#### CAPÍTULO 2

1. SISTEMAS DE CONTROL DE AIRE

ACONDICIONADO

Luego que se hayan determinado las cargas térmicas, la carga de enfriamiento necesaria para el acondicionamiento de la edificación y haber seleccionado los equipos según dicha carga se prosigue con el diseño del sistema de control el mismo que operará los equipos bajo las condiciones preestablecidas.

El sistema de control provee la inteligencia de los sistemas electromecánicos el mismo que provoca la reacción de los equipos sin necesidad de la intervención de un operador para satisfacer las necesidades preseleccionadas. El control ocurre cuando una señal produce el movimiento o ajuste de un componente del equipo para obtener un resultado requerido, ya sea ajuste de temperatura o humedad -entre otros- en el caso de acondicionamiento de aire.

En el diseño del sistema de control se debe considerar lo siguiente:

* La capacidad del sistema para controlar nuevos equipos (flexibilidad)
* Capacidad de integración del sistema instalado a un sistema de mando más complejo de todos los equipos (sistema de mantenimiento-varios niveles). Si se requiere la unificación del control de dos edificaciones – como unidades de un hospital – el sistema de control de una de las unidades debe adaptarse a un control remoto.
* Capacidad de generar gráficos, tablas y rangos en todos los sistemas del edificio

Los sistemas de acondicionamiento de aire requieren algún tipo de control, ya sea manual o automático; en el caso de un control automático, el equipo o el sistema completo operará de manera más precisa y confiable para confort, seguridad y eficiencia energética.

Un sistema de control cumple con su trabajo cuando controla por medio del equipo una o más de las siguientes propiedades del medio de transporte que puede ser agua o aire:

* Temperatura.- Con sensores que midan temperatura de operación, diferencial de temperatura, o límites de temperatura.
* Presión.- Con sensores que midan presión de operación, gradientes de presión o límites de presión.
* Flujo.- Con sensores que midan rangos de operación, diferencial de flujo o límites de rangos de flujo.
* Humedad.- Con sensores que midan un nivel de operación, diferencial de humedad o límites de humedad.
* Velocidad.- Con sensores que controlen el equipo de tal forma que esté prendido, apagado o tenga velocidades variables o múltiples.
* Tiempo.- Con un reloj o programa que controle la duración de operación del equipo.

Se recomienda que los servicios técnicos y de gestión que deben estar como mínimo controlados en un edificio tecnificado son:

Servicios Técnicos

* Iluminación
* Climatización
* Ventilación
* Seguridad
* Incendios
* Ascensores

Servicios de Gestión

* Contrato de:

Comunicación

Electricidad

Combustibles (gas, diesel, fuel oil, etc.)

Agua

* Control de horario
* Mantenimiento
* Stock de repuestos
	1. Tipos de Sistemas

Los diferentes tipos de sistemas de control utilizados en los sistemas de acondicionamiento de aire son de lazo cerrado: tienen algún tipo de sensor para medir el parámetro a controlar el mismo que es comparado con un valor deseado; si existe una diferencia entre estas dos lecturas un comparador determina la cantidad y dirección de la diferencia con respecto al valor deseado (setpoint). Luego un controlador aplicará una lógica preprogramada para corregir dicho error, una salida del controlador mandará una orden de regulación de capacidad al dispositivo controlado y su actuador. Si la preprogramación ha sido correcta el actuador proporcionará la mezcla necesaria o el movimiento necesario para anular la diferencia de lecturas sensada, cerrando el lazo de control, figura 2.1.



FIGURA 2-1 ESQUEMA DE UN LAZO DE CONTROL

Los sistemas de control pueden ser eléctricos, electrónicos, neumáticos, digitales directos o una combinación de éstos.

Sistemas de control Eléctrico

Los sistemas de control eléctrico pueden usar una alimentación directa de 120 voltios o de bajo voltaje que está entre los 12 a 24 voltios para controlar las funciones básicas. Los sistemas de control de bajo voltaje son preferidos debido a su mayor sensibilidad.

Usualmente los controles eléctricos tienen como tipo de salida del sistema de control los cierres de contacto; pueden ser de dos posiciones: prendido – apagado (on - off), abierto – cerrado, alarma – normal, o pueden ser de control flotante el cual aumenta la opción nula entre las dos posiciones.

En el caso de controles eléctricos el controlador de lazo cerrado normalmente es un balance de fuerzas entre un resorte con una carga que representa el punto predeterminado (setpoint) y una fuerza opuesta generada por el sensor que representa la variable a controlar: temperatura, humedad, flujo o presión.



