

Fernando Javier Espí García (fespig@saludcastillayleon.es)

Control de Instalaciones . Servicio de Mantenimiento

Luis Martín Gil

Jefe de Servicio de Mantenimiento, Hospital Universitario Río Hortega- Valladolid

Manuel Muñoz Cano (munozcano@eis.uva.es)

Profesor de la Escuela de Ingenieros Industriales de Valladolid

# Gestión y automatización de un sistema de producción de frío

*La necesidad de climatización de los centros hospitalarios condiciona la implantación de la producción de frío que, por lo general, tiene un consumo más que notable y es por ello que estas máquinas necesitan una programación de control que haga su funcionamiento más efectivo y eficiente, mediante una tecnología y una arquitectura de control adecuada. En el presente estudio se explica cómo se ha llevado a cabo el control de la producción de frío del Hospital Universitario Río Hortega y su integración en el sistema de control del hospital.*

El trabajo que presentamos es una recopilación de algunas experiencias prácticas realizadas en el HURH de Valladolid, pretendiendo además ser un aliciente que fomente la búsqueda de soluciones mejores a las soluciones iniciales de una programación de control mejorándose la funcionalidad de los equipos y validando a nivel funcional y económico la posibilidad de integración de nuevos equipos con distinto protocolo de control a la red de control del hospital.

## ¿Qué es un sistema de control?

Un sistema de control es un sistema de gestión que mide y monitoriza parámetros como la temperatura, humedad, presión, nivel de luminosidad, etc... (Nivel Usuario) y que realiza el control de los servicios e instalaciones del hospital, tales como calefacción, frío, aire acondicionado, etc... (Nivel Programador).

El sistema de control se puede dividir en tres niveles:

- ▶ **Elementos de Campo:** Sensores de temperatura, presión, válvulas, contadores, etc... (Medida real  $\neq$  Medición del sensor La estrategia de control no sirve.)
- ▶ **Controladores:** Automatas programables o configurables.

Supervisor SCADA: Es la parte del sistema de control que recoge y monitoriza la información presentándola al usuario.

La tendencia actual de las instalaciones, no sólo las hospitalarias, es la de tener un funcionamiento completamente automatizado y centralizado, es por ello que el sistema de control y toda su arquitectura, debe de poseer una serie de características que permitan adaptar esta tecnología a la instalación de forma rápida y sencilla así como su adaptación a los posibles cambios que puedan surgir durante su vida útil.

- ▶ **Sistema abierto:** El sistema de control debe de ser accesible tanto a los equipos, como a la programación.
- ▶ **Sistema flexible:** El sistema tiene que permitir ampliaciones o cambios de forma rápida y efectiva.

Sistema visualizable: La instalación necesita ser supervisada por el personal de mantenimiento y, es por esto, que la tecnología emple-

ada en el sistema de control de todos los equipos de la instalación permita una centralización de toda la instalación mediante un software tipo SCADA.

Formación continuada: Para que el personal se adapte a los cambios y nuevos equipos del sistema de control.

Probablemente haya otras características que deba de cumplir un sistema de control pero aquí se han recogido las que se consideran esenciales .

## Control del sistema de producción de frío

Una experiencia realizada en 2011 en el HURH sobre soluciones de programación, llevó a conclusiones muy prometedoras en cuanto ahorro económico simplemente realizando un detallado análisis de las necesidades de funcionamiento de los equipos, lo cual se reflejó en un caso particular muy significativo, el antihielo de los Grupos de Frío a partir de variables propias de la instalación, lo que llevó a pensar al equipo de ingenieros de mantenimiento, que las posibili-



dades de programación, eficiencia, eficacia y ahorro serían mayores si se pudiese actuar con valores propios de las máquinas de frío.

### Consumo inicial:

15 kW x 6 x 14 horas/día x 0,11€/kWh = 138,60 €/día.

Con una media de funcionamiento de 21 días al mes:

138,6 €/día x 21 días/mes = 2910,60 €/mes.

Con una media de tres meses al año de funcionamiento de antihielo:

2910,60 €/mes x 3 meses/año = 8731,80€/año en modo antihielo.

