



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola

**Diseño, Desarrollo y Evaluación de un
Dispositivo de Bajo Coste para la
Determinación del Balance Hídrico
Mediante Técnicas de Pesada
Utilizando Sistemas Embebidos**

Leandro Ruiz Peñalver

2015



UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA

Departamento de Ingeniería de Alimentos y del Equipamiento Agrícola

**Diseño, Desarrollo y Evaluación de un
Dispositivo de Bajo Coste para la
Determinación del Balance Hídrico
Mediante Técnicas de Pesada
Utilizando Sistemas Embebidos**

Tesis Doctoral

presentada por

Leandro Ruiz Peñalver,

Ingeniero Naval, para optar al Grado de Doctor
por la Universidad Politécnica de Cartagena

dirigida por

Dr. José Miguel Molina Martínez

codirigida por

Dr. Isidoro Guzmán Raja

Dpto. de Ingeniería de Alimentos y del
Equipamiento Agrícola

Dpto. de Economía Financiera y
Contabilidad

Universidad Politécnica de Cartagena

Universidad Politécnica de Cartagena

Cartagena, 2015

**CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DEPÓSITO DE
TESIS DOCTORAL POR EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS**

D. José Miguel Molina Martínez Director de la Tesis doctoral “DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE BAJO COSTE PARA LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO MEDIANTE TÉCNICAS DE PESADA UTILIZANDO SISTEMAS EMBEBIDOS”.

INFORMA:

Que la referida Tesis Doctoral, ha sido realizada por D. Leandro Ruiz Peñalver, dentro del programa de doctorado TECNICAS AVANZADAS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y ALIMENTARIO, dando mi conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado para ser autorizado su depósito.

La rama de conocimiento en la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- Ciencias
- Ciencias Sociales y Jurídicas
- Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a de enero de 2015

EL DIRECTOR DE LA TESIS

José Miguel
Molina
Martínez

Firmado digitalmente por José Miguel Molina Martínez
Nombre de reconocimiento (DN):
cn=José Miguel Molina Martínez,
o, ou,
email= [REDACTED],
c=ES

Fdo.: José Miguel Molina Martínez

COMISIÓN DE DOCTORADO

**CONFORMIDAD DE SOLICITUD DE AUTORIZACIÓN DE DEPÓSITO DE
TESIS DOCTORAL POR EL/LA DIRECTOR/A DE LA TESIS**

D. Isidoro Guzmán Raja, Codirector de la Tesis doctoral “DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN DISPOSITIVO DE BAJO COSTE PARA LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO MEDIANTE TÉCNICAS DE PESADA UTILIZANDO SISTEMAS EMBEBIDOS”.

INFORMA:

Que la referida Tesis Doctoral, ha sido realizada por D. Leandro Ruiz Peñalver, dentro del programa de doctorado TÉCNICAS AVANZADAS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y ALIMENTARIO, dando mi conformidad para que sea presentada ante la Comisión de Doctorado para ser autorizado su depósito.

La rama de conocimiento en la que esta tesis ha sido desarrollada es:

- Ciencias
- Ciencias Sociales y Jurídicas
- Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 23 de enero de 2015

EL CODIRECTOR DE LA TESIS

ISIDORO
GUZMAN
RAJA

Firmado digitalmente por
ISIDORO|GUZMAN|RAJA
Nombre de reconocimiento (DN):
cn=ISIDORO|GUZMAN|RAJA,
serialNumber=1234567890,
givenName=ISIDORO,
sn=GUZMAN|RAJA,
ou=Ciudad de nos, o=ACCY, c=ES
Fecha: 2015.01.23 13:35:28 +0100

Fdo.: Isidoro Guzmán Raja

COMISIÓN DE DOCTORADO



**CONFORMIDAD DE DEPÓSITO DE TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA**

D. Francisco Artés Hernández, Presidente de la Comisión Académica del Programa
TECNICAS AVANZADAS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y
ALIMENTARIO.

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada, "DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN
DISPOSITIVO DE BAJO COSTE PARA LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE
HÍDRICO MEDIANTE TÉCNICAS DE PESADA UTILIZANDO SISTEMAS
EMBEBIDOS", ha sido realizada, dentro del mencionado programa de doctorado, por D.
Leandro Ruiz Peñalver,

bajo la dirección y supervisión del Dr. José Miguel Molina Martínez y la codirección y
supervisión del Dr. Isidoro Guzmán Raja.

En reunión de la Comisión Académica de fecha 27/01/2015, visto que en la misma se
acreditan los indicios de calidad correspondientes y la autorización del Director de la
misma, se acordó dar la conformidad, con la finalidad de que sea autorizado su depósito por
la Comisión de Doctorado.

La Rama de conocimiento por la que esta tesis ha sido desarrollada es:

Ciencias
Ciencias Sociales y Jurídicas
 Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 27 de enero de 2015

EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA

Fdo: Francisco Artés Hernández

COMISIÓN DE DOCTORADO



**CONFORMIDAD DE DEPÓSITO DE TESIS DOCTORAL
POR LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA**

D. Francisco Artés Hernández, Presidente de la Comisión Académica del Programa
TECNICAS AVANZADAS EN INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO AGRARIO Y
ALIMENTARIO.

INFORMA:

Que la Tesis Doctoral titulada, "DISEÑO, DESARROLLO Y EVALUACIÓN DE UN
DISPOSITIVO DE BAJO COSTE PARA LA DETERMINACIÓN DEL BALANCE
HÍDRICO MEDIANTE TÉCNICAS DE PESADA UTILIZANDO SISTEMAS
EMBEBIDOS", ha sido realizada, dentro del mencionado programa de doctorado, por D.
Leandro Ruiz Peñalver,

bajo la dirección y supervisión del Dr. José Miguel Molina Martínez y la codirección y
supervisión del Dr. Isidoro Guzmán Raja.

En reunión de la Comisión Académica de fecha 27/01/2015, visto que en la misma se
acreditan los indicios de calidad correspondientes y la autorización del Director de la
misma, se acordó dar la conformidad, con la finalidad de que sea autorizado su depósito por
la Comisión de Doctorado.

La Rama de conocimiento por la que esta tesis ha sido desarrollada es:

Ciencias
Ciencias Sociales y Jurídicas
 Ingeniería y Arquitectura

En Cartagena, a 27 de enero de 2015

EL PRESIDENTE DE LA COMISIÓN ACADÉMICA DEL PROGRAMA

Fdo: Francisco Artés Hernández

COMISIÓN DE DOCTORADO

Agradecimientos

Esta Tesis Doctoral es fruto del esfuerzo y dedicación de muchas personas. Algunas han puesto a mi disposición los medios, conocimientos y tiempo necesarios; otras, ánimo y cariño y en ocasiones hasta una mano tendida para ayudarme a levantarme. Por todo ello, sirvan estas líneas para expresar mi más sincero agradecimiento a todas aquellas personas que han contribuido en el desarrollo y buen fin de esta tesis.

A los Dres. José Miguel Molina Martínez e Isidoro Guzmán Raja, mis estimados directores de tesis, por brindarme la oportunidad de realizar el presente trabajo bajo su dirección, poniendo a mi disposición todos los medios humanos y materiales necesarios para llevarlo a cabo. Por sus consejos y enseñanzas, así como por su dedicación, apoyo y confianza depositada en mí desde un primer momento.

Al Dr. Antonio Ruiz Canales, gran compañero de fatigas, por poner a nuestra disposición los medios de la Escuela Politécnica Superior de Orihuela para la realización de los ensayos en campo.

A los Dres. Daniel García Fernández-Pacheco y Manuel Jiménez Buendía, por su colaboración y apoyo en los diferentes desarrollos electrónicos realizados en el curso de esta tesis.

Al Ministerio de Economía y Competitividad cuya financiación ha permitido el desarrollo de este trabajo a través del proyecto AGL2011-30408-C04-04 “Balances de agua y carbón en la vid: Efecto de la variedad, condiciones edafoclimáticas y técnicas de cultivo.” Dentro del subproyecto “Contribución de las técnicas de cultivo a los balances de agua y de carbono. Producción, eficiencia en el uso del agua y calidad de la uva”

A los componentes del Grupo de Investigación en Ingeniería Agromótica y del Mar, por tantas horas compartidas que siempre han sido placenteras, especialmente a Diego y Jorge por su labor durante el periodo de adquisición y análisis de datos experimentales.

A toda mi familia, especialmente mis hijos Leandro y Miguel, que siempre han estado ahí, y me han ayudado y apoyado a seguir en los momentos de desánimo.

Finalmente, a mi mujer, mi compañera de viaje durante tantos años, que me ha animado desde el principio a escribir esta tesis y por su cariño, comprensión y apoyo incondicionales.

A todos ellos,

Muchas gracias.

A mi esposa

A mis hijos

Tabla de contenido

RESUMEN	3
ABSTRACT	5
PREFACIO	7
1 INTRODUCCIÓN	9
2 OBJETIVOS	13
3 DESARROLLO DE UN INNOVADOR LISÍMETRO DE PESADA PARA PLANTAS EN MACETA: APLICACIÓN EN ESTACIONES DE LISIMETRÍA	15
3.1 PUBLICACIÓN	17
4 PATENTE: SISTEMA DE CUANTIFICACIÓN DEL BALANCE HÍDRICO DE PLANTAS CULTIVADAS EN MACETA	29
4.1 OBJETO DE LA INVENCION	31
4.2 ANTECEDENTES DE LA INVENCION	31
4.3 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION	33
4.4 DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS	38
4.5 REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION	40
4.6 REIVINDICACIONES	43
5 SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL MEDIANTE MICROCONTROLADORES PARA LA GESTIÓN DEL RIEGO DE CULTIVOS EN MACETA DE LISÍMETROS DE PESADA	47
5.1 RESUMEN	49
5.2 INTRODUCCIÓN Y JUSTIFICACIÓN	49
5.3 MATERIALES Y MÉTODOS	50
5.4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN	55
5.5 CONCLUSIONES	61
6 EVALUACIÓN ECONÓMICA DEL PROYECTO DE INVERSIÓN	63
6.1 INTRODUCCIÓN: ESCENARIO ECONÓMICO Y VARIABLES DE RIESGO	65
6.2 FLUJOS NETOS DE EFECTIVO DEL PROYECTO: VAN Y TIR	68
6.3 ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD DEL PROYECTO	75
6.3.1 <i>Periodo de recuperación del proyecto o payback</i>	75
6.3.2 <i>Valor Actual Neto (VAN) y Tasa de Rendimiento Interno (TIR) del proyecto</i>	76
6.4 ANÁLISIS DE SENSIBILIDAD	76
6.4.1 <i>Análisis del punto muerto: valores críticos</i>	76
6.4.2 <i>Simulación de Montecarlo</i>	78
6.4.3 <i>Tablas de resultados de la simulación</i>	82
7 CONCLUSIONES	89
8 REFERENCIAS	95

9	PRODUCCIÓN CIENTÍFICA	101
9.1	PUBLICACIONES CIENTÍFICO TÉCNICAS	103
9.1.1	<i>Publicaciones en revistas científicas listadas en el JCR</i>	103
9.1.2	<i>Publicaciones en revistas científicas no listadas en el JCR</i>	103
9.2	PATENTE SOLICITADA	104
9.3	COMUNICACIONES A CONGRESOS	105
	APÉNDICE I	109
	APÉNDICE II	133
	APÉNDICE III	139

Resumen

Para ahorrar costos mediante la gestión óptima del agua de riego, se requiere un conocimiento preciso del consumo del agua de las diferentes especies y variedades de plantas en diferentes condiciones climáticas, suelos, etc. La forma más exacta de determinar este consumo agua es mediante el uso de lisímetros de pesada. Desafortunadamente, debido a los altos costes actuales, su empleo queda reducido a muy pocas estaciones de lisimetría ubicadas en centros de investigación, que se utilizan para determinar el consumo real de las plantas, y obtener modelos matemáticos para intentar extrapolar su empleo a otras parcelas que, en la mayoría de los casos, no cumplen las mismas condiciones de los ensayos que permitieron obtener los modelos (climas, suelo, cultivo, etc.) provocando errores en la estimaciones de las necesidades de agua de los cultivos. De ahí la necesidad de desarrollar nuevos lisímetros de bajo coste que permitan constituir estaciones de lisimetría a un precio asequible, y así contribuir a mejorar el manejo del riego y, por tanto, de los recursos hídricos disponibles. Esta tesis doctoral describe el diseño y desarrollo de un novedoso lisímetro de pesada de

bajo coste, y su valoración técnica y económica a través de la implementación de una estación de lisimetría constituida por 16 lisímetros para analizar el consumo de agua de plantas en maceta. El sistema ha sido verificado como de alta precisión, fácil de configurar, y capaz de filtrado y almacenamiento de datos en tiempo real, así como el control de la electroválvulas para abrir o cerrar el depósito donde se almacena el agua de drenaje. Este nuevo sistema agromótico ofrece innumerables posibilidades para determinar con precisión el consumo de agua de cualquier planta. Además, si tenemos en cuenta su sostenibilidad económica, demostrado por un estudio llevado a cabo para este fin específico, que muestra un valor neto positivo del proyecto, con una probabilidad del 99%, se convierte en un fascinante instrumento para proyectos de investigación, así como una gran herramienta recomendada para la mejora de la productividad de los cultivos

Abstract

For optimal, cost-saving management of irrigation water, accurate knowledge of the overall water consumption is needed, taking into account different species and varieties of plants, weather and soil conditions. The most accurate way to determine this water consumption is by using weighting lysimeters. Unfortunately, due to the current high costs, their use is limited to a few lysimetric stations located in research facilities, which are used to calculate the plant real consumption, and to develop mathematical models to extrapolate those data to other different crops, having in most of cases different conditions from the ones used to estimate the models, thus causing errors in those estimations. For all of this, the need to develop an affordable low-cost lysimetric station arises, to contribute to improve water management, and thus, the available water resources. This PhD. Thesis describes the design and development of a novel low-cost weighting lysimeter and a technical and economical assessment through the setup of a lysimetric station, comprising 16 lysimeters to analyze the water

consumption in potted plants. It has been verified as a high accuracy, easy to set up, real time data acquisition system, including the electrovalves control, to automate the drain tank. This new agromotic system offers a wide range of possibilities to accurately measure the water consumption of any given plant. Besides, its economic sustainability has been proved by specific research, showing a positive net value with a 99% reliability, becoming into a fascinating research instrument as well as a suggested tool to improve crops productivity.

Prefacio

Esta tesis está estructurada en la forma habitual de los textos científicos, consta de una **Introducción y Objetivos, cuatro Capítulos**, que conforman el cuerpo principal de la tesis, un apartado de **Síntesis** general y por último las **conclusiones**. También se incorporan unos apéndices en donde se incluyen documentación adicional a la tesis

La **introducción** comienza describiendo la importancia del ahorro en el consumo del agua en los cultivos y por tanto la necesidad de una correcta gestión de sus necesidades hídricas que implica una determinación correcta de su balance hídrico. Seguidamente se expone una revisión de los métodos actuales de la obtención del balance hídrico y en los **Objetivos** se exponen las distintas metas específicas que se pretenden obtener con el desarrollo de esta tesis, que se defiende en el desarrollo de los siguientes cuatro **Capítulos**

Prefacio

Finalmente en el apartado de **síntesis** se revisan y discuten los resultados obtenidos y sus implicaciones dando una visión integradora así como enunciar unas perspectivas futuras de trabajo y por último se enumeran las principales **conclusiones** de la tesis

Introducción

Entre todos los recursos naturales y los factores de producción utilizados en la agricultura, el agua es probablemente el factor más determinante en la productividad de los cultivos (Matson, et al. 1997). En la agricultura mediterránea, con un clima semiárido, la cantidad de agua disponible en el suelo es también la principal limitación de una producción agrícola sostenible y económicamente viable. En este contexto, la programación de riego es el factor más importante que afecta a la calidad y cantidad de las cosechas obtenidas, un mal uso del riego puede tener efectos ambientales y socioeconómicos graves. El primer paso para una correcta gestión del agua es determinar las necesidades de riego de cada cultivo.

Para tal fin se hace necesario contar con las técnicas adecuadas que permiten cuantificar las dos entradas de agua (lluvia y riego) y salidas (transpiración, evaporación y drenaje) con el fin de estimar el balance hídrico.

Introducción

Este balance hídrico actualmente se calcula de forma aproximada mediante sensores de suelo, estaciones agroclimáticas y lisímetros (Allen, et al. 1998). Los sensores de humedad del suelo utilizado para determinar los balances hídricos y gestionar el riego son generalmente bastante inexactos, ya que sólo exploran un área pequeña, la mayoría de ellos no están calibrados para el tipo de suelo sobre el que deben ser utilizados y su aplicación está llena de inexactitudes debidas a las discontinuidades del terreno.

Por lo tanto las lecturas de estos, aunque bastante próximas al valor real, no son del todo fiables. Por otra parte, las estaciones agroclimáticas se utilizan para determinar los datos de evapotranspiración de un cultivo de referencia (ET_o), pero con el fin de determinar el consumo de agua del cultivo es necesario determinar una serie de coeficientes de cultivo que son específicos para cada variedad, patrón, suelo, clima, etc. aunque sí proporcionan una orientación sobre el consumo real de agua de cada planta.

Debido a que los lisímetros de pesada proporcionan valores más exactos para el consumo de agua de cada cultivo, se consideran como el método estándar para medición directa de la evapotranspiración (Payero and Irmak 2008.).

Se han estado utilizando estos dispositivos, (Beeson Jr. 2011) ya sea individualmente o como parte de las estaciones de lisimetría (Zhang, et al. 2007), para estudiar las variaciones de los pesos de los cultivos en un área determinada dentro de una parcela cultivada.

En su definición más general, un lisímetro es un mecanismo utilizado en agronomía para medir el volumen de toda el agua que entra y sale de un recipiente que contiene una masa aislada de suelo. (Payero and Irmak 2008.).

