

# Diseño y evaluación de un *edificio inteligente* para centros de educación superior

Germán Rodríguez Álvarez\*

---

## Resumen

*Este artículo presenta la metodología o secuencia de pasos necesarios para la elaboración de un diseño de automatización direccionado al control de las variables más relevantes en los centros de educación superior. Además, se muestran las características técnicas de los equipos utilizados y la forma como fueron evaluadas las diferentes áreas proyectadas.*

**Palabras claves:** Domótica, edificios inteligentes.

## Abstract

*This article shows the methodology and the obligatory steps to elaborate an in automated design leading to control the most important variables at universities and other educative institutes. Also, we pointed out the common techniques of the equipment used and how we evaluated the different planned areas.*

**Key words :** Domotica, intelligent building.

---

Fecha de recepción: 20 de abril de 2001

## INTRODUCCIÓN

El desperdicio producido en el campo de energía eléctrica en las universidades ha creado la necesidad de implementar sistemas capaces de controlar todas las variables involucradas en los centros de educación superior, en busca de un mejor manejo de todos los recursos utilizados en el desempeño de las labores cotidianas. Por todas estas razones nace la necesidad, en los centros de educación superior, de diseñar edificios inteligentes. Se entiende por «edificio inteligente» aquel que es capaz de manejar todas las variables involucradas en los diferentes ambientes presentados en este tipo de instituciones, a través de sistemas distribuidos que le dan a todo proyecto de automatización una mayor flexibilidad y adaptabilidad a los cambios posteriormente realizables; además es necesario la capacidad de crear una sinergia entre los equipos instalados para un mejor manejo de los recursos compartidos entre los diferentes sistemas.

---

\* Ingeniero Electricista de la Universidad del Norte; Especialista en Automatización de procesos Industriales de la Universidad de los Andes; Especialista en Gerencia de Empresas Comerciales y Resslerer Intelligent Building and Installing & Connectorizing Systems Networks LAN for AMP CONNECT. (gerodrig@uinorte.edu.co).

Los pasos utilizados en el diseño de este edificio inteligente fueron los siguientes:

1. Definir las áreas que se iban a cubrir
2. Definir las variables que se debían controlar
3. Investigar los sistemas más utilizados actualmente
4. Especificaciones de equipos y materiales que se iban a utilizar
5. Determinar tipos de conductores que se deben a utilizar
6. Escoger el sistema de respaldo eléctrico
7. Evaluar los diferentes sistemas

- **Definir áreas que se iban a cubrir**

El primer paso que se debe realizar es la definición de los ambientes que proyectamos automatizar. Para esto debemos tener en cuenta el tipo de institución al cual proyectaremos el diseño y cuáles son las áreas de principal interés. Es importante recalcar que al momento de automatizar un edificio podemos encontrar gran cantidad de sistemas que le darían un alto grado en tecnología pero que no necesariamente indiquen una importancia o relevancia al momento de ser implementados. Al momento de tomar esta decisión es importante crear un listado de los sistemas por los cuales debemos comenzar, principalmente si se tiene un presupuesto ya otorgado. Entre los sistemas designados como principales encontramos: Sistema de iluminación, sistema de climatización, sistema contra incendio, sistema de control de acceso, sistema de control de agua y sistema de audio y video.

- **Variables que se debían a controlar**

Después de haber definido las diferentes áreas que se van a cubrir se debe tener en cuenta la variable principal que controla ese ambiente. Es importante recalcar que no es lo mismo el área que se va a cubrir que la variable principal. Por ejemplo, en el manejo de los aires acondicionados, el área que se va a cubrir es el sistema de climatización, mientras que la variable que se va a controlar es la temperatura y el personal que se encuentra en los recintos. En la siguiente se presentan las áreas y las variables utilizadas.

