

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 759**

51 Int. Cl.:

A01C 23/04 (2006.01)

A01G 25/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.07.2020** **E 23157226 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 4218387**

54 Título: **Riego y fertirrigación adaptados al estrés**

30 Prioridad:

16.07.2019 US 201962874882 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.02.2025

73 Titular/es:

RESPONSIVE DRIP IRRIGATION, LLC (100.00%)
6404 Manatee Avenue W., Suite N
Bradenton, FL 34209, US

72 Inventor/es:

CONKLIN, DAVID, A.;
GOULD, JANICE, K. y
LE, TAM, M.

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 999 759 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

Riego y fertirrigación adaptados al estrés

5 **Antecedentes****Campo de la invención**

10 La invención se refiere en general al riego de plantas. Más particularmente, pero no de forma excluyente, las realizaciones de la invención proporcionan un método de riego.

Descripción de la técnica relacionada

15 Se conocen diversos sistemas y métodos de riego y fertirrigación de plantas. El riego se refiere al suministro controlado de agua; la fertirrigación suele consistir en la inyección de fertilizantes u otros medios en un sistema de riego. Como se utiliza en el presente documento, el riego puede incluir la fertirrigación.

20 Se conocen varias condiciones de estrés que dañan las plantas y reducen el rendimiento de los cultivos. Muchos sistemas y métodos de riego no compensan adecuadamente tales estrés. Por otra parte, los métodos conocidos que se limitan a modificar un programa de riego en respuesta al estrés percibido, por ejemplo, aumentando la duración del riego en un sistema de aspersión sobre el suelo, no suelen ser eficaces en los sistemas de riego por goteo subsuperficial (SDI). Se necesitan sistemas y métodos de riego mejorados adaptables al estrés. El documento US4538377A propone un sistema de riego, el documento WO2018/071883A1 divulga una tubería de riego híbrida, y el documento US9527267 divulga una tubería de entrega para riego.

25 **Sumario de la invención**

30 En un aspecto de la presente invención se proporciona un método de riego de acuerdo con la reivindicación 1. Otros aspectos y realizaciones preferidas se establecen en las reivindicaciones 2 y siguientes. Las realizaciones de la invención están dirigidas a un método de riego subsuperficial configurado para operar en un modo de respuesta a planta, y además configurado para realizar ciertas adaptaciones en respuesta al estrés de la planta. Las adaptaciones por estrés pueden incluir, por ejemplo, aumentar selectivamente la presión de la fuente del fluido de riego, calentar o enfriar el fluido de riego y/o inyectar fertilizantes y/o modificaciones no fertilizantes en el fluido de riego. Las realizaciones alternativas y sus ventajas, se describirán a continuación.

35 **Breve descripción de los dibujos**

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de un método de riego, de acuerdo con la invención;

40 la Fig. 2 es una vista de ensamblaje de un tubo de entrega, ilustrado en sección transversal;

la Fig. 3A es una vista de ensamblaje de un tubo de entrega, ilustrado en sección transversal;

45 la Fig. 3B es una vista de ensamblaje de un tubo de entrega;

la Fig. 4 es un diagrama esquemático de un sistema de riego;

la Fig. 5 es un diagrama esquemático de un sistema de riego;

50 la Fig. 6 es un diagrama esquemático de un sistema de riego;

la Fig. 7 es un diagrama esquemático del depósito ilustrado en la Fig. 5;

55 la Fig. 8 es un diagrama esquemático del depósito ilustrado en la Fig. 6;

las Figs. 9A y 9B son un diagrama de flujo de un método para usar el sistema ilustrado en las Figs. 5 o 6; y

las Figs. 10A y 10B son un diagrama de flujo de un método para usar del sistema ilustrado en las Figs. 5 o 6.

60 **Descripción detallada**

A continuación, se describen realizaciones de la invención con referencia a los dibujos. Tales realizaciones pretenden ser ilustrativas y no restrictivas. Los dibujos no están a escala. Algunas de las características ilustradas en los dibujos pueden tener un tamaño exagerado y otras pueden omitirse por completo, por razones de claridad.

65 Las siguientes secciones comienzan con una revisión de algunos factores ambientales que pueden controlarse en un

esfuerzo por evaluar el estrés ambiental. La descripción que figura a continuación comienza con una visión general del estrés de las plantas. A continuación se describe un método de riego (haciendo referencia a la Fig. 1), una tubería de riego microporosa a modo de ejemplo (haciendo referencia a las Figs. 2, 3A y 3B), sistemas de riego a modo de ejemplo (haciendo referencia a las Figs. 4-8), y métodos para usar dichos sistemas (haciendo referencia a las Figs. 9A, 9B, 10A y 10B).

Los títulos de las secciones se utilizan a continuación por comodidad de uso. La descripción de cualquier característica reivindicada no se limita necesariamente a ninguna sección de esta memoria descriptiva.

10 Estrés de las plantas

Los estresores de las plantas son el resultado de condiciones de crecimiento no ideales que aumentan las exigencias de la planta. Los estresores abióticos (estresores ambientales) se producen de forma natural, factores inanimados tales como: luz solar intensa, vientos fuertes, temperaturas extremas (frío o calor), sequía, inundación, herbicidas, plaguicidas y las malas condiciones del suelo, por ejemplo, salinidad, acidez, falta de nutrientes (macro y micro), y metales pesados. Los estresores abióticos menos conocidos suelen producirse a menor escala. Los mismos incluyen: malas condiciones edáficas como el contenido de roca y los niveles de pH, alta radiación, compactación y contaminación. Cualquiera de estos estresores puede influir negativamente en el desarrollo de las plantas y en la productividad de los cultivos. El estrés abiótico se considera el factor más perjudicial para el crecimiento y la productividad de los cultivos. Los estresores abióticos son más dañinos cuando se dan juntos, en combinaciones de factores de estrés abióticos, tal como climas áridos, desérticos.

Los estresores bióticos incluyen perturbaciones vivas tales como hongos, bacterias, insectos y malezas. Los virus también causan estrés biótico a las plantas. Los hongos causan más enfermedades en las plantas que cualquier otro factor de estrés biótico. Los microorganismos pueden causar el marchitamiento de las plantas, manchas foliares, pudrición de las raíces o daños en las semillas. Los insectos pueden causar graves daños físicos a las plantas. Los insectos también pueden propagar virus y bacterias de plantas infectadas a plantas sanas. Las malezas inhiben el crecimiento de las plantas deseables al competir por el espacio y los nutrientes.

La primera línea de defensa de una planta contra el estrés abiótico y biótico está en sus raíces. Si el suelo que alberga la planta proporciona suficiente agua y nutrientes en respuesta a las necesidades de la planta y, por lo demás, es sano y biológicamente diverso, la planta tendrá más posibilidades de sobrevivir a condiciones de estrés sobre el suelo. Las realizaciones de la invención monitorizan los estresores de las plantas y proporcionan una intervención apropiada en la rizosfera para minimizar una variedad de estresores de las plantas.

35 Método para riego a modo de ejemplo

La Fig. 1 es un diagrama de flujo de un método de riego, de acuerdo con la invención. Como se muestra en el presente documento, el proceso comienza en la etapa 105 realizando un riego subsuperficial a través de una tubería microporosa tratada con un polímero hidrófilo en modo de respuesta radicular, el modo de respuesta radicular caracterizado por una presión de suministro relativamente baja (al tubo) y un recorrido de fluido de extremo cerrado. Tal modo de riego es extremadamente eficiente en el uso del agua, y es el modo de riego preferido cuando las plantas no están bajo estrés.

A continuación, el proceso determina una condición de estrés de la planta en la etapa 110. La etapa 110 puede realizarse por ejemplo, comparando los datos del sensor con un umbral predeterminado, mediante inspección visual y/o análisis de tejidos vegetales o del suelo. Por ejemplo, las lecturas de los sensores de temperatura ambiente y/o de temperatura del suelo pueden compararse con valores umbral predeterminados para determinar que existe una condición de temperatura elevada. Del mismo modo, los datos de velocidad del viento de un anemómetro pueden compararse con umbrales predeterminados. Los datos de temperatura y viento se integran preferentemente a lo largo del tiempo para modelizar los efectos de la transpiración de forma más precisa. Como otro ejemplo de la etapa 110, la inspección visual, ya sea realizada o asistida por humanos, sensores de imágenes locales, o activos aéreos, puede revelar decoloración de hojas, marchitamiento de las plantas, encamado (desplazamiento de tallos o raíces), enfermedad, infestación de plagas, presencia de malezas u otros indicios de estresores vegetales presentes o emergentes. Los datos de los sensores de salinidad subsuperficiales pueden compararse con un nivel de tolerancia a la sal conocido para un tipo de planta determinado. El análisis del suelo puede revelar, por ejemplo, la falta de microbios beneficiosos en el aceite o la presencia de hongos nocivos.

