



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



① Número de publicación: **2 333 687**

② Número de solicitud: 200703043

⑤ Int. Cl.:  
**B05B 12/12** (2006.01)  
**A01G 25/16** (2006.01)  
**G05D 22/02** (2006.01)

⑫

SOLICITUD DE PATENTE

A1

② Fecha de presentación: **16.11.2007**

④ Fecha de publicación de la solicitud: **25.02.2010**

④ Fecha de publicación del folleto de la solicitud:  
**25.02.2010**

⑦ Solicitante/s:  
**Consejo Superior de Investigaciones Científicas  
Serrano, 117  
28006 Madrid, ES**

⑦ Inventor/es: **Ros Torrecillas, Salvador;  
Ros Muñoz, Margarita Matilde y  
Bacarizo Simón, Luis**

⑦ Agente: **Pons Ariño, Ángel**

⑤ Título: **Sistema de riego autónomo con autocalibración en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo.**

⑤ Resumen:

Sistema de riego autónomo con autocalibración en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo.

Dispositivo compacto sin la necesidad de alimentación externa que integra todos los elementos necesarios para automatizar sistema de riego autónomo, y que actúa sobre unas electroválvulas, en función del grado de humedad de diferentes tipos de suelo y los requerimientos de riego establecidos, referenciados a partir de medidas de campo previas. El propio dispositivo tiene almacenado los diferentes rangos de grado de humedad en suelo, por lo tanto el dispositivo está autocalibrado. Además está dotado de un sistema de alimentación autónomo mediante un panel fotovoltaico. Constituye una alternativa a los actuales sistemas de riego que carecen de un criterio de selección de riego en función del contenido de agua del suelo y permite optimizar los recursos hídricos y es aplicable en el sector agrícola especialmente en los cultivos intensivos.

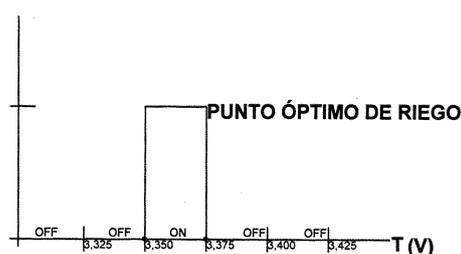


Figura 5.

ES 2 333 687 A1

## DESCRIPCIÓN

Sistema de riego autónomo con autocalibración en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo.

### 5 Sector de la técnica

Empresas de riego, sistemas de control de riegos, instrumentación riego Potencial hídrico, Estrés hídrico, TDR, sector agrícola, cultivos intensivos, riego deficitarios.

### 10 Estado de la técnica

15 Respecto a los sistemas actuales de riego se distinguen principalmente entre los que suministran el riego según la frecuencia en función del número de aplicaciones diarias y entre aquellos sistemas de mayor complejidad constituidos por varios equipos interconexionados entre sí mediante datalogger. En función de la alimentación podemos encontrar sistemas autónomos alimentados por una pila de 9 V habitualmente o mediante fuente de alimentación externa.

20 Para obtener una medida de humedad en tierra se utilizan diferentes técnicas basadas en la medición de la constante dieléctrica del suelo, siendo los más habituales:

- Sensores capacitivos.
- Sondas TDR.

25 Los primeros consisten en un oscilador controlado por la capacidad equivalente que presentan los electrodos introducidos en el medio a medir. La frecuencia del oscilador será proporcional al contenido de agua del suelo. El principal inconveniente que puede presentar este tipo de dispositivos es la estabilidad del oscilador frente a cambios de temperatura y el efecto parásito de la conductividad del suelo sobre la frecuencia de oscilación. La principal ventaja de este tipo de sensores es su precio moderado.

30 El funcionamiento de las sondas *TDR* se basa en la relación que hay entre la velocidad de propagación de una onda electromagnética y la constante dieléctrica del medio. Para ello se excita la sonda mediante un pulso de corta duración y se mide el tiempo transcurrido hasta que se recibe el eco de la onda reflejada en el extremo final de la sonda. Conociendo la longitud real de la sonda podremos calcular la velocidad de propagación. El principal inconveniente de esta técnica es la necesidad de resolver tiempos extremadamente cortos lo cual encarece la electrónica del dispositivo. Los sistemas de riego basados en sondas TDR, además de un mayor coste presentan la desventaja de un mayor consumo.

