

Automatización de una Manejadora de Aire con Purificador Integrado

*Kevin A. Sánchez Hernández
Maestría en Ingeniería de Manufactura
Rafael Nieves, Pharm D
Ingeniería Industrial y Sistemas
Universidad Politécnica de Puerto Rico*

Abstracto — *Un centro comercial tomó la decisión de automatizar su sistema de unidades de aire acondicionado. Esto se realizó con el fin de generar un ahorro energético en un periodo corto de tiempo. El número de total de unidades de aire que fueron automatizadas es 13. Esto se realizó utilizando equipos de la compañía “Schneider Electric”. En el sistema se contempla el poder: modular temperaturas de unidades de aire, purificador de aire para cada unidad, ver estatus de los componentes y alarmas que pueden ser monitoreadas remotamente. Proyecto se realizó en un periodo de un 1 mes. Se obtuvo un ahorro energético de un máximo de 72% gracias a la automatización implementada a estos equipos.*

Key Terms — *HVAC, Automatización, Controles.*

INTRODUCCIÓN

Hoy en día hemos visto como el avance en la tecnología ha ayudado al ser humano en sus diferentes tareas cotidianas. Un gran ejemplo de estos es la automatización de procesos. Esta, con la implementación de controladores (sistema de controles), ha hecho posible facilitar los trabajos de los empleados en diferentes ramas de la industria. Algunas de estas como lo son la industria farmacéutica, generatrices de utilidades (acueductos, electricidad, etc.) y el cual a tomado mucho auge recientemente, la automatización de edificios y facilidades.

La automatización de edificios es vista en muchos lugares como lo son: Instituciones Bancarias, Instituciones Gubernamentales y las Universidades. En uno de los centros comerciales más vitales del área metropolitana tenemos una problemática presente. Las unidades de aire se

mantienen prendidas constantemente a toda capacidad. Esto causando a la vez un gasto inmenso de energía. Sin mencionar que el aire está constantemente recirculando sin purificar (algo muy serio en estos días de pandemia). En este proyecto de investigación se estará trabajando con la automatización de las manejadoras de aire del centro comercial, añadiéndole a su vez un purificador de aire que trabajará con el sistema.

El modo de operar de este sistema se encuentra un poco anticuado y está ocasionando fallos. Estos a la magnitud que las áreas comunes del centro comercial, provocando disgusto con los clientes. El acceso remoto al sistema también se tomará en cuenta para implementarlo de una vez con el sistema. Estos entre otros detalles son parte de lo que se estará trabajando en este proyecto de investigación.

Problema

El sistema de controles que actualmente posee este Centro Comercial fue instalado entre finales de la década de los noventa. En su momento el sistema ejercía su función correctamente. No obstante, el sistema y su tecnología quedo rezagado con los avances en tecnología que estaban surgiendo en el mundo de la automatización de edificios. Mas aún, los eventos del Huracán María en el año 2017 en la isla de Puerto Rico causaron daños los cuales en el programa de mantenimiento preventivo ya no se podían reparar. Las unidades de aire se vieron afectadas en el fenómeno atmosférico también, provocando el reemplazo de estas. El sistema de controles instalado en cada una se perdió al retirar las unidades defectuosas. Provocando que las unidades estuviesen operando sin parar constantemente. La factura de la luz del centro comercial llega con valores irreales a causa

de esto. Clientes se quejan de frío excesivo en las áreas comunes. Además de problemas de humedad grave en la edificación. Dadas estas razones se toma la iniciativa de automatizar el sistema con controladores nuevos de última gama.

Objetivos

Para la automatización del sistema de controles de los aires acondicionados de este centro comercial, se tienen contemplados los siguientes puntos como objetivos:

- Instalar los Módulos de Controles Principales de para cada una de las manejadoras de aire (un total de 13).
- Instalación de Sensores y Transmisores para la recopilación de datos (Temperaturas, Detectores de Humo, estatus de motores de turbinas de las manejadoras).
- Mediante Lógica de Controles, permitir que el sistema realice modulación de compresores a tiempos reales con las medidas registradas a través de los sensores y transmisores para controlar las temperaturas en las áreas.
- Creación de Alarmas tanto por Mensaje de Texto y Correos Electrónicos para fallos tales como Temperaturas Altas, Temperaturas Bajas, Humo en los ductos, Interrupciones Eléctricas, etc.
- Programación de horarios para las manejadoras de aire.
- Integración de un dispositivo de purificación de aire con tecnología de patentizada para mantener la calidad del aire en las facilidades.
- Integrar los Módulos de Controles para Monitoreo Remoto de las unidades de aire del centro comercial.

