

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 727 848**

51 Int. Cl.:

**G05B 11/01** (2006.01)

**A01G 25/16** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.09.2010 PCT/US2010/050971**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.04.2012 WO12044315**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.09.2010 E 10858001 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.02.2019 EP 2622419**

54 Título: **Gestión del césped**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**21.10.2019**

73 Titular/es:  
**THE TORO COMPANY (100.0%)  
8111 Lyndale Avenue South  
Bloomington, MN 55420, US**

72 Inventor/es:  
**CLINE, VAN, WILLIS;  
RICE, KATHLEEN, SUE y  
CARSON, TROY, DAVID**

74 Agente/Representante:  
**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 727 848 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

**DESCRIPCIÓN**

Gestión del césped

**Campo técnico**

5 La presente descripción se refiere a la gestión del césped, y más en particular a la evaluación y el control de un sistema de riego del césped para mejorar el rendimiento del sistema de riego.

**Antecedentes**

10 El césped se utiliza comúnmente como cobertura del suelo para una variedad de propósitos recreativos y no recreativos. Debido a que el césped a menudo necesita más agua de la que está disponible de manera natural, los sistemas de riego se pueden instalar en o alrededor del césped para proporcionar agua adicional al césped de acuerdo con lo necesario. Sin embargo, puede ser difícil determinar cuándo se necesita agua, cuánta agua se necesita y cuál es la mejor manera de aplicarla. Además, una variedad de factores pueden influir en las necesidades del césped en cualquier ubicación. Por ejemplo, la hierba del césped puede crecer sobre diferentes tipos de suelo; algunos tipos, tal como la arcilla, tienden a retener la humedad, mientras que otros tipos, tal como la arena, tienden a dejar que la humedad penetre con rapidez. Para tener en cuenta tales variaciones, a menudo es necesario regar en exceso algunas porciones del césped para proporcionar cantidades adecuadas de agua a otras porciones del césped. Sin embargo, el exceso de riego puede ser perjudicial para el césped, lo que da como resultado malas condiciones del césped en esos lugares. La operación de un sistema de riego de esta manera es ineficiente y conduce a un costo innecesario de operación. La Patente US 7.574.284 describe un sistema de riego en el que un controlador de riego autoajustable toma una lectura de humedad del suelo antes del riego, elige la cantidad de agua que se va a dispensar correspondiente a esa lectura desde una tabla y dispensa esa cantidad de agua por medio de la regulación del tiempo de funcionamiento del sistema de riego.

**Compendio**

25 En términos generales, esta descripción está dirigida a la gestión del césped. En una configuración posible y por medio de un ejemplo no limitativo, la descripción se relaciona con la evaluación y el control de un sistema de riego del césped para mejorar el rendimiento del sistema de riego.

30 Un aspecto es un método para la evaluación de un sistema de riego en un sitio de césped de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 1, el sitio de césped incluye el césped. El método incluye la segmentación del sitio de césped en una pluralidad de unidades de gestión del riego, en el que cada unidad de gestión del riego del sitio de césped incluye por lo menos un cabezal de aspersión; y para cada unidad de gestión del riego, el cómputo con un dispositivo de computación de un valor que representa una característica del césped dentro de la unidad de gestión del riego.

35 Otro aspecto es un sistema de riego para el suministro de agua al césped en un césped de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 11. El sistema de riego incluye cabezales de aspersión, líneas de agua y un sistema de control. Las líneas de agua están conectadas a una fuente de agua y a válvulas que controlan el flujo de agua a través de los cabezales de aspersión. El sistema de control incluye un dispositivo de computación.

**Breve descripción de los dibujos**

La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de gestión del césped de ejemplo para la gestión de un sitio de césped.

40 La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una porción de un sistema de riego de sistema de gestión del césped de ejemplo que se muestra en la Figura 1.

La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un dispositivo de computación de sistema de gestión del césped de ejemplo que se muestra en la Figura 1.

La Figura 4 es una vista lateral en perspectiva de un dispositivo móvil de recogida de datos de sistema de gestión del césped de ejemplo que se muestra en la Figura 1.

45 La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo para la evaluación de un sitio de césped.

La Figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra la recogida de datos del sitio de césped.

La Figura 7 es una ilustración gráfica de los datos recogidos en la Figura 6.

La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático de un laboratorio de procesamiento de datos de sistema de gestión del césped de ejemplo que se muestra en la Figura 1.

50 La Figura 9 es un diagrama de bloques esquemático de un módulo de zonificación de gestión del riego de sistema

de gestión del césped de ejemplo que se muestra en la Figura 1.

La Figura 10 es una representación gráfica de datos interpolados de acuerdo con lo computado por el sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 11 es una representación gráfica de los datos interpolados de la Figura 10.

5 La Figura 12 es una representación gráfica de operaciones llevadas a cabo por un motor de la unidad de gestión del riego del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 13 es una representación gráfica de operaciones adicionales llevadas a cabo por el motor de la unidad de gestión del riego del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

10 La Figura 14 es un diagrama que ilustra la clasificación de las unidades de gestión del riego en zonas de gestión del riego por el sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 15 ilustra la clasificación de las unidades de gestión del riego en zonas de gestión del riego con el sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 16 es un diagrama de bloques esquemático de un módulo de ajuste fino del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

15 La Figura 17 es una representación gráfica de operaciones llevadas a cabo por un motor de procesamiento de la salinidad del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 18 es un diagrama de bloques esquemático de un motor de procesamiento de la topografía del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

20 La Figura 19 es un gráfico que ilustra la operación de un motor de inclinación del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 20 es un diagrama que ilustra la operación de un motor de aspecto del sistema de gestión del césped que se muestra en la Figura 1.

La Figura 21 es un diagrama que ilustra las operaciones del motor de procesamiento de la topografía que se muestra en la Figura 18.

25 **Descripción detallada**

Se describirán en detalle varias formas de realización con referencia a los dibujos, en los que los números de referencia similares representan partes y ensamblajes similares a lo largo de todas las diversas vistas. La referencia a varias formas de realización no limita el alcance de las reivindicaciones adjuntas. Además, no se pretende que los ejemplos establecidos en esta memoria descriptiva sean limitativos y simplemente presentan algunas de las muchas formas de realización posibles para las reivindicaciones adjuntas.

30 La Figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema de gestión del césped de ejemplo 100 para la gestión de un sitio de césped 101. En este ejemplo, el sistema de gestión del césped 100 incluye un sistema de riego 102 y un sistema de evaluación de riego 104.

35 El sitio de césped 101 incluye el césped 103 que se gestionará por medio del sistema de gestión del césped 100. De acuerdo con lo mencionado con anterioridad, los sitios de césped pueden adoptar una variedad de formas recreativas y no recreativas. A modo de ejemplo, el sitio de césped 101 se describe en la presente memoria como un campo de golf, que incluye los *fairways* 105, 107 y 109. Sin embargo, una variedad de otros tipos de sitios de césped pueden ser gestionados de manera alternativa por el sistema de gestión del césped 100, tales como campos deportivos que incluyen campos de béisbol, fútbol, fútbol americano; pistas de carreras de césped; parques de césped; céspedes residenciales o comerciales; o cualquiera de una variedad de otros sitios de césped que incluyen el césped 103. Además, el sistema de gestión del césped 100 no se limita a los *fairways*, y se puede utilizar en la gestión de *greens*, *tees*, *roughs* y céspedes circundantes del campo de golf en algunas formas de realización.

40 El sistema de riego 102 proporciona agua al césped 103 del sitio de césped 101. Se pueden utilizar varios tipos de sistemas de riego 102 en las muchas formas de realización posibles. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el sistema de riego 100 incluye el sistema de control de riego 120 (tal como el sistema de control primario 122 y los sistemas de control satelital 124), la estación de bombeo 126, las tuberías de suministro de agua 128, las líneas de control 130 y los cabezales de aspersión 132. Un ejemplo del sistema de riego 102 se ilustra y se describe con más detalle con referencia a la Figura 2.

45 El término "césped" se utiliza algunas veces en la presente memoria para referirse a toda la capa de suelo que incluye una cubierta de suelo compuesta por vegetación, tal como el césped, y el suelo o la tierra ubicada debajo de la cubierta de suelo, que soporta el crecimiento de la cubierta de suelo. La descripción también se puede utilizar con

otros recubrimientos para el suelo, que no sean hierba.

El sistema de evaluación de riego 104 es un sistema que evalúa el rendimiento del sistema de riego 102, como para identificar formas en que se puede mejorar el sistema de riego 102. En algunas formas de realización, el sistema de evaluación de riego 104 además opera para definir parámetros de control para el sistema de riego 102. De acuerdo con lo mostrado en la Figura 2, algunas formas de realización del sistema de evaluación de riego 104 incluyen un dispositivo móvil de recogida de datos 140 y el laboratorio de procesamiento de datos 142.

En una forma de realización de ejemplo, el dispositivo móvil de recogida de datos 140 se utiliza para recoger diversos datos sobre el césped 103 en el sitio de césped 101. El dispositivo móvil de recogida de datos 140 incluye una pluralidad de sensores que miden las cualidades del césped 103 en diferentes ubicaciones a medida que el dispositivo móvil de recogida de datos 140 se mueve a través del césped 103. Un ejemplo del dispositivo móvil de recogida de datos 140 se describe con más detalle con referencia a la Figura 4.

El laboratorio de procesamiento de datos 142 recibe los datos recogidos por el dispositivo móvil de recogida de datos 140 y procesa los datos. En algunas formas de realización, el resultado del procesamiento de datos es la identificación de los ajustes físicos que se pueden llevar a cabo en el sistema de riego 102 para mejorar el rendimiento del sistema de riego 102. Por ejemplo, los resultados pueden indicar que dos cabezales de aspersión que están operando en la actualidad como un par deben ser controlados por separado. Como otro ejemplo, los resultados pueden indicar dónde se deben instalar los sensores de humedad en el suelo. De manera alternativa o adicional, el procesamiento de datos llevado a cabo por el laboratorio de procesamiento de datos proporciona información para identificar los ajustes que se pueden hacer a la operación del sistema de riego 102 para mejorar el rendimiento del sistema de riego 102. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el procesamiento de datos identifica las zonas de gestión del riego, que son regiones del sitio de césped 101 que tienen cualidades similares, tales como requisitos de riego similares. El sistema de control de riego 120 se puede programar para regar cada zona de gestión del riego de acuerdo con las necesidades únicas del césped 101 en esa zona. Otras formas de realización proporcionan resultados y llevan a cabo diferentes operaciones de procesamiento de datos, de acuerdo con lo explicado en la presente memoria. Un ejemplo del laboratorio de procesamiento de datos 142 se ilustra y se describe con más detalle con referencia a la Figura 8.

La Figura 2 es un diagrama de bloques esquemático de una porción de un sistema de riego de ejemplo 102 en un sitio de césped 101. En este ejemplo, el sitio de césped 101 es un *fairway* de campo de golf 105 que tiene césped 103 que se gestiona por medio del sistema de riego 102. El sistema de riego 102 incluye el sistema de control 120, una estación de bombeo 126, las tuberías de suministro de agua 128, las líneas de control 130 y los cabezales de aspersión 132.

En este ejemplo, el sistema de control 120 incluye un sistema de control primario 122 y uno o más sistemas de control satelital 124. El sistema de control primario 122 es, por ejemplo, un dispositivo de computación que está ubicado en el centro, tal como en la oficina del superintendente del campo de golf. El superintendente puede utilizar el sistema de control primario 122 para monitorear y controlar la operación del sistema de riego 102. El sistema de control primario 122 también es un dispositivo de computación, por ejemplo, que se comunica con una pluralidad de sistemas de control satelital 124. El sistema de control primario 122 puede coordinar y controlar la operación de los sistemas de control satelital 124, que se distribuyen alrededor del campo de golf. Por ejemplo, en algunas formas de realización, cada *fairway* tiene un sistema de control satelital 124 separado, o incluso múltiples sistemas de control satelital 124. Sin embargo, en algunas formas de realización, el sistema de control primario 122 es capaz de controlar el sistema de riego 102, sin la necesidad de sistemas de control satelital 124 adicionales. Otros tipos y configuraciones de sistemas de control se pueden utilizar en otras formas de realización. Un ejemplo de un dispositivo de computación del sistema de control primario 122 se ilustra y se describe con referencia a la Figura 3.

En algunas formas de realización, el sistema de control 120 está conectado a una red de comunicación de datos 150, tal como una red de área local o Internet. La red de comunicación 150 se puede utilizar para la comunicación dentro del sistema de riego 102 (tal como entre el sistema de control primario 122, los sistemas de control satelital 124 y los cabezales de aspersión 132). En otra forma de realización posible, la red de comunicación 150 se utiliza para la comunicación con un dispositivo de computación remoto 152. Un ejemplo de un dispositivo de computación remoto 152 es un ordenador utilizado por el superintendente para monitorear y controlar el sistema de riego 102 de manera remota. Otro ejemplo de dispositivo de computación remoto 152 es un ordenador en el laboratorio de procesamiento de datos, que se puede utilizar para enviar datos o información al superintendente o directamente al sistema de riego 102. Por ejemplo, en algunas formas de realización, el dispositivo de computación remoto 152 envía parámetros de control actualizados directamente desde el laboratorio de procesamiento de datos 142 al sistema de riego 102 para mejorar la operación del sistema de riego 102.

La estación de bombeo 126 recibe agua desde una fuente de agua y suministra el agua a las tuberías de suministro de agua 128 para su distribución a los cabezales de aspersión 132. La fuente de agua es cualquier fuente de agua adecuada, tal como el suministro de agua de una ciudad o comunidad, o una fuente de agua natural, tal como un pozo, un manantial, un lago o un río. La fuente de agua puede incluir efluentes o agua reciclada. El agua de la fuente de agua se presurizada por la estación de bombeo 126 y el agua presurizada se envía a las tuberías de suministro de agua 128, que normalmente están enterradas en el suelo. Las tuberías de suministro de agua 128 están

conectadas a cada cabezal de aspersión 132.

Las líneas de control 130 se utilizan, en algunas formas de realización, para la comunicación entre el sistema de control primario 122 y los sistemas de control satelital 124, así como también para los cabezales de aspersión individuales 132. En algunas formas de realización, las líneas de control 130 son cables eléctricos a través de los cuales se comunican mensajes digitales (u otras señales eléctricas). Por ejemplo, un cabezal de aspersión individuales se puede encender por medio del envío de un mensaje a través de la línea de control 130 que incluye un mensaje que incluye una dirección única del cabezal de aspersión y una instrucción para que se encienda ese cabezal de aspersión. En otra forma de realización posible, los cabezales de aspersión se encienden por medio del suministro de energía al cabezal de aspersión, y se apagan por medio del retiro de la energía al cabezal de aspersión. Otras técnicas de comunicación y control se utilizan en otras formas de realización posibles, tal como la comunicación inalámbrica y la comunicación por línea telefónica. En algunas formas de realización se utilizan decodificadores. Además, en algunas formas de realización, se utilizan dispositivos inalámbricos portátiles para controlar el sistema de riego.

Otras formas de realización incluyen otros tipos de líneas de control, tales como líneas hidráulicas. En un sistema hidráulico, por ejemplo, las líneas de control 130 son pequeños tubos que están llenos de fluido presurizado. Una señal se puede comunicar a través de los tubos por medio del ajuste de la presión del fluido. Por ejemplo, los cabezales de aspersión 132 se activan por medio de la disminución de la presión en el fluido y se apagan por medio del incremento de la presión en el fluido.

Los cabezales de aspersión 132 proporcionan agua desde las tuberías de suministro de agua 128 hasta el césped 103. Normalmente, los cabezales de aspersión 132 se extienden hacia arriba a través del césped y rocían agua a través de la superficie superior del césped 103. Los cabezales de aspersión 132 a menudo incluyen una válvula dentro de la carcasa del cabezal de aspersión 132. La válvula se controla con base en las señales recibidas a través de las líneas de control 130 desde el sistema de control satelital 124 o el sistema de control primario 122. Sin embargo, en otra forma de realización, las válvulas se instalan a lo largo de las tuberías de suministro de agua 128, para permitir el control simultáneo de múltiples cabezales de aspersión 132 con una sola válvula. En otras formas de realización, se puede utilizar cualquiera de una variedad de cabezales de aspersión.

Además, en algunas formas de realización, el sistema de riego 102 incluye líneas de riego por goteo. Las líneas de riego por goteo se pueden utilizar para administrar agua con precisión a áreas particulares del césped 103, tal como alrededor de los bordes de una trampa de arena.

La Figura 3 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un dispositivo de computación de ejemplo 200 del sistema de control primario 122. Si bien se describe como parte del sistema de control primario 122, el dispositivo de computación 200 también es un ejemplo de un dispositivo de computación que se puede utilizar para llevar a cabo uno o más de los métodos, las operaciones, los cálculos o los procesos descritos en la presente memoria por otros dispositivos de computación. Por ejemplo, con referencia a la Figura 1, el dispositivo de computación 200 es un ejemplo de un dispositivo de computación del sistema de control satelital 124, un dispositivo de computación de la estación de bombeo 126, un dispositivo de computación del dispositivo móvil de recogida de datos 140, un dispositivo de computación del laboratorio de procesamiento de datos 142 o un dispositivo de computación del dispositivo de computación remoto 152 (que se muestra en la Figura 2). Sin embargo, algunos de estos dispositivos de computación no incluyen todos los componentes que se muestran en la Figura 3, tal como la interfaz con las líneas de control 130 del sistema de riego. Debido a que el dispositivo de computación 200 es un ejemplo adecuado de estos otros dispositivos de computación, no se describirán por separado en la presente memoria.

En una forma de realización de ejemplo, el dispositivo de computación 200 es un ordenador personal. Otras formas de realización incluyen otros dispositivos de computación 200, tales como una tableta, un teléfono inteligente, un asistente personal digital (PDA, por su sigla en inglés) u otro dispositivo configurado para procesar instrucciones de datos. En algunas formas de realización, el dispositivo de computación 200 es un ejemplo de electrónica programable. En otra forma de realización posible, dos o más dispositivos de computación 200 forman de manera colectiva por lo menos una porción de la electrónica programable.

El dispositivo de computación 200 incluye, en algunas formas de realización, por lo menos un dispositivo de procesamiento 202 y una memoria 204. Una variedad de dispositivos de procesamiento 202 están disponibles de una variedad de fabricantes, por ejemplo, Intel o Advanced Micro Devices. En algunas formas de realización, el dispositivo de procesamiento 202 está configurado para llevar a cabo uno o más métodos u operaciones de acuerdo con lo definido por las instrucciones almacenadas en un dispositivo de memoria. Los ejemplos de tales métodos y operaciones se describen en la presente memoria.

El dispositivo de computación 200 también incluye, en algunas formas de realización, por lo menos un dispositivo de memoria 204. Los ejemplos de dispositivos de memoria 204 incluyen memoria de solo lectura 208 y memoria de acceso aleatorio 210. Un sistema básico de entrada/salida 212, que contiene las rutinas básicas que actúan para transferir información dentro del dispositivo de computación 200, tal como durante el inicio, se almacena de manera típica en la memoria de solo lectura 208. El dispositivo de memoria 204 puede ser parte del dispositivo de procesamiento 202 o puede estar separado del dispositivo de procesamiento 202.

En este ejemplo, el dispositivo de computación 200 también incluye el bus del sistema 206 que une varios componentes del sistema, que incluyen la memoria 204, al dispositivo de procesamiento 202. El bus del sistema 206 es uno de cualquier número de tipos de estructuras de bus que incluyen un bus de memoria o un controlador de memoria; un bus periférico y un bus local que utiliza cualquiera de una variedad de arquitecturas de bus.

- 5 En algunas formas de realización, el dispositivo de computación 200 también incluye un dispositivo de almacenamiento secundario 214 para el almacenamiento de datos digitales. Un ejemplo de un dispositivo de almacenamiento secundario es una unidad de disco duro. El dispositivo de almacenamiento secundario 214 está conectado al bus del sistema 206 por medio de la interfaz de almacenamiento secundaria 216. Los dispositivos de almacenamiento secundario 214 y sus medios legibles por ordenador asociados proporcionan almacenamiento no volátil de instrucciones legibles por ordenador (incluidos programas de aplicación y módulos de programa),  
10 estructuras de datos y otros datos al dispositivo de computación 200.

