



Diversas opciones para la óptima climatización

Automatismos de control del clima en invernaderos

El control de las condiciones climáticas en invernadero permite aumentar la producción y la calidad. La automatización define cinco niveles tecnológicos progresivos, que se describen y discuten en este artículo.

**R.M. Benavente, J.L. García,
L.M. Navas, F. Elena y M. Pastor**

*Dpto. de Ingeniería Rural. Escuela Técnica
Superior de Ingenieros Agrónomos de Madrid
rbenaven@iru.etsia.upm.es.*

Las condiciones climáticas favorables en invernadero permiten aumentar la producción y la calidad. Por ello, los invernaderos están equipados con tecnologías cada vez más sofisticadas de calefacción y refrigeración, y con siste-

mas de automatización y control cada vez más complejos. El objetivo de este artículo es describir los niveles de automatización que se pueden emplear en el control de los actuadores de un invernadero (ventanas, equipos de calefacción, refrigeración), así como las nuevas tendencias hacia las que avanza este tipo de tecnologías.

De una forma simplificada, se pueden definir cinco niveles en los cuales se puede situar la automatización de un invernadero (y muchos ca-

Conjunto de ordenador y cuadro eléctrico (con un controlador en su interior) utilizados en control de invernaderos.

sos, de cualquier instalación agraria):

- Sin control automático: las operaciones se realizan de forma manual. Esto es habitual en muchos invernaderos cuyo equipamiento de climatización se reduce a la apertura y cierre manual de ventanas.

- Control por horario: las operaciones se realizan de forma automática a la hora marcada por el usuario. La información se transmite, en general, de forma eléctrica desde los contactos o relés de salida del automatismo a electroválvulas, relés exteriores o contactores, que arrancan y paran el equipo correspondiente. No se tienen en cuenta variables climáticas.

- Control por termostatos y automatismos similares: las operaciones se realizan en función de una variable climática, con un valor de consigna, y en general con diferencial o solapamiento en la actuación. La actuación se



Experiencia E INNOVACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DE INVERNADEROS

MULTITÚNEL PLÁSTICO

MULTITÚNEL PVC

INVERNADERO DE PARRAL

ESTRUCTURA MIXTA

INSTALACIONES
COMPLEMENTARIAS

Olivares ha recogido la inmensa experiencia del campo almeriense para desarrollar modelos de invernadero que responden a las necesidades tecnológicas de la nueva agricultura. Tanto en las modernas estructuras multitúnel como en el tradicional invernadero de parral, nuestra empresa desarrolla soluciones que garantizan el máximo aislamiento, seguridad y aprovechamiento de los recursos naturales.

OLIVARES

La Cumbre, 118 - 04700 EL EJIDO (Almería)
Tel.: 950 53 63 84 / 950 60 30 01 - Fax: 950 53 63 85
www.agriolivares.es - E-mail: agriolivares@agriolivares.es





Arriba: complejas tecnologías de control climático en invernaderos forman parte de la oferta comercial de las empresas españolas. A la derecha, termostatos electrónicos (cortesía de la empresa de automatización Cromoelectra, S.L.).

transmite, como en el caso anterior, desde un relé de salida del termostato a un relé exterior o un contactor, y al equipo correspondiente. La actuación depende de una sola variable climática, generalmente la temperatura.

- Control por autómatas programables (PLC) o controladores análogos: el autómata posee una inteligencia centralizada que recibe la información desde el invernadero (a través de las entradas del autómata) y opera sobre los actuadores (a través de las salidas).

Suele haber un número elevado de salidas; en muchos casos, el número de entradas y salidas, analógicas o digitales, es prácticamente ilimitado, puesto que se pueden ampliar.

Las salidas envían la actuación correspondiente a los equipos a través de relés y contactores.

En este caso, se pueden realizar programas complejos de actuación, que pueden depender a la vez de varios parámetros climáticos y de un horario.

- Control distribuido: en este caso, existe habitualmente un ordenador central conectado a una serie de controladores o autómatas, colocados en cada sector.

Desde el ordenador central se visualiza y almacena la información y se pueden enviar órdenes a los distintos sectores.

De forma simplificada, se pueden definir cinco niveles de automatización de un invernadero: sin control automático, control por horario, control por termostatos y automatismos similares, control por autómatas programables o controladores análogos y control distribuido



En las siguientes páginas describimos con mayor amplitud las ventajas e inconvenientes de cada uno de los niveles de control descritos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que no siempre un nivel superior de automatización es preferible; en cada instalación puede ser suficiente un determinado nivel, de acuerdo con sus exigencias y presupuesto.