### Consumo después de la mejora:

15 kW x 6 x 0,5 horas/día x 0,11€/kWh = 4,95 €/día.

Con una media de funcionamiento de 21 días al mes:

4,95 €/día x 21 días/mes = 103,95 €/mes.

Con una media de tres meses al año de funcionamiento de antihielo:

103,95 €/mes x 3 meses/año = 311,85 €/año en modo antihielo.

Con lo que hay un ahorro bruto de 8419,95 €/año en modo antihielo.

### Sistema de control abierto.

Para poder plantearse la introducción de un equipo “extraño” a nuestro sistema de control este sistema debe ser un Sistema de Control Abierto, lo cual significa:

- ▶ Utilizar la tecnología considerada como Standard o en sistemas propietarios que el fabricante facilite la información sobre la tecnología.
- ▶ Permitir el acceso al conocimiento interno del sistema.

Ser abiertos SI, pero sin olvidar diseñar los sistemas para identificar claramente quien tiene la responsabilidad.

### ¿Por qué lo necesitamos abierto?

- ▶ Universalizar los sistemas de control, poder ser conocidos y manejados por distintas empresas y personas ya que los hospitales que manejan están vivos.
- ▶ Afinar los sistemas hasta el punto de conseguir el mayor confort y la

mayor eficiencia energética posible.

- ▶ Ganar en prestaciones a lo largo del tiempo.
- ▶ Permitir avances tecnológicos mucho más rápidamente.

Está más que claro que el que un S.C. sea abierto tiene grandes ventajas, pero también nos lleva a reflexionar sobre ciertas aspectos muy a tener en cuenta.

- ▶ ¿Tenemos profesionales que conozcan esta instalación en todos los niveles?
- ▶ ¿Las personas con esa responsabilidad tienen criterio para determinar la mejor opción a disponer a nivel de arquitectura óptima?, integraciones etc.?
- ▶ ¿Están las tecnologías en los edificios desarrolladas suficientemente para que los sistemas abiertos sean estables?

Con lo cual si los dos sistemas que se quieran integrar cumplen estos requisitos estamos en disposición de poder “acoplarlos”. En el caso de los Grupos de Frío del HURH y el sistema de control, la integración se realizó mediante protocolo BACnet.

### Protocolo BACnet. integración del sistema de frío con el sistema de control.

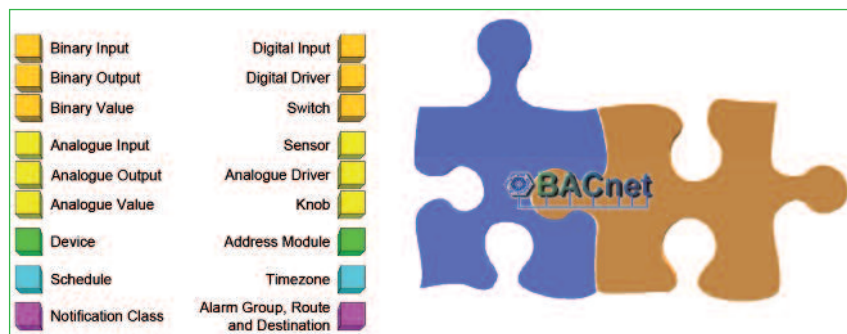
El BACnet (Building Automation Control) es un protocolo norteamericano para la automatización de viviendas y redes de control que fue desarrollado bajo el patrocinio de una asociación norteamericana de fabricantes e instaladores de equipos de calefacción y aire acondicionado. El principal objetivo, a finales de los años

ochenta, era la de crear un protocolo abierto (no propietario) que permitiera interconectar los sistemas de aire acondicionado y calefacción de los edificios con el único propósito de realizar una gestión energética inteligente. El BACnet no quiere cerrarse a un nivel físico o a un protocolo de nivel 3 concretos, realmente lo que pretende definir es la forma en que se representan las funciones que puede hacer cada dispositivo, llamadas “objetos” cada una con sus propiedades concretas. Existen objetos como entradas/salidas analógicas, digitales, bucles de control (PID, etc) entre otros. Algunas propiedades son obligatorias, otras son opcionales, pero la que siempre se debe configurar es la dirección o identificador de dispositivo el cual permite localizarlo dentro de una instalación compleja BACnet.