35 El sistema desarrollado tiene como finalidad el dosificar y optimizar de la mejor manera posible los escasos recursos hídricos de aquellas zonas que por su situación climática o geográfica carecen de recursos suficientes y se ven en la obligación de implantar sistemas de riego selectivo con los elevados costes que éstos suponen.

45 El sistema que se describe basa su funcionamiento en el estudio del contenido de humedad en el suelo a partir del grado de humedad, mediante esta técnica se obtienen unos resultados con suficiente fiabilidad para controlar un sistema de actuadores que activarán unas electroválvulas tantas como bocas de riego se necesiten. La ventaja fundamental que presenta este sistema es la unificación de todos los bloques que se necesitan para un sistema de riego en un solo módulo que integra tanto el propio sensor de humedad en tierra, salidas de potencia para activar las electroválvulas, el controlador basado en un microcontrolador y su propia alimentación procedente de una célula solar que alimenta al sistema.

### 50 Descripción de la invención

#### Descripción general del sistema

55 El sistema de captación de humedad en suelo basa su funcionamiento en la medida de la conductividad eléctrica que presenta el medio a sensar. Para ello se emplean dos varillas de acero, estas varillas están aisladas entre sí. El diseño del sensor hace posible que no exista un error en la medida causado por diferencias de profundidad o de separación de las varillas, ya que la conductividad presenta fluctuaciones debidas a las deformaciones en el suelo.

60 El sistema desarrollado incorpora además del sensor descrito, un módulo de control interno, y unas salidas para activar tanto las diversas electroválvulas como la bomba de agua para el llenado del depósito de distribución de agua si lo hubiera.

#### Breve descripción de las figuras

65 Figura 1. *Dispositivo de medición en campo.*

## ES 2 333 687 A1

Figura 2. *Variación de la conductividad con suelo saturado, con abundante grado de humedad.* T (mV) representa la tensión de salida en milivoltios, t(min) tiempo en minutos.

Figura 3. *Variación de la conductividad con suelo seco, con escaso grado de humedad.* T (mV) representa la tensión de salida en milivoltios, t(min) tiempo en minutos.

Figura 4. *Variación de la conductividad con grado de humedad óptimo.* T (mV) representa la tensión de salida en milivoltios, t(min) tiempo en minutos.

Figura 5. *Esquema de comportamiento del sistema con el punto óptimo de riego.* T (V) representa la tensión de salida en voltios.

### Descripción detallada del sistema

Las dos varillas están colocadas a la salida de un divisor resistivo, excitadas mediante un oscilador senoidal, de esta forma obtenemos a la salida una caída de tensión alterna proporcional a la conductividad eléctrica del terreno consiguiendo así la no polarización de los electrodos, la señal es tratada para su procesamiento mediante un sistema de control. Los datos obtenidos son muestreados y comparados con los datos adquiridos en diferentes tipos de suelo, con medidas de campo realizadas con el propio sensor mediante distintas muestras inalteradas.

Con la técnica empleada se obtienen muestras reales de humedad en varios tipos de suelo principalmente en suelos francos, francos arenosos y francos arcillosos.

Para calibrar el sensor se han obtenido datos de la caída de tensión entre las dos varillas y su relación con el grado de humedad del suelo.

Comparando los niveles de tensión procedentes de la caída de tensión entre los electrodos y los datos almacenados en el microcontrolador se establece un umbral crítico para determinar el punto de riego óptimo para un mejor aprovechamiento de los recursos hídricos disponibles.

También existe la posibilidad de cambiar el punto crítico de riego, ya que el sistema incorpora unos interruptores con opción de seleccionar varios tipos de suelo modificando la referencia de control mediante programa.

Para alimentar al sistema se puede emplear desde una fuente de alimentación hasta una célula fotovoltaica que alimente directamente al sistema o cargue una batería y ésta sea la que suministre energía al sistema. Además existe un control de ahorro de energía con un bajo consumo.