Control por horario

El control por horario supone un primer paso en la automatización de la instalación; se trata de un paso importante, porque permite al usuario desentenderse del encendido y apagado de un determinado equipo, o ausentarse de la instalación durante determinados períodos, sabiendo que el equipo va a

CONTROLADORES CLIMÁTICOS PARA INVERNADEROS

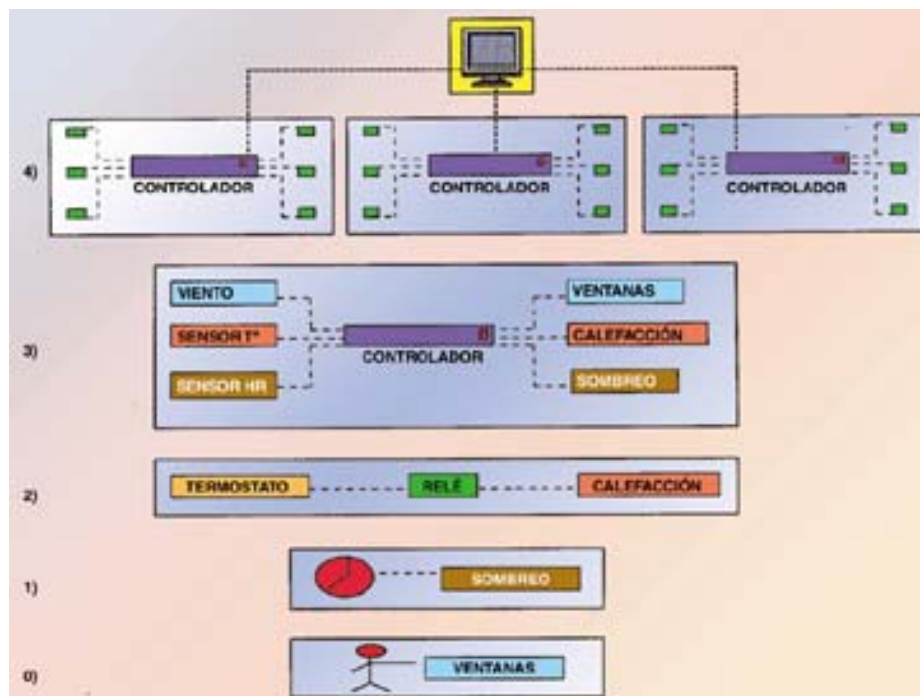
CATÁLOGO 2000



IberNed

AGRO-AUTÓMATAS IBERNED, S.L.
Pol.Ind. LA PALMA 30593 LA PALMA - CARTAGENA
Tel./Fax (IberNed Murcia): +34-968-16 63 60
e-mail: iberned_mur@retemail.es • www.iberned-mur.com

Gráfico 1:
Distintos niveles de automatización de un invernadero.
Ejemplos con distintos equipos



actuar en el horario establecido. Es habitual utilizarlo en el control del riego, y puede usarse con otros sistemas (nebulización, pantalla térmica, ...).

Este tipo de control puede realizarse con muchos automatismos, desde los más sencillos a los más complejos. En el mercado existen interruptores horarios (también denominados programadores horarios o relojes de programación) de pequeño coste que permiten encender y apagar un receptor eléctrico en el horario establecido. De forma más específica existen programadores de riego que activan una serie de electroválvulas en los intervalos que fije el usuario. También puede realizarse un control por horario programando autómatas y controladores o con control desde ordenador.

Si el receptor eléctrico sobre el que se opera es de pequeña potencia (menos de 0.5 amperios, o según el automatismo, hasta menos de 16 amperios) se puede abrir y cerrar el circuito del receptor o actuador directamente desde el automatismo utilizado (interruptor horario, contactos de salida del autómata, etc.). Sin embargo, esto no es habitual en invernaderos; lo más frecuente es utilizar elementos interme-

dios (contactores y/o relés) entre el automatismo que marca el encendido/apagado y el actuador.

El control por horario supone un primer paso en la automatización del invernadero. Permite desentenderse del encendido y apagado de un determinado equipo y habitualmente se usa en el control del riego, nebulización, pantalla térmica, etc.

Los contactores son interruptores automáticos que, al recibir una señal eléctrica de pequeña intensidad (del orden de un amperio), abren o cierran una serie de circuitos de mando o de potencia (de hasta cientos de amperios), abriendo o cerrando sus contactos correspondientes. Los relés funcionan de manera similar, abriendo o cerrando uno o varios circuitos al recibir una señal eléctrica. La diferencia entre

los contactores y los relés estriba en que los segundos funcionan con niveles de intensidad eléctrica más pequeños, pero pueden incorporar funciones adicionales más complicadas, como retardos a la conexión o a la desconexión.

