los cortes correspondientes a imágenes individuales correspondientes al sensor de campo de visión bidimensional. Si se considera un corte determinado, uno de los ejes corresponde a la dimensión espacial “x” (la extensión de la rendija (R)), mientras que el otro corresponde a una combinación de la dimensión espacial “y” (dimensión de barrido) y la dimensión espectral “ $\lambda$ ”.

Este tipo de corte correspondiente a la figura 3b es característico de todos los sensores de barrido con campo visual bidimensional y no solamente de los dispersivos, a los que se refiere la presente invención. Por ejemplo, en un espectrómetro de filtrado espectral y de barrido con campo visual bidimensional este corte corresponde a una imagen obtenida situando un filtro espectral variable (dependiente de la posición) delante del sensor de una cámara convencional. Ahora bien, a diferencia del espectrómetro de la presente invención, este sistema requiere de una tecnología compleja que permita diseñar un filtro con una resolución espectral aceptable y situarlo adecuadamente sobre el sensor de la cámara. Otra ventaja de la presente invención es que este espectrómetro puede transformarse cuando convenga en un espectrómetro de barrido con campo visual lineal: solamente es necesario extraer el dispositivo dispersor (D) del módulo de formación de imagen y, si es necesario, reorientar el espectrómetro.

Existen muchas diferentes configuraciones posibles para el diseño de un espectrómetro como el de la presente invención, dos de las cuales se describirán en los siguientes ejemplos.

### Ejemplo 1

La figura 4 refleja un espectrómetro de imagen constituido esencialmente por elementos ópticos refractivos. Los dispositivos dispersores (D41, D42) corresponden cada uno a una combinación de un prisma y una red de difracción plana por transmisión. Con un diseño adecuado esta configuración de los dispersores permite que la radiación correspondiente a una determinada banda del espectro (típicamente el centro de la región de interés) no cambie de dirección al atravesar el dispositivo. El módulo de formación de imagen (1) está constituido por un elemento dispersor (D41) y un objetivo (O41) que proyectan un conjunto de imágenes del objeto sobre la rendija de entrada (R) del módulo de dispersión (2), tal y como se explicó en relación a la figura 2. En este módulo de dispersión la radiación transmitida por la rendija (R) se colima mediante un segundo objetivo (O42) e incide sobre un segundo elemento dispersor (D42) que separa sus diferentes componentes espectrales según un eje perpendicular a la extensión de la rendija (R). Un tercer objetivo (O43) focaliza la radiación sobre el sensor de una cámara CCD (31) del módulo de detección (3). La imagen obtenida por la cámara CCD (31) se visualiza y procesa mediante un ordenador personal (32).

En este ejemplo se considera que los tres objetivos (O41, O42 y O43) son iguales y también se consideran iguales los dos dispositivos dispersores (D41 y D42). Los dos primeros objetivos (O41 y O42) y los elementos dispersores (D41 y D42) están dispuestos de forma simétrica con respecto a la rendija (R) del módulo de dispersión. La igualdad de distancias focales de los dos primeros objetivos (O41 y O42) y de la dispersión angular de los dispositivos dispersores (D41 y D42) permite que la escala de la imagen sea la misma para las dos dimensiones del sensor CCD (31). Además, su disposición simétrica permite que para escenas lejanas las posibles aberraciones ópticas originadas en el módulo de formación de imagen (1) sean compensadas por los elementos del módulo de dispersión (2). La igualdad de la distancia focal de los dos últimos objetivos (O42 y O43) implica que el aumento de la imagen en la cámara CCD (31) respecto a la imagen en la rendija (R) sea unidad.

