

Automatización de un lisímetro de pesada

Henry-Arturo Kelso Bucio^{1§}, Khalidou-Mamadou Bâ¹, Saúl Sánchez Morales² y Delfino Reyes López³

¹Facultad de Ingeniería. Universidad Autónoma del Estado de México. Centro Interamericano de Recursos del Agua, Cerro de Coatepec, Ciudad Universitaria, C. P. 50110. Toluca, Estado de México, México. khalidou@uaemex.mx, ²Campus Ixtacuaco. INIFAP. Carretera Martínez de la Torre - Tlapacoyan, km 4.5. Col. Rojo Gómez, C. P. 93600, Tlapacoyan. sanchez.saul@inifap.gob.mx. ³Escuela de Ingeniería Agrohidráulica. Benemérita Universidad Autónoma de Puebla, San Juan Acateno, Teziutlán, Puebla, México. delfino_reyes2001@yahoo.com.mx. [§]Autor para correspondencia: arturokb@yahoo.com.mx.

Resumen

El desconocimiento de las necesidades de agua de los cultivos no tradicionales, es una de las principales preocupaciones de los productores de estos cultivos. Sin embargo; una alternativa es el uso del lisímetro, el cual es utilizado para determinar la lámina de agua requerida por el cultivo. El objetivo de este estudio fue automatizar el registro de las variables de peso y potencial mátrico, y la operación del sistema de riego en un lisímetro de pesada, a partir de una báscula con indicador IPEN. La variable peso se obtuvo del IPEN y el potencial mátrico de un electrotensiómetro. Con esta variable se automatizó el aporte de agua al lisímetro en tiempo real, mediante electroválvulas que activan el sistema de riego, para mantener una humedad de suelo entre -10 y -15 kPa. Finalmente, se utilizó el PIC16F877A para poner en marcha los componentes físicos mediante su programación en lenguaje Pic Basic Pro. La automatización del lisímetro de pesada permitió el monitoreo en tiempo real del potencial mátrico, control del sistema de riego y almacenamiento de las variables a intervalos de una hora, durante cuatro meses. La implementación de esta automatización se llevó a cabo en un lisímetro instalado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias, Campus Ixtacuaco. Donde el hardware y software interactuaron de acuerdo a lo programado en el registro de datos y manejo del sistema de riego, por lo que constituye una herramienta que puede ser usada para el manejo y control de un lisímetro.

Palabras clave: lisímetro, automatización, PIC16F877A, DS1307, 24LC512, 26PC, RS232.

Introducción

El desconocimiento de las necesidades de agua de los cultivos no tradicionales, es una de las principales preocupaciones de los productores de estos cultivos. Sin embargo; una alternativa es el uso del lisímetro para realizar un balance hídrico y poder determinar la lámina de agua requerida por el cultivo.

Un lisímetro es un recipiente cerrado lateralmente con un drenaje, donde se establece un cultivo de interés y se monitorea la variación del agua con respecto al tiempo mediante un balance hidrológico. Para determinar el incremento en la reserva de agua del suelo utilizable por las plantas, se pueden emplear los métodos de humedad de suelo y por pesada, para lo cual el plano inferior del recipiente está constituido por una plataforma de una báscula. (Sánchez, 1992). El potencial mátrico o tensión capilar puede ser medido con tensiómetros (Schmugge *et al.*, 1980) para determinar la evolución de los contenidos de humedad en el perfil de la parcela (Royer y Vachaud, 1974). La aplicación de transductores de presión en los electrotensiómetros ha desplazado a los tensiómetros convencionales en la medición de la humedad de los sustratos y la automatización del riego (Marfià *et al.*, 1992).

La importancia de la automatización de los sistemas de riego permite proporcionar a la planta el agua requerida para su crecimiento y desarrollo (Lugo *et al.*, 2011).

En la actualidad, se ha utilizado la automatización en gran parte del sector agrícola, y se han desarrollado sistemas de automatización para el manejo del riego en tiempo

real, sistemas de riego automatizado en tiempo real para determinar el momento oportuno y controlar la cantidad de riego, monitoreado por medio de las tecnologías de información (Castro, 2008).

La automatización de los sistemas puede cubrir una gran variedad de aplicaciones, reemplazando por completo en ciertas actividades al operador humano (Koumboulis y Tzamtzi, 2005). En la agroindustria se encuentran varias aplicaciones prácticas de sistemas automatizados, la mayoría de estos están diseñados para servir a sectores específicos de la agroindustria, tales como selección y fertilización de variedades de trigo, manejo de algodón (Mc Cown, 2002; Parrot *et al.*, 2003). También, en la industria de procesamiento de vegetales (Berlo van, 1993), manejo de soya (Welch *et al.*, 2002), riego (Mira da Silva *et al.*, 2001), entre otros.

