

EQUIPO COMPUTARIZADO PARA EL CONTROL DE LA CALEFACCIÓN Y REGISTRO DE LA TEMPERATURA EN UN INVERNADERO

BOUCHET, E. R.¹, FREYRE, C. E.¹ & PILATTI, R.²

RESUMEN

Para llevar adelante trabajos de investigación en cultivos bajo cubierta en la Facultad de Ciencias Agrarias (FCA), se hizo necesario desarrollar un equipo con el objetivo de lograr el control de la temperatura y su registro continuo en diferentes puntos en el interior de un invernadero. A partir de una computadora personal (PC), la construcción de periféricos asociados y con el software adecuado se consiguió todo el proceso de adquisición de datos, procesamiento y registro de la información así como enviar las órdenes a los dispositivos de control. A modo de ejemplo se presentan gráficos con los registros continuos y simultáneos de sensores termométricos para un período de más de tres días, elaborados con una planilla de cálculo, previa captura de la información almacenada en el disco rígido de la PC, obtenida en un invernadero comercial.

Palabras clave: sensores termométricos, invernadero, calefactores, computadora.

SUMMARY

Computerized equipment for the automatic control of heating and registration of temperature in a greenhouse

To take investigations works ahead in crops growth under greenhouse in the Facultad de Ciencias Agrarias, it was necessary to develop an equipment with the objective of achieving the control of the temperature and its continuous registration at different points inside a greenhouse. Starting from a PC, the construction of associate peripheral and with the appropriate software, the whole process of acquisition, procesing and registration of data is gotten and the orders to the control devices are sent. By way of example, graphics are presented with registrations of temperature sensors for one period of more than three days, elaborated with a calculation schedule, previous capture of the information stored in the hard disk of the PC, obtained in a commercial greenhouse.

Key words: temperature sensors, greenhouse, heaters, personal computer.

1.- Cátedra de Física, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral, Kreder 2805, (3080) Esperanza, provincia de Santa Fe. Telefax (03496) 426400. Email: facagra@fca.unl.edu.ar

2.- Cátedra de Fisiología Vegetal, Facultad de Ciencias Agrarias, Universidad Nacional del Litoral.

Manuscrito recibido el 15 de octubre de 1999 y aceptado para su publicación el 16 de mayo de 2001.

INTRODUCCIÓN

Con el fin de llevar adelante trabajos de investigación en cultivos bajo cubierta en la FCA, se hizo necesario desarrollar un equipo con el objetivo de lograr el control de la temperatura y su registro continuo, en diferentes puntos en el interior de un invernadero.

Como elementos de calefacción se adoptaron dos calefactores a gasoil, de 100.000 kcal/h cada uno, con distribución de aire caliente por medio de mangueras de polietileno (Asae, 1984; Bakker, 1993).

Para que el registro y control de la temperatura funcione de forma automática se pensó en un sistema computarizado (Udin Ten Cate *et al.*, 1986; Van Meurs, 1992) Puesto que de experiencias anteriores con calefactores se encontró un funcionamiento errático en los termostatos electromecánicos ambientales después de trabajar cierto tiempo, se solucionó este problema sustituyéndolos por sensores electrónicos termométricos de precisión que envían los datos a una computadora, y ésta controla los calefactores.

Con ese fin se adoptan sensores electrónicos de temperatura (Hodgman, 1982), dado que en el rango de uso, menos de 100 °C, presentan una sensibilidad 1000 veces superior respecto de otros sensores como los de termocupla o de resistencia (Gieling, 1997), tienen respuesta lineal, bajo costo y simplifican la construcción del equipo de adquisición de datos.

MATERIALES Y MÉTODOS

Para que el equipo pueda adaptarse a otros trabajos experimentales además de cumplir con el objetivo propuesto, debía reunir ciertas características especiales como ser:

- Facilidad de adaptación y de instalación tanto en invernaderos comerciales como en otras aplicaciones en escala de laboratorio.

- Trabajar en tiempo real, con gran capacidad de almacenamiento de datos e información permanente en pantalla, así como captura, procesamiento y salida por impresora de la información recogida.