Es muy habitual que el automatismo correspondiente (por ejemplo un programador) envíe una señal de intensidad pequeña a un relé o a un contactor; estos elementos, al recibir la señal, cierran o abren el circuito correspondiente y arrancan o paran el actuador (por ejemplo una electroválvula o una bomba de riego). A veces se usan ambos. El automatismo actúa sobre un relé y éste sobre un contactor, que finalmente es el que arranca el actuador.

Un interruptor horario con una salida puede valer entre 3.000 y 10.000 pts.; con dos salidas, entre 6.000 y 20.000 pts. Cada relé puede costar entre 2.000 y 3.000 pts.; cada contactor, dependiendo de la potencia, entre 3.000 y 10.000 pts. En definitiva, la automatización de dos equipos con interruptores horarios puede tener un coste entre 10.000 y 40.000 pts, incluyendo instalación y cableado.

Control por termostatos

Los termostatos son automatismos que, en función de la temperatura, abren o cierran uno o varios relés de salida propios.

Pueden actuar con o sin diferencial (solapamiento o histéresis). Si el control se realiza con un termostato sin diferencial, el actuador arranca o para en función de la temperatura medida por el termostato, cuando esta temperatura cambia por encima o por debajo de la consigna fijada. Se puede utilizar, por ejemplo, en el control de sistemas de calefacción por agua caliente.

Otros termostatos cuentan con un diferencial, es decir, hay una diferencia entre la temperatura a la que se abre y se cierra el circuito de actuación. Pueden utilizarse para operar sobre cualquier tipo de generador de calor o frío, o sobre la ventilación; el diferencial reduce el número de arranques y paradas del sistema. Los termostatos más sofisticados (termostatos programables) permiten introducir, además del diferencial, una curva de consigna variable a lo largo del día. Esta curva también se puede programar en muchos sistemas de control con autómatas u orde-

Invernaderos a medida

○ Soluciones rentables, capaces y eficaces de ULMA Agrícola



Diseñados para satisfacer cualquier necesidad de instalación bajo cubierta en los sectores de la Agricultura y Ganadería, los invernaderos de ULMA posibilitan un control medioambiental mediante una amplia gama de equipamientos y sistemas.

ULMA Agrícola apuesta por la potenciación de una ingeniería de respuesta integral con soluciones "llave en mano". Por ello, además de integrar las tecnologías de mecanización y robotización más avanzadas del sector, ofrece proyectos personalizados y servicios de montaje a la medida de necesidades.



ULMA

Gráfico 2:

Esquema eléctrico de control utilizando un interruptor horario

Gráfico 3:

Esquema eléctrico de control utilizando un termostato

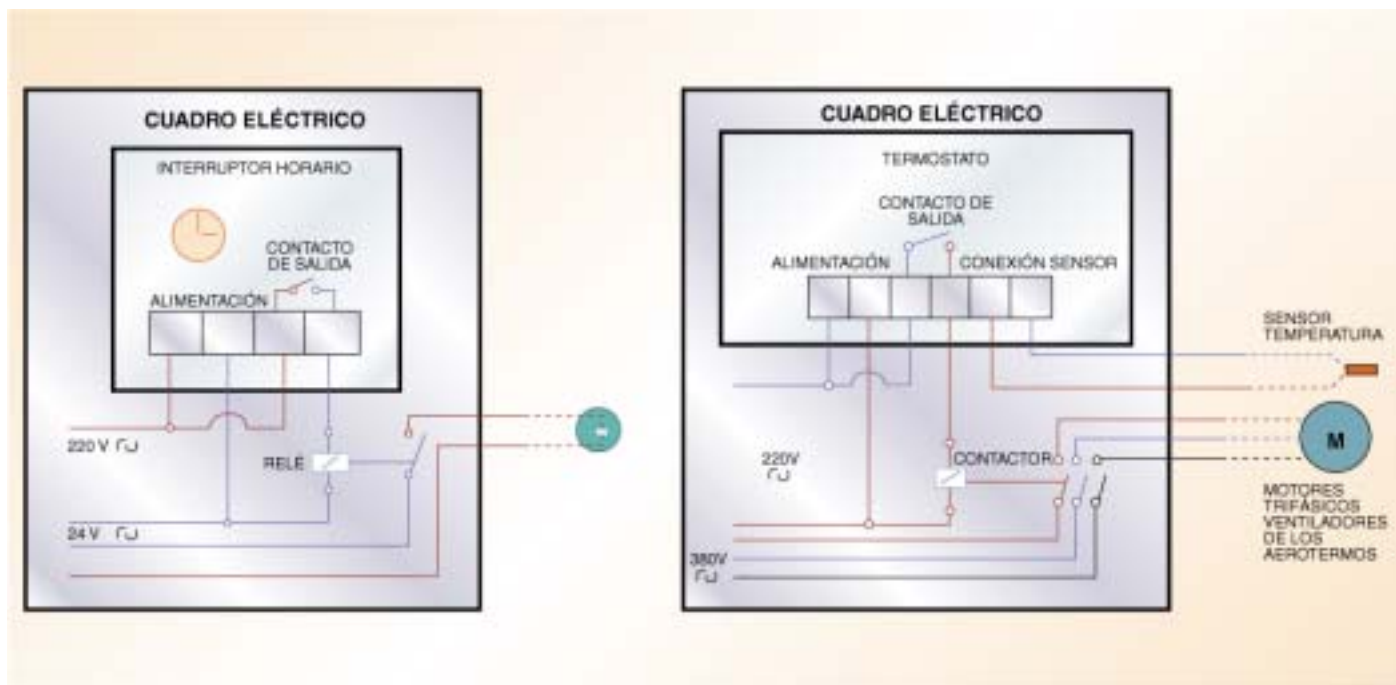
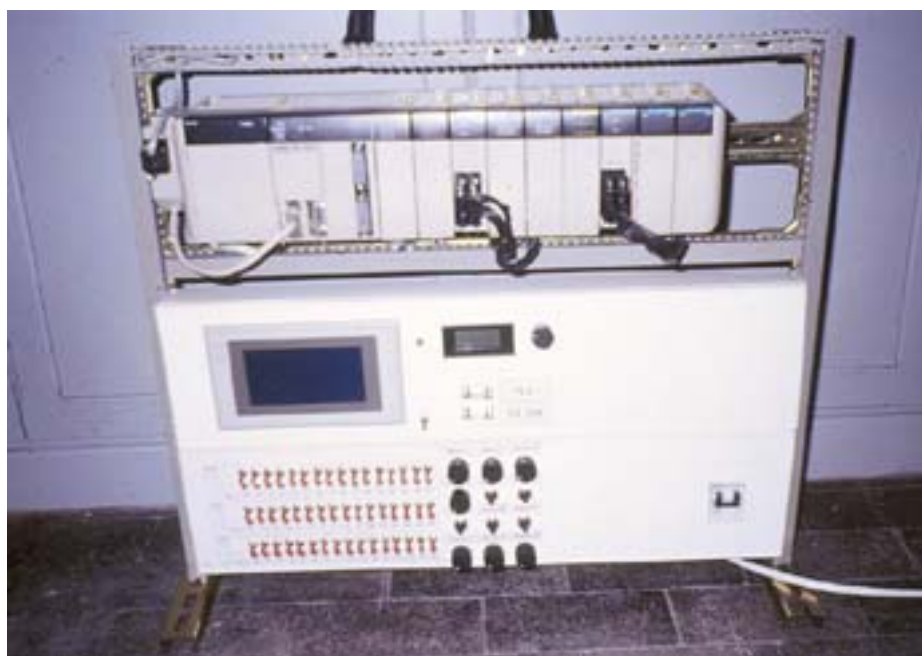


Gráfico 2: a la hora fijada, dicho interruptor cierra su contacto de salida, dando tensión al relé. Éste, a su vez, cierra el circuito del receptor, en este caso una electroválvula. Si el interruptor horario no da tensión directamente a la electroválvula es porque, una vez calculada, la intensidad eléctrica que consume ésta resulta superior a la que puede suministrar el contacto de salida del interruptor horario. De ahí la necesidad de instalar un relé intermedio.

Gráfico 3: en función de la temperatura medida por el sensor y el valor de consigna, el termostato cierra su contacto o relé de salida, dando tensión al contactor. Éste, a su vez, cierra el circuito del receptor, en este caso uno o varios motores trifásicos. El termostato no puede dar tensión directamente a los motores porque la línea es trifásica. De ahí la necesidad de instalar un contactor intermedio.



Autómata programable (en la parte superior) con pantalla visualizadora y conjunto de interruptores (en la parte inferior).

nadores. Todos los tipos de termostatos actúan, al menos, sobre un relé de salida que opera directa o indirectamente (a través de un relé externo adicional o un contactor) sobre el actuador correspondiente (válvulas de tres vías, venti-

ladores, bombas, etc.). Algunos pueden operar sobre dos o más relés de salida con consignas independientes (por ejemplo, un termostato con un sólo sensor

de temperatura, y una salida para las ventanas y otra para la calefacción, con dos consignas diferentes). Las ventajas de la utilización de termostatos, res-

plastifelsa, s.a.



