



OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① Número de publicación: **2 310 466**

② Número de solicitud: 200650003

⑤ Int. Cl.:
A01G 27/00 (2006.01)
G05D 11/00 (2006.01)

⑫

PATENTE DE INVENCION CON EXAMEN PREVIO

B2

② Fecha de presentación: **20.07.2004**

③ Prioridad: **23.01.2003 IL 154103**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **01.01.2009**

Fecha de la concesión: **27.06.2010**

Fecha de modificación de las reivindicaciones:
17.03.2010

⑤ Fecha de anuncio de la concesión: **09.08.2010**

⑥ Fecha de publicación del folleto de la patente:
09.08.2010

⑦ Titular/es: **C.I.T. CONTROLLED IRRIGATION TECHNOLOGIES Ltd.**
14 Oranim Street
Tivon 36043, IL

⑧ Inventor/es: **Benjamin, Zur**

⑨ Agente: **Carpintero López, Francisco**

⑩ Título: **Irrigación adaptativa a la vegetación.**

⑪ Resumen:

Irrigación adaptativa a la vegetación.

Se logra una irrigación adaptativa a la vegetación con una sonda (25) implantada dentro del suelo (S) para detectar las necesidades de humedad de las raíces midiendo la impedancia del suelo con unos contactos (27) distribuidos a lo largo de la sonda. Cuando se alcance una aridez umbral indicativa de las necesidades de las raíces a una profundidad $Z_{COMIENZO}$, previamente introducida dentro de un control lógico (31) acoplado a la sonda, entonces se inicia la irrigación. La irrigación se interrumpe cuando se detecte un frente de humedad en la profundidad $Z_{fin(i)}$ proporcionado automáticamente por el control lógico. La profundidad de interrupción del frente de drenaje $Z_{final(i)}$ que desciende por debajo de la profundidad $Z_{fin(i)}$, se compara con una profundidad Z_{FINAL} , introducida también previamente dentro del control lógico. La profundidad $Z_{fin(i)}$ está adaptativa a cada uno de los ciclos de irrigación i para que el frente de drenaje se interrumpe en la profundidad Z_{FINAL} . La sonda puede ser utilizada para determinar la profundidad $Z_{COMIENZO}$ en donde se detectan las caídas de la resistencia, midiendo la resistencia en tiempo extra.

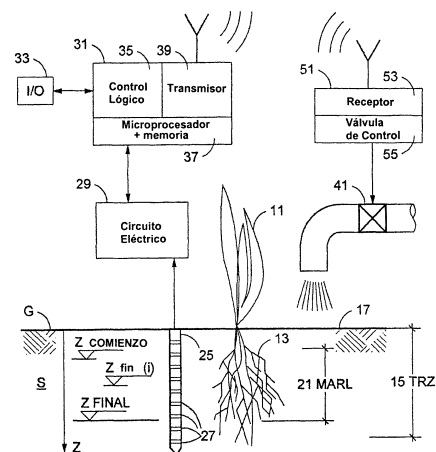


FIG.2

ES 2 310 466 B2

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

DESCRIPCIÓN

Irrigación adaptativa a la vegetación.

5 **Objeto de la invención**

La presente invención se refiere en general a la irrigación automática de la vegetación por medio de unos ciclos de irrigación sucesivos y, en particular, a la optimización de la irrigación adaptativa.

10 **Estado de la técnica**

15 En provecho de la conservación de los recursos hidráulicos, se han desarrollado unos procedimientos, sistemas y dispositivos para efectuar una irrigación óptima. Los documentos de patente US n° 5.341.831 y 6.618.673 anteriores, expedidas a nombre del inventor, serán mencionadas a continuación como, la patente '831 y la patente '673, respectivamente y están incorporadas aquí en su totalidad por referencia.

Los términos agua y fluido de irrigación los cuales pueden contener aditivos, se utilizan de forma intercambiable.

20 Aunque se aplique la corriente alterna (CA) y se midan las impedancias, la palabra resistencia se usa a continuación y se toma en consideración con el mismo significado.

La vegetación, las plantas y la flora se usan a continuación como sinónimos.

25 Según se describe en la patente '673, una irrigación óptima humedece el suelo en la línea de la zona de la raíz. El agua o el fluido de irrigación que desciende hasta una profundidad situada por debajo de las raíces de la vegetación se malgasta, ya que todo el beneficio para las plantas se pierde. Además, el agua que penetra por debajo de las raíces pone en peligro el nivel superior del subsuelo a cuífero, el cual puede polucionarse por I a acción de los agentes agroquímicos transportados con el agua descendente.

30 En el comienzo de la irrigación, el agua desciende desde el nivel del suelo, comenzando desde la zona cero y crea un frente de humedad que penetra hacia abajo dentro del suelo. En la Figura 1 de la técnica anterior descrita en la patente '673, se muestra la vegetación 10 con las raíces 12. También está ilustrada una sonda 26, con unos electrodos 36, los cuales detectan la llegada de un frente húmedo de irrigación creado por el descenso del agua de irrigación dentro del suelo. La detección se realiza midiendo la resistencia eléctrica entre dos electrodos. Cuanto más húmedo el suelo menor será la resistencia y viceversa. De esta manera, se demuestra la llegada de un frente de humedad a una cierta profundidad por una disminución de la resistencia medida sobre el par de electrodos 36 situados a una cierta profundidad.

40 Una primera profundidad del suelo Z_1 señala la profundidad inicial alcanzada por el frente de humedad en el momento en que se interrumpe el tiempo de irrigación. Por debajo de esa profundidad Z_1 el frente de humedad continua drenándose hacia abajo, no obstante ahora se conoce como frente de drenaje, el cual se interrumpe esencialmente cuando alcance la profundidad Z_F de interrupción del frente de drenaje, o la profundidad final de drenaje Z_F . En los ciclos de irrigación repetidos, la profundidad inicial Z_1 está ajustada adecuadamente para que la irrigación se interrumpa en la profundidad desde la cual el agua se drenará hasta alcanzar la profundidad Z_F pero no más abajo, lo cual se define como la parte inferior de la línea de la zona de la raíz, por debajo de la cual el agua no es beneficiosa para las plantas.

50 Aunque el fin de la patente '673 sea válido en términos generales, la base para el control de los ciclos de irrigación sucesivos permanece deficiente. La patente '673 no proporciona un criterio racional relacionado con cualquier parámetro asociado con las plantas o las raíces para ordenar el comienzo de un primero y de un siguiente ciclo de irrigación, sino que espera por un período de espaciamiento empírico D entre los ciclos de irrigación sucesivos. Dicho período de espaciamiento D no puede ser considerado como un parámetro cuantitativo dirigido al suelo, a las raíces o al frente de humedad, no obstante es simplemente la mejor apuesta, seleccionado como un factor de tiempo absoluto independiente.

60 Además, con la patente '673 no se toma ninguna medida para el reajuste de la medición de la impedancia tomada por la sonda 26, lo cual es necesario en respuesta a los cambios en el suelo y a las condiciones, tales como el cambio de la resistencia del suelo como continuación a la utilización de agentes agroquímicos. Una falta de ajustes a las mediciones de la resistencia perjudica la eficacia de adaptación que se espera de los ciclos de irrigación sucesivos.

65 Además, con la patente '673, los circuitos para probar las medidas derivadas de cada par de electrodos 36 que están distribuidos sobre la sonda 26, requieren un cableado masivo y un gran número de interruptores, evitando todos ellos la realización de un equipo barato y permisible. El término interruptor, según se usa a continuación, se refiere a un interruptor electrónico, aunque se utiliza la representación como un interruptor mecánico para facilitar la descripción.

Por ejemplo, según se muestra para el circuito eléctrico descrito en la Figura 3 de la patente '673, cuatro pares de electrodos, por tanto ocho electrodos 36, u ocho contactos numerados del 361 al 368, requieren ocho interruptores

ES 2 310 466 B2

marcados SW1 a SW8, para operaren paralelo, de esta manera se necesitan tantos interruptores como electrodos 36, requiriendo cada interruptor los conductores eléctricos necesarios 413, que los acompañan.

5 De otra manera, con el ejemplo anterior, los ocho contactos 36, numerados del 361 al 368, definen siete intervalos de medida. Por tanto, para n intervalos se necesitan n+1 interruptores.

10 Además, la implementación estructural de la sonda 26 de la patente '673 es compleja e intrincada y conlleva unas etapas de producción múltiples, haciendo que la sonda sea demasiado cara. En primer lugar, la sonda 26 necesita ser extruida de un material aislante, con los conductores eléctricos 68 encastrados dentro de la misma. A continuación, se mecaniza una punta ahusada 64 y también unas ranuras longitudinales 71 y 74, que serán después encastradas. A continuación, para cada electrodo individual, se corta una ranura longitudinal 78 y se envuelve una banda conductora dentro de la ranura y se asegura mediante un tornillo 80. Convirtiendo la fabricación de una sonda 26 en un proceso intrincado y caro.

15 Breve descripción de la invención

La Zona Total de la Raíz, o TRZ, se define como una región en la cual residen el 80% de las raíces de una planta, desde el nivel del suelo hacia abajo hasta una profundidad de fondo TRZ. Dentro de la TRZ existe una Capa de Raíces de Máxima Actividad, o MARL, con una alta densidad de raíces, en donde la absorción del fluido de irrigación, o la absorción de la humedad del suelo, es intensa y mayor que en las otras porciones de la TRZ. Por lo tanto, es en la MARL en donde el sistema de las raíces, o las raíces, generan aridez absorbiendo la humedad del suelo. La humedad es considerada como recíproca de la aridez. Cada tipo de vegetación se caracteriza por una profundidad de fondo de la TRZ específica y por un grosor y fondo de la capa MARL.

25 Lógicamente, es bueno medir la aridez o la humedad a una profundidad seleccionada en la MARL, en donde el agua absorbida por las raíces es más pronunciada, como un indicador que refleja las necesidades de las raíces de la vegetación en demanda de irrigación. La retirada rápida de la humedad del suelo en la profundidad de la MARL se explica por la alta densidad y concentración de las raíces en la zona, lo cual hace que esta capa sea la primera en necesitar un reaprovisionamiento de humedad. Por lo tanto, es a esa profundidad que los cambios de la resistencia del suelo medidos en tiempo extra son más significativos y proporcionan la mejor indicación con relación a los requisitos de irrigación de las plantas. Por lo tanto, los datos de la aridez del suelo se miden en la MARL y la profundidad de la MARL se considera como la “profundidad de comienzo de la irrigación”, o Z_{COMIENZO} , lo cual se ve como un parámetro racional relativo a las raíces.