En la mayoría de los casos los sistemas de automatización propuestos están diseñados para ayudar únicamente en un rango limitado de las decisiones a tomar por el agricultor, y facilitar las labores operacionales de toma de decisiones mediante una retroalimentación en un sistema (Pavlovic *et al.*, 2008).

Debido a que el manejo del lisímetro puede realizarse de forma automatizada mediante la integración de los componentes físicos y lógicos, y que en el mercado existen básculas con indicador modelo IPEN que tienen una salida serial RS232. El objetivo de este estudio fue automatizar el registro de las variables de peso y potencial mátrico, y la operación del sistema de riego en un lisímetro de pesada, a partir de una báscula con indicador IPEN.

Materiales y métodos

La implementación de la automatización del lisímetro de pesada, se llevó a cabo en un lisímetro de vainilla instalado en el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), Campus Ixtacuaco en 2012.

En este trabajo se implementó un micro controlador pic16F77A para automatizar un lisímetro de pesada, y controlar los componentes físicos desarrollados en módulos como se observa en la Figura 1. El lenguaje de programación fue Pic Basic Pro (PBP).

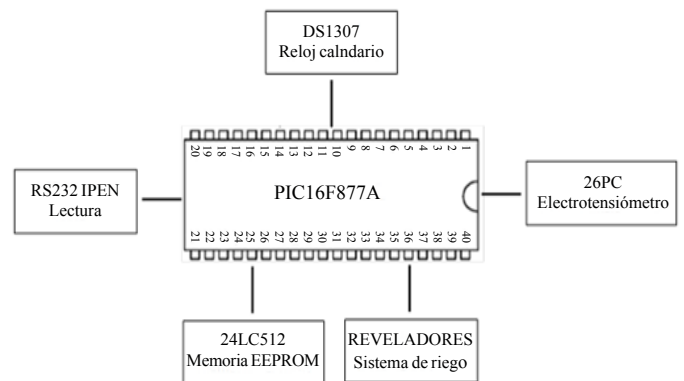


Figura 1. Módulos desarrollados en la automatización del lisímetro de pesada.

Los diferentes módulos implementados en la automatización del lisímetro de pesada (Figura 1), se describen a continuación:

DS1307. El reloj calendario en tiempo real (RTC) se estableció mediante la comunicación I²C, y manda al micro controlador la fecha y hora, la cual se despliega en un LCD para su visualización.

RS232 IPEN. El puerto de salida serial del indicador IPEN de la báscula manda una cadena de caracteres como nombre del lisímetro, fecha, hora, peso neto, tara y peso bruto, de los cuales se extrae sólo el peso bruto de los caracteres, y se almacena en una variable byte en el micro controlador.

26PC. El electrotensiómetro se desarrolló mediante un sensor de transducción de presión y una sonda de extracción con punta de baja tensión, también conocida como chupa tubos o lisímetro de succión conformada por la cápsula de cerámica porosa y tubo de resina transparente. Esta variable de potencial mátrico o tensión de humedad del suelo se almacena en una variable Word en el micro controlador y se despliega en un LCD para su visualización.

24LC512. La memoria EEPROM fue utilizada para almacenar una cadena de caracteres que comprendió la fecha, hora y las variables obtenidas en los módulos anteriores de peso bruto y potencial mátrico. Estos datos se pueden transferir a una computadora, mediante la Hyper terminal que utiliza una comunicación serial.

Relevadores. Finalmente, este módulo se creó para activar la electroválvula y el sistema de riego, una vez que el potencial mátrico igualara los -15 kPa, y desconectando el sistema de riego cuando el potencial mátrico disminuye a -10 kPa. De

esta manera se controló el aporte del agua en el lisímetro y se redujo a 0 el drenaje en el lisímetro. La función de los relevadores fue de interrumpir la continuidad de una corriente o señal.

El desarrollo de los módulos se llevó a cabo en tres etapas que fueron:

- a) Experimental. En esta etapa se realizó el montaje y ensamblado de los componentes físicos en una placa de prueba para ajustar y verificar que los componentes realizaran las funciones especificadas por el componente lógico.
- b) Elaboración del circuito impreso. Una vez que se probó el proyecto en la etapa experimental, se realizó una placa de circuito impreso, siguiendo los siguientes pasos:

- 1) Dibujo de pistas y elementos mediante computadora
- 2) Impresión laser de pistas y screen de los elementos en papel fotográfico
- 3) Preparación de la placa de baquelita
- 4) Transferencia térmica del papel a la lámina de cobre
- 5) Reducción del cobre
- 6) Perforación de la placa
- 7) Soldadura de elementos

- c) Puesta en marcha. En esta última etapa se ensamblaron todos los circuitos y se llevó a campo para automatizar el lisímetro de pesada.