La nueva Generación

*Plásticos para el Futuro,
Fruto de la investigación y la tecnología más avanzada*

● **A nuestra línea actual de plásticos:**

- Tricafel 3C (Plástico Tricapa Larga Duración)
- Tricafel 3A (Plástico Tricapa Larga Duración) Duración 36 meses
- Evafel (Plástico Térmico de Gran Luminosidad)
- Durafel 2C (Plástico Larga Duración)
- Durafel 2A (Plástico Larga Duración 24 meses)
- Desinfel (Plástico Especial para desinfección de suelos)
- Termifel 2C (Plástico Térmicos dos campañas)
- Termifel 2A (Plástico Térmicos 24 meses)

● **Se suma la nueva generación de plásticos agrícolas:**

- Film anti-blackening
- Film anti-virus
- Film anti-botrytis

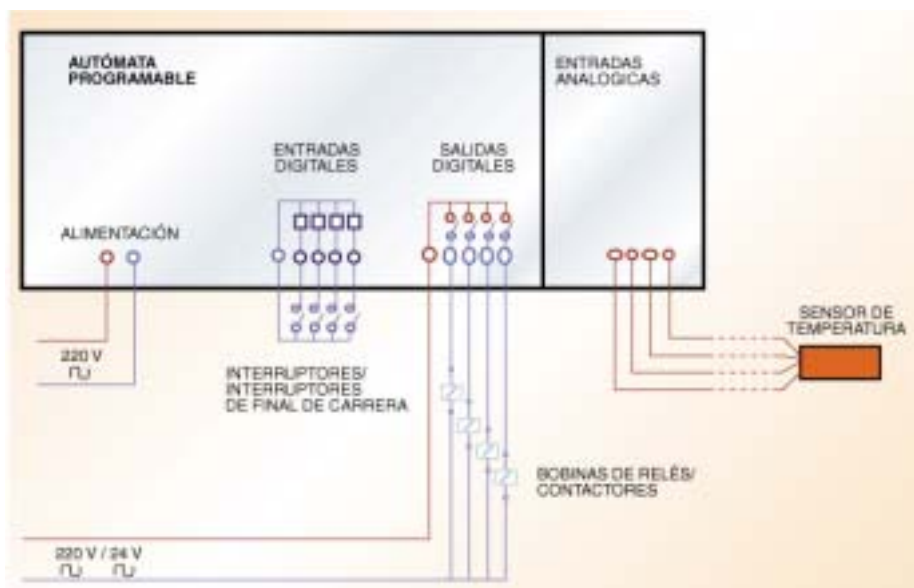
● **TUBERIAS para conducciones de agua**

- Línea Tubofel, de baja y alta densidad, con un amplio número de referencias.
- Tuberías con Goteros tanto insertados como integrados.

plastifelsa, s.a.

Carretera Nacional, 340 Km. 419
Polígono Industrial San Nicolás
04740 LA MOJONERA (Almería)
Tef.: 950 60 33 25 - Fax: 950 55 83 33

Gráfico 4:
Esquema eléctrico de control con autómata programable



pecto al control por horario, derivan de que el equipo calefactor o refrigerador sólo se pone en marcha cuando el invernadero lo necesita, en función de su temperatura.

Esto evita pérdidas innecesarias de energía por operar, dentro del horario marcado, cuando la temperatura del invernadero no necesita cambios.

Parece razonable utilizar un control por termostatos en invernaderos que tengan pocos equipos actuadores (por ejemplo, si el único equipo que se quiere automatizar son las ventanas, o las ventanas y la calefacción), y sólo se pretende que operen en función de la temperatura.

En estas condiciones, se puede controlar con uno o varios termostatos incluso grandes superficies.

Si se desea que intervengan más parámetros climáticos (la humedad o el viento) o hay que controlar muchos equipos distintos en función del clima, parece recomendable pasar a utilizar un control con autómatas o controladores.

En invernaderos con varios sectores y distintas necesidades de temperatura (por ejemplo, en calefacción) sería necesario utilizar un sensor de temperatura, un termostato y una consigna distinta para cada sector, o pasar a un esquema de control más complejo con autómatas. En determinadas situaciones puede ser necesario utilizar higrós-

tatos, aparatos que funcionan igual que los termostatos pero operando en función de la humedad relativa del aire.

En este caso, el sistema de control activaría un sistema de humidificación del aire (por ejemplo, nebulización) si la humedad baja por debajo de un determinado valor de consigna.