- Si bien la arquitectura de ejemplo descrita en la presente memoria emplea una unidad de disco duro como un dispositivo de almacenamiento secundario, otros tipos de medios legibles por ordenador están incluidos en otras formas de realización. Los ejemplos de estos otros tipos de medios legibles por ordenador incluyen casetes magnéticos, tarjetas de memoria flash, discos de vídeo digital, cartuchos Bernoulli, discos compactos de solo lectura, discos versátiles digitales de solo lectura, memorias de acceso aleatorio, memorias de solo lectura u otros dispositivos de memoria.  
15

- Se pueden almacenar varios módulos de programa en el dispositivo de almacenamiento secundario 214 o en la memoria 204, incluido el sistema operativo 218, uno o más programas de aplicación 220, otros módulos de programa 222 y datos de programa 224. En algunas formas de realización, los módulos de programa incluyen instrucciones de datos que son almacenados en medios legibles por ordenador (tales como los medios de almacenamiento legibles por ordenador). Las instrucciones de datos, cuando son ejecutadas por el dispositivo de procesamiento 202, provocan que el dispositivo de procesamiento 202 lleve a cabo uno o más de los métodos o las operaciones descritas en la presente memoria. Los datos de programa 224 incluyen, por ejemplo, los parámetros de control para el sistema de riego 102 que utiliza el sistema de control 120 para definir la operación del sistema de riego 102. Por ejemplo, los parámetros de control pueden incluir valores de humedad de umbral utilizados por el sistema de control 120 para determinar cuándo se debe suministrar agua a una porción del césped 103, los parámetros de frecuencia que definen la frecuencia con la que se debe aplicar el agua y los parámetros de duración que definen la cantidad de agua que se debe suministrar en un solo riego.  
20  
25

- 30 En algunas formas de realización, un usuario, tal como el superintendente del campo de golf, proporciona entradas al dispositivo de computación 200 a través de uno o más dispositivos de entrada 230. Los ejemplos de dispositivos de entrada 230 incluyen el teclado 232, el ratón 234, el panel táctil 236 y la pantalla sensible al tacto 238. Otras formas de realización incluyen otros dispositivos de entrada 230. Los dispositivos de entrada 230 a menudo están conectados al dispositivo de procesamiento 202 a través de la interfaz de entrada/salida 240 que está acoplada al bus del sistema 206. Estos dispositivos de entrada 230 se pueden conectar por medio de cualquier número de interfaces de entrada/salida, tales como un puerto paralelo, un puerto en serie, un puerto de juegos o un bus de serie universal. La comunicación inalámbrica entre los dispositivos de entrada y la interfaz 240 también es posible, e incluye infrarrojos, tecnología inalámbrica BLUETOOTH®, comunicación inalámbrica 802.11a/b/g/n/z, comunicación celular u otros sistemas de comunicación por radiofrecuencia en algunas formas de realización posibles.  
35

- 40 En algunas formas de realización, la interfaz de entrada/salida 240 también está acoplada a las líneas de control 130 del sistema de riego, para comunicarse con los sistemas de control satelital 124, o para comunicarse directamente con los cabezales de aspersión 132.

- En algunas formas de realización, un dispositivo de visualización 242, tal como un monitor, un dispositivo de visualización de cristal líquido, un proyector o un dispositivo de visualización de pantalla táctil, está conectado al bus del sistema 206 a través de una interfaz, tal como el adaptador de visualización 244. Además del dispositivo de visualización 242, el dispositivo de computación 200 puede incluir varios otros dispositivos periféricos (no mostrados), tales como altavoces o una impresora. En algunas formas de realización, el dispositivo de visualización 242 y la pantalla sensible al tacto 238 son el mismo dispositivo.  
45

- 50 Cuando se utiliza en un entorno de red de área local o en un entorno de red de área amplia (tal como Internet), el dispositivo de computación 200 de manera típica está conectado a la red 252 a través de una interfaz de red o un adaptador 250. Otras formas de realización posibles utilizan otros dispositivos de comunicación. Por ejemplo, algunas formas de realización del dispositivo de computación 200 incluyen un módem para comunicarse a través de la red 252.

- 55 El dispositivo de computación 200 por lo general incluye por lo menos alguna forma de medios legibles por ordenador. Los medios legibles por ordenador incluyen cualquier medio disponible al que se pueda acceder por medio del dispositivo de computación 200. A modo de ejemplo, los medios legibles por ordenador incluyen medios de almacenamiento y medios de comunicación legibles por ordenador.

El término medios legible por ordenador de acuerdo con lo utiliza en la presente memoria incluye medios de

almacenamiento por ordenador. Los medios de almacenamiento por ordenador incluyen medios volátiles y no volátiles, extraíbles y no extraíbles implementados en cualquier método o tecnología para el almacenamiento de información, tales como instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programas u otros datos. Los medios de almacenamiento legibles por ordenador incluyen, pero no se limitan a, memoria de solo lectura 208, memoria de acceso aleatorio 210, memoria de solo lectura programable y borrable eléctricamente, memoria flash u otra tecnología de memoria, memoria de solo lectura de disco compacto, discos versátiles digitales u otro almacenamiento óptico, casetes magnéticos, cinta magnética, almacenamiento en disco magnético u otros dispositivos de almacenamiento magnético, o cualquier otro medio que se pueda utilizar para almacenar la información deseada y al que se pueda acceder por medio del dispositivo de computación 200. En algunas formas de realización, los medios de almacenamiento legibles por ordenador no son medios transitorios.

Los medios de comunicación se pueden llevar a cabo por medio de instrucciones legibles por ordenador, estructuras de datos, módulos de programa u otros datos en una señal de datos modulada, tal como una onda portadora u otro mecanismo de transporte e incluyen cualquier medio de entrega de información. El término "señal de datos modulados" se refiere a una señal que tiene una o más de sus características configuradas o modificadas de manera tal que codifiquen información en la señal. A modo de ejemplo, los medios de comunicación incluyen medios cableados, tal como una red cableada o una conexión cableada directa, y medios inalámbricos, tales como acústicos, radiofrecuencia, infrarrojos y otros medios inalámbricos. En algunas formas de realización, los medios de comunicación son medios transitorios. Las combinaciones de cualquiera de los anteriores también están incluidas dentro del alcance de los medios legibles por ordenador.

La Figura 4 es una vista lateral en perspectiva de un dispositivo móvil de recogida de datos de ejemplo 140 para la recogida de datos sobre el césped 103 en un sitio de césped 101, tal como se muestra en la Figura 2. En este ejemplo, el dispositivo móvil de recogida de datos 140 incluye un vehículo de recogida de datos 280 y un aparato móvil de instrumentos de césped 282.

El vehículo de recogida de datos 280 es un vehículo motorizado que impulsa el aparato móvil de instrumentos de césped 282. Si bien se ilustra como un vehículo separado, en algunas formas de realización, el vehículo de recogida de datos 280 y el aparato móvil de instrumentos de césped 282 son un solo dispositivo.

En este ejemplo, el vehículo de recogida de datos 280 incluye el bastidor 290, el cuerpo 292, las ruedas 293, el motor 294, la fuente de alimentación 296, un enganche de remolque 298, un dispositivo de computación 300, el dispositivo de visualización 302 y el cableado eléctrico 304. El vehículo de recogida de datos 280 puede estar alimentado por cualquiera de una variedad de fuentes de alimentación 296, tales como gasolina o electricidad desde una batería. Las ruedas 293 con preferencia son de un ancho mayor para distribuir el peso del vehículo de recogida de datos alrededor de un área mayor del césped 103 (que se muestra en la Figura 2), para reducir la compactación del suelo.

El enganche de remolque 298 está conectado al bastidor 290 del vehículo de recogida de datos 280 para permitir que una lengüeta del aparato móvil de instrumentos de césped 282 se pueda acoplar de manera extraíble al vehículo de recogida de datos 280.

En este ejemplo, se proporcionan un dispositivo de computación 300 y un dispositivo de visualización 302 en el vehículo de recogida de datos 280 para recibir y almacenar datos recogidos por el aparato móvil de instrumentos de césped 282. En algunas formas de realización, el dispositivo de computación 300 muestra una interfaz gráfica de usuario en el dispositivo de visualización 302, que muestra un mapa del sitio de césped 101. Por ejemplo, el mapa está anotado con líneas que indican dónde ya se ha ido el vehículo de recogida de datos 280, para ayudar al conductor del vehículo de recogida de datos 280 a seguir a lo largo del camino de recogida de datos apropiado. En otra forma de realización posible, el camino está marcado físicamente, tal como con banderas, marcadores de espuma, pintura, tiza u otros marcadores.

El cableado eléctrico 304 se conecta entre el aparato móvil de instrumentos de césped 282 y el dispositivo de computación 300 para transferir datos desde el aparato móvil de instrumentos de césped 282 al dispositivo de computación 300 donde los datos se almacenan en la memoria.

El aparato móvil de instrumentos de césped 282 está acoplado al vehículo de recogida de datos 280 y opera para tomar mediciones del césped 103 a medida que se mueve a través de la superficie del césped 103. Un ejemplo de un aparato móvil de instrumentos de césped se describe en la Patente de los Estados Unidos Núm. 7.628.059 titulado MOBILE TURF INSTRUMENT APPARATUS HAVING DRIVEN, PERIODICALLY INSERTABLE, GROUND PENETRATING PROBE ASSEMBLY, emitido el 8 de diciembre de 2009.

En el ejemplo que se ilustra en la Figura 4, el aparato móvil de instrumentos de césped 282 incluye un bastidor con ruedas 310, un brazo giratorio alargado 312, un paquete de sensores de humedad del suelo 314, sondas de penetración en el suelo 316, pesos 318, un dispositivo de sistema de posicionamiento global (GPS, por su sigla en inglés) 320, un espectrómetro 322, un penetrómetro de compactación 324 y un sensor de salinidad 326.

El brazo giratorio alargado 312 está acoplado al bastidor con ruedas 310, y está posicionado dentro de un espacio central abierto del bastidor con ruedas 310. El brazo giratorio alargado 312 gira por medio de un accionamiento

tomado de una rueda del bastidor con ruedas 310 para mover el brazo giratorio alargado 312 en un movimiento de giro.

Las sondas de penetración en el suelo 316 se extienden desde un extremo inferior del brazo giratorio alargado 312 hacia el césped 103 (que se muestra en la Figura 2). Los pesos 318 están acoplados al brazo giratorio alargado. Cuando el brazo giratorio alargado 312 alcanza una posición delantera, el brazo giratorio alargado se libera y los pesos 318 aplican una fuerza a las sondas de penetración en el suelo 316 para provocar que se inserten en el césped 103. Se permite que el brazo giratorio alargado 312 gire a medida que el vehículo de recogida de datos 280 y el aparato móvil de instrumentos de césped 282 continúan avanzando para permitir que las sondas de penetración en el suelo 316 permanezcan en el césped 103 durante un periodo de tiempo.

Mientras las sondas de penetración en el suelo 316 están en el suelo, el paquete de sensores de humedad del suelo 314 genera señales eléctricas en las sondas de penetración en el suelo 316. Luego se toman una o más mediciones para evaluar la calidad del césped en esa ubicación, tal como para determinar el contenido volumétrico de agua del césped 103. En algunas formas de realización, el sensor de salinidad 326 también está acoplado a las sondas de penetración en el suelo 316, que generan señales para determinar la salinidad del suelo del césped 103 en esa ubicación. Algunas formas de realización además incluyen un sensor de temperatura para la medición de la temperatura del dosel, o un sensor de compactación (p. ej., un penetrómetro de compactación o celda de carga) para determinar la compactación del suelo en esa ubicación.

Algunas formas de realización además incluyen un espectrómetro 322. En algunas formas de realización, el espectrómetro 322 es un sensor de espectrómetro de infrarrojo cercano. En algunas formas de realización, el espectrómetro 322 opera para medir la cantidad de energía fotosintéticamente activa (luz roja y azul) absorbida por el dosel del césped como una indicación de la fotosíntesis y el vigor de la planta. El espectrómetro 322, en algunas formas de realización, emite energía en las porciones rojas e casi infrarrojas del espectro, y mide la cantidad reflejada por el dosel. El espectrómetro 322 luego calcula una proporción normalizada de los dos, llamada Índice de Vegetación de Diferencia Normalizada (NDVI, por su sigla en inglés). En algunas formas de realización, el NDVI varía de 0 a 1, donde cuanto más alto es el valor del NDVI, más vigoroso es el césped. La medición del NDVI responde a los cambios fisiológicos en las plantas de césped provocados por factores tales como el estrés por humedad, la deficiencia de nutrientes o la enfermedad o el daño por insectos que a menudo son de naturaleza a corto plazo. Dado que la fotosíntesis es un proceso natural, su intensidad puede cambiar con la hora del día y las condiciones microclimáticas, que a su vez pueden afectar los valores del NDVI. El NDVI también responde a la arquitectura del dosel de césped y la densidad del césped, que a menudo reflejan condiciones crónicas o de largo plazo que afectan el rendimiento del césped. Si bien no se describe por separado en más detalle en la presente memoria, los datos del espectrómetro se pueden procesar de manera similar a los datos de contenido de agua, u otros datos recogidos de acuerdo con lo descrito en la presente memoria.

El dispositivo de GPS 320 determina las coordenadas de GPS para cada ubicación donde se recogen los datos. Las coordenadas de GPS se incluyen con cada medición de datos que se recoge de manera tal que cada medición se asocie con la ubicación donde se llevó a cabo la medición.

La Figura 5 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ejemplo 350 para la evaluación de un sitio de césped. En este ejemplo, el método 350 incluye las operaciones 352, 354, 356, 358 y 360. Otras formas de realización incluyen más o menos operaciones.

El método 350 comienza con la operación 352 que recoge datos de un sitio de césped 101. En una forma de realización de ejemplo, la recogida de datos se lleva a cabo por medio del dispositivo móvil de recogida de datos 140, que se muestra en la Figura 4. En otras formas de realización, se pueden utilizar otros dispositivos de recogida de datos. Durante la operación 352, se evalúan una o más cualidades del césped 103 (que se muestra en la Figura 2). Por ejemplo, se recogen uno o más de los siguientes: el índice de vegetación de diferencia normalizada (una indicación del vigor del césped), la compactación (que se mide como la fuerza requerida para insertar una sonda en el suelo), el porcentaje de contenido volumétrico de agua (tal como se mide por medio de una reflectometría de dominio de tiempo o una capacitancia), la salinidad del suelo (tal como el uso del sistema Turf Guard™ disponible de The Toro Company o una matriz de Wenner) y la ubicación (tal como el uso del dispositivo de GPS para medir la latitud, la longitud y la altitud). Un ejemplo de la operación 352 se ilustra y se describe con más detalle con referencia a las Figuras 6 y 7.

Se puede utilizar una variedad de dispositivos de recogida de datos alternativos en otras formas de realización, tal como un instrumento de mano, o instrumentos montados en un bastidor o carro que se empujan o se arrastran a lo largo del sitio de césped 101, u otros dispositivos adecuados para la recogida de datos sobre el sitio de césped 101.

La operación 354 se lleva a cabo luego para enviar los datos recogidos en la operación 352 al laboratorio de procesamiento de datos 142, que se muestra en la Figura 1. Los datos se pueden transferir por el uso de cualquiera de una variedad de técnicas de comunicación de datos, tales como por medio de la transferencia de datos a través de Internet, el almacenamiento de los datos en un medio legible por ordenador (tal como una unidad flash, un CD-ROM, un disco duro externo, u otro medio legible por ordenador) y el envío por correo o la entrega del medio legible por ordenador al laboratorio de procesamiento de datos 142, etc.

Una vez que los datos han sido recibidos por el laboratorio de procesamiento de datos 142, la operación 356 se lleva a cabo para procesar los datos. Se puede llevar a cabo una variedad de operaciones de procesamiento de datos. Algunos ejemplos de operaciones de procesamiento de datos se ilustran y se describen en la presente memoria con referencia a las Figuras 8 a 21. Como un ejemplo, los datos se procesan para identificar los límites de una pluralidad de unidades de gestión del riego. Se pueden determinar una o más cualidades para cada unidad de gestión del riego. Como otro ejemplo, los datos se procesan para identificar una pluralidad de zonas de gestión del riego, donde cada zona incluye una o más de las unidades de gestión del riego. Se determina que cada unidad de gestión del riego dentro de una zona de gestión del riego tiene una o más cualidades que son similares a las otras unidades de gestión del riego en la zona de gestión del riego.

5 La operación 358 se lleva a cabo luego para generar resultados con base en el procesamiento de datos. Un ejemplo de un resultado es la identificación de zonas de gestión del riego. Otro ejemplo de un resultado es la identificación de los parámetros de control que definen cómo debe operar el sistema de riego con respecto a cada zona de gestión del riego. Otro ejemplo de un resultado es la generación de mapas codificados por colores que ilustran visualmente los resultados que se han obtenido. Otro ejemplo de un resultado es la identificación de ubicaciones para sensores de humedad en el suelo. Un ejemplo adicional de un resultado es la identificación de cambios físicos que se podrían llevar a cabo en el sistema de riego para mejorar el rendimiento del sistema de riego. Por ejemplo, los resultados pueden identificar pares de cabezales de aspersión que se deben desacoplar para permitir que el sistema de riego controle los cabezales de aspersión de manera diferente. También se pueden obtener otros resultados.

10 La operación 360 se lleva a cabo para proporcionar los resultados que permitan ajustar el sistema de riego. Los resultados se pueden proporcionar, por ejemplo, al superintendente del campo de golf, quien puede evaluar los resultados y llevar a cabo los ajustes deseados. En otra forma de realización posible, los resultados se proporcionan directamente al sistema de control de riego 120, por ejemplo, tal como por medio de la transferencia de los resultados a través de Internet o la entrega de los resultados al sistema de control de riego 120 en un medio legible por ordenador. Los resultados pueden estar, por ejemplo, en forma de parámetros de control, datos de programa o programas de aplicación o complementos. Los resultados modifican la operación del sistema de control de riego 120. Los ejemplos de la operación 360 se ilustran en la Figura 1.

La Figura 6 es un diagrama esquemático que ilustra la recogida de datos del sitio de césped 101. El proceso de recogida de datos que se muestra en la Figura 6 es un ejemplo de la operación 352, que se muestra en la Figura 5.

15 En este ejemplo, el sitio de césped 101 incluye un *fairway* 105 que está cubierto en el césped 103. Los cabezales de aspersión 132 se distribuyen alrededor del *fairway* 105 para proporcionar agua al césped 103.

20 En esta forma de realización de ejemplo, el dispositivo móvil de recogida de datos 140 lleva a cabo varias operaciones para recoger datos relacionados con el *fairway* 105. Las operaciones se pueden llevar a cabo en cualquier orden deseado. Sin embargo, en un ejemplo las operaciones se llevan a cabo de la siguiente manera. Primero, el dispositivo móvil de recogida de datos 140 se conduce a lo largo del límite del *fairway* 105 para identificar los bordes del césped 103 que se va a evaluar. En segundo lugar, las ubicaciones de los cabezales de aspersión 132 se determinan por medio de la conducción a través de cada cabezal de aspersión 132 y el registro de la ubicación de cada cabezal de aspersión 132. En tercer lugar, se lleva a cabo un barrido de recogida de datos del césped 103 para recoger datos sobre el césped 103 dentro de los límites del paso del límite.

25 Cada operación se describirá ahora con más detalle. El paso del límite se lleva a cabo para identificar el límite 384 del *fairway* 105. En algunas formas de realización, solo el dispositivo de GPS 320, que se muestra en la Figura 4, se utiliza para recoger datos de GPS durante el paso del límite, y otros instrumentos se pueden apagar o desactivar temporalmente. El paso del límite se puede completar con rapidez porque el dispositivo móvil de recogida de datos 140 no necesita llevar a cabo un muestreo del suelo. El dispositivo móvil de recogida de datos 140 comienza el paso del límite en el punto de inicio 382 y recoge datos de GPS a medida que se mueve a lo largo del límite 384. Los datos de GPS incluyen, por ejemplo, datos de latitud, longitud, altitud, velocidad y tiempo. El paso del límite continúa hasta que el dispositivo móvil de recogida de datos llega al punto final 382, que es el mismo que el punto de inicio del límite 384. Los datos de ubicación del límite se almacenan con el dispositivo de computación 300, que se muestra en la Figura 4.

30 Las ubicaciones de los cabezales de aspersión 132 se determinan por medio de la conducción del dispositivo móvil de recogida de datos 140 a la ubicación de cada cabezal de aspersión 132. Cuando el dispositivo móvil de recogida de datos 140 llega a un cabezal de aspersión 132, la unidad de GPS se coloca directamente sobre el cabezal de aspersión 132 y se registra la coordenada de GPS. Por ejemplo, se proporciona una entrada al dispositivo de computación 300 en el vehículo de recogida de datos 280 (ambos se muestran en la Figura 4) para indicar que se ha localizado un cabezal de aspersión. Los datos de ubicación de los cabezales de aspersión se almacenan luego con el dispositivo de computación 300.

