

# DESARROLLO DE UN SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS CLIMÁTICOS PARA UN INVERNADERO

Molina, JM.<sup>(p)</sup>; Martín, B.; Vázquez, S. y Sánchez, F.

## Abstract

This paper deals with the design and implementation of a data acquisition system using virtual instruments, which allows monitor physical variables such as solar radiation, relative humidity, temperature and air velocity. The virtual instrument measured variables through a data acquisition board for later be analyzed and displayed on a personal computer. The programming language used for these tasks is LabVIEW, which provides a graphical interface allows for real-time display on the evolution of the monitored variables, allowing decisions on the management of the greenhouse climate.

*Keywords: DAQ, Greenhouse, LabVIEW*

## Resumen

El presente trabajo muestra el diseño e implementación de un sistema de adquisición de datos usando instrumentación virtual, que permite monitorear variables físicas tales como: radiación solar, humedad relativa, temperatura, y velocidad de viento. El instrumento virtual mide las variables a través de una tarjeta de adquisición de datos para posteriormente ser analizadas y visualizadas en un ordenador personal. El lenguaje de programación empleado para realizar estas tareas es LabVIEW, el cual proporciona una interface gráfica que permite mostrar en tiempo real la evolución de las variables monitoreadas, permitiendo tomar decisiones sobre la gestión climática del invernadero.

*Palabras clave: DAQ, Invernadero, LabVIEW*

## 1. Introducción

El control del clima de un invernadero es muy importante dado que afecta a la respuesta del cultivo a corto y largo plazo (intercambios gaseosos, crecimiento y desarrollo), determinando las componentes del rendimiento (productividad y calidad) y, por lo tanto, la rentabilidad del sistema de cultivo. Un elemento fundamental del control automático es el conjunto de sensores que miden las variables de estado que determinan el clima del invernadero [1]; para ello es necesario que las ciencias hortícolas definan las condiciones óptimas de estas variables, tanto medioambientales como de fertirrigación, y la ingeniería de control diseñen e implementen sistemas de control automático que sean capaces de conseguir que el rendimiento productivo del cultivo sea máximo [2].

Para conseguir estos objetivos es necesario disponer de avanzados sistemas de control climático. La ingeniería de control ha sufrido una evolución muy considerable desde las estrategias convencionales o clásicas (control PID, cascada, etc.) hasta la aplicación de la inteligencia artificial al control (redes neuronales, algoritmos genéticos, etc.) pasando por técnicas avanzadas como el control predictivo basado en modelo [3]. El desarrollo de programadores y controladores climáticos de tipo comercial [4] está basado en microcontroladores que permite ofrecer al agricultor un producto final fiable a un precio competitivo.

En este artículo se muestra el desarrollo de un sistema de supervisión del clima, a través de internet, utilizando LabVIEW como lenguaje de programación. El objetivo del presente trabajo es de tipo docente para la formación de los futuros ingenieros agrónomos, donde los alumnos tienen que ser capaz de crear un sistema de control. Se considera que LabVIEW, al trabajar con programación gráfica, es adecuado para el diseño de sistemas de adquisición de datos, instrumentación y control; permitiendo diseñar interfaces de usuario mediante una consola interactiva basada en software. El usuario puede diseñar especificando su sistema funcional, su diagrama de bloques o una notación de diseño de ingeniería. LabVIEW es a la vez compatible con herramientas de desarrollo similares y puede trabajar con programas de otra área de aplicación, como por ejemplo Matlab. Tiene la ventaja de que permite una fácil integración con hardware, específicamente con tarjetas de medición, adquisición y procesamiento de datos (incluyendo adquisición de imágenes).

## 2. Equipamiento

Sobre una maqueta de invernadero de dimensiones 2x3x1,5 m ubicado en las dependencias de la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT), se instaló un sistema de adquisición de datos climáticos y se incorporó una webcam para la supervisión del estado del cultivo.