Existen distintos tipos de lisímetros en función del método utilizado, como los lisímetros volumétricos, de relleno y de pesada, entre otros, siendo este último los únicos que miden ET directamente como un balance de masas.

Un lisímetro de pesada tradicional consiste en un gran recipiente lleno de tierra colocado sobre una balanza. Todo el conjunto está instalado en un encofrado enterrado cuyas dimensiones permiten el acceso a su interior para su mantenimiento y calibración. Su superficie está a nivel con la del suelo circundante, por lo tanto indetectable a simple vista, ya que está cubierto por el cultivo. Muchos de estos lisímetros se utilizan para analizar la evapotranspiración del cultivo bajo diferentes condiciones (Liu, et al. 2010) (Zhang, et al. 2007) Existen diversas limitaciones en este tipo de lisímetro, los trabajos de construcción necesarios para su instalación son complejos y por tanto su costo es alto, ocupan una gran superficie, las operaciones de mantenimiento son complicadas, carecen de automatización.

Todo esto restringe su uso a los centros de investigación que, trabajando a partir de datos obtenidos bajo condiciones muy específicas, intentan extrapolar estos datos para que los agricultores puedan utilizarlo como guía.

Se han desarrollado algunos lisímetros que reducen estos requerimientos (Beeson Jr. 2011), (Tripler, et al. 2012), (Wenting, y otros 2013) en algunos casos su estructura no es robusta ni estable y su método de medida está influenciado por la acción del viento (Howell, et al. 1995.) en otros casos, los dispositivos de drenaje no proporcionan una medida actualizada del mismo y por tanto existen posibilidades de mejora en estos tipos de lisímetros, tanto desde el punto de vista estructural, como en el diseño del sistema electrónico de medición automatizada que permita la obtención de los valores de la evapotranspiración con suficiente rapidez para conseguir un control del riego en tiempos actualizados.

Objetivos

El objetivo general de esta Tesis Doctoral es desarrollar un lisímetro de pesada para plantas en maceta, que sea de bajo coste que permita su explotación comercial para su implantación en estaciones lisimetría.

Para alcanzar este objetivo general de la presente Tesis Doctoral, se han establecido los siguientes objetivos específicos:

1. Diseñar y desarrollar un dispositivo de bajo coste que permita medir el balance hídrico de plantas en maceta
2. Diseñar y desarrollar un sistema electrónico que permita la adquisición de datos, su procesamiento y el control del dispositivo.
3. Implementar algoritmos embebidos para la determinación de la evapotranspiración en tiempo real.

Objetivos

4. Proteger mediante una patente industrial el sistema desarrollado para su posterior explotación comercial.
5. Estudiar los costes de implementación y evaluación económica de una estación lisimetría.

**Desarrollo de un innovador
lisímetro de pesada para plantas en
maceta: aplicación en estaciones de
lisimetría**

3.1 Publicación

Ruiz-Peñalver, L & Vera, Jose & Jiménez-Buendía, M & Guzmán, I & Martínez, José. (2015). Development of an innovative low cost weighing lysimeter for potted plants: Application in lysimetric stations. Agricultural Water Management. 151. . 10.1016/j.agwat.2014.09.020.

**Patente: Sistema de cuantificación
del balance hídrico de plantas
cultivadas en maceta**

4.1 Objeto de la invención

La presente invención encuentra aplicación en el sector de las técnicas de riego. De forma particular, el sistema permite cuantificar el consumo hídrico de plantas cultivadas en maceta, incluidas plantas arbóreas, y optimizar así el riego, aportando la cantidad de agua requerida en cada caso.

Un objeto de la invención consiste en proporcionar un sistema capaz de cuantificar los requerimientos hídricos de una especie determinada de forma automática, precisa y en tiempo real.

Así mismo, es objeto de la invención proporcionar un sistema de riego de bajo coste, que no precise realizar obra civil para su implantación, ni requiera de un invernadero para asegurar una medición precisa.

4.2 Antecedentes de la invención

Entre todos los recursos naturales e insumos que se emplean en la agricultura, el agua es probablemente el factor más determinante en la productividad de los cultivos. En la agricultura mediterránea, donde el clima es semiárido, la disponibilidad de agua en el suelo es la principal limitación para la práctica de una agricultura económicamente sostenible. Debido a esta escasez de agua, la cuantificación de los componentes del balance hídrico constituye un paso fundamental para proporcionar un riego eficaz.

El manejo del riego es el principal factor determinante de la calidad y cantidad de las cosechas obtenidas. Mientras que un mal manejo del riego puede tener graves repercusiones medio-ambientales y socio-económicas.

Por ello, es necesario gestionar correctamente los recursos hídricos mediante la determinación de las necesidades hídricas de los cultivos. Con tal fin se hace necesario disponer de técnicas precisas que permitan cuantificar en tiempo real el

balance hídrico de los cultivos en tierra o en invernadero, midiendo tanto las entradas de agua (precipitación y riego) como las salidas (transpiración, evaporación y drenaje).

A día de hoy, las entradas y salidas de agua se conocen de forma aproximada mediante el empleo de sensores de humedad del suelo, estaciones agroclimáticas y lisímetros, sin embargo, ninguno de ellos permite obtener medidas precisas.

Los sensores de humedad del suelo, empleados para establecer balances hídricos y gestionar el riego, suelen ser bastante inexactos ya que exploran tan sólo una pequeña zona del suelo. La mayoría de estos sensores no están calibrados para el suelo en el que deben trabajar, dan muchísimos fallos de instalación debido a que los suelos tienen piedras, cavidades, etc., y acaban dando medidas que, aunque aproximadas, no reflejan la realidad.

Las estaciones agroclimáticas determinan la evapotranspiración del cultivo de referencia. Sin embargo, para saber los consumos de agua se requieren conocer unos coeficientes de cultivo que son específicos para cada variedad, patrón, suelo, clima, etc., por lo que, a pesar de proporcionar una orientación, tampoco proporcionan datos reales del consumo de agua de cada planta.

Los lisímetros proporcionan valores más exactos del consumo hídrico de los cultivos, pero debido al gran coste que supone la obra civil que requieren, junto con la complejidad de manejo e instalación, su uso está limitado a centros de investigación, los cuales, a partir de los datos obtenidos en condiciones muy concretas, intentan extrapolarlos para que puedan servir de guía a los agricultores.

La solicitud de patente WO2004040965A1 describe un aparato y un método para medir y controlar el crecimiento de plantas cultivadas en macetas, dispuestas en suspensión bajo el techo de un invernadero. El aparato incorpora sensores de

humedad y medios de pesaje y de control para determinar el balance hídrico. La solicitud está indicada para cultivos no arbóreos, principalmente hortícolas o enredaderas, protegidas del viento, ya que de lo contrario, las medidas de pesaje y humedad se verían afectadas.

Así mismo, la solicitud de patente WO2013042113A1 describe un sistema para controlar el proceso de riego automático en un campo agrícola grande. La invención se basa en el uso de lisímetros, conllevando un coste importante.

Se hace por tanto necesario disponer de un sistema de riego de bajo coste, poco voluminoso, que no requiera obra civil y que proporcione los valores precisos de consumo de los cultivos, que esté al alcance de los agricultores y que éstos puedan utilizar directamente en sus fincas (con sus condiciones específicas) para conocer la necesidades hídricas en tiempo real.

4.3 Descripción de la invención

El sistema que la presente invención propone se presenta como una mejora frente a lo conocido en el estado del arte, puesto que consigue alcanzar satisfactoriamente los objetivos anteriormente señalados como idóneos para la técnica.

En un primer aspecto, la invención consiste en un sistema de cuantificación del balance hídrico para un sistema de riego de plantas cultivadas en maceta que comprende:

- una estructura dotada de una superficie de apoyo de la maceta, dicha superficie de apoyo provista de al menos una perforación para permitir la evacuación del agua drenada por la maceta,

- unos medios de pesaje de la maceta dispuestos bajo la superficie de apoyo de modo que el peso de la maceta descansa sobre dichos medios de pesaje de la maceta,
- un primer recipiente sostenido por la estructura y dispuesto bajo la superficie de apoyo para permitir la recogida del agua drenada por la maceta,
- unos primeros medios de pesaje anclados a la estructura para medir el peso del primer recipiente,
- un segundo recipiente susceptible de contener agua para el riego de la planta, dicho segundo recipiente sostenido por un soporte desplazable respecto de la estructura,
- unos segundos medios de pesaje anclados al soporte para medir el peso del segundo recipiente,
- al menos una electroválvula dispuesta para controlar el vaciado del segundo recipiente,
- una unidad de control configurada para obtener el peso del consumo hídrico de la planta cultivada en la maceta como resultado de la diferencia de la variación de peso registrada por los segundos medios de pesaje tras el último riego respecto de la variación de peso registrada por los primeros medios de pesaje y la variación de peso de la maceta tras el último riego.

El sistema descrito permite cuantificar los requerimientos hídricos de la planta cultivada en tiempo real. Para ello, la unidad de control registra periódicamente la medida proporcionada por los medios de pesaje de la maceta, los primeros medios de pesaje y los segundos medios de pesaje. A partir de dichas medidas, la

unidad de control es capaz de obtener el peso del agua retenida por la planta, el peso del agua drenada y el peso del agua de riego. De esta forma, considerando las medidas obtenidas en distintos instantes temporales, el sistema permite obtener el consumo hídrico de la planta cultivada en la maceta como el resultado de la diferencia del agua de riego suministrada, respecto del agua drenada y el agua retenida por el cultivo, donde el consumo hídrico de la planta se corresponde con el agua evapotranspirada por dicha planta.

El sistema comprende una estructura y un soporte para el sustento y anclaje de los elementos necesarios para la cuantificación del consumo hídrico y el riego. La estructura está configurada para proporcionar una superficie de apoyo de la maceta, y un medio para la suspensión del primer recipiente, destinado a la recogida del agua drenada por la maceta, mientras que el soporte está configurado para proporcionar un medio para la suspensión del segundo recipiente, con capacidad de desplazamiento y destinado al almacenamiento del agua de riego. Ambos recipientes están suspendidos, de forma que el peso de ambos es fácilmente medible mediante los primeros y los segundos medios de pesaje.

Esta suspensión de recipientes permite obtener medidas de peso, tanto para el agua drenada como para el agua de riego, de forma que conociendo la variación de peso de la maceta (obtenida por los medios de pesaje de la maceta) es posible determinar el peso del consumo hídrico de la planta, y en esencia, la cantidad de agua evapotranspirada por la planta, ya que las unidades de peso podrán ser transformadas en volumen (litros o metros cúbicos) por la unidad de control, según una realización preferente.

El sistema descrito permite obtener valores precisos del consumo hídrico de las plantas cultivadas en macetas a partir de una serie de medidas de peso, donde dichas medidas se obtienen a un bajo coste y sin requerir obra civil alguna.

Además, el sistema de riego descrito no precisa de la edificación de invernaderos para proteger el sistema o asegurar la exactitud de las medidas, ya que la planta se apoya sobre el suelo por medio de la estructura. Así, el sistema proporcionado puede emplearse directamente en el suelo, siendo posible emplearlo para todo tipo de plantas cultivadas en maceta, incluidas plantas arbóreas.

En un segundo aspecto, la invención consiste en un sistema de riego de plantas cultivadas en maceta que comprende el sistema de cuantificación del balance hídrico y en el que la unidad de control está configurada para activar la electroválvula para permitir el riego de la planta cultivada en la maceta hasta que los segundos medios de pesaje registren una disminución de peso igual al peso del consumo hídrico obtenido. De esta forma, el sistema permite realizar un riego optimizado, aportando exclusivamente el consumo hídrico de la planta cultivada.

De forma preferente, la unidad de control está configurada para activar la electroválvula un tiempo adicional en función de la conductividad eléctrica del suelo contenido en la maceta. Así, el sistema permite realizar un riego específico en función de la salinidad del suelo, realizando un uso más eficiente del agua.

Según otra realización preferente, la unidad de control está configurada para activar la electroválvula hasta que los segundos medios de pesaje registren una disminución de peso inferior al peso del consumo hídrico obtenido. De esta forma, el sistema permite realizar un riego deficitario controlado a partir del balance hídrico del sistema. Esto permite en ciertas fases del cultivo aportar una cantidad de agua menor sin que se vea afectada la producción en gran medida.

Según otra realización preferente, el sistema comprende una primera electroválvula de drenaje configurada para habilitar la entrada del agua drenada por la maceta en el primer recipiente, donde dicha primera electroválvula de drenaje está en comunicación con la unidad de control. Esta primera

electroválvula de drenaje estará normalmente abierta para recoger el agua drenada por la maceta, no obstante, se contempla la posibilidad de cerrarla para controlar el agua que entra en el recipiente.

Según otra realización preferente, el sistema comprende una segunda electroválvula de drenaje configurada para habilitar el vaciado del primer recipiente, donde dicha segunda electroválvula de drenaje está en comunicación con la unidad de control. Esta segunda electroválvula de drenaje estará normalmente cerrada para mantener el agua drenada por la maceta en el primer recipiente, no obstante, se contempla la posibilidad de abrirla para vaciar dicho recipiente en caso de que esté lleno, o para el caso en que se quiera reducir su peso un valor deseado.

Según otra realización preferente, el sistema comprende medios para cubrir superiormente la parte comprendida entre la planta y el borde perimetral de la maceta. De forma preferente, dichos medios para cubrir la maceta comprenden una película de material plástico. Así, el sistema permite diferenciar entre transpiración y evaporación a partir de la evapotranspiración obtenida, ya que al disponer los medios para cubrir superiormente la maceta, el sistema evitaría la evaporación de agua, y la unidad de control obtendría exclusivamente la transpiración de la planta.

De forma preferente, la estructura comprende unas patas de sujeción regulables en altura para soportar la superficie de apoyo. Así, la invención garantiza la horizontalidad de la superficie de apoyo en cualquier tipo de suelo y con cualquier desnivel.

De forma preferente, el sistema comprende una configuración porticada sostenida sobre la superficie de apoyo para mantener una espaldera fijada en una posición seleccionada. Esta espaldera ofrece un soporte para plantas arbóreas o

trepadoras, mientras que la configuración porticada permite regular la inclinación de dichas plantas permitiendo así modificar fácilmente el nivel de radiación interceptada por las plantas a lo largo del día, aumentándolo o disminuyéndolo en función del grado de inclinación de la planta con respecto a la dirección de la radiación incidente.

Según otra realización preferente, los primeros medios de pesaje y los segundos medios de pesaje están seleccionados entre: células de carga, contadores de agua y pluviómetros.

Según otra realización preferente, la base superior de la maceta está al nivel del suelo, quedando al menos enterrados bajo la maceta, la estructura, los medios de pesaje de la maceta, el primer recipiente y los primeros medios de pesaje del primer recipiente.

4.4 Descripción de las figuras

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características del invento, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica del mismo, se acompaña como parte integrante de dicha descripción, unas figuras en donde con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

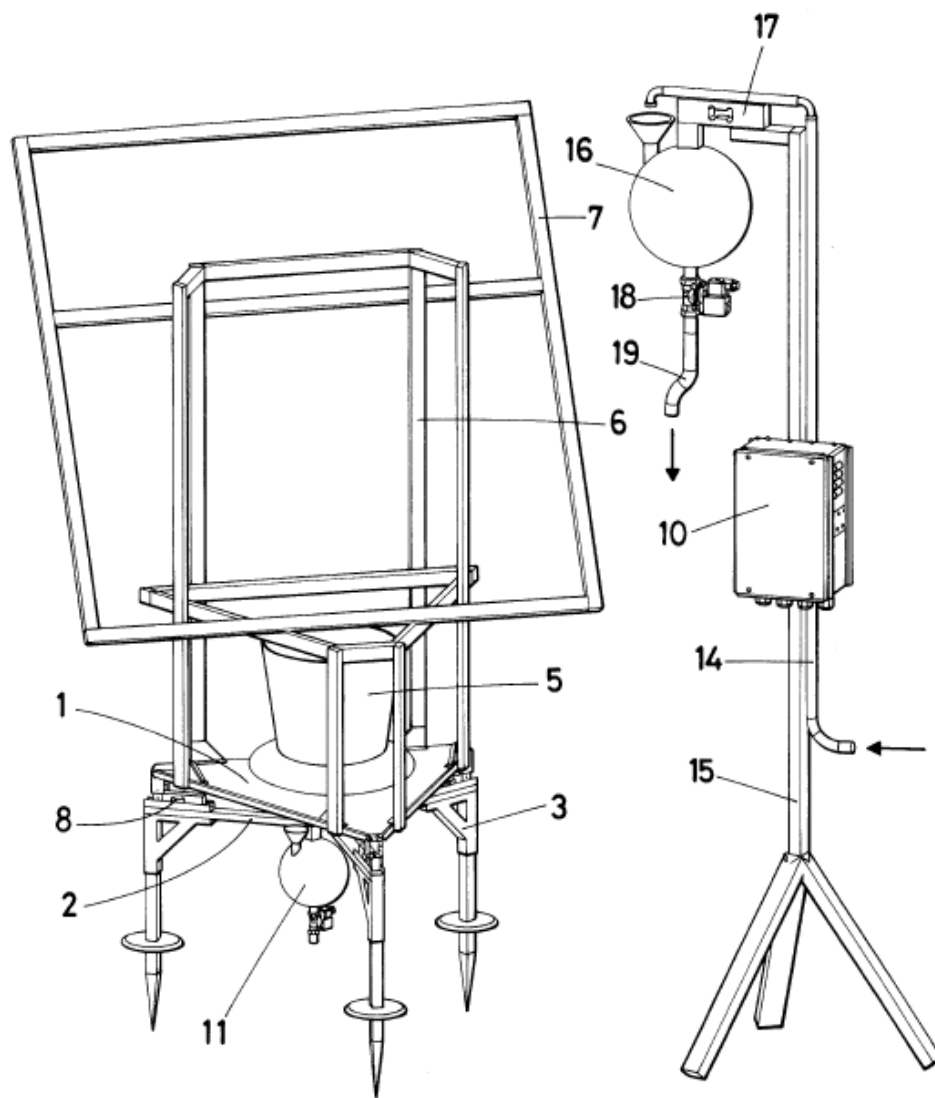


Fig. 1. Sistema de cuantificación del balance hídrico

La Fig. 1 muestra una representación esquemática del sistema de cuantificación del balance hídrico para un sistema de riego de plantas cultivadas en maceta, según una realización preferente de la invención.