35 Dicho criterio cuantitativo relacionado con la actividad de las raíces, que actualmente justifica el comienzo de un ciclo de irrigación nuevo cuando se alcance una condición del umbral de aridez predeterminada, está en contraste con el tiempo de retraso empírico propuesto en la patente '673. El criterio para comenzar la irrigación está basado ahora solamente en un parámetro cuantitativo que está relacionado directamente con, y que responde a las necesidades de las raíces. Según se describe a continuación, se acepta la profundidad de comienzo de la irrigación como una entrada manual introducida por un usuario.

40 Los límites de la profundidad de la TRZ para varios tipos de plantas son unos valores muy conocidos por los agricultores y por los granjeros. Cuando se trata de determinar la profundidad Z_{COMIENZO} comprendida dentro de la MARL, esa profundidad se conoce por experiencia, o bien, se utiliza la sonda para localizar la profundidad de máxima absorción de agua de las raíces, según se describe a continuación más detalladamente.

50 Se sabe que el agua que desciende dentro del suelo S es absorbida rápidamente en la profundidad $Z_{\text{COMIENZO BUSCADA}}$, de manera que el suelo en la profundidad Z_{COMIENZO} se seca más rápido y señala un aumento significativo en la resistencia en tiempo extra. Por lo tanto, con las mediciones de la resistencia tomadas en tiempo extra a lo largo de la profundidad de la sonda, existe una diferencia distinta de resistencia en la profundidad Z_{COMIENZO} , la cual señala la profundidad que va a ser seleccionada como un indicador de la aridez.

55 Para justificar la impedancia del suelo cambiante causada por, digamos, la presencia de agentes agroquímicos, los contactos de detección de la humedad del suelo de la sonda se reajustan automáticamente y se ajustan a cada nuevo ciclo de irrigación, bajo la orden de una dirección y control lógicos. De este modo, los parámetros de la impedancia del suelo se actualizan continuamente y la sonda deriva unas lecturas de impedancia absolutas.

60 La sonda provista para la utilización del procedimiento y del sistema es capaz de medir continuamente la impedancia, así como de detectar la inserción de la aridez o de la humedad, tal como el descenso, la llegada y interrupción de un frente de humedad, o de un frente de drenaje, en relación con la profundidad a lo largo de toda la longitud de la sonda.

65 Además, la sonda está implementada como una estructura construida como una pila de elementos modulares, los cuales son fáciles de ensamblar, para conformar una sonda siempre que se desee y la cual aumenta también la calidad de las medidas, a un costo reducido.

El sistema y procedimiento para la irrigación adaptativa a la vegetación fue probado como un implemento de la caja negra en distintas localidades que presentaban una vegetación variada y varias propiedades del suelo, es decir un

ES 2 310 466 B2

campo de golf con hierba, un jardín con flores, un huerto de árboles frutales, un huerto de hortalizas y un surco de árboles de aguacate que crecen bajo la supervisión de los investigadores en una estación gubernamental de pruebas de agricultura. Los resultados y los ciclos de funcionamiento fueron registrados y analizados. La proporción de ahorro del agua de irrigación alcanzada varía del 30% al 67%. Es decir, que aparte de la cantidad total usada previamente para irrigación, el ahorro fue algunas veces hasta de dos tercios. Estos resultados sorprendentes se explicarán mejor cuando tomemos en consideración que es posible utilizar el agua solamente cuando las condiciones de aridez en la MARL justifiquen la irrigación y solamente para el mantenimiento de la humedad en la línea de la profundidad de la TRZ.

Uno de los objetos de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento y un sistema para la irrigación adaptativa a la vegetación, que comprende:

- un control lógico (35) para poner en marcha y dirigir unos ciclos i sucesivos de irrigación, con $i = i [0, 1, 2, \dots, n]$, para una vegetación que tenga una capa de raíces de máxima actividad, o MARL, que se extiende sobre una línea de profundidad del suelo;
- por lo menos, una sonda (25) para su inserción dentro del suelo (S), teniendo cada una de, por lo menos, una de las sondas una longitud y transportando una pluralidad de contactos (27) que están distribuidos longitudinalmente en una alineación en paralelo separada para derivar unos datos de la impedancia (R) del suelo relacionados con la profundidad bajo las órdenes del control lógico, estando la, o por lo menos, una sonda acoplada al control lógico a través de un circuito eléctrico (29);
- un controlador (31) que pone en marcha al control lógico y que está acoplado para controlar a una válvula de irrigación (41) operativa para iniciar y para detener el flujo del fluido de irrigación a la vegetación que va a ser irrigada;
- por lo menos, un dispositivo I/O (33) que está acoplado al controlador y al control lógico;
- una profundidad Z_{FINAL} , por debajo de la cual no debería descender un frente de drenaje del fluido de irrigación, a menos que fuera deseado por un usuario, y
- una profundidad $Z_{FIN(i)}$ en la cual se detiene el flujo de irrigación y la cual se ajusta adecuadamente a cada uno de los ciclos de irrigación para converger como un frente de drenaje hacia la profundidad Z_{FINAL} , caracterizada por las etapas de:
- seleccionar una profundidad de comienzo de la irrigación $Z_{COMIENZO}$, comprendida dentro de la línea de la MARL, e introducir $Z_{COMIENZO}$ como un parámetro preajustado dentro del control lógico,
- poner en marcha el control lógico para proporcionar automáticamente un umbral de aridez representativo de una condición relativa a la aridez del suelo, asociada con unas propiedades de absorción del fluido dirigido a las raíces de la vegetación, y
- abrir la válvula de irrigación cuando se detecte el umbral de aridez en la profundidad $Z_{COMIENZO}$,
- con lo cual se inicia el flujo del fluido de irrigación en respuesta a las propiedades de absorción de humedad de las raíces de la vegetación.

La profundidad $Z_{COMIENZO}$ y la profundidad Z_{FINAL} , la cual es un objetivo de control, se introducen las dos dentro del control lógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O para proporcionar unos valores de la profundidad relacionados con la propiedad de las raíces, necesarios para poner en marcha y para dirigir los ciclos de adaptación de la irrigación, sucesivos.

Otro de los objetos de la invención es el de proporcionar una derivación de la impedancia del suelo, ajustada a las condiciones cambiantes del suelo para poniendo en marcha una operación de reajuste de la impedancia, por lo menos, una vez para cada ciclo de irrigación, la cual se ejecuta inmediatamente antes de iniciar el flujo del fluido de irrigación.

Otro objeto de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento y un sistema para derivar unas condiciones de aridez del suelo midiendo la impedancia del suelo entre un par de contactos adyacentes en la profundidad $Z_{COMIENZO}$. La derivación de la impedancia del suelo se mantiene ajustada a las condiciones cambiantes del suelo, poniendo en marcha una operación de reajuste de la impedancia después de parar el flujo del fluido de irrigación y después de un tiempo de retraso suficiente directamente asociado con las propiedades de absorción de las raíces. Este tiempo de retraso puede estar comprendido entre 5 horas y 20 horas y puede transcurrir después de 10 horas.

Uno de los objetos adicionales de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento y un sistema para derivar la profundidad de comienzo de la irrigación $Z_{COMIENZO}$ con la ayuda de la sonda, tomando por lo menos una medida de la impedancia entre cada uno de los contactos adyacentes que están distribuidos a lo largo de la sonda, por lo menos, una vez después de que se interrumpa el flujo del fluido de irrigación, siendo detectada $Z_{COMIENZO}$ dentro de la MARL como una impedancia altamente distintiva.

ES 2 310 466 B2

Uno de los objetos adicionales de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento y un sistema para la profundidad $Z_{FIN(i)}$, en la cual el flujo del fluido de irrigación se interrumpe en el primer ciclo de irrigación.

5 $i = 0$, se introducirá opcionalmente dentro del control lógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O, como cualquier profundidad situada a lo largo de toda la longitud de la sonda, con lo cual un frente de drenaje que descienda por debajo de la profundidad de la sonda durante, por lo menos, un ciclo de irrigación, sea una opción.

10 Otro objeto más de la presente invención es el de proporcionar un procedimiento y un sistema para que la sonda se construya como una espiga (400) ensamblada a partir de una colección de elementos seleccionados en combinación entre el grupo de elementos modulares que constan de unas piezas de contacto huecas (410), de unos separadores huecos (420), de unos conos (430) y de unas cubiertas (440), estando cada elemento configurado para proporcionar un soporte de retención mecánica sólido y una sujeción firme en una sucesión co-extendida longitudinal con un elemento adyacente. La espiga tiene, por lo menos, cuatro piezas de contacto, tres separadores, un cono y una cubierta, ensambladas para conformar una sonda rígida unitaria y las piezas de contacto huecas y los separadores huecos proporcionan 15 un canal co-extendido libre en el interior de la espiga.

Aun, otro de los objetos de la presente invención es el de proporcionar un sistema para que la profundidad $Z_{COMIENZO}$ y una profundidad Z_{FINAL} sean introducidas dentro del control analógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O, como dos valores de la profundidad relacionados con la propiedad de las raíces, necesarios para la puesta en marcha 20 de la irrigación adaptativa. La profundidad $Z_{FIN(i)}$ está ajustada adecuadamente por el control lógico, en cada ciclo de irrigación, para que el flujo del fluido de irrigación se interrumpe en la profundidad Z_{FINAL} .

Breve descripción de los dibujos

25 A fin de comprender la invención y para observar cómo se realizará en la práctica, se describirá ahora la realización preferente, solamente a modo de ejemplo no limitativo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos. Además, puede adquirirse una comprensión más completa de la presente invención y de las ventajas de la misma, haciendo referencia a la descripción siguiente tomando en consideración los dibujos adjuntos, en los que los mismos números de referencia señalan características idénticas y en los que:

30

la Figura 1 es una ilustración de la técnica anterior,

la Figura 2 muestra esquemáticamente la presente invención,

35

la Figura 3 muestra un detalle del circuito de conmutación separado del circuito eléctrico,

la Figura 4 ilustra los detalles de la sonda, y

40

la Figura 5 es un detalle esquemático de un par de contactos.