### 2.1 Sensores climáticos

Los sensores climáticos que se ubicaron en el interior del invernadero fueron los siguientes:

- Sensor de temperatura y humedad relativa (Vaisala HMP45C), compuesto por una sonda de temperatura Pt 1000, y un sensor capacitivo HUMICAP 180. Ambos proporcionan una señal analógica de 0 a 2,5 V.
- Sensor de radiación global solar (Skye Instruments, SKS-1110). La sensibilidad del sensor corresponde a  $1\text{mV} / 100\text{W m}^{-2}$  recibidos y el rango de trabajo es de  $5000\text{ W m}^{-2}$ , por lo que el rango de tensión de salida será de 1-50 mV correspondiendo linealmente con el margen de medida.
- Sensor de radiación neta basado en una termopila (Kipp & Zonen, NR-LITE), con una respuesta espectral de 0 a  $100\ \mu\text{m}$ . Su señal de salida es  $\pm 25\text{ mV}$  que se corresponde proporcionalmente con su rango de medida  $\pm 2000\text{ W m}^{-2}$ , siendo su sensibilidad  $10\ \mu\text{V W}^{-1}\text{m}^{-2}$ .
- Anemómetro de cazoletas (Vector Instruments, A100R). Es un transductor pasivo, que proporciona un tren de pulsos a su salida (1 pulso cada 1,25 m), con un umbral de arranque de  $0.2\text{ m s}^{-1}$ .

También se ubicó en el exterior del invernadero un sensor de temperatura y humedad relativa (Vaisala HMP45C) y un sensor de radiación global solar (SKS-1110).

### 2.2 Sistema de adquisición de datos

Se empleó una tarjeta de adquisición de datos PCI 6221 de National Instruments conectada a un PC con procesador Pentium Celeron CPU 2,8 Ghz, memoria RAM de 512 Mb y disco duro de 111 Gb. Bajo el sistema operativo Windows XP Profesional 2002 se instaló LabVIEW 8.2 y los drivers de la PCI 6221.

La adquisición de las señales proporcionadas por los sensores se realizó a través de un bloque de acondicionamiento de señal, modelo SC-2345, conectado a la tarjeta PCI 6221.

### **Tarjeta de adquisición de datos**

La tarjeta PCI 6221 dispone de 16 entradas analógicas de 16 bits con una frecuencia de muestreo de 250 kmuestras/s, dos salidas analógicas de 16 bits a 833 kmuestras/s y dos contadores/temporizadores de 32 bits a 80 MHz. Esta tarjeta también ofrece 10 líneas de E/S digitales bidireccionales, dos de las cuales están correlacionadas a velocidades de hasta 1 MHz. Admite una entrada de 0-10 V.

### **Bloque y módulos de acondicionamiento de señal**

El bloque de acondicionamiento de señal que se conectó a la PCI 6221 fue el modelo SC-2345. Para conducir y amplificar las señales de los sensores climáticos a los diferentes canales de la tarjeta se seleccionaron los siguientes módulos SCC:

- 2 MODULOS **SCC-AI07**. Posee dos canales con un rango de entrada de  $\pm 50\text{mV}$  y salida  $\pm 10\text{V}$ . Al primer módulo se conectaron dos sensores SKS-1110 cuya salida es de 1-50mV y al segundo se conectó el sensor NR-LITE cuyo rango de salida es  $\pm 25\text{mV}$ .
- 2 MODULOS **SCC-AI05**. Posee dos canales con un rango de entrada de  $\pm 1\text{V}$  y salida  $\pm 10\text{V}$ . A ambos módulos se conectaron dos sensores de temperatura y humedad relativa (Vaisala, HMP45C) cuyos rangos de salida para temperatura y humedad relativa es de 0-1V.

El anemómetro A100R se conectó al pin 42 del bloque de conectores del SC-2345 que direcciona la entrada al contador CTR1 de la tarjeta de adquisición de datos.

### **2.3 Cámara de supervisión (Webcam)**

La cámara web empleada fue el modelo Live! Cam Video IM Pro de Creative con una resolución de 1.3 megapíxeles y conexión USB 2.0 al PC.

La cámara se situó en un lugar estratégico para visualizar el invernadero y los cultivos.

