

La evolución de los controladores de temperatura en la incubación:

Desde épocas milenarias el hombre se enfrentó al reto de desafiar a la naturaleza tratando de realizar la incubación de forma artificial. Para ello comienza a estudiar el proceso de incubación, y en la primera observación concluye que los huevos deben ser “calentados” para iniciar el proceso de gestación embrionaria.

Nace el primer Termostato:

Algunos historiadores señalan a los chinos como los primeros en incursionar en la automatización de la generación del calor, otros dicen que fueron los romanos, pero, independiente de quién fue el primero, es indudable que aquel que incursionó en este proceso, con el tiempo, logró un sistema de control de temperatura muy funcional, que les permitió en gran medida, emular la incubación natural. En alguna bibliografía leí que se construían pequeñas habitaciones de piedra y barro, con un pequeño brasero al centro, y se colocaban los huevos alrededor, por supuesto, los primeros resultados no habrán sido muy alentadores, solo imaginemos este brasero generando monóxido de carbono o el mismo fuego consumiendo el oxígeno, seguramente todos los embriones muertos en el primer o segundo día de incubación. Se dice también, que los chinos construían habitaciones dobles, de esta forma, en una habitación se generaba calor con fuego, y por conductividad, se calentaba la habitación donde se colocaban los huevos, una buena solución al tema de gases generados por el fuego y la falta de oxígeno.

Hasta este punto, resuelto el problema de los gases nocivos, se presentaba un nuevo reto, ¿cuánto calor necesitaban generar?, o ¿a qué temperatura debían exponerse los huevos? Como en esa época no existían instrumentos electrónicos para medir la temperatura, es probable que la persona responsable de mantener la temperatura deseada en la sala de incubación, tenía que actuar de forma intuitiva y accionar algún mecanismo para enfriar la sala (ejemplo. aperturas de puertas), o generar mas fuego para incrementar la temperatura de incubación. Este método de control, en lo funcional, se parecería mucho a los TERMOSTATOS (Control SI, No) de la actualidad.

El primer Termostato automático:

Con el paso del tiempo y según los descubrimientos de materiales y la evolución de la tecnología, se comienza a automatizar el control de temperatura, para mantenerla en valores medios aceptables para la incubación. Ya se conocía que los gases se expandían o contraían con la temperatura, entonces se plantea como primera solución un pulmón con gas interior que al calentarse, se dilata, accionando un mecanismo que conecta o desconecta la calefacción, y al enfriarse produce el efecto contrario.

La tecnología obliga a perfeccionar:

Con el avance de la tecnología en los últimos 30 años, más precisamente de la electrónica, hace su aparición un nuevo dispositivo de control de temperatura, mucho más preciso que el de accionamiento mecánico. Este dispositivo de control electrónico de temperatura llamado termostato, no requería de ajustes permanentes como los mecánicos (Observar punto más abajo sobre características de los termostatos). Los primeros termostatos electrónicos, accionaban los conocidos relés o relays (Dispositivos electromecánicos), que conectaban o desconectaban la energía eléctrica del sistema de calefacción. Con frecuencia, los relés, por efecto de su uso se deterioraban y dejaban de funcionar. Para solucionar este problema se comenzaron a utilizar dispositivos electrónicos semiconductores que protegidos correctamente, no tenían el desgaste mecánico de los relés.

Con el advenimiento de la electrónica y la computación, se desarrollaron dispositivos mucho más precisos que los termostatos electrónicos, como los controladores de temperatura PID, conociéndose por PID a un algoritmo o programa que actúa sobre la calefacción y le entrega solamente la potencia eléctrica que hace falta para mantener la temperatura que se desea.

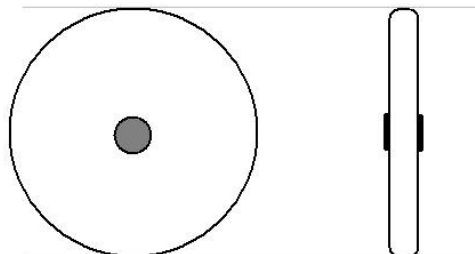
Como se puede apreciar, el estímulo por incubar junto con el avance de la tecnología nos hizo evolucionar desde controles de temperatura poco precisos, hasta programas de computación que mantienen una temperatura muy estable y de gran precisión.

A continuación haremos un análisis comparativo y cualitativo de las diferentes tecnologías utilizadas actualmente en las incubadoras comerciales.