En la etapa 115, el proceso selecciona un tratamiento entregado por el sistema basándose en la condición de estrés de la planta, incluyendo el tratamiento entregado por el sistema una presión de suministro relativamente alta y un recorrido de fluido de recirculación. En el caso de estrés relacionado con la temperatura, por ejemplo, el tratamiento entregado por el sistema seleccionado puede incluir el enfriamiento o calentamiento del fluido de riego, y también puede incluir la adición de un tensioactivo al fluido de riego. Para el estrés por viento no acompañado de temperaturas extremas, el proceso puede seleccionar la presión de suministro relativamente alta y el recorrido de recirculación único. Cuando la condición de estrés de la planta se determinó en la etapa 110 como una condición del suelo y/o un desequilibrio mineral, el proceso puede seleccionar un aditivo agroquímico para enmendar el fluido de riego para

corregir el déficit o problema del suelo en la etapa 115. Del mismo modo, donde se determina la presencia de estresores bióticos, el proceso puede seleccionar, por ejemplo, a partir de una o más modificaciones biológicas, activadores de raíces/suelo, aditivo orgánico, o plaguicidas.

La presión de suministro relativamente alta (preferida en todos los casos de tratamiento), y el tensioactivo (cuando se añade), tenderán a aumentar la tasa de emisión del líquido de riego desde la tubería hasta el hueso radicular. El recorrido de recirculación (también preferida en todos los casos de tratamiento) facilitará un suministro más homogéneo (en términos de temperatura y concentración de modificación) del fluido de riego a lo largo de la longitud funcional de la tubería subsuperficial.

El proceso (descrito anteriormente) realiza el tratamiento entregado por el sistema en la etapa 120, y determina cuándo finalizar el tratamiento entregado por el sistema en la etapa 125. El tratamiento entregado por el sistema está previsto que sea temporal. La determinación en la etapa 125 podría basarse en una duración predeterminada (por ejemplo, basándose en el tipo de tratamiento), en una duración calculada (por ejemplo, basándose en la gravedad de uno o varios estresores determinados), o basándose en la evidencia de estrés reducido (por ejemplo, mejoras en los datos, observaciones o análisis en los que se basó la etapa 110).

Como se indica en la etapa condicional 135, si el tratamiento entregado por el sistema ha incluido una modificación de fluido, entonces el proceso avanza a la etapa 140; de lo contrario, el proceso vuelve directamente a la etapa 105. La etapa de limpieza 140 incluye preferentemente suministrar fluido de riego a una presión de suministro relativamente alta, y usar el recorrido de fluido de recirculación, pero sin añadir modificaciones. Una excepción es aquella donde el tratamiento entregado por el sistema incluye una modificación con un tensioactivo, la etapa de limpieza 140 incluye preferentemente la modificación con un agente espesante para contrarrestar los efectos del tensioactivo sobre la emisión de fluido.

Ejemplos de tubería de riego microporosa

Cada una de las Figs. 2, 3A y 3B son una vista de ensamblaje de un tubo de entrega, ilustrado en sección transversal. Como se muestra en la Fig. 2, una membrana microporosa 205 se suelda a lo largo de las regiones 215 a un soporte 210 para formar un tubo de riego que tiene un lumen 220. Cada una de las realizaciones ilustradas en las Figs. 3A y 3B proporciona un tubo de riego sin un soporte 210. En cambio, en estos ejemplos, una membrana microporosa 305 se envuelve sobre sí misma para formar un tubo de entrega de riego que tiene un lumen 320. La realización de la Fig. 3A incluye una soldadura de costura plana 310 con un reborde 315; la realización de la Fig. 3B incluye una soldadura de aleta 325.

La membrana microporosa 205, 305, puede estar, por ejemplo, fabricada con polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET, también conocido como poliéster) u otro material adecuado. Como un ejemplo, la membrana microporosa 205, 305, puede ser DuPont Tyvek™ u otra tela no tejida o no hilada. Preferentemente, la membrana microporosa 205, 305, se trata (total o selectivamente) con un polímero hidrófilo para mejorar la capacidad de respuesta al exudado radicular.

Para la realización de la tubería en la Fig. 2, el soporte 210 es preferentemente un material menos costoso que la membrana microporosa 205. El soporte 210 es también preferentemente mucho menos poroso (es decir, efectivamente no poroso) en comparación con la membrana microporosa 205. Para la compatibilidad térmica, donde la membrana microporosa 205 es de PE, preferentemente, el soporte 210 también está fabricado de PE; donde la membrana microporosa 205 es de PP, el soporte 210 es preferentemente de PP; y donde la membrana microporosa 205 es PET, el soporte 210 puede ser PET. No es necesario que la superficie de la membrana microporosa 205 y la superficie del soporte 210 sean iguales para una longitud determinada de tubería.

Otras configuraciones de tubería de riego microporosa y tipos de soldadura son posibles, y también podrían usarse junto con uno o más sistemas y métodos adaptados al estrés divulgados en el presente documento. Por otra parte, algunas características o realizaciones pueden ser igualmente aplicables a aplicaciones superficiales y subsuperficiales de tubería de riego microporosa.

Sistemas a modo de ejemplo

Los sistemas a modo de ejemplo para llevar a cabo el método anterior, y las variantes del mismo, se describen a continuación haciendo referencia a las Figs. 4-8.

La Fig. 4 es un diagrama esquemático de un sistema de riego y fertilización. La realización ilustrada en la Fig. 4 podría ser aplicable, por ejemplo, a una gran explotación agrícola comercial. Como se muestra en el presente documento, un sistema de suministro 405 alimenta una tubería de cabecera 485 que está acoplada a múltiples tubos de entrega de riego microporosos subsuperficiales 493. Las múltiples plantas 495 tienen raíces 497 dentro de una distancia funcional de los tubos de entrega 493. Los tubos de entrega 493 podrían ser construidos, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figs. 2, 3A o 3B.

El sistema de suministro 405 incluye un depósito (RES) 410 acoplado para recibir fluido de la bomba de pozo (W) 415, una conexión de agua municipal (CW) 420, y una bomba de recirculación (RE) 425. Cada una de estas entradas del depósito 410 podría estar acoplada a través de una válvula (no mostrada). En la realización ilustrada, el depósito 410 incluye un calentador (HT) 430. Las válvulas 440, 445 están acopladas a las salidas del depósito 410. Un enfriador en línea (CH) 435 está acoplado a una salida de válvula 445.

Se fabrican bombas de recirculación 425 adecuadas, por ejemplo, por Blue Torrent Pool Products, Floject, Flotec y otros proveedores, de acuerdo con los requisitos de aplicación. El calentador 430 podría ser, por ejemplo, un elemento de calentamiento eléctrico revestido de vidrio, aunque también podría aplicarse geotermia u otras modalidades de calefacción de acuerdo con la elección del diseño. El enfriador en línea 435 podría ser o incluir, por ejemplo, una TropiCool®, Heatwave, GBB (Great Big Bopper de AquaCal) u otra bomba de calor alimentada por agua.

En el sistema de suministro 405, la salida del depósito 410 está además acoplada a los filtros (F) 450, y también acoplada a los tanques (T) 455, 460, 465 y 470 y al regulador de presión 480. Cualquiera de los tanques 455, 460, 465, 470 podría incluir una bomba (no mostrada).

El regulador de presión 480 está preferentemente configurado para transferir un flujo de fluido de presión relativamente baja desde el sistema de suministro 405 hasta la tubería de cabecera 485, por ejemplo, para un ajuste dentro del intervalo de 0,5 - 5,0 si, para su compatibilidad con los tubos de entrega microporosos 493. Un regulador 480 a modo de ejemplo es el regulador de diafragma Modelo 3865 fabricado por Ziggity Systems, Inc. El ajuste de presión deseado para dicho regulador de presión ajustable puede variar de acuerdo con las propiedades de los tubos de entrega 493. En realizaciones alternativas, podrían usarse otros ajustes de presión y/u otros reguladores 480.

