

P-2021/15293

SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

DIRECCIÓN DE NUEVAS CREACIONES

E. S. D.

Re: Expediente No. **NC2021/0007427**

Solicitud de patente a nombre de **AUBURN UNIVERSITY** y **THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF AGRICULTURE**

Yo, CAROLINA DAZA MONTALVO identificada como aparece al pie de mi firma, domiciliada en la Carrera 11 No. 86-53, obrando como apoderada de la sociedad **AUBURN UNIVERSITY**, domiciliada en Alabama, Estados Unidos de América, y de la sociedad **THE UNITED STATES OF AMERICA, AS REPRESENTED BY THE SECRETARY OF AGRICULTURE**, domiciliada en Washington, Estados Unidos de América, solicitantes de la patente de la referencia, en respuesta al Oficio No. **9371** notificado mediante notificación electrónica el 28 de mayo de 2024, relacionado con el primer concepto técnico de fondo, atentamente me permito presentar la siguiente información:

1. Título

En primera medida, con respecto a la observación sobre la falta de relación del título con el objeto de la solicitud contenido en la descripción y las reivindicaciones, me permito señalar que es deseo del solicitante modificar el título siguiendo la amable recomendación realizada por el examinador, de modo que ahora se lee:

“SISTEMA Y METODO PARA EL ESCANEEO DEL ANÁLISIS DEL ESPECTRO GAMMA
PARA EL MAPEO DE ELEMENTOS DEL SUELO”

En vista de lo anterior, amablemente solicito que la objeción al respecto se dé por superada.

2. Modificación al capítulo reivindicatorio y a la descripción

Con fundamento en la facultad que confiere el Artículo 34 de la Decisión 486 al solicitante para modificar la solicitud de patente en cualquier momento del trámite, presento junto con este memorial un nuevo capítulo reivindicatorio de diecinueve (19) reivindicaciones y una nueva descripción, los cuales reemplazan completamente las versiones previamente presentadas.

Las modificaciones realizadas en la descripción se resumen a continuación:

- 1.1.** Se incluyó el nuevo párrafo [0009] en el que se menciona que, en ciertas modalidades de los sistemas y métodos para analizar el contenido del suelo de un campo, las muestras de suelo comprenden acumulativamente al menos 5% de la superficie del campo o comprenden acumulativamente al menos 10% de la superficie del campo. Esta modificación encuentra sustento en las reivindicaciones 2, 3, 8 y 14 originalmente presentadas.
- 1.2.** En el antiguo párrafo [0066] (nuevo párrafo [0067]) se expresó en metros la longitud de los electrodos.

Las modificaciones realizadas en el capítulo reivindicatorio se resumen a continuación:

- 2.1** Se incluyeron los números de referencia de los principales elementos de la invención.
- 2.2** En la reivindicación 1:
 - Se especificó que el sistema comprende una unidad de procesamiento (110) configurada para detectar uno o más límites exteriores del campo (120) y dividir un área de superficie del campo (120) dentro de uno o más límites exteriores en una pluralidad de porciones antes de iniciar la detección de espectros gamma. Esta modificación encuentra sustento en los párrafos [0069] y [0070] de la descripción.
 - Se especificó que la unidad de navegación está configurada para detectar las coordenadas geográficas de cada una de la pluralidad de muestras de suelo ubicadas dentro de cada porción de la pluralidad de porciones. Esta modificación encuentra sustento en la reivindicación 1 originalmente presentada.

2.3 Se eliminaron las antiguas reivindicaciones 10 y 14.

2.4 La numeración y dependencias de las reivindicaciones se ajustaron de conformidad con los cambios antes descritos.

El solicitante se permite manifestar que las modificaciones presentadas en esta oportunidad no implican una ampliación de la divulgación contenida en la solicitud inicial, por lo que es posible afirmar que el capítulo reivindicatorio y la descripción presentados junto a este memorial se ajustan a las disposiciones del Artículo 34 de la Decisión 486/00.

3. Pago de tasas

Considerando que el presente memorial se presenta junto con modificaciones a las reivindicaciones y a la descripción, se anexa el comprobante de pago correspondiente a la tasa de modificación, según lo establecido en la **Resolución No. 59669 de 2020**.

Ahora, en relación con el número de reivindicaciones, atentamente me permito resaltar que junto a la presente respuesta no se realiza el pago de la tasa por concepto de reivindicaciones adicionales, toda vez que el nuevo capítulo reivindicatorio tiene un número de cláusulas menor que el presentado anteriormente.

4. Claridad y concisión de las reivindicaciones

El solicitante manifiesta que mediante la presentación del nuevo capítulo reivindicatorio quedan subsanadas la totalidad de las objeciones, de modo tal que las nuevas reivindicaciones proporcionan claridad y concisión a la invención descrita, a la vez que cuentan con el debido sustento en la descripción de la solicitud.

Con respecto a las objeciones puntuales del examinador se presentan las siguientes aclaraciones:

4.1 El Examinador asegura que el término "*acumulativamente*" de las reivindicaciones 2, 3, 8 y 14 es impreciso y no permite distinguir la invención del estado de la técnica.

El Solicitante manifiesta su desacuerdo. El alcance del término objetado sería completamente claro para la persona normalmente versada en la materia quien

comprendería que el término se usa para describir la superficie total del campo comprendida por la pluralidad de las muestras de suelo.

En vista de lo anterior, se solicita amablemente dar por superadas las objeciones en este aspecto.

- 4.2** El Examinador señala que el capítulo reivindicatorio carece de números de referencia y sugiere incluirlos con el fin de hacer más fácil la comprensión de la materia reivindicada.

Se señala que, siguiendo la sugerencia del Examinador, en las reivindicaciones se incluyeron los números de referencia de los principales elementos de la invención.

En consecuencia, las objeciones en este aspecto pueden darse por superadas.

- 4.3** El Examinador considera que el pliego reivindicatorio no es conciso, toda vez que las reivindicaciones 1 y 10 se encuentran reclamando las mismas características técnicas, lo cual no permite establecer una diferencia considerable entre las dos reivindicaciones independientes.

Se señala que la reivindicación 10 ha sido eliminada del capítulo reivindicatorio y que, sus reivindicaciones dependientes, es decir, las antiguas reivindicaciones 11 a 13 y 15 a 21 (reivindicaciones reenumeradas 10 a 19) ahora dependen de la reivindicación 1.

Teniendo en cuenta que el nuevo capítulo reivindicatorio es conciso, las objeciones en este aspecto pueden darse por superadas.

- 4.4** El Examinador afirma que la reivindicación 4 no es clara dado que existe un error gramatical en la última característica de dicha reivindicación, de acuerdo con el siguiente fragmento: "(...) *cantidad del al menos (...)*".

El Solicitante manifiesta su desacuerdo. La última etapa del método descrito en la reivindicación 4 hace referencia a el al menos un elemento dentro de cada porción del campo mencionado en la etapa precedente. En consecuencia, el "del" contenido en el fragmento "(...) *cantidad del al menos (...)*" no es un error gramatical.

Por lo tanto, se solicita dar por superadas las objeciones en este aspecto.

- 4.5** El Examinador señala que las reivindicaciones 15 a 18 y 21 no son claras porque no se encuentran las características de dichas dependientes en la reivindicación independiente 10.

El Solicitante manifiesta su desacuerdo. Las antiguas reivindicaciones 15 a 18 y 21 (reivindicaciones reenumeradas 13 a 16 y 19) se refieren a realizaciones preferidas definidas por características adicionales del sistema reclamado en la reivindicación independiente.

Lo anterior es aceptable a la luz de la Guía para Examen de Patente de Invención y Modelo de Utilidad que establece que las reivindicaciones dependientes son aquellas que contienen todas las características de la reivindicación de la cual dependen y adicionan una o más características.

En este caso, las reivindicaciones 13 y 15 se refieren a configuraciones adicionales de la unidad de análisis de datos mencionada en la reivindicación 1 (de la que dependen), la reivindicación 14 proporciona detalles respecto a la corrección de los espectros de energía mencionados en la reivindicación 13 (de la que depende), la reivindicación 16 proporciona detalles sobre la vida útil de los detectores mencionados en la reivindicación 15 (de la cual depende) y la reivindicación 19 explica cómo se determinan las concentraciones de carbono y potasio mencionadas en la reivindicación 18 (de la cual depende).

Teniendo en cuenta que las reivindicaciones objetadas son completamente claras, se solicita dar por superadas las objeciones en este aspecto.

5. Descripción

El Examinador señala que las características "(...) comprenden acumulativamente al menos 5% (...)" y "(...) comprenden acumulativamente al menos 10% (...)" de las reivindicaciones 2, 3, 8 y 14 no se encuentran sustentadas en la descripción por lo que sugiere incluirlas.

Adicionalmente señala que la unidad de medida pulgadas (in), encontrada en la página 21, párrafo 0066, no corresponde a las establecidas por el Sistema Internacional de Unidades por lo que solicita realizar la conversión respectiva.

En este aspecto se señala que las características señaladas fueron incluidas en el nuevo párrafo [0009] y, que en el antiguo párrafo [0066] (nuevo párrafo [0067]) la longitud de los electrodos se expresó en metros.

Por lo tanto, la descripción cumple con los requisitos legales establecidos en los Artículos 28 y 30 de la Decisión Andina 486.

6. Novedad

El examinador establece en su concepto técnico que las antiguas reivindicaciones 1 a 4, 6, 8 a 10, 14 y 19 carecerían de novedad a la luz de las enseñanzas técnicas descritas en el documento **D1** (US2016/0154140).