Todo el sistema está integrado en una única caja de control con los siguientes elementos:

- Electrodos para la medición de la conductividad eléctrica del suelo.
- Etapa de adquisición y control
- Etapa de alimentación que incorpora una célula fotovoltaica de 12 V.
- Interruptores de selección de suelo.
- Etapa de potencia para la activación de varias electroválvulas.

El principio básico de funcionamiento del sistema es el control del déficit de humedad del suelo o lo que es lo mismo el punto óptimo de riego. Las medidas de control tomadas se comparan con los datos obtenidos "*in situ*". El resultado de estas comparaciones es tratado y procesado por un microcontrolador que realizará un seguimiento de las muestras procedentes del sensor obteniendo un valor crítico que se corresponderá con el punto crítico de riego. Los datos establecidos para realizar la comparación se obtienen de muestras inalteradas del suelo y son tratados en laboratorio obteniendo un grado de humedad que será el porcentaje de agua contenida respecto a la muestra seca.

Una vez realizado el estudio de campo, se establece un umbral con unos límites máximo y mínimo los cuales se comparan con los datos que se van obteniendo.

Como se puede comprobar de esta forma se consigue una calibración muy próxima al comportamiento real del suelo.

Considerando que el suelo es un material complejo compuesto por sólidos, líquidos y gases y que su estructura no es constante y cualquier acción física sobre el terreno puede cambiarlo se establece un margen de medida a la vez que se espera un tiempo suficiente desde que se activa el sistema hasta que se obtiene la muestra.

## ES 2 333 687 A1

Los objetivos del sistema desarrollado son:

- Establecer un punto óptimo de riego
- Sustituir un sistema con varios elementos por un único sistema integrado.
- Calibrar un único sistema para varios tipos de suelo.

### 10 *Establecer un punto óptimo de riego*

El sistema debe de ser capaz de establecer un punto óptimo de riego dentro de un umbral establecido, en función de los datos obtenidos en las medidas de las muestras inalteradas “*in situ*”.

### 15 *Sustituir un sistema con varios elementos por un único sistema integrado*

El sistema desarrollado comprende todos los módulos necesarios de un sistema de riego en un único bloque compacto, lo que lo hace de especial utilidad en aquellos lugares en los cuales los puntos de control distan del punto de riego además el sistema se caracteriza por ser un sistema autónomo cuya alimentación puede ser suministrada por una fuente de energía renovable.

### 25 *Calibrar un único sistema para varios tipos de suelo*

El sistema incorpora la opción de disponer de más de una calibración según el tipo de suelo a través de unos interruptores externos que indican el tipo de suelo en el que va a ser instalado el sistema.

### 30 *Ventajas del sistema*

Las principales ventajas que presenta el sistema desarrollado son:

- Es un sistema de menor coste que los que se fabrican actualmente, ya que su sistema de medición no precisa de circuitos electrónicos complejos ni de un sistema mecánico externo, si no que todo el sistema está integrado en un solo bloque de control.
- Es un sistema que no necesita de una calibración para cada tipo de suelo a diferencia de los ya existentes, con este sistema se reducen los gastos que una calibración conlleva para cada tipo de suelos ya que posee varios tipos de programas internos, en los que el usuario puede acceder en cada momento y variar el punto óptimo de riego sin más que actuar sobre unos interruptores accesibles desde el exterior y que se encuentran integrados en el propio sensor.
- Es un sistema que tiene la posibilidad de incorporar una célula solar fotovoltaica que le convierte en un sistema autónomo.
- Es un sistema fácil de utilizar y que no presenta ningún problema en su colocación, dado que el sistema incorpora un soporte con aislamiento para que el usuario no tenga problemas en su instalación.

El sistema desarrollado pretende ser una alternativa que sustituya a los actuales sistemas de riego, que actúan mediante un programador de tiempo y que se activan siempre, sin tener en cuenta las características de humedad del suelo. Además por ser un sistema compacto, más manejable y más fácil de instalar lo convierte en un sistema viable para aquellas zonas en los que los recursos hídricos de los que se disponen son escasos, y en especial servirá de gran utilidad en los cultivos intensivos.

Como el sistema tiene la posibilidad de ser autónomo de la red eléctrica, requiere un mínimo consumo energético y no necesita la atención de un técnico, resulta apto y totalmente aplicable para aquellos emplazamientos un escasos recursos y sin un gran desarrollo socioeconómico. Cuenta con un bajo coste, ventaja que lo diferencia de otras tecnologías de riego.