FIGURA 2-2 ESQUEMA DE SISTEMA DE CONTROL ELÉCTRICO

Cuando la fuerza en el sensor excede la carga del resorte determinada por el punto establecido (setpoint), algunos ajustes de palancas u otras conexiones causan una carga en el resorte, un switch eléctrico de actuación instantánea indica la posición contraria. Debido a que el switch normalmente es SPDT (single –pole double throw por sus siglas en inglés), el circuito puede ser cerrado en cualquiera de los lados según lo indicado por el punto establecido (setpoint) figura 2-2.

Debido a que el sistema de control es dinámico se debe prever un ajuste o “diferencial” para evitar ciclajes cortos y rápidos del lazo de control entre uno y otro punto en los que puede estar direccionado el switch. Este tipo de controlador se utiliza en dispositivos que tienen capacidades de salida discretas como el control de alta o baja velocidad del ventilador de enfriamiento de un condensador el mismo que es comandado por la presión del refrigerante.

Otro tipo de control eléctrico es el llamado “control flotante”; un controlador de este tipo usa un comparador de fuerzas similar al de dos posiciones pero no usa el switch de actuación instantánea. Este permite al contacto común “flotar” entre las dos posiciones en un rango nulo o “muerto” del parámetro sensado. Los dos circuitos eléctricos que pueden ser cerrados a diferentes valores sensados no son comandos ON-OFF simplemente, estos controladores son propiamente calibrados a un dispositivo mecánico que tiene un actuador proporcional de actuación lenta regulando su capacidad. Un cierre de contacto solicita lentamente un incremento de capacidad y el otro una disminución lenta de capacidad, entre estos dos comandos el sensor flota dentro de este rango nulo alrededor del punto establecido (setpoint).

Sistemas de control Electrónicos

Esta familia de controles usa señales eléctricas analógicas, usualmente voltaje más que corriente para cumplir con las funciones de comparar y controlar.

Los dispositivos de medición son usualmente del tipo de resistencia variable los mismos que pueden medir temperatura, presión humedad o flujo. La medición de salida de estos sensores son por variación de una resistencia proporcional al parámetro de medición. Del mismo modo, el punto establecido (setpoint) es manualmente ajustado como operador de entrada al controlador el cual es usualmente una resistencia variable como un potenciómetro. Estos dos valores de la misma escala de medición (resistencia eléctrica) son comparadas entre sí en un circuito llamado un “circuito de puente”.

Los circuitos de puente son realizados en los principios básicos de un divisor de voltaje; “cualquier voltaje de corriente directa aplicado a través de un par de resistencias eléctricas será dividido a través de ellos en la misma proporción de sus valores de resistencia eléctrica[[1]](#footnote-2)(3)”.

Si 10 v. de corriente directa son conectados a través de dos resistencias idénticas, ellos partirán el voltaje equitativamente, cada uno experimentará 5 voltios. Si R1 es de 1000 ohmios y R2 es de 2000 ohmios, la partición será de 3.33 voltios a través de R1 y 6.67 voltios a través de R2. Esta es la naturaleza de un divisor de voltaje figura 2-3.



FIGURA 2-3 ESQUEMA DE LAZO DE CONTROL ELECTRÓNICO

En el caso de sensor/ controlador, una de las resistencias, R2 es ajustado y el otro, R1 es el sensor. Cuando la resistencia R1 varía según varía el parámetro a medir, una diferencia de voltaje se va a experimentar a través de las dos resistencias debido al divisor de voltaje. Cualquier resistencia sensada mayor a la resistencia establecida por el punto predeterminado (setpoint) creará un mayor voltaje proporcional a través del puente y cualquier resistencia sensada menor a la resistencia establecida por el punto predeterminado (setpoint) creará un gran voltaje negativo proporcional a través del puente. Así es como los controles electrónicos cumplen la función de comparación requerida para el control.

Luego que el comparador produce una señal positiva o negativa representando el error entre la medición del sensor y el valor requerido (setpoint), el bloque amplificador debe llevar la señal de bajo nivel a un nivel útil. La cantidad de amplificación debe ser ajustable de tal forma que la sensibilidad del controlador se pueda calibrar para un cambio proporcional apropiado, como señal de salida, relativa al tamaño del error medido en el comparador. Como un verdadero controlador proporcional, los pequeños errores sólo requieren pequeñas respuestas para corregir el error, no una respuesta demasiado larga.

En controles electrónicos el dispositivo de amplificación más común es llamado amplificador operacional o Op-Amp (por sus siglas en inglés) figura 2-4.



