

# SISTEMA AUTOMÁTICO TELEMÉTRICO PARA APLICACIONES AL CONTROL DE RIEGO

Germán H. Mancini<sup>1</sup>, Aldo R. Cicero<sup>2</sup> (ex aequo)

**ABSTRACT** - The purpose of this study was the application of an automatic and telemetric system for irrigation monitoring. This system, of local development and elaboration is a promissory methodology for determination of water requirements. Its use has made possible the installation of different measure points in the crop, and the telemetric determination of Evapotranspiration, from a model based on the proved Exponential model, for optimization of water use efficiency. The monitoring is possible in situ or in telemetric way, including Internet.

## INTRODUCCION

Un objetivo de la Agrometeorología, es la evaluación y cuantificación de los fenómenos naturales, y su acción condicionante de la producción, y en zonas bajo riego, es el agua, tanto en cantidad como en calidad, el factor más limitante para la producción. (Chambouleyron, 1999)

Existen tecnologías para optimizar la aplicación de este escaso y valioso recurso, que necesiten de la evapotranspiración, dato base para el estimar la necesidad de riego. Una forma de obtenerla es a partir de la evaporación. Los productores, suelen medirla con el Tanque tipo "A". Si bien es sencillo, suele provocar dificultades operativas.

Pombo et al. (2002) y Pombo y Cicero (2003) probaron en Mendoza, métodos para determinar evaporación con datos sicrométricos basados en Da Porta y Caamaño Nelly (1997), y simplificar la lectura en establecimientos de la zona, por su simplicidad, facilidad de instrumentación, y utilidad múltiple de la información medida (Deis y Cicero, 2002; Mancini et al., 2002; Mancini y Cicero, 2003).

Además, la información agrometeorológica de macro o mesoescala, debe evolucionar hacia la de microescala, a nivel de parcelas, o de plantas, sobre todo cuando se usa en paquetes tecnológicos de mediano o alto nivel, pues permite optimizar el manejo en las condiciones particulares de cada parcela por tipo de cultivo, estado del mismo, y condiciones del suelo, con situaciones a veces muy diferente dentro de la misma propiedad.

En los últimos años, se reemplazan progresivamente los termómetros clásicos (de vidrio) por equipos electrónicos. A la vez, el productor ha requerido que puedan distribuirse distintos puntos de medición, dispersos en el cultivo, y centralizar y automatizar su lectura para un monitoreo eficiente y sencillo. Por ello toman importancia los desarrollos locales de equipos de medición para usos específicos, por Mancini et al (2002), Mancini y Cicero (2003), previendo su uso en los cultivos intensivos, por su adaptabilidad, ser accesibles, permitir desarrollos posteriores y usos múltiples.

## MATERIAL Y MÉTODO

Sobre la base del modelo probado por Pombo et al (2002), se ha adaptado el desarrollo del instrumental citado para esta aplicación. (1)

$$EVP_{exp} = e^{-12,9421+0,0338588t} \cdot \Delta t^{0,75} \cdot 367381,2 \quad (1)$$

Donde: t = temperatura del termómetro seco  
th = temperatura del termómetro húmedo  
 $\Delta t$  = diferencia sicrométrica

El sistema prevé instalar a nivel de predio varios sensores de temperatura, (lectura del termómetro seco), y humedad relativa, para obtener por cálculo la temperatura del termómetro húmedo, a partir de la ecuación sicrométrica (Hagsich, 1954) según:

$$t_h = 9,171e^{\frac{17,67t}{t+2435}} + 2e + t \quad (2)$$

donde e = tensión actual de vapor.