### Ejemplo

Para comprobar el correcto funcionamiento del prototipo se están realizando pruebas con diferentes grados de humedad en el suelo, desde suelos totalmente secos hasta suelos saturados obteniendo resultados estables a las variaciones del mismo.

## ES 2 333 687 A1

Se puede apreciar que el sistema necesita un tiempo hasta que éste se estabiliza, momento en el cual los resultados son mostrados y almacenados para su posterior tratamiento.

5 Se observa que cuando el suelo presenta unas características en un grado de humedad muy bajo la tensión de salida del sistema es mucho mayor que con un suelo casi saturado en el cual el valor de la caída de tensión en extremos de la varillas es mucho menor, por lo que se obtiene el comportamiento del sistema es el adecuado, si se tiene en cuenta que a medida que existe mayor grado de humedad en el suelo la conductividad es mayor y por lo tanto menor será la resistividad del terreno lo que implica una menor resistencia y por consiguiente una menor caída de tensión.

10 Como se observa en la figura 2 cuando el suelo está saturado correspondiente a un grado de humedad de casi un 80%, siendo el peso de la muestra de 80 gramos sobre un suelo franco arenoso, y después de un desecación de 24 h a la temperatura de 105°C, se alcanza una caída de tensión en función de la conductividad de 3,163 V en el transcurso de 3 horas con un tiempo de muestreo de 15 segundos. Es necesario un tiempo hasta que el sensor se estabiliza entre 30 minutos y 50 minutos, a partir de éste tiempo los resultados ya son totalmente estables y como se puede comprobar, a  
15 medida que el suelo se va secando la tensión de salida del sistema aumentar en el momento el sistema deja de fluctuar se obtiene el punto óptimo que le indica al sistema que deje de regar.

De la misma forma que se realiza un estudio para suelo saturado, se obtienen resultados inversos, cuando el suelo necesita ser regado y su contenido en agua está por debajo del umbral establecido.

20 Como se observa en la figura 3 cuando el grado de humedad es prácticamente nulo, y el peso de la muestra apenas varía una vez la muestra sobre un suelo franco arenoso, que es el tipo de suelo más común en cultivos intensivos, objeto de éste estudio, ha sido disecada y por lo tanto se han seguido las mismas pautas que en el caso anterior, los resultados obtenidos son los siguientes:

25 A) Se obtiene una muy baja conductividad eléctrica del suelo lo que implica una mayor resistividad del mismo y por lo tanto una mayor caída de tensión. Como ya se ha explicado anteriormente el sistema necesita de un tiempo de estabilización producido por la variedad de partículas de las que el suelo está compuesto, en este caso el sistema se estabiliza de forma casi permanente cuando han transcurrido un tiempo entre 50 y 60 minutos, momento en el cual el sistema apenas varía.

30 B) Se puede considerar que a partir de una caída de tensión entre 3.745 mV y 3.750 mV se encontrará el punto óptimo de comienzo de riego.

35 En la figura 4 se observa una situación intermedia entre un suelo franco arenoso saturado y otro no saturado, al igual que en los casos anteriores es necesario un tiempo de estabilización del sensor, como se puede apreciar el sistema se estabiliza cuando en su salida presenta una caída de tensión de entre 3.375 mV y 3.350 mV es entonces cuando se estable un umbral crítico correspondiente al punto óptimo de riego.

40

45

50

55

60

65

# ES 2 333 687 A1

## REIVINDICACIONES

5 1. Sistema de riego en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo **caracterizado** por comprender los siguientes elementos:

Electrodos para la medición de la conductividad eléctrica del suelo.

Etapa de adquisición de datos, autocalibración y control.

10

Etapa de alimentación a 12 V.

Interruptores de selección de suelo.

15

Etapa de potencia para la activación de varias electroválvulas.

2. Sistema de riego en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo según la reivindicación 1 **caracterizado** por suministrar la energía de forma autónoma mediante una célula solar fotovoltaica.

20

3. Sistema de riego en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo según las reivindicaciones 1 y 2 **caracterizado** por realizar la comunicación del sistema con otros sensores o a través de un PC de control mediante comunicación serie.