De acuerdo al funcionamiento y conexión de los módulos desarrollados, la elaboración de los circuitos impresos se agrupó en tres placas.

- a) La primera estuvo conformada por el PIC16F877A, 24LC512, DS1307, RS232 IPEN, un LCD para desplegar las variables hora, fecha y potencial mátrico, y el RS232 PC que correspondió a la salida serial para leer la memoria de almacenamiento mediante la Hyper terminal de una computadora (Figura 2).
- b) La segunda correspondió al 26PC (electrotensiómetro). El cual está conformada por los componentes MAX232 utilizada para generar una fuente dual de 9 V a partir de una alimentación de 5 V, un amplificador operacional LM234, donde se desarrolló un amplificador diferencial y un amplificador no inversor, y un transductor de presión 26PC que se conecta a una sonda de extracción con punta de baja tensión (Figura 3).

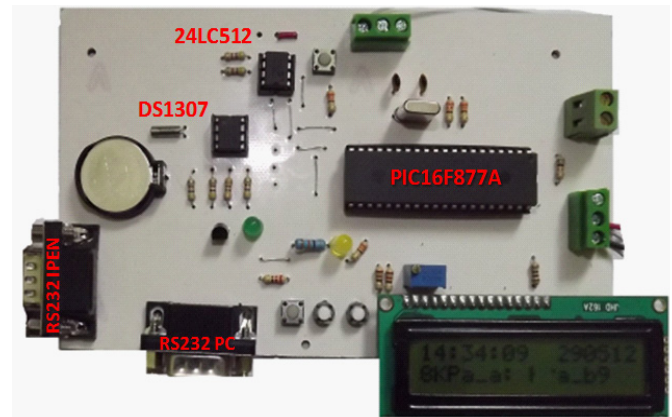


Figura 2. Primera placa.

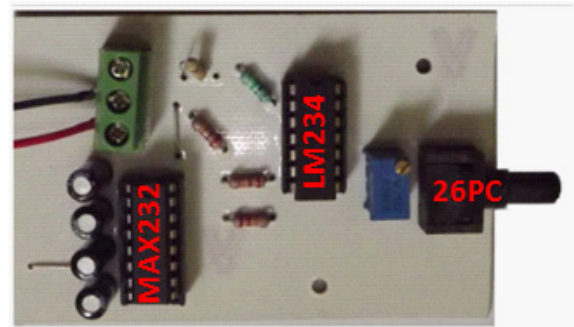


Figura 3. Segunda placa.

- c) La tercera correspondió a los RELEVADORES que interrumpieron el paso de la energía o señal que se implementó para coordinar la entrada de la señal del indicador IPEN con su recepción en el micro controlador, y la apertura del sistema de riego mediante una electroválvula y una bomba centrífuga (Figura 4).



Figura 4. Tercera placa.

La integración de las tres placas elaboradas con los cinco módulos desarrollados con diferentes componentes físicos se observan en la Figura 5.

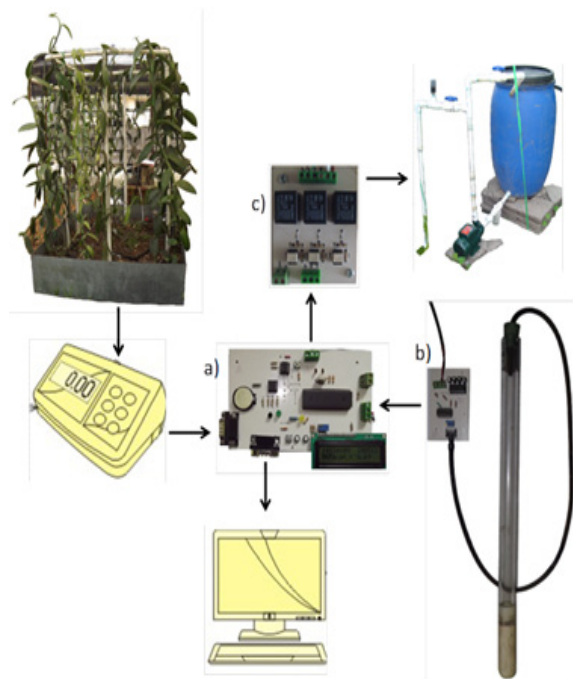


Figura 5. Componentes físicos.

Resultados y discusión

En este estudio se utilizó un electrotensiómetro para mantener el potencial mátrico en el rango establecido de -10 a -15 kPa, controlar el sistema de riego y aplicar oportunamente el requerimiento hídrico en el lisímetro. De esta forma, se desarrolló un control sensible del aporte del requerimiento hídrico en función a la exigencia de la planta y se desplazó el uso de temporizadores que comúnmente son utilizados en los sistemas automáticos de riego.

