



# UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

---

---

## FACULTAD DE INGENIERÍA

“PROPUESTA DE CAMBIO EN LOS SISTEMAS  
DE CÓMPUTO Y DE CONTROL DE UN  
EDIFICIO INTELIGENTE.”

### TESIS

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE  
**INGENIERO MECÁNICO**

### PRESENTA:

JAVIER CUAUHTZIN VARGAS TRUJILLO

DIRECTORA DE TESIS:

DRA. MAGDALENA TRUJILLO BARRAGÁN



MÉXICO, D.F.

2012

## Agradecimientos

Concluye una etapa de mi vida, en la que he crecido académica y personalmente. Sin embargo, veo complicado el haber logrado esto sin el apoyo de las personas que me han rodeado, apoyándose siempre de una manera u otra, todas ellas con palabras alicientes para siempre superarme, por ello doy gracias a quienes hicieron posible el que pudiera lograr uno de mis objetivos.

En primera instancia quiero agradecer a mi Alma máter, la Universidad Nacional Autónoma de México, que me acogió desde que inicié mis estudios de secundaria, y a la Facultad de Ingeniería, por brindar e impulsar el conocimiento (que es el motor y la base de un país) acorde a las necesidades de nuestra sociedad. A todos mis maestros que en cada clase me brindaron sus conocimientos, sus experiencias y la constante motivación por crecer, por estar siempre orgulloso de ser parte de la máxima casa de estudios.

A mis padres Ixcoatl y María, por siempre apoyarme e impulsarme a ser mejor, por hacerme creer en mí mismo, por recordarme en todo momento que aquello que deseamos es posible con dedicación y esfuerzo, siempre manteniendo una conducta ética y responsable, porque la verdadera riqueza se lleva en el alma. A mi hermana Ayari, por su compañía, por ser un ejemplo a seguir. A mi madrina Flor, quien siempre ha estado pendiente de mí. A mi tío Cuauhtzin por su bondad y por enseñarme el valor de una familia unida.

A mi novia Araceli, a quien admiro como mujer, como persona y como la gran investigadora que es. Por estar siempre a mi lado, por todos los momentos felices que hemos compartido, por todas las cosas que aprendo de ella... Te amo.

A la Dra. Magdalena Trujillo por no descuidar mi crecimiento académico.

A mis amigos, con los que juntos hemos recorrido el camino, muchos de ellos desde la prepa. A Francisco por su perseverancia, por siempre mantenernos unidos. A David por ser alguien en quien siempre he podido confiar.

Son más que merecidos estos agradecimientos pues un engrane es solamente un pequeño elemento de una gran maquinaria, que por sí solo jamás tendrá movimiento.

# Propuesta de cambio en los sistemas de cómputo y de control de un edificio inteligente

## Índice:

Introducción	I
Definición del problema	III
Objetivo general	III
Objetivos particulares	III
Hipótesis	IV
Alcances	IV
Limitaciones	IV
1.- Antecedentes	1
1.1.- Edificios inteligentes	1
1.1.1.- Finalidades de un edificio inteligente	2
1. 1. 2.-Grados de inteligencia	4
1.2.- Sistemas de control	5
1.2.1.- Sistemas centralizados	8
1.2.2.- Sistemas distribuidos	8
1.3.-Puntos de control	9
1.3.1.- Elementos sensores	9
1.3.2.-Elementos controladores	10
1.3.3.-Elementos actuadores	11
1.3.4.- Equipos auxiliares	11
1.4.-Sistemas que conforman un edificio inteligente	12
1.4.1.- Control ambiental: Sistemas HVAC	12
1.4.2.- Control de iluminación	15
1.4.3.-Control energético: Plantas de emergencia, subestación eléctrica	18
1.4.4.- Control de seguridad: CCTV, control de accesos y control de rondas	20

1.4.5.- Control del sistema de alarmas y detección de incendio	25
1.4.6.- Control de ascensores	27
1.4.7.- Control de motores varios: bombas de agua, cisterna, tanque, bombas de emergencia	28
1.5.- Sistema de distribución	28
1.5.1.- Subsistema de estación de trabajo	29
1.5.2.- Subsistema de cableado horizontal	30
1.5.3.- Subsistema de cableado principal (vertical)	30
1.5.4.- Subsistema sala de equipo	30
1.5.5.- Subsistema de administración	30
1.5.6.- Subsistema de campus	31
2.- Estado actual del edificio Sede	32
2.1.- XBSi	32
2.2.- Sistemas que componen el XBSi	34
2.2.1.- Sistemas de automatización	34
2.2.2.- Sistemas de protección	45
2.3.- Estrategias de control del XBSi	56
2.4.- Sistema de distribución del XBSi	57
2.5.- Arquitectura del XBSi	58
2.6.- Propuesta de los requerimientos y necesidades mínimas para migrar el actual sistema de control y automatización	61
3.- Propuestas de nuevos sistemas	69
3.1.- Antecedentes	70
3.1.1.- Bus de comunicación	70
3.1.2.- Arquitectura del sistema	72
3.1.3.- Protocolos de comunicación	72
3.4.- Motivos para cambiar de sistema	76
3.5.- Propuestas de otros sistemas alternos al XBSi	79
3.5.1.- Asintelix	79
3.5.2.- Grupo ISC	82
3.5.3.- Abastecedora Vica	86