### Ejemplo 2

En este ejemplo el espectrómetro está constituido esencialmente por elementos ópticos reflectantes como se muestra en la figura 5. El módulo de formación de imagen (1) está constituido únicamente por una red de difracción cóncava (D51). El módulo de dispersión (2) está constituido por cuatro elementos: una rendija (R), un espejo cóncavo (E51), una red de difracción convexa (D52) y un segundo espejo cóncavo (E52). El módulo de detección (3) es similar al del ejemplo 1. Está formado por una cámara CCD (31) y un ordenador personal (32). La red de difracción (D51) del módulo de formación de imagen (1) forma una imagen de la escena deseada sobre el plano de la rendija (R) y, al mismo tiempo, descompone espectralmente la radiación procedente de la escena tal y como se explicó en relación con la figura 2. Si se dispone la red de difracción (D51) de modo que el rayo central de la radiación que recibe se refleje siguiendo uno de sus radios hacia la rendija (R), se obtiene un montaje de red de Wadsworth (H. Beutler, J. Opt. Soc. Am. 35, 311-350, 1945). La ventaja de esta configuración radica en que la imagen proporcionada por la red de difracción (D51) sobre la rendija (R) no presenta las aberraciones ópticas de astigmatismo y coma. No obstante esta imagen sí tiene aberración cromática longitudinal, que podría ser corregida mediante elementos ópticos refractivos. El módulo de dispersión (2) descompone espectralmente la radiación que transmite la rendija (R) y la focaliza en el plano donde está situado el sensor de la cámara CCD (31). Una configuración que proporciona una buena calidad de imagen es aquella en la que los espejos (E51, E52) y la red de difracción (D52) son esféricos y son concéntricos. Esta

## ES 2 323 204 B2

configuración del módulo de dispersión (2) corresponde a un espectrómetro tipo Offner (M.P. Chrisp, patente US-A-5880834).

5 En este texto, la palabra “comprende” y sus variantes (como “comprendiendo”, etc.) no deben interpretarse de forma excluyente, es decir, no excluyen la posibilidad de que lo descrito incluya otros elementos, pasos etc.

10 Por otra parte, la invención no está limitada a las realizaciones concretas que se han descrito sino abarca también, por ejemplo, las variantes que pueden ser realizadas por el experto medio en la materia (por ejemplo, en cuanto a la elección de materiales, dimensiones, componentes, configuración, etc.), dentro de lo que se desprende de las reivindicaciones.

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

## REIVINDICACIONES

1. Espectrómetro de imagen, que comprende:

5 un módulo de formación de imagen (1) configurado para recibir radiación proveniente de un objeto y para proyectar una correspondiente imagen del objeto sobre un módulo de dispersión (2); y

10 dicho módulo de dispersión (2), configurado para captar una franja de dicha imagen y para descomponer dicha franja en una pluralidad de componentes espectrales ( $\lambda_1, \lambda_n$ ) de la franja;

**caracterizado** porque

15 además comprende, asociado al módulo de formación de imagen (1), al menos un dispositivo dispersor (D, D41, D51) configurado para formar un conjunto de imágenes del objeto desplazadas lateralmente, cada una de ellas correspondiente a una banda espectral diferente, de manera que la franja captada por el módulo (2) de dispersión comprende una pluralidad de componentes espectrales que cada una corresponde a una franja espacial distinta del objeto.

20 2. Espectrómetro de imagen según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho dispositivo dispersor (D41, D51) comprende una red de difracción.

3. Espectrómetro de imagen según la reivindicación 1, **caracterizado** porque dicho dispositivo dispersor (D41) comprende un prisma.

25 4. Espectrómetro de imagen según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo dispersor (D41) comprende un prisma y una red de difracción.

30 5. Espectrómetro de imagen según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo dispersor (D51) consiste en una red de difracción.

6. Espectrómetro de imagen según la reivindicación 1, **caracterizado** porque el dispositivo dispersor consiste en un prisma.

35 7. Espectrómetro según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el módulo de formación de imagen (1) consiste en el dispositivo dispersor (D51).

8. Espectrómetro de imagen según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el módulo de dispersión (2) comprende elementos ópticos refractivos (O42, D42, O43).

40 9. Espectrómetro de imagen según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el módulo de dispersión (2) comprende elementos ópticos reflectantes (E51, D52, E52).

45 10. Espectrómetro de imagen según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el módulo de dispersión (2) comprende elementos ópticos difractivos (R, D42, D52).