Durante el funcionamiento, el depósito 410 es alimentado selectivamente por la bomba de pozo 415, la conexión de agua municipal 420, y/o la bomba de recirculación 425. El fluido se calienta selectivamente en el depósito 410 mediante el calentador 430; el fluido se enfría selectivamente a la salida del depósito 410 mediante el enfriador en línea 435 a través del accionamiento de las válvulas 440, 445. En algunos modos de funcionamiento, el fluido del sistema de suministro 405 no se calienta ni se enfría. El flujo a través de los filtros 450 puede ser también selectivo (por ejemplo, mediante válvulas adicionales, no mostradas) de acuerdo con la modificación de fluido y el estado de recirculación. Por lo general, cada tanque 455, 460, 465 y 470 podría contener un único tipo de modificación de fluido. Por ejemplo, el tanque 455 podría contener un fertilizante, el tanque 460 podría contener un tensioactivo, el tanque 465 podría contener un agente espesante, y el tanque 470 podría contener partículas para una carga en suspensión. El contenido (o una parte) de cada tanque 455, 460, 465 y 470 puede añadirse selectivamente al fluido de riego en el sistema de suministro 405, individualmente o en cualquier combinación, mediante el accionamiento de la válvula 475 correspondiente. El regulador 480 controla una presión de suministro del fluido de riego a la tubería de cabecera 485 y a los tubos de entrega 493. Durante la recirculación selectiva (es decir, de acuerdo con el estado de la bomba de recirculación 425), el fluido de riego se devuelve al sistema de suministro 405 a través del recorrido de recirculación 490.

El sistema de suministro 405 puede funcionar en modos alternativos. Por ejemplo, en un modo normal de respuesta a planta a baja presión, el calentador 430 y el enfriador 435 pueden estar inactivos, la válvula 440 puede estar abierta, las válvulas 445 y 475 pueden estar cerradas, el regulador 480 puede ajustarse para una presión relativamente baja (por ejemplo 1,5 psi), y la bomba de recirculación 425 podría apagarse. En un modo de tratamiento, el calentador 430 o el enfriador 435 pueden estar encendidos, una o más válvulas 475 pueden estar abiertas, el regulador 480 puede estar ajustado a una presión relativamente alta (por ejemplo 5,0 psi), y la bomba de recirculación 425 puede estar encendida.

Son posibles variaciones del sistema ilustrado en la Fig. 4 y descrito anteriormente. Por ejemplo, algunas realizaciones no requieren la bomba de pozo 415, la conexión de agua municipal 420, o la bomba de recirculación 425. En realizaciones alternativas, el calentador 430 podría colocarse en línea, fuera del depósito 410. El calentador 430 podría combinarse con el enfriador 435, por ejemplo, en una unidad de bomba de calor. El número y la colocación secuencial de los filtros 450 y los tanques 455, 460, 465 y 470 pueden variar. En una realización automatizada o semiautomatizada, el sistema de suministro 405 podría incluir un controlador; el controlador podría recibir señales de uno o más sensores ambientales, y el controlador podría emitir señales de control a la bomba de recirculación 425, al calentador 430, al enfriador en línea 435, a las válvulas 440, 445, 475 y/o al regulador de presión 480.

La Fig. 5 es un diagrama esquemático de un sistema de riego. Como se muestra en el presente documento, un sistema de suministro 500 alimenta una tubería de cabecera 505 que está acoplada a múltiples tubos de entrega de riego microporosos subsuperficiales 493. Las múltiples plantas 495 tienen raíces 497 dentro de una distancia funcional de los tubos de entrega 493. Los tubos de entrega 493 podrían ser construidos, por ejemplo, como se ha descrito anteriormente con referencia a las Figs. 2, 3A o 3B. Cada uno de los tubos de entrega está acoplado fluidicamente a la pata 506. Los sensores 508 pueden ser o incluir, por ejemplo, sensores enterrados de temperatura y/o salinidad.

El sistema de suministro 500 está configurado para que una fuente de agua a presión (W/S) 501 pueda acoplarse en serie a un desviador 502, a un primer regulador de presión 503 (que se ajusta para una salida de presión relativamente baja, por ejemplo 1,0 psi), a un desviador 504, y a la tubería de cabecera 505. Para algunas aplicaciones, el modelo

APR-Z053 de RDI puede ser adecuado para el primer regulador de presión 503.

El desviador 502 está también acoplado a múltiples válvulas inyectoras 517 y a la válvula de derivación 518. Cada una de las válvulas inyectoras 517 está acoplada en serie a una entrada de un inyector en línea 511 correspondiente. Los inyectores en línea 511 están configurados preferentemente para la adición precisa de fertilizantes solubles u otras modificaciones. Las salidas de los inyectores en línea 511 están acopladas a una salida de la válvula de derivación 518 y a una primera entrada de un depósito 510. Una primera salida del depósito 510 está acoplada en serie a una bomba 512 y a un enfriador/calentador 513. En realizaciones alternativas, el enfriador/calentador 513 podría ser un enfriador, o un calentador, en lugar de una combinación de enfriador y calentador. Una salida del enfriador/calentador 513 está acoplada a una segunda entrada del depósito 510. Una segunda salida del depósito 510 está acoplada en serie a una bomba de recirculación 519, a un segundo regulador de presión 514 (que se ajusta para una salida de presión relativamente alta, por ejemplo 5,0 psi) y al desviador 504. Para algunas aplicaciones, el modelo APR-M758 de RDI puede ser adecuado para el segundo regulador de presión 503. La pata 506 está acoplada en serie a la válvula de recirculación 509 y a una tercera entrada al depósito 510.

El controlador 516 es un componente opcional, de acuerdo con la elección del diseño. De estar incluidos, el controlador 516 podría estar configurado para recibir datos de los sensores 508, y podría controlar el funcionamiento de cualquiera de uno o más componentes ilustrados como parte del sistema de suministro 500 (con la excepción de controlar directamente la fuente de agua a presión 501). La bomba de recirculación 520 también es un componente opcional, basándose en las necesidades de aplicación. Puede ser necesaria una bomba de recirculación 520, por ejemplo, si el depósito 510 está situado a una altura mucho mayor que la pata 506.

En un modo normal (y el que menos agua consume), el sistema de suministro 500 puede suministrar fluido de riego sin modificar a la tubería de cabecera 505 a una presión relativamente baja y con un punto de terminación en la válvula de recirculación 509.

En el caso de un tratamiento entregado por el sistema en respuesta al estrés de la planta, el sistema de suministro 500 puede estar configurado para suministrar fluido de riego a la tubería de cabecera 505 a una presión relativamente alta, con o sin modificación desde uno o más inyectores en línea 511, y con o sin calentamiento o enfriamiento permitido por el enfriador/calentador 513. El funcionamiento durante el tratamiento entregado por el sistema incluye preferentemente un recorrido de recirculación a través de una válvula de recirculación abierta 509, y con la ayuda de la bomba de recirculación 519 (y la bomba de recirculación 520, si procede).

La Fig. 6 es un diagrama esquemático de un sistema de riego. El sistema de riego ilustrado en la Fig. 6 es sustancialmente similar al sistema de riego ilustrado en la Fig. 5, excepto por pequeñas diferencias entre el sistema de suministro 600 y el sistema de suministro 500. En particular, el sistema de suministro 600 elimina la bomba 512, sustituye el depósito 510 por el depósito 610, y acopla el enfriador/calentador en línea. El sistema de suministro 600 requiere que los inyectores en línea 511 seleccionados puedan proporcionar un caudal suficiente para el enfriador/calentador 513 seleccionado. Con esa salvedad, el sistema de suministro 600 puede suministrar los mismos modos "normal" y "tratamiento entregado por el sistema" descritos anteriormente con referencia al sistema de suministro 500. Como se ha indicado anteriormente, en realizaciones alternativas, el enfriador/calentador 513 podría ser un enfriador, o un calentador, en lugar de una combinación de enfriador y calentador.

La Fig. 7 es un diagrama esquemático del depósito 510 ilustrado en la Fig. 5. El depósito 510 incluye paredes aisladas térmicamente 705, tres entradas 710, 715, 720, dos salidas 725, 730, y un drenaje 735. El fluido 740 se mantiene por debajo de una línea de llenado predeterminada 745, por ejemplo con ayuda de un interruptor de flotador (no mostrado). Haciendo referencia a la Fig. 5: la entrada 710 puede provenir de las salidas de los inyectores en línea 511 y de la válvula de derivación 518; la entrada 715 puede ser desde el enfriador/calentador 513; y la entrada 720 puede estar acoplada a la válvula de recirculación 509. La salida 725 puede ser hacia la bomba 512, y la salida 730 puede ser hacia la bomba de recirculación 519.