En este sentido, me permito resaltar que el artículo 16 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina establece que la invención se considera nueva cuando no está comprendida en el estado de la técnica. Es decir, de acuerdo con el espíritu de la norma legal indicada, la invención no se considera como nueva si está "*comprendida*" en el estado de la técnica, dicha norma se está refiriendo, naturalmente, al invento en su totalidad y no a sus componentes de manera aislada.

Al respecto, considero pertinente recalcar que, para considerar que el objeto de la solicitud carece de novedad, se debe contemplar como mínimo los siguientes aspectos:

- El objeto de la invención en estudio debe estar contenida de forma TOTAL y ABSOLUTA en el documento que se menciona como anterioridad; y
- La comparación del objeto de la invención en cuestión y el estado del arte no debe centrarse o limitarse a los elementos de esta que son previamente conocidos, sino de lo inédito y novedoso que la caracteriza. Esto quiere decir que debe analizarse el valor agregado que aporta la invención con sus nuevas características al campo técnico al cual pertenece la solicitud en estudio.

Lo anterior significa que para que un documento del estado de la técnica pueda afectar la novedad de una solicitud, debe revelar todas y cada una de las características técnicas que la definen.

Aplicando lo anterior al caso concreto, para que las razones que aduce ese Despacho para desvirtuar la novedad fuesen ciertas, sería forzoso que se demostrara que la

invención está totalmente comprendida en el estado de la técnica, es decir, de forma individual en el documento D1, lo cual no sucede en este caso.

En primer lugar, se señala que las reivindicaciones 10 y 14 fueron eliminadas del capítulo reivindicatorio.

Adicionalmente, la reivindicación independiente 1 ha sido modificada y ahora se refiere a un sistema para analizar el contenido del suelo de un campo donde el sistema comprende:

- una unidad de adquisición de datos configurada para detectar espectros gamma de cada una de una pluralidad de muestras de suelo (124);
- una unidad de procesamiento (110) configurada para detectar uno o más límites exteriores del campo (120) y dividir una superficie del campo (120) dentro de uno o más límites exteriores en una pluralidad de porciones antes de iniciar la detección de espectros gamma, en donde la pluralidad de muestras de suelo (124) consta de al menos una muestra de suelo (124) de cada una de la pluralidad de porciones;
- una unidad de navegación configurada para detectar las coordenadas geográficas de cada una de la pluralidad de muestras de suelo (124) ubicadas dentro de cada porción de la pluralidad de porciones;
- una unidad de análisis de datos configurada para asociar los espectros gamma detectados de cada una de la pluralidad de muestras de suelo (124) con las coordenadas geográficas de la muestra de suelo (124) y determinar un porcentaje en peso de al menos un elemento dentro de cada una de las muestras de suelo (124) según los espectros gamma detectados; y
- una unidad de mapa de contenido de elementos configurada para generar un mapa que indique la concentración del al menos un elemento dentro del suelo del campo (120).

Por su parte, la reivindicación independiente 4 se refiere a un método para analizar el contenido del suelo de un campo agrícola donde el método comprende las siguientes etapas:

- dividir una superficie del campo (120) en una pluralidad de porciones;
- escanear al menos una muestra de suelo (124) dentro de cada una de las porciones para detectar espectros gamma de la muestra de suelo (124);

- asociar los espectros detectados con una ubicación geográfica de la muestra de suelo (124);
- calcular, según los espectros detectados, una cantidad de al menos un elemento dentro de la muestra de suelo (124); y
- generar un mapa que indique la cantidad del al menos un elemento dentro de cada porción del campo (120).

Ahora en las páginas 4 y 7 del oficio emitido, el examinador admite que D1 no enseña la división del terreno/superficie, pero alega que esto está implícito pues se hace cuando la aeronave vuela sobre la superficie y elige áreas para medir (es decir, divide el área).

Sin embargo, el documento D1 no enseña que el escaneo se realice **después** de la división del campo, ya que cualquier supuesta "*división*" del terreno ocurre mientras la aeronave está volando (es decir, **durante** el vuelo) sobre y escaneando el área de la superficie (como también lo admite el examinador).

En consecuencia, el sistema y método reclamados, donde la división de la superficie ocurre **antes** de la detección de los espectros gamma, no son enseñados por el documento D1.

Adicionalmente, se señala que el documento D1 tampoco enseña a determinar los **límites exteriores** de un campo/área de superficie a analizar, como se enseña en la nueva reivindicación 1.

Así, dado que el documento D1 no divulga de forma TOTAL Y ABSOLUTA las características técnicas esenciales de la materia definida en las reivindicaciones independientes 1 y 4 de la presente solicitud, es posible concluir que la presente solicitud cumple con el requisito de novedad estipulado en el artículo 16 de la Decisión 486.

7. Nivel inventivo

El examinador ha indicado que las antiguas reivindicaciones 5 y 20 carecerían de nivel inventivo en vista de las enseñanzas de D1 y D2 (US 8,286,857) y que las antiguas reivindicaciones 7 y 11 a 13 carecerían de nivel inventivo en vista de las enseñanzas de D1 y D3 (US 2017/0307550).

En primer lugar, el Examinador considera que la principal diferencia entre la invención de la reivindicación 5 y el sistema de D1 es la inclusión de un valor de concentración de al menos un elemento como carbono (C), silicio (Si), potasio (K), oxígeno (O), hidrógeno (H) y cloro (Cl). El examinador considera que el efecto asociado a dicha diferencia es la detección de la concentración de dichos elementos.

Sin embargo, el examinador considera que dicha diferencia y efecto no implican actividad inventiva pues ya están sugeridos en D2. Por razones similares, el Examinador considera que la reivindicación 20 también carece de actividad inventiva.

Por otro lado, el Examinador considera que la principal diferencia entre la invención de la reivindicación 7 y el método D1 es la inclusión del escaneo utilizando un sistema de neutrones térmicos rápidos pulsados que tiene un generador de neutrones. El examinador considera que el efecto asociado a dicha diferencia es una detección altamente eficiente.

Sin embargo, el examinador considera que dicha diferencia y efecto no implican actividad inventiva pues ya están sugeridos en D3.

Finalmente, el Examinador considera que la principal diferencia entre la invención de la reivindicación 11 y el sistema de D1 es el sistema de neutrones térmicos rápidos pulsados. El examinador considera que los efectos asociados a dicha diferencia son eficiencia, datos altamente representativos y una rápida determinación de la química del material a analizar.

Sin embargo, el examinador considera que dicha diferencia y efecto no implican actividad inventiva pues ya están sugeridos en D3.

En este sentido, me permito resaltar las disposiciones del artículo 18 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, que establecen que *"se considerará que la invención tiene nivel inventivo, si para una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica correspondiente, esa invención no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica"*.

Esto significa que el análisis de nivel inventivo **NO** es una comparación de los objetos de las anterioridades y la solicitud en estudio. Por el contrario, el análisis de nivel inventivo **debe demostrar** la obviedad de la invención y establecer cómo ésta **no** contiene un salto cualitativo, que demuestre su altura inventiva, teniendo en cuenta

que se hace **necesario demostrar** que la invención analizada carece de nivel inventivo y hubiese sido obvia para una persona versada en la materia.

Ahora bien, dichas condiciones no se cumplen para el caso en cuestión, pues, tal como se mostrará más adelante, las características técnicas mencionadas en las nuevas reivindicaciones no pueden derivarse de manera obvia o evidente a partir de las enseñanzas del estado de la técnica representadas en los documentos D1, D2 y D3, y, por lo tanto, la materia reclamada es inventiva a la luz del arte previo.

En primer lugar, se señala que el documento D1 describe un sistema para inspeccionar aéreamente un área geográfica en busca de depósitos geológicos radiactivos superficiales o subterráneos utilizando una aeronave que tiene al menos un detector de radiación.

Esta es un área técnica ligeramente diferente a la presente invención, pues en particular usa un centelleador para detectar radiación, que puede contener elementos radiactivos como el uranio, para determinar las cantidades de estos elementos en un área de superficie y crear un mapa de los elementos en dicha área de superficie (Ver, por ejemplo, D1 en los párrafos [0050] a [0057], [0078] y [0085] a [0090]).

Ahora, las reivindicaciones objetadas dependen directa o indirectamente de las reivindicaciones independientes 1 y 4. Dichas reivindicaciones establecen que la división de la superficie ocurre antes de la detección de los espectros gamma. Adicionalmente, la reivindicación 1 hace referencia a la detección de los límites exteriores del campo a analizar.

Como se explicó en el apartado anterior, el documento D1 no enseña que el escaneo se realice **después** de la división del campo, ya que cualquier supuesta "*división*" del terreno ocurre mientras la aeronave está volando (es decir, **durante** el vuelo) sobre y escaneando el área de la superficie (como también lo admite el examinador). El documento D1 tampoco sugiere ni proporciona indicaciones que lleven a realizar escaneo después de la división del campo.

Asimismo, se señala que, el documento D1 no sugiere determinar los límites exteriores de un campo/área de superficie a analizar.

Los documentos D2 y D3 citados por el Examinador no solventan las deficiencias del documento D1.

En consecuencia, las características técnicas de la materia definida en el capítulo reivindicatorio presentado junto a este memorial no se derivan de manera obvia o evidente a partir de las enseñanzas de D1, D2 y D3, solos o en combinación. Por lo tanto, el objeto reclamado cumple con el requisito de Nivel inventivo establecido en el Art. 18 de la Decisión 486.