Realización preferente de la invención

La Figura 2 es una ilustración esquemática que ayuda a la descripción del procedimiento y del sistema para la irrigación adaptativa a la vegetación. La profundidad se mide a lo largo de un eje z, que está orientado verticalmente 45 hacia abajo desde el nivel del suelo dentro del suelo S. Las profundidades $Z_{COMIENZO}$, $Z_{FIN(i)}$ y Z_{FINAL} que aparecen en orden descendente, se hace referencia a las mismas más detalladamente a continuación.

La vegetación se describe como una planta 11 con raíces 13 que se extienden sobre una zona de raíces total TRZ, ó 15, desde el nivel del suelo 17 y hacia abajo. Se señala una capa de raíces de máxima actividad MARL, ó 21, en la que 50 se selecciona una profundidad $Z_{COMIENZO}$ y en la cual se prueba la progresión de la aridez. La aridez en la profundidad $Z_{COMIENZO}$ es indicativa de las necesidades de irrigación de las raíces y justifica el comienzo de la irrigación. Después de que la irrigación comience, un frente de humedad, no mostrado en la Figura 2, desciende desde el nivel del suelo 17 y desciende hacia la profundidad del suelo S. Cuando el frente de humedad alcance la profundidad Z_{FIN} , se interrumpe la irrigación y entonces el frente de humedad se convierte en un frente de drenaje. La profundidad de fondo de la TRZ, 55 definida como profundidad Z_{FINAL} , se selecciona como el límite inferior del frente de drenaje, más allá de la cual, con vistas al ahorro de agua, el agua de irrigación no debería descender, a menos que se desee.

Una sonda 25, implantada verticalmente hacia abajo dentro del suelo S, transporta una pluralidad de anillos de contacto 27, designados cada uno de ellos como contacto 27. Los contactos 27 están distribuidos longitudinalmente en 60 una alineación en paralelo separada, igualmente separados si se desea, y se usan por pares para derivar la impedancia R del suelo relacionada con la profundidad, bajo las órdenes de un control lógico. La sonda 25 está acoplada a un circuito eléctrico 29, el cual prueba las lecturas derivadas de la sonda 25 y está acoplada adicionalmente a un controlador 31. El controlador 31 funciona con un microprocesador 37 que está acoplado a una memoria, a un programa computerizado de control lógico 35 y a un transmisor 39. El transmisor 39 envía unas señales a una o más unidades remotas 51 65 que tienen un(os) receptor(es) 53. Cada receptor, o cada uno de los receptores 53 está acoplado a, y controlado por al menos una válvula de irrigación 41 operada a través de una válvula de control 55. El controlador 31 está unido también a, y controla a uno o más dispositivos I/O 33. Habría que señalar que un ORDENADOR es considerado también como un dispositivo I/O.

ES 2 310 466 B2

Aunque no se muestre en las Figuras, el controlador 31 puede estar equipado también con un receptor para aceptar los datos y los comandos procedentes de unas posiciones remotas. Los cables pueden utilizarse también en lugar de una transmisión sin cables, tal como una RF, para acoplarse entre el controlador 31 y la, por lo menos, una válvula de control 55, o con cualquier otra estación remota.

Los términos “sonda” 25, “válvula de irrigación” 41, “unidad remota” 51, “receptor” 53 y “control de válvula” 53 se refieren, bien al singular o al plural.

En funcionamiento, el controlador 31 ordena la toma de muestras de datos a través del circuito eléctrico 29, cuyas lecturas son tomadas por los contactos 27 de la sonda 25. Cuando el controlador 31 detecte que se alcanza un umbral de aridez en la profundidad-MARL, por lo tanto en la profundidad Z_{COMIENZO} , entonces el controlador 31 ordena la abertura de la(s) válvula(s) de irrigación 41. La irrigación del suelo 17 hace que un frente de humedad descienda dentro del suelo S, hacia abajo.

Unos pocos ejemplos de la línea de las raíces más profundas en la TRZ, por encima de la cual se selecciona la profundidad Z_{COMIENZO} , se ilustran en la Tabla 1 a continuación:

TABLA 1

TIPO DE VEGETACION	PROFUNDIDAD TRZ REPRESENTATIVA [en centímetros]
--------------------	----------------------------------------------------

Zanahorias	10 - 20
Hierba	20 - 40
Arbol de Aguacate	30 - 50
Arboles cítricos	35 - 55
Algodón	80 - 100

Después de que se inicia un ciclo de irrigación y una vez que la sonda 25 devuelve los datos indicativos de la detección del frente de humedad en la profundidad Z_{FIN} , situado por encima de Z_{FINAL} , entonces el controlador 31 ordena el cierre de la(s) válvula(s) de irrigación 41. El cierre ocurre cuando se alcance el umbral-fin de la irrigación. El objeto es el de interrumpir el flujo del agua de irrigación a una profundidad objetivo Z_{FIN} , en la cual el controlador 31 se adapta sucesivamente a cada ciclo de irrigación, de manera que un frente de drenaje se detenga en la profundidad Z_{FINAL} . La profundidad Z_{FINAL} es un objetivo de control del control lógico 35. En la práctica, para un ciclo de irrigación i , con $i = i [0, 1, 2, 3, \dots, n]$ y para una profundidad fin de la irrigación $Z_{\text{FIN}(i)}$ el frente de drenaje alcanza una profundidad $Z_{\text{FINAL}(i)}$, la cual es distinta de la profundidad objetivo Z_{FINAL} . Según se explica en la patente '673, la profundidad Z_{FINAL} se alcanza mediante unas etapas de corrección de la adaptación sucesivas de la profundidad $Z_{\text{FIN}(i)}$ que tienen lugar una vez en cada uno de los ciclos de irrigación i .

Podrá observarse que la profundidad Z_{FIN} puede residir en cualquier lugar comprendido entre la línea de la TRZ y que la profundidad Z_{FINAL} es la profundidad de las raíces más profundas en la TRZ u otra profundidad, seleccionada según se desea por el usuario. Según se describirá a continuación, el usuario introduce normalmente la profundidad Z_{FINAL} de forma manual.

El procedimiento y el sistema para la irrigación óptima y adaptativa de la vegetación 11 es puesto en marcha y dirigido por medio del control lógico 35, las etapas del programa principal del cual están listadas a continuación en la Tabla 2.

ES 2 310 466 B2

TABLA 2

AJUSTE	Etapa nº	Etapa Manual/Automática	Detalles
I	0.1	Introduzca Y	Factor de aridez comprendido entre 1,1 a 2,5
	0.2	Introduzca T	Factor del frente comprendido entre 0,9 a 0,95
	0.3	Introduzca profundidad $Z_{COMIENZO}$	Profundidad de aridez para iniciar la irrigación
	0.4	Introduzca Z_{FINAL}	Profundidad interrupción frente de drenaje
	0.5	Opción: introduzca $Z_{FIN(0)}$	Profundidad inicial fin de la irrigación deseada
II	0	Fijar ciclo irrigación de # a $i = 0$	Comienzo de la operación automática
	1	Fijar $Z_{FIN(i)}$ por defecto	Solo si no se ha introducido antes en la etapa 0.5
	2	Medir R(i) en todos los contactos menos en la profundidad $Z_{COMIENZO}$ si $i=0$	Reajuste de mediciones de resistencia antes inicio irrigación
	3	Calcular R(i) Y y salvar	Umbral para detección de

			profundidad Z_{COMIENZO}
5	4	Calcular $R(i)$ T y salvar	Umbral para detección de frentes de humedad y drenaje para todos los contactos
10	III	6 Iniciar la irrigación	Para el ciclo de irrigación i
		7 Sonda de muestras y detección de $Z_{\text{fin}(i)}$	Llegada de humedad frente a profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$
15		8 Fin irrigación en $Z_{\text{fin}(i)}$	Cuando se detecte un frente de humedad
20	IV	9 Fijar $i=i+1$	Para siguiente ciclo de irrigación
		10 Pruebe y detecte $Z_{\text{final}(i-1)}$	Profundidad detención del frente de drenaje
25		11 Ajustar $Z_{\text{fin}(i)}$ según el caso si $Z_{\text{final}(i-1)} = Z_{\text{final}}$	$Z_{\text{fin}(i)}$ aumenta si $Z_{\text{fin}(i-1)} < Z_{\text{FINAL}}$ $Z_{\text{fin}(i)}$ disminuye si $Z_{\text{fin}(i-1)} > Z_{\text{FINAL}}$ $Z_{\text{fin}(i)}$ no cambia si $Z_{\text{fin}(i-1)} = Z_{\text{FINAL}}$
30		12 Medir y salvar $R(i)$ en Z_{COMIENZO} , 10 horas después de la etapa 6	Como una resistencia de referencia para iniciar ciclo irrigación siguiente
35		13 Calcular $R(i)$ Y, muestra y detección de Z_{COMIENZO}	Detectar el umbral de la aridez para Z_{comienzo}
40		14 VAYA A LA ETAPA 2	Para iniciar el siguiente ciclo de irrigación

Las etapas de control se dividen en cuatro ajustes, listados desde el ajuste I hasta el ajuste IV. En un primer ajuste preliminar I, se introducen manualmente unos cuantos parámetros antes de comenzar los otros tres ajustes automáticos que controlan la sucesión de los ciclos de irrigación. El segundo ajuste II hace que la operación automática del control lógico comience, introduciendo una profundidad fin de la irrigación por defecto si no se ha introducido anteriormente de manera manual y reajusta los valores de la conductividad eléctrica de los contactos 27 en la(s) sonda(s) 25, de acuerdo con las condiciones actuales del suelo. El tercer ajuste III controla el principio y el final del flujo de agua de irrigación. El último ajuste IV contiene las etapas para la detección de la profundidad de interrupción del frente de drenaje, para detectar las condiciones que justifiquen el comienzo de un ciclo de irrigación nuevo con una profundidad-fin de la irrigación adaptativa Z_{FIN} Si se requiere y para el retomo del control al ajuste II.