11. Espectrómetro de imagen según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque el módulo de dispersión (2) comprende una rendija (R) configurada para dejar pasar dicha franja de dicha imagen.

50 12. Espectrómetro de imagen de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado** porque el módulo de dispersión (2) está configurado para descomponer dicha franja en dicha pluralidad de componentes espectrales ( $\lambda_1, \lambda_n$ ) de la franja de manera que dichas componentes espectrales se distribuyan según un eje perpendicular a la dirección en la que se extiende dicha rendija (R).

55 13. Espectrómetro de imagen de acuerdo con la reivindicaciones 11 ó 12, **caracterizado** porque el módulo de formación de imagen (1) comprende un sistema óptico (D41, O41) sustancialmente idéntico a un sistema óptico del módulo de dispersión (O42, D42), estando estos sistemas ópticos dispuestos de forma simétrica con respecto a la rendija (R).

60 14. Espectrómetro de imagen según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque además comprende un módulo de detección (3) configurado para detectar dichas componentes espectrales procedente del módulo de dispersión (2) y para componer un conjunto de datos a partir de dichas componentes espectrales, representando dichos datos información espectral y espacial de la imagen.

65 15. Espectrómetro de imagen según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado** porque además comprende un módulo de barrido (4) configurado para realizar un barrido del objeto para permitir la captación de una serie consecutiva de imágenes espacialmente desplazadas entre sí.

## ES 2 323 204 B2

16. Método de espectroscopia de imagen, que comprende:

recibir radiación proveniente de un objeto y proyectar una correspondiente imagen del objeto sobre un módulo de dispersión (2);

5

en dicho módulo de dispersión (2), captar una franja de dicha imagen y descomponer dicha franja en una pluralidad de componentes espectrales ( $\lambda_1, \lambda_n$ ) de la franja; y

detectar dichas componentes espectrales y componer un conjunto de datos a partir de dichas componentes espec-

10

**caracterizado** porque

antes de proyectar la imagen sobre el módulo de dispersión (2) se somete la imagen a un paso de dispersión de manera que la imagen se proyecta en forma de un conjunto de imágenes del objeto desplazadas lateralmente, cada una de ellas correspondiente a una banda espectral diferente, de manera que la franja captada por el módulo (2) de dispersión comprende una pluralidad de componentes espectrales que cada una corresponde a una franja espacial distinta del objeto.

15

17. Método según la reivindicación 16, **caracterizado** porque dicho paso de dispersión se realiza con un dispositivo dispersor (D41, D51) que comprende una red de difracción.

20

18. Método según la reivindicación 16, **caracterizado** porque dicho paso de dispersión se realiza con un dispositivo dispersor (D41) que comprende un prisma.

25

19. Método según la reivindicación 16, **caracterizado** porque dicho paso de dispersión se realiza con un dispositivo dispersor (D41) que comprende un prisma y una red de difracción.

20. Método según la reivindicación 16, **caracterizado** porque dicho paso de dispersión se realiza con un dispositivo dispersor que consiste en un prisma.

30

21. Método según la reivindicación 16, **caracterizado** porque el paso de proyectar una imagen del objeto y el paso de dispersión se realizan con un dispositivo dispersor (D51) que consiste en una red de difracción.

35

22. Método según cualquiera de las reivindicaciones 16-21, **caracterizado** porque se usa un módulo de dispersión (2) que comprende una rendija (R) configurada para dejar pasar dicha franja de dicha imagen.

23. Método de acuerdo con la reivindicación 22, **caracterizado** porque en el módulo de dispersión (2) se descompone dicha franja en dicha pluralidad de componentes espectrales ( $\lambda_1, \lambda_2$ ) de la franja de manera que dichas componentes espectrales se distribuyan según un eje perpendicular a la dirección en la que se extiende dicha rendija (R).

40

24. Método de acuerdo con la reivindicaciones 22 o 23, **caracterizado** porque se usa una pluralidad de elementos ópticos (D41, O41; O42, D42) que comprende al menos una pareja de elementos ópticos (D41, D42; O41, O42) sustancialmente idénticos dispuesta de forma simétrica con respecto a la rendija (R).