35 Se lleva a cabo un barrido del césped para recoger los puntos de datos individuales relacionados con el césped 103 ubicado dentro del límite 384. En este ejemplo, el barrido del césped comenzó en el punto de inicio 386 y continuó a lo largo de una pluralidad de pasos 388, 390, 392 y 394 continuó hasta que todos los datos se han recogido. Cada paso de manera típica está separado aproximadamente de manera uniforme de los pasos adyacentes. Por ejemplo,

el paso 388 puede estar separado aproximadamente de 6 a 10 pies del paso 390, y el paso 390 puede estar separada aproximadamente de 6 a 10 pies del paso 392, etc. En algunas formas de realización, cada paso tiene una separación de aproximadamente 8 a 10 pies. Se pueden utilizar pasos más anchos o más estrechos si se desea.

5 Durante el barrido del césped, el dispositivo de GPS 320 continúa recogiendo datos de ubicación para identificar la ubicación donde se recoge cada punto de datos. Además, por lo menos otro instrumento o dispositivo opera para medir la calidad del césped 103, tal como el contenido de agua, la salinidad del suelo, el color y la compactación del suelo. Los puntos de datos suelen estar separados aproximadamente de manera uniforme a lo largo de cada paso 388, 390, 392, etc. Por ejemplo, en algunas formas de realización, se toma un punto de datos cada 6 a 10 pies, o aproximadamente cada 8 pies.

10 Se puede utilizar una separación más grande entre los puntos de datos y entre los pasos para reducir el número de puntos de datos recogidos, tal como para incrementar la velocidad de la recogida de datos, para reducir la cantidad de datos a procesar, para reducir el número de orificios formados en el césped 103 por las sondas de penetración en el suelo, o para reducir la compactación provocada por el dispositivo móvil de recogida de datos 140. Una separación más grande puede ser adecuada si las cualidades del césped tienden a variar de manera gradual a lo largo del césped.

15 Se puede utilizar una separación más pequeña entre los puntos de datos y entre los pasos para incrementar el número de puntos de datos recogidos, tal como para obtener una resolución más fina de los puntos de datos. La resolución más fina puede ser deseable si el césped 103 tiende a tener variaciones más drásticas, tal como las provocadas por grandes cambios en la inclinación o el aspecto, o por condiciones de suelo muy variables. La separación más pequeña también puede ser deseable para áreas de césped más pequeñas, tal como los *greens*.

20 El barrido del césped continúa hasta que se haya muestreado toda la región dentro del límite 384. En algunas formas de realización, el sitio de césped 101 incluye múltiples secciones, en cuyo caso el proceso se repite para cada sección. Por ejemplo, el sitio de césped 101 puede incluir 9, 18 o más *fairways*, todos gestionados por el sistema de riego 102. Por consiguiente, se pueden recoger datos de todas las *fairways* por el uso del mismo proceso o uno similar hasta que todo el sitio de césped 101 de interés haya sido muestreado. Luego los datos se almacenan, tal como en el dispositivo de computación 300, que se muestra en la Figura 4.

25 El momento en que se lleva a cabo la operación de recogida de datos dependerá del objetivo de la evaluación del sistema de riego. Si el objetivo de la evaluación es determinar las propiedades inherentes del suelo y el césped en el sitio de césped 101, la operación de recogida de datos se debe llevar a cabo poco después de una lluvia intensa, la cual proporciona una cantidad de agua sustancialmente uniforme al sitio de césped 101. En este estado, se dice que el sitio de césped 101 está en capacidad del campo. Los datos que se recogen cuando el sitio de césped 101 está en o cerca de la capacidad del campo, reflejarán las variaciones naturales en el sitio de césped 101. Por ejemplo, las diferencias en el tipo de suelo influirán en las lecturas de humedad. El suelo que es principalmente arena tenderá a permitir que el agua pase a través con rapidez, lo que dará como resultado una medición del contenido de humedad más baja, mientras que el suelo con un alto contenido de arcilla y materia orgánica tenderá a retener la humedad, lo que dará como resultado una medición del contenido de humedad más alta. Como otro ejemplo, un área del sitio de césped 101 que tiene una pendiente pronunciada tenderá a permitir que el agua corra fuera de esa área antes de que el agua pueda penetrar en el césped. Por lo tanto, el césped en esa zona tenderá a tener una medición del contenido de humedad más baja que las áreas que son planas.

30 Por el contrario, si el objetivo de la evaluación es evaluar el rendimiento del sistema de riego, la operación de recogida de datos se debe llevar a cabo después de un período en el que ha caído poca o ninguna lluvia. En este caso, la humedad en el suelo reflejará en gran medida el rendimiento del sistema de riego 102.

35 Además, en algunas formas de realización, la operación de recogida de datos se lleva a cabo varias veces, tal como una vez después de una lluvia intensa, y nuevamente después de un período seco. Los datos se pueden comparar para proporcionar aún más información sobre el sitio de césped 101 y el sistema de riego 102.

40 La Figura 7 ilustra de manera gráfica los datos recogidos en la operación 352, que se muestra en la Figura 5, y el proceso que se muestra en la Figura 6. En el ejemplo descrito en la Figura 6, se muestrea un *fairway* y se recogen datos sobre el césped 103 ubicado dentro del límite 384 del *fairway*. Los datos incluyen datos de ubicación del límite 402, datos de ubicación de los cabezales de aspersión 404 y puntos de datos 406.

45 Una vez que se obtienen los datos, se almacenan en un archivo de datos, tal como en un formato de valores separados por comas (CSV, por su sigla en inglés). Se pueden utilizar otros formatos de archivo, tal como el formato de archivo de hoja de cálculo, un formato de tabla o un formato de archivo binario.

50 En algunas formas de realización, todos los datos recogidos incluyen datos de ubicación, incluida la latitud y la longitud donde se recogieron los datos. Por consiguiente, los datos se pueden representar de manera gráfica de acuerdo con lo mostrado en la Figura 7, donde los datos se muestran en la ubicación donde se recogieron.

55 Los datos pueden incluir, por ejemplo, datos de ubicación del límite 402 que identifican la ubicación del límite 384 del *fairway* 105. Los datos también pueden incluir, por ejemplo, datos de ubicación de los cabezales de aspersión 404,

que identifican la ubicación de cada cabezal de aspersión 132 asociado con el *fairway* 105. Los datos pueden incluir además, por ejemplo, los puntos de datos 406, que identifican por lo menos una calidad del césped en la ubicación del punto de datos 406.

5 De acuerdo con lo mostrado en la Figura 5, los datos se envían luego al laboratorio de procesamiento de datos 142, tal como en la operación 354.

La Figura 8 es un diagrama de bloques esquemático de un laboratorio de procesamiento de datos de ejemplo 142 que recibe los datos recogidos por el dispositivo móvil de recogida de datos 140. En este ejemplo, el laboratorio de procesamiento de datos 142 incluye un módulo de zonificación de gestión del riego 420 y un módulo de ajuste fino 422.

10 En una forma de realización de ejemplo, el laboratorio de procesamiento de datos 142 recibe los datos recogidos y procesa los datos para identificar las zonas de gestión del riego. Cada zona de gestión del riego es una región (o múltiples regiones) del sitio de césped 101 que tiene cualidades similares, tales como requisitos de riego similares. En algunas formas de realización, las zonas de gestión del riego se determinan inicialmente en función, por lo menos en parte, de los puntos de datos de contenido de agua que se recogieron para el sitio de césped 101. Un ejemplo del módulo de zonificación de gestión del riego 420 se ilustra y se describe con más detalle con referencia a la Figura 9.

20 Algunas formas de realización además incluyen un módulo de ajuste fino 422. El contenido de agua medido para un sitio de césped 101 solo proporciona algunos de los datos con respecto a las necesidades del césped en regiones determinadas del sitio de césped 101. También puede ser importante evaluar factores adicionales, y pueden dar como resultado la necesidad de modificar los límites de las zonas de gestión del riego identificadas por el módulo de zonificación de gestión del riego. Los ejemplos de tales factores incluyen la salinidad del suelo y la topografía. Estos factores son evaluados por el módulo de ajuste fino 422, que utiliza datos adicionales de los datos recogidos. Los resultados del procesamiento de datos llevado a cabo por el módulo de ajuste fino se pueden utilizar para modificar las zonas de gestión del riego, o para ajustar de otra manera los resultados que luego se obtienen del laboratorio de procesamiento de datos 142. Se ilustra un ejemplo del módulo de ajuste fino 422 y se describe con más detalle con referencia a la Figura 16.

30 El laboratorio de procesamiento de datos 142 de manera típica incluye por lo menos un dispositivo de computación, tal como el dispositivo de computación que se ilustra en la Figura 3, el cual lleva a cabo por lo menos algunas de las operaciones de procesamiento de datos del laboratorio de procesamiento de datos 142. En algunas formas de realización, el laboratorio de procesamiento de datos 142 está completamente automatizado, de manera tal que todas las operaciones son llevadas a cabo por uno o más dispositivos de computación. En otra forma de realización, algunas de las operaciones son llevadas a cabo por, o involucran la interacción de, un ser humano. En algunas formas de realización, el laboratorio de procesamiento de datos 142 incluye software que, cuando se ejecuta por medio del dispositivo de computación, lleva a cabo una o más de las operaciones descritas en la presente memoria.

35 La Figura 9 es un diagrama de bloques esquemático de un módulo de zonificación de gestión del riego de ejemplo 420. En este ejemplo, el módulo de zonificación de gestión del riego 420 incluye el motor de interpolación 430, el motor de la unidad de gestión del riego 432, el motor de zonificación de gestión del riego 434 y el motor de mapeo gráfico 436.

40 El motor de interpolación 430 opera para mejorar la resolución de los puntos de datos, tal como para convertir los puntos de datos recogidos 406, que se muestran en la Figura 7, en puntos de datos finos 450, tal como se muestra en la Figura 10. En algunas formas de realización, la recogida de datos inicial opera para medir las cualidades del césped 103 a intervalos separados. Por ejemplo, los puntos de datos se pueden recoger en un patrón de cuadrícula, donde cada punto de datos está separado aproximadamente entre ocho y diez pies de los puntos de datos adyacentes. El motor de interpolación 430 procesa los datos para identificar puntos de datos finos, que son valores estimados en ubicaciones entre puntos de datos conocidos. Un ejemplo del motor de interpolación 430 se describe con más detalle con referencia a las Figuras 10.

45 El motor de la unidad de gestión del riego 432 opera para segmentar el sitio de césped 101 en una pluralidad de unidades de gestión del riego. En algunas formas de realización, una unidad de gestión del riego es la región más pequeña del sitio de césped 101 para la cual el sistema de riego 102 puede controlar. En un sistema de riego 102 típico, la región más pequeña que puede controlar el sistema de riego 102 está definida por un solo cabezal de aspersión. El área que rodea inmediatamente a cada cabezal de aspersión define una sola unidad de gestión del riego, que es controlada principalmente por ese cabezal de aspersión. El motor de la unidad de gestión del riego 432 opera para identificar cada una de las unidades de gestión del riego y para definir los límites de cada unidad. Un ejemplo del motor de la unidad de gestión del riego 432 se ilustra y se describe con más detalle con referencia a las Figuras 12 y 13.

El motor de zonificación de gestión del riego 434 opera para agrupar unidades de gestión del riego, identificadas por el motor de la unidad de gestión del riego 432, en zonas de gestión del riego. Por ejemplo, el motor de zonificación de gestión del riego 434 identifica las unidades de gestión del riego que tienen características similares y las agrupa

en una sola zona de gestión del riego. En algunas formas de realización, el sistema de riego 102 se puede programar para controlar todos los cabezales de aspersión dentro de una zona de gestión del riego, debido a las características similares del césped dentro de esa zona. Un ejemplo del motor de zonificación de gestión del riego se ilustra y se describe con más detalle con referencia a las Figuras 14 y 15.

5 El motor de mapeo gráfico 436 opera para mostrar de manera gráfica los datos en un mapa del sitio de césped 101. La pantalla gráfica muestra los resultados del procesamiento de datos en un formato que es fácil de entender por el usuario u otro ser humano, tal como el superintendente del campo de golf. Las pantallas gráficas se pueden imprimir o guardar en un formato electrónico para incluirlas con los resultados proporcionados a la persona a cargo del sitio de césped 101, tal como el superintendente. En algunas formas de realización, el motor de mapeo gráfico 436 utiliza el programa Google Earth provisto por Google Inc. Por ejemplo, las imágenes satelitales se pueden mostrar con Google Earth, y luego se pueden generar superposiciones de datos para representar de manera gráfica los datos sobre las imágenes satelitales. Varios ejemplos de pantallas gráficas se muestran en las Figuras 7, 10 a 13, 15 y 17.

10 La Figura 10 es una representación gráfica de datos interpolados calculados por el motor de interpolación 430, que se muestra en la Figura 9, con base en los datos recogidos de un sitio de césped 101. En la Figura 10 solo se ilustra una porción de los datos interpolados, de acuerdo con lo indicado por la línea discontinua 449.

15 La representación gráfica ilustra un *fairway* 105 de un sitio de césped 101, que tiene un límite 384. Los puntos de datos 406 separados se recogieron del sitio de césped 101. Los puntos de datos 406 se interpolan para generar puntos de datos finos 450 que están asociados con ubicaciones que están más cerca que las ubicaciones asociadas con los puntos de datos recogidos 406, lo que da como resultado datos de mayor resolución. Por ejemplo, si los puntos de datos recogidos 406 se toman a intervalos de ocho pies por ocho pies, los puntos de datos de resolución fina se pueden generar para intervalos más pequeños, tales como intervalos de dos pies por dos pies. Se pueden utilizar otros intervalos, tales como un pie o intervalos más pequeños, o intervalos más grandes.

20 Se puede utilizar una variedad de técnicas de interpolación en varias formas de realización, tales como interpolación lineal, interpolación polinómica, interpolación *spline*, etc. Algunas formas de realización utilizan técnicas de interpolación geostatística, tal como el krigeado. El krigeado asume una relación espacial entre los datos y, por lo tanto, compara los puntos de datos con los puntos de datos adyacentes cuando computa los puntos de datos finos 450.

25 Debido a que los puntos de datos 406 solo están disponibles en ubicaciones dentro del límite 384, los datos de límites 402 (que se muestran en la Figura 7) se pueden utilizar para identificar los límites de la interpolación. La interpolación computa los puntos de datos finos 450 para todas las ubicaciones dentro del límite 384.

30 En algunas formas de realización, los puntos de datos finos 450 se computan para todas las ubicaciones que caen en las intersecciones de una cuadrícula separada. Por ejemplo, el motor de interpolación define una cuadrícula de dos pies por dos pies. Los puntos de datos finos 450 se computan entonces para cada intersección de la cuadrícula. Es posible que las intersecciones no se alineen con todos los puntos de datos recogidos 406, por lo que los puntos de datos recogidos 406 pueden no estar incluidos en el punto de datos finos 450, a menos que se alineen correctamente.

35 En algunas formas de realización, los puntos de datos recogidos incluyen diversas cualidades del césped, tales como el contenido de agua, la salinidad del suelo, el vigor, etc. Los puntos de datos se pueden describir. En tales formas de realización, la interpolación se puede llevar a cabo para cada tipo de datos. Por ejemplo, los puntos de datos finos se calculan para el contenido de agua por medio de la interpolación de los puntos de datos de contenido de agua. De manera similar, los puntos de datos finos se calculan para la salinidad del suelo por medio de la interpolación de los puntos de datos de salinidad. Se puede llevar a cabo una interpolación similar para cada tipo de datos.

40 La Figura 11 es una representación gráfica de los datos interpolados para una cualidad única del césped 103 para el *fairway* 105 del sitio de césped 101. La representación gráfica se genera, por ejemplo, por medio del motor de mapeo gráfico 436, que muestra una representación gráfica del *fairway* 105.

45 En este ejemplo, los datos de contenido de agua se han interpolado para obtener puntos de datos finos. Cada punto de datos finos tiene una ubicación (tal como la latitud y la longitud) y un valor (tal como el contenido de agua). Sobre la base de los puntos de datos finos, el motor de mapeo gráfico 436 puede generar una representación gráfica de los datos. La representación gráfica muestra los valores por el uso de colores que están asociados con el valor, y los colores se colocan en la ubicación adecuada para cada punto de datos. Esta representación gráfica muestra los datos de una manera que es fácil de entender por un ser humano.

50 Las Figuras 12 y 13 ilustran un ejemplo de la operación del motor de la unidad de gestión del riego 432, que se muestra en la Figura 9.

55 La Figura 12 es una representación gráfica de las operaciones llevadas a cabo por el motor de la unidad de gestión del riego 432 para definir los límites de las unidades de gestión del riego. En este ejemplo, el motor de la unidad de gestión del riego 432 comienza por medio de la identificación de las ubicaciones de todos los cabezales de

aspersión, tal como en los puntos 470, 472, 474, 476, etc.

Después de que se haya determinado la ubicación de cada cabezal de aspersión, la unidad de gestión del riego determina los límites de una región del sitio de césped 101, donde todos los puntos dentro de la región están más cerca del cabezal de aspersión correspondiente que cualquier otro cabezal de aspersión. La región identificada de espacio para cada cabezal de aspersión se conoce como una unidad de gestión del riego.

Un método para la identificación de los límites de las unidades de gestión del riego es el siguiente. Después de que se hayan identificado las ubicaciones de los cabezales de aspersión, se ubican los puntos medios 480, 482, 484, 486, 488, 490, etc. entre cada ubicación de los cabezales de aspersión 470, 472, 474 y 476 y cada cabezal de aspersión adyacente. Por ejemplo, se puede trazar una línea entre las ubicaciones de los cabezales de aspersión 470 y 472. Luego se identifica el punto medio 480. Lo mismo se lleva a cabo entre cada cabezal de aspersión adyacente.

Una vez que se han identificado los puntos medios, se dibuja una bisectriz perpendicular a través de cada punto medio. Esta línea es perpendicular a la línea a través de los dos cabezales de aspersión, y cruza a través del punto medio. Las bisectrices perpendiculares se extienden hasta que se encuentran con otra bisectriz, lo que da como resultado los límites que se muestran en la Figura 13.

La Figura 13 es una representación gráfica de operaciones adicionales llevadas a cabo por el motor de la unidad de gestión del riego 432 para definir los límites de las unidades de gestión del riego.

Los límites de las unidades de gestión del riego están definidos por las bisectrices perpendiculares descritas con referencia a la Figura 12. Las bisectrices perpendiculares forman polígonos que definen los límites de cada una de las unidades de gestión del riego. En este ejemplo, se identifican doce unidades de gestión del riego, porque hay doce cabezales de aspersión en el *fairway* 105. Las unidades de gestión del riego incluyen las unidades 502, 504, 506 y 508. La unidad de gestión del riego 502 está delimitada por la bisectriz 510, que es la bisectriz perpendicular de una línea que atraviesa las ubicaciones 470 y 476 de los cabezales de aspersión. Debido a que los otros extremos de la unidad de gestión del riego 502 no están limitados por el proceso identificado con anterioridad (es decir, la intersección de la bisectriz perpendicular con otra bisectriz perpendicular), se pueden definir límites externos. En algunas formas de realización, el límite externo está ubicado en el límite 384 del *fairway* 105, con base en los datos de límites 402 (que se muestran en la Figura 7). Sin embargo, los límites de los *fairways*, tal como el *fairway* 105, pueden cambiar con el tiempo. Con el fin de adaptarse a futuras variaciones en el límite 384, los límites externos o las unidades de gestión del riego se pueden definir como una distancia del cabezal de aspersión respectivo. Por ejemplo, los límites externos 520 y 522 pueden estar ubicados a veinte o treinta pies de distancia del cabezal de aspersión 470. Debido a que no se han recogido datos para los puntos que se encuentran fuera del límite 384, las regiones fuera del límite 384 no se incluirán en la evaluación subsiguiente de la zona de gestión del riego (a menos o hasta que se recopilen dichos datos)

Una vez que se han identificado las unidades de gestión del riego 502, 504, 506, 508, etc., se puede llevar a cabo un procesamiento adicional para cada unidad. Por ejemplo, se pueden identificar las cualidades generales de cada unidad y se puede asignar un número que representa la cualidad a la unidad. Se puede evaluar cualquier cualidad medida o una cualidad que se pueda computar a partir de las cualidades medidas.