En el ajuste I todas las etapas se introducirán manualmente. Existen cuatro o cinco etapas, la quinta etapa es opcional.

El ajuste I comienza con la etapa 0.1, en la que se introduce un factor de aridez Y comprendido entre 1,1 a 2,5. El factor de aridez Y se usa para determinar el aumento de la resistencia, lo cual es un criterio para ordenar el comienzo del flujo del fluido de irrigación. Cuando la vegetación es sensible a una irrigación inmediata, se usan los pequeños valores de Y, pero cuando la irrigación puede ser retrasada, se introducirán entonces unos valores mayores.

La segunda etapa 0.2 en el ajuste I, es para introducir un factor T del frente comprendido entre 0,9 a 0,95, de acuerdo con la textura del suelo. El factor T del frente se usa para el seguimiento de un frente de humedad o de un frente de drenaje.

En la etapa 0.3 del ajuste I, la profundidad Z_{COMIENZO} se introduce a través de un dispositivo I/O 33. Z_{COMIENZO} es una profundidad en la MARL en donde se detecta la aridez. La patente '673 no ha sido capaz de permitir la selección de una profundidad Z_{COMIENZO} eficaz y no existía un criterio racional relacionado con las raíces para detectar un valor del umbral de aridez que justificase el comienzo del flujo del fluido de irrigación.

ES 2 310 466 B2

En la etapa 0.4 del ajuste I, la profundidad Z_{FINAL} se introduce de acuerdo con la profundidad del fondo de la TRZ, por debajo de la cual el agua de irrigación simplemente se malgasta.

5 Si se desea, cualquier profundidad $Z_{fin(i)}$ es introducida manualmente por el usuario en la etapa 0.5, incluso a una profundidad tal como la profundidad Z_{FINAL} , o más hacia abajo, con el fin de que se llene de agua el suelo. De esta manera, la profundidad $Z_{fin(i)}$, para $i=0$, es cuando se detiene el flujo del fluido de irrigación en el primer ciclo de irrigación $i=0$, se introduce opcionalmente dentro del control lógico a través de un dispositivo I/O 33. Por el contrario, la profundidad $Z_{fin(i)}$ se proporciona por defecto.

10 Podrá observarse que cuando se seleccione la profundidad $Z_{fin(i)}$, por ejemplo como la mayor profundidad medida por la sonda 25, entonces el frente de drenaje se detendrá por debajo de la longitud de la sonda, aun por debajo de Z_{FINAL} . De esta manera, el frente de drenaje descendente llenará el suelo S de agua en profundidad. No obstante, la profundidad $Z_{fin(i)}$ ascenderá gradualmente dado que está ajustada a cada ciclo de irrigación i hacia el objetivo de control Z_{FINAL} . Por lo tanto, la profundidad $Z_{fin(i=0)}$ puede ajustarse a cualquier profundidad situada a lo largo de la sonda, con lo cual existe una opción para que un frente de drenaje descienda por debajo de la profundidad de la sonda durante, por lo menos, un ciclo de irrigación, o más ciclos de irrigación, antes de que sea adaptativa automáticamente a retomar por encima de la profundidad Z_{FINAL} .

20 El ajuste II comienza la operación de la irrigación adaptativa en la etapa 0, siendo el primero de los ajustes automáticos II, III y IV. En la etapa 0 del ajuste II, el número del ciclo i se ajusta automáticamente a cero como $i=0$. Entonces, en la etapa 1, la profundidad de interrupción del primer ciclo de irrigación $Z_{fin(0)}$ se ajusta automáticamente por defecto en el caso de que la misma profundidad no haya sido introducida previamente de manera manual en la etapa 0.5 en el ajuste I. Por ejemplo, $Z_{fin(0)}$ se fija para tres anillos de contacto situados por encima de la profundidad Z_{FINAL} , o alrededor de 15 a 30 centímetros por encima de la última profundidad.

25 En la etapa 2 del ajuste II es donde se mide la impedancia o la resistencia $R(i)$ de cada anillo de contacto 27, o de cada contacto 27. Según se describirá a continuación, las mediciones de la resistencia en los contactos 27 que han sido seleccionados para medir la profundidad $Z_{COMIENZO}$ son reajustadas para los ciclos de irrigación con $i>0$. Entonces en la etapa 3, se calcula un valor umbral $R(i) * Y$ de aridez, salvado y almacenado para los anillos de contacto en la profundidad $Z_{COMIENZO}$. El umbral de aridez sirve para la detección de la aridez del suelo en la profundidad $Z_{COMIENZO}$.

En la etapa 4 del ajuste II, se calcula un valor umbral $R(i) * T$ del frente y se salva para su utilización con la detección de la llegada de un frente de humedad tal como un frente fin de la irrigación, o de un frente de drenaje.

35 El ajuste III inicia el ciclo de irrigación i del proceso de irrigación dirigido a medir la aridez del suelo, en la etapa 6. La sonda 25, descrita a continuación, prueba entonces la llegada del frente de humedad que desciende hasta la profundidad fin de la irrigación $Z_{fin(i)}$ en la etapa 7. Cuando se detecte el umbral para aceptar la llegada del frente de humedad en la profundidad $Z_{fin(i)}$, de esta manera cuando se alcance el umbral fin de la irrigación, se detiene entonces el flujo del fluido de irrigación en la etapa 8. A continuación, el frente de humedad desciende como un frente de drenaje.

40 Si se desea, las profundidades $Z_{fin(i)}$ de cada ciclo de irrigación i se exhibirán en unos dispositivos I/O 33. Cualquier otro dato, que haya sido medido, introducido, o calculado podrá ser exhibido o transmitido también a unas estaciones remotas por medio del transmisor 39 que está montado en el controlador 31.

45 El ajuste IV, el cual es el último ajuste de los comandos de control, evalúa el ciclo de irrigación i actual y ajusta los valores en el control lógico 35, o en el proceso de aprendizaje adaptado, para el ciclo de irrigación siguiente $i+1$.

50 En la etapa 9 del ajuste IV, se incrementa una unidad en el cuenta ciclos, $i=i+1$. En la etapa 10 se mide la profundidad $Z_{final(i-1)}$ y se ajusta en la etapa 11, en un mejoramiento de la adaptación hacia la profundidad Z_{FINAL} . De esta manera, si se mide la profundidad $Z_{fin(i-1)}$ y encontramos que está por encima de la profundidad Z_{FINAL} , entonces la profundidad $Z_{fin(i)}$ se incrementa para que descienda a una mayor profundidad y viceversa. Por el contrario, cuando $Z_{final(i-1)}$ sea igual a Z_{FINAL} , entonces no se realiza ningún ajuste. Podrá observarse que la etapa 9 puede estar listada y tiene lugar por debajo de la etapa 11.

55 No obstante, en el ajuste IV las etapas 12 y 13 están listadas por debajo de las etapas 9 y 11, las etapas anteriores que funcionan independientemente de las últimas etapas, están relacionadas por un tiempo de retraso de, digamos, 10 horas, para la etapa 6 del ajuste III.

60 Una resistencia de referencia $R(i)$ para su uso como un valor reajustado de la resistencia para la detección de la condición de aridez con el siguiente comando de comienzo de la irrigación, se mide en la profundidad $Z_{COMIENZO}$ y se salva en la etapa 12, unas 10 horas después de que se haya enviado el comando de comienzo de la irrigación. Se ha dado por supuesto que un ciclo de irrigación puede durar, como mucho, menos de 10 horas y que 10 horas son un período de tiempo lo suficientemente largo para que las raíces en la MARL absorban la humedad. Si se desea, se puede seleccionar cualquier otro tiempo de retraso práctico que no sean 10 horas.

65 En la etapa 13 el control lógico calcula el umbral $R(i) * Y$ de comienzo de la irrigación y comienza a probar la detección del umbral de aridez en la profundidad $Z_{COMIENZO}$. Cuando se detecte ese umbral, entonces el control pasa a

ES 2 310 466 B2

la etapa 2 del ajuste II, a través de la etapa 14. Entonces, la resistencia o impedancia de los contactos 27 se reajusta antes de la irrigación, en caso de que las condiciones del suelo hayan variado y que continúe el control del flujo.

5 En la Figura 3, se muestra esquemáticamente una parte del circuito eléctrico 29 haciendo referencia al circuito de conmutación con, por ejemplo, ocho contactos 27 numerados desde el 271 al 278, ordenados en alineación sobre una sonda 25, la cual no está mostrada en la Figura. Los ocho contactos 271 a 278 definen siete intervalos consecutivos de medición de la profundidad, estando cada intervalo dispuesto entre dos contactos individuales 27, adyacentes.

10 Sería práctico, para limitar un sistema de medición de la profundidad a unas lecturas tomadas entre uno cualquiera de los dos contactos 27 individuales, secuencialmente adyacentes, simplificar los circuitos sin perjudicar a su funcionamiento. Esto significa que las mediciones se realizan entre los pares de contactos 271 y 272, 272 y 273 y así sucesivamente, hasta el 277 y 278. Para tomar las lecturas de los pares de contactos 27, se proporcionan dos interruptores SWP y SWQ multi-posición que funcionan independientemente, cada interruptor tiene una posición de conmutación acoplada a un contacto 27. Para ocho contactos 27, existen dos interruptores SWP y SWQ, cada uno con 15 cuatro posiciones de conmutación suficientes, dado que una posición está acoplada a un contacto 27. Según se señala anteriormente, el término interruptor se refiere a un interruptor electrónico aun cuando se utilice la terminología de un interruptor mecánico para facilitar la ilustración.

20 En la Figura 4 se muestran las cuatro posiciones del interruptor SWP, es decir P1, P2, P3 y P4 y las cuatro posiciones del interruptor SWQ numeradas desde Q1 hasta Q4. Para leer el primer par de contactos 271 y 272, el interruptor SWP se ajusta en el punto P1 y el interruptor SWQ se ajusta en el punto Q1. Igualmente, el segundo par de contactos 272 y 273 requiere que el primer interruptor SWP esté fijado en P3, mientras que el segundo interruptor SWQ permanece en Q2. Los otros pares de contactos adicionales se seleccionan de la misma manera.

