

3. Automatismos involucrados

Hasta aquí hemos analizado los requerimientos de los cultivos protegidos a desarrollar en el invernadero y los rasgos fundamentales de su diseño. Nos centraremos, ahora, en los automatismos de ese invernadero.

Porque, en él existen variables físicas ambientales que deben ser controladas, según los requerimientos específicos de cada especie vegetal. En términos generales, las variables a controlar son:

- temperatura ambiente,
- humedad relativa ambiente,
- nivel de iluminación,
- aireación ambiental.

En todos los casos, el grado de automatización va a estar asociado a los recursos disponibles tanto económicos como tecnológicos; pero, cualquiera sea el grado y el sistema de control, que se diseñe, debe cumplir con los siguientes requisitos indispensables:

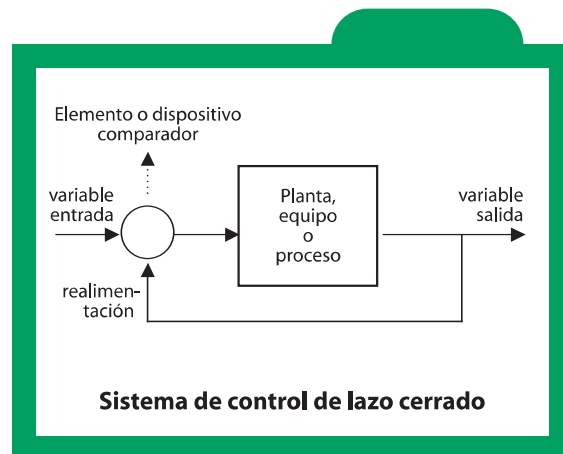
- equilibrio de cada una de las variables a controlar (realimentación negativa) y
- confiabilidad de funcionamiento

Con el nombre genérico de **sistemas de control** se abarca a las operaciones básicas constitutivas de la automatización. Dichas operaciones son la **regulación** y el **mando**, que pueden ser subsistemas de un sistema más amplio del cual forman parte.

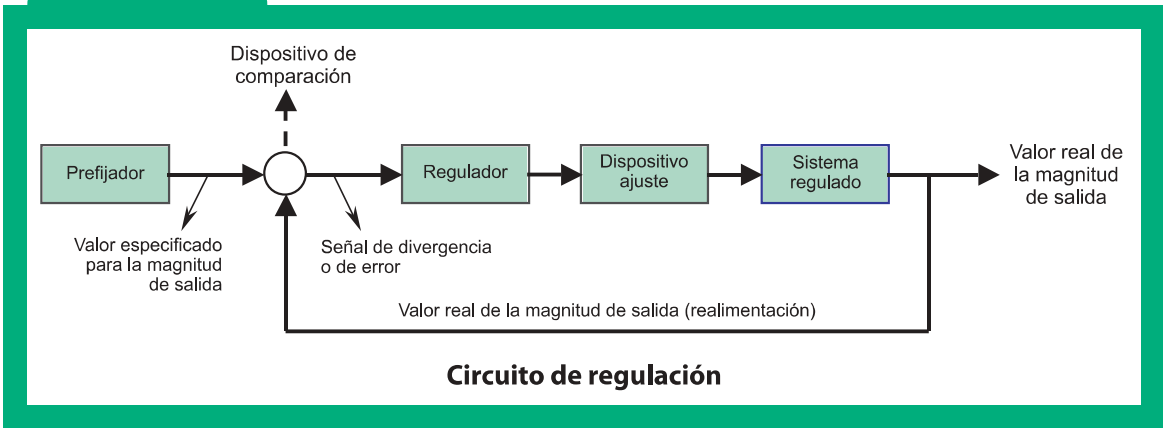
Las acciones de **regulación** están asociadas al concepto de control automático, que implica la existencia de un lazo cerrado en el sistema de control.

Los **sistemas de control de lazo cerrado** son aquéllos en los que la magnitud de la variable considerada de salida de un proceso, planta o equipo se compara con la variable considerada de entrada a él (valor prefijado); a efectos de corregir la desviación entre la salida real y la especificada, el sistema de control efectúa los ajustes necesarios para que la salida real se aproxime lo más posible a salida especificada. En este sistema de control existe *realimentación (feed-back)*.