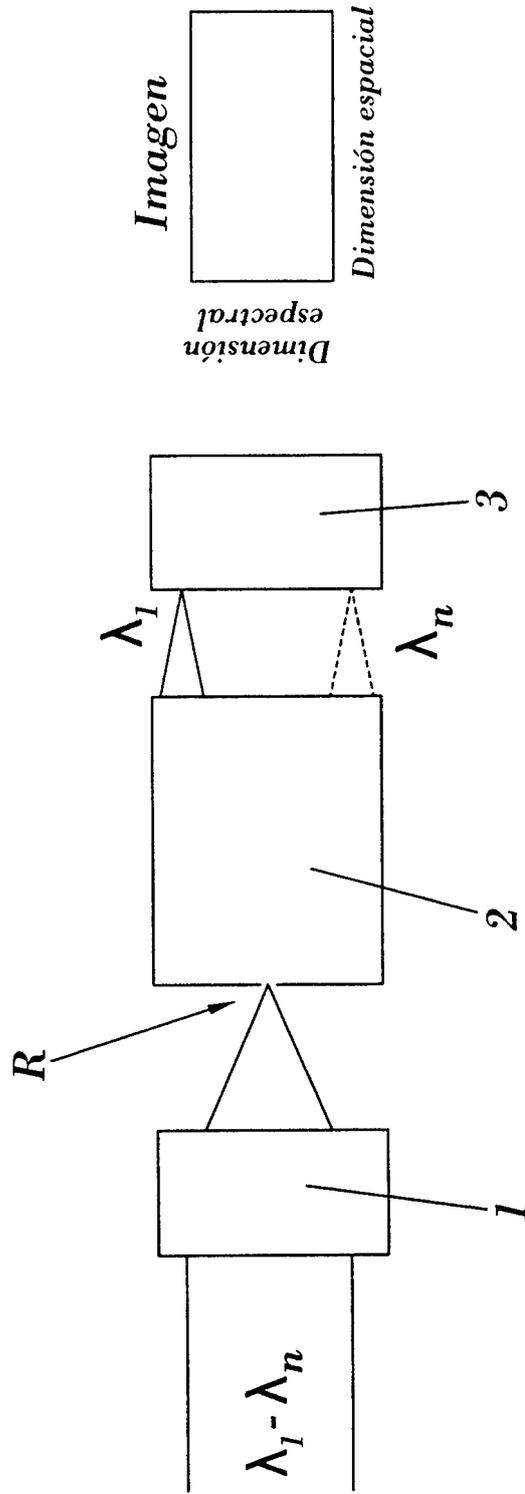
45

50

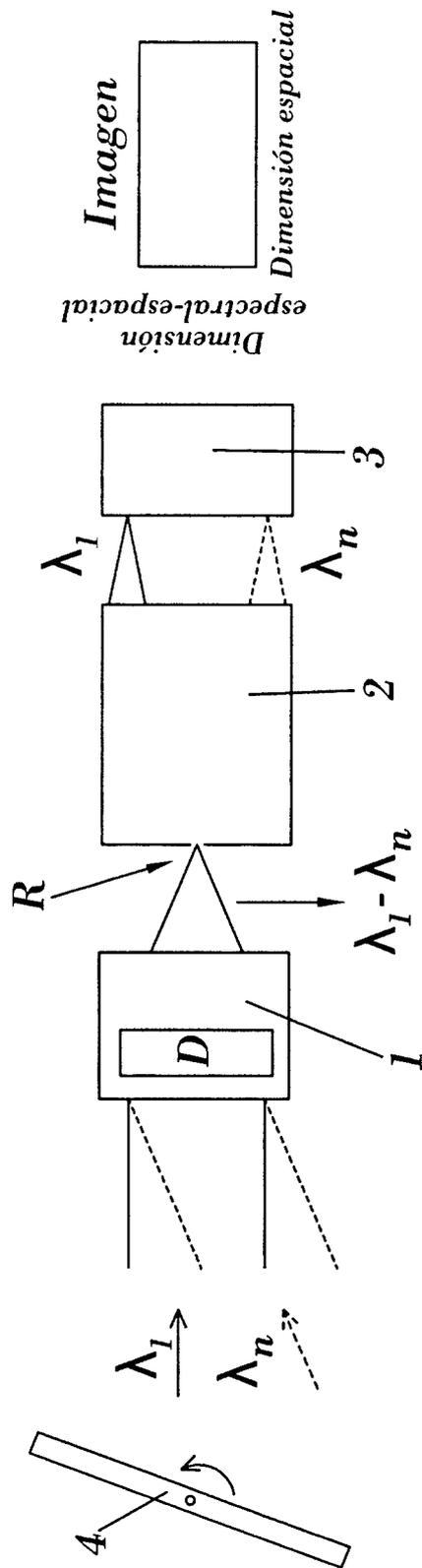
55