8. Conclusiones

Con las modificaciones introducidas y los argumentos presentados puede concluirse que:

- i) El nuevo título de la solicitud es claro y se relaciona con el objeto reclamado, cumpliendo así con el literal d) del artículo 27 de la Decisión 486 de 2000;
- ii) Las modificaciones del nuevo pliego reivindicatorio se ajustan a las disposiciones del Artículo 34 de la Decisión 486;
- iii) Las reivindicaciones definen la materia que se desea proteger de manera clara y concisa, a la vez que cuentan con el debido sustento en el capítulo descriptivo, cumpliendo así con los requerimientos de los Artículos 28 y 30 de la Decisión 486;
- iv) La invención de la presente solicitud no había sido divulgada previamente en el estado de la técnica cumpliendo así con los requerimientos del Artículo 16 de la Decisión 486, y
- v) La invención reivindicada no hubiese resultado obvia ni se hubiese derivado de manera evidente del estado de la técnica por una persona del oficio normalmente versada en la materia técnica, cumpliendo así con el requerimiento del Artículo 18 de la Decisión 486.

Por tanto, atentamente me permito solicitar a ese Despacho otorgar el privilegio de patente solicitado a la solicitud en estudio, toda vez que cumple a cabalidad con los requerimientos de la Decisión 486 de 2000.

Asimismo, respetuosamente solicito a ese Despacho pronunciarse en relación con todos los argumentos presentados en este memorial dando estricta aplicación al principio del debido proceso consagrado en el artículo 29 de la Constitución Nacional.

9. Anexos

- Nuevo capítulo reivindicatorio que incluye diecinueve (19) reivindicaciones.
- Recibo de pago por concepto de modificación al pliego reivindicatorio.

Señora Directora,


CAROLINA DAZA MONTALVO
C.C. 66.783.790 de Palmira Valle
TP-141563 CSJ
notificaciones@clarkemodet.com.co

SISTEMA Y METODO PARA EL ESCANEO DEL ANÁLISIS DEL ESPECTRO GAMMA PARA EL MAPEO DE ELEMENTOS DEL SUELO

[0001] La presente solicitud reivindica el beneficio bajo 35 USC § 119(e) de la solicitud provisional de los EE. UU. n.º de serie 62/776,822 que se presentó el 7 de diciembre de 2018 y cuya divulgación completa se incorpora en el presente documento por referencia.

CAMPO DE LA TÉCNICA

[0002] La presente divulgación se refiere a sistemas y métodos para mapear una distribución de al menos un compuesto dentro del suelo.

ANTECEDENTES

[0003] El análisis del contenido elemental del suelo de un área geográfica determinada puede revelar si el suelo es adaptable a determinados usos, tales como agrícola, recreativo, etcétera. Otros usos del análisis del contenido del suelo incluyen la determinación de los bonos de carbono y la cantidad de nutrientes disponibles o la necesidad de introducción de nutrientes para evaluar los rendimientos actuales y proyectados y la rentabilidad potencial de la fertilización.

[0004] El análisis del suelo puede comenzar con la recolección de muestras de suelo, de forma que solo una pequeña porción de un campo se analiza realmente en el laboratorio. Por ejemplo, un método habitual de análisis del contenido elemental del suelo es el muestreo compuesto, donde se recolectan varias submuestras de suelo en lugares seleccionados al azar en el campo. Después se mezclan las submuestras y se analiza el contenido elemental de la mezcla. En algunos casos, una cantidad de un elemento determinado que contiene la mezcla se puede tratar como una cantidad promedio de ese elemento en toda el área del campo que se está analizando.

[0005] Aunque el número real de submuestras puede variar ligeramente según el tamaño y la uniformidad del campo, un número de submuestras no suele ser superior a 20 y, en ocasiones, es inferior a 0,01% de la superficie que

se está analizando. Además, la mayoría de los sistemas de prueba y análisis de suelos no son fácilmente adaptables para analizar más que unas pocas muestras y, en el mejor de los casos, proporcionan una aproximación de alto nivel del verdadero contenido elemental del suelo del campo. Dado que no se puede sobreestimar la importancia de la precisión del contenido elemental del suelo, se necesita una metodología que proporcione información más detallada y precisa sobre el contenido elemental de un área determinada del campo.

SUMARIO

[0006] Un sistema para analizar el contenido del suelo de un campo, el sistema incluye una unidad de adquisición de datos configurada para detectar espectros gamma de cada una de una pluralidad de muestras de suelo, donde una superficie del campo se divide en una pluralidad de porciones y la pluralidad de muestras de suelo comprende al menos una muestra de suelo de cada una de la pluralidad de porciones, una unidad de navegación configurada para detectar coordenadas geográficas de cada una de la pluralidad de muestras de suelo, una unidad de análisis de datos configurada para asociar los espectros gamma detectados de cada una de la pluralidad de muestras de suelo con las coordenadas geográficas de la muestra de suelo y determinar un porcentaje en peso de al menos un elemento dentro de cada una de las muestras de suelo según los espectros gamma detectados, y una unidad de mapa de contenidos de elementos configurada para generar un mapa que indique la concentración del al menos un elemento dentro del suelo del campo.

[0007] Un método para analizar el contenido del suelo de un campo agrícola, el método incluye dividir una superficie del campo en una pluralidad de porciones, escanear al menos una muestra de suelo dentro de cada una de las porciones para detectar espectros gamma de la muestra de suelo, asociar los espectros detectados con una ubicación geográfica de la muestra de suelo, calcular, según los espectros detectados, una cantidad de al menos un elemento

dentro de la muestra de suelo, y generar un mapa que indique la cantidad del al menos un elemento dentro de cada porción del campo.

[0008] Un sistema para analizar el contenido elemental del suelo de un campo, el sistema incluye una unidad de adquisición de datos configurada para recolectar espectros gamma de al menos una muestra de suelo, una unidad de navegación configurada para proporcionar las coordenadas geográficas de la muestra de suelo, una unidad de análisis de datos configurada para asociar los espectros gamma recolectados con las coordenadas geográficas de la muestra de suelo y calcular un porcentaje en peso de un elemento dentro de la muestra de suelo, y una unidad de mapa de contenidos de elementos configurada para generar un mapa que indique una concentración del al menos un elemento dentro de la muestra de suelo según el porcentaje en peso calculado.

[0009] En ciertas modalidades de los sistemas y métodos para analizar el contenido del suelo de un campo, las muestras de suelo comprenden acumulativamente al menos 5% de la superficie del campo o comprenden acumulativamente al menos 10% de la superficie del campo.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0010] Los conceptos descritos en la presente divulgación se ilustran a título de ejemplo y no a título de limitación en las figuras adjuntas. Para simplificar y aclarar la ilustración, los elementos ilustrados en las figuras no están necesariamente dibujados a escala. Por ejemplo, las dimensiones de algunos elementos pueden estar exageradas en relación con otros elementos para mayor claridad. Además, donde se considera apropiado, se han repetido las etiquetas de referencia entre las figuras para indicar elementos correspondientes o análogos. La descripción detallada se refiere en particular a las figuras adjuntas en las que:

[0011] Figura 1 es un diagrama simplificado que ilustra un ejemplo de implementación de un aparato de análisis gamma;

[0012] Figuras 2A-2B son diagramas simplificados que ilustran ejemplos de implementaciones móviles del aparato de análisis gamma;

[0013] Figura 3 es un diagrama simplificado que ilustra una pluralidad de porciones de un campo que se va a escanear con el aparato de análisis gamma;

[0014] Figura 4A es un gráfico que ilustra un ejemplo de relación entre un área pico y un porcentaje en peso de silicio;

[0015] Figura 4B es un gráfico que ilustra una porción del gráfico ilustrado en Figura 4A;

[0016] Figura 5 es un gráfico que ilustra un ejemplo de relación entre un rendimiento de análisis gamma y la energía de potasio;

[0017] Figura 6 es un diagrama simplificado que ilustra un ejemplo de metodología para determinar el contenido de potasio del suelo;

[0018] Figura 7 es un diagrama simplificado que ilustra una pluralidad de porciones de un primer campo escaneado;

[0019] Figura 8 es un diagrama simplificado que ilustra un mapa de distribución de carbono del primer campo escaneado;

[0020] Figura 9 es un diagrama simplificado que ilustra un mapa de distribución de silicio del primer campo escaneado;

[0021] Figuras 10 y 11 son diagramas simplificados que ilustran los mapas generados a partir de las operaciones de escaneo de un segundo campo escaneado realizadas en dos días diferentes;

[0022] Figuras 12 es un diagrama simplificado que ilustra un mapa de distribución de carbono según una combinación de datos de escaneo de Figuras 10 y 11;

[0023] Figura 13 es un diagrama simplificado que ilustra un mapa de distribución de silicio del segundo campo escaneado;

[0024] Figuras 14 y 15 son diagramas simplificados que ilustran, respectivamente, un primer mapa generado mediante el uso de métodos de la

presente divulgación y un segundo mapa generado según mediciones de humedad realizadas simultáneamente con el primer mapa; y

[0025] Figuras 16A y 16B son diagramas de bloques de un ejemplo de algoritmo de proceso para determinar el contenido elemental del suelo de un campo.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FIGURAS

[0026] Si bien los conceptos de la presente divulgación son susceptibles de diversas modificaciones y formas alternativas, se han mostrado realizaciones específicas de estas a título de ejemplo en las figuras y se describirán en detalle en el presente documento. Debe entenderse, sin embargo, que no hay intención de limitar los conceptos de la presente divulgación a las formas particulares divulgadas, sino que, por el contrario, la intención es cubrir todas las modificaciones, equivalentes y alternativas consecuentes con la presente divulgación y las reivindicaciones adjuntas.