La Fig. 2 muestra una vista en detalle de la estructura, el primer recipiente para la recogida del agua drenada por la maceta, y la primera y segunda electroválvulas de drenaje, según una realización preferente de la invención.

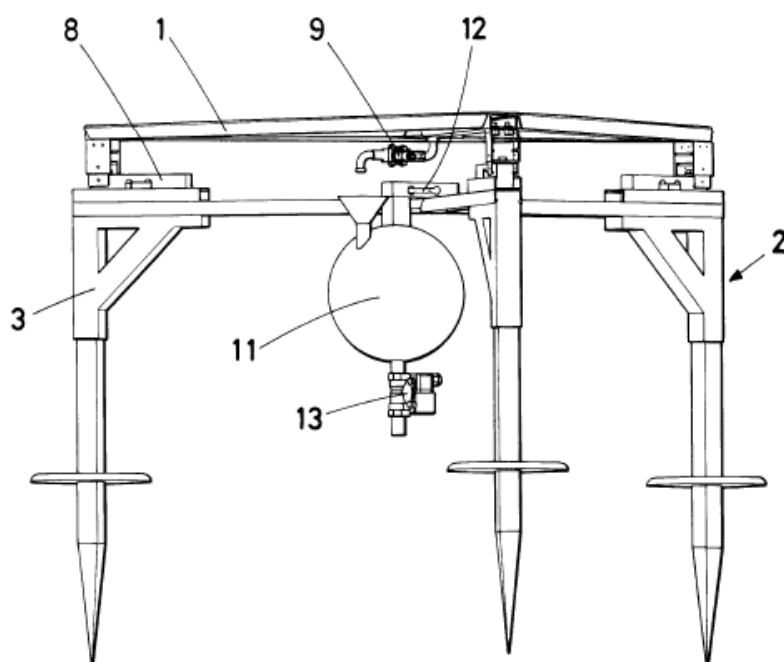


Fig. 2. Detalle de la parte inferior

4.5 Realización preferente de la invención

La Fig. 1 muestra el sistema de cuantificación del balance hídrico según una realización preferente de la invención. El sistema comprende una estructura 2 configurada para soportar la planta cultivada en la maceta 5 y permitir la sustentación del primer recipiente 11. La estructura 2 comprende una superficie de apoyo 1, provista de al menos una perforación capaz de permitir la evacuación del agua drenada por la maceta 5, y unas patas de sujeción 3 para soportar la superficie de apoyo 1 a cierta altura del suelo. Además, las patas de sujeción 3 pueden ser regulables en altura para facilitar la horizontalidad de la superficie de apoyo 1.

Al apoyar la estructura 2 sobre el suelo, el sistema permite medir el peso de la maceta 5 sin que el efecto del viento distorsione las medidas. El peso de la maceta 5 se mide a través de los medios de pesaje de la maceta 8, los cuales, están

ubicados bajo la superficie de apoyo 1 de la estructura, de forma que el peso de la maceta 5 descansa sobre dichos medios de pesaje 8.

Bajo la superficie de apoyo 1, se dispone también el primer recipiente 11 permitiendo así la recogida del agua drenada por la maceta 5. El primer recipiente 11 está sostenido por la estructura 2, de forma que constituye un recipiente colgante. Preferentemente, el primer recipiente 11 tendrá paredes opacas y forma esférica. Tal y como se muestra en la Fig. 2 y según una realización preferente, los primeros medios de pesaje 12 están ubicados en el punto de anclaje del primer recipiente 11 con la estructura 2. Dichos primeros medios de pesaje 12 están configurados para medir el peso del primer recipiente 11, y determinar así el peso del agua drenada por la maceta 5.

La Fig. 1 muestra también el soporte 15, encargado de sostener el segundo recipiente 16. El segundo recipiente 16 es adecuado para contener el agua necesaria para el riego de la planta, y de forma similar al primer recipiente 11, está sostenido por el soporte 15. Preferentemente, el segundo recipiente 16 tendrá paredes opacas y forma esférica. Además, de acuerdo a la realización mostrada en la Fig. 1, los segundos medios de pesaje 17 están ubicados en el punto de anclaje del segundo recipiente 16 con el soporte 15. Dichos segundos medios de pesaje 17 están configurados para medir el peso del segundo recipiente 16, y determinar así el peso del agua de riego.

Adicionalmente y de forma externa, se dispondrá de un sistema independiente para suministrar al segundo recipiente 16 de agua para el riego. Dicho suministro se realiza por medio de la tubería 14. Las flechas mostradas en la Figura 1 indican la entrada y la salida del agua de riego. Como se ha mencionado, la entrada se realiza por medio de la tubería 14, mientras que la salida se realiza por medio de la tubería 19.

La Fig. 1 muestra la unidad de control 10 fijada al soporte 15. Dicha unidad de control 10 está configurada para obtener el peso del consumo hídrico de la planta cultivada en la maceta 5 como resultado de la diferencia de la variación de peso registrada por los segundos medios de pesaje 17 tras el último riego respecto de la variación de peso registrada por los primeros medios de pesaje 12 y la variación de peso de la maceta 5 tras el último riego.

Además de cuantificar el consumo hídrico de la planta cultivada en la maceta 5, el sistema permite optimizar el riego, convirtiéndose en un sistema de riego y aportando la cantidad de agua requerida por cada planta. En el sistema de riego la unidad de control 10 está configurada para activar la electroválvula 18 dispuesta a la salida del segundo recipiente 16 hasta que los segundos medios de pesaje 17 registren una disminución de peso igual al peso del consumo hídrico obtenido. La unidad de control 10 controla la activación de la electroválvula 18 y por tanto el vaciado del segundo depósito 16. De esta forma, la unidad de control 10 puede activar la electroválvula para realizar un riego óptimo, deficitario o abundante.

Con el fin de ofrecer soporte a las plantas arbóreas o trepadoras, el sistema incorpora una espaldera 7, dispuesta sobre una configuración porticada 6, sostenida sobre la superficie de apoyo 1 y destinada a mantener la espaldera 7 en una posición seleccionada.

La Fig. 2 muestra una vista en detalle de una parte del sistema. Tal y como se observa, el sistema puede comprender una primera 9 y una segunda 13 electroválvula de drenaje. La primera electroválvula de drenaje 9 está dispuesta para habilitar la entrada del agua drenada por la maceta 5 en el primer recipiente 11, y la segunda electroválvula de drenaje 13 para habilitar el vaciado del primer recipiente 11. Ambas electroválvulas de drenaje 9, 13 estarán en comunicación con la unidad de control 10, la cual gobernará su apertura y cierre en función de

unas condiciones prefijadas. Así, la unidad de control 10 permitirá variar el peso del primer recipiente 11.

Finalmente, a la vista de esta descripción y figuras, el experto en la materia podrá entender que la invención ha sido descrita según algunas realizaciones preferentes de la misma, pero que múltiples variaciones pueden ser introducidas en dichas realizaciones preferentes, sin salir del objeto de la invención tal y como ha sido reivindicada.

4.6 Reivindicaciones

1. Sistema de cuantificación del balance hídrico para sistema de riego de plantas cultivadas en maceta (5), caracterizado por:

- una estructura (2) dotada de una superficie de apoyo (1) de la maceta (5), dicha superficie de apoyo (1) con al menos una perforación para permitir la evacuación del agua drenada por la maceta (5),
- unos medios de pesaje de la maceta (8) dispuestos bajo la superficie de apoyo (1) de modo que el peso de la maceta (5) descansa sobre los medios de pesaje de la maceta (8),
- un primer recipiente (11) sostenido por la estructura (2) y dispuesto bajo la superficie de apoyo (1) para permitir la recogida del agua drenada por la maceta (5),
- unos primeros medios de pesaje (12) anclados a la estructura (2) para medir el peso del primer recipiente (11),
- un segundo recipiente (16) susceptible de contener agua para el riego de la planta, dicho segundo recipiente (16) sostenido por un soporte (15) desplazable respecto de la estructura (2),
- unos segundos medios de pesaje (17) anclados al soporte (15) para medir el peso del segundo recipiente (16),

- al menos una electroválvula (18) dispuesta para controlar el vaciado del segundo recipiente (16),
- una unidad de control (10) configurada para obtener el peso del consumo hídrico de la planta cultivada en la maceta (5), como resultado de la diferencia de la variación de peso registrada por los segundos medios de pesaje (17) tras el último riego, respecto de la variación de peso registrada por los primeros medios de pesaje (12) y la variación de peso de la maceta (5) tras el último riego,

$$P_{ET} = \Delta P_{17} - \Delta P_{12} - \Delta P_5$$

2. Sistema de riego de plantas cultivadas en maceta que comprende el sistema de cuantificación del balance hídrico de la reivindicación 1, caracterizado por que la unidad de control (10) está configurada para activar la electroválvula (18) para permitir el riego de la planta cultivada en la maceta (5) hasta que los segundos medios de pesaje (17) registren una disminución de peso igual al peso del consumo hídrico (PET) obtenido.

3. Sistema, según la reivindicación 2, caracterizado por que la unidad de control (10) está configurada para activar la electroválvula (18) un tiempo adicional en función de la conductividad eléctrica del suelo contenido en la maceta (5).

4. Sistema, según la reivindicación 1, caracterizado por que la unidad de control (10) está configurada para activar la electroválvula (18) hasta que los segundos medios de pesaje registren una disminución de peso inferior al peso del consumo hídrico obtenido.

5. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una primera electroválvula de drenaje (9) configurada para habilitar la entrada del agua drenada por la maceta (5) en el primer recipiente

(11), donde dicha primera electroválvula de drenaje (9) está en comunicación con la unidad de control (10).

6. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una segunda electroválvula de drenaje (13) configurada para habilitar el vaciado del primer recipiente (11), donde dicha segunda electroválvula de drenaje (13) está en comunicación con la unidad de control (10).

7. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende medios para cubrir superiormente la parte comprendida entre la planta y el borde perimetral de la maceta (5).

8. Sistema, según la reivindicación 7, caracterizado por que los medios para cubrir la maceta (5) comprenden una película de material plástico.

9. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la estructura (2) comprende unas patas de sujeción (3) regulables en altura para soportar la superficie de apoyo (1).

10. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que comprende una espaldera (7).

11. Sistema, según la reivindicación 10, caracterizado por que comprende una configuración porticada (6) sostenida sobre la superficie de apoyo (1) y configurada para mantener la espaldera (7) en una posición seleccionada.

12. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que los primeros medios de pesaje (12) y los segundos medios de pesaje (17) están seleccionados entre: células de carga, contadores de agua y pluviómetros.

13. Sistema, según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la base superior de la maceta (5) está al nivel del suelo, quedando al

menos enterrados bajo la maceta (5), la estructura (2), los medios de pesaje de la maceta (8), el primer recipiente (11) y los primeros medios de pesaje del primer recipiente (12)..

**Sistema de automatización y control
mediante microcontroladores para
la gestión del riego de cultivos en
maceta de lisímetros de pesada**

5.1 Resumen

En la actualidad, la eficiencia energética juega un papel fundamental para el desarrollo en cualquier sector productivo. En el caso concreto del sector de la Agroingeniería la tendencia es la reducción del consumo de agua en el riego, ya que es un recurso bien cada vez más escaso y alcanza costes cada vez mayores. La determinación del consumo específico del agua de un cultivo determinado es una de las disciplinas más extendidas en las tecnologías del riego. Puesto que tipo de planta es diferente y requiere de unas necesidades específicas y unos consumos energéticos diferentes no podemos utilizar el mismo proceso de riego para todas.

Con el fin de recoger en tiempos próximos al real y determinar con exactitud las variaciones del peso del cultivo, se ha desarrollado un dispositivo electrónico capaz de detectar y recoger las señales de las células, procesarlas mediante un software específico desarrollado para dicha tarea y enviarlas mediante una red de comunicaciones.

Una vez obtenidos los datos y procesados por el dispositivo electrónico se pueden utilizar de manera útil para determinar la eficiencia del riego de un determinado cultivo y de los cambios o variaciones que habría que realizar en el sistema para conseguir unos resultados óptimos. Actualmente este sistema se ha probado con viña en maceta pero es extensible a diversos cultivos leñosos y hortícolas

5.2 Introducción y Justificación

Dentro de uno de los proyectos de investigación llevados a cabo dentro del grupo de investigación al que pertenece el autor de esta tesis junto con varias instituciones como la UPCT (Universidad Politécnica de Cartagena), UMH

(Universidad Miguel Hernández de Orihuela) y UPV (Universidad Politécnica de Valencia) se plantea la necesidad de instalar un dispositivo electrónico para acondicionar y procesar las señales obtenidas de un lisímetro de pesada para macetas de vid en tiempo real y de forma continua. Los lisímetros son dispositivos que se emplean en la tecnología del riego con el fin de determinar la variación del consumo de agua experimentado por un cultivo (Beeson Jr. 2011)

Antes de desarrollar el dispositivo descrito en este trabajo, se barajaron y probaron varias alternativas existentes en el mercado, como la tarjeta de adquisición de datos USB 6008 de National Instruments o los *dataloggers* CR1000 y DT80 de Campbell Scientific y DataTaker, respectivamente (Fig. 3.Registradores de datos Fig. 3). El uso de todos estos dispositivos condujo a una conclusión: todos son válidos para la tarea que se plantea, pero tienen un elevado coste y numerosas funciones que no son necesarias en este proyecto. Por ello se tomó la decisión de diseñar un dispositivo electrónico programable que se adaptase a los requisitos tanto técnicos como económicos de esta aplicación.



Fig. 3.Registradores de datos

5.3 Materiales y Métodos

El objetivo de este trabajo es medir las variaciones de peso de una maceta de vid alojada en soporte lisimétrico (véase Fig. 4). Dicho soporte, de base triangular, posee tres células de carga en cada esquina para pesar la maceta y

una tercera en la parte inferior del soporte que mide el peso del agua drenada a través de un depósito.



Fig. 4. Soporte lisimétrico

Por tanto, se tienen cuatro señales analógicas que es necesario procesar y convertir en peso real a partir de la recta de calibración específica para cada célula de carga. Para llevar a cabo esta tarea, el dispositivo ideal es un microcontrolador, ya que por sus características (reducido tamaño, consumo y coste, así como flexibilidad de programación) es el idóneo para la tarea, ya que tiene suficiente precisión y velocidad de proceso.

En el mercado se pueden encontrar numerosas alternativas en la elección de microcontroladores y plataformas de programación, como la gama PIC de Microchip, AVR o Arduino (Arduino 2013). Es esta última la que se ha elegido debido a que se trata de una plataforma basada en una simple placa de circuito impreso con un procesador ATmega de Atmel y un entorno de desarrollo propio (IDE) y gratuito de programación en C. Las aplicaciones que ofrece Arduino son innumerables: es posible desarrollar objetos interactivos autónomos capaces de reaccionar y accionar con su entorno, a través de sus entradas y salidas, donde se pueden adquirir y procesar señales de sensores

y activar LEDs, controlar motores, etc. ((Bazi 2009)). Además, la plataforma es *open-hardware*: los esquemas de Arduino son de uso público, por lo que es posible diseñar y fabricar placas de circuito impreso a partir de ellos sin adquirir licencias. Por otra parte, permite la conexión con el PC a través de un puerto de comunicación utilizando lenguajes como Flash, PUnre, Data, Processing, MaxMP, entre otros. Finalmente, la documentación disponible es muy amplia, y va desde la referencia del lenguaje de programación C que utiliza, pasando por ejemplos, tutoriales, librerías para casi cualquier dispositivo externo y foros en distintos idiomas.

Aunque para los desarrollos previos se ha utilizado la plataforma Arduino, el dispositivo final se ha diseñado específicamente para esta aplicación incluyendo el microcontrolador ATmega328 de Arduino. Además han sido necesarios otros elementos que forman parte del diseño electrónico, como un amplificador de instrumentación, una interfaz de comunicación con el bus utilizado o la fuente de alimentación para todos los elementos. La estructura del dispositivo completo se puede observar en la Fig. 3

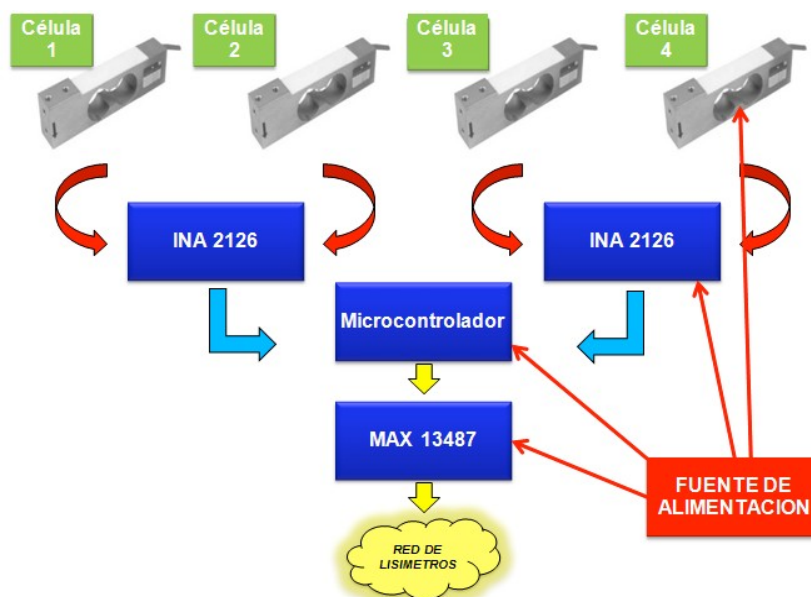


Fig. 5: Esquema global de la adquisición de medidas

Las cuatro señales analógicas de las células de carga tienen una amplitud en tensión de unos pocos milivoltios, por lo que es necesaria una etapa de amplificación para acondicionar la señal y que ésta pueda ser leída por el microcontrolador. Para ello se utiliza el amplificador de instrumentación INA2126 que está constituido por dos INA 126 en un mismo encapsulado. Este amplificador es uno de los más populares para acondicionar señales de sensores de medida y entre otras características, posee una ganancia ajustable mediante resistencia de precisión (de 4 a 10.000) y está disponible en encapsulado DIP y SMD.