La Fig. 8 es un diagrama esquemático del depósito 610 ilustrado en la Fig. 6. Comparado con el depósito 510, el depósito 610 suprime la entrada 710 y la salida 725.

Las Figs. 9A y 9B son un diagrama de flujo de un método para usar del sistema ilustrado en las Figs. 5 o 6. La etapa 905 consiste en suministrar fluido desde una fuente de agua a presión 501 a la tubería de riego microporosa subsuperficial 493 a través de un primer regulador de presión 503 a una presión de ajuste relativamente baja, estando la tubería 493 tratada con un polímero hidrófilo, finalizándose un recorrido fluido a través de la tubería en una válvula de recirculación cerrada 509. La etapa 910 es determinar una condición de estrés de la planta y seleccionar al menos una modificación basándose en la condición de estrés de la planta. La etapa 915 consiste en desviar el fluido desde la fuente de agua a presión 501 hacia al menos un inyector 511 en lugar de hacia el primer regulador de presión 503, estando cada uno del al menos un inyector 511 asociado a una correspondiente de la al menos una modificación. La etapa 920 es inyectar cada una de la al menos una modificación usando el al menos un inyector 511, combinándose las salidas de al menos un inyector para producir un fluido de riego modificado. La etapa 925 es transferir el fluido de riego modificado a la tubería 493 a través de un segundo regulador de presión 514 a una presión de ajuste relativamente alta, siendo la presión de ajuste relativamente alta superior a la presión de ajuste relativamente baja. La

etapa 930 es abrir la válvula de recirculación 509, y activar al menos una bomba de recirculación 519, 520, convirtiéndose el recorrido fluídico a través de la tubería, mediante la apertura y la activación, en un recorrido de recirculación que acopla fluídicamente el segundo regulador de presión 514, la tubería 493, la válvula de recirculación 509, y la al menos una bomba de recirculación 519, 520. La etapa 935 es finalizar la inyección, finalizar la transferencia del fluido de riego modificado, y acoplar la fuente de agua a presión 501 al recorrido de recirculación mediante una válvula de derivación 518. La etapa 940 es esperar un tiempo predeterminado tras finalizar la inyección y finalizar la transferencia del fluido de riego modificado. La etapa 945 es cerrar la válvula de derivación 518, cerrar la válvula de recirculación 509, desactivar la al menos una bomba de recirculación 519, 520, desviar el fluido de la fuente de agua a presión 501 a la tubería 493 a través del primer regulador de presión 503 a la presión de ajuste relativamente baja.

En consecuencia, las modificaciones introducidas durante los tratamientos entregados por el sistema se eliminan de la tubería de riego subsuperficial suministrando únicamente fluido no modificado a una presión relativamente alta en el recorrido de recirculación durante un tiempo predeterminado antes de volver al modo de respuesta radicular de extremo cerrado y a presión relativamente baja.

Las Figs. 10A y 10B son un diagrama de flujo de un método para usar del sistema ilustrado en las Figs. 5 o 6. La etapa 1005 consiste en suministrar fluido desde una fuente de agua a presión 501 a la tubería de riego microporosa subsuperficial 493 a través de un primer regulador de presión 503 a una presión de ajuste relativamente baja, estando la tubería 493 tratada con un polímero hidrófilo, finalizándose un recorrido fluídico a través de la tubería en una válvula de recirculación cerrada 509. La etapa 1010 es determinar una condición de estrés de la planta y seleccionar al menos una modificación basándose en la condición de estrés de la planta, incluyendo la al menos una modificación un tensioactivo. La etapa 1015 consiste en desviar el fluido desde la fuente de agua a presión 501 hacia al menos un inyector 511 en lugar de hacia el primer regulador de presión 503, estando cada uno del al menos un inyector 511 asociado a una correspondiente de la al menos una modificación. La etapa 1020 es inyectar cada una de la al menos una modificación usando el al menos un inyector 511, combinándose las salidas de al menos un inyector para producir un fluido de riego modificado. La etapa 1025 es transferir el fluido de riego modificado a la tubería 493 a través de un segundo regulador de presión 514 a una presión de ajuste relativamente alta, siendo la presión de ajuste relativamente alta superior a la presión de ajuste relativamente baja. La etapa 1030 es abrir la válvula de recirculación 509, y activar al menos una bomba de recirculación 519, 520, convirtiéndose el recorrido fluídico a través de la tubería, mediante la apertura y la activación, en un recorrido de recirculación que acopla fluídicamente el segundo regulador de presión 514, la tubería 493, la válvula de recirculación 509, y la al menos una bomba de recirculación 519, 520. La etapa 1035 es finalizar la inyección de la al menos una modificación, y volver a inyectar al menos un agente espesante utilizando el al menos un inyector 511, combinándose las salidas de al menos un inyector para producir un fluido de riego espesado. La etapa 1040 es transferir el fluido de riego espesado a la tubería 493 a través del segundo regulador de presión 514 a la presión de ajuste relativamente alta. La etapa 1045 es esperar un tiempo predeterminado tras finalizar la inyección y finalizar la transferencia del fluido de riego modificado. La etapa 1050 es cerrar la válvula de derivación 518, cerrar la válvula de recirculación 509, desactivar la al menos una bomba de recirculación 519, 520, desviar el fluido de la fuente de agua a presión 501 a la tubería 493 a través del primer regulador de presión 503 a la presión de ajuste relativamente baja.

En consecuencia, los efectos de los agentes tensioactivos introducidos durante los tratamientos entregados por el sistema se contrarrestan al menos parcialmente en la tubería de riego subsuperficial suministrando agua con un agente espesante a una presión relativamente alta en el recorrido de recirculación durante un tiempo predeterminado antes de volver al modo de respuesta radicular de extremo cerrado y a presión relativamente baja.

Conclusión

Los expertos en la materia pueden reconocer fácilmente que pueden realizarse numerosas variaciones y sustituciones en la invención, su uso y su configuración para lograr sustancialmente los mismos resultados que se consiguen con las realizaciones descritas en el presente documento. Por ejemplo, las características descritas con referencia a diferentes realizaciones en esta solicitud pueden combinarse de formas no descritas expresamente. En consecuencia, no se pretende limitar la invención a las formas divulgadas a modo de ejemplo. Muchas variaciones, modificaciones y construcciones alternativas entran dentro del alcance de la invención divulgada.

REIVINDICACIONES

1. Un método para regar, que comprende las etapas de:

- 5 a) realizar (105) un riego subsuperficial a través de una tubería microporosa tratada con un polímero hidrófilo en un modo de respuesta radicular, teniendo el modo de respuesta radicular una presión de suministro relativamente baja y un recorrido de fluido de extremo cerrado; y
- b) determinar (110) una condición de estrés de la planta; el método **caracterizado por** las etapas de:
- 10 c) seleccionar (115) un tratamiento entregado por el sistema basándose en el estado de estrés de la planta, incluyendo el tratamiento entregado por el sistema incluye una presión de suministro relativamente alta y un recorrido de fluido de recirculación;
- d) realizar (120) el tratamiento entregado por el sistema;
- e) finalizar (130) el tratamiento entregado por el sistema;
- 15 f) determinar (135) si el tratamiento entregado por el sistema ha incluido modificación de fluido; y
- g) si el tratamiento entregado por el sistema ha incluido modificación de fluido, limpiar (140) el sistema; y si el tratamiento entregado por el sistema no ha incluido modificación de fluido, realizar (105) el riego subsuperficial a través de la tubería microporosa tratada con un polímero hidrófilo en un modo de respuesta radicular, siendo la presión de suministro relativamente baja inferior a la presión de suministro relativamente alta.

20 2. El método de la reivindicación 1, en donde la tubería microporosa está fabricada a partir de material de poliéster.

3. El método de la reivindicación 1, en donde la tubería microporosa está fabricada a partir de material de polietileno.

4. El método de la reivindicación 1, en donde la tubería microporosa está fabricada a partir de material de polipropileno.

25 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la condición de estrés de la planta es abiótica.

6. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en donde la condición de estrés de la planta es biótica.

30 7. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la modificación de fluido es un fertilizante.

8. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la modificación de fluido es un aditivo agroquímico.

35 9. El método de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en donde la modificación de fluido es un aditivo orgánico.

10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la limpieza del sistema incluye la circulación de fluido sin la modificación de fluido y a la presión de suministro relativamente alta durante un tiempo predeterminado.