- Facilidad de programación con diferentes lenguajes, según el que maneje el usuario: QBASIC, V. BASIC, C++, etc., con librería para el manejo de puertos.

- Capacidad para entregar una respuesta a los sistemas de control, que pueda ampliarse a cualquier potencia ya sea de corriente continua o corriente alterna y que el equipo resulte de bajo costo.

A partir de una PC, sus periféricos asociados y con el software adecuado se consiguió todo el proceso de adquisición de datos, procesamiento y registro de la información así como enviar las órdenes a los dispositivos de control, según se indica en el esquema (Fig. 1).

Para ello se diseñaron y construyeron dos interfases, una de adquisición de datos que se conecta al puerto paralelo LPT1 de la impresora y otra de salida para el control de dispositivos que se conecta a un segundo puerto paralelo LPT2.

En ellas se pueden conectar, simultáneamente, ocho sensores/transductores de temperatura o de otro tipo, analógicos, digitales o una combinación de ellos y al mismo tiempo controlar otros tantos dispositivos externos.

Por medio del software se ha provisto a la PC de autoarranque para el caso de cortes de la energía eléctrica y por razones de seguridad, con una señal de control generada desde la computadora que desaparece en caso de una falla eventual de ésta, se genera un "reset" automático de la interfase de salida.

Las interfases fueron desarrolladas y la PC acondicionada para resistir atmósferas agresivas como condiciones extremas de temperatura, condensación de humedad, polvo y acción de productos químicos durante las fumigaciones, como es el ambiente de un invernadero.

Para la medición y registro de la tempe-

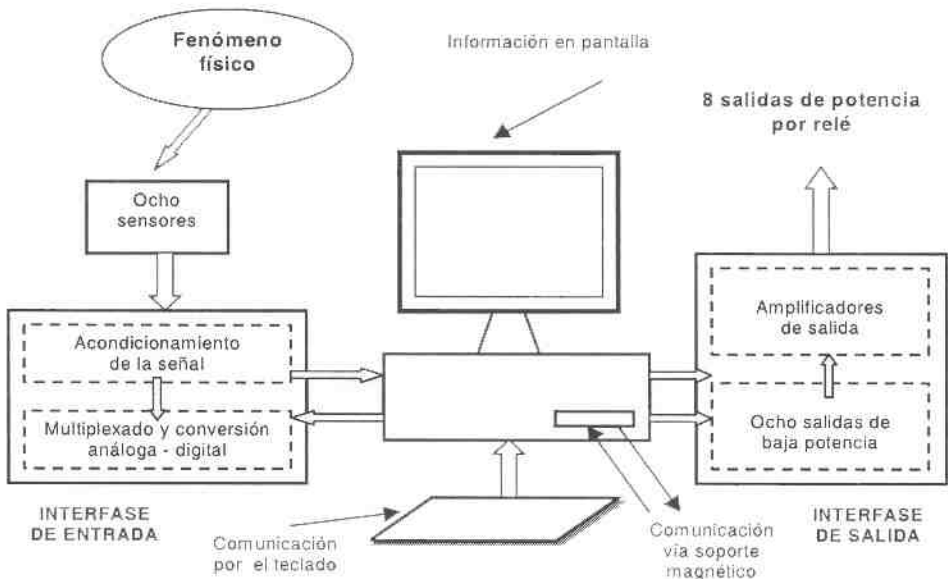


Fig. 1: La PC y sus periféricos de entrada y salida asociados.

ratura se construyeron ocho sensores termométricos a partir del transductor electrónico de precisión LM 335 (Hodgman, 1982). Se trata de un sensor lineal integrado que convierte las variaciones de temperatura en una diferencia de potencial proporcional a la misma, a razón de 10[mV/K] en el rango de $-40\text{ [}^{\circ}\text{C]}$ a $100\text{ [}^{\circ}\text{C]}$.