Contribuciones

El automatizar este sistema traerá a este centro comercial muchos beneficios tanto económicos, laborales, como en calidad y eficacia de servicios de utilidades. Estas describen a continuación:

Económicos – Tener mayor control del sistema permitirá tener mayor control de las temperaturas

de las áreas comunes y apagando las mismas cuando el centro comercial no esté en operaciones.

Laboral/Clientes – Se reduce el riesgo de llamadas de quejas de empleados de las tiendas y los clientes visitando el centro comercial. Mejorando de esta manera la reputación del centro comercial.

Salud – El sistema contara con un dispositivo el cual elimina, virus, bacterias y gérmenes (además de otros factores). Esto ayudando a la sanitización del centro comercial.

TRASFONDO

La automatización de edificios tomo un auge muy importante en la década de los noventa. El manejo de equipos esenciales provoco una demanda para la implementación de sistemas de controles en estas maquinarias. Una de esta es las unidades de aire (AHU). Para esta investigación se estará trabajando con la unidad de aire a base de compresores (gas). En el ambiente laboral se conoce como expansión directa. Estas máquinas usualmente contienen dos compresores el cual dependiendo de la capacidad de enfriamiento o demanda exigida prende cada uno de estos compresores [1]. A estos compresores se les conoce como etapas. Las unidades tienen dos ductos, el de descarga y el de retorno. El ducto de descarga es por donde la unidad de aire supe a las áreas comunes. Por otro lado, el ducto de retorno es por donde regresa el aire de las áreas comunes y recircula para ser inyectado nuevamente a través del ducto de descarga.

El problema presente en la facilidad que escogí para implementar el trabajo es que los termostatos que rigen estas unidades no estaban realizando su funcionamiento correcto. Provocando que estas unidades permanecieran prendidas 24 horas sin descansar. Estos equipos consumen bastante energía. El problema es peor al tener todas las unidades (un total de 13) bajo estas circunstancias. Para solucionar este problema, se busca la implementación de controles digitales (PLC o DDC). Estos equipos a través de lógicas

completamente programables pueden satisfacer las diferentes demandas del usuario. Estos están enlazados a unos sensores y actuadores. Los sensores reciben la data y la ingresan al control. Una vez en el control esta pasa a una secuencia de control conocida como PID. El PID busca medir la data obtenida del sensor y la compara con el “Set Point” [2]. El Set Point es el valor al que queremos que la variable medida llegue. El PID se encargará de hacer la matemática para determinar el porcentaje del proceso que debe ejercer para llegar a este valor. Esto lo logra utilizando los actuadores (motores, bobinas, válvulas de control, etc).

Otros aditamentos adicionales pueden ser añadidos a la secuencia a través de otros sensores para cumplir con condiciones diferentes. Para nuestro modelo utilizaremos un control local, dos sensores para medir la temperatura de descarga de la unidad y la temperatura de retorno. Los actuadores serán bobinas 24 VAC (“relays”) para encendidos de motor y las etapas 1 & 2. Como aditamento se añaden un detector de humo de ductos que la cual recibir muestra de humo va a detener la operación de la unidad. Dada a la preocupación de la situación del COVID 19, se le agrego a este sistema de controles un purificador de aire a base de luz ultravioleta y ionización de peróxido de hidrogeno. Estos nos ayudan a mantener la calidad del aire más fresca y mantener un ambiente más sano el complejo mejor. El Protocolo creado por ASHRAE BACnet, será utilizado en nuestro sistema. Esto es un protocolo de comunicación muy común en el área de automatización de edificios, el cual es utilizado para llevar data al control principal [3].

Es en este control principal donde se crearán para el usuario todas las gráficas para el acceso al sistema. De aquí se podrán cambiar horarios de operación y “set points”. Adicional aquí también se configuran las alarmas de temperaturas altas y bajas. El fin de un sistema de controles en una unidad de aire es buscar el ahorro energético. En muchos de los casos en un lapso de un año estos proyectos se pagan solo.

METODOLOGÍA

Para mi proyecto y búsqueda decidí dividirlo en las siguientes fases:



Colección de Datos - En esta fase se recopilan los datos de las unidades de aire del centro comercial. Se determinan factores como:

- Voltaje
- Amperaje
- Tipo de Manejadora
- Áreas que suplen
- Horarios
- Temperaturas Ideales

De acuerdo con los factores obtenidos se procede con la compra de los materiales necesarios.