40

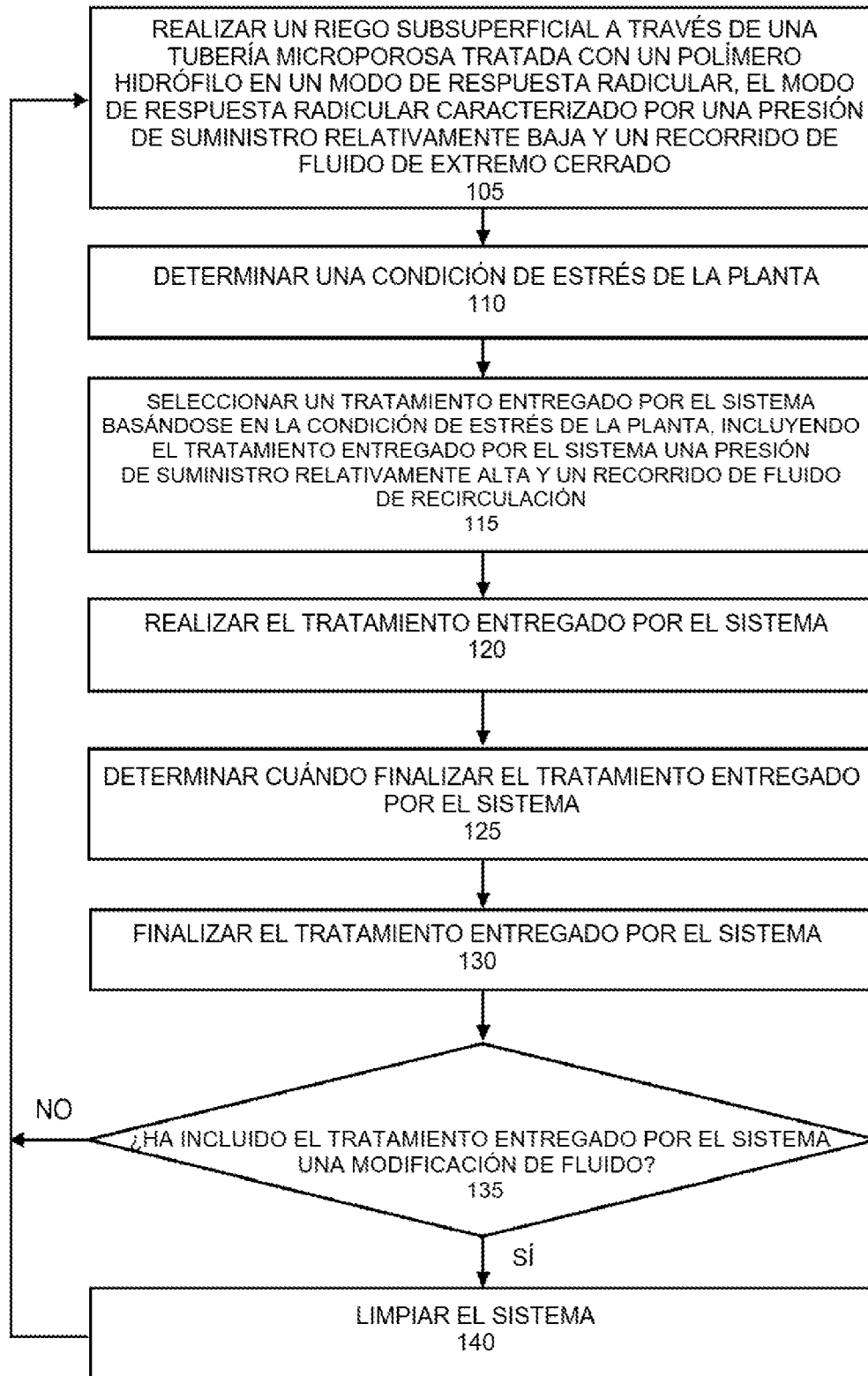


FIG. 1

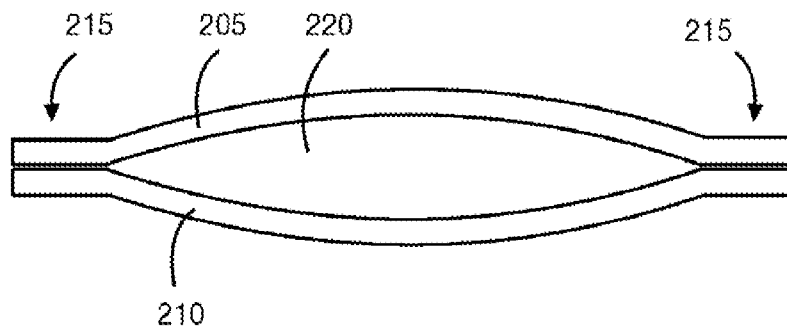


FIG. 2

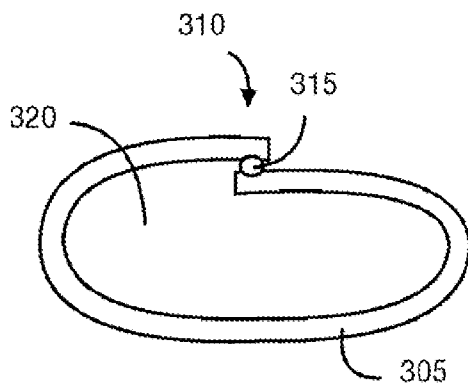


FIG. 3A

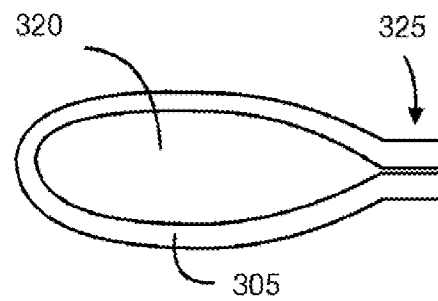


FIG. 3B