[0027] Las referencias en la especificación de “una realización”, “una realización ilustrativa”, etc., indican que la realización descrita puede incluir una función, característica o estructura determinada, pero cada realización puede o no incluir necesariamente esa función, estructura o característica determinada. Además, dichas frases no necesariamente se refieren a la misma realización. Asimismo, una función, estructura o característica determinada que se describe en relación con una realización se presenta para que los expertos en la técnica puedan efectuar dicha función, estructura o característica en relación con otras realizaciones, ya sea que estén explícitamente descritas o no.

[0028] Las realizaciones divulgadas pueden implementarse, en algunos casos, en *hardware*, *firmware*, *software* o cualquier combinación de estos. Las realizaciones divulgadas también pueden implementarse como instrucciones transportadas por o almacenadas en un medio de almacenamiento transitorio o no transitorio legible por computadora, que puede ser leído y ejecutado por uno o más procesadores. Un medio de almacenamiento legible por computadora

puede ser cualquier dispositivo de almacenamiento, mecanismo u otra estructura física para almacenar o transmitir información en una forma legible por un dispositivo informático (p. ej., una memoria volátil o no volátil, un disco de medios de comunicación u otro dispositivo de medios).

[0029] En las figuras, algunas funciones estructurales o de método pueden mostrarse en disposiciones y/o pedidos específicos. Sin embargo, debe apreciarse que estas disposiciones y/o pedidos específicos pueden no ser necesarios. Más bien, en algunas realizaciones, estas funciones pueden estar dispuestas de una manera y/u orden diferentes a los que se muestran en las figuras ilustrativas. Además, la inclusión de una función estructural o de método en una figura determinada no significa que esta función sea necesaria en todas las realizaciones y, en algunas realizaciones, puede no incluirse o puede combinarse con otras funciones.

[0030] Un ejemplo de sistema para desarrollar un contenido elemental detallado y preciso del suelo de un determinado campo puede incluir un dispositivo generador de neutrones y una pluralidad de detectores gamma (p. ej., detectores gamma de yoduro sódico) para escanear al menos una porción del campo y un sistema informático para almacenar y analizar los resultados del escaneo y generar un mapa indicativo del contenido elemental de la porción del campo. El ejemplo de sistema puede ser un sistema móvil y puede estar configurado para viajar sobre una porción sustancial del campo para realizar el escaneo del suelo. Según algunas realizaciones de la presente divulgación, el contenido elemental (C, Si, O, H, K, Cl y otros) en el suelo puede calcularse utilizando los espectros medidos capturados por los detectores gamma.

[0031] El ejemplo de sistema puede estar configurado además para comunicarse con un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) para capturar la ubicación geográfica del suelo durante el proceso de escaneo. En un ejemplo, los datos de contenido elemental identificados durante el escaneo pueden combinarse (o asociarse) con las coordenadas geográficas

proporcionadas por el dispositivo GPS. Adicionalmente o alternativamente, según el contenido elemental determinado a partir del escaneo y las coordenadas geográficas asociadas, el ejemplo de sistema puede estar configurado para generar un mapa de distribución de elementos adecuado para la agricultura y otros fines.

[0032] Figura 1 ilustra un ejemplo de sistema 100 para analizar muestras de suelo 124 de un campo 120. El sistema 100 puede comprender uno o más componentes para el análisis elemental del suelo. En un ejemplo, el sistema 100 incluye un dispositivo generador de neutrones 102, una pluralidad de detectores gamma 104, electrónica dividida 106, y una unidad de procesamiento (o procesador) 110. Aunque no se ilustra por separado, el ejemplo de sistema 100 puede incluir uno o más componentes adicionales o alternativos, tales como, a mero título enunciativo, unidades y dispositivos de procesamiento y memoria/almacenamiento de datos, lectores de audio y video, etcétera, configurados para adquirir, procesar, almacenar y/o analizar datos de análisis elemental. Adicionalmente o alternativamente, cualquier fuente de pulsos de neutrones 102 podría ser utilizada, y esta divulgación no se limita a un generador de neutrones 102. Además, se prefieren las fuentes de neutrones basadas en aceleradores, tales como generadores de neutrones de fusión de deuterio-deuterio (D-D) y deuterio-tritio (D-T) y otros que permiten el control electrónico de la emisión de neutrones 118. En la práctica de la presente invención se pueden preferir, en particular, los generadores de neutrones D-T. Estos generadores pueden ser pulsados (es decir, apagados y encendidos durante varias duraciones), proporcionando un control electrónico de la emisión de neutrones 118.

[0033] La unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para monitorear y operar el dispositivo generador de neutrones 102, los detectores gamma 104, y la electrónica dividida 106 para llevar a cabo el escaneo del suelo 120 y el análisis de los datos espectrales recolectados durante el escaneo. El

sistema 100 puede estar en comunicación con un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS) 112 para recibir una o más coordenadas geográficas. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para solicitar coordenadas geográficas indicativas de una ubicación geográfica de una muestra de suelo 124. En otro ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede asociar la ubicación geográfica recibida de la muestra de suelo 124 con datos indicativos de los espectros gamma 116 detectados de esa muestra de suelo 124.

[0034] Uno o más componentes del sistema 100 pueden estar dispuestos en y/o fijados a un accesorio, un carro, u otra estructura rígida o semirrígida 114. La estructura 114 puede ser autopropulsada, o accionada directamente o a distancia, para recorrer al menos una porción del campo 120 para escanear el suelo 122. Figura 2A ilustra un ejemplo de implementación móvil 200-A del sistema de análisis de suelos 100, donde al menos una parte del sistema 100 se dispone en un remolque 202. El remolque 202 puede ser arrastrado 204 a través del campo 120 por un vehículo motorizado 206, ya sea a gas o a batería. Adicionalmente o alternativamente, Figura 2B ilustra un ejemplo de implementación móvil 200-B del sistema 100, donde uno o más componentes del sistema 100 están dispuestos en y/o fijados a una aeronave sin piloto teledirigida, tal como un dron 220.

[0035] Figuras 3-15 ilustran ejemplos de procesos realizados por el sistema 100 para escanear el suelo del campo 120, analizar y almacenar los datos escaneados correspondientes al suelo 122 del campo 120, y generar un mapa de contenido elemental del campo 120 según los datos espectrales adquiridos durante el escaneo. La unidad de procesamiento 110 puede realizar uno o más procesos, tales como, a mero título enunciativo, análisis, cálculos y tareas de generación de mapas. Adicionalmente o alternativamente, los datos de escaneo recolectados por uno o más componentes del sistema 110 durante el escaneo pueden ser descargados o extraídos del sistema 100 y exportados para

su posterior procesamiento en un sistema informático remoto (p. ej., basado en la nube). También se contemplan otros métodos de recolección, procesamiento y análisis de datos de escaneo.

[0036] Figura 3 ilustra un ejemplo de diagrama 300 de un área 302 que se va a escanear mediante el sistema de análisis de suelos 100. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para dividir el campo 120 en una pluralidad de porciones (bloques, o sitios) 306 antes de iniciar la operación de escaneo. En algunos casos, el número de porciones (en adelante, sitios) 306 puede basarse en el tamaño del campo y la presencia de una o más características del paisaje. Por ejemplo, al determinar los tamaños de los sitios 306, se puede considerar la velocidad apropiada para el escaneo (p. ej., ~5 km/h) y el perfil del terreno. Cada sitio 306 puede comprender un perfil de terreno relativamente homogéneo. Durante la división del campo, la unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para designar un sitio 306 separado en respuesta a la detección de un cambio en el tipo de terreno, tal como una carretera asfaltada 308 que atraviesa el campo 120 y así sucesivamente, y/o la detección de un cambio en el perfil y la composición del terreno, p. ej., en respuesta a la detección de un punto bajo en el terreno. Dados los arriba mencionados factores relacionados con el terreno y otros que afectan las condiciones de escaneo, cada sitio 306 de la pluralidad de sitios 306 puede variar en tamaño desde menos de ~100 m² hasta ~1000 m² y más. En el ejemplo ilustrado en Figura 3, un área total del campo 120 era aproximadamente 800 m² y un número de sitios era 12.

[0037] La unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para escanear el suelo 122 durante un periodo de tiempo predefinido con el fin de lograr un valor de precisión deseado predefinido en la identificación de una presencia o ausencia de un elemento determinado dentro del suelo 122 del sitio 306 y/o en la medición de una cantidad del elemento dentro del suelo 122 del sitio 306. En algunos casos, un periodo de tiempo durante el cual la

unidad de procesamiento 110 del sistema 100 escanea cada sitio 306 puede basarse en un rendimiento pico gamma del elemento, que, a su vez, puede verse afectado por una cantidad de ese elemento dentro del suelo del sitio 306, una estructura química, molecular y/o anatómica del elemento identificado, y una u otras características más.

[0038] Adicionalmente o alternativamente, el periodo de tiempo para escanear cada sitio 306 se basa en un valor de precisión deseado predefinido de la medición. Por ejemplo, para alcanzar una precisión de $\pm 0,5\%$ en peso para mediciones del contenido de carbono, el tiempo de adquisición para un sitio puede ser 15 minutos. Como otro ejemplo, el tiempo de medición del sistema 100 para silicio con una precisión aceptable de $\pm 0,5\%$ en peso a 1% en peso puede ser ~5 minutos, debido a que el rendimiento de pico gamma de silicio es varias veces mayor que el rendimiento pico de carbono (debido a su mayor contenido en el suelo 122).