25 Si los intervalos entre los contactos individuales 27 están designados como n , y n es un número entero, entonces para $n+1$ contactos solamente son necesarios dos interruptores multiposiciones independientes SWP y SWQ, cada uno con $(n+1)/2$ posiciones para la conmutación entre los contactos consecutivos 27. Si n es un número entero igual, entonces uno de los dos interruptores SWP y SWQ debería transportar $n/2$ posiciones y el segundo interruptor debería tener $n/2+1$ posiciones.

30 Dos interruptores multi-posiciones independientes SWP y SWQ totalizando n posiciones, permiten lograr un circuito mucho más sencillo en comparación con el de la patente '673, el cual requiere un número n de interruptores operando en paralelo.

35 Con el circuito eléctrico 29 bajo el comando del control lógico 35, la sonda 25 es capaz de probar, de seguir y detectar la aridez o la humedad a lo largo de toda su longitud.

40 Haciendo referencia a la Figura 4, la sonda 25 está construida como una espiga 400, por tanto como un cuerpo fino axi-simétrico longitudinal de sección transversal uniforme. Una espiga se ensambla de los elementos seleccionados entre cuatro grupos de elementos modulares, es decir de unas piezas de contacto 410, de unos separadores 420, de unos conos 430 y de unas cubiertas 440. Cada elemento está configurado para proporcionar un soporte de retención mecánica sólido y una sujeción firme en una sucesión coextendida longitudinal con un elemento adyacente. Si se desea, la sección transversal de la sonda es circular, pero se puede seleccionar cualquier otro tipo de forma.

45 Como su nombre implica, una pieza de contacto 410 está dedicada a establecer contacto con, y a permitir la medición de la impedancia del suelo S. Una pieza de contacto 410, fabricada de un material conductor eléctrico, consiste en un manguito recto con un cuerpo del manguito 411 como una parte media y un collar 412, también hueco, dispuestos en una alineación coaxial y simétricamente a cada lado del cuerpo del manguito 411. En la práctica, un conductor eléctrico 413 que está conectado al circuito eléctrico 29, el cual no se muestra en la Figura 4, está acoplado a cada pieza de contacto 410 antes de que comience el ensamblaje estructural, para facilitar la integración posterior.

50 Una pieza de contacto 410 está montada con un separador 420 mediante la inserción en el mismo de un collar 412. Un separador 420, construido de un material aislante eléctrico, consiste en un tubo con dos extremidades de extremos abiertos u sado p ara a islar e lécticamente a u na p iez a d e contacto 410 d e otro contacto, o de un cono 430, o de una cubierta 440. Cada separador 420 recibe dos collares 412, uno en cada extremidad de extremo abierto. Cuando estén apilados entre sí, el conjunto de elementos modulares del cual está conformada la espiga 400, se convierten en una sonda unitaria sólida y rígida de autosoporte cerrada, con una superficie exterior co-extendida y un canal interno libre.

55 Si se desea, tanto el cono 430 como la cubierta 440 están fabricados de un material conductor para convertirse en unas piezas de contacto 410, cuando estén acopladas eléctricamente al circuito eléctrico 29. De esta manera, se añaden a la sonda 25 otros dos intervalos de medición de la profundidad.

60 Por ejemplo, cuando la sección transversal de la espiga es circular, entonces la espiga 400 tiene una superficie externa cilíndrica y un canal interno, que puede ser también cilíndrico, con una sección transversal circular, o con cualquier otro tipo de sección transversal deseado. Unas piezas de contacto 410 y unos separadores 420 ensamblados longitudinalmente proporcionan un canal interno continuo libre para los conductores eléctricos 413 que unen a las piezas de contacto 410 al circuito eléctrico 29.

ES 2 310 466 B2

Un cono 430 presenta una primera extremidad cónica conformada de tal manera que penetre en el suelo S y una segunda extremidad con un collar 412, configurada para ser recibida por la extremidad de final abierto de un separador 420. A diferencia de las piezas de contacto 410, el collar 412 del cono 430 no es necesariamente hueco.

5 La cubierta 440, o tapa 440, tiene una parte superior plana en uno de los extremos y en un segundo extremo, un collar 412 para su recepción por un separador 420. En contraste con los otros elementos de la espiga 400, la cubierta no es axi-simétrica, pero está provista de un conducto de salida 421 para la comunicación desde el collar 412 hasta una salida de la cubierta 422, introducida perpendicularmente a la dirección axial de la espiga 400. Unos conductores individuales 413 están cada uno de ellos acoplados a una pieza de contacto 410 y pasan desde el interior de la espiga
10 ensamblada 400 hacia el interior del collar hueco 412 de la cubierta 440, para emerger a través del conducto de salida 421, en la parte exterior de la espiga 400.

En la práctica, es posible ensamblar una espiga 400 apilando un separador 420 sobre la parte superior de un cono 430 y, sobre la parte superior del mismo, una pieza de contacto 410 que pertenece a una sucesión de tantos
15 elementos pares como se desee, teniendo cada elemento par un separador 420 adosado a una pieza de contacto 410. Para completar la espiga 400, se acopla una parte superior 440 al separador más alto, o al último separador añadido 420.

Los collares 412 sujetan firmemente entre sí la sucesión de elementos modulares, ya sea mediante un ajuste a
20 presión, fricción, montaje de tornillos roscados, unión, un adhesivo o por cualquier otro procedimiento de sujeción o de una combinación de los mismos conocida en la técnica. Cuando la salida 422 esté encastrada, entonces el interior de la espiga 400 está sellado.

En total, una espiga 400 con cuatro piezas de contacto 410, con un cono aislante eléctrico 430 y con una cubierta
25 440, requiere cinco separadores 420. La pieza de contacto más alta 410 está encastrada con un último separador 420, el cual a su vez, recibe una cubierta 440 para completar la construcción. Cuando el cono 430 y la cubierta 440 sean conductores eléctricos para servir como contactos 27, entonces será suficiente con tres separadores 420.

La mayoría de los pares de elementos de las piezas de contacto 410 y de los separadores 420 están apilados entre
30 sí para la misma sonda, en toda la longitud de la espiga 400. Una espiga 400 puede ser construida de tal manera que tenga una longitud adaptativa de una manera apropiada a distintas plantas, según se lista en la Tabla 1. Las zanahorias con una TRZ de aproximadamente 15 cm. de profundidad, requerirán solamente una espiga 400 relativamente corta, mientras que para el algodón, con una TRZ con unos 100 cm. de profundidad, la espiga 400 se volverá demasiado
35 larga.

Evidentemente, cuantas menos piezas de contacto 410 existan en una sonda menos conductores eléctricos 413 se
40 necesitarán, cuanto más barato sea el cableado y el ensamblaje y, por lo tanto, menos cara será la espiga 400. Una sonda 400 puede permanecer en uso permanente de manera continua, o puede ser utilizada temporalmente como una sonda de detección durante un primer período de detección del parámetro y ser substituida después por una sonda dedicada permanente.

Por ejemplo, en una nueva localidad con un cierto tipo de clima, un cierto tipo de suelo S dado y un cierto tipo
45 de vegetación 11, una sonda 400 equipada con varias piezas de contacto 410 está implantada como una sonda de detección durante unos pocos meses, con fines de exploración. Después de un tiempo, una vez que los parámetros de las propiedades combinadas, tales como el clima, el suelo S y la vegetación hayan sido proyectados y que se conozca la profundidad de interrupción del frente de drenaje, o profundidad de drenaje, será posible entonces sustituir la sonda de detección por una sonda dedicada más barata que transporte solamente una cantidad mínima de, pero no menor de cuatro piezas de contacto 410.

50 Una espiga larga 400 que transporta solamente un pequeño número de piezas de contacto 410 es posible implementarla de dos maneras distintas.

En primer lugar, es posible utilizar unas longitudes de corte normales para los tubos aislantes eléctricos en vez de
55 los separadores modulares de longitud fija 420, siendo seleccionado el tubo de corte normal como cualquier longitud deseada. En segundo lugar, uno puede sustituir una pieza de contacto de conducción eléctrica 410 por una réplica de la misma y con las mismas dimensiones, pero fabricada como un falso contacto de aislamiento eléctrico, para ensamblar una espiga 400 siempre que se desee, pero con menos piezas de contacto 410.

Con la sonda 25, están distribuidos longitudinalmente una pluralidad de contactos 27 en una alineación en paralelo
60 y separada para derivar unos datos de la impedancia (R) del suelo relacionados con la profundidad desde el suelo, bajo el comando del control lógico. El comienzo y el final de la irrigación están controlados por la detección de los cambios en la resistencia, tal como un cambio causado por la aridez, por el descenso de un frente de humedad o de un frente de drenaje.

65 En la Figura 5, un solo par de contactos 27A y 27B, con el contacto 27A dispuesto por encima del contacto 27B y separados por una distancia conocida L, se tomarán en consideración en relación con un frente de humedad descendiente WF. Se da por supuesto que antes de la irrigación, es decir cuando el suelo esté relativamente seco antes de la inserción de un frente de humedad WF, la resistencia inicial medida es de R ohmios por unidad de distancia

ES 2 310 466 B2

de separación entre ambos contactos. La resistencia inicial entre el par de contactos 27A y 27B es, por tanto, igual a $R * L$. Para un frente de humedad WF entrante, a una profundidad por debajo del contacto 27A, dicha resistencia disminuye a $a * R$ ohmios, con $a < 1$.

5 Se describe la situación para el caso cuando el frente de humedad WF haya descendido solamente una parte b de la distancia L que separa el par de contactos 27A y 27B, con $b < 1$.

Entonces la resistencia actual es:

10 Resistencia actual = $a*b*L*R + (1-b)*L*R$, ó
 $= (a*b + (1 - b))*R*L$

15 Por tanto, la proporción entre un frente de humedad WF entrante y la resistencia inicial es:

$$\text{Proporción} = \frac{\text{Resistencia actual}}{\text{Resistencia inicial}} = 1 + b(a - 1) \quad (1)$$

20 El valor de esta proporción cae con el comienzo de la irrigación y se compara con un valor límite $c < 1$. Los valores c de la proporción son menores que el límite que indica un suceso tal como la llegada de un frente de humedad WF. Por consiguiente, las proporciones medidas menores que c indican la llegada de un frente de humedad. Unos valores típicos son: $c = 0,95$, y $a = 0,5$. Después de insertar $0,5 * b < 0,95$ dentro de la ecuación de la proporción (1), uno
25 obtiene $b = 0,1$. Esto significa que un acontecimiento es detectado cuando desciende un poco más abajo, por debajo del contacto superior 27A, más precisamente, un 10% por debajo del contacto superior 27A.