Un termostato electrónico con una salida puede valer alrededor de 12.000 pts.; con dos salidas, entre 20.000 y 40.000 pts. La automatización de dos equipos con termostatos puede tener un coste entre 25.000 y 60.000 pts.

Las ventajas de la utilización de termostatos respecto al control por horario derivan de que el equipo calefactor o refrigerador sólo se pone en marcha cuando el invernadero lo necesita, en función de su temperatura, lo cual evita pérdidas innecesarias de energía por operar, dentro del horario marcado, cuando la temperatura del invernadero no necesita cambios

El autómata recibe información desde las entradas digitales (por ejemplo interruptores manuales o interruptores de final de carrera) y desde las entradas analógicas (en este caso un sensor de temperatura). El autómata, en función de esta información y de su programa, decide el estado de sus salidas digitales, actuando sobre las bobinas de relés o contactores. Éstos abren o cierran los circuitos eléctricos de los receptores, que paran o arrancan.

Control por autómatas programables (PLC) o controladores análogos

Un autómata programable es un equipo electrónico diseñado para controlar, en tiempo real, procesos secuenciales, en un medio industrial (o agrícola). Recibe también el nombre de PLC o Controlador Lógico Programable. Estos equipos pueden realizar una gran variedad de funciones lógicas (temporizaciones, conteos, cálculos y regulaciones). Disponen de terminales de entrada a los que se conectan sensores, finales de carrera o pulsadores, y terminales de salida a los que se conectan bobinas de contactores o relés, electroválvulas o lámparas. En función de la información que recogen en las entradas y de su programación, estos equipos actúan de una forma u otra sobre las salidas.

Las salidas y entradas pueden ser digitales o analógicas. Si son digitales sólo pueden dar o recibir dos valores (circuito abierto/cerrado, SI/NO). Si son analógicas, pueden dar o recibir cualquier valor de forma continua o casi continua, entre 0 y 100% de su escala. Con estas definiciones, un termostato normal sería un automatismo con una entrada analógica (la temperatura) y una salida digital (su relé de salida). Los autómatas programables más sencillos y baratos tienen sólo entradas y salidas digitales. Con un nivel superior de coste, pasan a tener entradas analógicas; los más sofisticados y caros tienen también salidas analógicas. En el sector de invernaderos existen equipos similares a los autómatas con funciones específicas para el control de invernaderos, diseñados por casas comerciales. A estos equipos se les suele llamar controladores, aunque su estructu-

www.gogarsa.com

GOG ARSA®



invernaderos



TECNOLOGIA
CALIDAD
DISEÑO
GARANTIA
DE FUTURO

- Invernaderos llave en mano.
- Calefacción.
- Ventilación para parrales.
- Pantallas térmicas.
- Control de automatizaciones.

GOG ARSA®

FABRICA E INSTALACIÓN DE INVERNADEROS
MULTICAPILLAS Y ASIMETRICOS.

<http://www.gogarsa.com>
e-mail: info@gogarsa.com

Avda. Andalucía, 19 - Pulpí (Almería-Spain)
Tel. 950 464 468 - Fax 950 464 013



Cuadro eléctrico, conectado a un ordenador, utilizado en el control de un invernadero holandés.

ra física es análoga a la de un autómata. Un grupo de autómatas programables tienen un número determinado de entradas y salidas que no se puede ampliar. Son en general los más sencillos y económicos. Otros autómatas, por el contrario, pueden ampliar el número de entradas y salidas. Las ventajas de los autómatas programables sobre un control basado en termostatos son varias, lo que no quiere decir que siempre sean preferibles. En general, cuanto más complejo sea el sistema y el tipo de control, más ventajas tendrá un autómata frente a un termostato:

- Si los programas de actuación son relativamente complicados, por ejemplo una pantalla térmica que opere en función de la temperatura y la radiación solar, resulta más complejo realizar el control con termostatos y circuitos eléctricos, mientras que es relativamente sencillo realizar la programación con un autómata.

- Si el invernadero tiene muchos actuadores con distintas consignas de temperatura (varios sistemas de calefacción, pantallas, ventanas, varios sistemas de refrigeración) será necesario un termostato para cada uno (o al menos varios termostatos), mientras que un autómata con un sólo sensor de temperatura puede actuar sobre todos los actuadores. En este caso un autómata puede resultar incluso más económico.

- Los autómatas centralizan la información en un solo punto, por lo que es más sencillo coordinar la actuación entre los distintos equipos que operan sobre la temperatura.

- Si el autómata puede conectarse a un ordenador, es posible trasladar fácilmente la información centralizada al ordenador, de manera puntual o continua.