Es usual representar esquemáticamente a los sistemas de control de lazo cerrado mediante diagramas en bloques, de la siguiente forma:



En consecuencia, el proceso de regulación consiste en una comparación entre el valor real de la magnitud considerada con el valor especificado para ella, dentro de un lazo cerrado, y en modificar la magnitud regulada cuando existe desviación.



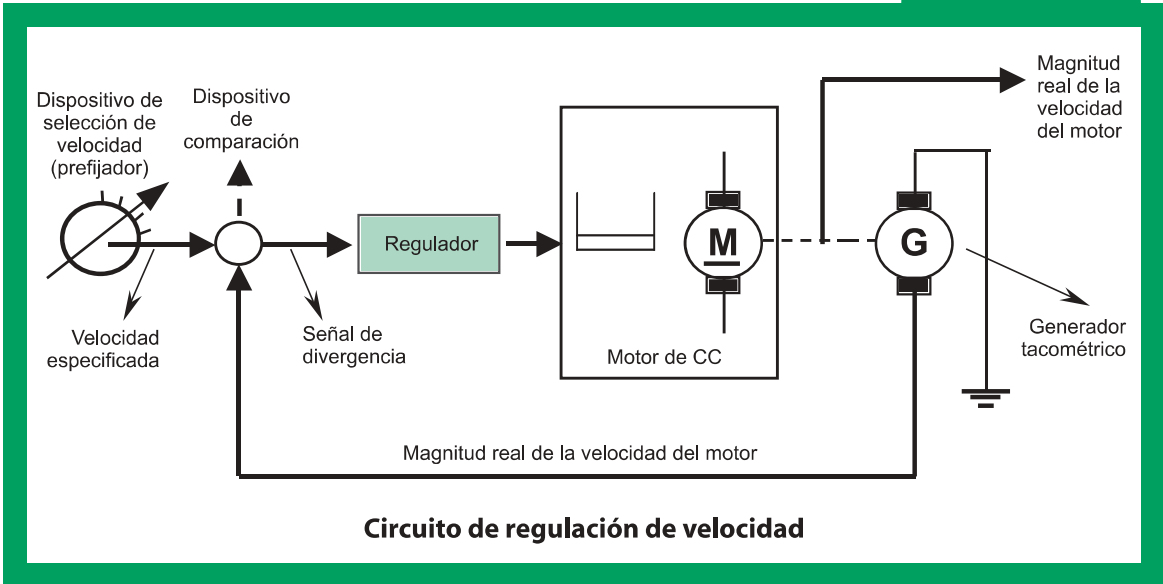
El regulador actúa a través del dispositivo de ajuste, cuando el valor real de la magnitud de salida se aparta del valor especificado; es decir, cuando la desviación del sistema (señal de error) es distinta de cero. Este proceso de regulación se denomina *regulación por realimentación negativa* (tiende al equilibrio de la magnitud de salida).

Es decir que un circuito de regulación se caracteriza porque las señales describen un lazo cerrado.

Decíamos que los sistemas de control implican operaciones de regulación y de mando. Refirámonos, ahora, a las segundas.

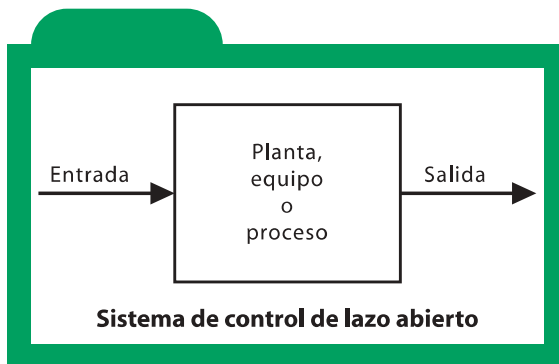
El concepto de **mando** se asocia a la idea de “gobernar”.

En el diagrama se muestra la configuración de un sistema de regulación de velocidad, de un motor de corriente continua.



En el diagrama podemos observar que el GT –generador tacométrico– envía una señal, que depende de la velocidad real de giro del motor de cc (señal de realimentación), al comparador, que contrasta esta magnitud con la prefijada, emitiendo una señal de divergencia al regulador para mantener regulada la velocidad de rotación del motor de cc.

Ahora, si desconectamos el GT del comparador –es decir, si quitamos la conexión del GT al comparador–, interrumpimos el lazo de regulación, con lo cual sólo es posible realizar la acción de mando (gobernar); dicha acción se hace posible modificando la posición del dispositivo de selección de velocidad. En este caso, se puede ajustar una determinada velocidad de giro del motor; pero si ésta, por alguna causa, varía posteriormente, no existe realimentación a la entrada ni tampoco regulación; entonces, decimos que el lazo de acción está abierto.