25

4. Sistema de riego en diferentes tipos de suelos en función del grado de humedad en suelo según las reivindicaciones 1 a 3 **caracterizado** por determinar el punto óptimo de riego entre 3.375 mV y 3.350 mV

30

35

40

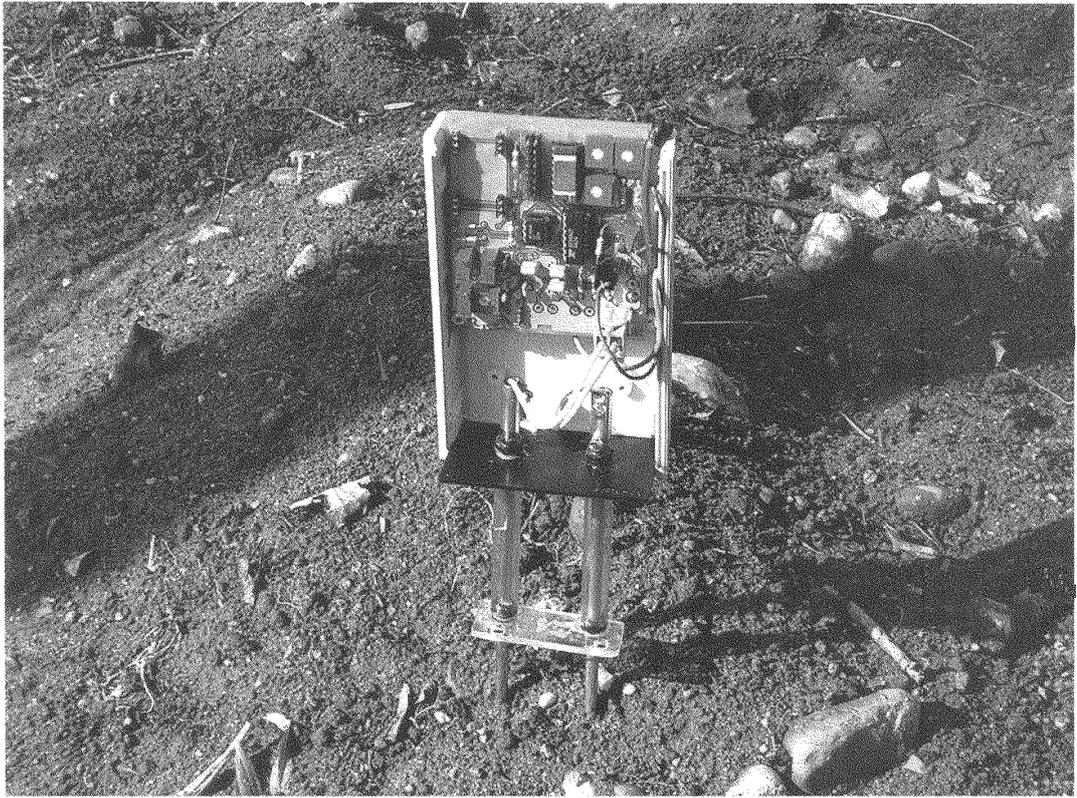
45

50

55

60

65



*Figura 1.*

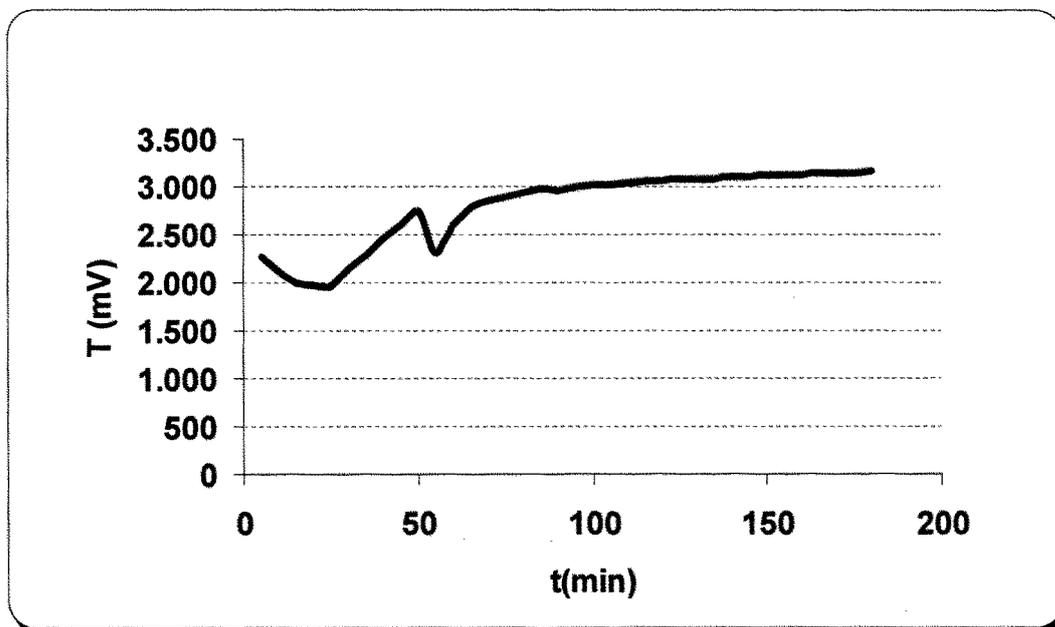


Figura 2.

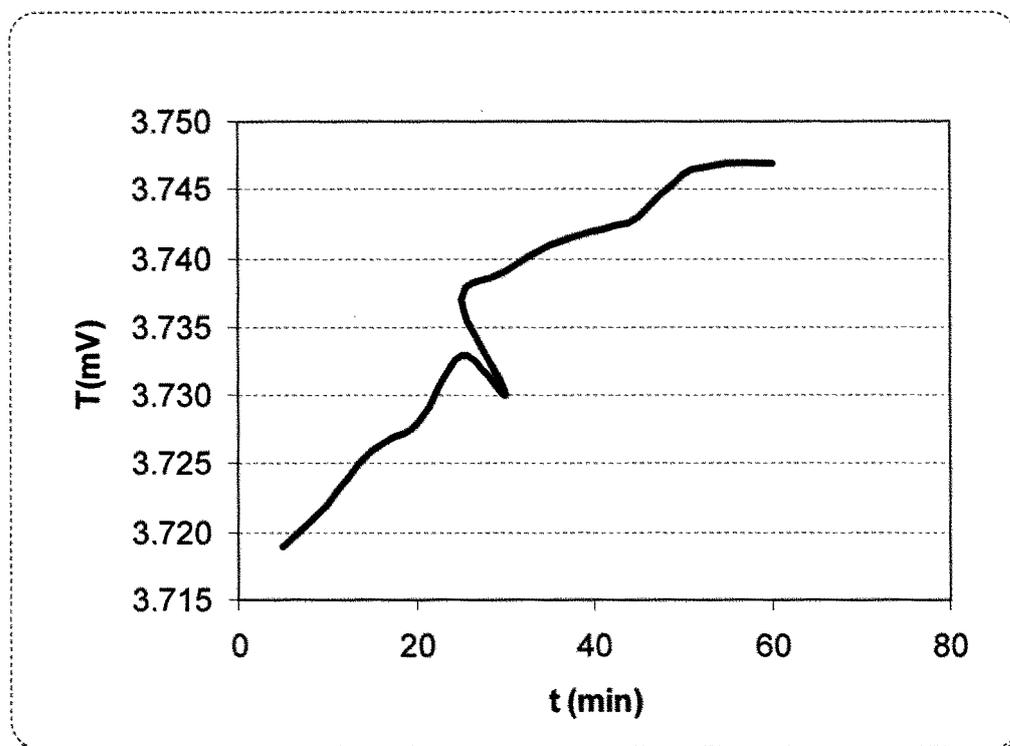


Figura 3.