Termostatos Gaseosos:

Se conocen como termostatos gaseosos, a los termostatos de cápsula o pulmón de gas XXXX, estos son los populares termostatos gaseosos o termostatos mecánicos o termostatos eléctricos, ojo, no confundir con termostato electrónico.

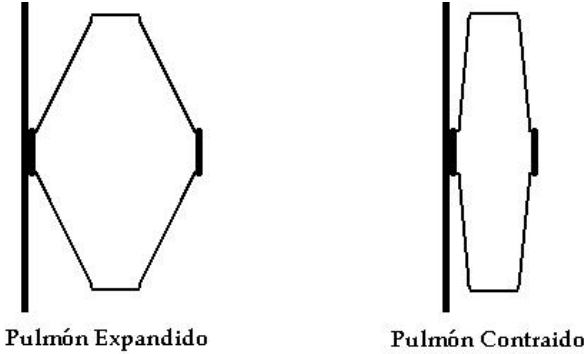
Ya hemos explicado el principio de funcionamiento de los termostatos gaseosos. Pero veamos con más claridad cómo es el funcionamiento de los mismos. La forma de la cápsula donde se encuentra el gas que se expande o contrae según la temperatura es la siguiente:



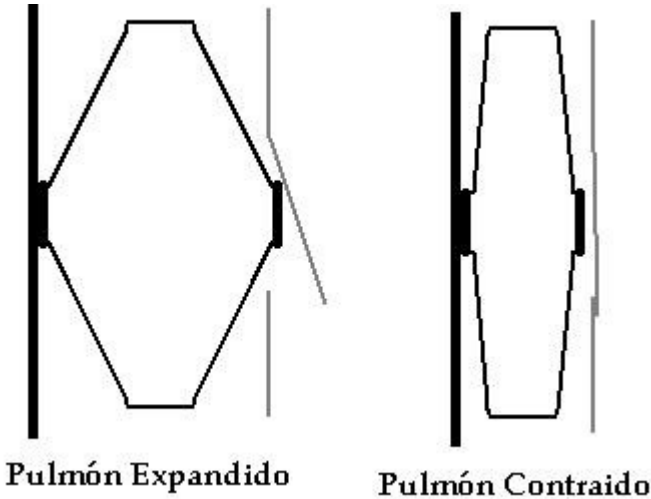
Al calentarse, el gas interior se expande produciendo una dilatación en la cápsula, como se observa a continuación:



Entonces fijando un lado sobre un punto fijo, el otro lado se desplaza, como se observa a continuación:



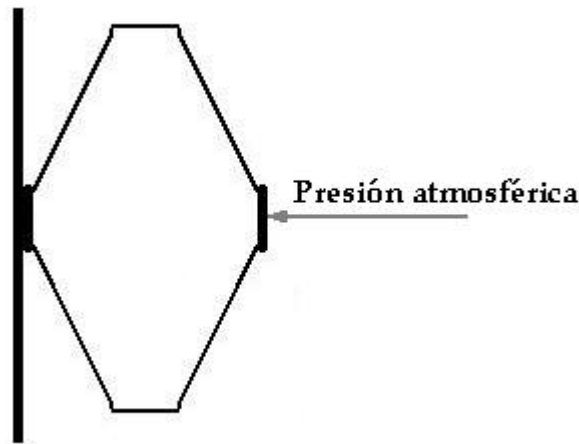
Mediante este accionar, se coloca un contacto eléctrico que abre y cierra el circuito de calefacción, como se observa a continuación:



De esta forma el pulmón sin expandir cierra el circuito y la calefacción eleva la temperatura de la incubadora, al elevarse la temperatura el pulmón se expande y abre el circuito, ahora la calefacción no funciona y descende la temperatura hasta que el pulmón se contrae y se cierra nuevamente el circuito. Este proceso se repite continuamente.

Desde el punto de vista conceptual el sistema es perfecto, pero tiene un gran inconveniente, su calibración y su estabilidad en el tiempo. Su calibración es muy engorrosa debido a las propiedades térmicas de los materiales con los cuales están contruidos estos termostatos. Pero el principal problema de este tipo de termostato es su estabilidad en el tiempo, y debe ser corregido casi diariamente.