Por ejemplo, en algunas formas de realización, cada unidad de gestión del riego 502, 504, 506, 508, etc. se evalúa para determinar un contenido promedio de agua (WC, por su sigla en inglés) de esa unidad. Para calcular el contenido promedio de humedad para la unidad de gestión del riego 502, el motor de la unidad de gestión del riego 432 identifica todos los puntos de datos finos 450 (que se muestran en la Figura 10) que están ubicados dentro de los límites de la unidad de gestión del riego 502. Los valores de contenido volumétrico de agua estimados luego se identifican para cada punto de datos finos 450, y se computa un promedio de estos valores. El valor resultante (p. ej., WC12) se guarda como el valor promedio del contenido de agua para la unidad de gestión del riego 502. Se repite el mismo proceso para cada unidad de gestión del riego (504, 506, 508, etc.) hasta que se haya asignado un valor de contenido de agua (WC1-WC11) a todas las unidades de gestión del riego.

En algunas formas de realización, un valor promedio es un valor medio. En otras formas de realización, un valor promedio es un valor mediano. Aún en otras formas de realización, un valor promedio es un valor entre, y sin incluir, un valor extremadamente bajo y un valor extremadamente alto. Otras formas de realización utilizan otras estadísticas o algoritmos para computar el valor promedio. En algunas formas de realización, un valor promedio es aproximadamente un valor promedio.

De manera similar, se pueden evaluar otras cualidades para cada unidad de gestión del riego. Por ejemplo, la salinidad del suelo, la compactación del suelo, el vigor, etc. se pueden utilizar para computar un valor promedio, que luego se asigna a la unidad de gestión del riego como una indicación del promedio de esa cualidad en toda la unidad de gestión del riego. Un ejemplo de la determinación de los valores de salinidad promedio se ilustra y se describe con referencia a la Figura 17.

En algunas formas de realización, los valores promedio se muestran en un mapa del sitio de césped 101 por el uso del motor de mapeo gráfico 436 (que se muestra en la Figura 9), tal como en una pantalla similar a la que se

muestra en la Figura 13, pero que también incluye los valores promedio. En formas de realización adicionales, cada unidad de gestión del riego está codificada por colores de acuerdo con el valor para esa unidad. Por ejemplo, los colores pueden variar desde un color claro hasta un color oscuro dependiendo del valor. En otra forma de realización posible, los colores se asignan a intervalos de valores. Cualquier unidad de gestión del riego que tenga un valor dentro de un primer intervalo de valores se muestra en un primer color. Cualquier unidad de gestión del riego que tenga un valor dentro de un segundo intervalo de valores se muestra en un segundo color, etc.

Las Figuras 14 y 15 ilustran un ejemplo del motor de zonificación de gestión del riego 434, que se muestra en la Figura 9.

La Figura 14 es un diagrama que ilustra la clasificación de las unidades de gestión del riego en zonas de gestión del riego. La Figura 15 es una representación gráfica de las zonas de gestión del riego.

Después de la identificación de las unidades de gestión del riego y los valores promedio de varias cualidades del césped en cada unidad de gestión del riego, el motor de zonificación de gestión del riego lleva a cabo operaciones para clasificar las unidades de gestión del riego en múltiples zonas de gestión del riego, donde cada una de las unidades de gestión del riego que están incluidas dentro de una sola zona de gestión del riego tiene características similares.

Un método de ejemplo para la clasificación de las unidades de gestión del riego en zonas de gestión del riego es comparar los valores promedio de contenido de agua para cada unidad de gestión del riego.

La Figura 14 es una gráfica de los valores de contenido de agua para cada unidad de gestión del riego frente al número de unidades de gestión del riego que tienen ese valor. A continuación, las unidades de gestión del riego se clasifican en varias zonas de gestión del riego. En una forma de realización de ejemplo, el número de zonas de gestión del riego está entre cuatro y seis zonas. Otras formas de realización incluyen otros números de zonas.

Por lo general, se prefiere mantener el número de zonas lo más bajo posible, mientras que se proporcione una ventaja de la clasificación en zonas. Un beneficio de clasificar las unidades en zonas comunes es que es necesario definir menos parámetros de control para todo el sitio de césped 101. Por ejemplo, el sitio de césped se puede dividir en diez, veinte, cien o más unidades de gestión del riego diferentes. Si bien cada unidad de gestión del riego se podría controlar por separado, requeriría que los parámetros de control sean identificados para cada unidad. Por medio de la clasificación de las unidades de gestión del riego en un conjunto más pequeño de zonas de gestión del riego, es necesario identificar muchos menos parámetros de control, y el superintendente puede gestionar cada zona con mayor facilidad.

El número de zonas de gestión del riego debe ser inferior al número total de unidades de gestión del riego, de manera tal que por lo menos algunas de las zonas incluyan dos o más unidades de gestión del riego. Por otro lado, el número de zonas de gestión del riego debe ser lo suficientemente grande como para que la mayoría o todas las diferentes secciones del sitio de césped 101 (tal como cada *fairway*), tengan por lo menos dos zonas, a menos que una sección dada sea altamente uniforme.

En este ejemplo, se ha determinado que las unidades de gestión del riego (incluidas las del *fairway* 105, así como también todas las demás secciones del sitio de césped 101) se clasificarán en cuatro zonas de gestión del riego. La clasificación se lleva a cabo en función de los valores promedio de contenido de agua para cada unidad, de manera tal que las unidades de gestión del riego que tienen los valores más bajos se asignen a la zona de gestión del riego 540, las siguientes unidades de gestión del riego se asignen a la zona de gestión del riego 542, la siguiente unidades de gestión del riego se asignen a la zona de gestión del riego 544, y las unidades de gestión del riego con el mayor contenido de agua se asignen a la zona de gestión del riego 546.

Se pueden utilizar varias técnicas para determinar dónde separar las unidades de gestión del riego entre zonas adyacentes. Por ejemplo, si una unidad de gestión del riego tiene un valor de 30, la unidad se debe ubicar en la zona 540 o en la zona 542. Un método para clasificar las zonas es determinar el número total de unidades de gestión del riego y dividir ese número por el número de zonas de gestión del riego. Entonces, el número más bajo de unidades se asigna a la zona 540, etc.

Otra forma de realización utiliza un algoritmo para computar las ubicaciones de los cortes naturales entre zonas. Por ejemplo, el método de Clasificación de Cortes Naturales de Jenks se puede utilizar para identificar los cortes naturales en los datos para asignar las unidades de gestión del riego a las zonas apropiadas. Algunas formas de realización del motor de zonificación de gestión del riego 434 utilizan la herramienta de Cortes Naturales del sistema de información geográfica ArcView distribuido por Environmental Systems Research Institute, Inc. de Redlands, CA.

La Figura 15 ilustra la clasificación de las unidades de gestión del riego en zonas de gestión del riego para una sección (el *fairway* 105) del sitio de césped 101. En este ejemplo, las unidades de gestión del riego se han clasificado en zonas de gestión del riego 542, 544 y 546. Por ejemplo, La zona de gestión del riego 546 incluye las unidades de gestión del riego 502, 506 y 508.

En algunas formas de realización, una vez que a las unidades de gestión del riego se les ha asignado una zona de

gestión del riego, a cada zona de gestión del riego se le puede asignar un valor promedio, tal como un valor promedio de contenido de agua con base en los valores promedio de contenido de agua de las unidades de gestión del riego incluidas en esa zona. Con base en este valor, el módulo de zonificación de gestión del riego 420 puede determinar los parámetros de control apropiados para el sistema de control del riego. Por ejemplo, en función de los valores del contenido de agua, se puede identificar la cantidad de agua que se debe aplicar al césped en la zona de gestión del riego. En algunas formas de realización, la cantidad de agua se basa en la duración del tiempo en que las válvulas de los aspersores deberían estar abiertas. En algunas formas de realización, los parámetros de control son una función de una señal del sensor de humedad en el suelo. Algunas formas de realización utilizan un sensor de evapotranspiración (ET). Por ejemplo, el parámetro de control puede identificar una cantidad de tiempo para encender el aspersor una vez que la señal del sensor de agua en el suelo identifica un contenido de agua por debajo de un valor de umbral. Un ejemplo de un sensor de humedad en el suelo es el sensor de suelo Turf Guard™ disponible en The Toro Company. El sistema puede incluir reglas adicionales, tales como solo regar durante ciertas horas de cada día.

También se pueden asignar otros parámetros de control. Por ejemplo, en algunas formas de realización se asigna la frecuencia de aplicación. La frecuencia se relaciona con la cantidad de ciclos de encendido y apagado que se deben utilizar para una sola aplicación. Dicho de otra manera, la frecuencia se relaciona con el número de períodos de descanso que se incluyen en una sola sesión de riego, incluida la duración y la cantidad de los períodos de descanso. Por ejemplo, si se aplica agua a un área con una pendiente pronunciada, puede ser ventajoso aplicar el agua en varias aplicaciones más cortas, con un período de descanso intermedio que le permita al agua el tiempo para penetrar en el césped. Como otro ejemplo, múltiples ciclos de encendido y apagado pueden ser ventajosos en áreas donde el suelo está compactado. En algunas formas de realización, la frecuencia de aplicación se establece en un valor predeterminado, tal como para una sola aplicación. El valor predeterminado se puede ajustar, por ejemplo, por medio del módulo de ajuste fino.

En algunas formas de realización, por lo menos un sensor de humedad en el suelo está instalado en cada zona de gestión del riego. En algunas formas de realización, solo se utiliza un solo sensor para cada zona. Debido a que se ha determinado que todas las unidades de gestión del riego dentro de la zona tienen características similares, se puede instalar un solo sensor de humedad en el suelo en una ubicación "promedio" (tal como al referirse a una o más de las representaciones de datos gráficos descritas en la presente memoria). Esto reduce la cantidad de sensores de humedad en el suelo que se requieren en el sitio de césped 101, al mismo tiempo que proporciona la información necesaria para operar el sistema de riego 102 de manera eficiente.

En algunas formas de realización, se recogen una o más muestras de suelo de cada unidad de gestión del riego, o cada zona de gestión del riego. La muestra de suelo se analiza para determinar la clasificación de la textura del suelo o para identificar otras características del suelo. Los datos se pueden utilizar, por ejemplo, para controlar el sistema de riego en consecuencia.

La Figura 16 es un diagrama de bloques esquemático del módulo de ajuste fino 422 del laboratorio de procesamiento de datos 142, que se muestra en la Figura 8. En este ejemplo, el módulo de ajuste fino 422 incluye el motor de procesamiento de la salinidad 560, el motor de procesamiento de la topografía 562 y el motor de mapeo gráfico 564.

En algunas formas de realización, las zonas de gestión del riego se determinan por lo menos inicialmente en función del contenido de agua. Sin embargo, se reconoce que el contenido de humedad por sí solo no proporciona una imagen completa de los requisitos de humedad de una unidad de gestión del riego determinada. Más bien, hay factores adicionales que pueden influir en la cantidad de agua que se debe proporcionar a una unidad de gestión del riego y en la forma en que se debe proporcionar el agua. Los ejemplos de estos factores incluyen la salinidad y la topografía.

El motor de procesamiento de la salinidad 560 lleva a cabo el procesamiento de datos para evaluar la salinidad de las unidades de gestión del riego del sitio de césped 101. La salinidad es el contenido de sal en el césped 103 del sitio de césped 101. La fuente principal de sal es el agua del sistema de riego 102. Si el agua aplicada al césped 103 no penetra a través del césped 103, el agua puede evaporarse o ser consumida por el césped 103, mientras que el contenido de sal del agua se acumula en el césped 103. El exceso de sal puede ser perjudicial para la salud del césped 103. Para eliminar el exceso de sal, se puede llevar a cabo un proceso de lixiviación para proporcionar un exceso de agua (que se denomina una fracción de lixiviación) al césped 103, para enjuagar la sal del césped 103. La fracción de lixiviación es la cantidad de agua que se debe aplicar al césped 103, en exceso de la cantidad que debe consumir el césped 103, para provocar un enjuague de la sal del césped 103.

En algunas formas de realización, el motor de procesamiento de la salinidad 560 determina la salinidad promedio del césped 103 para cada unidad de gestión del riego. Una vez que se conoce la salinidad, el motor de procesamiento de la salinidad 560 se puede utilizar para ajustar las zonas de gestión del riego, o para modificar los parámetros de control para las zonas de gestión del riego. En algunas formas de realización, el motor de procesamiento de la salinidad 560 genera parámetros de control para la operación del sistema de riego 102 en un modo de lixiviación. Un ejemplo del motor de procesamiento de la salinidad 560 se ilustra y se describe con referencia a la Figura 17.

El motor de procesamiento de la topografía 562 opera para evaluar la topografía del sitio de césped 101, para determinar cómo la topografía podría influir en las necesidades de riego de las unidades de gestión del riego. En algunas formas de realización, el motor de procesamiento de la topografía 562 evalúa tanto la inclinación del césped 103 en cada unidad de gestión del riego como también el aspecto del césped 103. El aspecto del césped es la dirección en la que el césped 103 se enfrenta en un punto dado, tal como Norte, Sur, Este u Oeste. En algunas formas de realización, el aspecto se calcula como un grado, donde el Norte es de 0 grados, el Este es de 90 grados, el Sur es de 180 grados y el Oeste es de 270 grados.

El motor de mapeo gráfico 564 se proporciona para generar representaciones gráficas de datos, para la presentación de los datos a un ser humano.

La Figura 17 es una representación gráfica de las operaciones llevadas a cabo por el motor de procesamiento de la salinidad 560 para evaluar la salinidad del suelo en el césped 101. El motor de procesamiento de la salinidad utiliza las mismas unidades de gestión del riego 502, 504, 506, 508, etc. generadas por el módulo de zonificación de gestión del riego 420 (que se muestra en la Figura 9), así como también los datos de salinidad recogidos para el sitio de césped en la operación 352 (que se muestra en la Figura 5) e interpolados por el motor de interpolación 430 (que se muestra en la Figura 9).

En algunas formas de realización, el motor de procesamiento de la salinidad 560 calcula los valores de salinidad promedio (S) para cada unidad de gestión del riego, de una manera similar a la que los valores de contenido de agua se pueden computar para cada unidad de gestión del riego (de acuerdo con lo discutido en la presente memoria con referencia a la Figura 13). Se identifican todos los valores de salinidad (ya sea los puntos de datos finos 450, que se muestran en la Figura 10, o los puntos de datos recogidos 460, que se muestran en la Figura 7, o ambos) dentro de una unidad de gestión del riego, y se computa el promedio de esos valores (S). El valor promedio (S) se asigna entonces como el valor promedio (S) para la unidad de gestión del riego. Por ejemplo, a la unidad de gestión del riego 502 se le asigna un valor de salinidad promedio de S12. El proceso se repite para identificar los valores de salinidad promedio (S1 a S11) para cada unidad de gestión del riego del sitio de césped 101.

Una vez que se han determinado los valores de salinidad, se puede generar una representación gráfica de los valores por medio del motor de mapeo gráfico 564 (que se muestra en la Figura 16). La representación gráfica puede ser similar al ejemplo que se muestra en la Figura 17, y puede incluir además los valores (S1 a S12), si se desea. En otra forma de realización posible, cada unidad de gestión del riego se muestra en un color asociado con el valor. Por ejemplo, el color puede ser un intervalo de colores desde un color claro hasta un color oscuro dependiendo del valor de salinidad. En otra forma de realización posible, cualquier unidad de gestión del riego que tenga valores dentro de un primer intervalo de valores se muestra con un primer color. Cualquier unidad de gestión del riego que tenga valores dentro de un segundo intervalo de valores se muestra con un segundo color, etc. Las representaciones gráficas de los valores de salinidad permiten que un ser humano evalúe los valores de salinidad y determine si se deben llevar a cabo ajustes en las zonas de gestión del riego preliminares, o si se deben hacer ajustes para controlar los parámetros del sistema de riego 102.

En algunas formas de realización, las zonas de salinidad se definen en función de los valores de salinidad (S1 a S12) para cada unidad de gestión del riego. Las zonas de salinidad se pueden definir de la misma manera que se definen las zonas de gestión del riego, de acuerdo con lo explicado en la presente memoria. Una vez que se han definido las zonas de salinidad, el sistema de riego 102 se puede programar para operar en un modo de lixiviación. Cuando se encuentra en el modo de lixiviación, se puede proporcionar una fracción de lixiviación de agua además de las necesidades de agua normales de la zona, para enjuagar la sal del césped 103. Debido a que la fracción de lixiviación se aplica solo a aquellas unidades o zonas de gestión del riego con alto contenido de sal, se ahorra agua. De manera más específica, la fracción de lixiviación no se suministra a las unidades o zonas de gestión del riego que no tienen un alto contenido de sal, lo que reduce la cantidad de agua utilizada durante la operación de lixiviación en comparación con la aplicación de agua a todo el sitio de césped 101 durante una operación de lixiviación.

En algunas formas de realización, los datos de salinidad se utilizan para modificar por lo menos los parámetros de control del sistema de riego. Durante un ciclo de riego, los datos de contenido de agua pueden indicar que se debe aplicar una cierta cantidad de agua a las unidades de gestión del riego dentro de una zona de gestión del riego. Los datos de salinidad se pueden utilizar para incrementar la cantidad de agua que se suministrará a las unidades o zonas de gestión del riego de manera tal que se proporcione una fracción de lixiviación adicional. En algunas formas de realización, se utilizan sensores de salinidad en el suelo para monitorear los niveles de salinidad en el césped 103, y para iniciar el modo de lixiviación cuando los niveles de salinidad alcanzan un nivel de umbral.

La Figura 18 es un diagrama de bloques esquemático del motor de procesamiento de la topografía 562. En algunas formas de realización, el motor de procesamiento de la topografía 562 es parte del motor de ajuste fino 422, que se muestra en la Figura 16, que forma parte del laboratorio de procesamiento de datos 142, que se muestra en la Figura 8. En este ejemplo, el motor de procesamiento de la topografía 562 incluye un motor de inclinación 602 y un motor de aspecto 604.

El motor de procesamiento de la topografía 562 se utiliza para evaluar la topografía del sitio de césped 101, tal como para identificar posibles ajustes que se pueden hacer en las zonas de gestión del riego, o en los parámetros de

control del sistema de riego 102. En algunas formas de realización, el motor de procesamiento de la topografía 562 evalúa por lo menos dos aspectos de la topografía, que incluyen la inclinación del césped 103 y el aspecto del césped 103. La inclinación y el aspecto son ambas características de la pendiente del césped 103.

5 El motor de inclinación 602 opera para evaluar la inclinación del césped 103 del sitio de césped 101. En algunas formas de realización, el motor de inclinación 602 evalúa los datos de GPS para determinar los valores de inclinación localizados. Los datos luego se promedian a través de cada unidad de gestión del riego para generar una puntuación de inclinación. La puntuación de inclinación para cada unidad de gestión del riego se almacena luego en la memoria, y se puede utilizar para mostrar una representación gráfica de la inclinación, tal como por el uso del motor de mapeo gráfico 564, que se muestra en la Figura 16. La inclinación se puede utilizar para ajustar la frecuencia con la que se proporciona agua al césped. Por ejemplo, si el césped en una unidad de gestión del riego es relativamente plano, puede ser adecuado aplicar el agua en una sola aplicación sostenida. Por otro lado, si el césped en una unidad de gestión del riego tiene una pendiente pronunciada, una aplicación sostenida de agua puede hacer que el agua corra fuera de la pendiente sin penetrar en el césped. Por lo tanto, puede ser preferible aplicar el agua a un área con una pendiente pronunciada en varios intervalos más cortos con períodos de tiempo intermedios que le permitan al agua el tiempo para penetrar en el césped. Un ejemplo del motor de inclinación 602 se ilustra y se describe en la presente memoria con referencia a la Figura 19.

20 El motor de aspecto 604 opera para evaluar la dirección horizontal que enfrenta el césped, tal como Norte, Sur, Este u Oeste. El aspecto puede influir en la cantidad de humedad que requiere el césped. Por ejemplo, en el hemisferio norte, las superficies orientadas hacia el sur tienden a recibir más luz solar directa que las superficies orientadas hacia el norte. Por lo tanto, el requerimiento de humedad del césped en una unidad de gestión del riego orientada hacia el sur será mayor que el césped orientado hacia otras direcciones. El motor de aspecto evalúa el aspecto del césped en cada unidad de gestión del riego y determina una puntuación general de aspecto para cada unidad de gestión del riego, que se guarda en la memoria. La puntuación de aspecto se puede utilizar para ajustar los parámetros de control del sistema de riego 102, por ejemplo. Un ejemplo del motor de aspecto 604 se ilustra y se describe con referencia a la Figura 19.

La Figura 19 es un gráfico que ilustra la operación del motor de inclinación 602, que se muestra en la Figura 18. En algunas formas de realización, el motor de inclinación 602 opera para evaluar la inclinación del césped en el sitio de césped 101, y para asignar valores de inclinación promedio a cada unidad de gestión del riego del sitio de césped 101.