FIGURA 2-4 ESQUEMA DE UN AMPLIFICADOR OPERACIONAL

Esto es un circuito electrónico de transistores preempacado que lleva cualquier voltaje conectado a este a un multiplicador ajustado. Este tiene una entrada positiva y una negativa, si el op-amp tiene un rango de amplificación 100:1, 0.1 voltios cargados al terminal positivo (+) será aumentado a una salida de 10 voltios. Debido a que esta respuesta puede ser muy grande para un pequeño cambio en la entrada se debe aumentar un ajuste en la sensibilidad la misma que se logra con una resistencia variable conectado entre la salida y la entrada negativa (-), R7. Esto viene a ser una retroalimentación negativa que cancelará una parte de la amplificación preestablecida en el op-amp, de esta forma el controlador se ajusta al tamaño de su respuesta proporcional a un cambio en el valor de entrada.

Sistemas de control Neumáticos

Los controles neumáticos siguen siendo un sistema de control preferido en ciertas aplicaciones, cuando grandes válvulas requieren altas presiones de cerrado se seleccionan actuadores neumáticos debido a que estos pueden proveer un mayor cierre a un costo mucho menor que los actuadores eléctricos.

En los controladores neumáticos, el aire de suministro es llevado al controlador a una presión constante, usualmente entre 15 a 25 psig. Este flujo de suministro provee volumen para llenar grandes áreas dentro de los dispositivos controlados y las tuberías de conexión, y presión el mismo que provee la fuerza para hacer el trabajo requerido.

Existen dos tipos básicos de controladores neumáticos: de sangrado de bajo volumen y del tipo relay de alto volumen.

El controlador de sangrado consiste del elemento sensor, dial para establecer el punto requerido (setpoint), deslizador de sensibilidad, puerto de control y tapa. El controlador de bajo volumen requiere un suministro de aire restringido para limitar la capacidad de suministro de aire al controlador y al dispositivo controlado. Este tipo de controlador purgará la presión de suministro restringida a la presión requerida por el dispositivo de control para satisfacer el valor establecido por el controlador (setpoint). Esto se logra a través del movimiento del elemento sensor que es transmitido al diafragma a través del poste y palancas, y finalmente a la tapa y puerto de control, figura 2-5.



FIGURA 2-5 ESQUEMA DE SISTEMA DE CONTROL NEUMÁTICO DE SANGRADO DE BAJO VOLUMEN

La función de comparación del controlador de sangrado compara la posición del dial establecido (setpoint) con la posición del elemento sensor a través de una conexión mecánica. La conexión mecánica ubica la tapa en relación al puerto de control y convierte la posición en una presión que es transmitida al dispositivo de control.

Adicionalmente al dial para establecer el punto requerido (setpoint), el deslizador de sensibilidad, diafragma de retroalimentación, puerto de control y tapa del controlador de sangrado, el controlador de alto volumen contiene un relay que permite usar presión de suministro directamente para ubicar el dispositivo controlado. El relay está diseñado para usar el aire a través de dos circuitos separados: circuito piloto y amplificador de volumen. El circuito piloto es de volumen pequeño y un flujo de aire reducido el cual es restringido por un orificio arreglado puesto en un valor de 5 a 7 pulgadas de agua de presión y un flujo de aproximadamente 20 plg3/min con el elemento o tapa lejos del puerto de control.

La presión piloto es regulada por la posición del elemento relativa al puerto de control, incrementando al mismo valor de la presión de suministro sin flujo cuando el puerto esta totalmente cerrado. El cambio en la presión piloto es traducida en movimiento del circuito amplificador de volumen; este movimiento regula la gran capacidad de flujo de aire de suministro a la línea de salida y dispositivo controlado. La función de comparación del controlador de tipo relay es similar que el de sangrado excepto que la posición de la tapa es convertida a una presión neumática a través del circuito piloto figura 2-6.



FIGURA 2-6 ESQUEMA DE SISTEMA DE CONTROL NEUMÁTICO DE TIPO RELAY DE ALTO VOLUMEN

El consumo de aire del controlador de tipo relay es menor debido a que la cámara piloto consume menos aire que el puerto de control del controlador de tipo sangrado. El tiempo de respuesta del controlador de tipo sangrado es mucho mayor debido a que el aire de suministro es restringido. Esto es lo más notable en aplicaciones que tienen largas líneas de aire o grandes actuadores que requieren grandes volúmenes de aire.

Sistemas de control Digitales Directos

En los controles digitales directos (direct digital control) así como en los controles eléctricos o neumáticos, una señal de entrada a un controlador resulta en una salida a un dispositivo apropiado.

Los sistemas digitales directos son electrónicos y usan circuitos electrónicos y dispositivos para monitorear y controlar, la mayor diferencia es en el controlador: en lugar del ajuste físico a los componentes del controlador para obtener la misma reacción una y otra vez, los controladores del sistema DDC contienen microprocesadores que están programados para interpretar la señal de entrada, procesar la información en programas residentes e inteligentemente decidir en la respuesta apropiada.