La integración de los componentes físicos y lógicos desarrollados para la automatización del lisímetro de pesada, permitió el monitoreo en tiempo real del potencial mátrico, control del sistema de riego y almacenamiento de las variables a intervalos de una hora durante cuatro meses satisfactoriamente, por lo que constituye una herramienta que puede ser usada para el manejo y control de un lisímetro. Sin embargo, este módulo de control permitió sustituir al operador humano como lo mencionó Koumboulis y Tzamtzi (2005) y desarrollar un lisímetro de pesada más versátil gracias a la automatización como lo señala Lugo *et al.* (2011).

El módulo de control desarrollado tiene muchas aplicaciones potenciales en la producción agrícola e investigación, ya que permite monitorear y abastecer el requerimiento hídrico

de los cultivos mediante sistemas de riego por aspersión o goteo que son fáciles de automatizar de acuerdo a Elliot (1990); Yelanich y Biernbaum (1990); van Iersel (1996); con base a mediciones reales como recomienda Nemali y van Iersel (2006).

Conclusiones

La interacción hardware y software interactuaron de acuerdo a lo programado en el registro de datos y manejo del sistema de riego que forman parte de la automatización del lisímetro de pesada, por lo que constituye una herramienta que puede ser usada para el manejo y control de un lisímetro.

El monitoreo continuo del potencial mátrico mediante el electrotensiómetro, logró dar un seguimiento puntual de la energía con la cual el agua es retenida por el suelo, y automatizar el sistema de riego en tiempo real.

Literatura citada

- Berlo van, J. M. 1993. A decision support tool for the vegetable processing industry; an integrative approach of market, industry and agriculture'. *Agric. Systems* 23:91-109.
- Castro, P. M. 2008. Sistema de riego automatizado en tiempo real con balance hídrico, medición de humedad del suelo y lisímetro. *Agric. Téc. Méx.* 34(4):459-470.
- Elliot, G. 1990. Reduce water and fertilizer with ebb-and-flow. *Greenhouse Grower*. 8:70-75.
- Koumboulis, F. N. and Tzamtzi, P. M. 2005. Automation agents embedded in industrial decision support systems. *In: International Conference on Intelligent Agents, Web Technologies and Internet Commerce-IAWTIC'2005*. Vienna, Austria. 51-57 pp.
- Lugo, O. E.; Quevedo, N. A.; Bauer, M. J.; Hebert del Valle, P. R. D.; Palacios, V. E. y Águila, M. 2011. Prototipo para automatizar un sistema de riego multicultivo. *Rev. Mex. Cienc. Agríc.* 2(5):659-672.
- Marfià, O.; Serrano, L. and Martínez, A. 1992. Uso de tensiómetros con transductor de presión en sustratos. *Acta Hort.* 11:87-96.
- McCown, R. L. 2002. Changing systems for supporting farmers decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agric. Systems*. 74:179-220.

- Mira da Silva, L. J.; Park, R. J.; Keatinge, D. H. and Pinto, A. P. 2001. A decision support system to improve planning and management in large irrigation schemes. *Agric. Water Manag.* 51:187-201.
- Nemali, K. S. and van Lersse, W. M. 2006. An automated system for controlling drought stress and irrigation in potted plants. *Sci. Hortic.* 110:292-297.
- Parrott, L.; Lacroix, R. and Wade, M. K. 2003. Design considerations for the implementation of multi-agent systems in the dairy industry. *Computers and Electronics in Agric.* 38:79-98.
- Pavlovic, M. F.; Koumboulis, N. M.; Tzamtzi, P. and Rozman, C. 2008. Role of automation agents in agribusiness decision support systems. *Agrociencia.* 42:913-923.
- Royer, J. M. and Vachaud, G. 1974. Determination directe de l'évapotranspiration et de l'infiltration par mesure des teneurs en eau et des succions. *Hidrological Sciences Bulletin.* XIX. 39:319-335.
- Sánchez, M. I. 1992. Métodos para el estudio de la evaporación y evapotranspiración. Cuadernos Técnicos Sociedad Española de Geomorfología. United Nations, FAO. Rome, Italy. Núm. 3:36 p.
- Schmugge, T. J.; Jackson, J. T. and McKim, P. 1980. Survey of methods for soil moisture determination. *Water Resource Res.* 16(6):961-979.
- van Iersel, M. W. 1996. Improving water and fertilizer efficiency in greenhouses. *Georgia Floriculture.* 6:22-23.
- Welch, S. M.; Jones, J.; Brennan, W.; Reeder, G. and Jacobson, M. B. 2002. PCYield: model-based decision support for soybean production. *Agric. Systems* 74:79-98.
- Yelanich, M. V. and Biernbaum, J. A. 1990. Effect of fertilizer concentration and method of application on media nutrient content, nitrogen run-off and growth of *Euphorbia pulcherrima* V-14 glory. *Acta Hortic.* 272:185-189.