## **3. Software para la supervisión y adquisición de datos**

La **interfaz gráfica** del programa desarrollado consta de dos fichas o solapas:

a) En la solapa "Valores instantáneos" se presenta gráficamente los datos recibidos por los sensores ubicados en el interior del invernadero (temperatura y humedad relativa del aire, radiación global, radiación neta y velocidad del viento) y en el exterior (temperatura y humedad relativa del aire). También se muestran las imágenes tomadas por la webcam de forma continua, permitiendo su desactivación mediante un interruptor situado en la parte inferior de la imagen (Figura 1).

El interruptor general ON-OFF, ubicado en la parte inferior izquierda, permite interrumpir la aplicación. A la derecha de este interruptor, se muestra la fecha y hora actual.

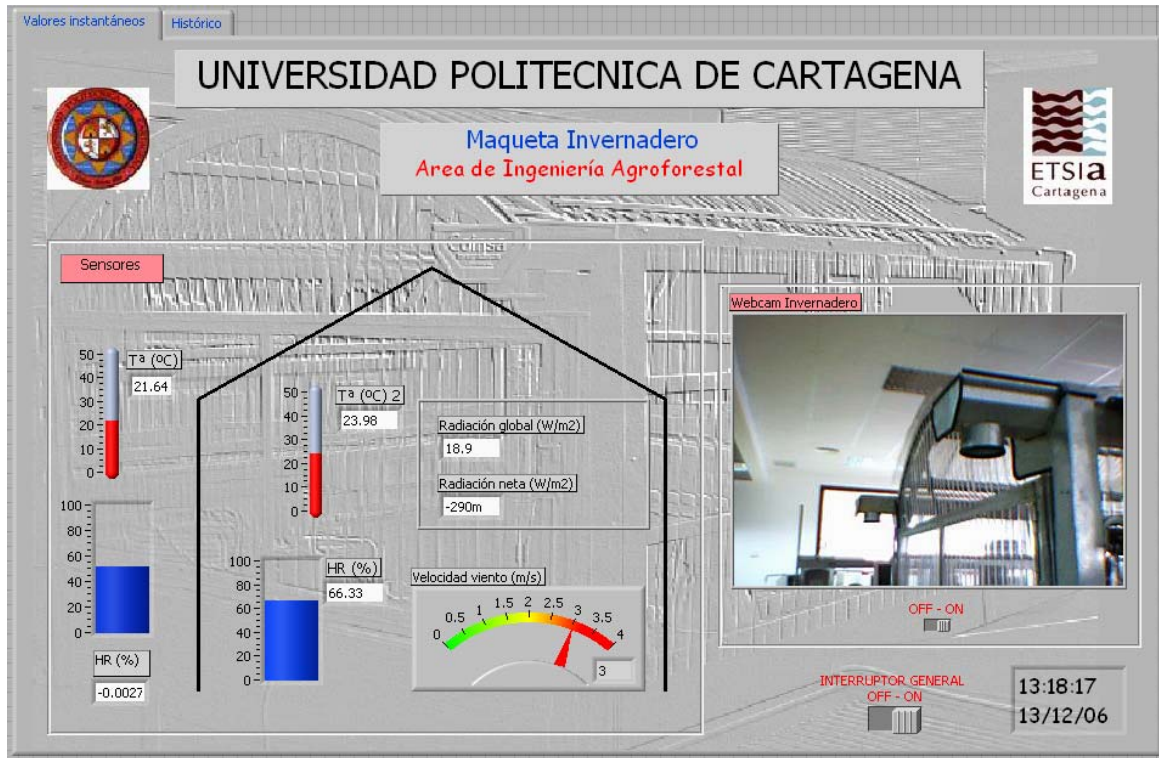


Figura 1. Panel frontal de la aplicación

b) La solapa "Histórico" presenta cuatro gráficas con la evolución de las variables climáticas medidas. (Figura 2)