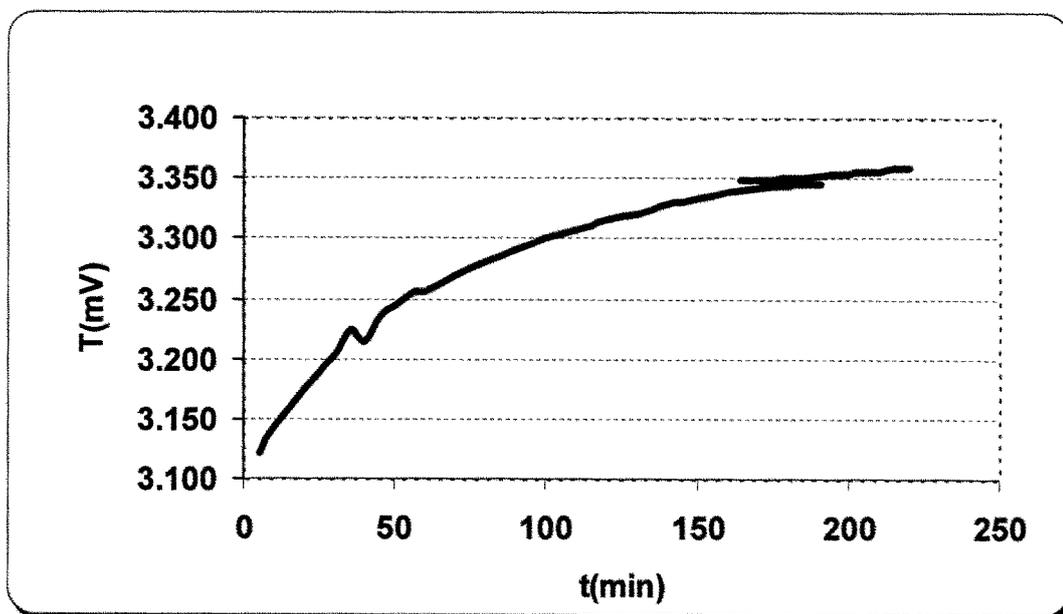


Figura 4

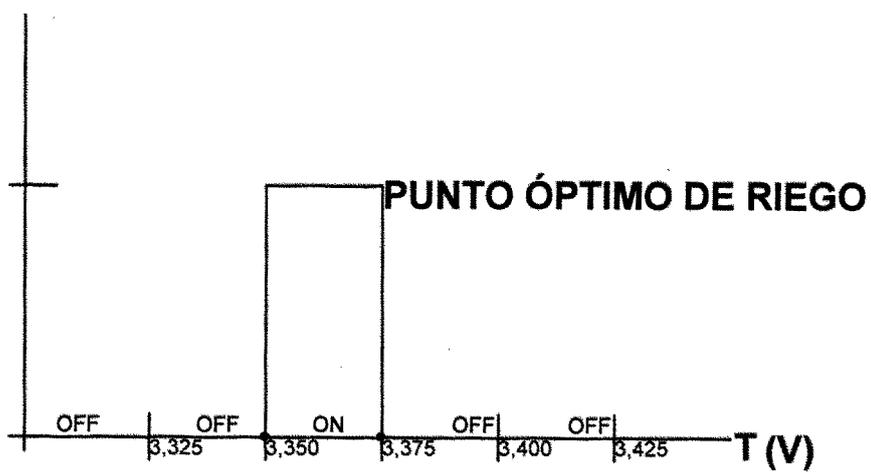


Figura 5.



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

① ES 2 333 687

② Nº de solicitud: 200703043

③ Fecha de presentación de la solicitud: 16.11.2007

④ Fecha de prioridad:

## INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA

⑤ Int. Cl.: Ver hoja adicional

### DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑥ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
X	WO 03099454 A2 (UNIV FLORIDA) 04.12.2003, párrafos [0015-0048]; figuras.	1-4
A	US 5749521 A (LATTERY et al.) 12.05.1998, columna 5, línea 48 - columna 8, línea 15; figuras 1 Y 2.	1-4
A	US 6016971 A (WELCH et al.) 25.01.2000, todo el documento.	1-4
A	US 2005240313 A1 (CARTWRIGHT et al.) 27.10.2005, todo el documento.	1-4

#### 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

09.02.2010

Examinador

J. Herrando Calvo

Página

1/4

CLASIFICACIÓN DEL OBJETO DE LA SOLICITUD

**B05B 12/12** (2006.01)

**A01G 25/16** (2006.01)

**G05D 22/02** (2006.01)

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

B05B, A01G, G05D

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI

Fecha de Realización de la Opinión Escrita: 09.02.2010

**Declaración**

<b>Novedad (Art. 6.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones 1-4	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones	<b>NO</b>
<b>Actividad inventiva (Art. 8.1 LP 11/1986)</b>	Reivindicaciones	<b>SÍ</b>
	Reivindicaciones 1-4	<b>NO</b>

Se considera que la solicitud cumple con el requisito de **aplicación industrial**. Este requisito fue evaluado durante la fase de examen formal y técnico de la solicitud (Artículo 31.2 Ley 11/1986).