[0039] El sistema 100 puede estar configurado para identificar una posición geográfica, p. ej., coordenadas geográficas, de cada uno de la pluralidad de sitios 306 y para marcar y numerar cada sitio 306 en una representación digital de un mapa. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para solicitar y recibir las coordenadas geográficas de cada sitio 306 desde la unidad GPS 112 (interna o externa al sistema 100) con la que el sistema 100 se comunica utilizando, por ejemplo, una conexión de red cableada, otro tipo de medio de comunicación de red, o una red inalámbrica de largo o corto alcance, tal como, a mero título enunciativo, red de área local inalámbrica (LAN), Bluetooth, red de área amplia (WAN), etcétera. En consecuencia, la unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para adquirir y rastrear una posición geográfica actual del sistema 100 con respecto a la trayectoria en curso se muestran sobre un mapa del campo de muestreo en tiempo de ejecución.

[0040] Durante la operación de escaneo, el sistema puede determinar, para cada sitio individual 306, un periodo de tiempo durante el cual se han escaneado los espectros gamma del suelo 122 para el sitio 306. La unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para alterar un color de un sitio 306 determinado en el mapa visualizado en respuesta a un periodo de tiempo durante el cual el suelo 122 de ese sitio 306 ha sido escaneado. En algunos casos, el sistema puede cambiar o alterar un color del sitio 306 en el mapa visualizado según un tiempo de adquisición total recolectado dentro de cada sitio 306 durante el tiempo de ejecución del escaneo. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede utilizar codificación de colores para indicar que se ha adquirido una cantidad suficiente de datos predefinida para la determinación precisa de elementos del suelo para ese sitio 306, tal como cuando todos los sitios 306 se han vuelto de un color predefinido, la unidad de procesamiento 110 puede emitir un comando y/o notificación correspondiente que indica que se completó la operación de escaneo.

[0041] Los espectros INS y TNC de cada detector 104 adquiridos durante el escaneo se visualizan en la pantalla de la computadora portátil en tiempo de ejecución. El procesador 110 puede estar configurado para almacenar en periodos predefinidos, p. ej., cada 30 segundos, los espectros gamma (los espectros INS y TNC de cada uno de los detectores gamma 104) del suelo 122 de un sitio 306 determinado y las correspondientes coordenadas geográficas de ese sitio 306. El sistema 100 puede estar configurado para comprobar regularmente si se mantiene una conexión entre el dispositivo GPS 112 y la unidad de procesamiento 110 y/o la memoria en el equipo de grabación. Además, en respuesta a la detección de la pérdida de conexión entre el dispositivo GPS y el equipo de grabación, el sistema 100 puede estar configurado para emitir una correspondiente alerta y puede pausar el registro de los datos de escaneo para evitar que se registren datos inexactos. En algunos casos, un número total de espectros guardados puede alcanzar varios miles o

más dependiendo del tiempo de escaneo. Después del escaneo, los espectros guardados se pueden transferir a uno o más componentes de procesamiento de datos (no mostrados) del sistema 100.

[0042] Al principio, se calculan los espectros INS de red para cada medición de 30 s.

[0043] Los espectros INS de red ($netINS_{r,i}$) en conteos por segundo (cps) por canal para cada r -ésimo registro y cada i -ésimo detector 104 pueden calcularse utilizando Ecuación (1), de forma que

$$netINS_{r,i} = \frac{INS_{r,i} - INS_{r-1,i}}{LT_{INS,r,i} - LT_{INS,r-1,i}} - \frac{TNC_{r,i} - TNC_{r-1,i}}{LT_{TNC,r,i} - LT_{TNC,r-1,i}} \quad (1)$$

donde $LT_{INS,r,i}$ y $LT_{TNC,r,i}$ son indicativos de una vida útil de r -ésimo registro y i -ésimo detector 104, respectivamente, y donde $INS_{r,i}$ y $TNC_{r,i}$ son indicativos de un espectro medido de r -ésimo registro y i -ésimo detector 104, respectivamente. Luego todas las acciones posteriores con los espectros pueden realizarse canal por canal.

[0044] La vida útil (LT) puede calcularse utilizando Ecuación (2), de forma que

$$LT = RT \cdot \frac{OCR}{ICR}, \quad (2)$$

donde RT es indicativo de un tiempo de medición real en segundos (s), OCR es indicativo de una tasa de recuento de salida, e ICR es indicativo de una tasa de recuento de entrada. En algunos casos, los parámetros RT , OCR e ICR pueden ser definidos por las especificaciones de un *hardware* de adquisición de espectros utilizado para realizar la operación de escaneo. Además, los valores de los parámetros RT , OCR e ICR pueden incluirse en cada archivo de espectro correspondiente.

[0045] En un ejemplo, cada detector 104 puede comprender una calibración energética única indicativa de una dependencia entre la energía y un número de canal. Un cambio en las condiciones ambientales presentes en un determinado día o momento del escaneo puede hacer que la dependencia cambie. Para llevar todos los espectros a una calibración energética, los

espectros pueden ser desplazados de manera que los centroides de los picos dominantes (p. ej., picos de silicio y oxígeno) estén en los mismos canales en todos los espectros.

[0046] Después del desplazamiento, los ocho espectros $netINS_{r,i}$ pueden resumirse canal por canal, y el espectro INS de red ($netINS_r$) para cada r -ésimo registro puede calcularse utilizando Ecuación (3), de forma que

$$netINS_r = \sum_3 netINS_{r,i} \quad (3)$$

[0047] La vida útil para ese espectro ($\Delta LT_{avg,r}$) puede definirse como un promedio de las vidas útiles correspondientes de cada uno de la pluralidad de detectores 104, de forma que

$$\Delta LT_{avg,r} = \frac{\sum_3 (LT_{INS,r,i} - LT_{INS,r-1,i})}{3} \quad (4)$$

[0048] Los espectros $netINS_r$ con $\Delta LT_{avg,r}$ se atribuyen a la posición del punto medio geográfico 312 entre dos registros adyacentes. De este modo, se generan los espectros $netINS_r$ del conjunto de datos, $\Delta LT_{avg,r}$ y las coordenadas geográficas de puntos medios, conforme se ilustra en Figura 3.

[0049] Además, con referencia a Figura 3, los datos con las coordenadas de punto medio 312 pueden ser ordenados por sitios 306, de forma que, por ejemplo, los puntos medios 312 identificados utilizando los números 4, 5, 6, 7, 8 y 9 son atribuidos al *sitio #2* y así sucesivamente. Los centros ponderados 310 para un sitio 306- n determinado pueden ser determinados según los puntos medios 312 atribuidos a ese sitio 306- n . Los espectros $netINS_S$ promedio de un sitio S , en cps por canal, puede determinarse utilizando Ecuación (5), de forma que

$$netINS_S = \frac{\sum_{toda\ r\ en\ este\ sitio} netINS_r \cdot \Delta LT_{avg,r}}{\sum_{toda\ r\ en\ este\ sitio} \Delta LT_{avg,r}} \quad (5)$$

[0050] En consecuencia, los espectros $netINS_S$ promedio de cada sitio 306 pueden utilizarse para determinar un contenido elemental de cada uno de la pluralidad de sitios 306. El contenido elemental puede calcularse a partir del área pico gamma del elemento (núcleos) correspondiente. El área pico puede calcularse a partir de los espectros $netINS_S$ mediante el *software* diseñado

utilizando el *software* IGOR. En algunos casos, la distribución del contenido de elementos puede calcularse según datos de calibración previamente definidos u otros parámetros o valores.

[0051] Como se discute más adelante al menos en referencia a Figuras 8-15, los mapas de distribución de elementos para carbono, silicio, hidrógeno y potasio pueden trazarse según los datos recolectados durante una operación de escaneo. La distribución del contenido de carbono y silicio puede definirse a partir de los espectros de *net/INS_s*. Además, los datos de los espectros TNC pueden utilizarse para determinar el contenido de hidrógeno. El contenido de potasio y el mapeo pueden determinarse según las mediciones de los espectros gamma de fondo natural.

[0052] Ecuación (6) puede utilizarse para determinar un contenido de carbono (en porcentaje en peso, $Cw\%$), de forma que

$$Cw\% = \frac{(PA_{4.44} - PA_{4.44,bkg}) - 0.0496 \cdot (PA_{1.78} - PA_{1.78,bkg})}{13.733}, \quad (6)$$

donde $PA_{4.44}$, $PA_{1.78}$, $PA_{4.44,bkg}=140$ cps, $PA_{1.78,bkg}=453$ cps son indicativos del área pico con un centroide de 4,44 MeV (pico de carbono) y el área pico con el centroide de 1,78 MeV (el pico de silicio) en los *net/INS_s*, y el fondo del sistema en los espectros gamma de 0,0496 y 13,733 son indicativos de los respectivos coeficientes de calibración.

[0053] Figura 4 ilustra un ejemplo de diagrama 400 para determinar el contenido elemental de silicio según la dependencia de calibración. Por ejemplo, se puede determinar una aproximación razonable de una dependencia de calibración del silicio según varios puntos, p. ej., cuatro (4) puntos de datos y un punto cero-cero. En algunos casos, se pueden utilizar datos de escaneo adicionales para seguir mejorando la calibración de silicio.