30 El motor de inclinación 602 recibe como una entrada de datos de GPS, que forma parte de los datos recogidos de la operación 352, que se muestra en la Figura 5. La mayoría de las unidades de GPS no miden directamente los valores de inclinación y, por lo tanto, el motor de inclinación 602 debe llevar a cabo pasos de procesamiento en los datos de GPS para generar los valores de inclinación. Los valores de inclinación se pueden computar a partir de los valores de latitud, longitud y altitud, donde la inclinación es igual al incremento (diferencia de altitud) a lo largo del recorrido (diferente en distancia con base en la latitud y la longitud). Se ha encontrado que los valores de altitud que se registran en un sistema de GPS típico no son, en sí mismos, altamente confiables. Sin embargo, las diferencias entre dos valores de altitud recolectados y adyacentes tienden a tener una mayor confiabilidad. Además, estos valores pueden ser interpolados, tal como el uso de la técnica de krigeado descrita en otra parte de la presente memoria, para definir relaciones espaciales entre los valores de diferencia de altitud (en otras palabras, para comparar puntos de datos con otros puntos de datos circundantes) para proporcionar datos aún más confiables. El motor de inclinación 602 utiliza este proceso para calcular puntos de datos finos para todas las partes del sitio de césped 101.

45 Una vez que se han computado los puntos de datos finos, el motor de inclinación 602 identifica todos los puntos de datos sin los límites de una unidad de gestión del riego dada, y calcula un valor de inclinación promedio para esa unidad de gestión del riego. El proceso se repite para todas las unidades de gestión del riego y los valores de inclinación promedio se almacenan en la memoria.

50 En algunas formas de realización, el motor de inclinación 602 asigna una puntuación de inclinación a cada unidad de gestión del riego. La puntuación de inclinación se asigna, por ejemplo, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 19. En este ejemplo, los valores de inclinación promedio se clasifican en seis categorías diferentes, que van desde la inclinación plana a la inclinación moderada a una pendiente pronunciada. Una pendiente plana (p. ej., menos de 2,6 grados) recibe una primera puntuación de inclinación, tal como 0. Una pendiente pronunciada (p. ej., más de 12 grados) recibe una sexta puntuación de inclinación, tal como 50. Las pendientes entre llana y pronunciada son dadas las puntuaciones apropiadas segunda, tercera, cuarta y quinta, tales como 10, 20, 30 y 40 respectivamente. Las puntuaciones de inclinación para cada unidad de gestión del riego se almacenan en la memoria.

55 El motor de mapeo gráfico 564 puede utilizar las puntuaciones de inclinación (o los valores de inclinación promedio) para generar una representación gráfica de las pendientes de cada pendiente en un mapa del sitio. Por ejemplo, las unidades de gestión del riego que tienen una puntuación de 0 reciben un primer color. Las puntuaciones de 10, 20, 30, 40 y 50 tienen colores diferentes. La representación gráfica es útil para que un ser humano visualice los datos de inclinación, tal como para identificar los ajustes deseados al sistema de riego 102, o las modificaciones para controlar los parámetros del sistema de control de riego 120.

La Figura 20 es un diagrama que ilustra la operación del motor de aspecto 604, que se muestra en la Figura 18. En algunas formas de realización, el motor de aspecto 604 es una parte del motor de procesamiento de la topografía 562, que es una porción del módulo de ajuste fino 422, que se muestra en la Figura 16, que es una porción del laboratorio de procesamiento de datos 142, que se muestra en la Figura 8.

- 5 El motor de aspecto 604 opera para evaluar la dirección a la que está orientada el césped 103 del sitio de césped 101, tal como para asignar un valor de aspecto y una puntuación de aspecto a cada unidad de gestión del riego.

Los datos calculados por el motor de inclinación 602 pueden ser utilizados por el motor de aspecto 604. En algunas formas de realización, el motor de aspecto 604 comienza por medio del cómputo de las direcciones de aspecto para cada punto de datos. La dirección del aspecto es, por ejemplo, el componente horizontal de una línea normal a la superficie del césped. Los valores de aspecto se pueden calcular por el uso de los valores de latitud, longitud y aspecto, tal como por medio de la comparación de valores adyacentes entre sí. La interpolación se puede utilizar para obtener puntos de datos finos, de acuerdo con lo explicado en la presente memoria.

Una vez que se han calculado los puntos de datos de aspecto, se identifica un valor de aspecto general para cada unidad de gestión del riego, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 20. Cada punto de datos de valor de aspecto es un ángulo, donde 0° representa el Norte, 90° representa el Este, 180° representa el Sur y 270° representa el Oeste. El motor de aspecto 604 genera puntuaciones de aspecto con base en el valor de aspecto, de acuerdo con lo mostrado en la Figura 20. En este ejemplo, las puntuaciones se basan en un sitio de césped ubicado en el hemisferio norte. Para los sitios de césped en el hemisferio sur, los valores para el Norte y el Sur se pueden invertir. Además, para los sitios de césped ubicados en o cerca del ecuador, diferentes puntuaciones de aspecto pueden ser apropiadas. En este ejemplo, un valor de aspecto que está orientado hacia el Norte (entre aproximadamente 315° y 45°), al punto de datos se le asigna una puntuación de aspecto de 1. A un punto de datos que tiene un valor de aspecto que está orientado hacia el Este (entre aproximadamente 45° y 135°) se le asigna una puntuación de aspecto de 2. A un punto de datos que tiene un valor de aspecto que está orientado hacia el Oeste (entre aproximadamente 135° y 225°) se le asigna una puntuación de aspecto de 3. A un punto de datos que tiene un valor de aspecto que está orientado hacia el Sur (entre aproximadamente 225° y 315°) se le asigna una puntuación de aspecto de 4. Otras formas de realización incluyen otras técnicas de puntuación. Por ejemplo, en algunas formas de realización se utilizan otros ángulos, tal como para limitar la definición de pendientes orientadas hacia el Este y Oeste a un intervalo de direcciones más pequeño (p. ej., el Este está entre 67,5 y 112,5, etc.). Se pueden asignar diferentes puntuaciones de aspecto a cada dirección en otras formas de realización. En otra forma de realización, se utilizan más de cuatro direcciones, tales como las que incluyen las direcciones Noroeste, Noreste, Suroeste y Sudeste, y las puntuaciones de los aspectos se asignan en consecuencia.

Un ejemplo se ilustra en la Figura 20, en el que un único punto de datos tiene un valor de aspecto (A) de 100°. Debido a que 100° está entre 45° y 135°, al punto de datos se le asigna una puntuación de aspecto de 2, que representa una pendiente orientada hacia el Este.

Una vez que a todos los puntos de datos se les ha asignado una puntuación de aspecto, la cantidad de puntos de datos con una puntuación determinada se suman para cada unidad de gestión del riego. Por ejemplo, puede haber 10.269 puntos de datos que tienen una puntuación de aspecto de 1, 2.940 puntos de datos que tienen una puntuación de aspecto de 2, etc. El motor de aspecto determina entonces qué puntuación de aspecto tiene el mayor número de puntos de datos. Esta puntuación de aspecto se selecciona y asigna como la puntuación de aspecto para la unidad de gestión del riego. El proceso se repite para cada unidad de gestión del riego, y las puntuaciones de los aspectos resultantes se almacenan en la memoria.

El motor de mapeo gráfico 564, que se muestra en la Figura 16, se puede utilizar para mostrar los datos de aspecto en un mapa del sitio de césped 101, para permitir la evaluación visual de los resultados.

La Figura 21 es un diagrama que ilustra las operaciones del motor de procesamiento de la topografía 562, que se muestra en la Figura 18, para generar una puntuación de topografía final para cada unidad de gestión del riego.

Una vez que las puntuaciones de inclinación y aspecto han sido generadas por el motor de inclinación 602 y el motor de aspecto 604, que se muestran en la Figura 18, la puntuación de topografía final es generada por el motor de procesamiento de la topografía 562 para cada unidad de gestión del riego. En algunas formas de realización, la puntuación de topografía es la suma de la puntuación de inclinación y la puntuación de aspecto.

Un ejemplo de un algoritmo de puntuación de topografía se ilustra en la Figura 21, donde la inclinación está representada por anillos concéntricos y el aspecto está representado por ángulos de 0° a 360°. Por ejemplo, el anillo concéntrico exterior representa unidades de gestión del riego que tienen una pendiente plana a la que se le ha asignado una puntuación de inclinación de cero. Las pendientes más pronunciadas (con puntuaciones de inclinación de 10 a 50) están representadas por círculos concéntricos internos, donde el círculo concéntrico más interno representa unidades de gestión del riego con una puntuación de inclinación de 50. También se muestra la puntuación de aspecto de cada unidad de gestión del riego. Por ejemplo, una unidad de gestión del riego con una puntuación de aspecto de 0 se muestra en la parte superior de la tabla (Norte), una puntuación de aspecto de 1 se muestra a la derecha de la tabla (Este), una puntuación de aspecto de 2 se muestra en la izquierda de la tabla

(Oeste), y se muestra una puntuación de aspecto de 4 en la parte inferior de la tabla (Sur).

Una vez que se identifican las puntuaciones de inclinación y aspecto para una unidad de gestión del riego, se puede asignar la puntuación de topografía apropiada a la unidad de gestión del riego.

5 El motor de procesamiento de la topografía 562 recupera de la memoria las puntuaciones de inclinación y aspecto para cada unidad de gestión del riego, y utiliza las puntuaciones para identificar la puntuación de topografía. Por ejemplo, a una unidad de gestión del riego que tiene una topografía plana (puntuación de inclinación 0 y cualquier puntuación de aspecto) se le asigna una puntuación de topografía de 0. A una unidad de gestión del riego que tiene una puntuación de inclinación de 20 y una puntuación de aspecto de 1 se le asigna una puntuación de topografía de 21. Otras puntuaciones se asignan de acuerdo con lo mostrado en la Figura 21. Sin embargo, en otras formas de realización posibles se pueden utilizar otros algoritmos de puntuación.

15 Una vez que se han definido las puntuaciones de topografía, el motor de mapeo gráfico 564 (que se muestra en la Figura 16) puede utilizar las puntuaciones de topografía para generar representaciones gráficas de los datos en un mapa del sitio de césped 101. Por ejemplo, las puntuaciones de topografía se pueden mostrar para cada unidad de gestión del riego, o cada unidad de gestión del riego puede estar codificada por colores de acuerdo con la puntuación de topografía. En algunas formas de realización, a cada aspecto se le asigna un color, tal como azul para el norte, verde para el este, amarillo para el oeste y rojo para el sur. El tono del color se determina luego por la puntuación de inclinación, tal como claro para las pendientes planas y oscuro para las pendientes pronunciadas. En otras formas de realización se utilizan otros esquemas de color.

20 Además, en algunas formas de realización, las puntuaciones de topografía se utilizan para modificar los parámetros de control para el sistema de control de riego 120. Por ejemplo, la puntuación de topografía se puede utilizar para ajustar la frecuencia de suministro de agua, donde las unidades (o zonas) de gestión del riego que tienen una mayor puntuación se pueden regar por el uso de una mayor frecuencia de suministro de agua (p. ej., cinco aplicaciones de tres minutos cada una) que la permita al agua el tiempo para penetrar entre las aplicaciones. Las unidades (o zonas) de gestión del riego que tienen una puntuación más baja se pueden regar con menos frecuencia (p. ej., una sola aplicación durante quince minutos).

25 La puntuación de topografía también se puede utilizar para ajustar el volumen de agua que se aplicará a una unidad (o zona) de gestión del riego. Por ejemplo, los parámetros de control para una unidad de gestión del riego con una puntuación de topografía que termina en 4 se pueden incrementar para proporcionar más agua a la unidad de gestión del riego, mientras que se puede utilizar un parámetro de control para una unidad de gestión del riego con una puntuación de topografía de 0 sin un ajuste adicional.

30 De manera similar, las puntuaciones de topografía se pueden utilizar para sugerir modificaciones que se deberían hacer al sistema de riego. Por ejemplo, si dos unidades de gestión del riego están dentro de la misma zona de gestión del riego, pero una de las unidades tiene una puntuación de topografía de 40, mientras que la otra unidad tiene una puntuación de topografía de 0, puede ser beneficioso separar las unidades de gestión del riego en zonas separadas, tal como por medio de la asignación de una de las unidades a una zona de gestión del riego diferente.

35 Como otro ejemplo, si los cabezales de aspersión de dos unidades de gestión del riego están en la actualidad conectados entre sí, o controlados de otro modo, las diferentes puntuaciones de topografía para cada unidad pueden sugerir que las unidades de gestión del riego deberían estar desacopladas entre sí para permitir que las unidades de gestión del riego sean gestionadas por separado.

40 Las puntuaciones de topografía también se pueden utilizar para determinar una buena ubicación para un sensor de humedad en el suelo. La ubicación ideal para un sensor de humedad en el suelo se encuentra en una ubicación de la zona de gestión del riego que tiene cualidades "promedio" en comparación con otras ubicaciones dentro de esa zona. Por lo tanto, las puntuaciones de topografía se pueden utilizar para identificar una unidad de gestión del riego que tiene una puntuación que se encuentra aproximadamente en un punto medio entre las otras puntuaciones. El sensor de humedad en el suelo se puede insertar en esa zona de gestión del riego.

45 Con referencia ahora de nuevo a la Figura 1, después de que se ha completado el procesamiento de datos del laboratorio de procesamiento de datos 142, los resultados se pueden transferir al sitio de césped 101. Por ejemplo, se pueden hacer ajustes físicos al sistema de riego 102 para mejorar el rendimiento del sistema de riego. Dichas modificaciones pueden incluir, por ejemplo, la instalación o el movimiento de sensores de humedad en el suelo, la instalación o el movimiento de los cabezales de aspersión, el nuevo cableado de los cabezales de aspersión ya instalados, la sustitución de los cabezales de aspersión que resultaron ser de bajo rendimiento, u otras modificaciones físicas. El laboratorio de procesamiento de datos 142 también puede generar parámetros de control que se pueden programar en el sistema de control de riego 120 para modificar la operación del sistema de riego. En otra posible forma de realización, los datos se presentan en forma impresa o electrónica como un informe, y el informe se presenta al superintendente o al administrador del sitio de césped 101. El superintendente o el administrador pueden luego revisar los datos y hacer los ajustes que él o ella consideren apropiados con base en los datos en el informe.

Las diversas formas de realización descritas con anterioridad se proporcionan solo a modo de ilustración y no se

deben interpretar como limitantes de las reivindicaciones adjuntas. Aquellos con experiencia en la técnica reconocerán con facilidad diversas modificaciones y cambios que se pueden llevar a cabo sin seguir las formas de realización de ejemplo y las aplicaciones ilustradas y descritas en la presente memoria, y sin apartarse del alcance de las siguientes reivindicaciones.

5

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la evaluación de un sistema de riego (102) en un sitio de césped (101), el sitio de césped (101) incluye césped (103), que comprende:
- 5 la segmentación, por el uso de por lo menos un dispositivo de computación, del sitio de césped (101) en una pluralidad de unidades de gestión del riego (502 a 508) por medio de:
- la determinación de las ubicaciones de los cabezales de aspersión; y
- la definición de los límites de las unidades de gestión del riego alrededor de los cabezales de aspersión de acuerdo con las ubicaciones de los cabezales de aspersión, en el que cada unidad de gestión del riego (502; 504; 506; 508) del sitio de césped (101) incluye por lo menos uno de los cabezales de aspersión (132); y
- 10 para cada unidad de gestión del riego (502; 504; 506; 508), el cómputo con un dispositivo de computación (200) de un valor (WC1; WC2; WC11; WC12) que representa una característica del césped (103) dentro de la unidad de gestión del riego (502; 504; 506; 508).
2. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 1, en el que el valor es un valor de contenido de agua, y que además comprende:
- 15 la asignación de cada unidad de gestión del riego a una de una pluralidad de zonas de gestión del riego con base, por lo menos en parte, en el valor de contenido de agua, en el que por lo menos algunas de las zonas de gestión del riego incluyen más de una unidad de gestión del riego.
3. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 2, que además comprende:
- 20 la programación de un sistema de control de riego para controlar comúnmente los cabezales de aspersión dentro de una de las zonas de gestión del riego.
4. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 3, que además comprende:
- la instalación de un sensor de humedad en el suelo dentro del césped dentro de una de las zonas de gestión del riego; y
- 25 la programación del sistema de control de riego para que suministre agua al césped dentro de una de las zonas de gestión del riego, con base, por lo menos en parte, en los datos del sensor de humedad en el suelo.
5. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 2, en el que la asignación además comprende la asignación de cada unidad de gestión del riego a una de la pluralidad de zonas de gestión del riego con base, por lo menos en parte, en un valor de salinidad del suelo.
6. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 2, en el que la asignación además comprende:
- 30 el cómputo de un valor de aspecto para por lo menos algunas de las unidades de gestión del riego;
- el cómputo de un valor de inclinación para por lo menos algunas de las unidades de gestión del riego;
- el cómputo de los valores topográficos para por lo menos algunas de las unidades de gestión del riego con base, por lo menos en parte, en los valores de aspecto y los valores de inclinación; y
- 35 la asignación de por lo menos algunas de las unidades de gestión del riego a una de la pluralidad de zonas de gestión del riego con base, por lo menos en parte, en los valores topográficos.
7. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 1, en el que la segmentación además comprende:
- 40 el cómputo de los límites para las unidades de gestión del riego en función de las ubicaciones de los cabezales de aspersión, en el que todos los puntos dentro de cada unidad de gestión del riego están más cerca o a igual distancia del por lo menos un cabezal de aspersión dentro de la zona de gestión del riego que cualquier otro cabezal de aspersión en el sitio de césped.
8. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 7, en el que por lo menos uno de los límites es perpendicular a una línea imaginaria que se extiende a través de dos de los cabezales de aspersión y pasa a través del punto medio de la línea.
9. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 1, que además comprende:
- 45 la recolección de una pluralidad de puntos de datos para el sitio de césped por el uso de un vehículo móvil de recogida de datos, el vehículo móvil de recogida de datos incluye una pluralidad de instrumentos que incluyen un sensor de humedad del suelo acoplado a sondas de penetración en el suelo, en el que el vehículo de recogida de

datos está dispuesto y configurado para recoger por lo menos algunas de la pluralidad de muestras de datos sin detenerse; y

el cómputo con el dispositivo de computación del valor que representa la característica del césped dentro de la unidad de gestión del riego por el uso de por lo menos algunos de los puntos de datos recogidos.

- 5 10. El método de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 9, en el que cada punto de datos está asociado con una ubicación, y que además comprende:

la interpolación de por lo menos algunos de los puntos de datos recogidos por el uso de técnicas de krigeado para generar puntos de datos finos, y en el que por lo menos algunos de los puntos de datos finos se utilizan para computar el valor que representa la característica del césped.

- 10 11. Un sistema de riego (102) para el suministro de agua al césped (103) en un sitio de césped (101), el sistema de riego (102) que comprende:

cabezales de aspersión (132);

líneas de agua (128) conectadas a una fuente de agua y a válvulas que controlan el flujo de agua a través de los cabezales de aspersión (132); y

- 15 por lo menos un sistema de control (120) que incluye un dispositivo de computación (200), el dispositivo de computación (200) está conectado de manera operativa a las válvulas para abrir las válvulas de manera selectiva para permitir que el agua fluya a través de los cabezales de aspersión (132) y sobre el césped (103)

en el que el dispositivo de computación (200) está programado para segmentar el sitio de césped (101) en una pluralidad de unidades de gestión del riego (502 a 508) por medio de:

- 20 la determinación de las ubicaciones de los cabezales de aspersión (132); y

la definición de los límites de las unidades de gestión del riego alrededor de los cabezales de aspersión de acuerdo con las ubicaciones de los cabezales de aspersión, en el que cada unidad de gestión del riego (502; 504; 506; 508) del sitio de césped (101) incluye por lo menos uno de los cabezales de aspersión (132); y

- 25 para cada unidad de gestión del riego (502; 504; 506; 508), el cómputo de un valor (WC1; WC2; WC11; WC12) que representa una característica del césped (103) dentro de la unidad de gestión del riego (502; 504; 506; 508).

- 30 12. El sistema de riego de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 11, en el que el dispositivo de computación (200) está programado para controlar comúnmente una primera pluralidad de cabezales de aspersión dentro de una primera zona de gestión del riego de acuerdo con un primer conjunto de parámetros de control, y está programado para controlar comúnmente una segunda pluralidad de cabezales de aspersión dentro de una segunda zona de gestión del riego de acuerdo con un segundo conjunto de parámetros de control, y

en el que todos de la primera pluralidad de cabezales de aspersión están posicionados en unidades de gestión del riego que contienen césped que tiene una primera característica común, y en el que todos de la segunda pluralidad de cabezales de aspersión están posicionados en unidades de gestión del riego que contienen césped que tiene una segunda característica común.