Cada sensor LM335 se encapsuló dentro de un tubo de aluminio de 6 mm de diámetro por 50 mm de largo conectado a un cable tripolar de 6 m de largo con pantalla de cobre, perfectamente blindado a interferencias electromagnéticas y humedad ambiente. Se disminuyó al mínimo su inercia térmica por medio de un contacto con grasa siliconada entre éste y el tubo de aluminio cuyo espesor de pared se redujo todo lo posible, compatible con la resistencia mecánica necesaria. Con este montaje se cubre una distancia radial de 6 m alrededor de la interfase de adquisición de datos; pruebas posteriores indicaron que podría ampliarse a unos 20 m sin modificar la electrónica del sistema.

La calibración de los ocho sensores se

hizo por software y en forma individual, del modo siguiente:

Sabiendo que las variaciones de temperatura se relacionan con la lectura digital obtenida del puerto paralelo de la computadora por:

$$Y = a X + b,$$

donde:

Y es el valor de la temperatura en $^{\circ}\text{C}$,

X valor digital obtenido del puerto de la computadora que para un convertor A/D de 8 bits (Hodgman, 1982) como el usado, es un número entre 0 y 255,

a y **b** son constantes de calibración a determinar experimentalmente y que dependen de cada sensor.

Para determinar las constantes de calibración de cada uno de los ocho sensores se hicieron decenas de medidas de la temperatura (**Y**) con un termómetro patrón de precisión de $0,01\text{ }^{\circ}\text{C}$ de aproximación y obteniendo con la PC el correspondiente valor digital

(X), en el intervalo de temperatura de -18°C a 100°C , previa colocación del sensor dentro de un termo con una mezcla frigorífica que se fue calentando progresivamente agregando agua caliente.

Posteriormente con los datos obtenidos y aplicando el método de los cuadrados mínimo se calcularon las constantes **a** y **b** de cada sensor.

De las medidas realizadas en condiciones de laboratorio se ha podido comprobar que el error de lectura para el rango de trabajo -18°C a 100°C es menor de 0.5°C .

Luego con la fórmula anterior, cualquier valor digital entre 0-255 proveniente del conversor analógico-digital de la interfase se transforma por software en su respectivo equivalente de temperatura Celsius en pantalla.

VALIDACIÓN

A modo de ejemplo se presentan gráficos (Fig. 2), con los registros continuos y simultáneos de sensores termométricos para un período de más de tres días, elaborados con una planilla de cálculo electrónico (Excel), previa captura de la información almacenada en el disco rígido de la PC, obtenidos en un invernadero comercial, con el punto de encendido de los calefactores ajustado a 5°C .

Serie 1: sensor dentro del invernadero a 1,5 m del suelo;

Serie 2: sensor en el exterior del invernadero;

Serie 3: sensor enterrado 4 cm en el suelo del invernadero.

Puede observarse claramente la inercia térmica del suelo por medio de la gráfica de