Su falta de estabilidad se debe principalmente a la presión atmosférica. Al expandirse el gas, la presión atmosférica se opone al desplazamiento del pulmón, como se observa en el siguiente gráfico:



Si calibramos hoy el termostato, lo estaremos haciendo para la presión atmosférica actual, ahora si la presión disminuye el pulmón se expande más fácilmente, de esta forma, el termostato necesita menos temperatura para expandirse y seguramente el corte de la calefacción será a una temperatura menor de la calibrada originalmente. Por el contrario, si la presión atmosférica aumenta, el pulmón necesitará mayor temperatura para cortar el circuito de calefacción. Con esta explicación se nota que dependiendo de la presión atmosférica el termostato gaseoso necesita constantes calibraciones.

Los Primeros termostatos electrónicos:

Con el continuo avance de la tecnología, nada justificaba seguir utilizando termostatos gaseosos, ya que su imprecisión y falta de estabilidad, hacían fracasar muchas incubaciones. En la electrónica existen dispositivos sensibles a la temperatura, es decir, sus propiedades eléctricas varían con la temperatura, estas variaciones son utilizadas para realizar el corte o encendido de la calefacción. Este corte o encendido lo realiza un dispositivo eléctrico llamado relay o relé, es un componente electromecánico que sufre desgaste por cada accionar de corte o encendido.

El principal desgaste que sufren estos dispositivos es provocado por la chispa que se genera en el encendido o apagado de la calefacción. Esta chispa produce carbonización en los contactos, y en algunas ocasiones la acumulación de carbón en los contactos impide el paso de la corriente produciendo el mal funcionamiento del relé y en síntesis el mal funcionamiento del termostato.

Termostatos con relé de estado sólido:

En la actualidad se producen dispositivos totalmente electrónicos llamados TRIAC, o comúnmente relé de estado sólido.

Estos dispositivos, debidamente protegidos, pueden manejar corrientes elevadas entre el encendido y el apagado de la calefacción, y su duración en el tiempo, es muy superior a los termostatos con relé electromecánicos.

Los Controladores de Temperatura PID:

Los controladores de temperatura PID no son termostatos, recordemos que los termostatos encienden la calefacción cuando la temperatura desciende de un cierto valor, y la apagan cuando la temperatura supera otro valor, en síntesis la temperatura se mantiene entre un máximo y un mínimo. En los controladores de temperatura PID, se intenta entregar a la incubadora solo la potencia que hace falta para mantener la temperatura que uno desea.

Para tener una idea mas acabada, pensemos que tenemos una caja y la queremos calefaccionar con lámparas y llevar la temperatura a 38°C, y tenemos lámparas de todas las potencias. En primer lugar colocamos una lámpara de 20W, y observamos que la temperatura dentro de la caja asciende a 30°C y se estabiliza en este valor. Como conclusión, advertimos que nos hace falta más potencia para llegar a la temperatura que necesitamos, entonces sacamos la lámpara de 20W y colocamos una de 40W. Al tiempo observamos que la temperatura asciende y se estabiliza en 41°C, y ahora concluimos que necesitamos más de 20W y menos de 40W, y algunos más despiertos dirán mas de 20W y menos de 40W pero más cerca de 40W. Entonces colocamos una lámpara de 35W y ahora vemos que la temperatura desciende y se estabiliza en 38,5°C, como conclusión colocamos una lámpara un poco más pequeña digamos 33W, y llegamos a la temperatura deseada.

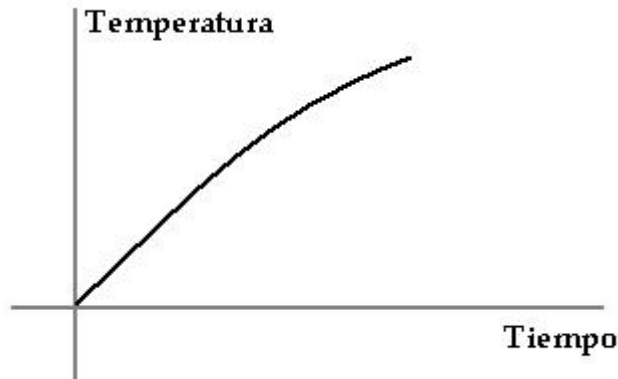
Hasta este punto, solucionamos el problema, y mantenemos la temperatura en 38°C, sin variación. Pero qué pasa si la temperatura exterior donde se encuentra la incubadora varía, es decir, por ejemplo, desciende la temperatura exterior, ahora los 33W no son suficientes para mantener la temperatura de la incubadora ya que la misma disipará más energía hacia el exterior, y ahora la potencia necesaria es 35W. Como vemos necesitamos cambiar continuamente de lámparas según la temperatura externa donde se encuentra la incubadora.