30 La implicación directa es que cuando la distancia L entre dos contactos 27A y 27B aumente desde 10 mm hasta 50 mm, entonces la profundidad de detección aumentará solamente unos 4 mm. Por tanto, la conclusión es que la sonda 25 es capaz de detectar un frente de humedad WF descendente cuando éste último caiga un poco por debajo del contacto superior 27A, fuera de un par de contactos 27A y 27B. Por lo tanto, la distancia L seleccionada para la separación entre los contactos 27A y 27B no es crítica.

35 El posicionamiento del sistema en el campo es idéntico a la descripción dada en la patente '673. No obstante, el funcionamiento es distinto.

El sistema se pone en marcha introduciendo unos comandos requeridos por las etapas del ajuste I en la Tabla 2. A continuación, la irrigación automática sigue adelante basada en la humedad o en las necesidades de agua de las raíces de las plantas 11, según ha sido medida en la profundidad Z_{COMIENZO} . Esta última profundidad es introducida con
40 antelación dentro del control lógico 31, ya sea por experiencia o como un resultado de las mediciones tomadas con la sonda 25. Dichas mediciones se realizan después de la irrigación, tornando las lecturas de la resistencia sobre todos los pares de contactos 27, en varias ocasiones separadas entre alrededor de media hora y de una hora. Una profundidad del suelo contra el gráfico de la resistencia de la TRZ mostrará el momento en que la resistencia aumenta con mayor rapidez, el cual es cuando la absorción de la humedad es más pronunciada y, por lo tanto, indica la profundidad
45 Z_{COMIENZO} en la MARL.

En funcionamiento, los datos pueden ser derivados del sistema, por ejemplo, un gráfico de las profundidades $Z_{\text{fin}(i)}$ sucesivas que están asociadas con cada ciclo de irrigación i. La profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ se mide sobre cualquiera de cada uno de los pares de contactos adyacentes 25. Un gráfico parecido mostrará las adaptaciones introducidas por el control
50 lógico 35 a las distintas profundidades $Z_{\text{fin}(i)}$. De igual manera, uno puede desear dividir las profundidades $Z_{\text{final}(i)}$ relacionadas con cada profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ sobre una serie de ciclos de irrigación i para contemplar la convergencia de $Z_{\text{final}(i)}$ hasta Z_{FINAL} .

55 Podrá apreciarse por aquellas personas expertas en la técnica, que la presente invención no está limitada a lo que ha sido mostrado y descrito anteriormente. Por ejemplo, un controlador 31 está unido posiblemente a una pluralidad de sondas 25 y de válvulas de irrigación 41. No obstante, el controlador 31 está acoplado posiblemente a través de un receptor no mostrado en la Figura 2, a un control lógico remoto 35. La sonda puede transportar también unos contactos 27 que están distribuidos en paralelo a una distancia igual o desigual entre sí. Por el contrario, el ámbito de la presente invención está definido por las reivindicaciones adjuntas e incluye unas combinaciones y sub-combinaciones de las
60 distintas características descritas anteriormente así como unas variaciones y modificaciones de las mismas, las cuales podrían ocurrir a aquellas personas expertas en la técnica después de leer la descripción siguiente.

65

ES 2 310 466 B2

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento para la irrigación adaptativa a la vegetación **caracterizado** porque incluye:

5 un control lógico (35) para operar y dirigir unos ciclos sucesivos i de irrigación, con $i=i$ [0, 1, 2, ..., n], para una vegetación que tiene una capa de raíces de actividad máxima, o MARL, que se extiende sobre una línea de profundidad del suelo, por lo menos una sonda (25) para su inserción dentro del suelo (S), teniendo la sonda o sondas una longitud y transportando una pluralidad de contactos (27) que están distribuidos longitudinalmente en una alineación en paralelo y separada para derivar los datos de la impedancia (R) del suelo relacionados con la profundidad bajo las órdenes del control lógico, estando la, por lo menos, una sonda acoplada al control lógico y que permite que un usuario introduzca datos, un controlador que pone en marcha al control lógico y que está acoplado para ordenar tanto al por lo menos un dispositivo I/O y a una válvula de irrigación (41) operativa, que comience e interrumpa el flujo del fluido de irrigación a la vegetación que va a ser irrigada, respectivamente a una profundidad Z_{COMIENZO} y a una profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$, en el que: tanto Z_{COMIENZO} como $Z_{\text{fin}(i)}$ son valores iniciales introducidos como uno cualquiera de una entrada de usuario o un valor por defecto, estando dispuesta Z_{COMIENZO} dentro de la línea de MARL, y la profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ que corresponde a una profundidad por encima de una profundidad Z_{FINAL} , que es la profundidad por debajo de la cual no debería descender un frente de drenaje del fluido de irrigación, a menos que fuera deseado por un usuario, procedimiento que comprende las etapas de: poner en marcha el control lógico a través de ciclos sucesivos i de irrigación para: aceptar la profundidad de comienzo de la irrigación Z_{COMIENZO} como un valor inicial para un primer ciclo de irrigación, y en los siguientes ciclos de irrigación, derivar de la por lo menos una sonda una profundidad Z_{COMIENZO} tomando lecturas de resistencia sobre toda la pluralidad de contactos para detectar dónde aumenta con mayor rapidez un cambio en la resistencia del suelo medida en el tiempo, que es donde la absorción de humedad es más pronunciada e indica la profundidad Z_{COMIENZO} , y para aceptar la profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ como un valor inicial para un primer ciclo de irrigación, y en los siguientes ciclos de irrigación, derivar de la por lo menos una sonda una profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ que es ajustada adaptativamente a cada ciclo de irrigación para converger a la profundidad Z_{FINAL} hasta que es alcanzada, por medio de lo cual comienza el flujo del fluido de irrigación en respuesta a unas propiedades de absorción de la humedad de las raíces de la vegetación en el MARL, y se interrumpe antes de que el frente de drenaje alcance la profundidad Z_{FINAL} .

2. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la profundidad Z_{COMIENZO} y la profundidad Z_{FINAL} la cual es un objetivo del control, las dos se introducen como uno cualquiera de una entrada de usuario en la control lógico por medio de por lo menos un dispositivo I/O y un valor por defecto, para proporcionar unos valores de la profundidad relacionada con la propiedad de las raíces, necesarios para poner en marcha y dirigir unos ciclos de adaptación sucesivos de la irrigación.

3. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque se ajusta una derivación de la impedancia del suelo a las condiciones cambiantes del suelo, poniendo en marcha una operación de reajuste de la impedancia por lo menos una vez para cada ciclo de irrigación.

4. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 3, **caracterizado** porque se ejecuta inmediatamente una operación de reajuste de la impedancia justo antes de que comience el flujo del fluido de irrigación.

5. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque las condiciones de aridez del suelo se derivan por mediciones de la impedancia del suelo entre un par de contactos adyacentes en la profundidad Z_{COMIENZO} , y la derivación de la impedancia del suelo se mantiene ajustada a las condiciones cambiantes poniendo en marcha una operación de reajuste de la impedancia, después de interrumpir el flujo del fluido de irrigación y después de un tiempo de retraso que está directamente asociado con las propiedades de absorción de fluido de las raíces.

6. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 5, **caracterizado** porque el tiempo de retraso está comprendido entre 5 horas y 20 horas.

7. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 5, **caracterizado** porque el tiempo de retraso transcurre después de 10 horas.

8. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la profundidad de comienzo de la irrigación Z_{COMIENZO} es derivada utilizando la sonda tomando, por lo menos, una medición de la impedancia del suelo entre cada uno de los contactos adyacentes que están distribuidos a lo largo de la sonda, por lo menos, una vez después de que el flujo del fluido de irrigación se interrumpa, siendo detectada Z_{COMIENZO} dentro del MARL como un cambio de impedancia pronunciado.

9. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ en la cual se interrumpe el flujo del fluido de irrigación en el primer ciclo de irrigación $i=0$, se introduce opcionalmente dentro del control lógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O, y la profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ se introduce como cualquier profundidad existente a lo largo de la longitud de la sonda, de manera que un frente de drenaje que descienda por debajo de la profundidad de la sonda durante, por lo menos, un ciclo de irrigación sea una opción.