Los **sistemas de control de lazo abierto** son aquéllos en los que la única señal que ejerce una acción de control sobre el sistema, es la que entra a él (señal de referencia); en estos casos, la salida no actúa sobre la entrada –la salida no influye en la acción de control–.

Al realizar acciones de **mando**, las magnitudes de entrada modifican a las magnitudes de salida, formando un lazo de acción abierto.

Los sensores –también denominados detectores o transductores– son dispositivos que reconocen señales de entrada de magnitudes físicas reales (mecánicas, eléctricas, térmicas, químicas, radiantes, etc.) procedentes de un proceso o entorno externo, y convierten la información en señales de tipo eléctrico, utilizando estas señales para supervisar y/o controlar una determinada operación o proceso.

Los sensores se pueden clasificar según el tipo de su señal de salida; es decir, según la forma en que presentan la magnitud sensada, en:

- **Analógicos.** La señal de salida que proporcionan es un valor de tensión o de intensidad dentro de un rango determinado por las características propias del sensor. Por ejemplo, termocupla.

- **Digitales.** Son los que proporcionan una señal codificada en pulsos o código digital (binario, BCD, etc.). Por ejemplo, un codificador de velocidad angular.

- **Dos estados** (sí–no, todo–nada, *on-off*, cerrado–abierto). Son aquéllos que únicamente poseen dos estados, los cuales están separados por un valor de la magnitud sensada. Por ejemplo, termostato bimetálico.

Analicemos, ahora, los sistemas de control en el recurso didáctico **Invernadero automatizado**.

El invernadero que proponemos como recurso didáctico incluye subsistemas de control para:

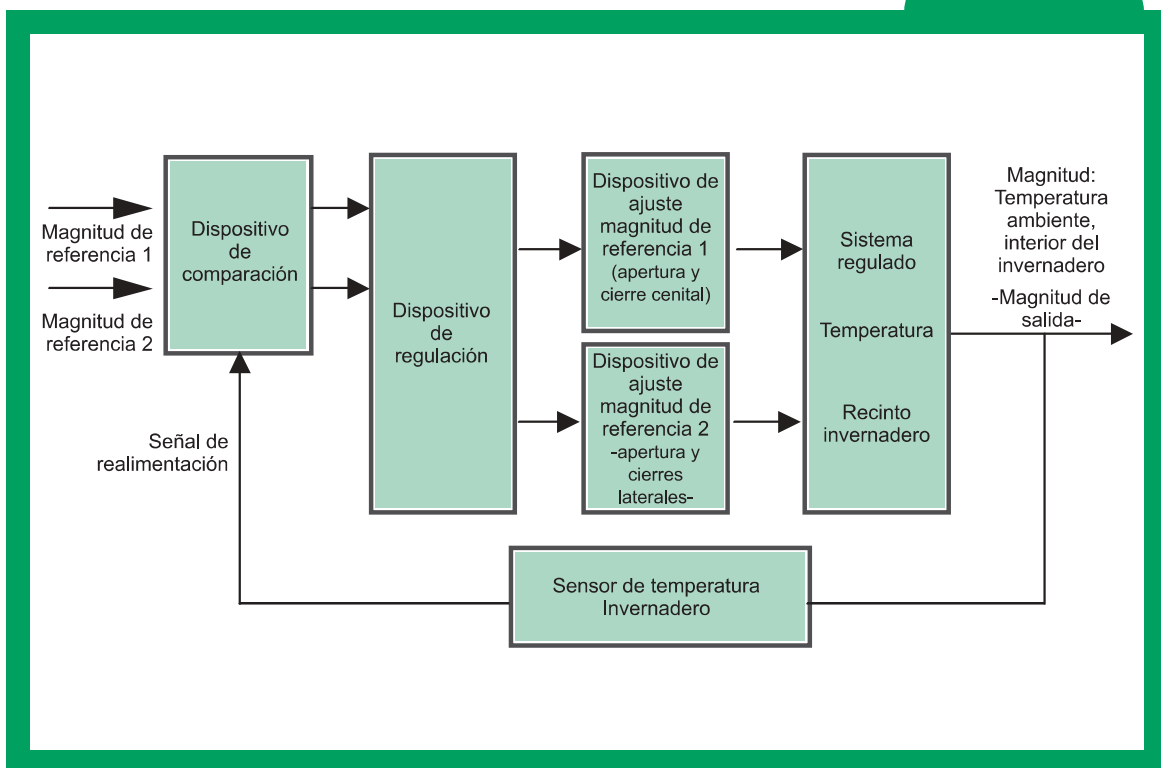
- temperatura,
- humedad/ventilación,
- iluminación artificial.