Los *controladores PID* realizan esta tarea, es decir varían continuamente la energía entregada a la incubadora según la temperatura externa. Se preguntarán, ¿Cómo realizar esta tarea si las lámparas son de la misma potencia?, bueno la respuesta es la siguiente, la potencia de las lámparas es la misma, pero estas disipan energía según la energía eléctrica

que nosotros entreguemos a estas lámparas. Esta variación de energía la realiza un programa de computadora interno en un dispositivo electrónico llamado microcontrolador.

Cómo trabajan estos programas:

Supongamos que encendemos una incubadora, es lógico pensar que la temperatura interna de la incubadora se encuentra inicialmente a una temperatura igual a la temperatura externa, entonces por la calefacción comienza a ascender la temperatura, como se observa en el siguiente gráfico:



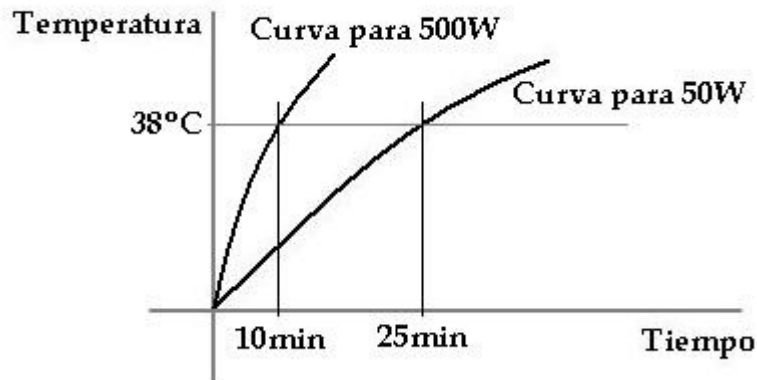
En el gráfico se observa que a medida que transcurre el tiempo la temperatura de la incubadora asciende. A medida que la temperatura asciende y se acerca a la temperatura de incubación, es lógico pensar que debemos ir disminuyendo la potencia para no producir un sobrepaso excesivo de temperatura, es decir acercarse lentamente a la temperatura de incubación. De un estudio podemos deducir la potencia que entregamos a medida que nos acercamos a la temperatura de incubación, como en la siguiente tabla:

Temperatura de la incubadora	Potencia
30°C	52W
31°C	50W
32°C	48W
33°C	46W
34°C	44W
35°C	42W
36°C	40W
37°C	38W
38°C	36W
39°C	34W
40°C	32W

Como vemos a medida que la temperatura asciende la potencia disminuye, con esto lograremos que la temperatura de la incubadora se acerque lentamente a la temperatura de incubación, y no existan sobrepasos exagerados.

A esta acción de ir variando la potencia que se entrega en función de la temperatura interna de la incubadora se la conoce como **acción proporcional**, ya que la potencia varía con la temperatura en forma proporcional, en este caso inversamente proporcional, la temperatura aumenta la potencia disminuye.

Ahora prestemos atención a lo siguiente, si en una incubadora utilizo lámparas de 500W en lugar de 50W, es decir 10 veces más potencia, es lógico pensar que la temperatura ascenderá mucho más rápido que cuando tenía 50W. Es decir tendremos una curva de aumento de la temperatura en el tiempo como la siguiente:



Como se ve en el gráfico llega mucho más rápido a 38°C con 500W, el gráfico dice 10min; y con 50W el gráfico dice 25 minutos. Pero ahora surge una pregunta, cuál es más conveniente, algunos dirán la de 500W porque se alcanza la temperatura rápidamente, pero este exceso de potencia producirá que se sobrepase mucho la temperatura por encima de la temperatura de incubación. Otros dirán que es conveniente la curva de 50W, ya que no hay grandes sobrepasamiento, esta bien, pero puede suceder que con la potencia de 50W se tarde demasiado para llegar a la temperatura deseada, e incluso, que no se la alcance nunca.