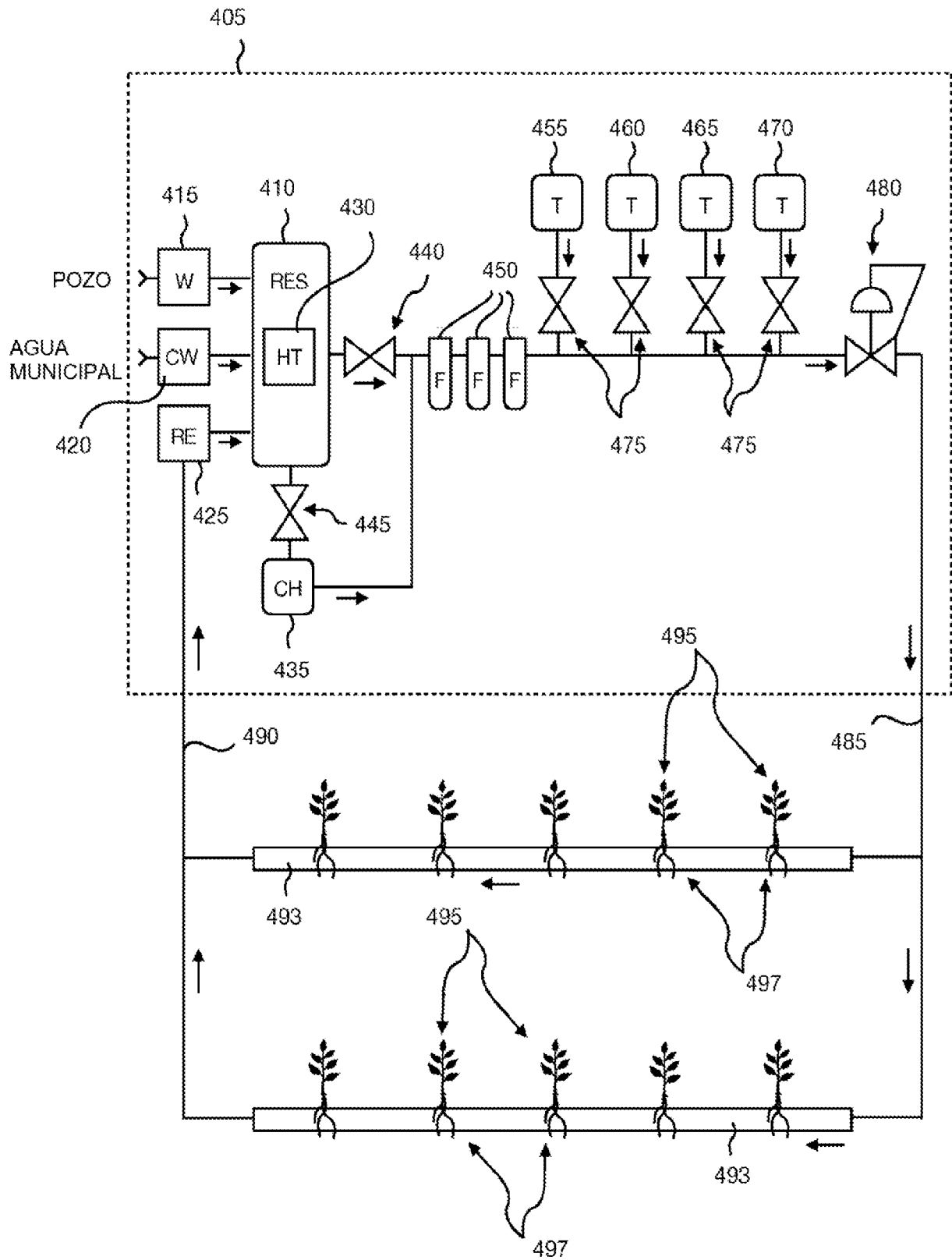


FIG. 4

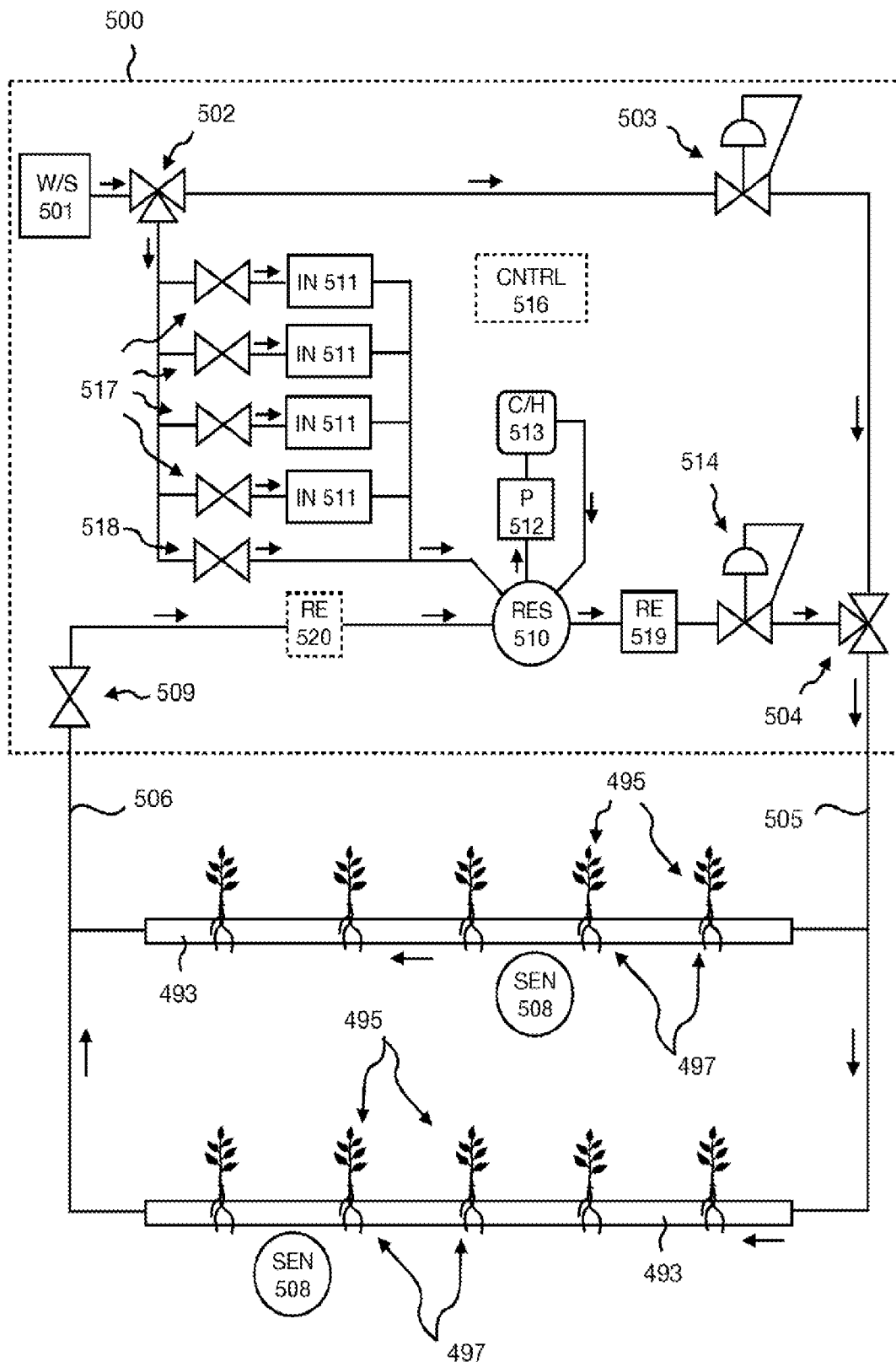


FIG. 5

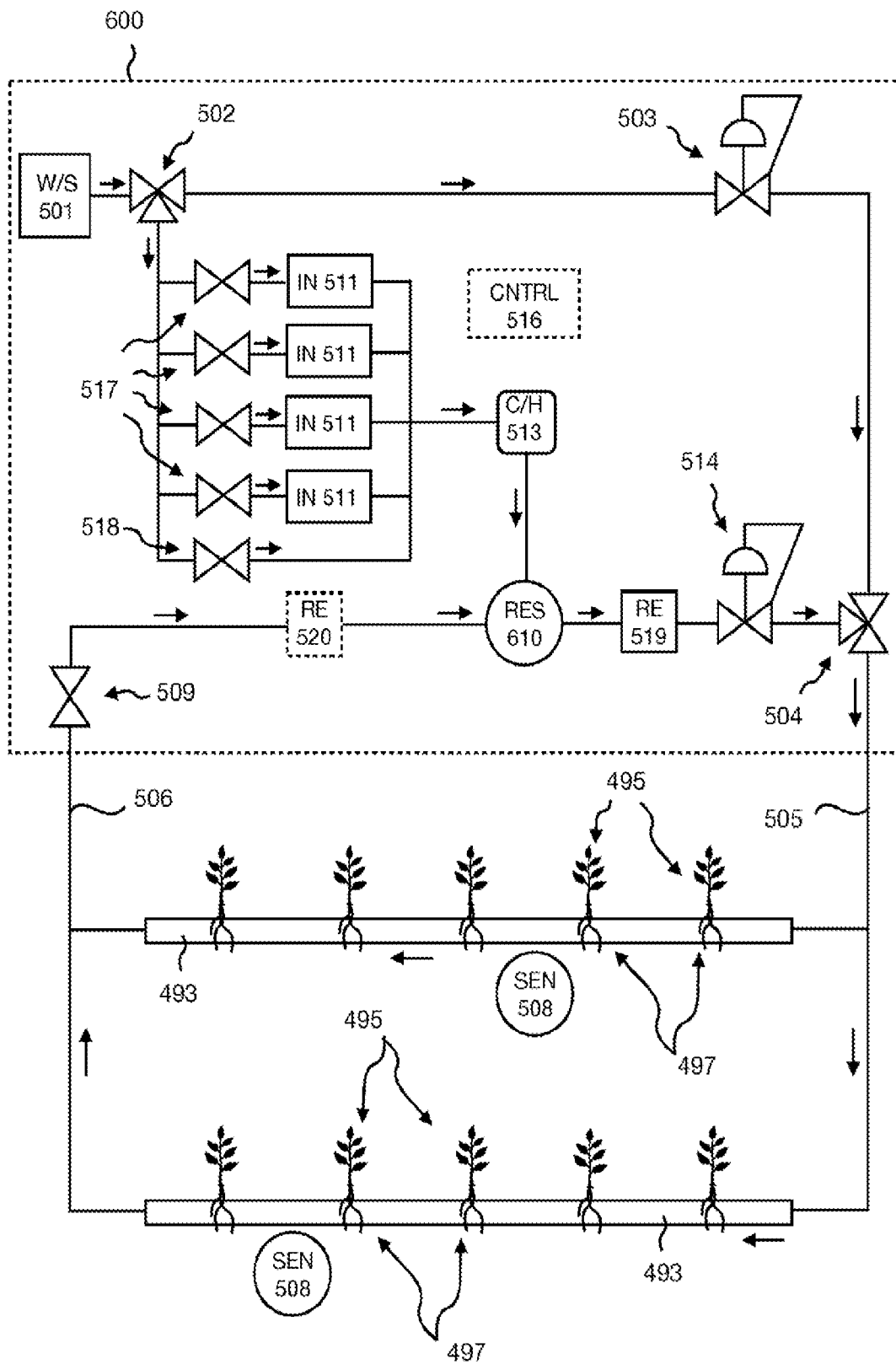
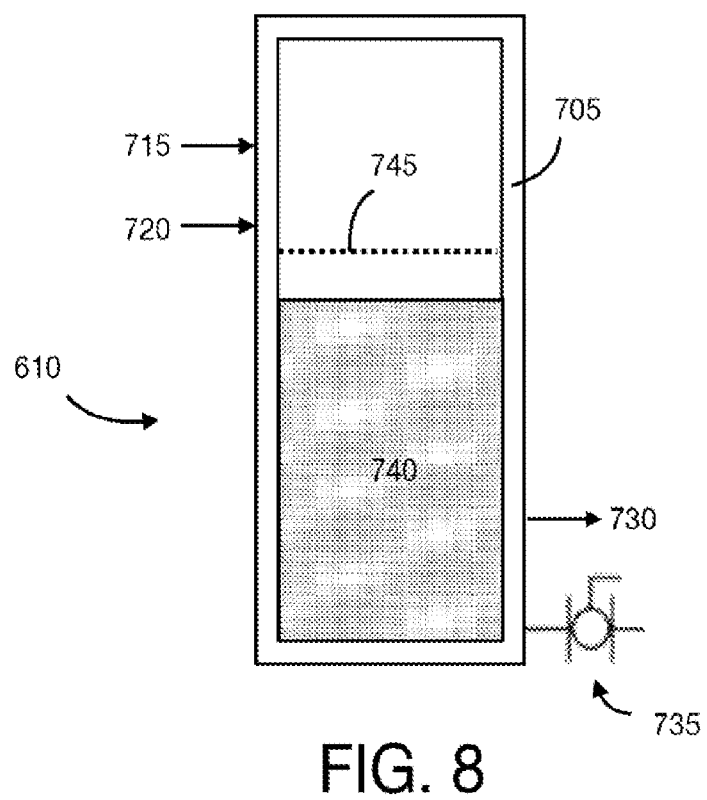
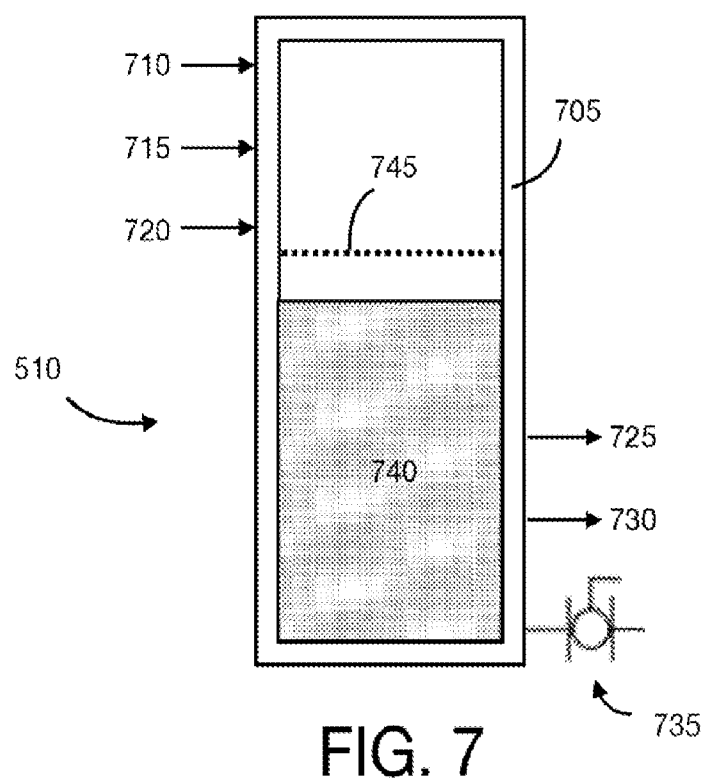