El **subsistema de control temperatura** está destinado a evitar el exceso de temperatura en el interior del invernadero: Trata de evitar que la temperatura máxima supere valores preestablecidos. Para ello, actúa de dos formas:

- produciendo la apertura del cierre cenital, cuando se sobrepase un primer valor prefijado de temperatura (*magnitud de referencia 1*) y
- si, a pesar de estar abierto el cierre cenital, se sobrepasa un segundo valor prefijado (*magnitud de referencia 2*), se habilita el mecanismo que produce la apertura de los cierres laterales del invernadero.

Se recorre un camino inverso cuando los valores de temperatura real –debido al accionamiento de los dispositivos en el interior del recinto– van siendo inferiores a cada uno de los valores previamente prefijados.

Un diagrama en bloques de este subsistema es el siguiente:



En este subsistema de control, la magnitud de salida (magnitud real) es la temperatura en el interior del recinto del invernadero. Esta magnitud es tomada por el sensor de temperatura que la transforma en una señal que se transmite al dispositivo de regulación.

Un **termistor** es un dispositivo de dos terminales, un resistor que varía su valor en función de la temperatura del medio en que se encuentra. En general, está formado por materiales como el silicio o germanio. En un termistor NTC (coeficiente de temperatura negativo), al aumentar la temperatura, el valor de la resistencia disminuye.

En el dispositivo de regulación, se compara el valor de la magnitud enviada por el sensor de temperatura (magnitud real) con el valor prefijado de temperatura que la especie cultivada requiere. Para la *magnitud de referencia 1*, cuando este último valor se ve superado por la magnitud real, el dispositivo de regulación emite una señal de desviación (señal de error) que actúa sobre el dispositivo de ajuste correspondiente a la referencia indicada.

Asimismo, en el caso de que la magnitud real supere el valor prefijado de temperatura para la *magnitud de referencia 2*, el dispositivo de regulación emite una señal de desviación que actúa sobre el dispositivo de ajuste correspondiente a la referencia indicada.

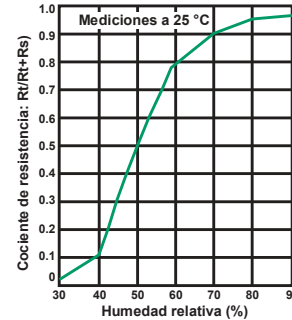
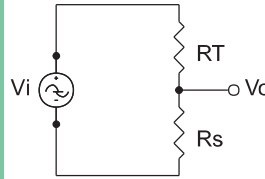
El dispositivo de ajuste está integrado

por componentes que activan el motor de accionamiento del mecanismo de apertura del techo cenital o bien el funcionamiento del motor de apertura de los cierres laterales.

Si, como consecuencia de estas acciones, al cabo de un cierto tiempo la temperatura interna comienza a disminuir, el sensor continúa enviando al dispositivo de regulación las sucesivas señales correspondientes a los diferentes valores de temperatura (magnitud real) que se van presentando. El dispositivo de regulación compara los diferentes valores recibidos del sensor, con los valores prefijados de temperatura (*magnitudes de referencia 1 ó 2*) para el cierre de las ventanas laterales, y mantiene activo o desactiva el funcionamiento del dispositivo de cierre cenital. El sistema de regulación y control recorre el camino inverso al recorrido, cuando se incrementa la temperatura interna del recinto del invernadero.

El invernadero cuenta, también, con un segundo subsistema, el **subsistema de control de humedad**. Este subsistema de control está destinado a mantener la humedad relativa ambiente en el interior del invernadero dentro de parámetros prefijados en función del cultivo considerado. Para ello, el subsistema de control actúa sobre dispositivos (ventiladores/extractores de aire) que producen una circulación de aire en el interior del recinto del invernadero.