Pero:

$$H.R. = \frac{e}{E} \quad (3) \quad \text{Por lo tanto} \quad e = E \cdot R \quad (4)$$

La tensión máxima de vapor (E), es función directa del dato de termómetro seco, y al medirse la humedad relativa (HR), se reemplaza en (2), la tensión actual de vapor (e) por su equivalente, según (3) y (4), y se puede calcular con la información medida. Obtenida th, se obtiene el  $\Delta t$ . Esta operatoria se introduce en el programa base del sistema. Se obtiene el valor de Evp, por definición equivalente a Eto, o evapotranspiración potencial de referencia. (Ortiz Maldonado, 1991, Da Porta y Caamaño Nelly, 1997).

Cada punto de medición cuenta con un transductor de temperatura y uno de humedad relativa, (sensores) que pueden vincularse por cable, o en forma inalámbrica a una unidad de concentración de información. El sistema se diseñó fundamentalmente por necesidades directas de productores agropecuarios, para monitorear en tiempo real, o registrar con la periodicidad necesaria, el valor de las variables agrometeorológicas que se requiera.

El sistema está integrado por:

- Hasta 8 sensores de temperatura y humedad de rango adecuado, microcontrolados.
- Concentrador que consulta periódicamente los sensores, almacena los datos en memoria no volátil y puede transferirlos a una computadora personal.
- Cableado que entrega energía a los sensores y los interconecta con el concentrador.
- Software de aplicación en una computadora personal.

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional – Fac. Reg. Mendoza – Cnel. Rodríguez 273, (5500) Ciudad, Mendoza. [hmancini@frm.utn.edu.ar](mailto:hmancini@frm.utn.edu.ar)

<sup>2</sup> Cátedra de Meteorología Agrícola – Fac. Cs. Agrarias – UNCuyo. Almte. Brown 500, (5501) Chacras de Coria. Luján, Mendoza. Argentina. [acicero@fca.uncu.edu.ar](mailto:acicero@fca.uncu.edu.ar)

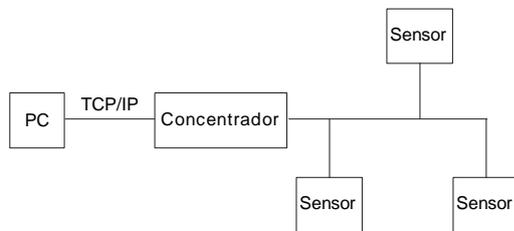


Figura 1. Diagrama de interconexión

**Sensores:** Leen y transmiten al requerirlo el concentrador. Se alimentan a través de un par de conductores del cable UTP ó FTP (con pantalla). Los datos leídos se insertan en un marco de respuesta, y se lo transmite al concentrador antes de que expire la ventana de tiempo.

Los sensores se disponen según criterio técnico agronómico, en abrigo meteorológico estándar, o en formas especiales, y es programable independientemente para cada sensor la frecuencia y horarios de captura de datos

**Concentrador:** Funciona a la vez como servidor de datos. La PC que lo interroga, es cliente del servidor. Los datos recogidos pueden o no almacenarse en la memoria no volátil del concentrador, según la aplicación específica que se desee.

Se puede programar hasta 16 programas sencillos. En cada uno se indica el número de canal asociado al mismo (N° de sensor), hora de inicio y de finalización, intervalo de toma de muestras, y habilitación del programa. Una vez habilitado uno o más programas, se tomarán y almacenarán diariamente los datos que cumplan con la condición fijada en los programas habilitados. La memoria interna no volátil es de alta capacidad, (32000 registros). Es también posible la operación autónoma sin computadora, pues cuenta con teclado y display propios para el acceso a sus funciones.

**Cableado:** El cableado puede realizarse en forma de BUS (barra) conectando los sensores en paralelo, o en estrella, con uno o más sensores en cada una de sus ramas. Para poder conectar múltiples sensores en paralelo en un mismo medio (cable UTP ó FTP), se desarrolló un protocolo de comunicaciones propietario entre el Concentrador y los sensores. El protocolo se encarga de la seguridad de los datos transmitidos por los sensores, eliminando los datos erróneos y pidiendo la retransmisión de los mismos.