Una vez amplificadas, las cuatro señales son adquiridas a través de los puertos analógicos del microcontrolador. Éste se programa para que lea dichas señales y mediante los cálculos necesarios guarde los valores definitivos de peso en cuatro registros internos que posteriormente serán recuperados para mostrarlos en una interfaz gráfica. Además de los valores del peso, el microcontrolador se programa con otros dos registros digitales destinados a comandar sendos relés que activan y desactivan las electroválvulas encargadas del proceso de vaciado del depósito con agua drenada. Por último, de forma paralela al guardado de todos los datos en los registros internos, se añade un módulo SD para salvaguardar todos los datos en una memoria extraíble y tener una segunda vía de obtención de datos.

Además del procesado y guardado de los datos, también se implementa un módulo de comunicaciones. Se opta por comunicar la placa con interfaz serie RS-485 a dos hilos y protocolo Modbus, con el objetivo de poder comunicar varios dispositivos a la vez. Por ello, para comunicar el dispositivo con un PC, se utiliza el MAX13487, que permite la comunicación a 2 hilos con auto-habilitación del buffer de salida durante la transmisión. Además es

capaz de alcanzar velocidades de hasta 16Mbps y está en encapsulado SMD, ideal para optimizar el tamaño final de la placa.

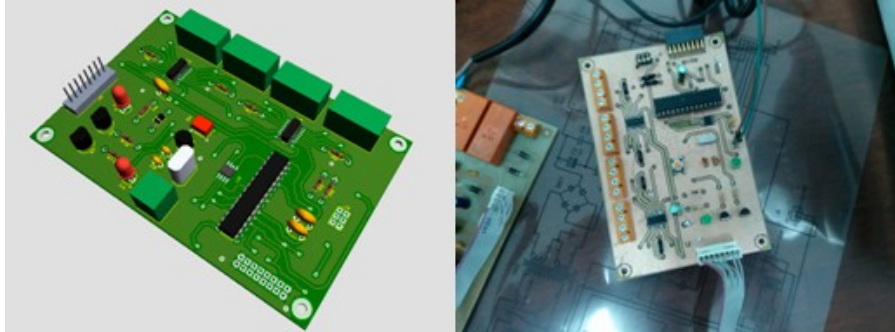


Fig. 6. Placa de adquisición de datos y comunicaciones

Para que todos los componentes anteriormente descritos funcionen, se ha diseñado una placa de circuito impreso a dos caras. Con ello se consigue un diseño final de gran calidad, reducidas dimensiones y alta fiabilidad, cualidades necesarias para su uso en campo. Junto con esta placa que se denominará “placa de comunicaciones”, se ha diseñado otra placa, denominada “placa de alimentación” Fig. 7: Placa de alimentación Fig. 7 en la que se implementa toda la circuitería necesaria para alimentar los diferentes dispositivos electrónicos, las células de carga y los reles que actúan en las electroválvulas del depósito.

Las tensiones necesarias para el funcionamiento de los distintos componentes del sistema son las siguientes:

- 12 Vdc con corriente suficiente para alimentar las cuatro células de carga y la tensión referencia para la conversión Analógico-Digital.
- Vdc para alimentar el ATmega328 y el MAX13487.
- Tensión diferencial de ± 12 Vdc para la alimentación de los INA2126.
- 230 Vac para activar las electroválvulas y alimentar la conversión Vdc.

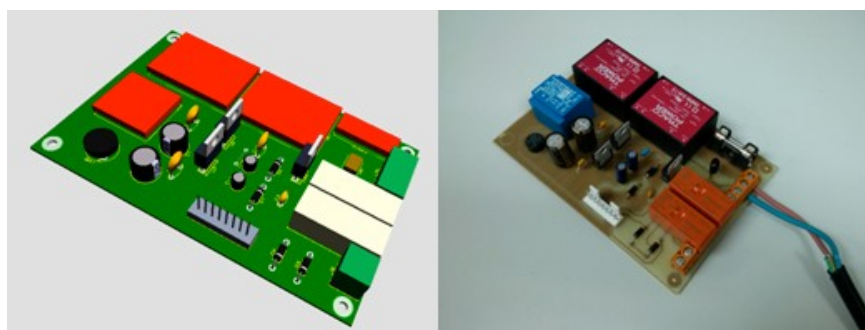


Fig. 7: Placa de alimentación

Con estos requisitos, se decide diseñar la placa de la Fig. 7 con una fuente de alimentación simétrica de ± 12 Vdc, dos fuentes de alimentación en formato PCB ya fabricadas para proporcionar la alimentación de las células y un 7805 para alimentar a 5 Vdc de los dos integrados y un par de relés encargados de comandar las electroválvulas. En cuanto a los componentes, tenemos unos diodos de protección (1N4004 y 1N4001) para los relés, un transformador de 230 a 15 Vac, un varistor, un fusible de protección contra sobretensiones y los componentes específicos de la fuente simétrica como son el puente de diodos para el rectificado de la señal senoidal, los condensadores de rizado o los reguladores de tensión (LM7812 y LM7912).

5.4 Resultados y Discusión

Una vez realizados los diseños, y tras las pertinentes pruebas en laboratorio, se realizaron pruebas en campo para comprobar su fiabilidad. Para ello se utiliza una caja de derivaciones que contiene a las dos placas y el conexas de las mismas y que protege a los circuitos de posibles agentes externos como el polvo o las condiciones meteorológicas Fig. 8.

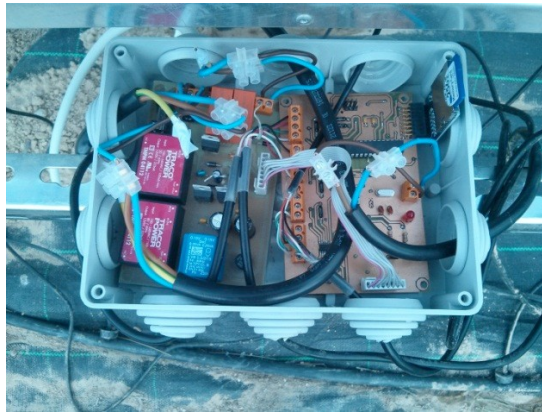


Fig. 8: Prototipo montado en el campo

Es preciso recordar que con este diseño se consiguen obtener los valores de peso correspondientes a las cuatro células de carga, almacenarlas en el microcontrolador y en la tarjeta SD y enviar dichos datos por medio de protocolo Modbus a un PC o controlador, con la posibilidad de crear una red de hasta 240 lisímetros que se comuniquen con un controlador maestro

En este caso las medidas se van registrando en la interfaz gráfica desarrollada específicamente para este proceso mediante el software de programación LabVIEW®. En la aplicación (véase la Fig. 9) se configura el puerto por el que estamos comunicando nuestra placa así como la dirección de esclavo que esta posee. Además, se selecciona el registro donde almacenamos la medida del peso total del lisímetro y el fichero donde se guardarán datos registrados.



Fig. 9: Interfaz gráfica para la visualización de datos

Una vez almacenados los datos en el PC, (fecha, peso maceta y pesos de los drenajes y número de lisímetro) se determinan los valores de los drenajes acumulados y riegos producidos como valores acumulados en el tiempo.

La función primitiva de la evapotranspiración, es decir aquella cuya deriva temporal nos proporciona el valor de la evapotranspiración, se obtiene como la diferencia entre los incrementos de peso debido al riego decrementados con los valores de los pesos de la maceta y drenajes.

El riego calculado como diferencia de pesos en la maceta entre dos instantes de tiempo se debe incrementar para tener en cuenta la evapotranspiración ocurrida en ese intervalo. Esta corrección se realiza calculando su valor un instante anterior al riego y considerando que este valor permanece sensiblemente constante durante el mismo.

En la Fig. 10. Evapotranspiración minutal Fig. 10 se muestran las variaciones temporales de las descargas acumuladas en el depósito de drenaje, los valores de los riegos acumulados en gramos, junto con las variaciones de peso en la maceta escalados por 10, para una mejor visualización, y la curva primitiva de la evapotranspiración, expresada en gramos, en el eje de ordenadas izquierdo.

En el eje de ordenadas derecho se representan los valores de la evapotranspiración en gr/min. obtenidos mediante la derivación de su curva primitiva.

Se puede apreciar que la curva primitiva de la evapotranspiración tiene forma de sigmoide, habitual en los procesos naturales

.

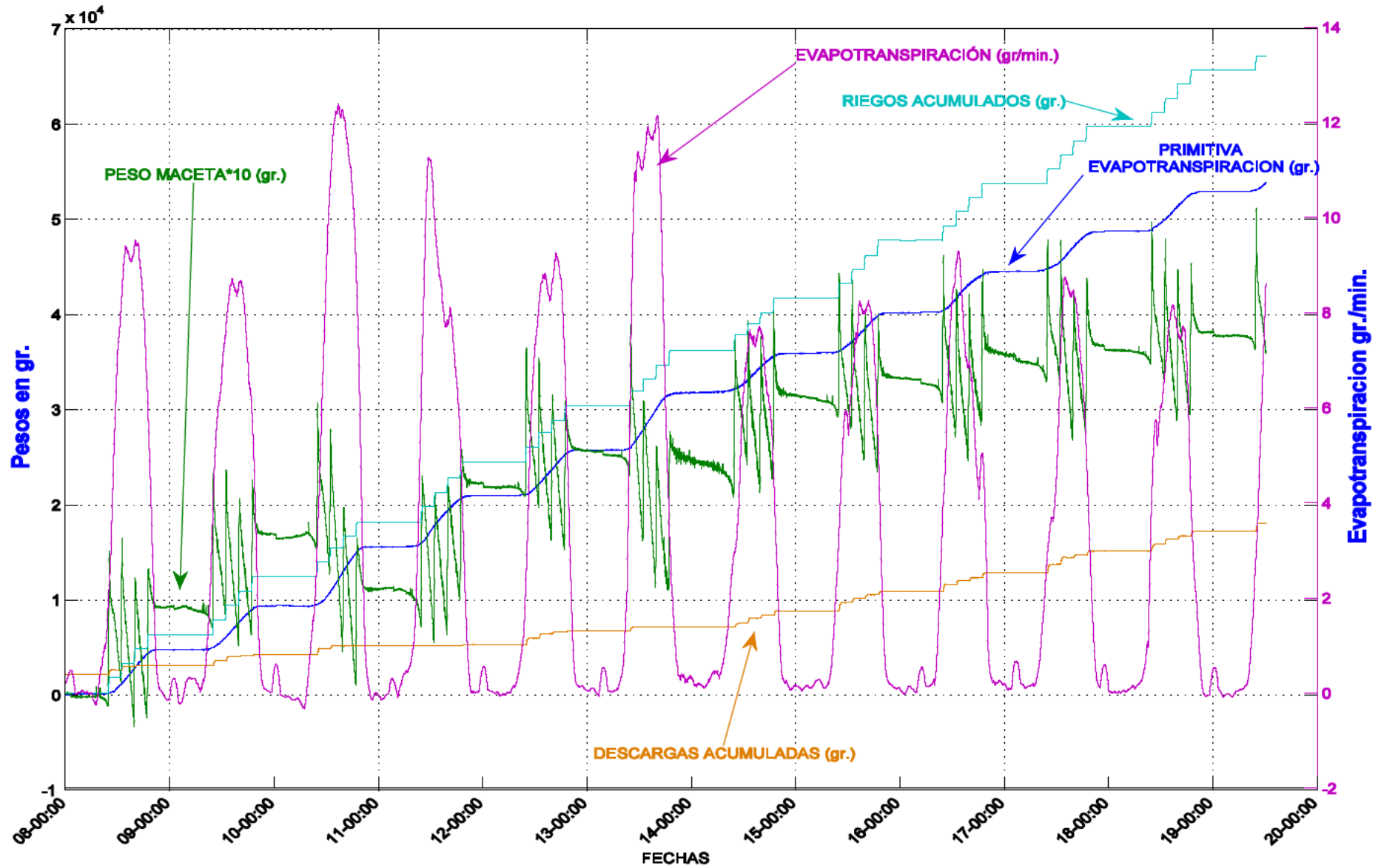


Fig. 10. Evapotranspiración minutil

5.5 Conclusiones

La obtención de medidas válidas y útiles en los sensores de medida es un proceso clave a la hora de poder llevar a cabo estudios y pruebas con los datos que se obtienen a través de ellos. Es vital que los datos sean precisos y fiables, ya que un error en la obtención de los mismos podría llevar a conclusiones erróneas. Por ello, la fase de obtención de medidas cobra una gran importancia en el proceso investigador.

Se ha desarrollado y probado con éxito en campo un sistema de automatización y control capaz de recoger las señales de los sensores, acondicionarlas, procesarlas y finalmente obtener datos del peso de macetas de vid y de la evapotranspiración minutil. Este sistema abre un amplio abanico de posibilidades en el despliegue de sistemas de lisimetría en maceta para la realización de estudios de cultivos para la determinación de diversos parámetros del suelo, necesidades hídricas y optimización del riego.

En este capítulo se ha mostrado en detalle el proceso de diseño e implementación electrónica para obtener un sistema fiable y de bajo coste. Además, el uso de una interfaz de comunicación en bus (Modbus sobre RS-485) facilita la ampliación del sistema a cultivos que pueden llegar a incluir más de treinta macetas.

6

Evaluación económica del proyecto de inversión

6.1 Introducción: escenario económico y variables de riesgo

Las necesidades de optimización de los recursos hídricos, especialmente escasos en la zona del litoral mediterráneo, precisan de la iniciativa de proyectos de inversión capaces de mejorar la eficiencia en el manejo de tales recursos. En este sentido, desde un punto vista estrictamente económico, es necesario evaluar si el proyecto es viable para alcanzar los objetivos técnicos establecidos, que básicamente se identifican con un mejor funcionamiento de los sistemas agromóticos para la gestión de recursos hídricos y energéticos, contribuyendo a su mejor funcionamiento así como a minimizar posibles pérdidas energéticas y de producción (Berza 2004), (Howard 1988), (Keeney 1992) (Puértolas and Ruiz 2010)

En concreto, para la evaluación económica del proyecto diseñado en el presente trabajo de investigación, se ha planteado un escenario en el periodo temporal 2014-2028 (15 años) cuyas variables y valores de partida se recogen en el Cuadro 1, considerando como variables de riesgo de dimensión temporal las señaladas con (*).

Cuadro 1. Escenario económico de partida

Conceptos	Valores Iniciales (31.12.2013)
Ingresos estimados ^(*)	111.288,80 €
Coste de materiales ^(*)	72,73%(1)
Coste de personal ^(*)	6,54%(1)
Otros costes ^(*)	0,72%(1)
Inversión en equipo ^(*)	124.178,40 €
Valor residual inversión en equipo	nula
Vida útil estimada del equipo	15 años
Capital circulante (inversión inicial)	5.000 €
Capital circulante (tasa sobre ventas)	10%
Tipo gravamen impuesto sobre sociedades	25%
Coste de capital de mercado	4%

(1) costes estimados sobre cifra de ingresos.

Fuente: Elaboración propia

La información incluida en el Cuadro 1, procede de la evaluación de los costes del proyecto en su etapa de desarrollo, previa a su comercialización industrial. En este sentido, en la fase de diseño experimental, la inversión en equipo ascendió a la cantidad total de 310.445,60 euros, si bien las características técnicas del proyecto permiten su financiación subvencionada por organismos públicos en torno al 60%, por lo que a efectos de su evaluación económica se consideró como inversión bruta de capital el 40% de la inversión total reseñada, que asciende a la cifra de 124.178,40 euros, y que junto a la inversión inicial en fondo de maniobra estimada en 5.000 euros, permite determinar como primer flujo de caja neto del proyecto la cantidad de 129.178,40 euros, debiendo tenerse en cuenta que se desea mantener un capital circulante neto mínimo del 10% de las ventas generadas en cada ejercicio.

Respecto a los ingresos estimados, para su cuantificación se ha considerado la puesta en servicio de una planta completa, compuesta por 16 lisímetros a un precio unitario de venta de 6.955,55 euros/unidad.

En cuanto al pago de impuestos, se ha supuesto que la unidad económica que desarrollará el proyecto se puede calificar a efectos fiscales como *empresa de reducida dimensión* al tener una facturación inferior a 10.000.000 de euros, motivo por el cual los beneficios hasta 300.000 euros tributarán al tipo reducido del 25%, tasa que será considerada para la inferencia de los flujos netos de efectivo futuros.

Finalmente, respecto a la selección de la tasa de descuento para la determinación del Valor Actual Neto (VAN) del proyecto, se ha tomado la correspondiente al coste de oportunidad de la inversión realizada, para lo cual se seleccionó el tipo oficial de interés del dinero publicado por el Banco de España, que para el año 2013 fue del 4% anual.