Área que se va a cubrir	Variable principal
Sistema de iluminación	Presencia en aulas
Sistema de climatización	Temperatura
Sistema contra incendio	Calor y cantidad de humo
Sistema de acceso	Personal autorizado
Sistema de audio y video	Distribución de señales
Sistema de control de baños	Presencia en los sistemas

## • **Sistemas usados actualmente**

Entre los sistemas usados actualmente podemos señalar dos tipos: aquellos que utilizan como medio de comunicación y control una red independiente y aquellos que se basan en redes existentes para la transmisión de datos; el caso más común para este sistema es el uso de la red de energía de 110 V. El segundo caso es más común para la automatización de viviendas, debido a la facilidad para su instalación (y podemos decir que es el futuro de ésta); este sistema se basa en el uso de dos dispositivos, un receptor y otro transmisor, que se encargan de manejar las señales codificadas a través de la red de potencia.

El uso de la transmisión de datos a través de la red de potencia nos parece la mejor manera de trabajar el control en los centros de educación superior, debido al ahorro inicial, ya que no tenemos necesidad de crear otra red de cableado sólo para control; además de la facilidad de su instalación y mantenimiento. La selección de este sistema, conocido como X10, se basa en la comparación realizada entre los centros de educación superior y viviendas, ya que el nivel de ruido en éstas no es tan alto como en un sistema industrial, y tampoco necesitamos el mismo nivel de precisión necesario en la industria.

## • **Especificaciones de equipos y materiales**

Las especificaciones de los diferentes equipos que se van a utilizar es de gran importancia, debido a que por medio de éstas podemos medir la viabilidad técnica para la instalación de nuestro sistema teniendo en cuenta principalmente el tipo de comunicación empleada por cada dispositivo, niveles de voltaje y funciones que se deben realizar.

## • **Tipos de conductores que se deben utilizar**

Los tres tipos de cable reconocidos por ANSI/TIA/EIA-568-A para distribución horizontal de un cableado estructurado son:

1. *Par trenzado*, cuatro pares, sin blindaje (UTP) de 100 ohmios, 22/24 AWG
2. *Par trenzado*, dos pares, con blindaje (STP) de 150 ohmios, 22 AWG
3. *Fibra óptica*, dos fibras, multimodo 62.5/125 mm

Además, para la conexión entre algunos sensores y sus controladores se deben utilizar cables apantallados número 18 o 22, dependiendo de la cantidad de ellos.

- **Sistema de respaldo eléctrico**

Conociendo ya la cantidad de equipos que se debe utilizar y sus especificaciones técnicas, es importante diseñar las diferentes conexiones y alimentaciones necesarias para el buen funcionamiento de todo los sistemas. Es importante tener en cuenta el voltaje de alimentación y la potencia requerida para todos los equipos, para de alguna manera dimensionar los aparatos de respaldo eléctrico, como son los sistemas de alimentación ininterrumpida (UPS) para las cargas esenciales y plantas de emergencia para las demás cargas.

- **Evaluar los diferentes sistemas**

La evaluación de los sistemas es el último paso para la realización de todo proyecto. En el caso de edificios inteligentes existen algunos sistemas difíciles de evaluar, debido a que presentan una mejora tecnológica que le da a toda la edificación un mayor confort y prestigio; factores que no son fáciles de evaluar en el campo económico.

Para evaluar el sistema de iluminación se calcularon las pérdidas ocasionadas por la utilización de los equipos instalados en las aulas de clase en momentos en que el salón se encontrara desocupado; además se tuvo en cuenta el número de horas que permanecían vacíos estos recintos, de acuerdo con diferentes factores de utilización. Ya calculada la energía desperdiciada, se multiplica por el precio del KWH para hallar la cantidad de dinero pagado adicional y compararlo con los costos de materiales, montaje y transporte que proporcionaría un sistema de iluminación automatizado.