ES 2 310 466 B2

10. El procedimiento de acuerdo con la Reivindicación 1, **caracterizado** porque la sonda se construye como una espiga (400) ensamblada de una colección de elementos seleccionados en combinación entre el grupo de elementos modulares que tienen unas piezas de contacto huecas (410), de unos separadores huecos (420), de unos conos (430) y de unas cubiertas (440), estando cada elemento configurado para proporcionar un soporte de retención mecánica sólido y una sujeción firme en una sucesión coextendida longitudinal con un elemento adyacente, la espiga tiene, por lo menos, cuatro piezas de contacto, tres separadores, un cono y una cubierta, ensambladas para conformar una sonda rígida unitaria, y las piezas de contacto huecas y los separadores huecos proporcionan un canal co-extendido y libre en el interior de la espiga.
11. Un sistema para la irrigación de la vegetación que está configurado para suministrar de una manera asociada íntima el fluido de irrigación en respuesta a las propiedades y necesidades relacionadas con las raíces de la vegetación, ajustando adecuadamente unos ciclos de irrigación i sucesivos, con $i=i [0, 1, 2, \dots, n]$, para converger hacia una profundidad de detención del frente del fluido de drenaje, **caracterizado** porque comprende: un control lógico (35) para poner en marcha y dirigir la irrigación para una vegetación que tenga una capa de raíces de actividad máxima, o MARL, que se extiende sobre una línea de profundidad del suelo, por lo menos, una sonda (25) para su inserción dentro del suelo (S), teniendo la sonda o sondas una longitud y teniendo una pluralidad de contactos (27) que están distribuidos longitudinalmente en una alineación en paralelo y separada para derivar los datos de la impedancia (R) del suelo relacionados con la profundidad desde el suelo bajo las órdenes del control lógico, estando la, por lo menos una sonda acoplada al control lógico a través de un circuito eléctrico (29), por lo menos, un dispositivo I/O que está acoplado al control lógico y que permite que un usuario introduzca datos, un controlador (31) que pone en marcha al control lógico y que está acoplado para ordenar tanto al por lo menos un dispositivo I/O y a una válvula de irrigación (41) operativa que comience e interrumpa el flujo de fluido a la vegetación que va a ser irrigada, respectivamente a una profundidad Z_{COMIENZO} y a una profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$, en el que: tanto Z_{COMIENZO} como $Z_{\text{fin}(i)}$ son valores iniciales introducidos como uno cualquiera de una entrada de usuario o un valor por defecto, estando dispuesta Z_{COMIENZO} dentro de la línea de MARL, y la profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ que corresponde a una profundidad por encima de una profundidad Z_{FINAL} , que es la profundidad por debajo de la cual no debería descender un frente de drenaje del fluido de irrigación, a menos que fuera deseado por un usuario, en el que: la puesta en marcha del control lógico a través de los ciclos sucesivos i de irrigación para: la profundidad de comienzo de la irrigación Z_{COMIENZO} introducida como un parámetro preajustado dentro del control lógico para un primer ciclo de irrigación, y en los siguientes ciclos de irrigación, derivar de la por lo menos una sonda una profundidad Z_{COMIENZO} tomando lecturas de resistencia sobre toda la pluralidad de contactos para detectar dónde aumenta con mayor rapidez un cambio en la resistencia del suelo medida en el tiempo, que es donde la absorción de humedad es más pronunciada e indica la profundidad Z_{COMIENZO} , y para la profundidad Z_{COMIENZO} introducida como un valor inicial para un primer ciclo de irrigación, y en los siguientes ciclos de irrigación, derivar de la por lo menos una sonda una profundidad $Z_{\text{fin}(i)}$ que es ajustada adaptativamente a cada ciclo de irrigación para converger a la profundidad Z_{FINAL} hasta que es alcanzada, por medio de lo cual comienza el flujo del fluido en respuesta a las propiedades de absorción de la humedad y a las necesidades de las raíces de la vegetación en el MARL, y se interrumpe antes de que el frente de drenaje alcance la profundidad Z_{FINAL} .
12. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque la profundidad Z_{COMIENZO} y la profundidad Z_{FINAL} , la cual es un objetivo del control, las dos se introducen como uno cualquiera de una entrada de usuario dentro del control lógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O y un valor por defecto, para proporcionar valores de la propiedad de las raíces, necesarios para poner en marcha y dirigir unos ciclos sucesivos de irrigación adaptativa.
13. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque se ajusta la derivación de la impedancia del suelo a las condiciones cambiantes del suelo, poniendo en marcha una operación de reajuste de la impedancia por lo menos una vez para cada ciclo de irrigación.
14. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 13, **caracterizado** porque se realiza una operación de reajuste de la impedancia justo antes de que comience el flujo del fluido de irrigación.
15. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque se derivan las condiciones de aridez del suelo por las mediciones de la impedancia del suelo entre un par de contactos adyacentes en la profundidad Z_{COMIENZO} , y se ajusta relativamente la derivación de la impedancia del suelo a las condiciones cambiantes del suelo, poniendo en marcha una operación de reajuste de la impedancia después de interrumpir el flujo del fluido de irrigación y después de que transcurra un retraso suficiente para, y que esté directamente asociado con las propiedades de absorción del fluido de las raíces de la vegetación.
16. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 15, **caracterizado** porque el retraso del tiempo está comprendido dentro de 5 horas y 20 horas.
17. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 15, **caracterizado** porque el retraso del tiempo transcurre después de 10 horas.
18. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque la profundidad de comienzo de la irrigación Z_{COMIENZO} se obtiene a través de la sonda probando, por lo menos, una medición de la impedancia para cada uno de los sucesivos pares de contactos que están distribuidos a lo largo de la sonda, por lo menos, una vez después de que se interrumpe el flujo del fluido de irrigación, siendo clasificada la profundidad Z_{COMIENZO} dentro de la línea de MARL, como un cambio de impedancia distintivo.

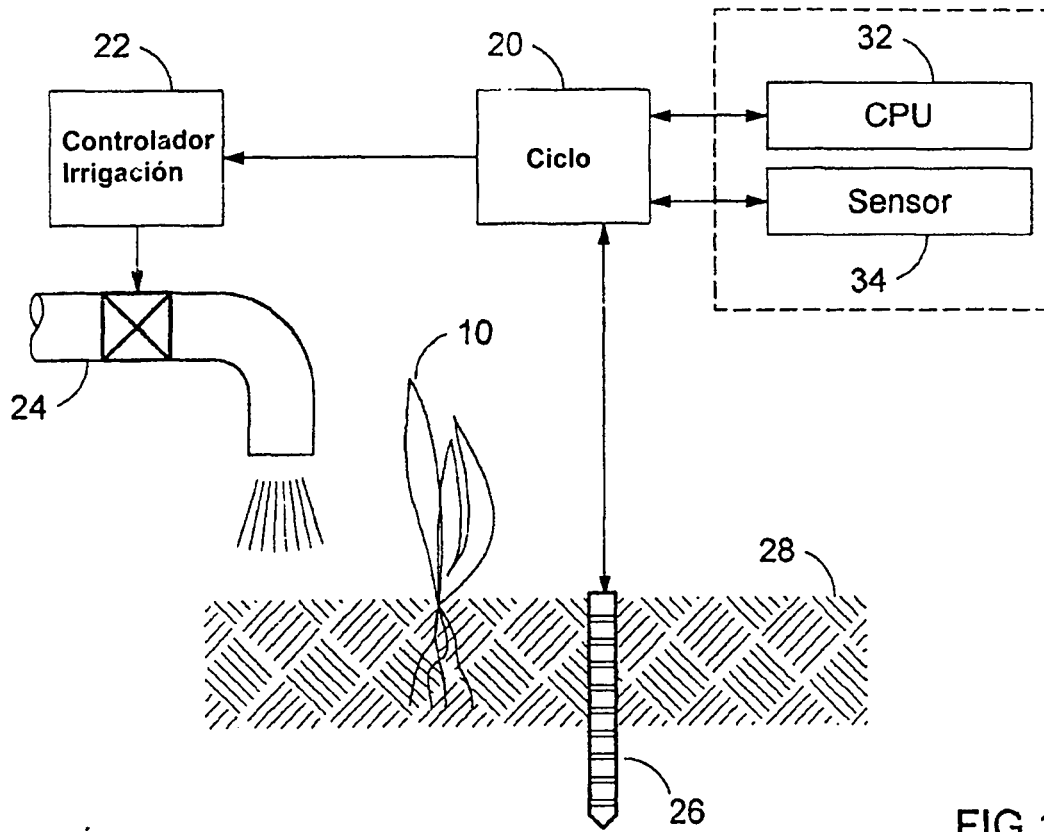
ES 2 310 466 B2

19. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque la profundidad $Z_{fin(i)}$ en la cual se interrumpe el flujo del fluido de irrigación en el primer ciclo de irrigación $i=0$, se introduce opcionalmente dentro del control lógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O, como cualquier profundidad a lo largo de la longitud de la sonda, de manera que un frente de drenaje que desciende por debajo de la profundidad de la sonda durante, por lo menos, un ciclo de irrigación sea una opción.

20. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque la sonda se construye como una espiga (400) ensamblada de una colección de elementos seleccionados en combinación entre el grupo de elementos modulares que constan de unas piezas de contacto huecas (410), de unos separadores huecos (420), de unos conos (430) y de unas cubiertas (440), estando cada elemento configurado para proporcionar un soporte de retención mecánica sólido y una sujeción firme en una sucesión co-extendida longitudinal con un elemento adyacente, la espiga tiene, por lo menos, cuatro piezas de contacto, tres separadores, un cono y una cubierta, ensambladas para conformar una sonda rígida unitaria, y la pluralidad de piezas de contacto huecas y de separadores huecos proporcionan un canal co-extendido y libre en el interior de la espiga.

21. El sistema de acuerdo con la Reivindicación 11, **caracterizado** porque la profundidad $Z_{COMIENZO}$ y una profundidad Z_{FINAL} se introducen dentro del control lógico a través de, por lo menos, un dispositivo I/O, como dos valores de la profundidad relacionada con la propiedad de las raíces, necesarios para poner en marcha la irrigación adaptativa, y la profundidad $Z_{fin(i)}$ se ajusta adecuadamente por el control lógico, en cada ciclo de irrigación, para interrumpir el flujo del fluido de irrigación en la profundidad Z_{FINAL} .

22. Una memoria de lectura de ordenador para almacenar unas instrucciones **caracterizado** porque cuando se ejecuten por un microprocesador hace que el microprocesador ejecute cada una de las etapas del procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9.