[0054] En consecuencia, el contenido de silicio puede determinarse según Ecuación (7), de forma que

$$Siw\% = \frac{(PA_{1.78} - PA_{1.78,bkg})}{28.834}. \quad (7)$$

[0055] La distribución del hidrógeno en el suelo puede determinarse según el área pico de hidrógeno en los espectros TNC, con pico centroide de 2,223 MeV. En un ejemplo, para definir el área pico de hidrógeno, los espectros TNC para el r -ésimo registro y el i -ésimo detector 104 pueden calcularse canal por canal utilizando Ecuación (8), de forma que

$$\Delta TNC_{r,i} = \frac{TNC_{r,i} - TNC_{r-1,i}}{LT_{TNC,r,i} - LT_{TNC,r-1,i}} \quad (8)$$

[0056] El desplazamiento, el resumen de los espectros sobre una pluralidad de detectores gamma 104, la determinación de la vida útil promedio y la posición geográfica del punto medio 312, la clasificación de los espectros por sitios 306, la determinación de los centros ponderados 310 de los sitios 306 y los espectros TNC promedio para sitio 306 pueden determinarse de manera similar a la determinación de los espectros *net/INS*. Específicamente,

$$\Delta TNC_r = \sum_3 \Delta TNC_{r,i} \quad (9)$$

$$\Delta LT_{avgTNC,r} = \frac{\sum_3 (LT_{TNC,r,i} - LT_{TNC,r-1,i})}{3} \quad (10)$$

$$\Delta TNC_S = \frac{\sum_{toda\ r\ en\ este\ sitio} \Delta TNC_r \times \Delta LT_{avgTNC,r}}{\sum_{toda\ r\ en\ este\ sitio} \Delta LT_{avgTNC,r}} \quad (11)$$

[0057] Además, los espectros de las áreas pico de hidrógeno pueden calcularse a partir de los TNC_s y el valor del área pico de hidrógeno y centros ponderados en los sitios pueden utilizarse para trazar el mapa de distribución de hidrógeno.

[0058] El mapa de distribución de potasio en el suelo puede generarse de manera similar al proceso descrito con respecto a otros elementos analizados por la tecnología de neutrones gamma, p. ej., por la fuente de pulsos de neutrones 102 y/o los detectores gamma 104 y los componentes asociados del sistema 100, tales como hidrógeno y silicio. Adicionalmente o alternativamente, el contenido de potasio puede determinarse estrictamente según los espectros gamma naturales recolectados del suelo y sin depender de la irradiación de neutrones del suelo. Por ejemplo, el isótopo ^{40}K puede estar presente de forma natural dentro las mezclas de isótopos de potasio de los compuestos que contienen potasio. Este isótopo tiene una abundancia conocida en los

compuestos de potasio de $\eta=0,0117\%$ y es radiactivo ($T_{1/2}=1,248 \cdot 10^9$ años). La desintegración radiactiva de ^{40}K va acompañada de emisiones de rayos gamma con energía 1,46 MeV, una radiación gamma que es uno de los principales componentes de la radiactividad natural. Por lo tanto, la presencia de potasio en el suelo puede determinarse según la intensidad de la línea gamma medida.

[0059] Figura 5 ilustra un ejemplo de gráfico 500 del espectro gamma de radiactividad natural y puede ser indicativo del espectro medido durante 0,5 horas por el sistema 100 instalado directamente en la superficie del suelo 122. En un ejemplo, la línea de trazos 506 puede ser indicativa del espectro gamma medido cuando se colocó bajo el sistema de medición una sustancia que contenía potasio (~ 11 kg) (peso total de 22,7 kg), donde un pico significativo (tal como entre los valores de energía 508-1 y 508-2) con centroide en o aproximadamente 1,46 MeV indica una presencia de potasio.

[0060] Figura 6 ilustra un ejemplo de diagrama 600 de una metodología para estimar un coeficiente de calibración de potasio. Para la primera aproximación, se supuso que el potasio del suelo estaba distribuido uniformemente en volumen hemisférico con radios R . El detector gamma 104 estaba situado en el centro 608 de este hemisferio 602. Si el $Kw\%$ 606 estaba presente en el volumen unitario dV 606, y la densidad del material es d , entonces $d\gamma$, s^{-1} , los rayos gamma con energía 1,46 MeV aparecerían como

$$d\gamma = \frac{Kw\%}{100} \cdot d \cdot \eta \cdot \frac{N_A}{AW} \cdot \lambda \cdot dV \quad (12)$$

donde N_A es número de Avogadro y AW es un peso atómico de potasio, $\lambda=0,693/T_{1/2}$. Entonces, la intensidad de la señal del detector gamma 104 (área pico, S) puede calcularse como

$$S = t \cdot \eta \cdot \frac{N_A}{AW} \cdot \lambda \cdot G \quad (13)$$

$$G = \frac{Kw\%}{100} \cdot d \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \int_0^R \frac{\exp(-\mu \cdot d \cdot l)}{4\pi l^2} \cdot dV = \frac{Kw\%}{100} \cdot d \int_0^{2\pi} \int_0^{\pi/2} \int_0^R \frac{\exp(-\mu \cdot d \cdot l)}{4\pi} \cdot \sin\theta dl d\theta d\varphi \quad (14)$$

donde t es eficiencia de registro de rayos gamma, μ el coeficiente de adsorción de masa de línea gamma de 1,46 MeV en la sustancia, distancia l es

una distancia entre dV y detector gamma 104, y R es radios de hemisferio. El $Kw\%$ en la sustancia que contiene potasio es $11/22,7 \cdot 100\% = 48,4\%$. La densidad aparente de esta sustancia era $1,1 \text{ g cm}^{-3}$, y los radios de hemisferio con esta sustancia son $\sqrt[3]{\frac{22700 \cdot 3}{d \cdot 2\pi}} = 21.4 \text{ cm}$. El coeficiente de atenuación de masa para la sustancia que contiene potasio (KCl) para 1,6 MeV es de $0,048 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ y el valor $G_{st} = 3,416$. El área pico en el espectro se calculó como 237 cps para la sustancia que contiene potasio, conforme se ilustra con una línea de trazos en Figura 5. A partir de aquí, el valor t puede estimarse como 69,4.

[0061] La densidad del suelo puede tomarse como igual a $1,2 \text{ g cm}^{-3}$ y $\mu = 0,052 \text{ cm}^2 \text{ g}^{-1}$ (los principales elementos del suelo son Si y O) para la estimación. Entonces, para el suelo de radios infinitos $G_{soil} = Kw\%/100 \cdot 9,615$, y el área pico de potasio fue 14 cps para el suelo, conforme se ilustra con una línea continua en Figura 5. El área pico es proporcional a G y eficiencia de registro de rayos gamma t . A partir de estos valores, el coeficiente de calibración para potasio en el suelo puede estimarse como $0,15 \text{ Kw\%/cps}$, y el $Kw\%$ en el suelo puede estimarse como 2%. Este valor coincide con el contenido promedio de potasio en el suelo. Aunque esta calibración debe repetirse con varias muestras de referencia para obtener una mayor precisión, puede utilizarse una estimación de Ecuación (15) para una serie determinada de mediciones, de forma que

$$Kw\% = 0.15 \cdot PA_{1.46}. \quad (15)$$

[0062] Los conjuntos de datos medidos de coordenadas geográficas y contenidos de elementos (en % en peso) se utilizaron para crear mapas de distribución de elementos. El mapa puede generarse mediante una interpolación polinómica local u otro enfoque computacional. El mapa se colocó sobre el mapa base geográfico. El mapa de distribución elemental generado puede incluir una flecha u otro tipo de ícono indicativo de uno o más puntos cardinales, tales como norte, sur, este y oeste, para indicar la orientación direccional del mapa. En otros ejemplos, el mapa de distribución elemental generado puede orientarse

automáticamente de manera que una dirección vertical ascendente signifique una dirección norte y así sucesivamente. En algunos casos, el mapa generado puede incluir una leyenda correspondiente y/o una barra de escala que indica uno o más intervalos de contenido elemental de un elemento determinado o de una pluralidad de elementos. El mapa de distribución elemental generado puede comprender un mapa de contorno que incluya una o más etiquetas de valores de contorno que indiquen regiones con el mismo contenido. Algunos ejemplos de mapas de distribución elemental generados según el análisis de datos del espectro gamma se ilustran en al menos Figuras 8-15.

[0063] Un primer campo escaneado comprende una primera área total, p. ej., ~6 hectáreas (ha), y un segundo campo escaneado comprende una segunda área total, p. ej., ~ 23 ha, con un tipo de suelo de arena margosa Marvyn y arena margosa Marlboro (1% a 6% de pendiente), respectivamente.

[0064] Figura 7 ilustra un ejemplo de diagrama 700 de un primer campo escaneado 702 que se divide en una pluralidad de sitios 306, donde una primera pluralidad de sitios 306 está situada en el primer campo escaneado 702 y una pluralidad de sitios 704 está en una carretera adyacente al primer campo escaneado 702. Como un ejemplo, un número de puntos medios en cada sitio 306 y un tiempo de medición total en cada sitio 306 se muestran en Tabla 1.