**Software:** El concentrador puede conectarse a una computadora por un enlace RS-232 (puerto serie de la PC) o mediante una conexión TCP/IP sobre Ethernet de 10 Mbps. Esta última capacidad, permite la interconexión directa del sistema tanto a redes locales (LAN) como globales (Internet).

El protocolo de intercambio entre el concentrador y la computadora (TCP/IP) es lo suficientemente genérico para permitir el fácil desarrollo de diversas aplicaciones para diversos usos. Es posible operar el sistema con una combinación de herramientas comunes y accesibles en cualquier Sistema Operativo (Windows, Linux, Unix) como Telnet y una hoja de cálculo.

La utilización del protocolo TCP/IP ampliamente probado (base de Internet), permite acceder al Concentrador desde cualquier punto del mundo, con una dirección IP previamente asignada, o un nombre de dominio, según Tanenbaum A.S. (2000) y Comer D.E. (2000).

## RESULTADOS Y DISCUSION

Para comparar la precisión de la información obtenida por este prototipo, se lo comparó con una Estación automática Davis Weather Monitor II, en condiciones de trabajo a campo. Un registro simultáneo de 1000 mediciones, no arrojó diferencias significativas.

El monitoreo preciso y sectorizado, permite optimizar el uso del agua y economizar energía.

Almacenar los datos, (temperatura, humedad, y/u otros), posibilita el ajuste de modelos matemáticos para otras aplicaciones (enfermedades, heladas, etc.).

Poder acceder desde cualquier punto, permite al profesional centralizar el monitoreo en tiempo real a distancia, aún con propiedades muy dispersas.

El acceso multiusuario simultáneo, permite interrogar un mismo concentrador desde varios puntos a la vez.

Con el software de control apropiado, es posible automatizar tanto los sistemas de manejo de riego, como de alarma, u otro, según convenga a la aplicación.

## REFERENCIAS

- Chambouleyron, J. Manual de riego y drenaje, Tomo 1, 4ª Edición (revisada), Facultad de Ciencias Agrarias, U.N.Cuyo, 1999.
- Comer, D. E. Redes globales de información con internet y TCP/IP, Tercera Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México, pags. 631, 2000.
- Deis L., Cicero, A.R. Modelo agrometeorológico para el pronóstico de Phitoptora infestans. IX Reunión Argentina de Agrometeorología, Vaquerías, Córdoba, set 2002, Actas..., pag. 47-48, 2002.
- Hagsich, J. Meteorología Física, El tiempo. Ed. Kapelus, Bs. As. Arg. 547 pags, 1957.
- Mancini, G.H. y Cicero A.R., Sistema telemétrico para monitoreo de enfermedades, aplicado a Phytophthora infestans, XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorología, Santa María, RS, Brasil, Anais, pag 1149-50, 2003.
- Mancini, G.H.; F.J. Rodríguez, M.A. Palmieri, Aldo R. Cicero, Red telemétrica para monitoreo de heladas, IX Reunión Argentina de Agrometeorología, Vaquerías, Córdoba, set. 2002, Actas..., pag. 13-14, 2002.
- Ortiz Maldonado, A., Adversidades Agrometeorológicas de Mendoza Ed. Centro de Bodegueros de Mendoza, Arg. 235 pags. 1991
- Pombo F.A., M.F. Torres, P.C. García, A.R. Cicero, Fórmula exponencial para el cálculo de la evaporación en el oasis norte de Mendoza, IX Reunión Argentina de Agrometeorología, Vaquerías, Córdoba, set. 2002, Actas..., pag. 177-78, 2002.
- Pombo F.A. y A.R. Cicero, Modelo psicrométrico para el cálculo de la evaporación potencial en zonas desérticas, Mendoza, Argentina. XIII Congresso Brasileiro de Agrometeorología, Santa María, RS, Brasil, Anais, pag 1147-48, 2003.
- Tanenbaum A. S. Redes de Computadoras, Tercera Edición. Prentice Hall Hispanoamericana S.A., México. Pags. 813, 2000.