- Como desventajas, señalar que su coste suele ser superior al del con-

trol por termostatos. Los autómatas de gama baja, más sencillos y baratos, no suelen tener entradas analógicas; sólo cuentan con entradas y salidas digitales. En invernaderos suele ser necesaria al menos una entrada analógica para la medida de temperatura. Los autómatas con entradas analógicas suelen ser de gama media o alta, y por tanto son de coste superior, aunque algunos autómatas pequeños ya incorporan este tipo de entradas. Además, los invernaderos, a partir de un cierto nivel, requieren también salidas analógicas, sobre todo para control proporcional de válvulas.

- La programación de los autómatas es en general complicada, más compleja en cualquier caso que con un termostato, y suele requerir un técnico especializado.

Los autómatas de gama más baja, sólo con entradas y salidas digitales, tienen un coste superior a las 15.000 pts, que sube al aumentar el número de

UN MEJOR INVERNADERO, UN MEJOR CULTIVO



Seguros y naturales

Los invernaderos son el componente principal de las modernas industrias hortícolas rentables. Aplicar cultivos integrados que incluyan el control biológico de plagas y enfermedades, requiere BPA con entornos de cultivo controlables.

ININSA no solo tiene estructuras de invernadero seguras frente al clima, sino también soluciones de diseño en sus invernaderos, que permiten cosechas naturales de frutas, hortalizas, flores, plantales, etc.



Camino Xamusa, s/n
Apdo. de Correos 145
12530 BURRIANA (Castellón)
Tel.: +34-96 451 46 51
Fax: +34-96 451 50 68
e-mail: ininsa@ediho.es
<http://www.ediho.es/ininsa>


ININSA
INVERNADERO
e INGENIERIA, S.A.

Soluciones de instalaciones para todo tipo

Gestión de integrado de riego, fertilización, control climático y comunicaciones.

Una completa gama de programadores, estaciones con todo tipo de sondas, materiales de riego... permiten el adecuado nivel de tecnificación a las necesidades particulares de cada explotación hortofrutícola.

S.R. HERMISAN
e-mail: hermisan@arrakis.es

CENTRAL HERMISAN ALICANTE
Urb. La Font, 1
03550 SAN JUAN DE ALICANTE (Alicante)
Tel.: +34-965 636 610
Fax: +34-965 941 060

HERMISAN GANDIA
C/ Dalmuz, 22 - 46700 GANDIA (Valencia)
Tel.: +34-962 872 139
Fax: +34-962 966 166

HERMISAN AGUILAS
Ctra. de Lorca, s/n - 30860 AGUILAS (Murcia)
Tel.: +34-968 410 444
Fax: +34-968 493 077

HERMISAN ROSSETAS
Ctra. Roquetas-La Mojonera, 409. Km. 2
04740 ROQUETAS DE MAR (Almería)
Tel.: +34-950 325 506
Fax: +34-950 325 505

entradas y salidas. Pueden utilizarse como programadores horarios; tienen gran flexibilidad y un número de salidas mayor que los interruptores horarios normales.

Los autómatas con entradas analógicas pasan a tener un coste superior a las 50.000 pts.; los autómatas de gama alta, en función de su capacidad y número de entradas y salidas, pueden llegar a valer en torno a las 300.000 pts. (o incluso cifras superiores).

El tipo de invernadero donde puede ser más aconsejable utilizar un automático o controlador, sin utilizar ordenadores, sería un invernadero pequeño con muchos equipos a controlar y con varios parámetros climáticos implicados en el control (temperatura, humedad relativa, viento). En invernaderos grandes con estas condiciones, de dimensiones superiores a una hectárea, probablemente pasaríamos a usar un ordenador en un esquema de control distribuido.

El coste de la automatización de un invernadero grande o de uno pequeño, si tienen la misma variedad de equipos climatizadores, es muy similar.

En un invernadero de 500 m² y presupuesto aproximado de 5 millones de pesetas, el coste de automático + ordenador (en torno a un millón de pesetas) puede ser excesivo; en un invernadero de 10.000 m² y presupuesto de 100 millones, ese coste no es particularmente importante.

Control distribuido

En el control distribuido, una serie de automatismos, colocados en diferentes sectores gestionan el control de su sector correspondiente. Cada uno puede funcionar de forma autónoma. Además, todos ellos están co-

nectados a un controlador central donde se centraliza la información, se coordinan las actuaciones, y se envían órdenes a los distintos sectores.

La disposición más habitual es la conexión de un ordenador central a una serie de autómatas o controladores, colocados en cada sector.