A partir del escenario de partida descrito, el Cuadro 2, explicita la variación estimada de las variables de riesgo que se utilizarán para realizar el análisis de sensibilidad del modelo propuesto:

Cuadro 2. Variables de riesgo: variaciones propuestas

Variables	Variaciones
Tasa de crecimiento de las ventas	+ 3,88%
Coste de materiales	+ 3,88%
Coste de personal	+ 1,09%
Otros costes	+ 3,88%
Inversión en equipo	± 50% inversión inicial
Capital circulante neto	10% ingresos

Fuente: Elaboración propia

La justificación de las variaciones formuladas en las diferentes variables de riesgo es la que se indican a continuación para cada una de ellas:

- **Costes del proyecto (materiales y otros):** De acuerdo con el índice de precios industriales facilitado por el Instituto Nacional de Estadística para el periodo 2010-2013 (año base 2010), se consideraron las variaciones anuales del citado índice, resultando un valor medio del 3,88% anual, que se tomará como variación de las variables que afectan a los costes del proyecto.
- **Coste de personal:** Considerando los valores brutos del coste de los salarios en España publicado por el Instituto Nacional de Estadística para el periodo 2008-2012 (año base 2008), se determinó el índice medio de variación, equivalente al 1,09% anual, tasa que será tenida en cuenta para la proyección temporal de los costes laborales del proyecto.
- **Ingresos estimados:** Se propone como tasa de incremento de los ingresos estimados la correspondiente al coste de los materiales consumidos, al

objeto de asegurar una rentabilidad sobre cifra de ventas en torno al 10% después de impuestos, asumiendo el coste de amortización de la inversión no subvencionada, así como el coste fiscal derivado del impuesto sobre sociedades.

- **Inversión en equipo:** La inversión inicial en equipo se corresponde con la parte no subvencionada del proyecto por importe de 124.178,40 euros, equivalente al 40% de la inversión total determinada al finalizar la fase de desarrollo, cuyo montante ascendió a 310.445,60 euros.
- **Inversión en capital circulante:** Para el desenvolvimiento normal del proyecto se plantea un saldo neto del fondo de maniobra del 10% de la cifra de anual de ingresos, a cuyos efectos se determinará la variación de dicha partida para cada ejercicio con el fin de garantizar la consecución dicho hito.

6.2 Flujos netos de efectivo del proyecto: VAN y TIR

Para evaluar la viabilidad económica de un determinado proyecto de inversión se suele utilizar el cálculo del *Valor Actual Neto* (VAN), que permite cuantificar a valor presente el flujo de fondos generados por el proyecto en un determinado horizonte temporal, entendiendo por flujo de fondos o fondos netos de efectivo, la diferencia entre los cobros y pagos generados en un determinado ejercicio, actualizados todos ellos a una determinada tasa de descuento, equivalente a la del coste de oportunidad del momento en que se plantea ejecutar el proyecto evaluado. Una vez determinado el VAN, también es posible determinar la *Tasa Interna de Retorno* (TIR), que equivale a la tasa de descuento que hace cero el VAN. En este sentido, un proyecto se considerará viable en la medida en que el

VAN tome valores positivos y la TIR sea superior al coste de capital inicialmente seleccionado para el cálculo del VAN.

El Cuadro 3, muestra los cálculos realizados para la determinación de los flujos netos de caja generados por el proyecto de inversión a lo largo del horizonte temporal 2014-2028, considerando como fecha de inicio de la inversión el 1 de enero de 2014, para lo cual se han considerado las variables de riesgo con los valores de partida contenidos en el Cuadro 1, así como las variaciones estimadas de las variables de riesgo recogidas en el Cuadro 2

Para la obtención de la cifra de los flujos netos de efectivo se consideraron exclusivamente las variables relativas a los ingresos estimados junto con sus costes asociados, así como la tributación fiscal, que en este caso se produce a ejercicio vencido, iniciándose a partir del año 2015. Además, también se consideraron las variaciones del capital circulante para asegurar un saldo del 10% de la cifras de ingresos estimados, que se supone permite una situación financiera adecuada para el desenvolvimiento normal del proyecto.

Capítulo 6. Evaluación económica del proyecto de inversión

Cuadro 3. Flujos Neto de efectivo generados por el proyecto de inversión (I)

Conceptos	01.01.2014	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Ingresos estimados		111.288,80	115.606,81	120.092,35	124.751,93	129.592,31	134.620,49	139.843,76
Coste de materiales		80.939,52	87.342,28	90.731,16	94.251,53	97.908,48	101.707,33	105.653,58
Coste de personal		7.280,00	7.644,89	7.941,52	8.249,65	8.569,73	8.902,24	9.247,65
Otros costes		800,00	863,28	896,78	931,57	967,72	1.005,27	1.044,27
Margen bruto		22.269,28	19.756,35	20.522,90	21.319,18	22.146,37	23.005,65	23.898,27
Amortización		8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56
BAIL		13.990,72	11.477,79	12.244,34	13.040,62	13.867,81	14.727,09	15.619,71
Intereses		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAI		13.990,72	11.477,79	12.244,34	13.040,62	13.867,81	14.727,09	15.619,71
Impuestos		3.497,68	2.869,45	3.061,08	3.260,16	3.466,95	3.681,77	3.904,93
BN		10.493,04	8.608,34	9.183,25	9.780,47	10.400,86	11.045,32	11.714,78
Capital circulante neto	5.000,00	11.128,88	11.560,68	12.009,23	12.475,19	12.959,23	13.462,05	13.984,38
Variaciones capital circulante		6.128,88	431,80	448,55	465,96	484,04	502,82	522,33
Ingresos estimados		111.288,80	115.606,81	120.092,35	124.751,93	129.592,31	134.620,49	139.843,76
Coste bienes vendidos		89.019,52	95.850,46	99.569,45	103.432,75	107.445,94	111.614,84	115.945,50
Impuestos			3.497,68	2.869,45	3.061,08	3.260,16	3.466,95	3.681,77
Desembolso inicial	-124.178,40							
Variación del capital circulante	-5.000,00	6.128,88	431,80	448,55	465,96	484,04	502,82	522,33
Recuperación capital circulante								
Flujos netos de caja	-129.178,40	16.140,40	15.826,87	17.204,89	17.792,14	18.402,18	19.035,88	19.694,17

Fuente: Elaboración propia

Capítulo 6. Evaluación económica del proyecto de inversión

Cuadro 4: Flujos Neto de efectivo generados por el proyecto de inversión (II)

Conceptos	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Ingresos estimados	145.269,70	150.906,17	156.761,33	162.843,67	169.162,00	175.725,49	182.543,63	189.626,33
Coste de materiales	109.752,94	114.011,35	118.434,99	123.030,27	127.803,84	132.762,63	137.913,82	143.264,88
Coste de personal	9.606,46	9.979,19	10.366,38	10.768,59	11.186,41	11.620,45	12.071,32	12.539,69
Otros costes	1.084,79	1.126,88	1.170,60	1.216,02	1.263,20	1.312,22	1.363,13	1.416,02
Margen bruto	24.825,52	25.788,75	26.789,35	27.828,78	28.908,54	30.030,19	31.195,36	32.405,74
Amortización	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56	8.278,56
BAII	16.546,96	17.510,19	18.510,79	19.550,22	20.629,98	21.751,63	22.916,80	24.127,18
Intereses	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
BAI	16.546,96	17.510,19	18.510,79	19.550,22	20.629,98	21.751,63	22.916,80	24.127,18
Impuestos	4.136,74	4.377,55	4.627,70	4.887,56	5.157,49	5.437,91	5.729,20	6.031,79
BN	12.410,22	13.132,64	13.883,10	14.662,67	15.472,48	16.313,72	17.187,60	18.095,38
Capital circulante neto	14.526,97	15.090,62	15.676,13	16.284,37	16.916,20	17.572,55	18.254,36	18.962,63
Variaciones capital circulante	542,59	563,65	585,52	608,23	631,83	656,35	681,81	708,27
Ingresos estimados	145.269,70	150.906,17	156.761,33	162.843,67	169.162,00	175.725,49	182.543,63	189.626,33
Coste bienes vendidos	120.444,18	125.117,42	129.971,97	135.014,88	140.253,46	145.695,30	151.348,27	157.220,59
Impuestos	3.904,93	4.136,74	4.377,55	4.627,70	4.887,56	5.157,49	5.437,91	5.729,20
Desembolso inicial								
Variación del capital circulante	542,59	563,65	585,52	608,23	631,83	656,35	681,81	708,27
Recuperación capital circulante								18.962,63
Flujos netos de caja	20.378,00	21.088,36	21.826,29	22.592,85	23.389,15	24.216,35	25.075,64	44.930,90

Fuente: Elaboración propia

6.3 Análisis de la viabilidad del proyecto

6.3.1 Periodo de recuperación del proyecto o payback

El periodo de recuperación de la inversión es un indicador que permite medir el plazo de tiempo que se requiere para que los flujos netos de efectivo de una inversión recuperen su costo o inversión inicial, es decir, se trata calcular el periodo de recuperación de la inversión, sin tener en cuenta la carga financiera derivada de la operación.

El Cuadro 5, y la Fig. 11 recogen la serie de flujos netos de caja a lo largo del horizonte temporal evaluado, pudiendo comprobarse que el punto de payback se produce en el año 2021, en el que los flujos netos acumulados alcanzan un valor positivo, lo que pone de manifiesto que la inversión inicial del proyecto ha sido recuperada. En este sentido, para el escenario económico planteado (Cuadro 3), se puede afirmar que se necesitarían más de 8 años para recuperar la inversión inicialmente realizada.

Cuadro 5. Análisis del periodo de recuperación

Años	Flujos Anuales	Flujos Acumulados
Inicio	-129.178,40	-129.178,40
2014	16.140,40	-113.038,00
2015	15.826,87	-97.211,13
2016	17.204,89	-80.006,24
2017	17.792,14	-62.214,09
2018	18.402,18	-43.811,92
2019	19.035,88	-24.776,04
2020	19.694,17	-5.081,87
2021	20.378,00	15.296,13
2022	21.088,36	36.384,49
2023	21.826,29	58.210,78
2024	22.592,85	80.803,63
2025	23.389,15	104.192,78
2026	24.216,35	128.409,12
2027	25.075,64	153.484,76
2028	44.930,90	198.415,66

Fuente: Elaboración propia

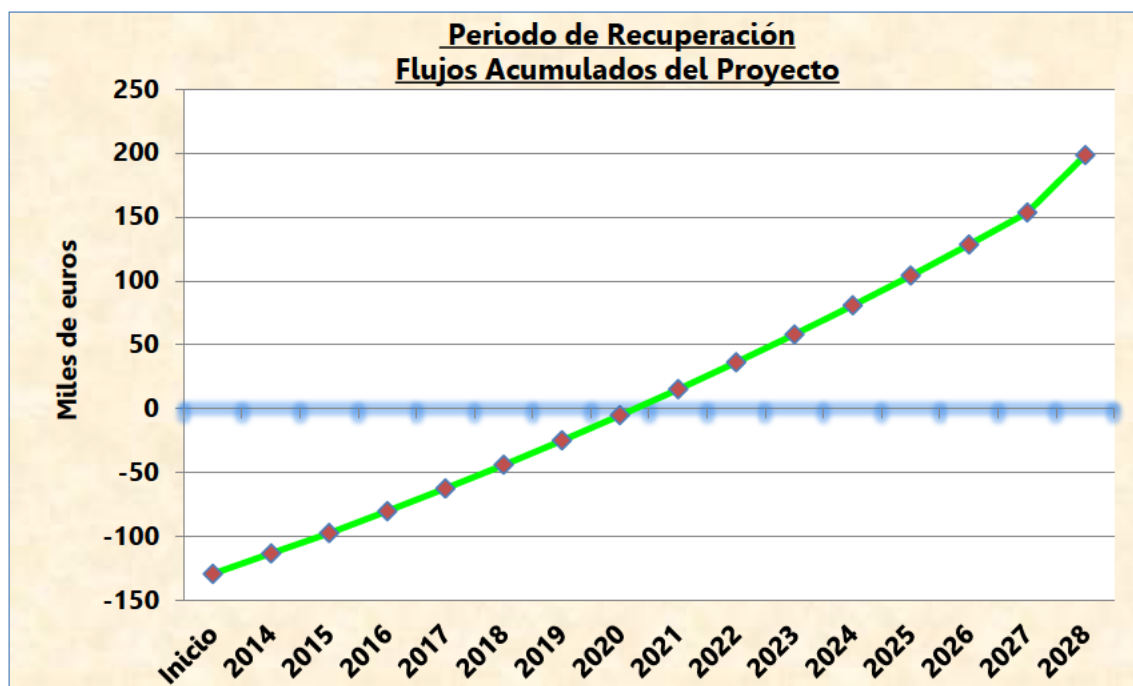


Fig. 11. Periodo de recuperación

Fuente: Elaboración propia

6.3.2 Valor Actual Neto (VAN) y Tasa de Rendimiento Interno (TIR) del proyecto

A partir de los flujos netos de efectivo del proyecto (Cuadro 3), se calculó el VAN y la TIR para el escenario propuesto, variables ambas que avalan su viabilidad económica por cuanto resulta un VAN positivo de 104.322,41 euros, así como una TIR del 12,6%, muy superior al coste de capital propuesto del 4%.

6.4 Análisis de sensibilidad

6.4.1 Análisis del punto muerto: valores críticos

Para conocer el grado de sensibilidad de las variables de riesgo del modelo planteado se utilizó inicialmente el análisis del punto muerto, el cual pretende

mostrar qué variables con una mínima variación afectan en mayor medida al VAN y la TIR de la inversión, con la finalidad de poder mantener un control adecuado sobre las mismas.

En concreto, este análisis determina el valor crítico de cada variable que hace que el VAN sea nulo, obteniéndose posteriormente la diferencia con el valor original de la variable en cuestión para conocer su impacto y poder realizar una jerarquización entre las variables de riesgo estudiadas.

El Cuadro 6, presenta los resultados obtenidos en el mencionado análisis de sensibilidad para el proyecto de inversión evaluado:

Cuadro 6. Análisis de sensibilidad del punto muerto

VARIABLES	Valores iniciales	Variaciones propuestas	Valores críticos	Variación	Orden
Ingresos estimados	111.288,80	3,88%	-7,65%	-297,16%	2
Coste de materiales	72,73%	3,88%	16,32%	320,62%	3
Coste de personal	6,54%	1,09%	139,34%	12.683,49%	4
Otros costes	0,72%	3,88%	1.261,99%	32.425,52%	5
Inversión en equipo	124.178,40	124.178,40	249.759,23	101,13%	1

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo con la información ofrecida por el Cuadro 6, para la jerarquización de las variables se consideran aquellas cuyas diferencias entre los valores propuestos y los valores crítico sean menores, o lo que es lo mismo, las que impactarán en mayor medida sobre el VAN del proyecto.

En este sentido, las variaciones en la inversión en equipo, ingresos estimados y coste de materiales son las tres variables a las que el VAN se muestra más sensible en el proyecto de inversión evaluado, por lo que se deberá prestar especial atención a las mismas con un seguimiento riguroso y fuertes medidas de control para evitar desviaciones que pudieran llevar a un resultado no deseado.

6.4.2 Simulación de Montecarlo

La simulación de Montecarlo es un procedimiento que permite analizar qué sucederá con los flujos netos de caja futuros generados por un proyecto de inversión, cuando sus variables de riesgo se someten a una distribución de probabilidad de acuerdo a la información disponible de cada una de ellas , (Clement 1995), (Dapena 2005), (Evans and Olson 2002), (Hydem and Engel 2002), (Mun 2004), (Winston 1998)

En nuestro caso, al tratarse de un proyecto de investigación “ex novo”, se dispone de una información limitada, si bien ha sido posible obtener el valor más probable de las variaciones de las variables de riesgo, tal como se justificó anteriormente, habiendo determinado sus intervalos de confianza para establecer los valores máximos y mínimos y de esta forma seleccionar como más adecuada la distribución de probabilidad triangular¹ (López 2000). No obstante, para la variable relativa a la inversión en equipo, los valores máximo y mínimo se calcularon atendiendo a la estimación de los posibles porcentajes de subvención del proyecto por parte de un organismo público, los cuales oscilan en la horquilla 40%-80% del importe total de la inversión, habiéndose considerado como más probable la tasa del 60%.

¹ La Distribución Triangular es habitualmente empleada como una descripción subjetiva de una población para la que sólo se cuenta con una cantidad limitada de datos muestrales, y especialmente en casos en que la relación entre variables es conocida pero los datos son escasos (posiblemente porque es alto el costo de recolectarlos). Está basada en un conocimiento del mínimo y el máximo y un “pálpito inspirado” como el del valor modal
<http://www.brighton-webs.co.uk/distributions/triangular.asp>

El Cuadro 7, presenta la información de cada variable considerando su valor más probable, junto a su máximo y mínimo, mientras que el Cuadro 8 recoge los resultados de la simulación para un total de 5.000 iteraciones²:

Cuadro 7. Distribución de probabilidad asignada a las variables de riesgo

Variables	Distribución probabilidad	Valor más probable	Valor máximo	Valor mínimo
Ingresos estimados	Triangular	0,0388	0,0678	0,0099
Coste de materiales	Triangular	0,0388	0,0678	0,0099
Coste de personal	Triangular	0,0109	0,0217	0,0002
Otros costes	Triangular	0,0388	0,0678	0,0099
Inversión en equipo	Triangular	124.178,40	186.267,36	62.089,12

Fuente: Elaboración propia

Cuadro 8. Resultados de la simulación de Montecarlo (5000 iteraciones)

Variable	Máximo	Mínimo	Media	Desv. Est.	Des./Media
VAN	203.961,81	13.240,09	105.177,72	28.341,78	26,95%
Ingresos estimados	0,0676	0,0103	0,0388	0,0116	29,76%
Coste de materiales	0,0674	0,0105	0,0390	0,0119	30,48%
Coste de personal	0,0216	0,0004	0,0109	0,0044	40,85%
Otros costes	0,0671	0,0104	0,0388	0,0117	30,06%
Inversión en equipo	185.397,36	63.779,14	123.952,47	25.253,60	20,37%

Fuente: Software Simulación 4.0 (2011)

Los resultados de la simulación muestran que el VAN alcanzó un valor medio positivo de 105.177,72 euros, con una desviación estándar de 28.341,78, lo que representa una desviación sobre su valor medio del 26,95%.