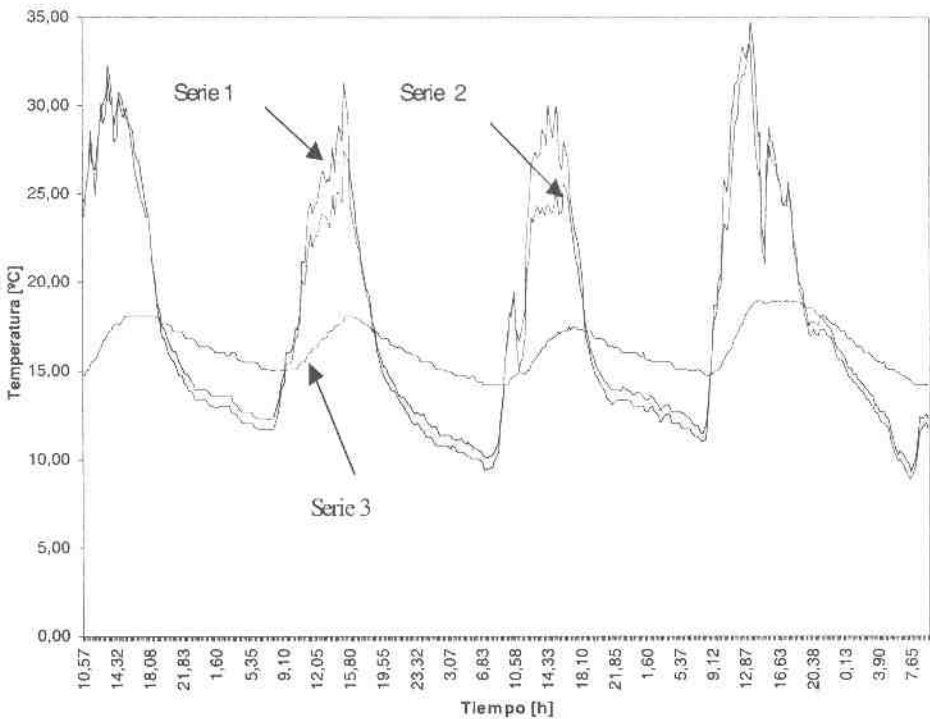


Fig. 2: Variación de la temperatura en función del tiempo en el interior y exterior de un invernadero. Serie 1: Sensor termométrico dentro del invernadero a 1,5 m del suelo. Serie 2: Sensor en el exterior del invernadero. Serie 3: Sensor enterrado a 4 cm en el suelo del invernadero.

la serie 3 y el efecto invernadero a través de las gráficas de las series 1 y 2, en la Fig. 2.

El presente desarrollo ha logrado los objetivos propuestos. Reciclando una PC en desuso y con una pequeña inversión, se consigue una herramienta para la medición y control con fines experimentales muy versátil, con gran capacidad de almacenamiento (depende de la capacidad del disco rígido), fácil de programar y que ha demostrado ser muy confiable a partir de nuestra experiencia de campo.

Como prueba de ello, el sistema también se instaló en una cámara de crecimiento para mantener su temperatura en un valor constante de 25 °C en estudios experimentales sobre germinación de semillas.

En esta oportunidad se controló la temperatura comandando con la interfase de salida a un acondicionador de aire frío-calor a partir del dato de uno de los sensores termométrico y con el software apropiado.

Las interfases mencionadas funcionan perfectamente en cualquier PC de última generación, sólo debe agregarse un segundo puerto paralelo en cualquier «slot» de expansión.

La interfase de potencia tiene acoplamiento óptico con la PC asegurando así un total aislamiento eléctrico, por lo que la conexión es totalmente segura para la computadora (Millman & Halkias, 1996).

Con la interfase de entrada y los sensores (transductores) pueden medirse y registrarse en forma continua, además de temperatura; pH; humedad; conductividad eléctrica; velocidad, dirección y sentido del viento; intensidad de la luz y radiación solar; presiones, etc.

Con la interfase de salida, además de los ejemplos citados, se puede comandar la apertura y cierre automático de puertas y ventanas (ventilación de invernaderos), apertura y cierre automático de válvulas (en riego y fertirriego), comando de ventiladores (ventilación forzada o activa), accionar motores paso a paso, etc.

Se observa que el equipo aquí descrito al estar formado de muchas partes separadas

que deben conectarse, resulta voluminoso y poco robusto para los malos tratos. No obstante la tecnología aquí desarrollada, si se tratara de una aplicación específica puede empaquetarse en un pequeño volumen usando microcontroladores PIC y comunicarse con el sistema por medio de una PC portátil tipo notebook.

BIBLIOGRAFÍA

- ASAE.** 1984. Heating, ventilating and cooling greenhouses. ASAE Standards 1984. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, Michigan 49085, ASAE EP 406: 397-400.
- BAKKER, J. C.** 1993. Greenhouse climate control and limitations. *Acta Horticulturae* 328:35-46.
- GIELING, T. H.** 1997. Temperature Sensors. John Wiley & Sons. New York. 286 pp.
- HODGMAN, C.** 1982. Linear Databook. National Semiconductor Corporation. New York. 1432 pp.
- MILLMAN, J. & C. HALKIAS.** 1996. Electronic Fundamentals and Applications for Engineers and Scientists. McGraw-Hill. New York. 687 pp.
- UDINTEN CATE, A. J.; G. P. A. BOT & J. J. VAN DIXHOOM.** 1986. Computer control of greenhouse climate. *Acta Horticulturae* 87: 265-272.
- VAN MEURS, W. M.** 1992. The climate control computer system at the IMAG. *Acta Horticulturae* 106: 77-84.