FIG. 6



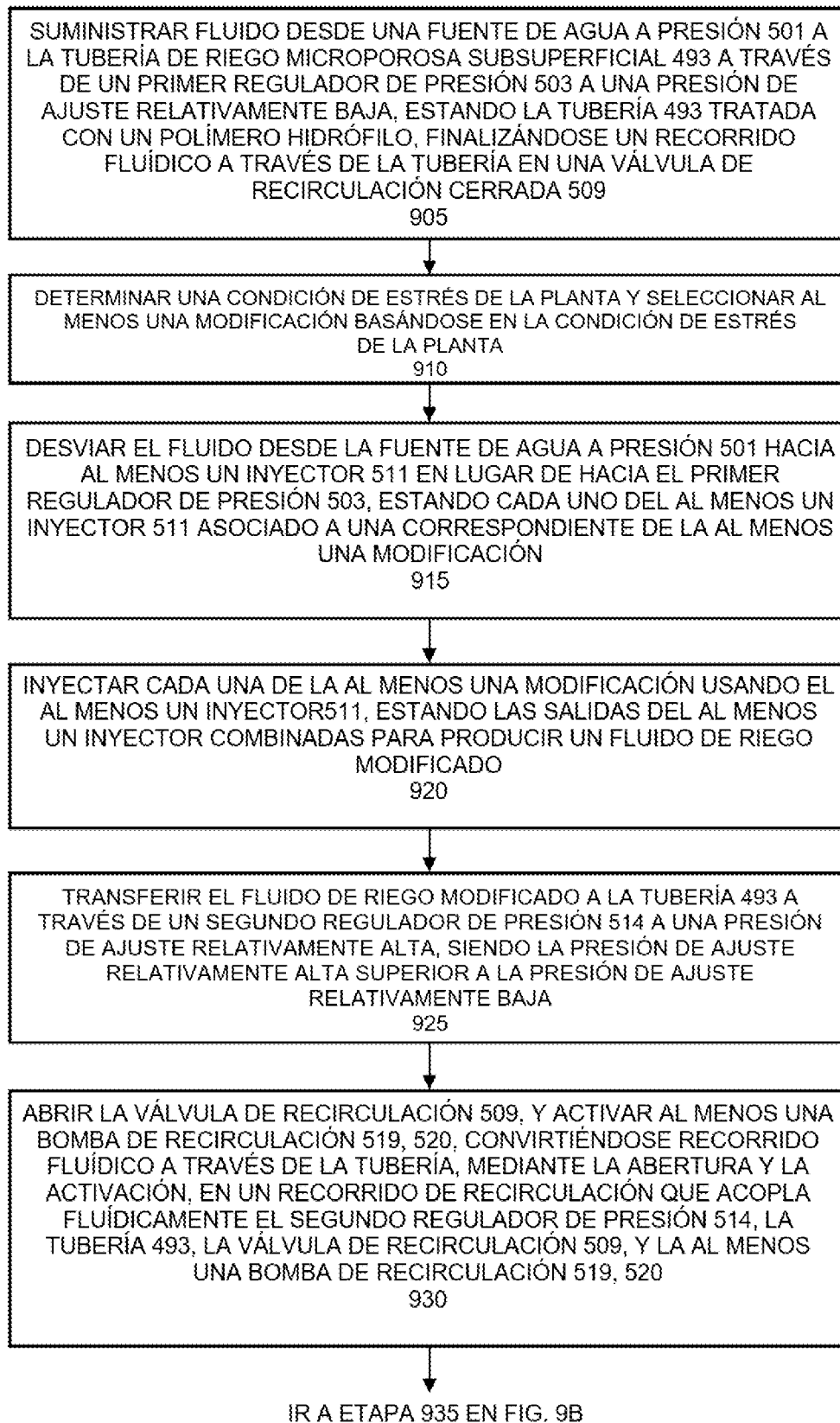


FIG. 9A

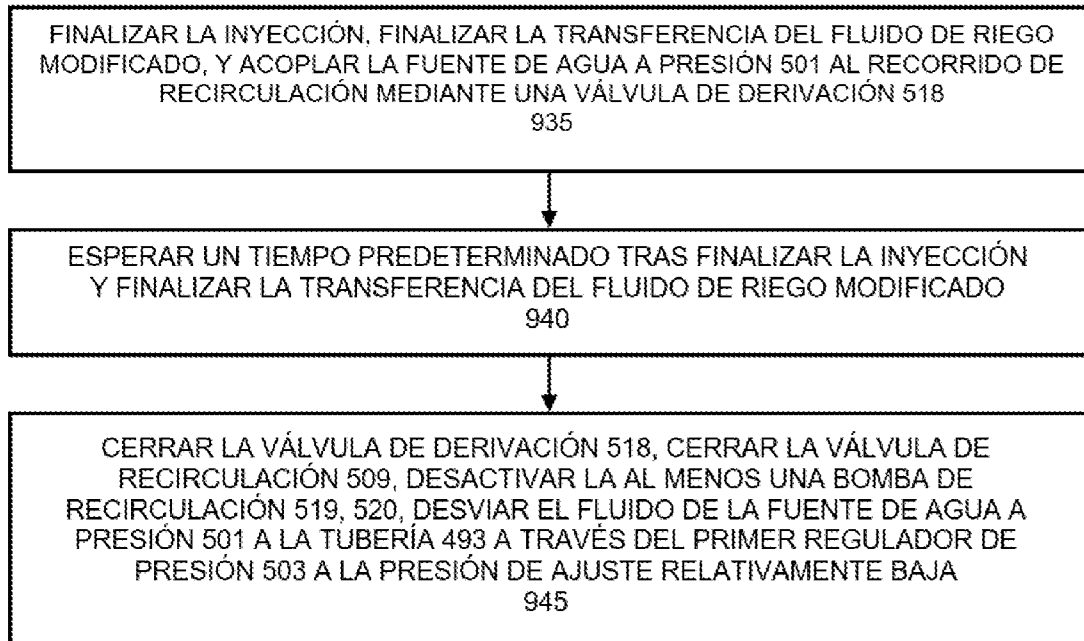