I D de la celda	Punt os medios	Tiem po de medición (min)	I D de la celda	Punt os medios	Tiem po de medición (min)
1	34	17	7 1	10	5
2	17	8,5	8 1	25	12,5
3	31	15,5	9 1	19	9,5
4	16	8	0 2	19	9,5
5	30	15	1 2	24	12
6	23	11,5	2 2	19	9,5
7	16	8	3 2	19	9,5
8	24	12	4 2	16	8
9	24	12	5 2	21	10,5
0 1	27	13,5	6 2	16	8
1 1	22	11	7 2	19	9,5
1 2	20	10	8 2	16	8

1 3	18	9	Carretera		
1 4	15	7,5	2 9	38	19
1 5	22	11	3 0	38	19
1 6	7	3,5	3 1	34	17

[0065] Figura 8 ilustra un ejemplo de diagrama 800 de una representación digital de un mapa de distribución de carbono 808 para el primer campo escaneado 702 descrito al menos en referencia a Figura 7. En un ejemplo, la distribución del contenido de carbono 802 aumentó de sur a norte (conforme se ilustra, por ejemplo, con los elementos de referencia 802-1 a 802-4) de 0,5% en peso a 2,0% en peso, mientras que el contenido de carbono en la carretera fue extremadamente alto en comparación con el campo 122, alcanzando 18% en peso. Figura 9 ilustra un ejemplo de diagrama 900 de una representación digital de un mapa de distribución de silicio 908 para el primer campo escaneado 702 descrito al menos en referencia a Figura 7. En un ejemplo, la distribución del contenido de silicio 902 en el primer campo escaneado 702 varió, de forma que el contenido de silicio generalmente se mantuvo dentro de un intervalo de 44% en peso $\pm$ 2% en peso. En otro ejemplo, el contenido de silicio 902 era muy bajo (alrededor de 10% en peso) en la carretera adyacente al campo 702, lo que significa que la carretera puede haber consistido en un mineral tal como grava de carbonato y tenía muy poco silicio.

[0066] Figuras 10 y 11 ilustran ejemplo de mapas 1000 y 1100, respectivamente, de la distribución de carbono 1002, 1102 en un segundo campo escaneado 1004 capturado en dos días diferentes, tales como el 11/04/2019 y el 17/04/2019 con el tiempo entre las dos fechas estable (soleado), donde un área

del segundo campo escaneado 1004 es de aproximadamente 13,6 ha. La comparación demuestra que ambos mapas son bastante similares, con algunas discrepancias menores en los contornos 1002, 1102 que se limitan a las respectivas porciones del norte de los mapas 1000 y 1100. Por lo tanto, los múltiples escaneos del segundo campo escaneado 1004 confirmaron que los resultados de los escaneos y los mapas generados a partir de los datos de escaneo recolectados siguen siendo relativamente consecuentes bajo aproximadamente las mismas condiciones climáticas. En consecuencia, la metodología y el enfoque para utilizar el sistema de aparato de análisis gamma 100 para recopilar datos de escaneo del suelo 122 y generar mapas de distribución de contenido elemental del suelo 122 según los datos de escaneo recolectados son suficientemente precisos y los resultados de la metodología son reproducibles bajo condiciones básicas similares. Figura 12 ilustra un mapa 1200 indicativo de la distribución elemental 1202 de carbono (C) resultante de una combinación de conjuntos de datos 1000, 1100 utilizados para generar los mapas de Figuras 10 y 11 y puede ser un mapa de contenido elemental más fiable. Figura 13 ilustra el mapa de distribución de silicio 1300 indicativo de la distribución elemental de silicio 1302 según una combinación de datos de operaciones de escaneo del segundo campo escaneado 1004 realizadas en dos días diferentes (no ilustrados por separado en el presente documento).

[0067] Figura 14 ilustra un ejemplo de mapa 1400 de distribución elemental 1402 de hidrógeno en el suelo 122 del segundo campo escaneado 1004. En un ejemplo, el mapa de distribución de hidrógeno 1400 se refiere a una distribución de áreas pico de hidrógeno, donde el número de elemento 1404 es indicativo de los respectivos valores pico de cada uno de los sitios 306. Figura 15 ilustra un ejemplo de mapa 1500 generado a partir del escaneo de hidrógeno realizado con mediciones de humedad utilizando un medidor de humedad del suelo TDR-300. La longitud de los electrodos era 7 pulgadas (0,178 metros), y se seleccionó "Arena" como modo de Tipo de Suelo durante la medición. El mapa

1500 de la humedad del suelo medida con este instrumento. El error relativo de la medición de humedad 1502 con TDR-300 (incluidos los valores pico correspondientes 1504) osciló entre aproximadamente 12% y 20%. A pesar de este valor de error relativo de la determinación de humedad con TDR 300, la comparación de los mapas 1400 y 1500 de Figuras 14 y 15, respectivamente, demostró la similitud entre los dos instrumentos y se puede concluir que el uso del análisis gamma de neutrones para el mapeo de la distribución de humedad 1402 puede dar resultados precisos.

[0068] Figuras 16A y 16B ilustran un ejemplo de proceso 1600 para determinar el contenido elemental del suelo 122 del campo 120. El proceso 1600 puede comenzar en el bloque 1602 donde la unidad de procesamiento 110 recibe una solicitud para realizar un análisis elemental del suelo de un campo 120 determinado. En algunos ejemplos, el usuario o el sistema pueden generar la solicitud. Además, también se contemplan otros métodos para iniciar el proceso 1600 de análisis elemental del suelo.

[0069] En respuesta a la solicitud, la unidad de procesamiento 110, en el bloque 1604, puede detectar uno o más límites exteriores del campo 120 que se va a escanear. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede detectar los límites exteriores del campo 120 según una representación digital de un mapa geográfico que incluye al menos una porción del campo 120 que se va a escanear, según un escaneo real del campo 120 (p. ej., video, sonar, etcétera), o alguna combinación estos. El mapa geográfico analizado durante el proceso de identificación de límites exteriores puede incluir coordenadas geográficas aproximadas o exactas del campo 120, latitud y longitud del campo 120, área del campo 120, orientación del campo 120 con respecto a cuatro direcciones cardinales, y otros parámetros de datos suficientes para establecer la ubicación geoespacial, relativa y específica del campo 120.

[0070] En el bloque 1606, la unidad de procesamiento 110 puede dividir el campo 120 que se va a escanear en una pluralidad de porciones, o sitios, 306.

Por ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede dividir el campo 120 en porciones según el perfil del terreno, la homogeneidad o heterogeneidad del terreno, y/o la presencia o ausencia de características del terreno, ya sean naturales o artificiales, tales como colinas, crestas, collados, depresiones, carreteras, estructuras, acuíferos, vegetación, etcétera. En algunos casos, cada sitio 306 puede comprender un perfil de terreno relativamente homogéneo. Durante la división del campo, la unidad de procesamiento 110 del sistema 100 puede estar configurada para designar un sitio 306 separado en respuesta a la detección de un cambio en el terreno, tal como una carretera asfaltada 308 que atraviesa el campo 120 y así sucesivamente, y/o la detección de un cambio en el perfil y la composición del terreno, p. ej., en respuesta a la detección de un punto bajo en el terreno. Dados los arriba mencionados factores relacionados con el terreno y otros que afectan las condiciones de escaneo, cada sitio 306 de la pluralidad de sitios 306 puede variar en tamaño desde menos de $\sim 100 \text{ m}^2$ hasta $\sim 1000 \text{ m}^2$ y más, de forma que un campo 120 determinado que tiene un área total de aproximadamente 800 m^2 puede incluir doce (12) sitios y así sucesivamente.

[0071] La unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para, en el bloque 1608, iniciar el escaneo de una primera muestra de suelo de una primera porción del campo 120. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede utilizar la fuente de pulsos de neutrones 102 para escanear la primera muestra de suelo de la primera porción/sitio 306. Adicionalmente o alternativamente, en el bloque 1608, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para detectar, p. ej., utilizando el detector gamma 104, el espectro gamma de la primera muestra de suelo. En el bloque 1610, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para solicitar la ubicación geográfica de la primera muestra de suelo. En algunos casos, la unidad de procesamiento 110 puede estar en comunicación con el dispositivo GPS 112, ya sea interno o externo al sistema 100, y puede estar configurada para solicitar y

recibir coordenadas geográficas u otros parámetros de posicionamiento geoespacial indicativos de una ubicación de la primera muestra de suelo de la primera porción 306 del campo 120.

[0072] La unidad de procesamiento 110, en el bloque 1612, puede asociar los datos del espectro gamma 116 detectados de la primera muestra de suelo y las coordenadas geográficas recibidas de la primera muestra de suelo. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede, en el bloque 1612, almacenar los datos de escaneo y las coordenadas geográficas asociadas en un dispositivo de almacenamiento de datos directamente conectado a esta. En otros ejemplos, la unidad de procesamiento 110 puede comunicarse con servidores de almacenamiento externos, remotos o fuera del sitio, y/o dispositivos o sistemas de almacenamiento de datos y redes en la nube.

[0073] En el bloque 1614, la unidad de procesamiento 110 puede determinar si se ha detectado una próxima muestra de suelo dentro de uno mismo de la pluralidad de sitios 306. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede detectar una ubicación geográfica actual del sistema 100, p. ej., de la estructura 114, la fuente de pulsos de neutrones 102, y/o el detector gamma 104, con respecto al área del campo 120 y/o área del sitio 306 que se está escaneando. Adicionalmente o alternativamente, la unidad de procesamiento 110 puede operar el sistema 100 para cambiar su propia ubicación geográfica, de forma que se pueda determinar la presencia o ausencia de una próxima muestra de suelo 124 y/o un próximo sitio 306. También se contemplan otros escenarios y métodos para determinar si es necesario que el sistema 100 realice una recopilación de datos adicional. Por ejemplo, el sistema 100 puede estar configurado para mostrar una notificación al usuario que solicita una confirmación de que otras muestras de suelo 124 y/o sitios 306 necesitan ser escaneadas para el análisis de contenido elemental del suelo. En respuesta a una próxima muestra de suelo disponible para ser escaneada dentro del sitio

actual 306, la unidad de procesamiento 110 puede regresar al bloque 1608 para escanear la próxima muestra de suelo disponible dentro del sitio 306.