Compra de Materiales – Para esta fase se realiza la compra de los equipos a utilizarse para la automatización del proyecto. De acuerdo con los factores obtenidos anteriormente se determinan los siguientes materiales a comprar:

- Controlador Local
- Sensores de Temperatura
- Sensores de Corriente
- Control Maestro
- Bobinas o “Relay”
- Cables, etc.
- Purificador de Aire de Ducto

Implementación del Proyecto – Una vez lo producto lleguen a las facilidades del proyecto. Para esta fase se prosigue con los siguiente:

- Instalación física de los aditamentos.
- Creación de las lógicas de Controles.
- Programación de los controladores principales.
- Programación del control maestro.

Fases de Pruebas – En esta fase se realizan pruebas para determinar que el funcionamiento del sistema de controles sea el correcto. Se busca también que el sistema responda a las demandas del cliente.

Comparación con los datos iniciales – Los datos obtenidos en la fase de prueba son comparados con los datos iniciales del proyecto y los objetivos que teníamos para el mismo.

Entrega del proyecto – El proyecto es entregado al cliente y se le ofrece adiestramiento para el manejo del sistema. También se entrega cualquier tipo de documentación necesaria.

IMPLEMENTACIÓN

Para saber cómo se va a programar el controlador, es necesario primero visitar el área de trabajo (“field”) para estudiar la unidad de aire, el área de trabajo y como el cliente desea que esta funcione (ver Tabla 1). Como establecido en la sección de datos de este documento, se procedió a recopilar data de la unidad de aire. A continuación, se muestran los hallazgos.

Tabla 1
Valores Recolectados en el Área de Trabajo

Valor a estudiar o investigar	Resultado o Hallazgo
Voltaje	460 V
Amperaje	22 A
Tipo de Manejadora	RTU (Roof Top Unit)
Áreas que supe aire	Food Court
Horario Operacional que se desea	6:00 a.m. – 8:30 p.m.
Temperatura Ideal	72 °F

Con los valores obtenidos, decidimos implementar un “PID Loop”. Este nos va a permitir modular los compresores de refrigerantes de esta unidad de aire (ver Figura 1). Para esta modulación, utilice la temperatura del ducto de

retorno de referencia y compararla con mi “set point”. La marca de controladores a utilizar es Schneider Electric. Es una de las marcas más reconocidas en controladores de edificio en el mundo. Una ventaja de esta plataforma es que nos permite utilizar el lenguaje de bloques para programar nuestro “PID Loop”.

Se tomaron varios factores para determinar alarmas en el sistema. Esto nos ayudaría a que si alguna de estas se presenta, le envíe una notificación al cliente. Las siguientes son las alarmas:

- Si se activa el detector de humo colocado en el ducto de descarga, va a detener la operación de la unidad.
- Si por alguna razón el motor (turbina) de la unidad no enciende no va a comandar a prender los compresores de refrigerante, evitando que estos se congelen o se dañen.
- De no activar encender la unidad de aire, se le envía una notificación al cliente.
- Si la temperatura excede los 80 °F, el cliente recibirá una notificación.

Una vez programado el control, se procede a llevar al área de trabajo e instalar todos los elementos del sistema de control.

- Controlador Local - Este controlador va a tener en la lógica de controles. De acuerdo a los sensores y aditamentos conectados, este va a ejercer su trabajo (ver Figura 2). El modelo escogido es el b3850.