60

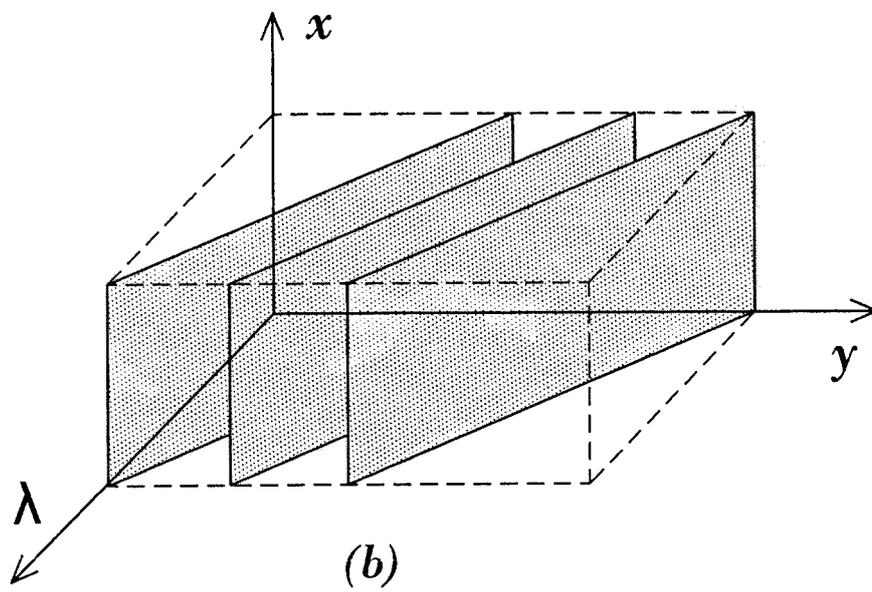
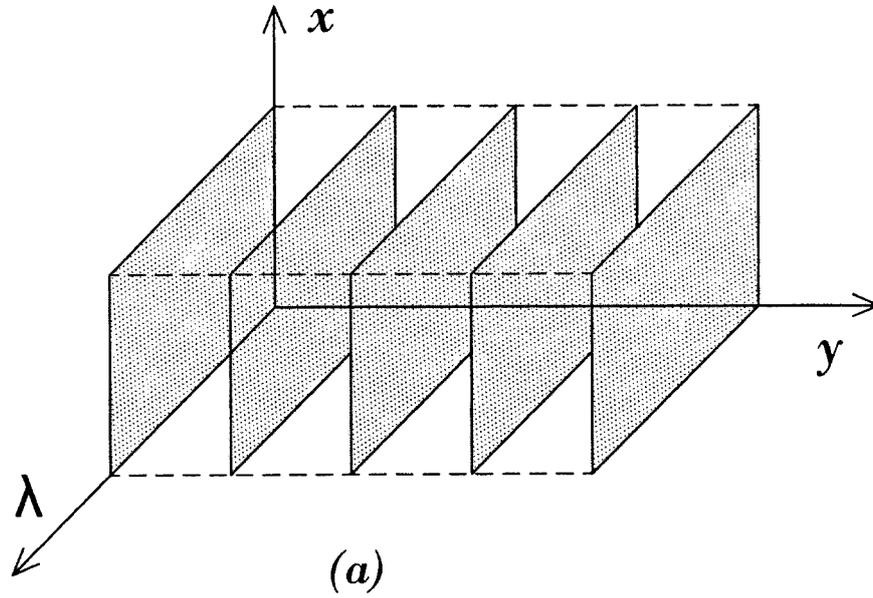
65