A partir de las variables mencionadas, para conocer la probabilidad de que el VAN del proyecto sea positivo tipificaremos dicha variable (VAN). Para la

² La simulación se realizó con el software Simulación 4.0 (Varela, 2013.) <http://www.ucema.edu.ar/u/jvarela/>.

tipificación de la variable del VAN, que sigue una distribución normal $N(\sigma, \mu)$ se aplicó la siguiente formulación matemática (Suárez 1981).

$$z = \left[\frac{VAN - \alpha(VAN)}{\sigma(VAN)} \right] = \left[\frac{0 - (105.177,72)}{28.341,78} \right] = -3.71$$

Respecto de la distribución Normal $N(0,1)$ a partir de la siguiente formulación:

$$P [VAN \geq 0] = P [z \geq -3,71] = P [z \leq 3,71] = 99,99\%$$

El razonamiento anterior nos permite concluir que el valor del VAN será positivo con una probabilidad del 99,99%, y por tanto, el proyecto de inversión se considera viable económicamente

Para evaluar la sensibilidad de las variables que interviene en la simulación se construyó el denominado *diagrama de tornado*, que informa sobre aquellas variables de riesgo que tienen un mayor impacto sobre el proyecto, recogiendo para cada una de ellas el rango de variación del VAN suponiendo que se ha producido una variación en dicha variable manteniendo constante el resto, ayudando de esta forma a destacar aquellas variables más relevantes.

Metodológicamente la jerarquización de las variables de riesgo con mayor incidencia en el VAN se determinó evaluando su valor para cada una de ellas en los percentiles 10 y 90 de su distribución de probabilidad, según la información generada en la simulación (Anexos 1 a 6), tal como se recoge en el Cuadro 9:

Cuadro 9. Análisis de sensibilidad del VAN a las variaciones de las variables de riesgo

VARIABLES	Valores iniciales	Variaciones propuestas	VAN P 10	VAN P 90	Variaciones VAN
Ingresos estimados	111.288,80	3,88%	86.073,93	128.514,32	0,49307
Coste de materiales	72,73%	3,88%	115.731,94	89.389,34	-0,22762
Coste de personal	6,54%	1,09%	104.760,06	103.824,39	-0,00893
Otros costes	0,72%	3,88%	104.429,37	104.177,30	-0,00241
Inversión en equipo	124.178,40	124.178,40	131.852,44	72.627,61	-0,44918

Fuente: Elaboración propia

El Cuadro 10 contiene la jerarquización de las variables de riesgo, a partir de las cuales se genera el Diagrama de Tornado (Gráfico 2), de donde se infiere que las de mayor impacto en el VAN del proyecto son los *ingresos estimados* y la *inversión en planta*.

Cuadro 10. Jerarquización de las variables del Diagrama de Tornado

Variables de riesgo	Variaciones VAN
1. Ingresos estimados	0,49307
2. Inversión en equipo	-0,44918
3. Coste de materiales	-0,22762
4. Coste de personal	-0,00893
5. Otros costes	-0,00241

Fuente: Elaboración propia.

Fuente: Elaboración propia

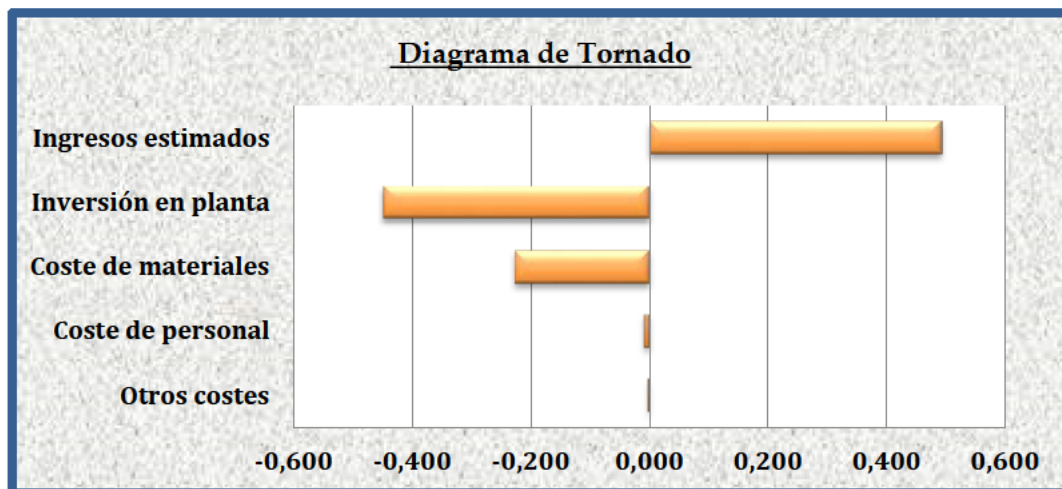


Fig. 12. Diagrama de Tornado

6.4.3 Tablas de resultados de la simulación

Anexo 1 Resultados de la Simulación Variable: VAN				
Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
16.528,40 €	1	1	0,02%	0,02%
23.105,01 €	0	1	0,00%	0,02%
29.681,62 €	4	5	0,08%	0,10%
36.258,23 €	10	15	0,20%	0,30%
42.834,84 €	26	41	0,52%	0,82%
49.411,45 €	26	67	0,52%	1,34%
55.988,06 €	72	139	1,44%	2,78%
62.564,67 €	125	264	2,50%	5,28%
69.141,28 €	169	433	3,38%	8,66%
75.717,89 €	188	621	3,76%	12,42%
82.294,51 €	287	908	5,74%	18,16%
88.871,12 €	339	1.247	6,78%	24,94%
95.447,73 €	416	1.663	8,32%	33,26%
102.024,34 €	425	2.088	8,50%	41,76%
108.600,95 €	449	2.537	8,98%	50,74%
115.177,56 €	456	2.993	9,12%	59,86%
121.754,17 €	394	3.387	7,88%	67,74%
128.330,78 €	399	3.786	7,98%	75,72%
134.907,39 €	305	4.091	6,10%	81,82%
141.484,01 €	281	4.372	5,62%	87,44%
148.060,62 €	219	4.591	4,38%	91,82%
154.637,23 €	163	4.754	3,26%	95,08%
161.213,84 €	91	4.845	1,82%	96,90%
167.790,45 €	51	4.896	1,02%	97,92%
174.367,06 €	41	4.937	0,82%	98,74%
180.943,67 €	32	4.969	0,64%	99,38%
187.520,28 €	15	4.984	0,30%	99,68%
194.096,89 €	10	4.994	0,20%	99,88%
200.673,50 €	4	4.998	0,08%	99,96%
207.250,12 €	2	5.000	0,04%	100,00%

Anexo 2 Resultados de la Simulación Variable: Ingresos estimados				
Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
0,0113	1	1	0,02%	0,02%
0,0133	18	19	0,36%	0,38%
0,0153	24	43	0,48%	0,86%
0,0172	44	87	0,88%	1,74%
0,0192	81	168	1,62%	3,36%
0,0212	124	292	2,48%	5,84%
0,0232	130	422	2,60%	8,44%
0,0251	153	575	3,06%	11,50%
0,0271	192	767	3,84%	15,34%
0,0291	216	983	4,32%	19,66%
0,0311	211	1.194	4,22%	23,88%
0,0330	251	1.445	5,02%	28,90%
0,0350	278	1.723	5,56%	34,46%
0,0370	293	2.016	5,86%	40,32%
0,0390	322	2.338	6,44%	46,76%
0,0409	350	2.688	7,00%	53,76%
0,0429	343	3.031	6,86%	60,62%
0,0449	283	3.314	5,66%	66,28%
0,0469	278	3.592	5,56%	71,84%
0,0488	247	3.839	4,94%	76,78%
0,0508	241	4.080	4,82%	81,60%
0,0528	196	4.276	3,92%	85,52%
0,0548	183	4.459	3,66%	89,18%
0,0567	138	4.597	2,76%	91,94%
0,0587	119	4.716	2,38%	94,32%
0,0607	94	4.810	1,88%	96,20%
0,0626	91	4.901	1,82%	98,02%
0,0646	55	4.956	1,10%	99,12%
0,0666	34	4.990	0,68%	99,80%
0,0686	10	5.000	0,20%	100,00%

Anexo 3 Resultados de la Simulación Variable: Coste de materiales				
Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
0,0115	1	1	0,02%	0,02%
0,0134	21	22	0,42%	0,44%
0,0154	42	64	0,84%	1,28%
0,0174	55	119	1,10%	2,38%
0,0193	80	199	1,60%	3,98%
0,0213	99	298	1,98%	5,96%
0,0232	141	439	2,82%	8,78%
0,0252	169	608	3,38%	12,16%
0,0272	185	793	3,70%	15,86%
0,0291	210	1.003	4,20%	20,06%
0,0311	224	1.227	4,48%	24,54%
0,0331	228	1.455	4,56%	29,10%
0,0350	295	1.750	5,90%	35,00%
0,0370	282	2.032	5,64%	40,64%
0,0389	292	2.324	5,84%	46,48%
0,0409	340	2.664	6,80%	53,28%
0,0429	289	2.953	5,78%	59,06%
0,0448	295	3.248	5,90%	64,96%
0,0468	232	3.480	4,64%	69,60%
0,0487	251	3.731	5,02%	74,62%
0,0507	235	3.966	4,70%	79,32%
0,0527	237	4.203	4,74%	84,06%
0,0546	206	4.409	4,12%	88,18%
0,0566	144	4.553	2,88%	91,06%
0,0585	128	4.681	2,56%	93,62%
0,0605	96	4.777	1,92%	95,54%
0,0625	100	4.877	2,00%	97,54%
0,0644	69	4.946	1,38%	98,92%
0,0664	34	4.980	0,68%	99,60%
0,0683	20	5.000	0,40%	100,00%

Anexo 4 Resultados de la Simulación Variable: Coste de personal				
Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
0,0007	1	1	0,02%	0,02%
0,0015	20	21	0,40%	0,42%
0,0022	51	72	1,02%	1,44%
0,0029	59	131	1,18%	2,62%
0,0037	101	232	2,02%	4,64%
0,0044	105	337	2,10%	6,74%
0,0051	140	477	2,80%	9,54%
0,0059	167	644	3,34%	12,88%
0,0066	182	826	3,64%	16,52%
0,0073	246	1.072	4,92%	21,44%
0,0080	224	1.296	4,48%	25,92%
0,0088	217	1.513	4,34%	30,26%
0,0095	261	1.774	5,22%	35,48%
0,0102	268	2.042	5,36%	40,84%
0,0110	300	2.342	6,00%	46,84%
0,0117	315	2.657	6,30%	53,14%
0,0124	317	2.974	6,34%	59,48%
0,0132	295	3.269	5,90%	65,38%
0,0139	276	3.545	5,52%	70,90%
0,0146	268	3.813	5,36%	76,26%
0,0153	221	4.034	4,42%	80,68%
0,0161	198	4.232	3,96%	84,64%
0,0168	179	4.411	3,58%	88,22%
0,0175	155	4.566	3,10%	91,32%
0,0183	131	4.697	2,62%	93,94%
0,0190	112	4.809	2,24%	96,18%
0,0197	79	4.888	1,58%	97,76%
0,0205	59	4.947	1,18%	98,94%
0,0212	38	4.985	0,76%	99,70%
0,0219	15	5.000	0,30%	100,00%

Anexo 5 Resultados de la Simulación Variable: Otros costes				
Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
0,0113	1	1	0,02%	0,02%
0,0133	14	15	0,28%	0,30%
0,0152	31	46	0,62%	0,92%
0,0172	63	109	1,26%	2,18%
0,0191	71	180	1,42%	3,60%
0,0211	101	281	2,02%	5,62%
0,0231	132	413	2,64%	8,26%
0,0250	157	570	3,14%	11,40%
0,0270	191	761	3,82%	15,22%
0,0289	210	971	4,20%	19,42%
0,0309	228	1.199	4,56%	23,98%
0,0328	252	1.451	5,04%	29,02%
0,0348	268	1.719	5,36%	34,38%
0,0367	273	1.992	5,46%	39,84%
0,0387	337	2.329	6,74%	46,58%
0,0407	309	2.638	6,18%	52,76%
0,0426	350	2.988	7,00%	59,76%
0,0446	290	3.278	5,80%	65,56%
0,0465	299	3.577	5,98%	71,54%
0,0485	267	3.844	5,34%	76,88%
0,0504	201	4.045	4,02%	80,90%
0,0524	191	4.236	3,82%	84,72%
0,0543	162	4.398	3,24%	87,96%
0,0563	143	4.541	2,86%	90,82%
0,0583	135	4.676	2,70%	93,52%
0,0602	108	4.784	2,16%	95,68%
0,0622	80	4.864	1,60%	97,28%
0,0641	68	4.932	1,36%	98,64%
0,0661	48	4.980	0,96%	99,60%
0,0680	20	5.000	0,40%	100,00%

Anexo 6 Resultados de la Simulación Variable: Inversión en equipo				
Marca de clase	Frecuencia Absoluta	Frecuencia Acumulada	% Frecuencia	% Frecuencia Acumulada
65.876,01	1	1	0,02%	0,02%
70.069,74	24	25	0,48%	0,50%
74.263,47	39	64	0,78%	1,28%
78.457,20	77	141	1,54%	2,82%
82.650,93	88	229	1,76%	4,58%
86.844,66	120	349	2,40%	6,98%
91.038,40	140	489	2,80%	9,78%
95.232,13	151	640	3,02%	12,80%
99.425,86	170	810	3,40%	16,20%
103.619,59	194	1.004	3,88%	20,08%
107.813,32	213	1.217	4,26%	24,34%
112.007,06	252	1.469	5,04%	29,38%
116.200,79	290	1.759	5,80%	35,18%
120.394,52	291	2.050	5,82%	41,00%
124.588,25	329	2.379	6,58%	47,58%
128.781,98	349	2.728	6,98%	54,56%
132.975,72	315	3.043	6,30%	60,86%
137.169,45	277	3.320	5,54%	66,40%
141.363,18	265	3.585	5,30%	71,70%
145.556,91	226	3.811	4,52%	76,22%
149.750,64	229	4.040	4,58%	80,80%
153.944,38	199	4.239	3,98%	84,78%
158.138,11	185	4.424	3,70%	88,48%
162.331,84	163	4.587	3,26%	91,74%
166.525,57	128	4.715	2,56%	94,30%
170.719,30	106	4.821	2,12%	96,42%
174.913,04	70	4.891	1,40%	97,82%
179.106,77	58	4.949	1,16%	98,98%
183.300,50	33	4.982	0,66%	99,64%
187.494,23	18	5.000	0,36%	100,00%



Conclusiones

Los trabajos desarrollados durante la elaboración de esta Tesis Doctoral han permitido obtener las siguientes **conclusiones generales**:

- a) El lisímetro de pesada presentado en esta Tesis, tras ser testado y validado en sus diferentes fases (desarrollo, instalación y operación con cultivo de vid), se puede indicar que es un dispositivo óptimo para determinar el consumo de agua de plantas cultivadas en maceta.
- b) El lisímetro desarrollado permite determinar la evapotranspiración del cultivo, a escala minutal, a partir del balance hídrico obtenido con los valores registrados de variación de peso de la maceta y de peso del depósito de drenaje.
- c) Tras diseñar, modelizar y construir la estructura con materiales de aluminio, se ha obtenido un lisímetro lo suficiente robusto para soportar todos los esfuerzos debidos al peso de la planta, la espaldera y las acciones externas debidas al viento y a la lluvia; así como lo suficientemente ligero, para no incrementar excesivamente el peso soportado por las células de carga, el cual se encuentra ubicado en la estación de lisímetría EPSO-UMH, durante más de 3 años.
- d) El diseño de la espaldera para adaptarse a diferentes ángulos y posiciones, ha servido de base para estudiar la influencia de la inclinación de la espaldera del cultivo de la vid en el consumo de agua, la producción y la calidad de la uva para vinificación.
- e) El dispositivo de adquisición de datos y control de las electroválvulas de carga y descarga del depósito de drenaje, desarrollado mediante microcontroladores ATmega, ha permitido registrar los datos minutalmente con una resolución de una decima de gramo y una

- exactitud global del equipo de ± 3 gr, cuyo valor supera cualquier dispositivo conocido para su uso en lisimetría.
- f) Los algoritmos de control embebidos en el microcontrolador, han resultado completamente satisfactorios para gestionar la apertura y cierre de las electroválvulas de carga y descarga del depósito de drenaje.
 - g) Se ha solicitado una patente del dispositivo para su posterior explotación comercial por la empresa TeleNatura EBT S.L., la cual ha mostrado su interés y apoyo en el desarrollo del equipo.
 - h) Desde el punto de vista económico, considerando los valores alcanzados por el VAN para un horizonte temporal de 15 años de acuerdo a los costes iniciales del diseño industrial y para una planta de 16 unidades, se puede afirmar que la viabilidad económica está asegurada con una probabilidad del 99%.

Considerando la experiencia obtenida en la obtención de los valores de campo y después de analizar dichos valores se proponen las siguientes **líneas de investigación.**

- a) Realizar modificaciones en la estructura para que sea menos voluminosa durante su traslado al lugar de instalación.
- b) Estudiar la influencia de la inclinación de la espaldera en el rendimiento del cultivo de la vid.
- c) Mejorar la medida del caudal del riego, obteniendo sus valores de forma directa mediante sensores adecuados.
- d) Determinación de la evapotranspiración en tiempo real.