- ▶ BACnet es una comunicación estándar que permite el intercambio de datos (incluyendo datos complejos) entre sistemas de varias marcas
- ▶ BACnet permite la interacción de los dispositivos y sistemas de varias marcas
- ▶ BACnet está más orientado para control de aplicaciones de climatización (integraciones en la capa de automatización y gestión) pero también para integración de sistemas de seguridad. (Central de incendios)

Todo esto hace que este protocolo sea el más adecuado para la integración entre el sistema de control del HURH y los grupos de frío

Por lo tanto se dan las condiciones para que los dos sistemas se “conozcan” y los grupos de frío dejen de ser un elemento “extraño” para el sistema de control.



	Grupo Frío 1	Grupo Frío 2	Grupo Frío 3	Grupo Frío 4	Grupo Frío 5	Grupo Frío 6
Corriente Absorbida por Enfriadora	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %	0 %
Temp. Condensador Circuito 1- Enfriadora	12,8 °C	12,5 °C	11,6 °C	12,5 °C	11,8 °C	13,3 °C
Temp. Condensador Circuito 2- Enfriadora	12,7 °C	12,3 °C	11,6 °C	0,0 °C	12,6 °C	12,4 °C
Temp. Evaporador Circuito 1- Enfriadora	6,2 °C	10,3 °C	8,6 °C	0,0 °C	8,1 °C	7,8 °C
Temp. Evaporador Circuito 2- Enfriadora	6,2 °C	10,2 °C	8,6 °C	0,0 °C	9,9 °C	8,3 °C
Temperatura Salida Enfriadora	7,9 °C	10,5 °C	8,6 °C	0,0 °C	9,7 °C	9,3 °C
Temperatura Retorno Enfriadora	7,6 °C	10,0 °C	8,0 °C	0,0 °C	9,1 °C	9,0 °C
Temperatura ambiente Enfriadora	13,1 °C	12,4 °C	12,4 °C	0,0 °C	12,7 °C	13,1 °C

**Señales en SCADA 963.**

Sin embargo, todavía en este punto no se está en disposición de que la integración sea efectiva ya que se necesitan los dispositivos que comuniquen ambos sistemas.

Por parte del sistema del grupo de frío se instaló una tarjeta propia del fabricante que lo que hace es colocar los parámetros de las enfriadoras en los objetos BACNet correspondientes. (BCU de TRANE) y, por parte del sistema de control (XTEND de TREND)

Una vez instalados estos dos dispositivos, se asigna la relación de objetos de BACNet entre los dos sistemas; es decir, cada sistema parametriza los valores de las señales que se desea sean vistas por el otro y, es en este momento cuando los dos sistemas dejan de ser “extraños”, permitiendo que la estrategia de control pueda estar basada en parámetros y señales internas de los grupos de frío lo que hace pensar que la futura estrategia de control de las enfriadoras del HURH sea más eficiente y efectiva.

La visualización de parámetros y señales de los grupos de frío se ha de realizar a través del 963 SCADA del sistema de control

del HURH pero partiendo de las señales recogidas de la BCU a través de la herramienta de programación SET.

### Nueva estrategia de control.

A partir de esta situación se puede generar una nueva estrategia de control basada en las señales internas de los grupos de frío.

Las posibilidades que existen para una nueva programación de control son muy numerosas y será misión del programador y del equipo de mantenimiento el decidir dicha estrategia. En este caso se decidió realizar una programación de control en la que el arranque secuencial de las distintas enfriadoras tuviese en cuenta dos parámetros internos, la potencia absorbida por cada grupo y la temperatura de condensación de los dos circuitos de cada enfriadora.

Así pues se decidió arrancar los distintos grupos de frío de la siguiente manera:

Se controla la temperatura de condensación de todos los circuitos de los grupos de frío activos y la corriente absorbida por

cada grupo de frío, de tal forma que si cualquier enfriadora arrancada sobrepasa un cierto valor de la temperatura de condensación de cualquiera de sus circuitos y al mismo tiempo un cierto valor de la corriente absorbida se dará orden de arrancar el siguiente grupo de frío. Además se dará un tiempo de retardo a esta orden de arranque para evitar que ciertas situaciones transitorias o fallos de lectura y comunicación provoquen arranques intempestivos de los grupos.