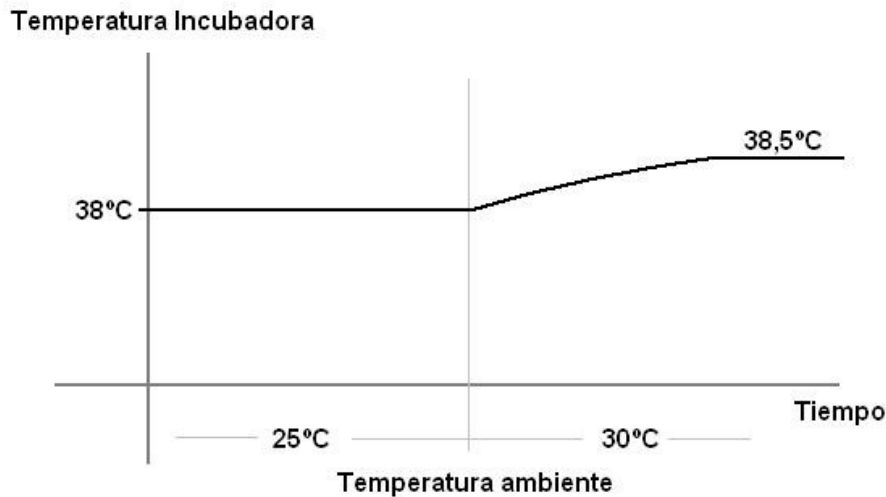
En base a estos razonamientos, podemos decir que debemos optar por un valor intermedio, o mejor aún, observar la curva de temperatura de la incubadora, si esta aumenta rápidamente, le bajo la potencia; pero si esta aumenta lentamente, le subo la potencia. Entonces de esta forma puedo hacer que la temperatura aumente como a mí más me convenga. Puedo ver que esta acción depende si la temperatura aumenta rápidamente o lentamente.

En matemáticas, existe un concepto conocido como derivada de una curva, y conceptualmente la derivada nos indica si una curva crece rápida o lentamente. Entonces este concepto matemático nos indica si debemos aumentar o disminuir la potencia. En los controladores PID se tiene en cuenta la derivada del aumento de la temperatura, y se acciona como indicamos sobre la potencia. A esta acción se la conoce como **acción Derivativa**.

Habíamos hablado de la acción proporcional, decíamos que en base a la experiencia proponíamos una tabla de potencias necesarias para calefaccionar la incubadora. Esta experiencia seguramente, partía de prácticas realizadas que nos decían que a 25°C de temperatura ambiente, nos hacía falta una potencia de 35W para llevar la incubadora a

38°C, pero nos preguntamos que pasa si la temperatura ambiente asciende a 28°C o 30°C, seguramente la temperatura de la incubadora ascenderá unas décimas o quizás unos grados dependiendo de cuanto ascienda la temperatura ambiente, es decir en estos casos la acción proporcional está afectada por las variaciones de las condiciones ambientales donde se encuentra la incubadora.

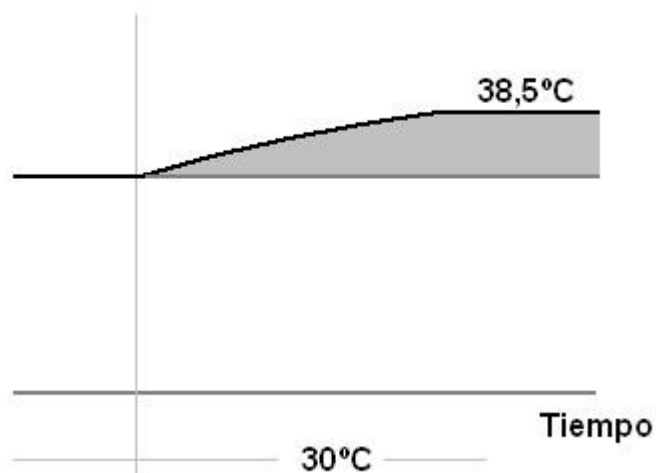
Observemos el siguiente gráfico:



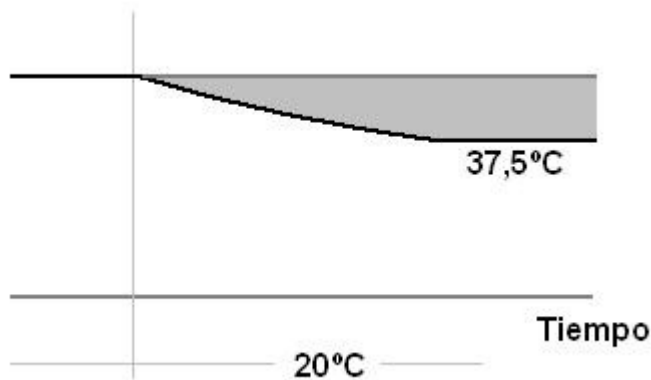
Como vemos mientras la temperatura ambiente se mantiene en 25°C, la acción proporcional hace que la temperatura de la incubadora se encuentre en 38°C, pero cuando la temperatura ambiente asciende a 30°C, la temperatura interna de la incubadora asciende a 38,5°C. La causa de esta variación, se debe a que la calibración de la acción proporcional, se hace para una temperatura ambiente fija, y en este caso se realizó para 25°C.