**FIG. 1**



**FIG. 2**



**FIG. 3**

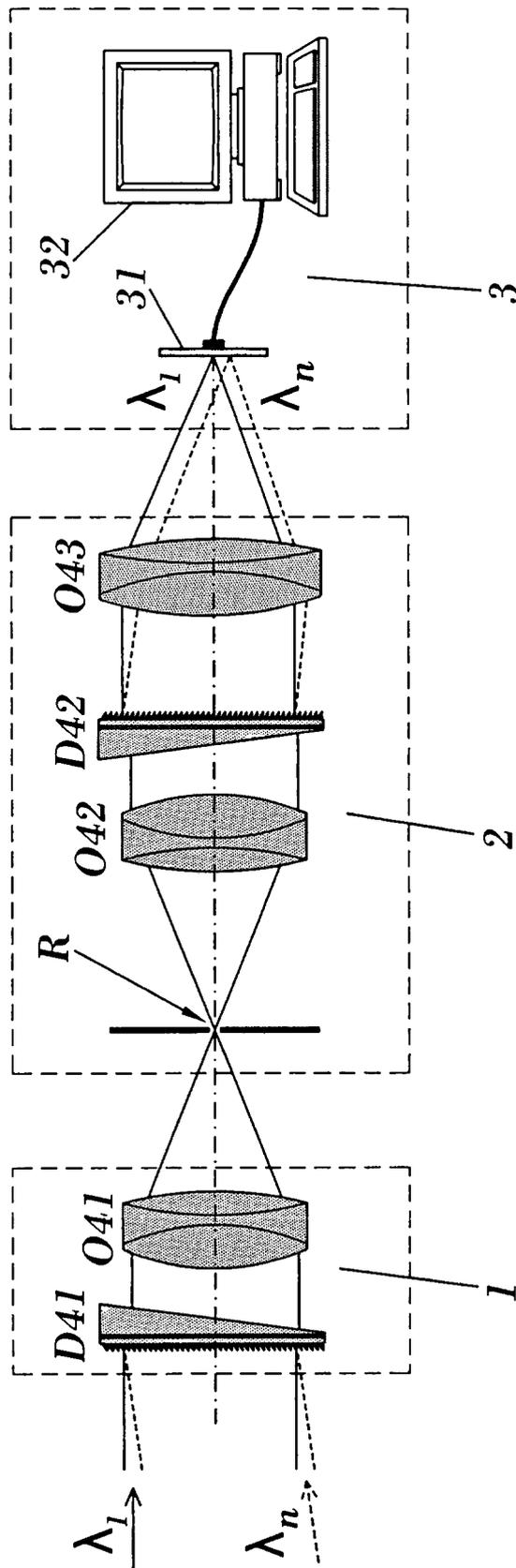
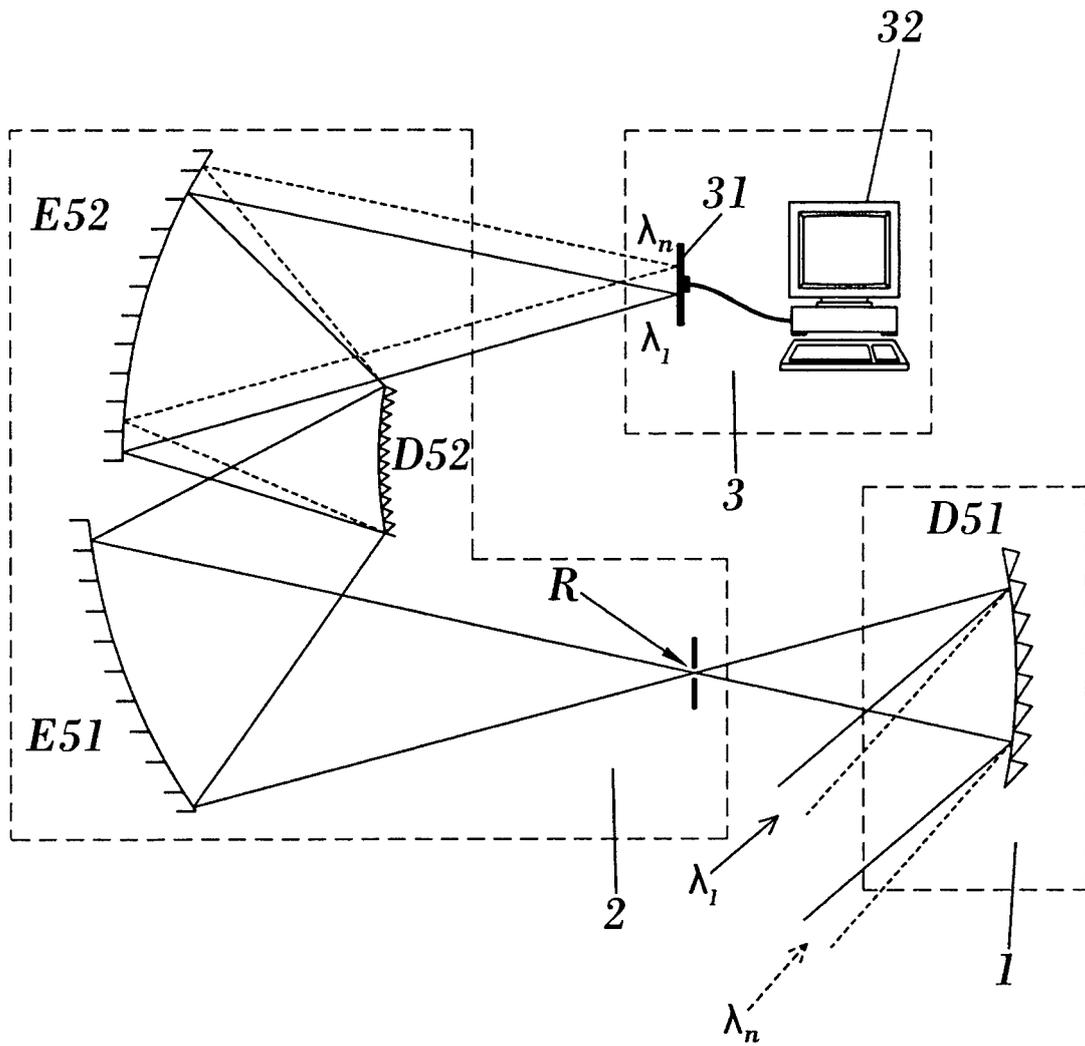


FIG. 4



**FIG. 5**



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 323 204

② Nº de solicitud: 200602543

③ Fecha de presentación de la solicitud: **06.10.2006**

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **G01J 3/28** (2006.01)  
**G01B 9/02** (2006.01)

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	US 20050030545 A1 (DAVID TUSCHEL MONROEVILLE et al.) 10.02.2005, todo el documento.	1-24
A	WO 9906807 A1 (AMOS WILLIAM BRADSHAW et al.) 11.02.1999, todo el documento.	1-24
A	US 6211906 B1 (FLIGHT LANDATA INC, LAWRENCE.) 03.01.2001, todo el documento.	1-24
A	EP 0509770 B1 (GEOPHYSICAL ENVIRONMENTAL RESEARCH CORPORATION) 21.10.1992, todo el documento.	1-24
A	US 5768040 A1 (ORBITAL SCIENCE CORPORATION.) 16.06.1998, todo el documento.	1-24

#### Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

#### El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe

24.06.2009

Examinador

G. Foncillas Garrido

Página

1/1