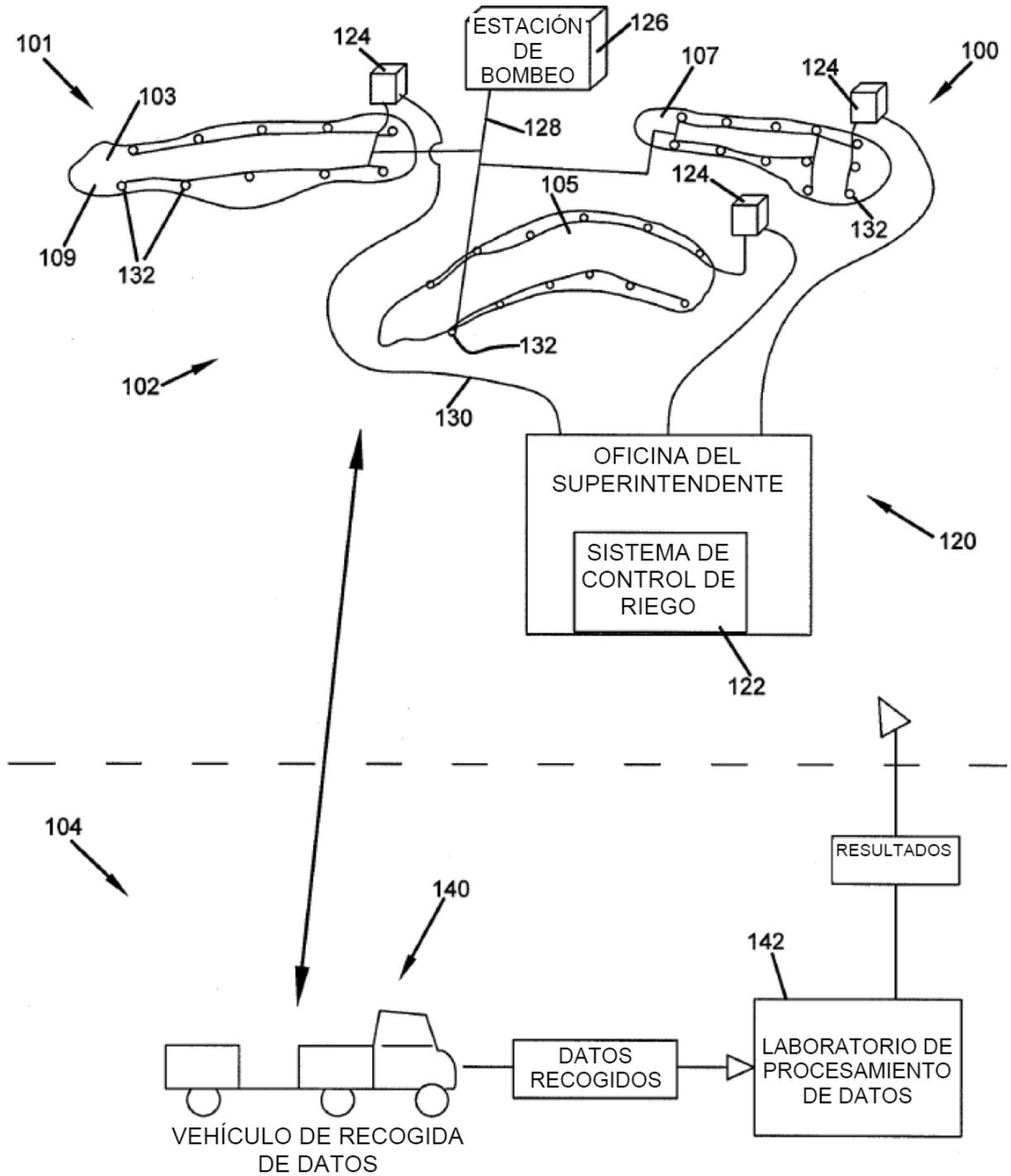
- 35 13. El sistema de riego de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 12, en el que el primero y el segundo parámetro de control identifican una duración y una frecuencia.

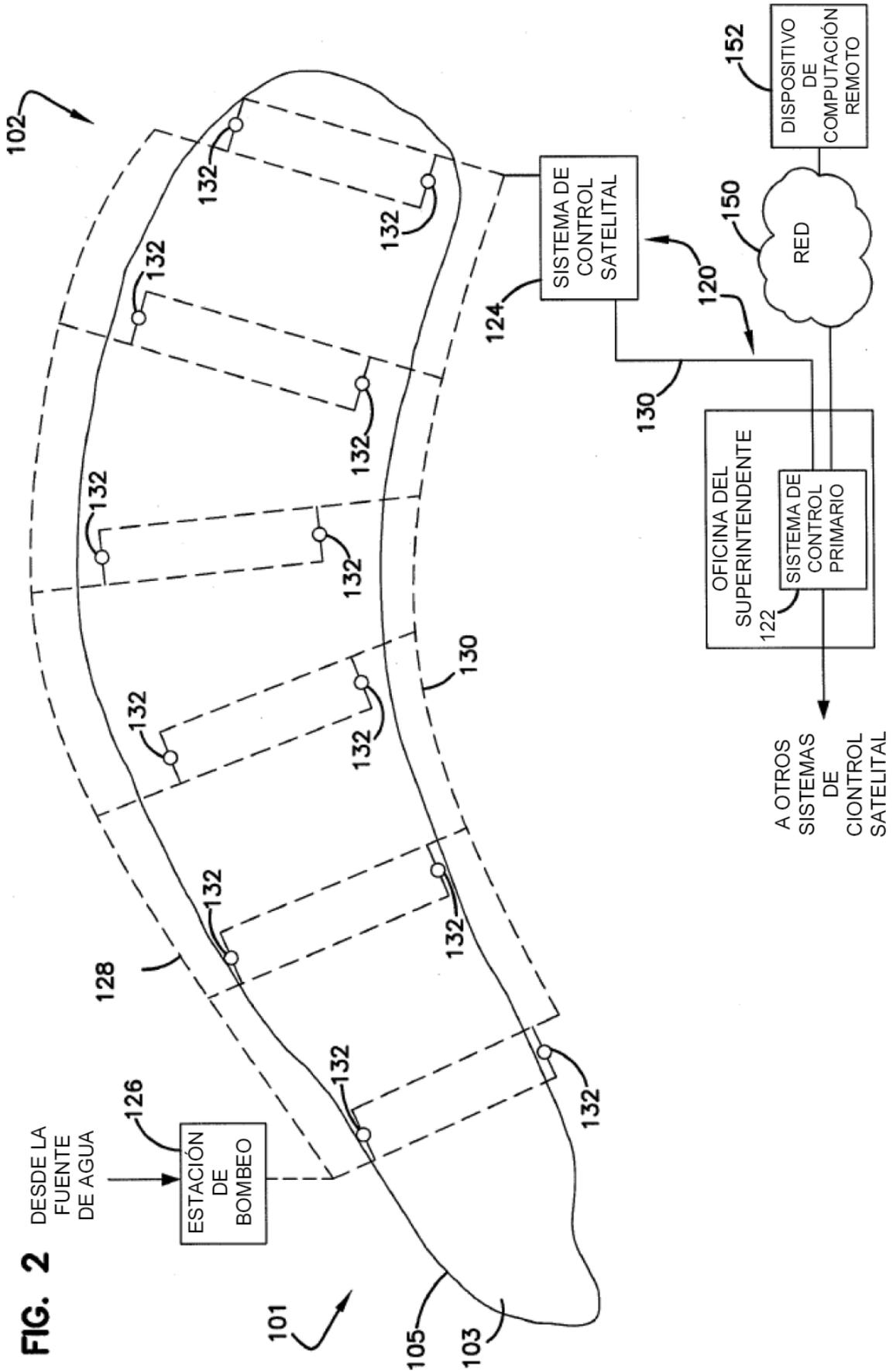
- 40 14. El sistema de riego de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 12, en el que el sistema de control está programado para controlar comúnmente la primera pluralidad de cabezales de aspersión de acuerdo con el primer conjunto de parámetros de control cuando se opera en un modo de lixiviación, en el que el primer conjunto de parámetros de control provoca que el sistema de gestión del riego proporcione una fracción de lixiviación de agua al césped en la primera zona de gestión del riego.

15. Sistema de riego de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 14, que además comprende: un sensor de salinidad en el suelo posicionado en el césped dentro de la primera zona de gestión del riego, en el que el sistema de control es activado para operar en el modo de lixiviación por el sensor de salinidad en el suelo.

- 45 16. El sistema de riego de acuerdo con lo recitado en la reivindicación 12, en el que la primera zona de gestión del riego incluye solo un sensor de humedad, y en el que el sistema de control utiliza el sensor de humedad para determinar cuándo regar el césped en la primera zona de gestión del riego.