El método utilizado para evaluar el sistema contra incendio varía un poco. En este caso se comparó el costo de inversión inicial de este tipo de sistemas (materiales, montaje y transporte) con el costo de los materiales que se deben proteger donde quedarán ubicados los sensores y sistemas de extinción que en algún momento evitarían la pérdida de grandes cantidades de materiales y colocar en riesgo las vidas humanas que normalmente se encuentran en estos sitios.

En cuanto al sistema de control en los baños, se utilizó una evaluación muy parecida a los sistemas de iluminación, debido a su comparación con los desperdicios ocasionados por sistemas no automatizados, aunque su cálculo varía un poco con los costos o inversión inicial de estos sistemas. Para el cálculo de desperdicios en los baños, principalmente en los lavamanos, se tuvieron en cuenta los siguiente factores: Flujo de agua por el tipo de llave, el tiempo promedio de lavado, tiempo desperdiciado, el flujo de personas, dependiendo de las horas y el precio del agua.

- **Selección del sistema de refrigeración**

Para la selección de los equipos utilizados en el sistema de refrigeración o climatización se desarrollaron los siguientes pasos:

- ***Cálculo de la carga térmica***

Para el cálculo se escogieron las condiciones externas e internas a las que puede estar sometido un salón de clases.

Las condiciones de temperatura en el exterior e interior son las siguientes:

$$T_d : 23^{\circ}\text{C} = 73^{\circ}\text{F}$$

$$T_{bh} : 27^{\circ}\text{C} = 81^{\circ}\text{F}$$

$$T_{bse} : 32^{\circ}\text{C} = 90^{\circ}\text{F}$$

$$f_{int} : 50\%$$

$$f_{ext} : 67\%$$

Este último dato se obtuvo con la diferencia de temperatura ( $T_{bh} - T_{bse}$ ) y la carta psicrométrica<sup>1</sup>.

Una vez obtenida estas condiciones se procede a realizar el cálculo respectivo<sup>2</sup> para hallar los calores sensibles y latentes que pueden existir en el salón de clases, y así determinar la carga térmica.

- ***Cálculo de las pérdidas por accesorios y tuberías***

Para las pérdidas por tubería se debe hallar el diámetro necesario para manejar los caudales requeridos por piso; esto se obtiene por medio de la siguiente fórmula:

$$V = (0.408 * Q) / d^2 \text{ (3)}$$

Una vez obtenida el diámetro de la tubería se procede a calcular las pérdidas por piso. Ya calculadas las pérdidas en tubería y accesorios y con los caudales máximos requeridos por piso, nos podemos remitir a un catálogo de bombas, para así escoger la bomba que se debe utilizar.



- *Comparación de costos de operación y adquisición de equipos de absorción vs compresión mecánica<sup>1</sup>*

GaS	(US dólares)	Compresión mecánica	(US dólares)
torre	\$ 87800 <sup>00</sup>	compresor	\$84000 <sup>00</sup>
chiller	\$ 30800 <sup>00</sup>	manejadora	\$29000 <sup>00</sup>
fan coil	\$9253 <sup>00</sup>	fan coil	\$9253 <sup>00</sup>
total	\$127853 <sup>00</sup>	total	\$122253 <sup>00</sup>

- *Comparación de costos de operación mensual equipo de absorción vs compresión mecánica*

Para el costo del consumo del equipo de compresión mecánico supondremos un compresor de tornillo cuya potencia de consumo es de 90KW para un equipo de 100TR, es decir:

$$\begin{aligned} \text{Consumo Eléctrico} &= \text{KW} * \text{Horas} * \text{costo Kw/hr} * \text{Mes} \\ &= 90\text{Kw} * 14\text{Horas} * 89.4 * 30 \end{aligned}$$

$$\text{Consumo Eléctrico} = \$ 3.397.320^{00}$$

Para el consumo del equipo de absorción nos basamos en información obtenida a través de Internet, de los equipos TRANE de 100TR, cuyo consumo lo da en MBH (Mega Btu/hr); dicho valor hay que dividirlo entre el hhv (High Heat Value), cuyo valor es de (1000BTU/ft<sup>3</sup>).