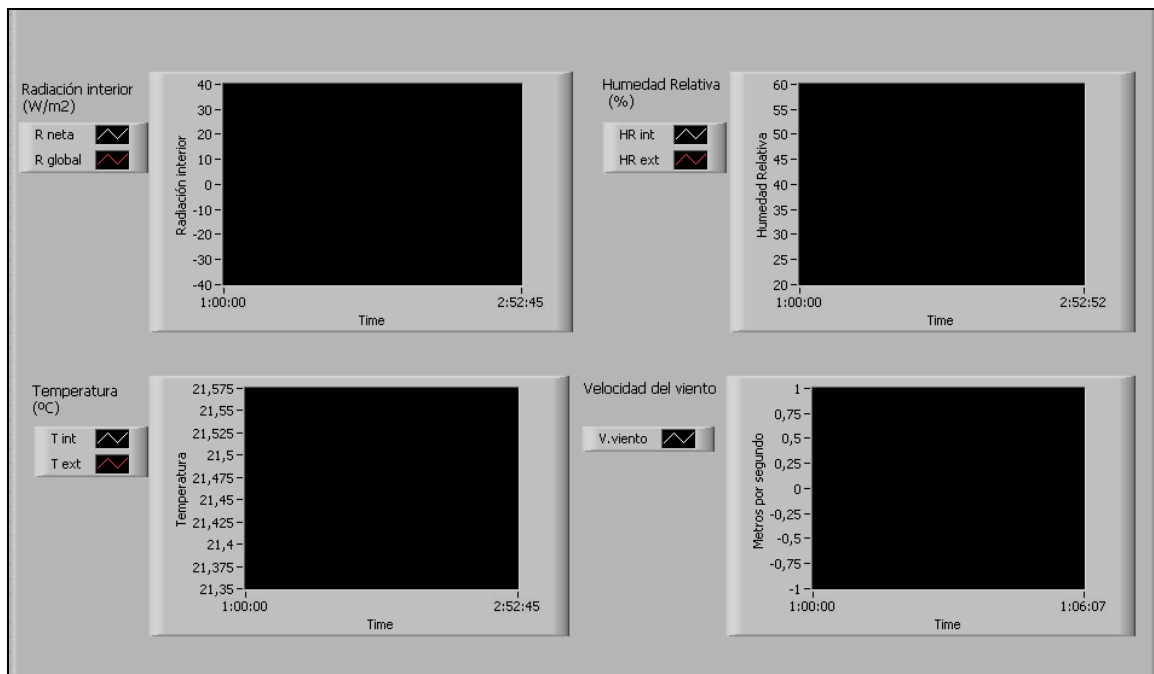


Figura 2. Panel frontal en la solapa de histórico

El **diagrama de bloques** de la aplicación está desarrollado bajo dos estructuras "while loop" (Figura 3). La primera estructura es la encargada de adquirir, tratar, mostrar y almacenar

los datos recogidos de los sensores climáticos y de mostrar las imágenes recibidas por la webcam. La segunda estructura while loop, situada en la parte inferior de la figura, es la que permite presentar la fecha y hora en el sinóptico.