FIG. 1





**FIG. 2** DESDE LA FUENTE DE AGUA

FIG. 3

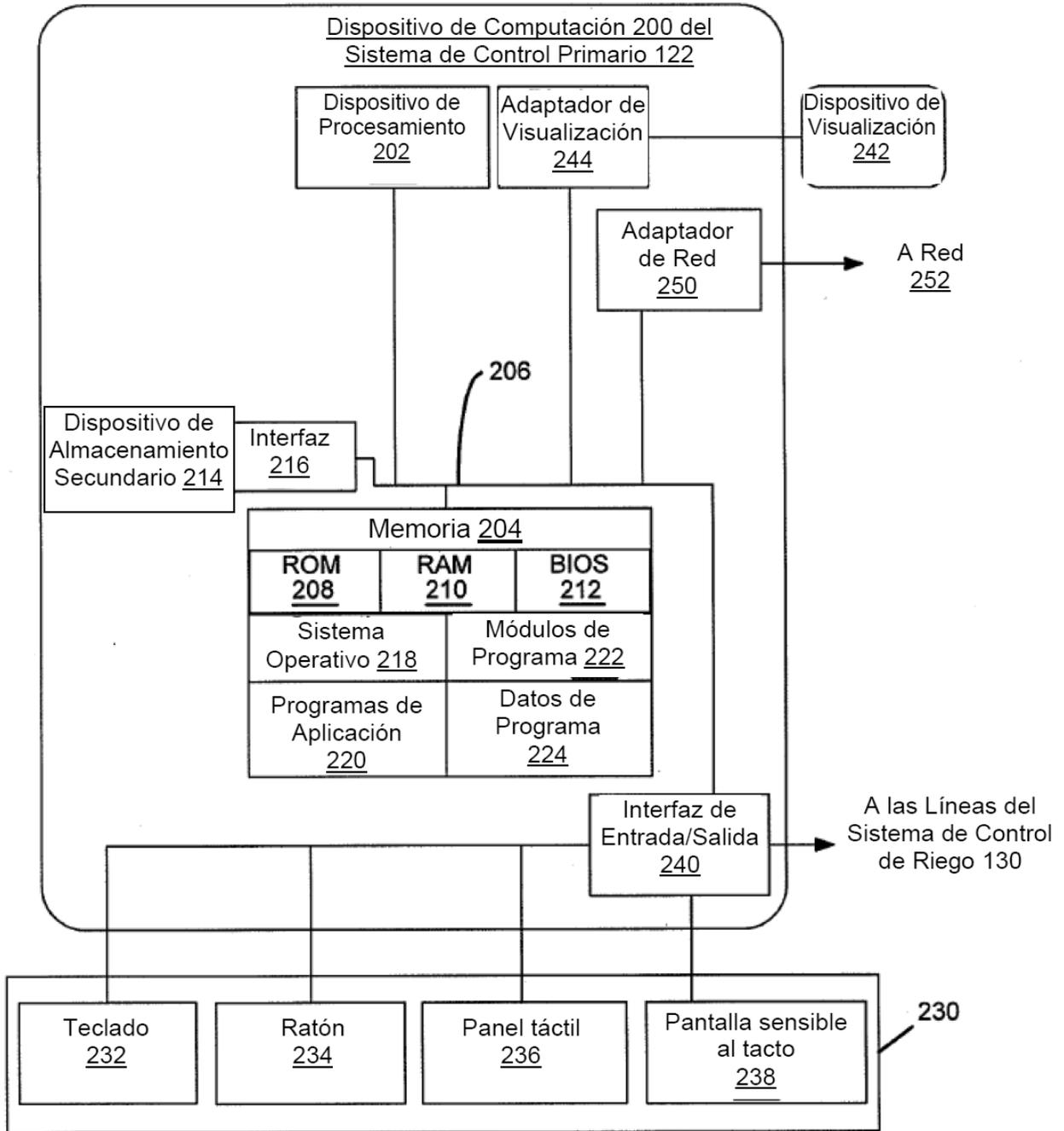




FIG. 5

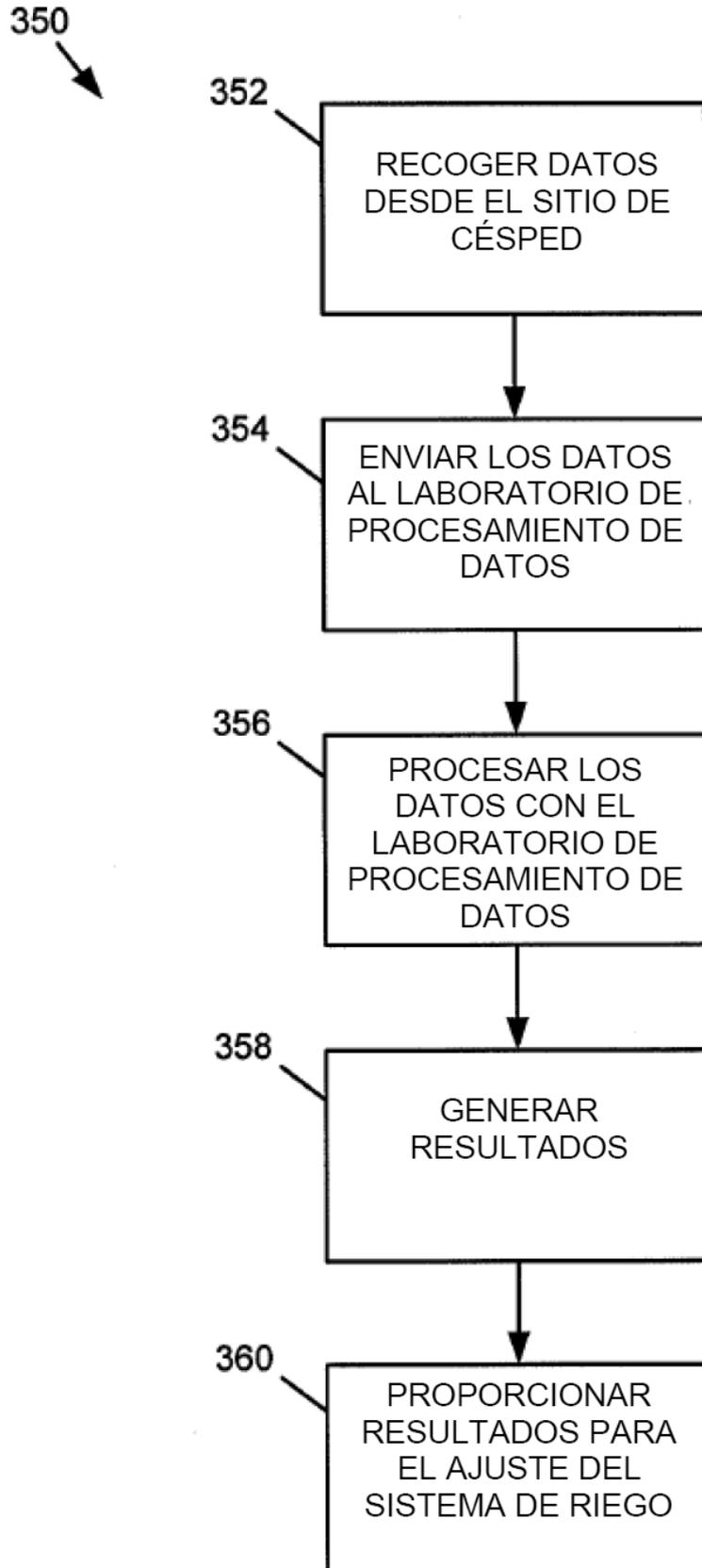




FIG. 7

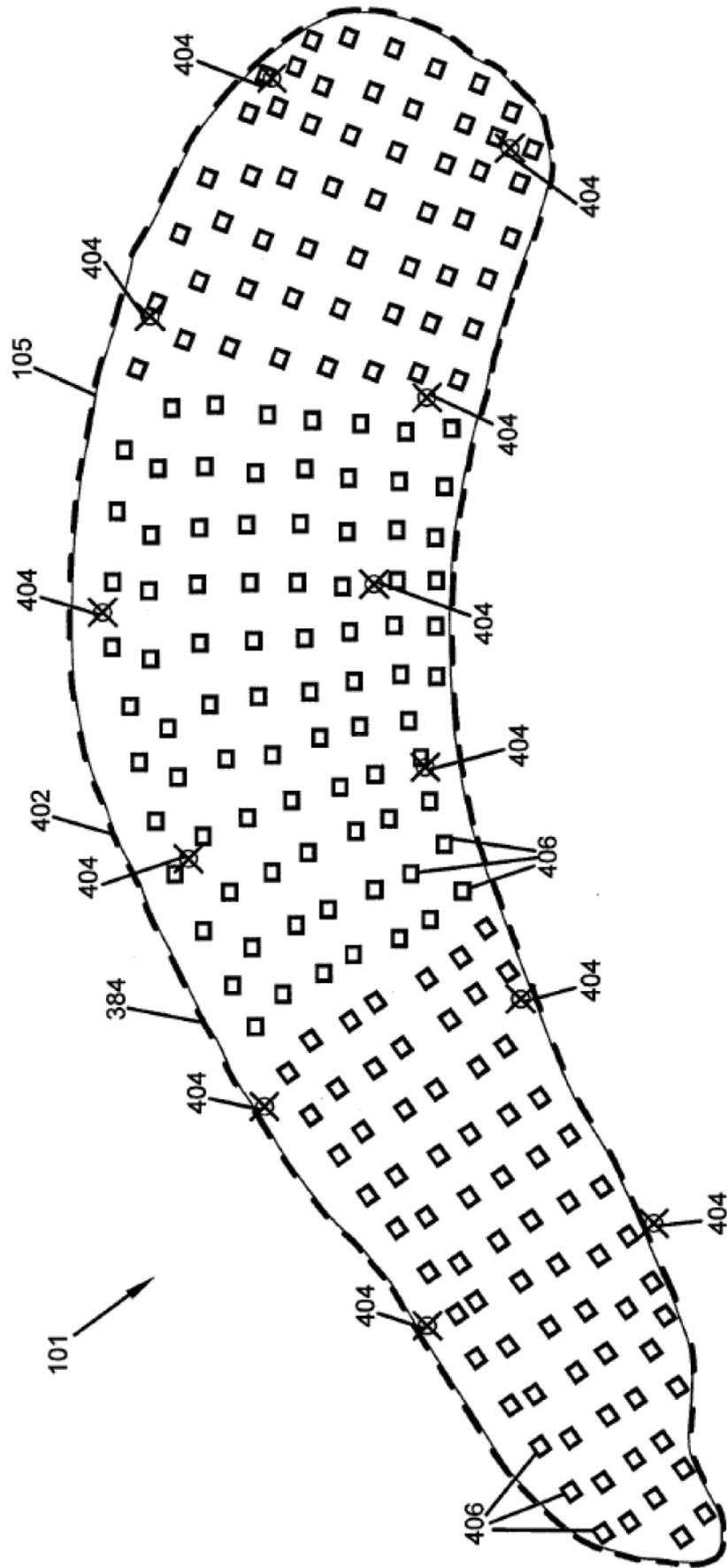


FIG. 8

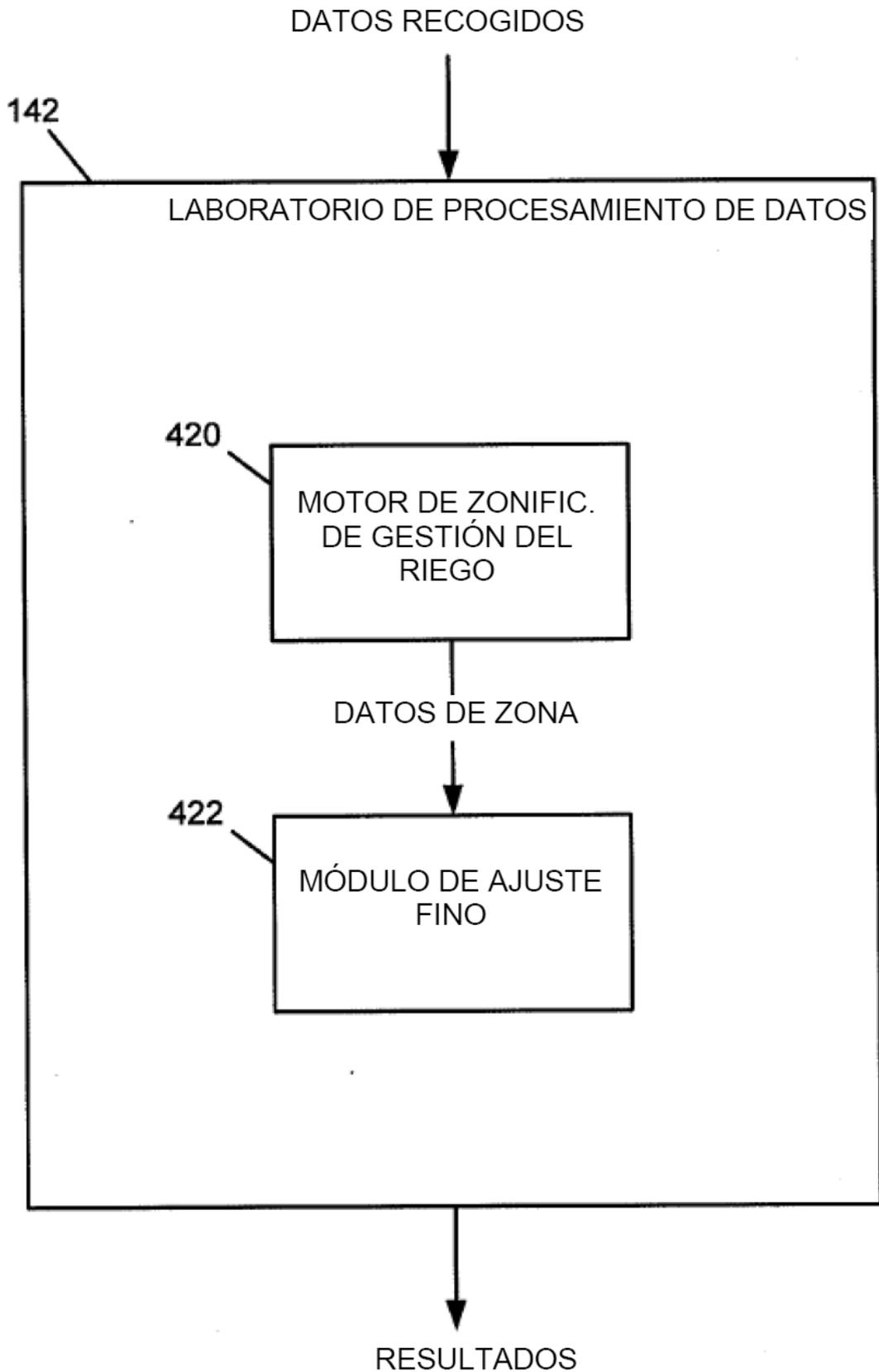


FIG. 9

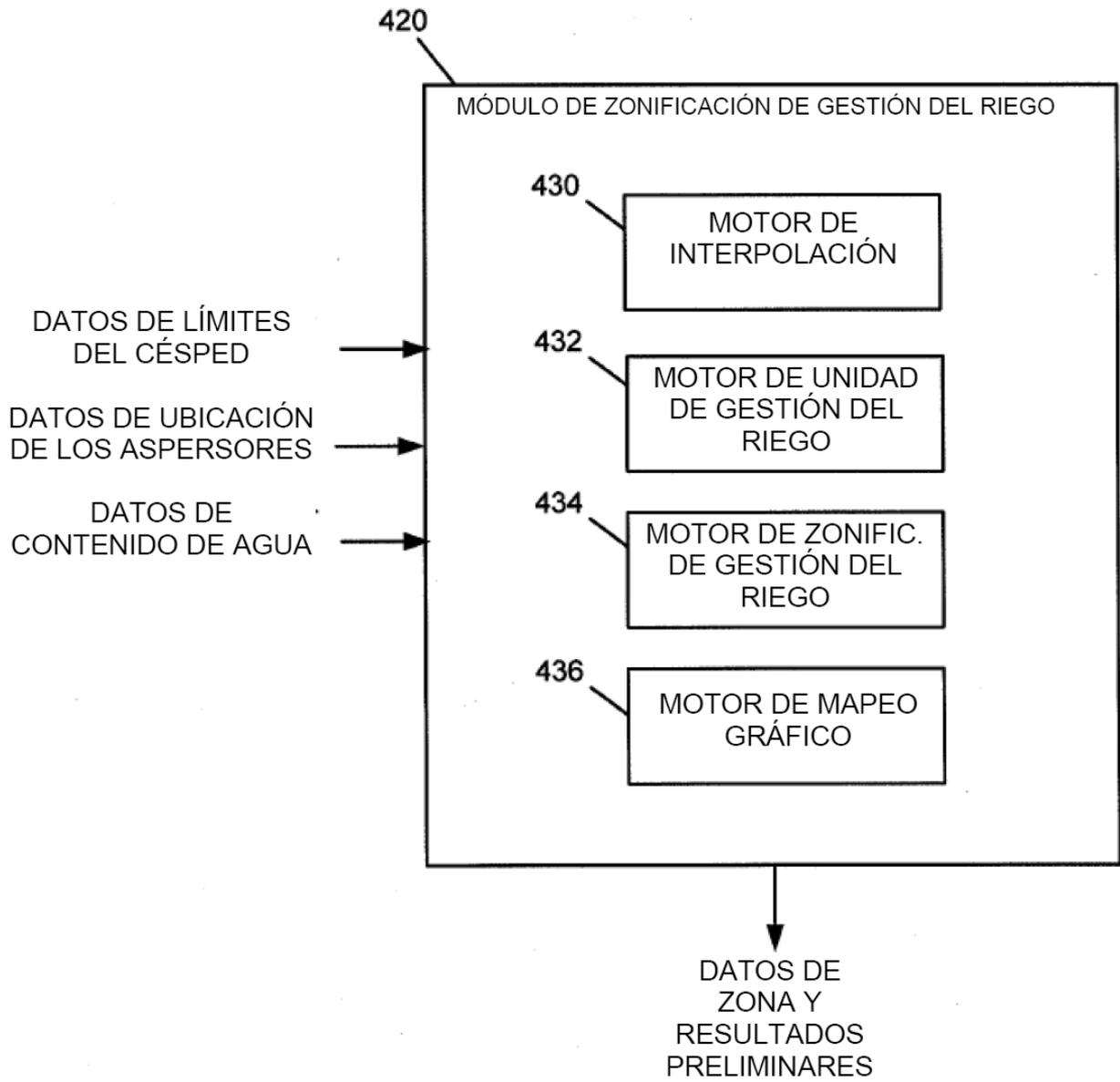
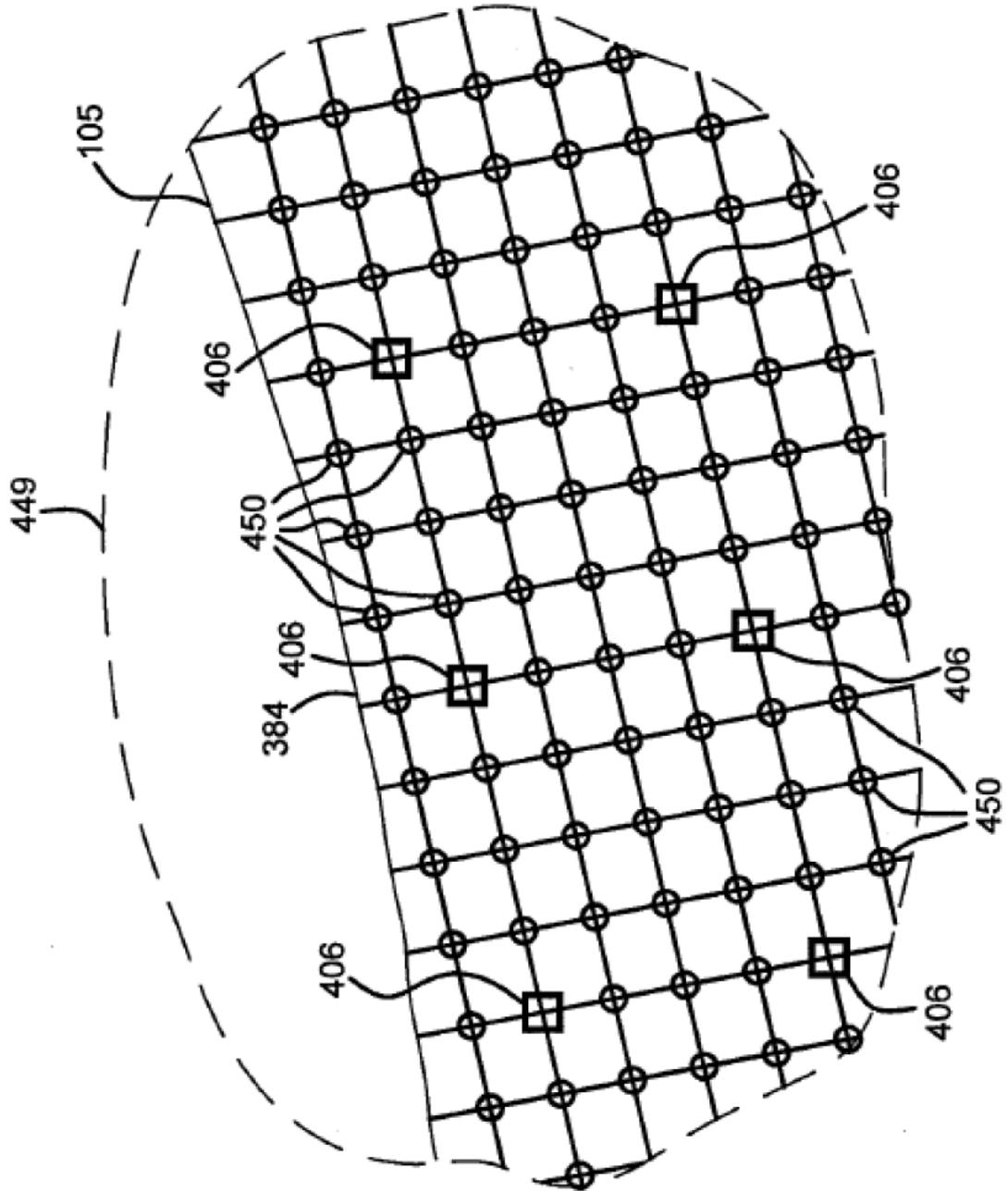