3.6.- Comparación de las propuestas	89
3.6.1.- Análisis de la tabla comparativa	92
3.7.- Comparación económica / Evaluación de alternativas	95
3.7.1.- Análisis de reposición utilizando un periodo especificado	96
Conclusiones	99
Bibliografía	101

## **Introducción:**

En la actualidad las personas necesitan estar seguras, cómodas y confiables en el medio en el que se desenvuelven, ya sea en su hogar o en la empresa, y para esto se han implementado dispositivos y sistemas para poder satisfacer esta necesidad, lo que provoca que el usuario tenga confianza en los sistemas que velan por el, además de brindarle la sensación de seguridad y comodidad.

Poco a poco fueron surgiendo los dispositivos o sistemas llamados “inteligentes”, a los cuales se les nombró así porque son capaces de realizar tareas por sí mismos reaccionando con el medio. Es decir, empezaron a ser altamente automatizados por medio de la integración de todos sus sistemas.

A mediados de la década de 1980 surge el concepto de Edificio Inteligente, donde algunas revistas empezaron publicar versiones de los “Edificios Inteligentes”. Publicaciones concernientes con sistemas mecánicos hablaban sobre edificios que tenían sistemas de automatización que significaban ahorro de energía y que hacían más eficiente el consumo de la misma. Algunas otras revistas hablaban sobre el avance significativo de los sistemas de telecomunicaciones, lo cual significaba eficientar los esquemas de comunicación en un edificio y hacerlo más inteligente, esto atrajo la atención de constructores de edificios y del mercado inmobiliario.

Esta nueva propuesta integró todos los aspectos de comunicación, seguridad, control del sistema de temperatura y la administración de energía dentro del edificio. El diseño de estas estructuras cubrió las necesidades reales de los usuarios y administradores, haciendo uso de todos los posibles adelantos tecnológicos, incluyendo además, factores humanos, ergonómicos y ambientales.

Hoy en día las compañías constructoras que se mantienen evolucionando en su ramo y que siempre buscan la mejora continua han aconsejado y presionado a los arquitectos y a los propietarios de edificios que se decidan por construir edificios inteligentes. Los edificios inteligentes son más atractivos y más fáciles de arrendar que los edificios comunes. Los edificios comunes a veces carecen de facilidades y servicios que hoy en día son necesarios para cualquier cliente y por eso muchos de ellos se deciden por buscar alternativas que puedan satisfacer sus necesidades de negocio y de comunicación.

Por tanto, un edificio inteligente es un edificio que provee un ambiente productivo, eficiente y seguro de trabajo al usuario a través de la optimización de sus elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y administración, relacionándolos entre sí para un mejor rendimiento tecnológico, ambiental y económico.

Con el constante desarrollo de la tecnología y el rápido crecimiento dentro de la industria de la construcción y la automatización resulta complicado estar siempre a la vanguardia en cuanto a innovación, seguridad y control se refiere. Por ello, sistemas que en el momento de la implementación se consideraban como tecnología de punta han pasado a convertirse en equipos y tecnología obsoleta.

La obsolescencia es, también, consecuencia directa de las actividades de investigación y desarrollo que permiten en tiempo relativamente breve fabricar y construir equipos mejorados con capacidades superiores a las de los precedentes. El paradigma, en este caso, lo constituyen los equipos informáticos y electrónicos capaces de multiplicar su potencia en cuestión de meses.

Aunque algunas veces la obsolescencia está asociada con la edad de una tecnología, no necesariamente hace referencia a su antigüedad. Este concepto está más ligado a la eficiencia de una tecnología y a su incompatibilidad con los sistemas tecnológicos. La obsolescencia realmente puede ocurrir por cambios técnicos que se incorporan en las nuevas tecnologías que las hace más eficientes o productivas.

En el proceso de elección de una tecnología, además de analizar las características de las tecnologías disponibles, se requiere analizar que tan rápido se desarrolla ese campo para poder conocer que tanto tiempo será una tecnología vigente.