FIG. 9B

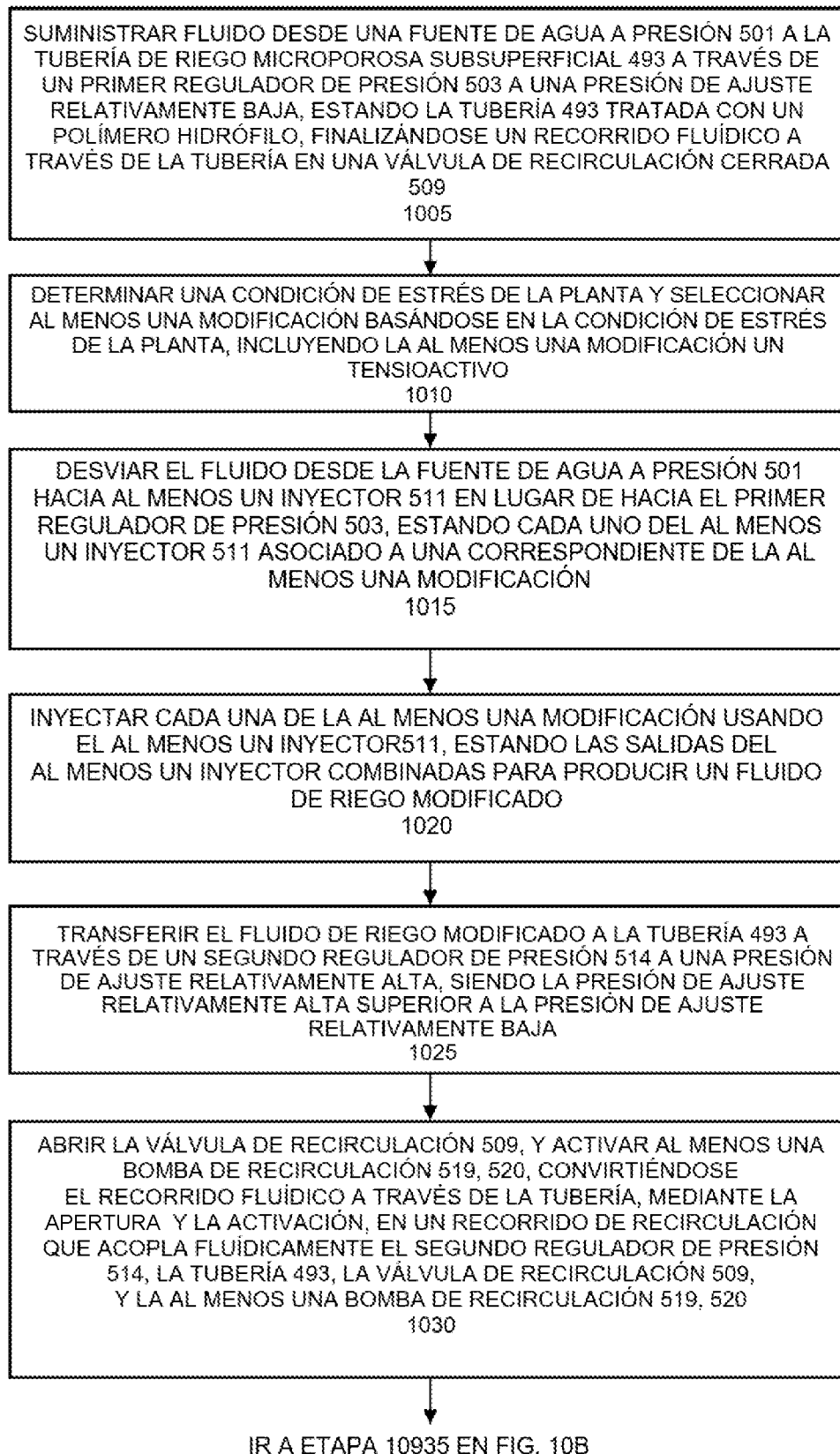


FIG. 10A

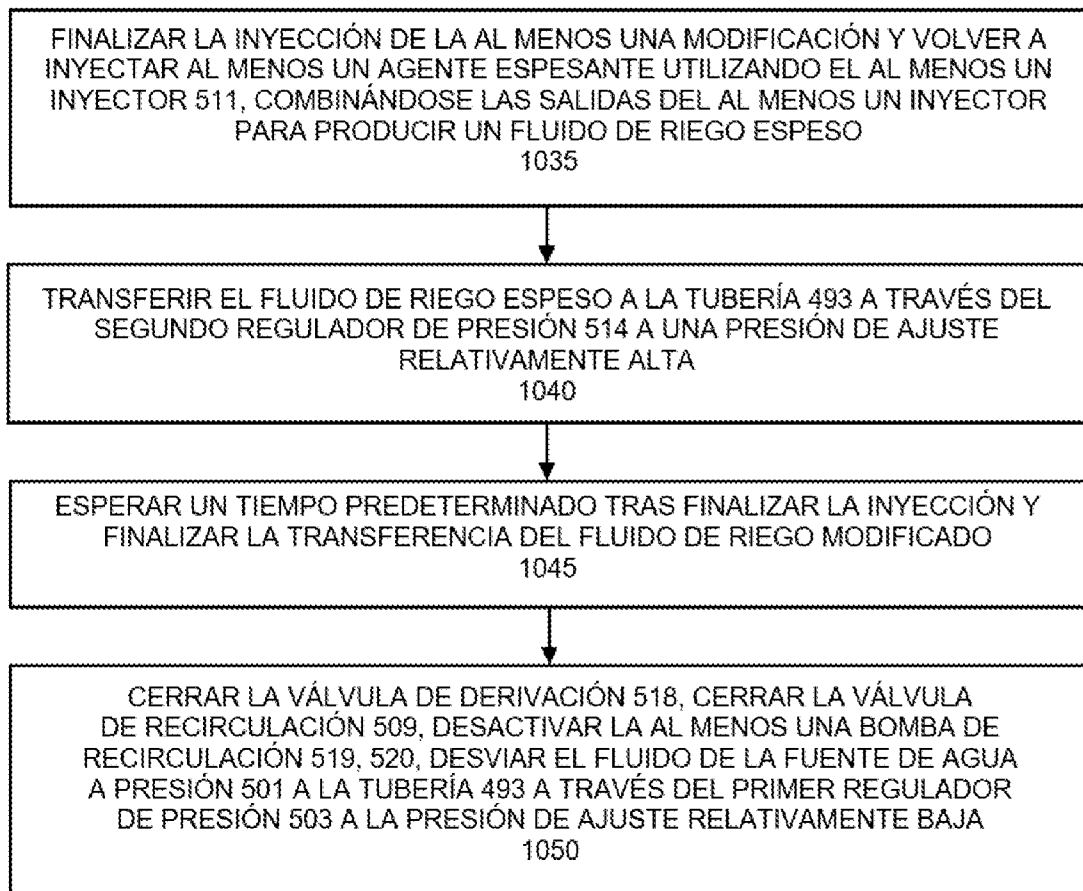


FIG. 10B