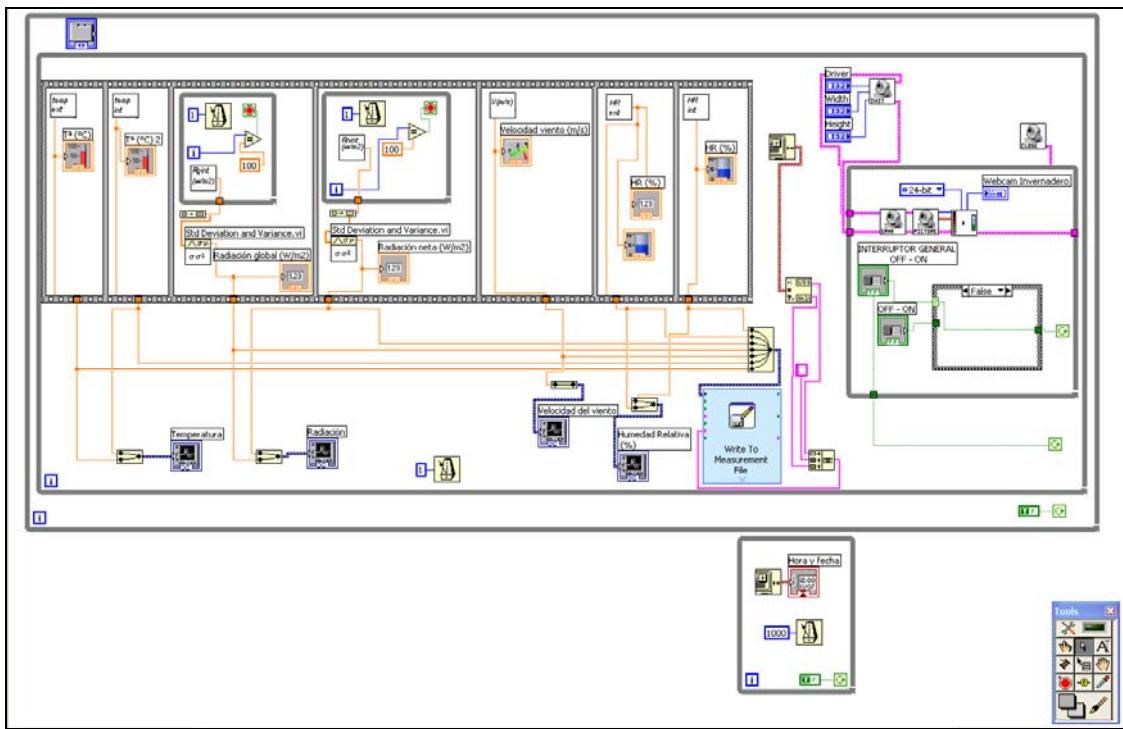


Figura 3. Diagrama de bloques de la aplicación

En el primer while loop de la Figura 3 se observa que las lecturas de los sensores se realizan de forma ordenada dentro de la estructura flat sequence. En el caso de la radiación neta y de la radiación global se realiza una media de las 100 primeras muestras para que la indicación en el panel frontal no presente picos.

Una vez tomadas todas las lecturas, éstas salen del flat sequence y pasan: i) a las gráficas que se muestran en la segunda pestaña del panel frontal y ii) a un archivo denominado "datos.lvm" donde son almacenados. Este archivo, además de los datos de los sensores, incluye la fecha y hora de su adquisición.

El funcionamiento de la webcam ha sido desarrollado en una estructura while loop con objeto de que la cámara funcione continuamente con la condición: continue if true. De esta forma la cámara emite continuamente imágenes. Un interruptor del modo on-off gobierna la condición del while loop, desactivando la cámara cuando es posicionado en off.

Para llevar a cabo las lecturas de los sensores se desarrolló, inicialmente, un **SubVI** para cada sensor que, teniendo en cuenta su función de transferencia, convertía los valores de tensión recibidos por la tarjeta en un valor legible para su tratamiento y almacenamiento posterior ( $^{\circ}\text{C}$ ,  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ , etc.). En la Figura 4 se muestran los SubVIs desarrollados para los distintos sensores climáticos utilizados en el invernadero.