**Base de la Opinión:**

La presente opinión se ha realizado sobre la base de la solicitud de patente tal y como ha sido publicada.

**1. Documentos considerados:**

A continuación se relacionan los documentos pertenecientes al estado de la técnica tomados en consideración para la realización de esta opinión.

Documento	Número Publicación o Identificación	Fecha Publicación
D01	WO 03099454 A2	12-05-1998
D02	US 5749521 A	04-12-2003
D03	US 6016971 A	25-01-2000
D04	US 2005240313 A1	27-10-2005

**2. Declaración motivada según los artículos 29.6 y 29.7 del Reglamento de ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de patentes sobre la novedad y la actividad inventiva; citas y explicaciones en apoyo de esta declaración**

El objeto principal de la invención es un sistema de riego autónomo para diferentes tipos de suelo en función del grado de humedad. Se considera como el documento del estado de la técnica más próximo al objeto reivindicado el documento D01, el cual afecta a la actividad inventiva de todas las reivindicaciones, tal y como se explica a continuación:

**Reivindicaciones independientes R1**

La reivindicación R1 describe un sistema de riego con electrodos para medir la conductividad eléctrica del suelo; una etapa de adquisición, autocalibración y control; una etapa de potencia para activar las electroválvulas; una etapa de alimentación a 12v y finalmente, unos interruptores para la selección del tipo de suelo.

Por otro lado, el documento D01 divulga también un sistema de riego con electrodos para medir el grado de humedad del suelo (párrafos [0017-0019]); una etapa de adquisición, autocalibración y control (párrafos [0034-0049]) donde se toman medidas del suelo y se establecen los niveles de disparo para controlar las electroválvulas que se activan/desactivan mediante un actuador (párrafos [0022-0024]) equivalente a la etapa de potencia de la presente invención. El sistema de riego descrito por el documento D01 también incluye una etapa de alimentación (párrafo [0032], figuras 1A, 1B) que aunque no se especifica si es a 12V, es simplemente una de varias posibilidades evidentes que un experto en la materia seleccionaría según las circunstancias, sin el ejercicio de actividad inventiva, para resolver el problema planteado.

La diferencia entre el sistema de riego de la presente invención y el sistema de riego presentado por el documento D01 son los interruptores para la selección de tipo de suelo. Sin embargo, esta característica no indica nada que no sea conocimiento común en el campo de sistemas de riego ya que poder elegir manualmente el tipo de suelo y fijar de este modo los niveles de disparo para activar/desactivar las electroválvulas es una técnica muy conocida en el estado de la técnica como se muestra en el documento D02 (columna 5, línea 48 - columna 8, línea 15 ; figura 1).

Por lo tanto, la invención como se reivindica en la reivindicación R1 no se considera que implique actividad inventiva (Artículo 8.1 LP).

**Reivindicaciones dependientes R2-R4**

El sistema de riego autónomo reivindicado por la reivindicación R2 con una célula solar fotovoltaica para el suministro de energía ha sido divulgado anteriormente por el documento D01 (párrafo [0032]).

La comunicación del sistema de riego con otros sensores o con un PC según describe la reivindicación R3 mediante una conexión serie ha sido divulgado anteriormente por el documento D01 (párrafos [0027-0031]).

El objeto de la reivindicación R4 consiste en la selección del punto óptimo de riego dentro del rango de 3.375mV y 3.350mV. Dicha selección sólo puede considerarse que posee actividad inventiva si presenta efectos o propiedades inesperadas. Sin embargo, no se han indicado dichos efectos o propiedades en la solicitud y se considera meras ejecuciones particulares obvias para un experto en la materia.

En consecuencia, las reivindicaciones R2-R4 no se puede considerar que impliquen actividad inventiva (Artículo 8.1 LP) .