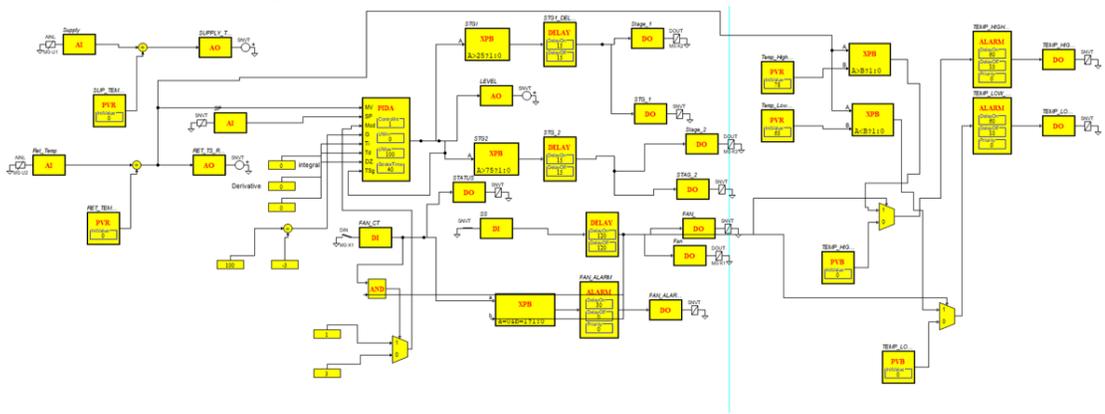


Figura 1
Lógica de Control Implementada mediante Lenguaje de Bloque

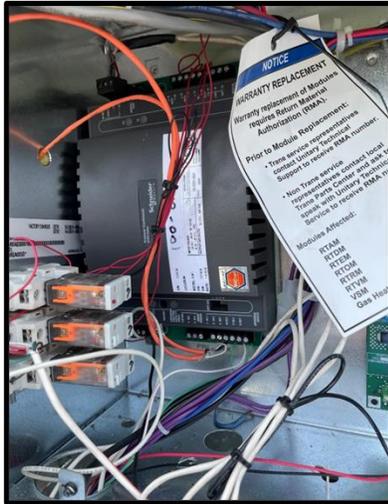


Figura 2

Controlador Local Instalado en Unidad de Aire

- Sensores de Temperatura - Este aditamento nos ayudan a enviar al control local las medidas de temperaturas en los diferentes ductos. Se selecciono colocarlos en los ductos de descarga y retorno. Este sensor envía una señal en ohmios el cual el controlador la interpreta.
 - Sensor de Temperatura de Descarga – El mismo es colocado en el ducto de descarga. Va recibir la temperatura a la que la unidad está supliendo el aire (ver Figura 3).
 - Sensor de Temperatura de Retorno – El mismo es colocado en el ducto de retorno. Va recibir la temperatura a la que el aire esta retornando de las áreas del “food court” hacia la unidad de aire (ver Figura 4).



Figura 3

Sensor de Descarga Instalado

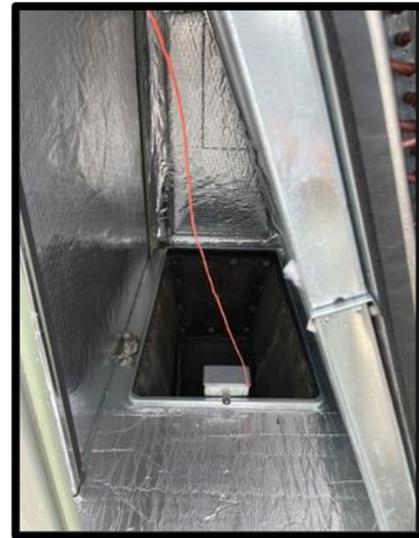


Figura 4

Sensor de Retorno Instalado

- Sensores de Corriente o “Switch” de Diferencial de Presión - Este tipo de sensor es lo que se le conoce como un contacto seco. Va a generar una señal de 1 o 0 (1 equivale a prendido mientras el 0 equivale a apagado). Nos enviará la señal de estatus de la turbina de aire (ver Figura 5).



Figura 5

“Switch” Diferencial de Presión Instalado

- Bobinas o Relay – Estas son salidas digitales las cuales comandan a prender o apagar diferentes componentes de la unidad de Aire (ver Figura 6). Para nuestro caso estos componentes serán:
 - Turbina
 - Compresor #1
 - Compresor #2



Figura 6
“Relays” instalados para el Sistema de Control

- Detector de Humo de Ducto – Este equipo funciona como un detector que se encuentra usualmente en los sistemas de alarmas de fuego. La diferencia de este es que el mismo está especializado para sistemas de ductos (ver Figura 7). Una vez el equipo detecte algún particulado de humo, detiene de inmediato la unidad de aire.



Figura 7
Detector de Humo Instalado

- Purificador de Aire – El purificador de aire fue un aditamento que se consideró debido a los tiempos de pandemia que estamos confrontando. El mismo va a encender y apagar en conjunto con la turbina de la unidad (ver Figura 8). Este equipo libera pequeñas partículas de peróxido de hidrogeno (agua oxigenada), inyectando este a las áreas. Mediante el ducto de retorno este crea un ciclo, permitiendo de esta manera que la unidad se mantenga libre de virus y bacterias.
- Control Maestro – A este dispositivo es al que el control local se reporta (ver Figura 9). El control maestro le envía los horarios de operación al control local. Es aquí donde reside el interfaz gráfico, alarmas y horarios. El usuario va a tener una computadora la cual

va a estar conectada este dispositivo, permitiendo así manejar los equipos. El modelo utilizado es un “Automation Server Plus” de “Schneider Electric” bajo la plataforma de “EcoStruxure”.