- e) Realizar un control del riego una vez conocidas las necesidades hídricas de la planta.
- f) Incorporación de sensores en el depósito de drenaje que permitan obtener las características del agua percolada y estudiar su influencia en la calidad del producto cultivado.



Referencias

-
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. In: FAO Irrigation and Drainage Papers. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- Arduino (2013). Arduino – (Última consulta enero 2015) HomePage.
<http://www.arduino.cc/>
- Bazi, M. (2009). "Getting Started with Arduino." Sebastopol CA. O'Reilly Media, Inc.
- Beeson Jr., R.C., 2011. Weighing lysimeter systems for quantifying water use and studies of controlled water stress for crops grown in low bulk density substrates. *Agric. Water Manage.* 98, 967–976
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2011.01.005>.
- Berza, J. (2004), Herramientas de Excel para el análisis y valoración de proyectos de inversión, *Revista de Dirección y Administración de Empresas*, 11, 51-70.
- Clement, R.T. (1995), *Making Hard Decisions: An Introduction to Decision Analysis*, Duxbury Press. Second Edition.
- Corelli, G., 2003. In: Ferree, D.C., Warrington, I.J. (Eds.), *Apples: Botany, production and uses*. Light Relations. Presented at the CAB International, Wallington, Oxford, UK, pp. 195–256.
- Dagpunar, J.S., 2007. *Simulation and Monte Carlo: With Applications in Finance and MCMC*. John Wiley & Sons, Chichester, England.
- Dapena, J. (2005), Simulación aplicada al análisis de proyectos de inversión Técnica SAAPI, *Temas de Management*, Volumen III, 20-26.
- Distribución Estadística Triangular (Buenas Tareas.com) (Última consulta: 10

octubre 2014) <http://www.buenastareas.com/ensayos/Distribucion-Estadistica-Triangular-Usos/3952946.html>

Hess, C., 2000. The Doss integral for random sets. Comparison with the Aumann integral. In: Proc. 8th Int. Conf. on Information Processing and the Management of Uncertainty in Knowledge-Based Systems, pp. 515–520 (Presented at the 8th Int. Conf. on Information Processing

Howard, R. A. (1988), Decision Analysis: Practice and Promise, Management Science, 34 (6), 679-695.

Howell, T.A., Schneider, A.D., Dusek, D.A., Marek, T.H., Steiner, J.L., 1995. Calibration and scale performance of Bushland weighting lysimeters. Trans. ASAE 38 (4), 1019–1024.

Jarvis, P., 1985. Coupling of transpiration to the atmosphere in horticultural crops: the omega factor. In: Acta Hort. (ISHS) 171. Presented at the I International Symposium on Water Relations in Fruit Crops, pp. 187–206

Keeney, R. L. (1992), Value Focused Thinking: A Path to Creative Decision Making, Harvard University Press, Cambridge, Massachusetts.

Liu, S., Bai, J., Jia, Z., Jia, L., Zhou, H., Lu, L., 2010. Estimation of evapotranspiration in the Mu Us Sandland of China. Hydrol. Earth Syst. Sci. 14, 573–584, <http://dx.doi.org/10.5194/hess-14-573-2010>.

López, P- (2000), Probabilidad y Estadística. Conceptos, modelos, aplicaciones con Excel, Prentice Hall, México.

Martin, E.C., de Oliveira, A.S., Folta, A.D., Pegelow, E.J., Slack, D.C., 2001. Development and testing of a small weighable lysimeter system to

-
- assess water use by shallow-rooted crops. *Trans. ASAE* 44, 71–78,
<http://dx.doi.org/10.13031/2013.2309>.
- Matson, P.A., Parton, W.J., Power, A.G., Swift, M.J., 1997. Agricultural intensification and ecosystem properties. *Science* 277, 504–509,
<http://dx.doi.org/10.1126/science.277.5325.504>.
- Misra, R.K., Padhi, J., Payero, J.O., 2011. A calibration procedure for load cells to improve accuracy of mini-lysimeters in monitoring evapotranspiration. *J.Hydrol.* 406, 113–118,
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.06.009>.
- Mun, J. (2004), *Applied Risk Analysis*, John Wiley & Sons, Inc. USA.
- Payero, J.O., Irmak, S., 2008. Construction, installation, and performance of tworepacked weighing lysimeters. *Irrig. Sci.* 26, 191–202
<http://dx.doi.org/10.1007/s00271-007-0085-9>.
- Puértolas, F. y Ruiz, S. (2010), *Análisis de Inversiones. Teoría y Práctica en Excel*, Delta Publicaciones, Alicante.
- Suárez, A.S. (1981), *Decisiones óptimas de inversión y financiación*, Ed. Pirámide, Madrid.
- Tripler, E., Shani, U., Ben-Gal, A., Mualem, Y., 2012. Apparent steady stateconditions in high resolution weighing-drainage lysimeters containing datepalms grown under different salinities. *Agric. Water Manage.* 107, 66–73 <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.01.010>.
- Varela, J.R. (2011), *Simulacion 4.0* (<http://www.ucema.edu.ar/u/jvarela/>)
- Wenting, H., Chao, Z., Junjie, G., Qiao, J., Pute, W., 2013. A SCM programmed suspension weighing lysimeter for evapotranspiration measurement
-

of pot planted crops. In: American Society of Agricultural and Biological Engineers Annual International Meeting 2013, Kansas City, MO, USA, pp. 4503–4510.

Winston, W. (1998), Financial models using simulation and optimization II. PAL. USA.

Zhang, X., Hu, L., Bian, X., Zhao, B., Chai, F., Sun, X., 2007. The most economical irrigation amount and evapotranspiration of the turfgrasses in BeijingCity, China. Agric. Water Manage. 89, 98–104
<http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2006.11.006>.

Zhang, Z.-S., Liu, L.-C., Li, X.-R., Zhang, J.-G., He, M.-Z., Tan, H.-J., 2008. Evaporation properties of a revegetated area of the Tengger Desert, North China. J. Arid Environ. 72, 964-973.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.jaridenv.2007.11.010>.

Producción científica

9.1 Publicaciones científico técnicas

9.1.1 Publicaciones en revistas científicas listadas en el JCR

L. Ruiz Peñalver; J.A. Vera Repullo; M. Jiménez Buendía; I. Guzmán;

J.M.Molina Martínez. 2014. Development of an innovative low cost weighing lysimeter for potted plants: application in lysimetric stations Agricultural Water Management, (In Press) (Q1).DOI: 10.1016/j.agwat.2014.09.020.

Jiménez Buendía M.; **Ruiz Peñalver L.;** Vera Repullo J.A.; Intrigliolo Molina D.S.; Molina Martínez J.M.. 2014. Development and assessment of a network of water meters and rain gauges for determining the water balance. New scada monitoring software. Agricultural Water Management, (In Press) (Q1). DOI: 10.1016 / j.agwat.2014.11.013

J.A. Vera Repullo; **L. Ruiz Peñalver;** M. Jiménez Buendía; J.J. Rosillo Olmos;J.M. Molina Martínez. 2014: Software for the automatic control of irrigation using weighing-drainage lysimeters: Agricultural Water Management, (In Press) (Q1) DOI: 10.1016 / j.agwat.2014.10.021

9.1.2 Publicaciones en revistas científicas no listadas en el JCR

A. Ruiz-Canales, J.M. Molina, D. Escarabajal, D.G. Fernández-Pacheco, **L Ruiz-Peñalver,** R. López-Urrea. 2012: Transductores climáticos empleados en agroclimatología Agrícola Vergel, Vol. 361, pág 386-394

A. Ruiz-Canales, J.M. Molina, D. Escarabajal, D.G. Fernández-Pacheco, L. **Ruiz-Peñalver**, R. López-Urrea. 2012: Rádar y sistemas multisensores empleados en agroclimatología: Agrícola Vergel, Vol. 360, pág 344-351

Ruiz Peñalver L.; Escarabajal Henarejos D.; Fernández-Pacheco D.G.; Ruiz Canales A.; Molina Martínez J.M.2011: Interpolación de datos mediante el empleo de herramientas CAD. : Riegos y Drenajes XXI, nº 183, pág 12-13

Fernández-Pacheco D.G., Molina Martínez J.M.; **Ruiz Peñalver, L.**; Ruiz Canales A 2012 ANDROID: La plataforma del futuro para aplicaciones agrícolas. : Agrícola Vergel, Vol. 357, pág 190-191

Escarabajal D.; Martínez P.; Molina Martínez J.M.; **Ruiz Peñalver L.**; Ruiz Canales A 2013 ANDROID: La plataforma del futuro para aplicaciones agrícolas. VI Jornadas de Introducción a la Investigación de la UPCT, Vol. 6, pág 52-54

9.2 Patente solicitada

Título: Sistema de cuantificación del balance hídrico para sistema de riego de plantas cultivadas en maceta.

Objeto de la patente: La presente invención encuentra aplicación en el sector de las técnicas de riego. De forma particular, el sistema permite cuantificar el consumo hídrico de plantas cultivadas en maceta, incluidas plantas arbóreas, y optimizar así el riego, aportando la cantidad de agua requerida en cada caso. Un objeto de la invención consiste en proporcionar un sistema capaz de cuantificar los requerimientos hídricos de una especie determinada de forma automática, precisa y en tiempo real.

Así mismo, es objeto de la invención proporcionar un sistema de riego de bajo coste, que no precise realizar obra civil para su implantación, ni requiera de un invernadero para asegurar una medición precisa.

Autores: Ruíz Peñalver L., Molina Martínez J.M., Intrigliolo Molina D.S., Fernández-Pacheco D.G.

Solicitud de patente N°: P201431431.

Fecha de solicitud: 29/09/2014.

Entidad titular: Universidad Politécnica de Cartagena.

Tipo de protección: nacional.

9.3 Comunicaciones a congresos

D.G. Femández-Pacheco , D. Escarabajal , R. López-Urrea , A. Ru iz-Canales, **L.Ruiz-Peñalver**, J .M . Molina 2011 Enhancements of using RTD instead of thermocouples for estimating evapotranspiration by means of energy balance International Conference of Agricultural Engineering (CIGR-AgEng)

Ruiz Canales A.; Jaén Ruiz A.; **Ruiz Peñalver L.**; Puerto Molina H.; Intrigliolo Molina D; Molina Martinez; J.M. . 2011 Data management in drip irrigation monitoring for vineyards in pot by weighing lysimeter Ist International Conference On Data Management And Security: Applications In Medicine, Science And Engineering

Ruiz Peñalver L.; Guerrero Arroniz D.; Maciejewski P.; Gezyb A.; Ruiz Canales A.; Molina Martinez J.M.. 2013 Development of an electronic device using pluviometer and modbus communication.
Congreso: 17th Intemational Congress On Project Management And Engineering

Ruiz Canales A.; **Ruiz Peñalver L.**, Carabante Casado G.; Jaén Ruiz A.; Puerto Molina H.; Intrigliolo Molina D.; Molina Martinez J.M. 2013 Monitorización del riego por goteo en viña (Vitis Vinífera L. cv. Bobal con patrón I IOR) en maceta mediante lisímetro de pesada. Algunos datos experimentales: VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Ruiz Canales A.; **Ruiz Peñalver L.**, Carabante Casado G.; Jaén Ruiz A.; Puerto Molina H.; Intrigliolo Molina D.; Molina Martinez J.M. 2013 Balance hídrico de viña (Vitis Vinífera L. cv. Bobal con patrón I IOR) en maceta y riego localizado mediante lisímetro de pesada. Algunos datos experimentales. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Ruiz Peñalver L., Guerrero Arroniz D.; Ruiz Canales A.; Jimenez Buendía M.; Molina Martinez J.M. 2013 Desarrollo de una red de comunicaciones para gestión y control de una estación de lisimetría. : VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Molina Martínez J.M.; **Ruiz Peñalver L.**, Guerrero Arroniz D.; Ruiz Canales A.; Jiménez Buendía M. 2013 Sistema de automatización y telecontrol mediante microcontroladores para la gestión del riego de cultivos en maceta con lisímetros de pesada. Tipo de participación: Comunicación oral VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Escarabajal Henarejos D.; Molina Martínez J.M.; Truque Rodríguez E.; **Ruiz Peñalver L.**, Ruiz Canales A. 2013 Modelización del crecimiento de lechuga "little gem" para su aplicación en gestión de riego. VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Escarabajal Henarejos D.; Molina Martínez J.M.; Truque Rodríguez E.; **Ruiz Peñalver L.**, Ruiz Canales A. 2013 Aplicaciones de la fotografía digital para soluciones agronómicas VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Escarabajal Henarejos D.; Molina Martínez J.M.; Truque Rodríguez E.; **Ruiz Peñalver L.**, Ruiz Canales A. 2013 Aplicaciones de la fotografía digital para soluciones agronómicas VII Congreso Ibérico de Agroingeniería y Ciencias Hortícolas (SEAgIng - SECH).

Ruiz Peñalver L.; Rosillo Olmos J.J.; Jiménez Buendía M.; Ruiz Canales A.; Intriguiolo Molina D.S.; Molina Martínez J.M. 2013 Monitorización mediante un sistema scada de una estación de lisimetría y agroclimática XXXI Congreso Nacional de Riegos.

Guerrero Arroniz D.; **Ruiz Peñalver L.**; Rosillo Olmos J.J.; Ruiz Canales A.; Intrigliolo Molina D.S.; Molina Martínez J.M. 2014 Determinación del consumo de agua mediante contadores y pluviómetros conectados en red. I Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola. "La Agromótica en la Horticultura".

Guerrero Arroniz D.; **Ruiz Peñalver L.**; Rosillo Olmos J.J.; Ruiz Canales A.; Intrigliolo Molina D.S.; Molina Martínez J.M. 2014 Estación de Lisimetría de la E.P.S.O. para la Investigación del Consumo de Agua de Plantas en Maceta. I Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola. "La Agromótica en la Horticultura".

Rosillo Olmos J.J.; Jiménez Buendía M.; Vera Repullo J.A.; **Ruiz Peñalver L.**; Molina Martínez J.M. 2014 Uso de colas para la optimización de la adquisición de señales agroclimáticas bajo plataforma LabVIEW. I Symposium Nacional de Ingeniería Hortícola. "La Agromótica en la Horticultura".

Apéndice I

ARTÍCULOS PUBLICADOS

Artículos publicados relacionados con la investigación

Software para el control automático del riego utilizando lisímetros de pesada.

Entre todos los métodos existentes para estudiar los requerimientos de agua de los cultivos, necesarios para un uso eficiente del riego el más preciso es el basado en el uso de lisímetros de pesada. Los habitualmente utilizados son los que se utilizan para los cultivos en el suelo desnudo, con unas dimensiones similares a las del marco de plantación para las especies medidas. Estos lisímetros se entierran en el suelo, requieren obra civil, tiene un alto costo y son utilizados comúnmente en parcelas experimentales para determinar los coeficientes de cultivo. Hay lisímetros más baratos y escala más reducida que se utilizan para controlar el equilibrio de agua en recipientes sin obras civiles. Aunque los coeficientes de cultivo obtenidos de estos lisímetros no son comparables a los obtenidos a partir de cultivos en el suelo, pueden resultar útil para determinar con precisión las necesidades de agua de las plantas para que puedan ser utilizados como una referencia para regar el resto de las plantas en maceta. El objetivo de este trabajo fue desarrollar y evaluar un sistema de software para optimizar el riego usando lisímetros de pesada en un cultivo en maceta. El software fue programado en un controlador compacto incrustado usando el lenguaje de programación gráfica de LabVIEW con el módulo en tiempo real. Este controlador recibe datos de los lisímetros a través de una red de comunicación Modbus / RS-485, los procesa y realiza los cálculos para controlar las válvulas de riego en tiempo real. El software permite la adquisición y registro de datos, así como la programación de riego basado en el equilibrio de agua obtenida de lisímetros de pesada es decir, basada exclusivamente en las necesidades reales de agua de los cultivos

Vera Repullo, J. A., Ruiz-Peñalver, L., Jiménez-Buendía, M., Rosillo, J.J. , Martínez, J. (2015). *Software for the automatic control of irrigation using weighing-drainage lysimeters*. Agricultural Water Management. 151. . 10.1016/j.agwat.2014.10.021.

Desarrollo y evaluación de una red de caudalímetros y pluviómetros para determinar el balance hídrico

Actualmente la escasez de recursos hídricos en algunas zonas de la costa mediterránea, en concreto en el Sureste de España, hacen que la eficiencia del riego un tema vital cuando se trata de hacer frente a los altos costes del agua y contribuir a una agricultura ambientalmente sostenible y energéticamente eficiente. El objetivo de este trabajo es describir el diseño y evaluación de un sistema para determinar el balance hídrico de una plantación experimental de cuatro filas de ocho macetas de vides (*Vitis vinifera* L. cv Bobal). Este sistema consiste en una red de caudalímetros debajo de agua y pluviómetros y una supervisión, control y aplicación de registro de datos (SCADA) que se ejecuta en un controlador de automatización programable compacto. Los contadores de agua fueron instalados en el comienzo de las filas para medir el agua de riego. Debido al pequeño flujo en la red de drenaje y dada la escasez y el alto precio de los medidores de flujo de bajo caudal, se decidió estudiar la viabilidad de la utilización de pluviómetros de cuchara para medir el agua de drenaje. Por este motivo se realizaron pruebas de calibración exhaustivas para garantizar su funcionamiento adecuado bajo el caudal deseado teniendo en cuenta las posibles variaciones de inclinación en su colocación sobre el terreno. Los datos de los caudalímetros y pluviómetros se procesaron en el controlador compacto que fue responsable de la supervisión y la generación de gráficos en tiempo real proporcionando una interfaz accesible desde Internet. Los datos históricos fueron enviados a un FTP remoto para tener una copia de seguridad y hacerlos disponibles desde cualquier lugar a través de una conexión a Internet. The resultados obtenidos durante la operación del sistema mostró que proporciona una precisión aceptable en la determinación del balance hídrico. Esto hace que sea factible para aplicaciones tales como la programación del riego de cultivos en macetas a un costo menor que otros sistemas que estiman la evapotranspiración

del cultivo a partir de datos climáticos como Eddy-correlación y estaciones de Bowen de relación.