Cada automático gestiona su sector, según el esquema descrito en el apartado anterior; pero además todos los autómatas envían de forma continua la información que reciben y las actuaciones que realizan al ordenador central. En ocasiones, el esquema puede reducirse a un sólo automático y un ordenador. Las ventajas de contar con un ordenador central son varias:

Las ventajas de los autómatas programables sobre un control basado en termostatos son varias, lo cual no quiere decir que siempre sean preferibles. En general, cuanto más complejo sea el sistema y el tipo de control, más ventajas tendrá un automático frente a un termostato

- La ventaja fundamental del control distribuido estriba en que, si el ordenador se bloquea, cada sector sigue funcionando con normalidad controlado por su propio controlador o automático. Desde este punto de vista, el esquema posee todas las ventajas de los autómatas más las que se añaden

PLÁSTICO **TRICAPA**

Más
Más
Más

**TÉRMICO
LUMINOSO
DURADERO**

Tres veces mejor

¡Y más seguro!

Tanto el Tricapa como nuestros plásticos térmicos y de larga duración, tienen la garantía certificada con póliza de seguros.

El mundo
de los plásticos
para la agricultura

www.plastimer.net

www.plastimer.net

Polígono Industrial «La Redonda»
C.N. 340. Km. 86
04710 SANTA MARIA DEL AGUILA
EL EJIDO (Almería)
Tels.: 950 58 10 50 / 58 10 54
Fax: 950 58 13 27
Telex: 78946 PIGA-E



PLASTIMER



EXAFAN®

Control Ambiental

- Ventiladores de gran caudal
- Ventiladores de velocidad variable
- Reguladores climáticos
- Motorreductores

Calefacción

- Generadores de aire caliente
- Tubo de agua caliente

Refrigeración Humidificación

- Módulos de refrigeración
- Boquillas alta presión
- Grupo de presión

Uniando tecnologías

Pol. Ind. Río Gállego, C/ D, nº 10
50840 San Mateo de Gállego
Zaragoza (Spain)
Tel. +34 976 69 45 30 - Fax +34 976 69 09 68
e-mail: exafan@exafan.com
http://www.exafan.com

a continuación, a cambio del coste del ordenador, programas y conexiones.

- La información de los diversos sectores está centralizada, lo que permite al usuario revisar la situación general de la explotación en un sólo punto y en muy poco tiempo. La gestión de alarmas se simplifica.

- La comunicación del usuario con el sistema de control es mucho más fácil que en un autómatas, porque el ordenador dispone de elementos (teclado, pantalla) que simplifican la tarea.

Con autómatas, o se programa el sistema con consolas u ordenadores portátiles, o se debe contar con una pantalla de comunicación de coste elevado.

Además, el ordenador suele contar con programas de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) que facilitan la comunicación. Por ello, resulta muy sencillo para el usuario cambiar consignas, horarios o cualquier programa de actuación de los equipos desde el ordenador, sin necesidad de una formación técnica específica.

- Las posibilidades de realizar programas de control complejos son incluso superiores a las de un autómatas y, en general, la programación es más fácil.

- La capacidad de almacenamiento de datos del ordenador es mucho mayor que la del autómatas, en función del disco duro que contenga. Resulta interesante en muchos casos tener registros grabados del funcionamiento del invernadero en los últimos días o meses; con un ordenador es sencillo almacenar y consultar esta información. El autómatas no está diseñado para esta función y su capacidad de almacenamiento es muy limitada.

- El ordenador ofrece la

posibilidad de acoplar fácilmente programas comerciales de ordenador (gestión económica, modelos climáticos o de producción) a la información que se recibe desde el invernadero, lo que simplifica la toma de decisiones.

- Se puede conectar el ordenador a los autómatas por cableado, o por teléfono o radio; además, se puede conectar el ordenador central con otros ordenadores también por internet, teléfono o radio.

Como se aprecia por sus ventajas, cuando el sistema es suficientemente grande y complejo, resulta más interesante utilizar un esquema de control distribuido en lugar de un único autómatas o varios autómatas actuando aisladamente. Un sistema de control distribuido con un ordenador, dos autómatas y los sensores, conexiones y programas necesarios puede tener un coste desde medio millón y medio de pesetas.

Aunque la disposición habitual consiste en un ordenador conectado a una serie de autómatas o controladores, también se puede diseñar un sistema de control distribuido con un ordenador central conectado a una serie de termostatos en cada sector. La presente revisión ha sido realizada dentro de los siguientes proyectos de investigación:

- Proyecto europeo FAIR 6 - CT 98 - 4310: Management and control for quality demonstration (MAC-QUD).

- Proyecto CICYT AGF97-0979: Desarrollo de un sistema de control integral de invernaderos para cultivos realizados sobre sustratos autóctonos con reciclaje de nutrientes.