Figura 8
Purificador de Aire Instalado



Figura 9
Controlador Maestro Instalado en las Facilidades del Centro Comercial

Una vez se instalaron todos los equipos, se procedió a crear la interfaz gráfica para el cliente. Esta contiene toda la información de los equipos anteriormente mencionados e instalados (ver Figura 10). De esta manera el cliente tiene la capacidad de manipular su unidad de aire acondicionado de una manera sencilla y la cual puede hacerlo desde su comodidad.

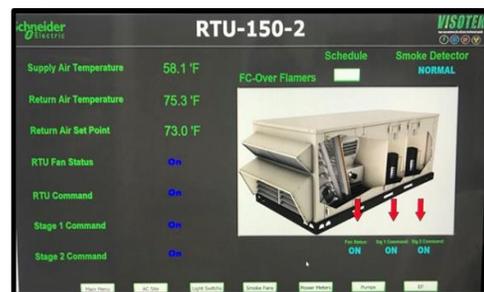


Figura 10
Interfaz gráfica para la Unidad de Aire

PRUEBAS Y RESULTADOS

Dando por culminada la prueba de instalación, se procedió a realizar una fase de pruebas en las cuales nos permitió ver nuestros resultados. La unidad de aire se pudo lograr modular de manera remota por el cliente. Durante un periodo de una semana, luego de haber recibido el adiestramiento debido, el cliente realizo pruebas en el equipo. El sistema estaba ejerciendo su trabajo. El resultado que más llamó la atención fue el ahorro energético. El sistema de controles, una vez lograr conseguir su Set Point, ordenaba apagar los compresores. Estos equipos tienen un consumo aproximado de 16 A. Bajo el sistema de controles esos 16 A se están ahorrando (lo cual representa un ahorro monetario para el cliente). Anterior al tener el sistema de controles la unidad de aire estaba consumiendo en total alrededor de 22 A. Esto representa un ahorro de alrededor del 72% de lo que antes consumía la unidad de aire. Este proceso se replicó para el resto de las 12 unidades. Luego de transcurrir un mes de pruebas y el cliente ver el resultado, ordeno la instalación de sistemas de controles a otros equipos, en este caso, luces y extractores.

CONCLUSIÓN

Es importante concientizar a los clientes en el área de automatización referente a los edificios. Esto juega un papel importante en el ahorro energético. Aun más en estos días, el cual Puerto Rico confronta una de las mayores crisis energéticas. El precio de la electricidad sigue aumentando. Una manera de detener este gasto excesivo en electricidad es con la implementación de un sistema parecido al trabajado durante este proyecto. Este se puede utilizar para un sin números de aplicaciones. Algunas de estas lo son: luces, bombas de aguas, extractores de aire, torres de enfriamientos, “chillers”, entre otros. El avance de la tecnología ha sido tan increíble que muchos de estos equipos son más eficientes y costos efectivos. Con los ahorros energéticos producidos por el sistema de control, el retorno de la inversión (“return of investment”) del mismo puede ocurrir

en términos de meses. Otro beneficio de este tipo de sistema es que aumenta la longevidad y durabilidad del equipo. De esta manera el equipo no se va a encontrar trabajando de manera forzada por un periodo indeterminado de tiempo. Por ultimo y no menos importante, hace más eficiente el servicio de mantenimiento preventivo ofrecido por algún técnico autorizado. El técnico tendrá una herramienta útil y rápida la cual ayudará a la identificación de problemas de surgir algunos. Es por esto que en los pasados 20 años la automatización de edificios a incrementado drásticamente en Puerto Rico. Nunca es tarde para hacer un edificio o sistema más eficiente.

REFERENCIAS

- [1] Wang, Shan K., “Refrigerants, Refrigeration Cycles, and Refrigeration systems” in *Handbook of Air Conditioning and Refrigeration*, 2nd ed. New York: McGraw-Hill Educ., 2001, Ch. 9, sec. 9.1 .
- [2] Hemant, Joshi., “Distribution System Automation” in *Residential, Commercial and Industrial Electrical Systems: Equipment and Selection, Volume 1*, 1st ed. India: McGraw Hill Educ., 2008 , Ch. 17, sec. 17.4 .
- [3] Newman, H Michael., “What is BACnet? A brief overview” in *BACnet The Global Standard for Building Automation and Control Networks*, 1st ed. New York: Momentum Press, 2013, Ch. 1, sec. 1.1 .