En cuanto a que, para la siguiente orden de arranque, se tengan que cumplir dos condiciones simultáneamente se debe al propio funcionamiento de las enfriadoras y, que es imprescindible conocer para gestionar de forma eficiente el control. Las enfriadoras arrancan los circuitos de forma secuencial, y es por eso que si sólo tuviese un circuito activo podría encontrarse en la situación límite, justo antes del arranque del otro circuito, en la que la temperatura de condensación del circuito activo supere el límite establecido de la orden de arranque del siguiente grupo de frío pero la corriente absorbida no sea muy elevada por lo que, cuando el sistema propio de la máquina

mande arrancar el siguiente circuito, se baje la temperatura de condensación. Así se soluciona esa situación transitoria sin necesidad de arrancar de forma intempestiva otro grupo de frío.

Del mismo modo se puede hacer un análisis similar para cuando tenemos una corriente absorbida muy alta pero una temperatura de condensación.

Estas situaciones justifican con claridad el uso de la simultaneidad en las condiciones de arranque del siguiente grupo de frío.

### Análisis económico.

Toda inversión, tanto en tiempo como en dinero, necesita una justificación económica. Los grupos de frío, representan en verano, un altísimo porcentaje del consumo eléctrico del hospital y teniendo en cuenta que no se han hecho modificaciones notables en otros aspectos que influyan en la carga eléctrica, un análisis del consumo eléctrico durante los meses de funcionamiento de las enfriadoras puede dar una idea del éxito en las modificaciones introducidas.

El consumo aproximadamente es:

Teniendo en cuenta que las modificaciones aquí expuestas se realizaron en Mayo 2012

Se puede observar la disminución en el consumo eléctrico y sobre todo en la reduc-

Grupo	labs al 100% (A)
1	≈810
2	≈810
3	≈810
4	≈810
5	≈810
6	≈950

ción del coste, a pesar de la subida del precio del kWh

### Disminución consumo eléctrico. (Mayo-Junio).

447.717 kWh respecto a 2011.  
1.087.750 kWh respecto a 2010.  
Disminución €. (Mayo-Junio).  
32.074,31 € respecto a 2011.  
67.906,48€ respecto a 2010.

### Conclusiones.

Una instalación hospitalaria se encuentra “viva” durante toda su vida útil, es decir, es susceptible a que ocurran cambios que provoquen la necesidad de una variación en las exigencias de funcionamiento y por lo tanto la instalación de control que gobierne esos equipos debe cumplir unos requisitos de flexibilidad y funcionalidad que permitan a los equipos adaptarse a las exigencias diarias.

Que las ampliaciones en las instalaciones se produzcan mediante nuevos equipos ajenos inicialmente al sistema de control, no

es excusa para no realizar sobre ellos un control efectivo y eficiente.

Sin embargo todo esto debe de hacerse desde un punto de vista analítico y crítico con las estrategias de control existentes, todo puede ser mejorado. Sin lugar a dudas el análisis de las soluciones y los cambios en la programación conllevan tiempo, tiempo que se traduce en un coste económico pero el ahorro que se puede llegar a conseguir compensa con creces esa inversión y, no sólo eso, se genera un ahorro en otros aspectos, hay una disminución, por ejemplo, del coste de oportunidad que provocan los avisos al personal de mantenimiento.

Con lo cual por todo esto y por la búsqueda de una estrategia de control que se adapte completamente a las necesidades y exigencias de la instalación que se esté manteniendo, el análisis funcional de los equipos y de las soluciones de programación es una necesidad imperiosa en una instalación hospitalaria que se debe de llevar a cabo con personal específico y especializado.

Finalmente agradecer a todo el servicio de mantenimiento del HURH su implicación y su ayuda, en especial al jefe de servicio Luis Martín Gil, el ingeniero de clima William Santos Porras y los técnicos Fernando Santamaría y Felipe de Vega sin los cuales no se podría haber llevado a cabo esta experiencia.