Estos sistemas tienen todas las características de los controles neumáticos y electrónicos y pueden, adicionalmente, anticipar las necesidades basados en tendencias grabadas de la operación previa del equipo.

1. Selección del Sistema de Control

Sistemas de control tradicionales

Los sistemas de control tradicionales: neumáticos, eléctricos y electrónicos son utilizados en muchas de nuestras industrias desde hace muchos años, habiendo mayor preferencia hasta ahora por los sistemas neumáticos en las industrias más grandes debido a que se puede proveer de grandes fuerzas a un menor costo comparado con los actuadores eléctricos.

Las ventajas de dichos sistemas de control, por ser tradicionales, son que disponen de repuestos, precios competitivos y suficiente asesoramiento técnico. Sin embargo estos sistemas necesitan ajustes rutinarios seguidos para su correcto funcionamiento; tampoco se puede centralizar el control de toda la instalación lo que implica realizar inspecciones seguidas de todo el sistema aumentando los costos de mantenimiento preventivo y correctivo.

Sistemas directos digitales

Los sistemas de control directos digitales hace 12 años eran un lujo para propietarios y gerentes de edificios, en la actualidad con el mayor uso de dichos sistemas en el mercado estos son muy competitivos comparados con los sistemas de control tradicionales como los eléctricos o neumáticos. Varias de las ventajas de usar controles directos digitales son:

* Control y monitoreo centralizado: un operador puede monitorear los sistemas de acondicionamiento de aire desde un solo lugar con ayuda de una PC la misma que tiene un software que le permite interactuar con el sistema o muchos sistemas en tiempo real, esta le puede proveer de una imagen sobre lo que está pasando en el edificio y además permite cambiar la operación central del sistema (como abrir y cerrar válvulas, prender o apagar ventiladores, cambiar valores preestablecidos por mencionar algunos de ellos) desde el mismo lugar, optimizando el uso del tiempo para mantenimiento. Además el interfase es fácil y no necesita de personal muy calificado para su manejo.
* Manejo de alarmas: los sistemas de control digitales conectados entre sí pueden comunicar condiciones de alarma a una central o a algún lugar remoto. Este manejo de alarmas puede ayudar a los operadores a asistir la situación y tomar las acciones pertinentes.
* Monitoreo del historial de eventos y tendencias: ya que los sistemas de control digitales son computadoras, éstos permiten el manejo de datos y estimar tendencias. Esta última muy importante pues permite conocer el comportamiento que puede tener un área crítica en una hora, un día o un año entero o más. Esta información puede ser temperatura, presión, humedad, tiempo de operación del sistema o cualquier otro dato que el sistema de control digital monitoree o controle. Toda esta información puede ser almacenada en una central de información para una recuperación posterior.
* Manejo energético: los sistemas digitales son electrónicos y usan circuitos electrónicos y dispositivos para monitorear y controlar. Conforme avanza la tecnología se desarrollan mejores mediciones con sensores y dispositivos de control. Un sensor neumático tiene un error de 20F, mientras que uno digital tiene 0.30F.
* Menores costos: el avance en la electrónica provee mejores dispositivos a menores costos, hace 12 años estos eran grandes y costosos, únicamente eran rentables en grandes edificaciones, ahora son rentables hasta en edificaciones pequeñas. En la actualidad un controlador digital puede ser 10% del tamaño y 20% del costo, cuestan igual o menos que un controlador analógico, por ejemplo, un controlador digital hace 12 años costaba entre $3000 y $8000 sólo el controlador, ahora se los puede encontrar entre $1000 y $3000.
* Flexibilidad: estos sistemas de control pueden ser instalados por fases sin afectar el funcionamiento, permitiendo que el sistema se adapte a los cambios en la edificación conforme pase el tiempo.

Debido a las características de los sistemas de control directo digital y a su desarrollo conforme pasa el tiempo, ésta es la mejor opción para controlar eficientemente y de manera eficaz un sistema de acondicionamiento de aire, su flexibilidad permite que en un futuro dicha unidad ginecológica pueda establecer un nexo con las demás unidades, permitiendo así un control más centralizado lo que conlleva una disminución en los costos operativos. Así mismo, la capacidad de interpretar la operación normal del sistema ayuda de igual forma a que se tomen medidas de ahorro para disminuir el consumo eléctrico.

1. (3) Hartman Thomas B., Direct Digital Controls for HVAC Systems, (Seattle, Washington, McGraw Hill 1993), pp. 5 [↑](#footnote-ref-2)