Jiménez-Buendía, M., Ruiz-Peñalver; L. Vera-Repullo, J.A., Intrigliolo-Molina, D.S., Molina Martínez, J.M. (2015). *Development and assessment of a network of water meters and rain gauges for determining the water balance. New SCADA monitoring software*. Agricultural Water Management. 151. 10.1016/j.agwat.2014.11.013

Apéndice II

**INDICES DE CALIDAD DE LAS
PUBLICACIONES.**

Doctorando	Leandro Ruiz Peñalver
Título de la Tesis	Diseño, desarrollo y evaluación de un dispositivo de bajo coste para la determinación del balance hídrico mediante técnicas de pesada utilizando sistemas embebidos

D. José Miguel Molina Martínez y D. Isidoro Guzmán Raja, Director y Codirector respectivamente de la tesis, y D. Leandro Ruiz Peñalver, autor de la mencionada tesis, y del artículo científico en coautoría titulado “*Development of an innovative low cost weighing lysimeter for potted plants: Application in lysimetric stations*”, publicado en la revista *Agricultural Water Management* (2014)¹, revista listada en bases de datos internacionales con índice de impacto de 2,333 (5 últimos años: 2,822) en la categoría de Agronomy (Posición: 16/79) (se adjunta documentación del JCR Science Edition).

EXPONEN:

Que dicho trabajo científico es una contribución relevante de la tesis doctoral presentada, recogiendo el citado artículo parte del trabajo producido durante el desarrollo de la tesis, conforme a los objetivos expuestos en el proyecto de tesis, entre los que se encuentran cumplidos los siguientes:

- Diseño y desarrollo de un dispositivo de bajo coste que permite medir el balance hídrico de plantas en maceta.
- Diseño y desarrollo de un sistema electrónico que permite la adquisición de datos, su procesamiento y el control del dispositivo.
- Estudio de los costes de implementación y evaluación económica de una estación de lisimetría.

SOLICITAN:

La consideración del artículo referenciado como indicio de calidad de la tesis realizada por D. Leandro Ruiz Peñalver, cuyo título figura en el encabezamiento del presente documento.

Cartagena, 23 de enero de 2015

**José Miguel
Molina
Martínez**
Fdo.: J.M. Molina Martínez

Firmado digitalmente por José Miguel Molina Martínez
Nombre de reconocimiento (DN): cn=José Miguel Molina Martínez, o, ou, email=josem.molina@upct.es, c=ES

**ISIDORO
GUZMAN
RAJA**
Fdo.: I. Guzmán Raja

Firmado digitalmente por ISIDORO GUZMAN RAJA
Nombre de reconocimiento (DN): cn=ISIDORO GUZMAN RAJA, serialNumber=22519704K, givenName=ISIDORO, sn=GUZMAN RAJA, ou=Ciudadanos, o=ACCV, c=ES
Fecha: 2015.01.23 14:26:56 +0100

**RUIZ
PEÑALVER,
LEANDRO
(FIRMA)**
Fdo.: L. Ruiz Peñalver

Firmado digitalmente por RUIZ PEÑALVER, LEANDRO (FIRMA)
Nombre de reconocimiento (DN): c=ES, serialNumber=22900792K, sn=RUIZ, givenName=LEANDRO, cn=RUIZ PEÑALVER, LEANDRO (FIRMA)

¹ DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2014.09.020>

Publicación 1. L. Ruiz-Peñalver . J.A. Vera-Repullo, M Jiménez Buendía, I. Guzman, J.M. Molina Martínez. 2014 *Development of an innovative low cost weighing lysimeter for potted plants: Application in lysimetric stations* Agricultural Water Management. In press

IF (Agr. Water Manage) 2,333

Publicación 2. J.A, Vera-Repullo, L. Ruiz-Peñalver, M. Jimenez-Buendía, J.J. Rosillo, J.M. Molina-Martínez. 2014 *Software for the automatic control of irrigation using weighing-drainage lysimeters* Agricultural Water Management. In press

IF (Agr. Water Manage) 2,333

Publicación 3 M.Jiménez-Buendía, L. Ruiz-Peñalver, J.A. Vera-Repullo, D.S. Intrigliolo-Molina, J.M. Molina-Martínez .2014. *Development and assessment of a network of water meters and rain gauges for determining the water balance. New SCADA monitoring software.*

Agricultural Water Management. In press

IF (Agr. Water Manage) 2,333

Fuente ISI Web of Knowledge, Journal Citation Reports, 2013 JCR Science Edition.

30/12/2014

JCR-Web 4.5 Impact Factor Boxplot

ISI Web of KnowledgeSM

Journal Citation Reports[®]



2013 JCR Science Edition

Rank in Category: AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT

Journal Ranking

For **2013**, the journal **AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT** has an Impact Factor of **2.333**.

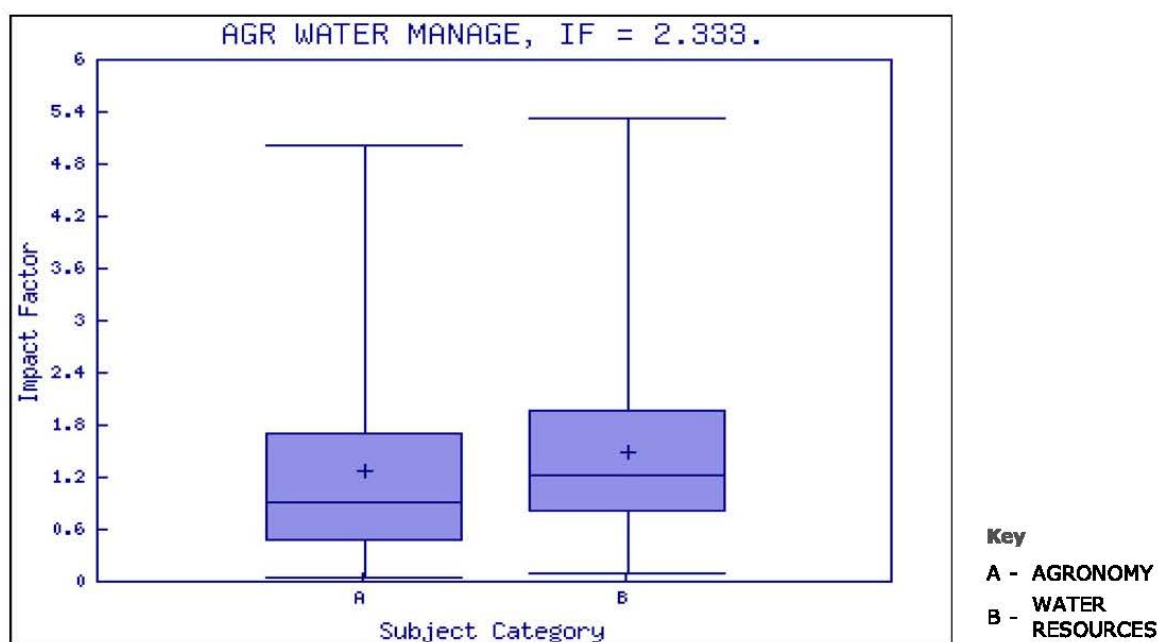
This table shows the ranking of this journal in its subject categories based on Impact Factor.

Category Name	Total Journals in Category	Journal Rank in Category	Quartile in Category
AGRONOMY	79	16	Q1
WATER RESOURCES	81	18	Q1

Category Box Plot

For **2013**, the journal **AGRICULTURAL WATER MANAGEMENT** has an Impact Factor of **2.333**.

This is a box plot of the subject category or categories to which the journal has been assigned. It provides information about the distribution of journals based on Impact Factor values. It shows median, 25th and 75th percentiles, and the extreme values of the distribution.



[Acceptable Use Policy](#)
Copyright © 2014 Thomson Reuters.



Apéndice III

JUSTIFICACIONES

DE

PRESENTACIÓN DE LA PATENTE.



Este documento es un justificante de que se ha recibido una solicitud española de patente por vía electrónica, utilizando la conexión segura de la O.E.P.M. Asimismo, se le ha asignado de forma automática un número de solicitud y una fecha de recepción, conforme al artículo 14.3 del Reglamento para la ejecución de la Ley 11/1986, de 20 de marzo, de Patentes. La fecha de presentación de la solicitud de acuerdo con el art. 22 de la Ley de Patentes, le será comunicada posteriormente.

Número de solicitud:	P201431431	
Fecha de recepción:	29 septiembre 2014, 13:41	
Oficina	(CEST) OEPM Madrid	
Su referencia:	122-14	
Solicitante:	UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA	
Número de solicitantes:	2	
País:	ES	
Título:	Sistema de cuantificación del balance hídrico para sistema de riego de plantas cultivadas en maceta.	
Documentos enviados:	Descripción-1.pdf (10 p.) Reivindicaciones-1.pdf (3 p.) Resumen-1.pdf (1 p.) Dibujos-1.pdf (2 p.) OLF-ARCHIVE.zip FEERCPT-1.pdf (1p.)	package-data.xml es- request.xml application-body.xml es-fee-sheet.xml feesheet.pdf request.pdf

Enviados por:	CN=NOMBRE CARPINTERO LOPEZ MARIO - NIF 00681552Q,OU=500750013,OU=FNMT Clase 2 CA, O = FNMT , C=ES
Fecha y hora de recepción:	29 septiembre 2014, 13:41 (CEST)
Codificación del envío:	16:1B:4A:BE:40:8F:65:42:55:7D:6E:EF:92:07:AA:9F:12:E0:62:ED

Instancia solicitud de patente



MINISTERIO
DE INDUSTRIA, TURISMO
Y COMERCIO



Oficina Española
de Patentes y Marcas

(1) MODALIDAD:	<input checked="" type="checkbox"/> PATENTE DE INVENCION <input type="checkbox"/> MODELO DE UTILIDAD
(2) TIPO DE SOLICITUD:	<input checked="" type="checkbox"/> PRIMERA PRESENTACION <input type="checkbox"/> ADICION A LA PATENTE <input type="checkbox"/> ADICION A LA PATENTE <input type="checkbox"/> SOLICITUD DIVISIONAL <input type="checkbox"/> CAMBIO DE MODALIDAD <input type="checkbox"/> TRANSFORMACION SOLICITUD PATENTE EUROPEA <input type="checkbox"/> PCT: ENTRADA FASE NACIONAL
(3) EXP. PRINCIPAL O DE ORIGEN:	MODALIDAD: N.º SOLICITUD: FECHA SOLICITUD:
4) LUGAR DE PRESENTACION:	OEPM, Presentación Electrónica
(5-1) SOLICITANTE 1:	DENOMINACION SOCIAL: UNIVERSIDAD POLITECNICA DE CARTAGENA <input checked="" type="checkbox"/> UNIVERSIDAD PÚBLICA NACIONALIDAD: España CÓDIGO PAÍS: ES NIF/NIE/PASAPORTE: Q8050013-E CNAE: PYME: DOMICILIO: Plaza Cronista Isidoro VALVERDE, s/n Ed. La Milagrosa LOCALIDAD: CARTAGENA (MURCIA) PROVINCIA: 30 MURCIA CÓDIGO POSTAL: 30202 PAÍS RESIDENCIA: España CÓDIGO PAÍS: ES TELÉFONO:

<p>(5-2) SOLICITANTE 2:</p>	<p>FAX: CORREO ELECTRÓNICO: PERSONA DE CONTACTO: MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO: INVENCIÓN LABORAL: <input checked="" type="checkbox"/> CONTRATO: <input type="checkbox"/> SUCESIÓN: <input type="checkbox"/></p> <p>PORCENTAJE DE 095,00 %</p> <p>DENOMINACIÓN SOCIAL: INSTITUTO VALENCIANO DE INVESTIGACIONES AGRARIAS UNIVERSIDAD PÚBLICA <input type="checkbox"/> NACIONALIDAD: España CÓDIGO PAÍS: ES NIF/NIE/PASAPORTE: Q9650009-E CNAE: PYME: DOMICILIO: Carretera Moncada Náquera km. 4.5 LOCALIDAD: MONCADA (VALENCIA) PROVINCIA: 46 VALENCIA</p>
<p>MODO DE OBTENCIÓN DEL DERECHO: INVENCIÓN LABORAL: <input checked="" type="checkbox"/> CONTRATO: <input type="checkbox"/> SUCESIÓN: <input type="checkbox"/></p> <p>PORCENTAJE DE TITULARIDAD: 005,00 %</p>	<p>CÓDIGO POSTAL: 46113 PAÍS RESIDENCIA: España CÓDIGO PAÍS: ES TELÉFONO: FAX: CORREO ELECTRÓNICO: PERSONA DE CONTACTO:</p>
<p>(6-1) INVENTOR 1:</p> <p>(6-2) INVENTOR 2:</p> <p>(6-3) INVENTOR 3:</p> <p>(6-4) INVENTOR 4:</p>	<p>APELLIDOS: GARCIA NOMBRE: FERNANDEZ-PACHECO NACIONALIDAD: España CÓDIGO PAÍS: ES NIF/NIE/PASAPORTE: 23027765-G</p> <p>APELLIDOS: INTRIGLILO MOLINA NOMBRE: DIEGO SEBASTIANO NACIONALIDAD: España CÓDIGO PAÍS: ES NIF/NIE/PASAPORTE: 26758334-L</p> <p>APELLIDOS: MOLINA MARTINEZ NOMBRE: JOSE MIGUEL NACIONALIDAD: España CÓDIGO PAÍS: ES NIF/NIE/PASAPORTE: 77522454-B</p> <p>APELLIDOS: RUIZ PEÑALVER</p>

Apéndice III

	NOMBRE: NACIONALIDAD: CÓDIGO PAÍS: NIF/NIE/PASAPORTE:	LEANDRO España ES 22909792-K
(7) TÍTULO DE LA INVENCION:		Sistema de cuantificación del balance hídrico para sistema de riego de plantas cultivadas en maceta.
(8) PETICIÓN DE INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TÉCNICA:	SI NO	[] [✓]
(9) SOLICITA LA INCLUSIÓN EN EL PROCEDIMIENTO ACELERADO DE CONCESIÓN	SI NO	[] [✓]
(10) EFECTUADO DEPÓSITO DE MATERIA BIOLÓGICA:	SI NO	[] [✓]
(11) DEPÓSITO:	REFERENCIA DE IDENTIFICACIÓN: INSTITUCIÓN DE DEPÓSITO: NÚMERO DE DEPÓSITO: ACCESIBILIDAD RESTRINGIDA A UN EXPERTO (ART. 45.1. B):	
(12) DECLARACIONES RELATIVAS A LA LISTA DE SECUENCIAS: LA LISTA DE SECUENCIAS NO VA MÁS ALLÁ DEL CONTENIDO DE LA SOLICITUD LA LISTA DE SECUENCIAS EN FORMATO PDF Y ASCII SON IDENTICOS		[] []
13) EXPOSICIONES OFICIALES:	LUGAR: FECHA:	
(14) DECLARACIONES DE PRIORIDAD:	PAÍS DE ORIGEN: CÓDIGO PAÍS: NÚMERO: FECHA:	
(15) AGENTE DE PROPIEDAD INDUSTRIAL:	APELLIDOS: NOMBRE: CÓDIGO DE AGENTE: NÚMERO DE PODER:	CARPINTERO LOPEZ MARIO 0953/9
(16) RELACIÓN DE DOCUMENTOS QUE SE ACOMPAÑAN:	DESCRIPCIÓN: REIVINDICACIONES: DIBUJOS: RESUMEN: FIGURA(S) A PUBLICAR CON EL RESUMEN: ARCHIVO DE PRECONVERSION: DOCUMENTO DE REPRESENTACIÓN: JUSTIFICANTE DE PAGO	[✓] N.º de páginas: 10 [✓] N.º de reivindicaciones: 13 [✓] N.º de dibujos: 2 [✓] N.º de páginas: 1 [✓] N.º de figura(s): 1 [✓] [] N.º de páginas: [✓] N.º de páginas: 1

<p>LISTA DE SECUENCIAS ARCHIVO PARA LA BUSQUEDA DE LS: OTROS (Aparecerán detallados):</p>	<p>[] N.º de páginas: []</p>
<p>(17) EL SOLICITANTE SE ACOGE AL APLAZAMIENTO DE PAGO DE TASA PREVISTO EN EL ART. 162 DE LA LEY 11/1986 DE PATENTES. DECLARA JURAMENTO O PROMESA SER CIERTOS TODOS LOS DATOS QUE EN LA DOCUMENTACIÓN ADJUNTA:</p> <p>DOC COPIA DNI: DOC COPIA DECLARACIÓN DE CARENCIA DE DOC COPIA CERTIFICACIÓN DE DOC COPIA ÚLTIMA DECLARACIÓN DE LA DOC COPIA LIBRO DE DOC COPIA OTROS:</p>	<p>[]</p> <p>[] N.º de páginas: [] N.º de páginas: [] N.º de páginas: [] N.º de páginas: [] N.º de páginas: [] N.º de páginas:</p>
<p>(18) NOTAS:</p>	
<p>(19) FIRMA:</p> <p>FIRMA DEL SOLICITANTE O REPRESENTANTE: LUGAR DE FIRMA: FECHA DE FIRMA:</p>	<p>NOMBRE CARPINTERO LOPEZ MARIO - NIF 00681552Q MADRID 29 Septiembre 2014</p>