$$\begin{aligned} 1191(\text{MBTU/hr})/\text{HHV} &= 1191\text{MBTU/hr}/ 1000\text{BTU/ft}^3 \\ &= 1191 \text{ft}^3/\text{hr} \end{aligned}$$

$$1191 \text{ft}^3/\text{hr} * 0.3048(\text{m}^3/\text{ft}^3) = 33.72\text{m}^3/\text{hr}$$

$$\begin{aligned} \text{Consumo gas} &= \text{m}^3\text{gas consumido} * \text{horas} * \text{Costo m}^3\text{gas} * \text{mes} \\ &= 33.72\text{m}^3/\text{hr} * 14\text{hr} * 231 * 30 = 3.296760 \end{aligned}$$

$$\text{Consumo Gas} = \$3.296.760^{00}$$

Comparación de costos de operación mensual absorción vs compresión mecánica	
Gas	Compresión mecánica
\$3.296.760	\$3.379.320

<sup>1</sup> Agradecimientos especiales a los estudiantes egresados del programa de Ingeniería Mecánica Leonardo Archila, y del Programa de Ingeniería Eléctrica Rafael Chiquillo e Iván Solano.

## CONCLUSIONES

1. Comparando los costos iniciales de los equipos, el mantenimiento y el precio de consumo de energía, se recomienda un equipo de compresión mecánica, utilizando un circuito de agua fría para la alimentación de los *fan coil*.
2. De acuerdo con la selección de las bombas, se llegó a la conclusión de utilizar dos bombas por diferentes razones: Costos de mantenimiento en los equipos; si utilizamos una sola bomba se tendría que mantener una en *stock* para cualquiera eventualidad o para cuando se le realice mantenimiento a los equipos no dejar fuera de servicio todo el sistema.
3. Entre mayor sea las toneladas de refrigeración que se va a utilizar, el tipo de compresores que se debe usar no debe ser de tornillo, sino una técnica más avanzada que la utilizada por los de compresores desarrollada por TRANE, en el cual el consumo de kw/hr será de 0.45KW por tonelada de refrigeración, lo cual disminuiría el consumo de energía.
4. La utilización de un sistema de refrigeración por absorción por quemado directo de gas natural sólo será rentable en la medida en que se emplee su capacidad durante períodos de trabajo cercanos a las 24 horas del día.<sup>4</sup>
5. El diseño de un edificio inteligente presenta muchos factores que lo convierte en una producción multidisciplinaria.
6. Los sistemas de automatización tienden a ser cada vez más distribuidos, lo cual les da mayor flexibilidad y adaptabilidad.
7. No todos los sistemas instalados en un edificio inteligente repercuten en una ganancia económica; algunos simplemente representan un confort y un avance tecnológico.

## Referencias

### LIBROS

- LASERNA. «Edificios Inteligentes y Domótica». Barcelona. Editorial Logical Design, 1999, p. 278.
- «The Data Acquisition Systems». México, Omega, 2000. 367 p.

### REVISTAS

- «Catálogo de EBC ingeniería», año 2000.

- Catálogo de Smarthome, año 1999.

#### URL

- [http://www.goto.com/d/search/p/go/?Partner=go\\_home&Keywords=domotica&Go=Search](http://www.goto.com/d/search/p/go/?Partner=go_home&Keywords=domotica&Go=Search). 25 de enero de 2001.
- <http://personal.redestb.es/atdomotic/>. 23 de febrero de 2001.

#### TESIS

- ARCHILA L. «Acondicionamiento de un prototipo del bloque «C» y comparación de costo de un equipo de absorción vs compresión mecánica».
- CORREDOR L. «Influencia de la actual coyuntura energética sobre las rentabilidades de los sistemas de refrigeración de gas natural y compresión mecánica». Noviembre, 1998.