TÉCNICA ANTERIOR

FIG.1

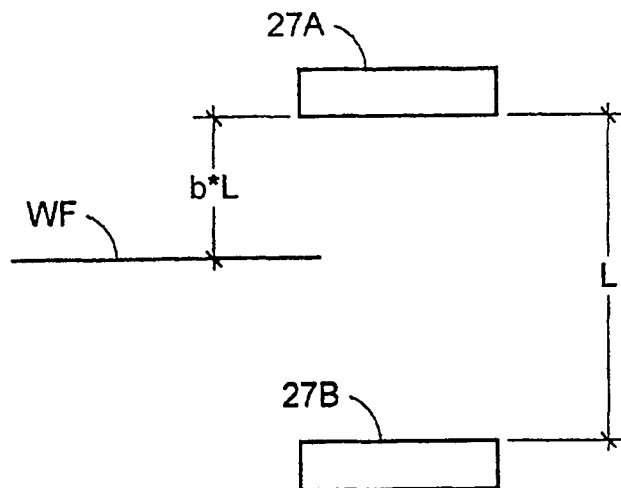


FIG.5

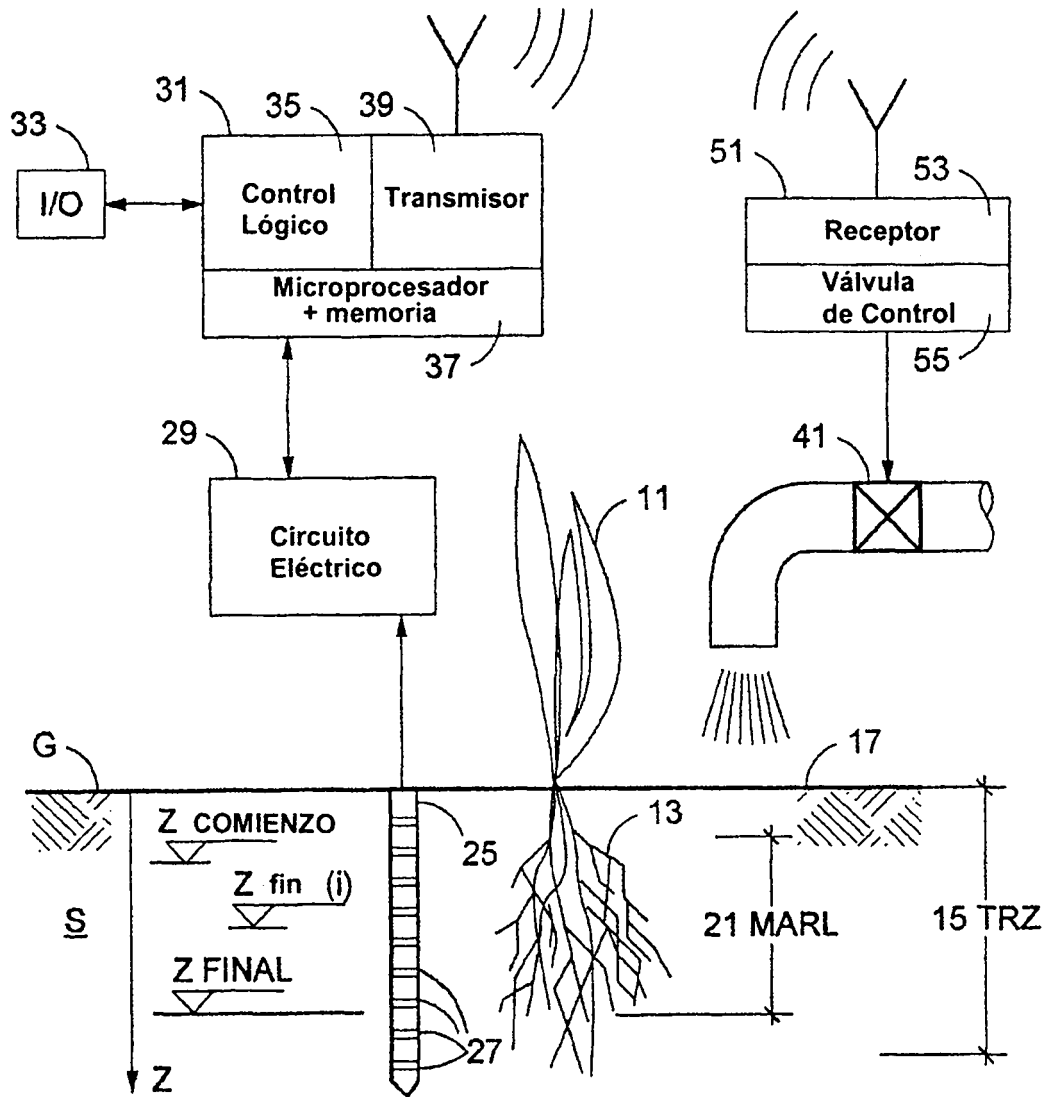


FIG.2

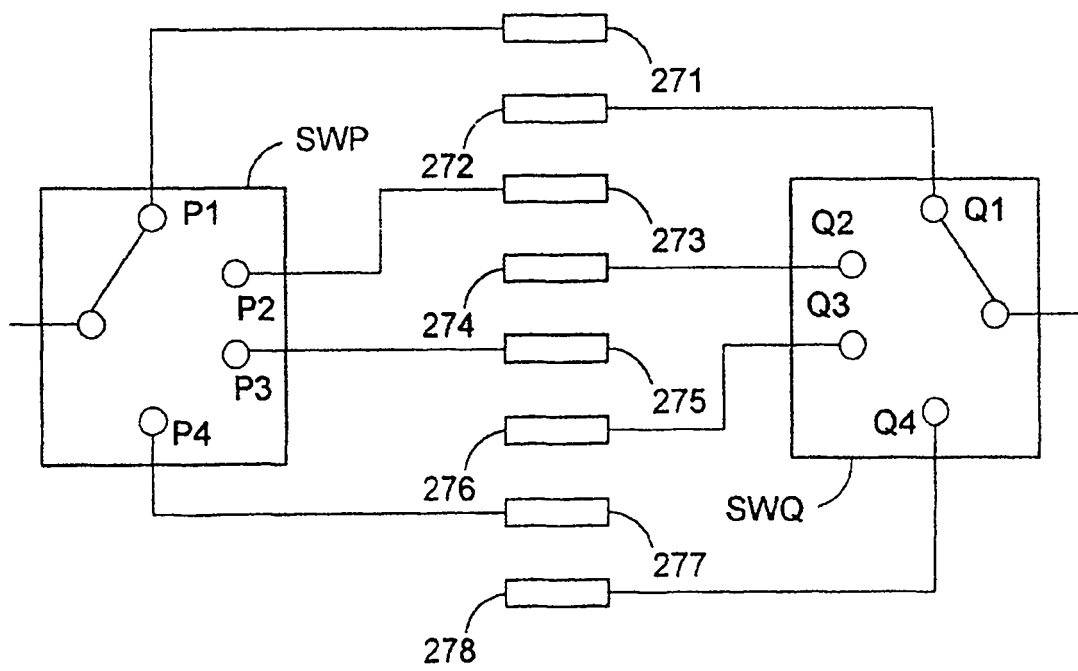


FIG.3

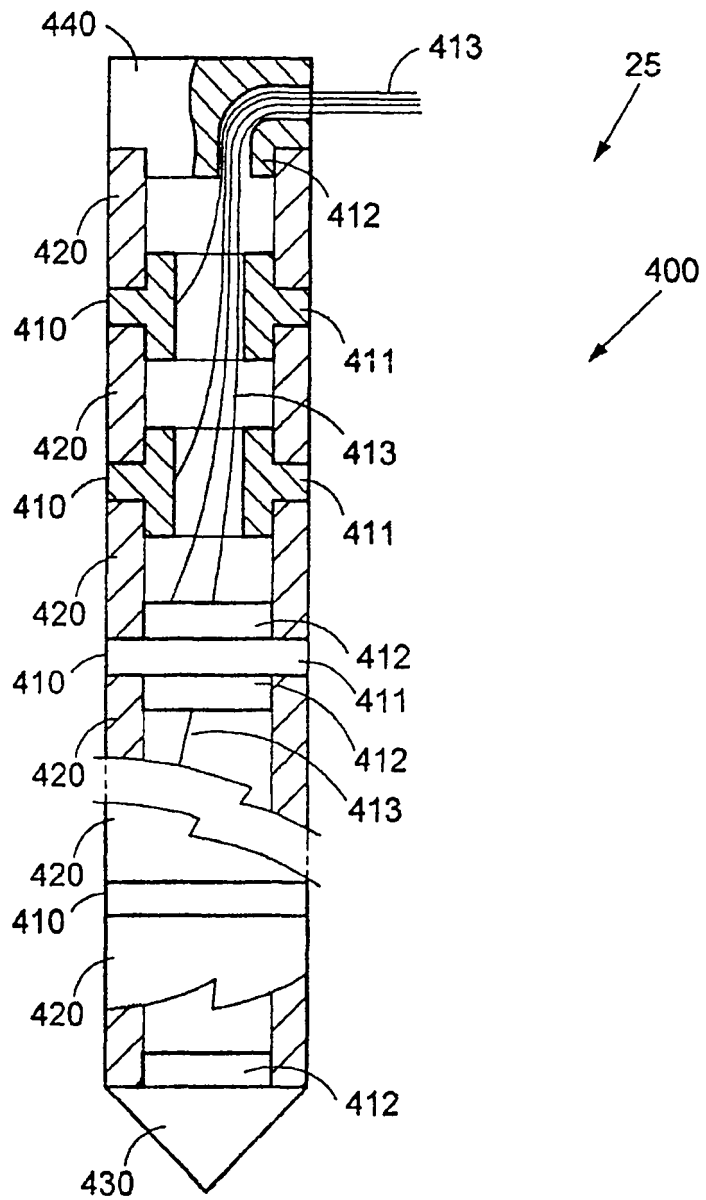


FIG.4



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 310 466

② Nº de solicitud: 200650003

③ Fecha de presentación de la solicitud: 20.07.2004

④ Fecha de prioridad: 23.01.2003

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: **A01G 27/00** (2006.01)
G05D 11/00 (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	US 6267298 B1 (CAMPBELL et al.) 31.07.2001, todo el documento.	1-9,11-20
A	US 6082932 A (ANDERSON et al.) 04.07.2000, todo el documento.	1-21
A	US 6079433 A (SAAREM et al.) 27.06.2000, todo el documento.	1-21
A	US 4922433 A (MARK et al.) 01.05.1990, todo el documento.	1-21
A	US 4934400 A (CUMING et al.) 19.06.1990, todo el documento.	1-21
A	US 5337957 A (OLSON et al.) 16.08.1994, todo el documento.	1-21
A	US 5207380 A (HARRYMAN et al.) 04.05.1993, todo el documento.	1-21
A	US 5740031 A (GAGNON et al.) 14.04.1998, todo el documento.	1-21
A	US 4209131 A (BARASH et al.) 24.06.1980, todo el documento.	1-21
A	ES 374404 A1 (ELECTRONIQUE APLIQUEE L) 01.01.1972	

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia

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

A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita

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

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

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
30.10.2008

Examinador
E. Carasatorre Rueda

Página
1/1