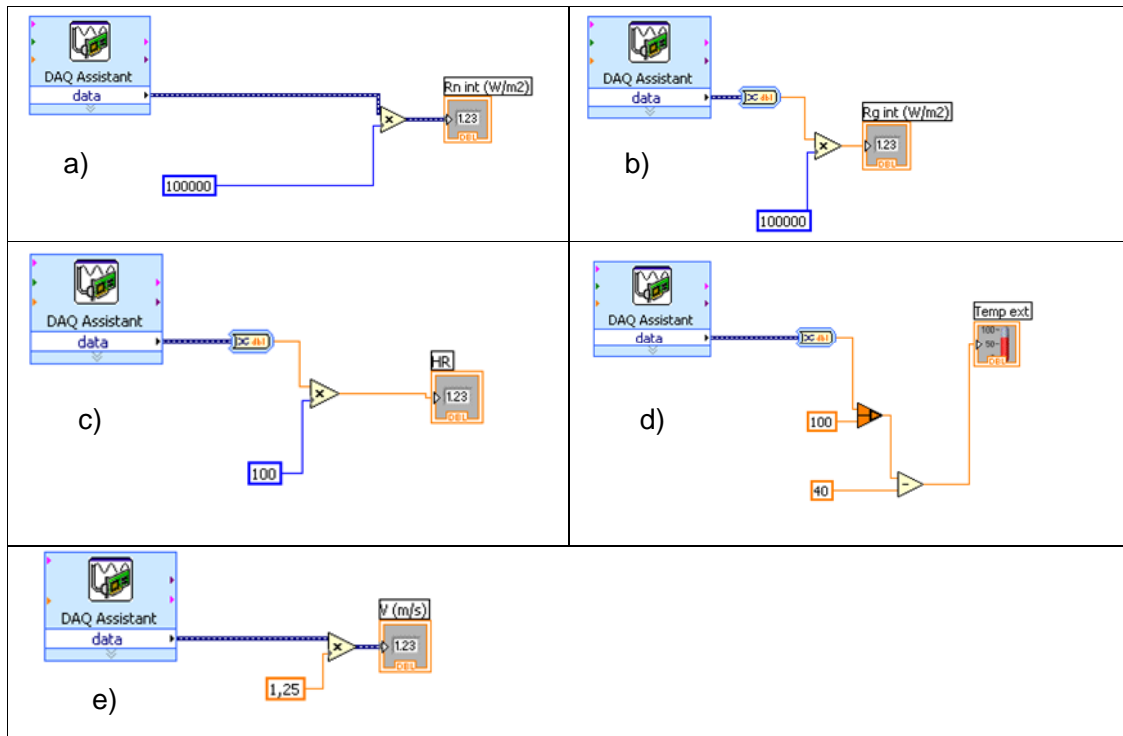


Figura 4. SubVI para la adquisición de los datos de: a) radiación neta, b) radiación global, c) humedad relativa, d) temperatura del aire, e) velocidad del viento.

#### 4. Conclusiones

Utilizando una tarjeta de adquisición de datos y un bloque de acondicionamiento de señal de la empresa National Instruments, para recibir y procesar la señal de distintos sensores climáticos, se ha desarrollado un sistema de supervisión del clima en un invernadero. Además, se ha incorporado una webcam que ha permitido conocer en todo momento y, a través de Internet, el estado del cultivo y estudiar sus relaciones con las distintas variables climáticas que le afectan.

#### Referencias

[1] Martín Górriz. B., González-Real M.M., Baille A., Molina Martínez J.M. "Evaluación de la calidad de sensores de bajo coste para el control climático de invernaderos", *Actas del IV Congreso Nacional y I Congreso Ibérico de AgroIngeniería 2007*. Tomo II, Albacete 2007, pp. 123-125.

[2] Rodríguez F., Berenguer M. "Control y robótica en agricultura". Ed. Universidad de Almería, 2004.

[3] Seborg, D.E. A perspective on advanced strategies for process control; *Advances in control. Highlights of ECC'99*; Ed. Springer; 1.999. pp. 103-134.

[4] [http://www.iberned.es/contr\\_prog.html](http://www.iberned.es/contr_prog.html).

#### Agradecimientos

Agradecer la colaboración de todos los miembros del grupo de investigación "Diseño, Automatización y Control de Riegos e Invernaderos" del área de Ingeniería Agroforestal del

la Universidad Politécnica de Cartagena (UPCT) y la financiación recibida por la UPCT y ETSIA para llevar a cabo este trabajo.

**Correspondencia** (Para más información contacte con):

Universidad Politécnica de Cartagena.  
Dpto. Ingeniería de los Alimentos y del Equipamiento Agrícola  
Área de Ingeniería Agroforestal. Paseo Alfonso XIII, 48.  
30203 Cartagena. Murcia (España).

Dr. José Miguel Molina Martínez  
Phone: +34 968 32 59 29  
Fax: + 34 968 32 57 32  
E-mail: [josem.molina@upct.es](mailto:josem.molina@upct.es)  
URL: <http://www.upct.es>

Dr. Bernardo Martín Górriz  
Phone: +34 968 32 59 04  
E-mail: [b.martin@upct.es](mailto:b.martin@upct.es)