El **sensor de humedad** es un dispositivo de tres terminales que está constituido por un elemento sensible a la humedad y un termistor (para compensar las variaciones por temperatura). El valor de la resistencia en alterna del elemento sensible a los cambios de humedad (R_s) se modifica según los cambios en la humedad relativa, siguiendo una curva exponencial:



• **Especificaciones técnicas:**

> La resistencia del sensor varía $10 \sim 10 \Omega$ con una humedad relativa de 30 a 90 %.

> El valor máximo de la tensión alterna de alimentación es de 5VAC (pico); posee una frecuencia de operación de 50 Hz a 1 kHz.

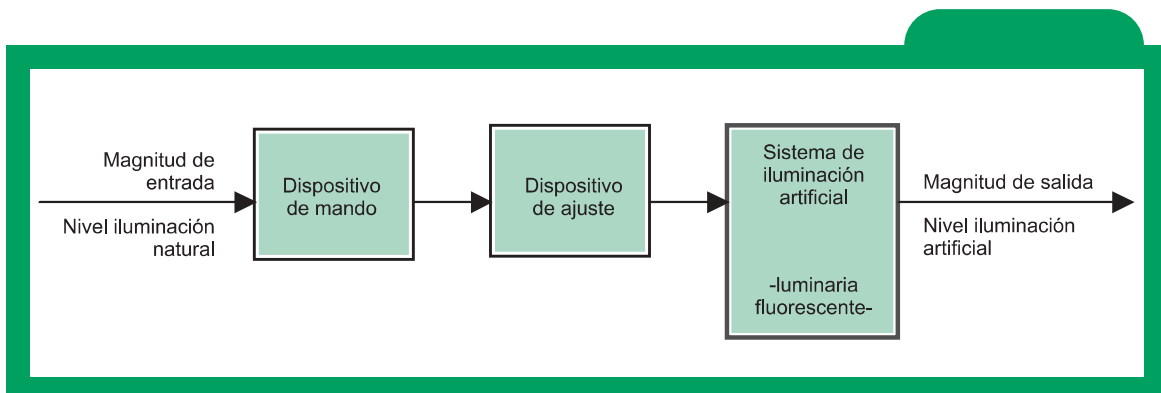
> Su velocidad de respuesta es de, aproximadamente, 120 segundos.

Este subsistema es similar al de control de temperatura; pero, opera para una única magnitud de referencia, ya que se trata de activar y desactivar dispositivos de extracción de aire (motores de los extractores).

El invernadero también cuenta con un **subsistema de control de luz artificial**, destinado

al suministro de iluminación artificial a los cultivos, una vez que la iluminación natural disminuye de cierto nivel.

Para lograr este resultado, el subsistema de control actúa sobre dispositivos que producen el encendido y el apagado de la luminaria fluorescente disponible en el invernadero.



Como se observa en el diagrama en bloques, éste es un subsistema de mando, es decir de lazo de control abierto.

La magnitud de entrada (nivel de iluminación natural) actúa sobre el dispositivo de mando, un fotoreistor (LDR; resistor dependiente de la luz). Este fotoreistor, a través de un circuito asociado, produce el accionamiento de un relé (circuito y relé forman el dispositivo de ajuste) que efectúa el encendido o apagado de la luminaria del sistema de iluminación artificial del interior del invernadero.

LDR es un dispositivo de dos terminales. El valor de la resistencia entre sus bornes, varía linealmente con la intensidad de luz que está recibiendo. Este fotoreistor está construido con materiales como el sulfuro de cadmio (CdS).

La energía suministrada por la luz al dispositivo, posibilita que los electrones que se encuentran en los átomos del material queden libres, gracias a los paquetes de energía que están asociados a la intensidad de la luz incidente. Cuando aumenta la cantidad de electrones libres, la resistencia del dispositivo disminuye.

Asimismo, es posible observar que no existe ningún sensor de la magnitud de salida (iluminación artificial). Este subsistema es gobernado sólo por el dispositivo LDR que actúa según el nivel de la magnitud de entrada (nivel de iluminación natural). No obstante, se puede decir que este subsistema de iluminación artificial es de realimentación negativa ya que, cuando baja el nivel de iluminación natural, se enciende la luminaria interna del invernadero (iluminación artificial) y viceversa.

De acuerdo a como está proyectado el invernadero que proponemos, la cantidad de horas de luz que recibe el cultivo que se encuentra en su interior es 24 horas (horas de luz natural + horas de luz artificial).