[0074] En respuesta a la determinación de que todas las muestras de suelo del sitio actual 306 han sido escaneadas, la unidad de procesamiento 110 puede determinar, en el bloque 1616, si se ha detectado uno próximo de la pluralidad de sitios 306. En un ejemplo, la unidad de procesamiento 110 puede detectar una ubicación geográfica actual del sistema 100, p. ej., de la estructura 114, la fuente de pulsos de neutrones 102, y/o el detector gamma 104, con respecto al área del campo 120 y/o área del sitio 306 que se está escaneando. En respuesta a la determinación, en el bloque 1616, de que un próximo sitio 306 de la pluralidad de sitios 306 está disponible dentro del campo 120 que se está escaneando, la unidad de procesamiento 110 puede volver al bloque 1608 para escanear una primera muestra de suelo 124 dentro del próximo sitio 306 y así sucesivamente. Adicionalmente o alternativamente, en respuesta a que todos los sitios 306 del campo 120 han sido escaneados, la unidad de procesamiento 110 puede proceder a analizar los datos de escaneo recolectados.

[0075] En el bloque 1618, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para analizar los espectros gamma recolectados para uno o más valores pico de al menos uno de una pluralidad de elementos, tales como, a mero título enunciativo, C, Si, O, H, K, Cl, y así sucesivamente. Conforme se describe al menos en referencia a Figuras 3-6 y 10-15, la metodología para determinar valores pico de un elemento determinado puede variar. En algunos casos, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para identificar puntos medios, centros ponderados y otros valores de parámetros asociados con el análisis de contenido elemental del suelo 120. Adicionalmente o alternativamente, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para clasificar los valores pico identificados de cada elemento por porción/sitio 306. También se contemplan otras operaciones y métodos para analizar los espectros recolectados.

[0076] En el bloque 1620, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para generar un mapa de distribución elemental según los datos de espectros gamma recolectados durante la operación de escaneo mediante la utilización del sistema 100. Como se discutió anteriormente, el mapa de distribución elemental puede generarse utilizando una interpolación polinómica local u otro enfoque computacional y puede superponerse a un mapa base geográfico. El mapa de distribución elemental generado puede incluir una flecha u otro tipo de ícono indicativo de uno o más puntos cardinales, tales como norte, sur, este y oeste, para indicar la orientación direccional del mapa. En otros ejemplos, el mapa de distribución elemental generado puede orientarse automáticamente de manera que una dirección vertical ascendente signifique una dirección norte y así sucesivamente. En algunos casos, el mapa generado puede incluir una leyenda correspondiente y/o una barra de escala que indica uno o más intervalos de contenido elemental de un elemento determinado o de una pluralidad de elementos. El mapa de distribución elemental generado puede comprender un mapa de contorno que incluya una o más etiquetas de valores de contorno que indiquen regiones con el mismo contenido.

[0077] El proceso 1600 puede entonces terminar. En algunos casos, la unidad de procesamiento 110 puede estar configurada para repetir uno o más procesos para generar un mapa de distribución elemental según los datos de espectros gamma recolectados.

[0078] Mientras que determinadas realizaciones ilustrativas se han descrito en detalle en las figuras y en la descripción anterior, dicha ilustración y descripción debe considerarse como ejemplar y no de carácter restrictivo, entendiéndose que solo se han mostrado y descrito realizaciones ilustrativas y que se desea proteger todos los cambios y modificaciones que entren dentro del espíritu de la divulgación. Existe una pluralidad de ventajas de la presente divulgación que surgen de las diversas funciones de los aparatos, sistemas y métodos descritos en el presente documento. Se observará que las realizaciones

alternativas de los aparatos, sistemas y métodos de la presente divulgación pueden no incluir todas las funciones descritas, y aún así beneficiarse de al menos algunas de las ventajas de dichas funciones. Los expertos en la técnica pueden idear fácilmente sus propias implementaciones de los aparatos, sistemas y métodos que incorporan una o más de las funciones de la presente divulgación.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema (100) para analizar el contenido del suelo de un campo (120), el sistema (100) comprende:

una unidad de adquisición de datos configurada para detectar espectros gamma de cada una de una pluralidad de muestras de suelo (124);

una unidad de procesamiento (110) configurada para detectar uno o más límites exteriores del campo (120) y dividir una superficie del campo (120) dentro de uno o más límites exteriores en una pluralidad de porciones antes de iniciar la detección de espectros gamma, en donde la pluralidad de muestras de suelo (124) consta de al menos una muestra de suelo (124) de cada una de la pluralidad de porciones;

una unidad de navegación configurada para detectar las coordenadas geográficas de cada una de la pluralidad de muestras de suelo (124) ubicadas dentro de cada porción de la pluralidad de porciones;

una unidad de análisis de datos configurada para asociar los espectros gamma detectados de cada una de la pluralidad de muestras de suelo (124) con las coordenadas geográficas de la muestra de suelo (124) y determinar un porcentaje en peso de al menos un elemento dentro de cada una de las muestras de suelo (124) según los espectros gamma detectados; y

una unidad de mapa de contenido de elementos configurada para generar un mapa que indique la concentración del al menos un elemento dentro del suelo del campo (120).

2. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde las muestras de suelo (124) comprenden acumulativamente al menos 5% de la superficie del campo (120).

3. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde las muestras de suelo (124) comprenden acumulativamente al menos 10% de la superficie del campo (120).

4. Un método para analizar el contenido del suelo de un campo (120) agrícola, el método comprende:

dividir una superficie del campo (120) en una pluralidad de porciones;

escanear al menos una muestra de suelo (124) dentro de cada una de las porciones para detectar espectros gamma de la muestra de suelo (124);

asociar los espectros detectados con una ubicación geográfica de la muestra de suelo (124);

calcular, según los espectros detectados, una cantidad de al menos un elemento dentro de la muestra de suelo (124); y

generar un mapa que indique la cantidad del al menos un elemento dentro de cada porción del campo (120).

5. El método de la reivindicación 4, donde la cantidad del al menos un elemento incluye un valor de concentración de al menos uno de carbono (C), silicio (Si), potasio (K), oxígeno (O), hidrógeno (H) y cloro (Cl).

6. El método de la reivindicación 4, donde cada porción tiene un paisaje homogéneo.

7. El método de la reivindicación 4, donde el escaneo incluye el escaneo mediante un sistema de neutrones térmicos rápidos pulsados que tiene un generador de neutrones.

8. El método de la reivindicación 4, donde las muestras de suelo (124) comprenden acumulativamente al menos 10% de la superficie del campo (120).

9. El método de la reivindicación 4, que comprende además la corrección de la energía de espectros según un valor predefinido.

10. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde la unidad de adquisición de datos comprende un sistema de neutrones térmicos rápidos pulsados.

11. El sistema (100) de la reivindicación 10, donde el sistema de neutrones térmicos rápidos pulsados incluye un generador de neutrones.

12. El sistema (100) de la reivindicación 11, donde el sistema de neutrones térmicos rápidos pulsados incluye además un detector gamma.

13. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde la unidad de análisis está configurada además para corregir la energía de espectros según un valor predefinido determinado mediante una calculadora de desplazamiento de espectros y de porcentaje en peso.

14. El sistema (100) de la reivindicación 13, donde la corrección de la energía de espectros incluye el desplazamiento de los espectros de forma que, para cada uno de una pluralidad de espectros, los centroides de los picos dominantes del elemento se asocian con uno mismo de una pluralidad de canales de energía de los espectros.

15. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde la unidad de análisis está configurada además para calcular el porcentaje en peso según un tiempo de vida de un espectro, donde el tiempo de vida del espectro es un promedio de los tiempos de vida de cada uno de una pluralidad de detectores.

16. El sistema (100) de la reivindicación 15, donde el tiempo de vida del detector se basa en un tiempo de medición real, una tasa de recuento de entrada y una tasa de recuento de salida.

17. El sistema (100) de la reivindicación 15, donde la unidad de análisis está configurada además para asociar el porcentaje en peso calculado con un punto medio geográfico entre dos registros vecinos.

18. El sistema (100) de la reivindicación 1, donde la concentración es indicativa del contenido de al menos uno de carbono (C), silicio (Si), potasio (K), oxígeno (O) e hidrógeno (H).

19. El sistema (100) de la reivindicación 18, donde la concentración de carbono (C) dentro de la muestra de suelo (124) se determina según un promedio de espectros de red detectados dentro de una porción del campo (120), y donde la concentración de potasio se determina según los espectros gamma naturales de la muestra de suelo (124) sin utilizar la irradiación de neutrones del suelo.



SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

NIT: 800.176.089-2

COMPROBANTE DE RECAUDO SISTEMA SIPI

Radicado: NC2021/0007427
Recibo: 24-57589
Fecha: 22/07/2024

CAROLINA MERCEDES DAZA MONTALVO
CC: 66.783.790
Pago PSE No: 994667
CUS: 793404304

Patente PCT
APLICACIÓN EN MODO DE ESCANEO DEL ANÁLISIS GAMMA DE NEUTRONES PARA EL MAPEO DEL CARBONO DEL SUELO

Detalle del pago

Id.	Rentístico	Concepto y Servicio	Cant.	Val. Unit.	Subtotal
1	50005-01-03	Modificaciones / Correcciones al registro Patente PCT (DESCUENTO INTERNET)	1	\$ 214,000	\$ 214,000
TOTAL					\$ 214,000