FIG. 10



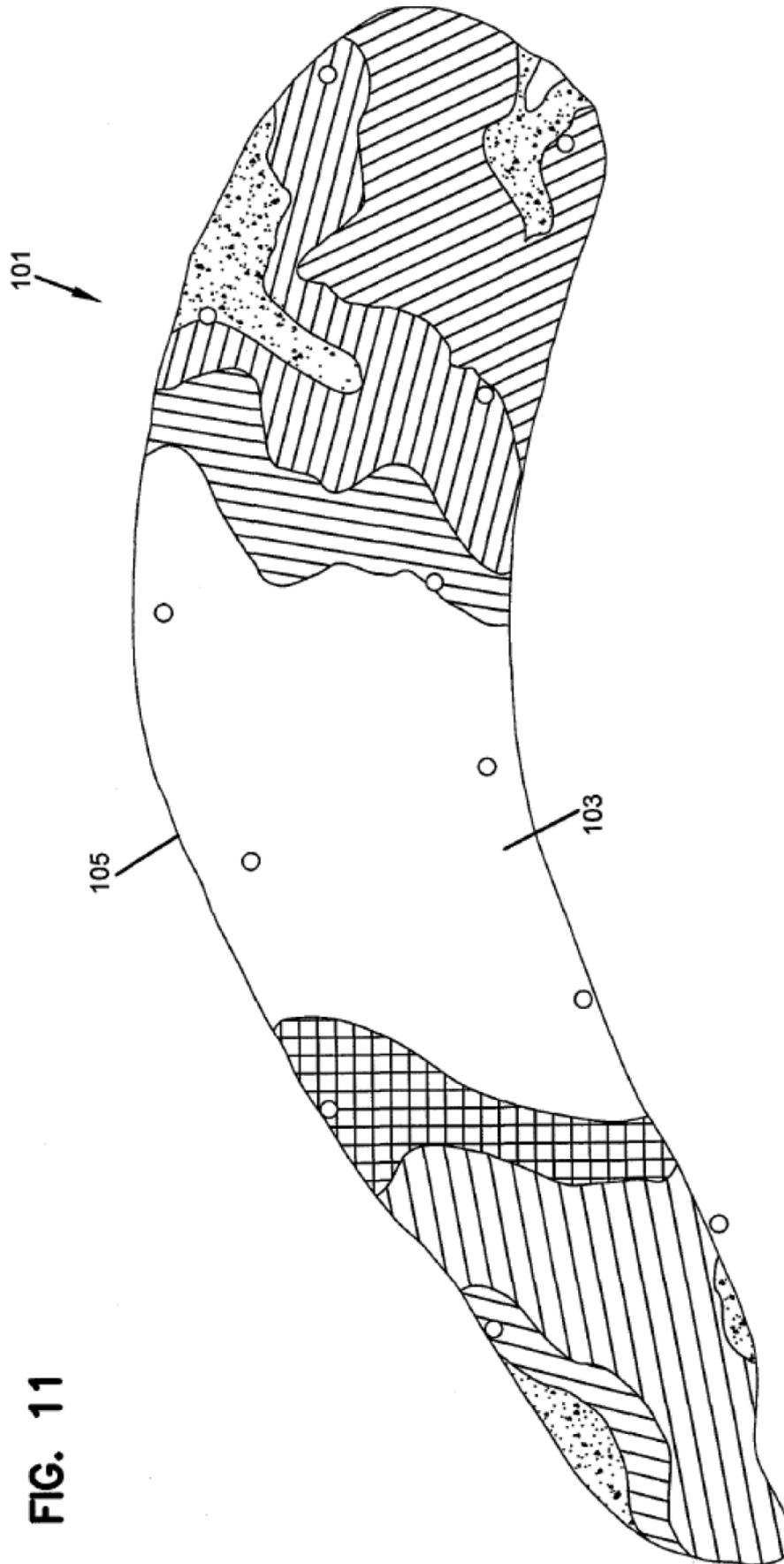


FIG. 11

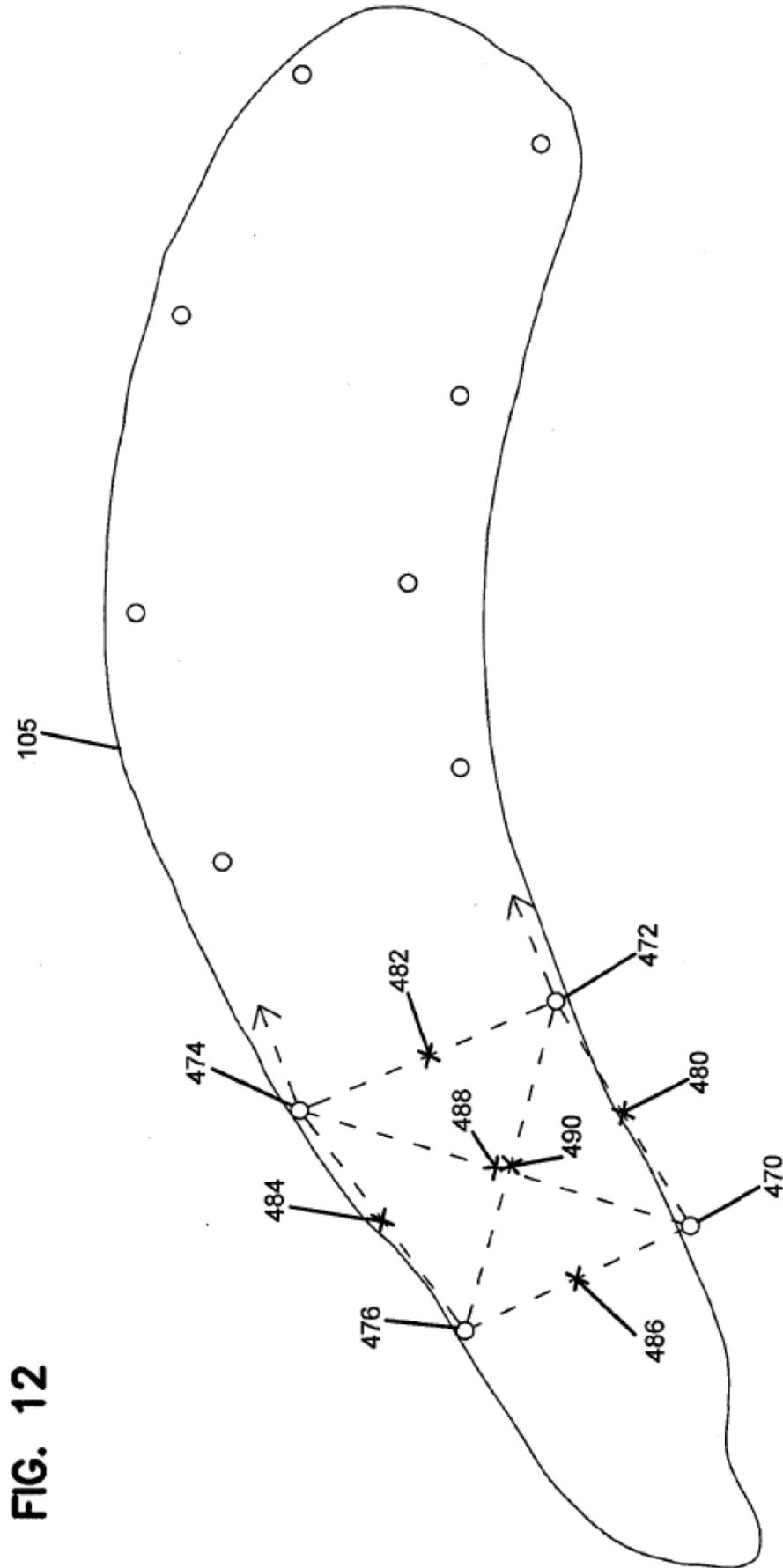


FIG. 12

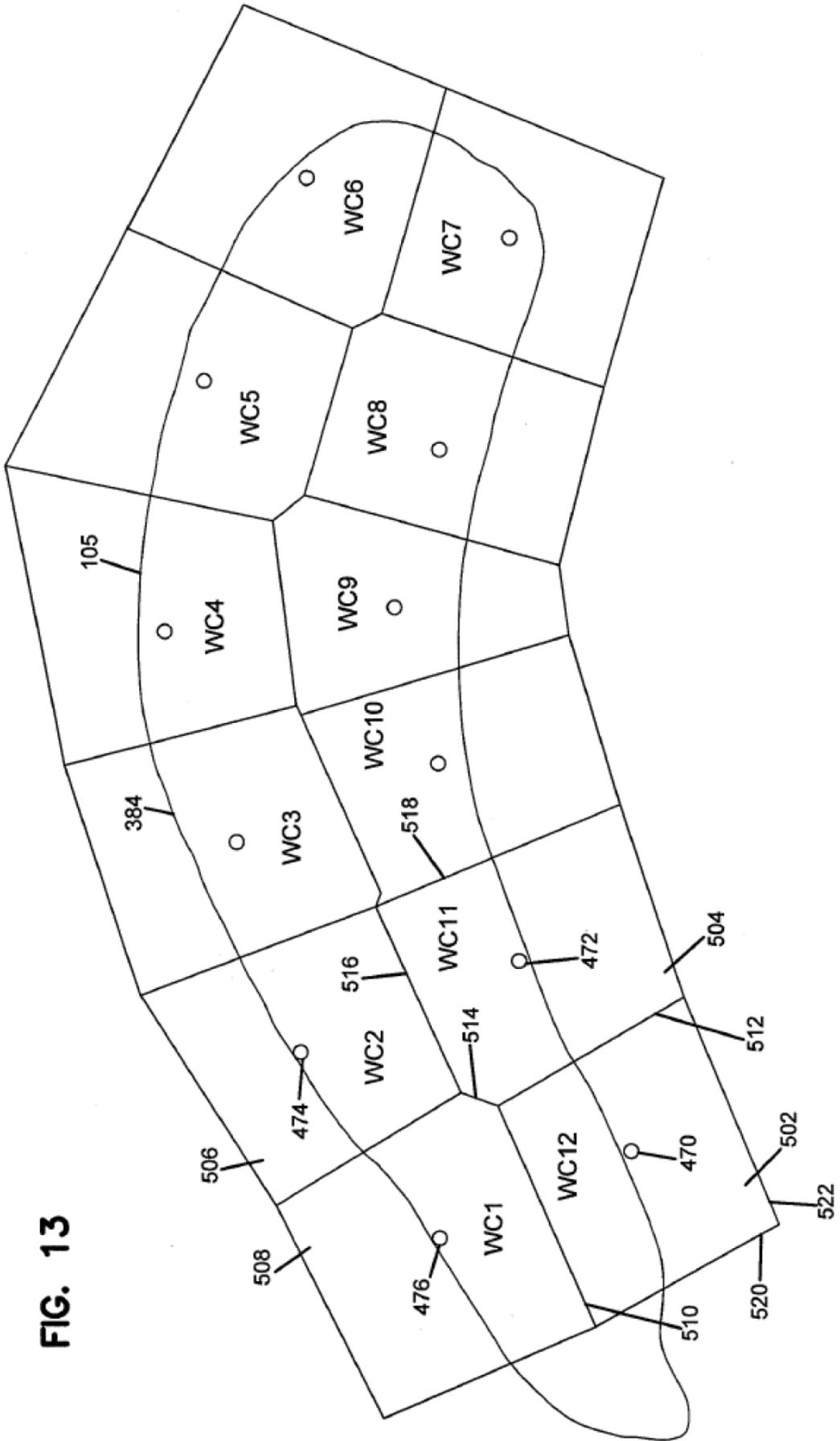
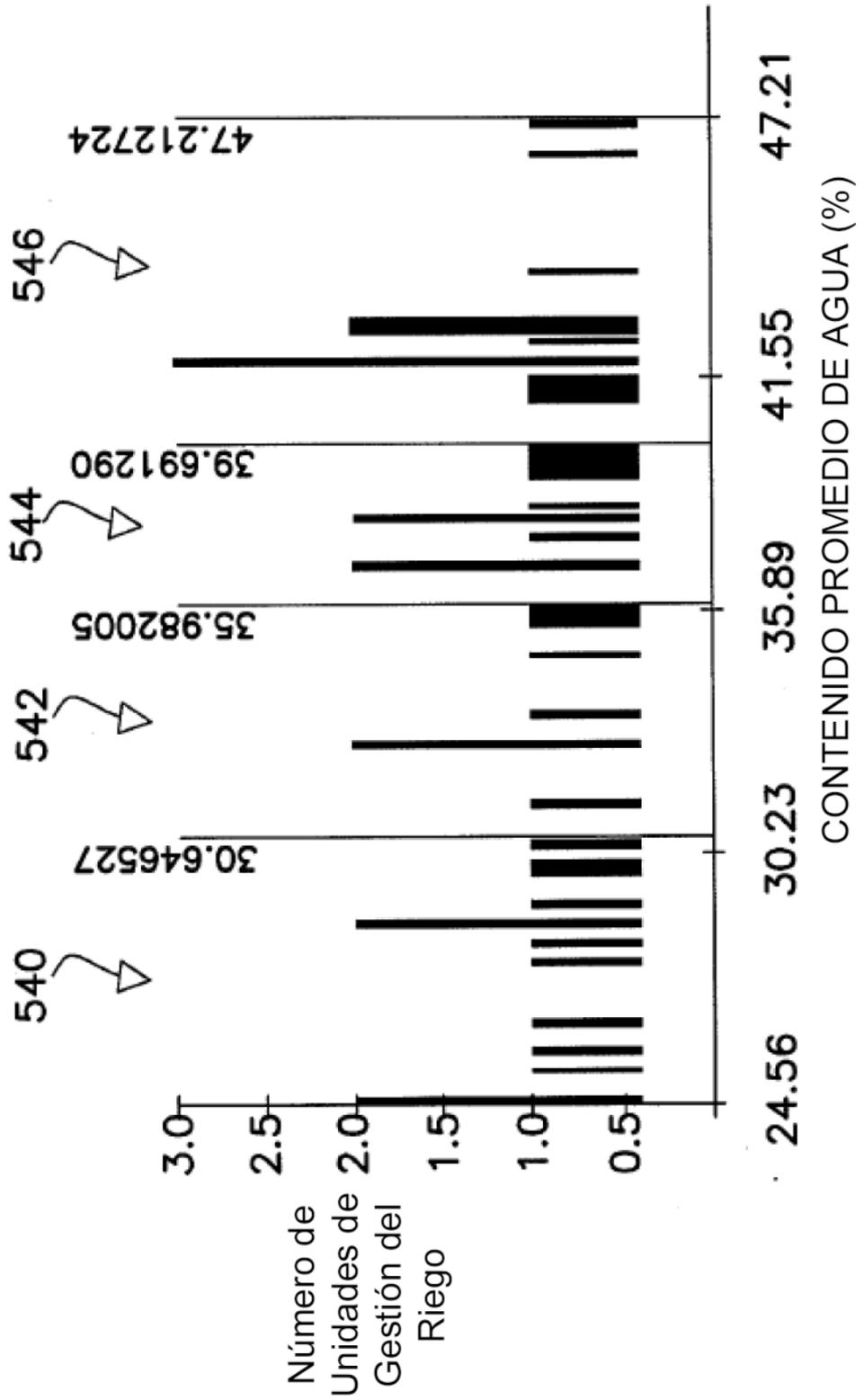
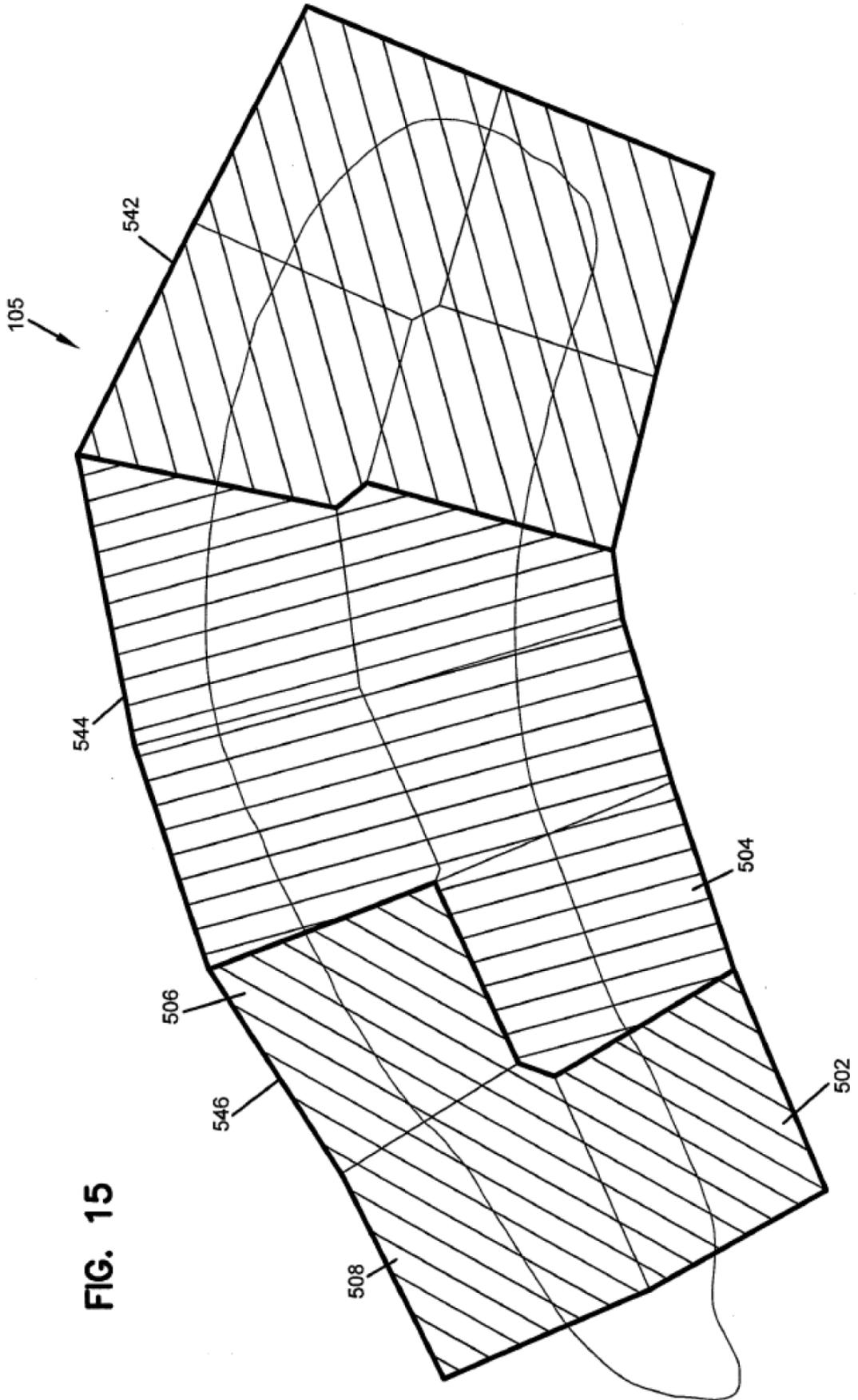


FIG. 13

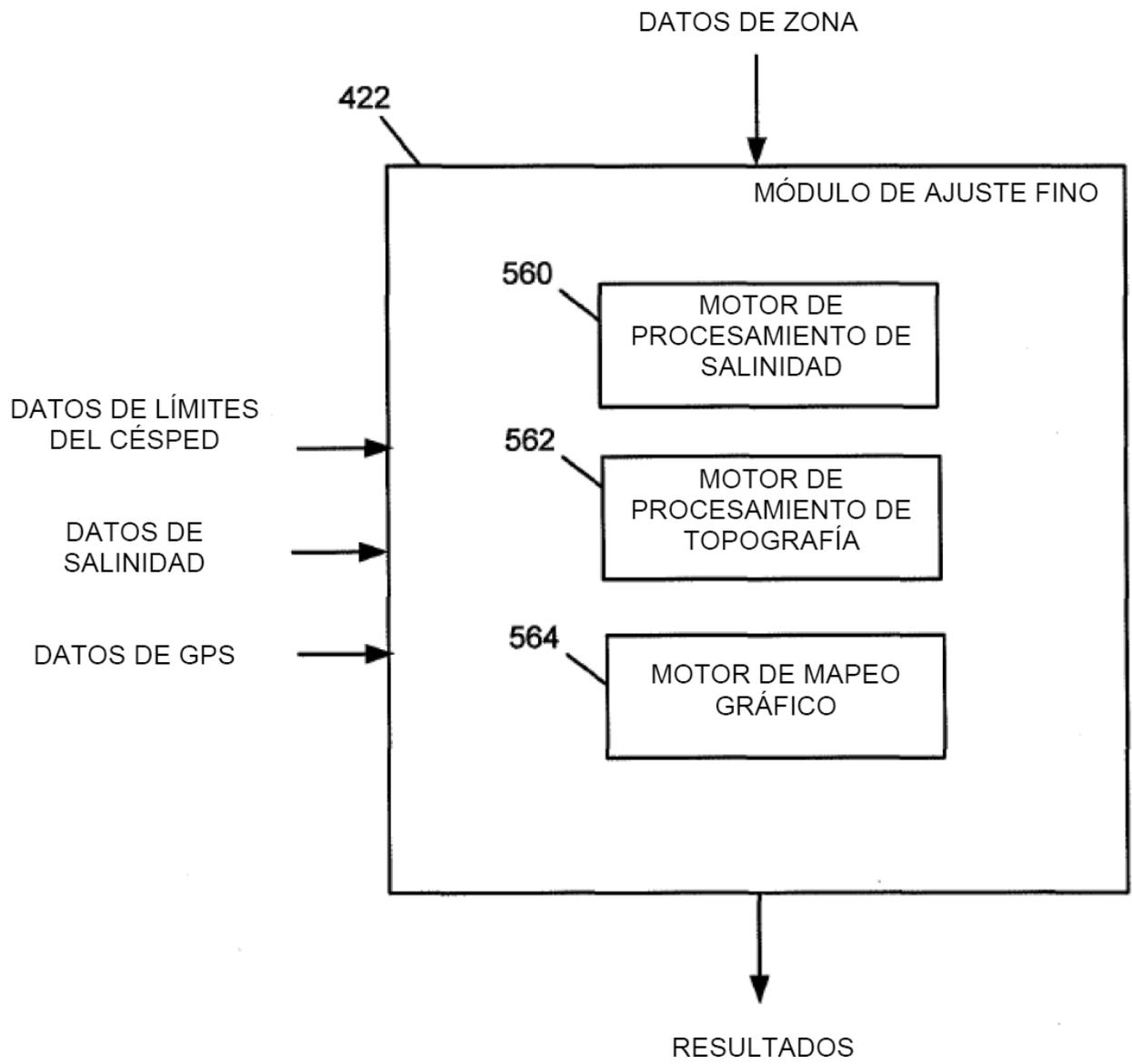
FIG. 14





**FIG. 15**

FIGURA 16



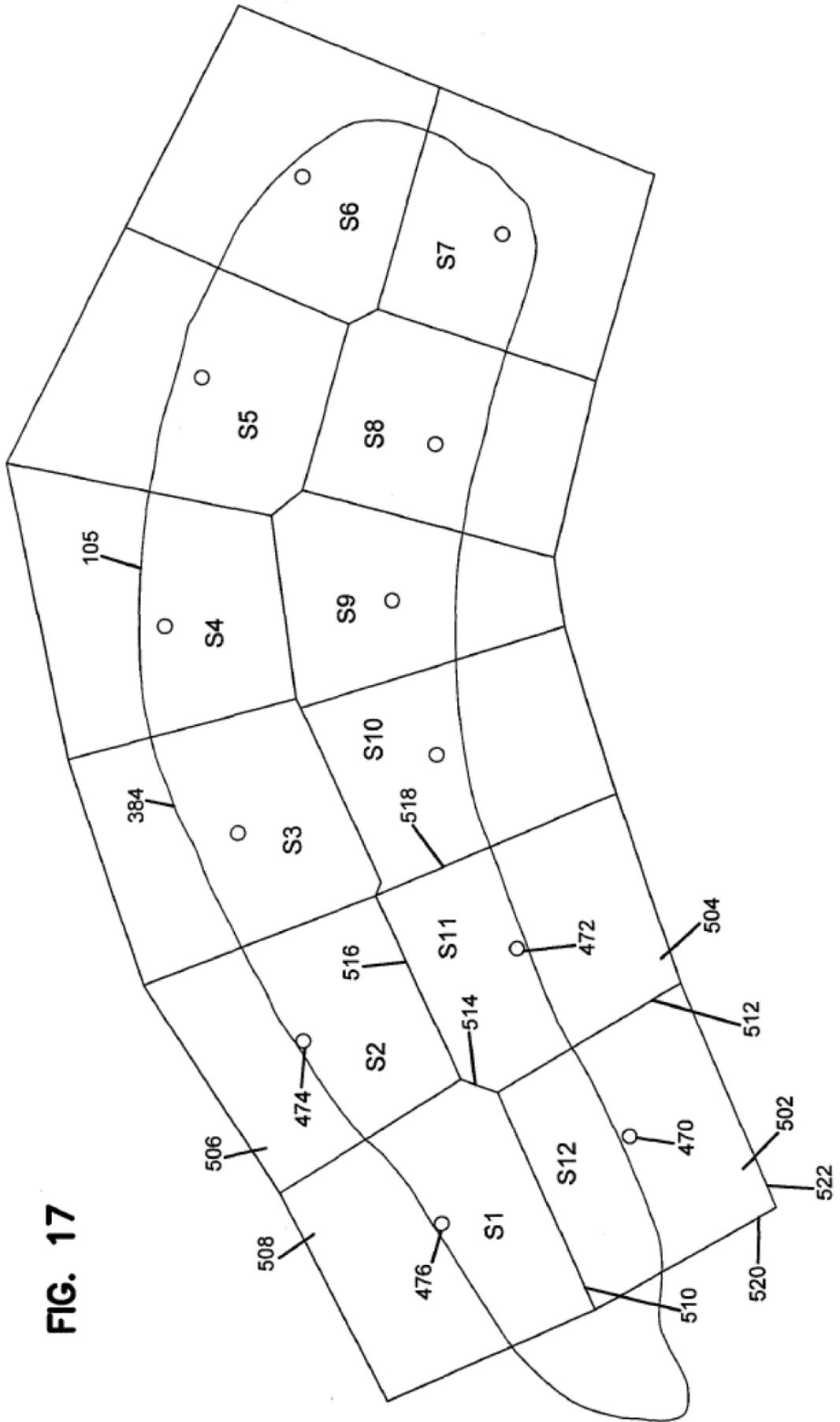
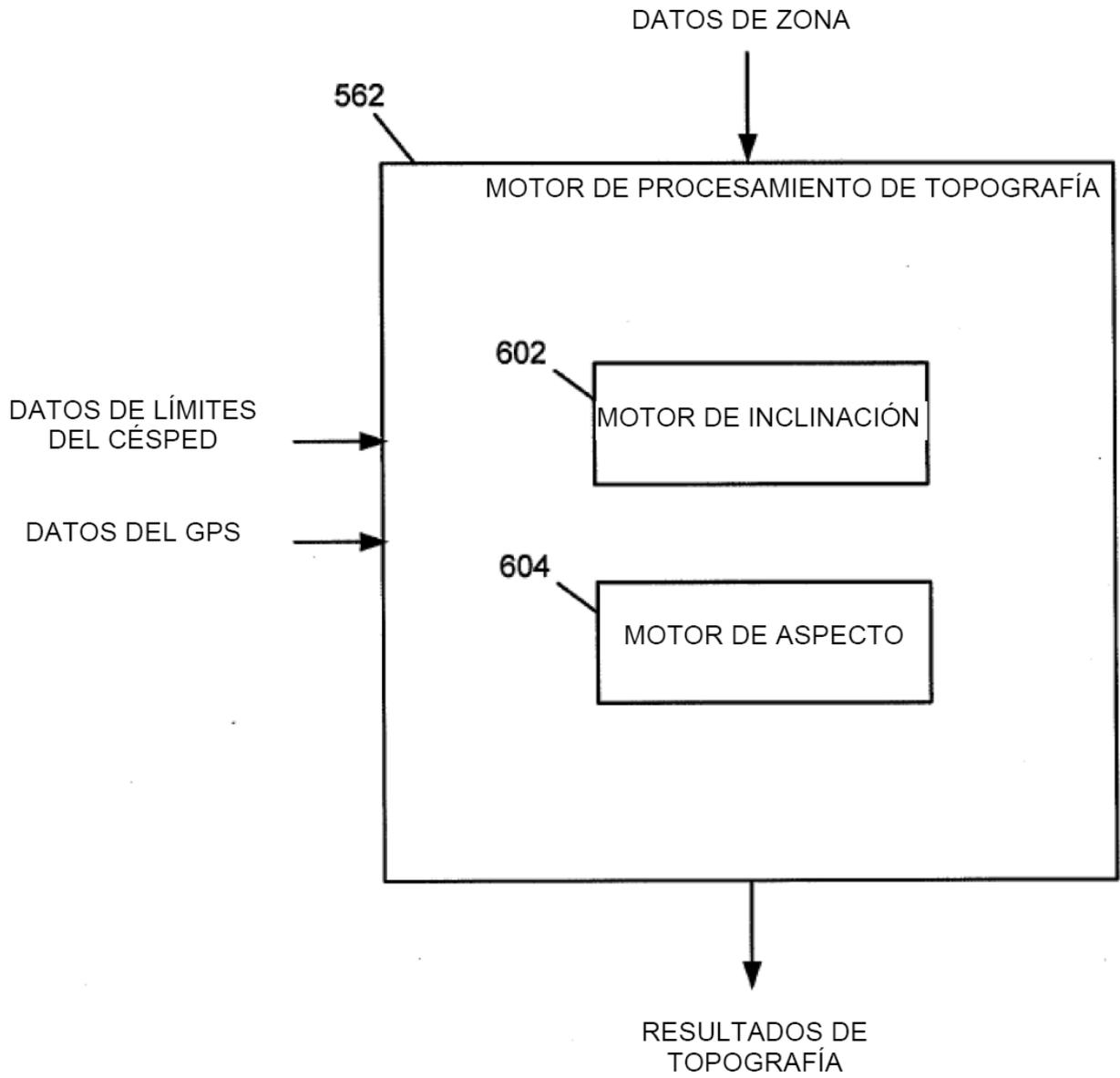


FIG. 17

FIGURA 18



**FIGURA 19**

INCLINACIÓN PROMEDIO (GRADOS)	PUNTUACIÓN DE INCLINACIÓN
$S < 2,6$	0
$2,6 \leq S < 4$	10
$4 \leq S < 6,9$	20
$6,9 \leq S < 8,6$	30
$8,6 \leq S < 12$	40
$12 \leq S$	50