Cómo podemos hacer para solucionar este problema, una solución podría ser tener una acción proporcional para cada temperatura ambiente, pero no es económico ya que deberíamos también medir la temperatura del ambiente, aparte las lámparas o resistencias calefactores no son todas de la misma potencia, ya que tienen defectos de fabricación, etc. Lo que podemos hacer, es medir la temperatura interna de la incubadora, y si esta aumenta por cualquier motivo que sea, entonces yo bajo un poco la potencia, y si disminuye la temperatura de la incubadora aumento un poco la potencia. De esta forma se irá compensando automáticamente los cambios que se producen en la temperatura interna de la incubadora, sea por el motivo que fuere.

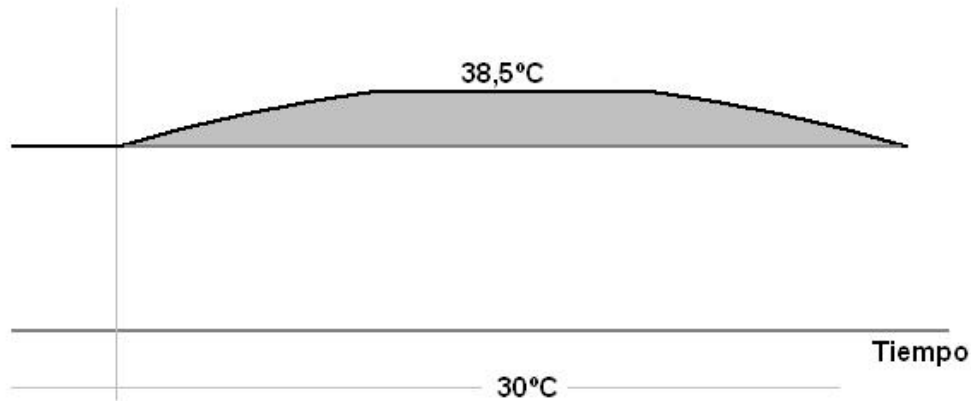
Existe en matemáticas un concepto que se conoce como “integral”, este concepto es una medición que nos indica el área por debajo de una curva, si observamos la gráfica anterior, vemos que a partir que la temperatura ambiente sube a 30°C, la temperatura interna de la incubadora comienza a ascender y se establece en 38,5°C, si vemos que la temperatura en el transcurso del tiempo aumenta entonces debemos bajar la potencia, veamos el siguiente gráfico:



Como se ve en la gráfica a medida que transcurre el tiempo el área sombreada en gris se hace más grande, entonces el valor de esta área nos da una idea de cuánto debemos bajar la potencia. Si en cambio la temperatura del ambiente hubiera descendido, la temperatura interna de la incubadora también descendería y el área por debajo de los 38°C nos daría la idea de cuánto debo aumentar la potencia para mantener la temperatura en 38°C .



La forma de corregir los errores de esta forma haría que la curva de variación de temperatura en el tiempo tenga la siguiente forma:



Como se observa en la misma, a medida que transcurre el tiempo y la temperatura asciende en la incubadora, la acción sobre el control hace que se reduzca la potencia, con la consecuente disminución de la temperatura interna hasta el valor deseado.

A esta acción se la conoce como **“acción integral”**, y es la encargada de minimizar los errores, y llevar la temperatura exactamente a los valores deseados o programados.

La acción de los tres métodos en conjuntos es lo que se conoce como acción Proporcional más Integrador más Derivativo, o lo que se conoce en ingeniería de control como **controlador PID**, por las iniciales de Proporcional Integral y Derivador. Por supuesto son algoritmos bastantes complejos que realizan sistemas electrónicos de última generación.

Prohibida la reproducción total o parcial de este texto, sin la debida autorización de OBSAR.