Considerando el constante y veloz crecimiento tecnológico, una tecnología en particular puede ser competitiva a una escala y obsoleta en otra. En virtud de que algunas innovaciones crean tecnologías sustitutas de las tecnologías en uso, muchas de estas tecnologías se vuelven obsoletas a través del tiempo, y otras se vuelven obsoletas por el decrecimiento de su demanda.

## **Definición del problema:**

La tecnología con la que se cuenta en el edificio “Sede”, ubicado en Av. Insurgentes Sur 2417, Col. San Ángel, ha pasado a quedar obsoleta, tanto en el aspecto de software como de hardware. Los mantenimientos preventivos y correctivos se han tenido que ir realizando en periodos más cortos de tiempo, las fallas en dispositivos de campo como en la misma estación de trabajo son cada vez más frecuentes, ocasionando mayores gastos en mantenimiento, en refacciones y una disminución considerable en la confiabilidad y operatividad de los sistemas; requiriéndose por estas razones realizar una migración que se apegue a los requisitos y necesidades del edificio, considerando que una acción de este tipo puede dar mayor valor al inmueble, brindar una mayor seguridad, confiabilidad y ergonomía a los usuarios a la vez que se reducen costos de mantenimiento y operación.

## **Objetivo general:**

Hacer un estudio de las condiciones del sistema de automatización y seguridad del edificio Sede, presentando una propuesta de los requisitos mínimos para realizar una migración, y posteriormente otras propuestas de tres diferentes empresas de automatización con el objeto de dar a conocer nuevas y diferentes alternativas. Se analizará también cómo se conforma la estructura de un edificio inteligente, pretendiendo que la información aquí presentada se tome como base y análisis para justificar y considerar de manera seria y apegada a las necesidades del inmueble la migración del sistema de automatización y control existente.

## **Objetivos particulares:**

1. Analizar el estado actual de los sistemas de cómputo y de control del edificio Sede del Poder Judicial de la Federación , ubicado en Insurgentes sur 2417, Col. San Ángel, en la delegación Álvaro Obregón, considerado como edificio inteligente, construido en 1995.
2. Proponer los requisitos mínimos que debe tener el nuevo sistema para ser afín a las necesidades del edificio.
3. Proponer alternativas de sistemas de cómputo e interfases que optimicen la comunicación con el control y automatización del edificio.
4. Integrar los equipos necesarios para el correcto funcionamiento del sistema de automatización y control, considerando la mejor propuesta presentada para la migración, con el fin de conseguir ahorros significativos de mantenimientos y energía eléctrica.



## **Hipótesis:**

Con el cambio de controladores y sistemas de cómputo, se dará mayor eficiencia y rapidez a las respuestas de los equipos de control, mejorando el funcionamiento de los parámetros que integran los sistemas de automatización y control, logrando tener ahorros de energía al optimizar horarios, tiempos de respuesta de los equipos, logrando también aumentar la seguridad, confiabilidad y ergonomía dentro del inmueble.

## **Alcances:**

- El presente trabajo pretende impulsar la migración a un sistema actual de automatización y control, que cuente con refacciones fácilmente accesibles, que brinde facilidad de integración de diversos sistemas, y que cuente con una vigencia tecnológica en software y hardware fácilmente escalable.
- Impulsar y dar mayor difusión al tema de edificios inteligentes, dando a conocer sus beneficios y ventajas a favor de consumos de energía menores, mayor seguridad, confiabilidad y ergonomía para quienes ahí laboran.

## **Limitaciones:**

- El presente trabajo se baso en el estado actual del edificio Sede tanto en equipos periféricos como en el propio sistema de cómputo, con el cual se controla y monitorea el edificio Sede del Poder Judicial de la Federación.
- Las cotizaciones y propuestas se consideran en base a los sistemas ya existentes, considerando únicamente la integración de los sistemas hidráulicos y de energía.

# Capítulo 1

## 1- Antecedentes

### 1.1.- Edificios inteligentes

Es común, y casi indispensable, en relación a edificios y zonas de trabajo, hablar hoy en día de la importancia de las instalaciones de climatización, iluminación, distribución de energía, seguridad, protección contra incendios, redes de comunicación y transmisión de datos y de computación que van desde un servidor hasta equipos en red agrupados en espacios predeterminados para centros de cómputos. La centralización de los datos del edificio posibilita supervisar y controlar confortablemente desde una PC los estados de funcionamiento o alarmas de los sistemas que componen la instalación, así como los principales parámetros de medida.

Ante esto surge la necesidad de ahorrar energía, de contar con una comunicación efectiva, clara y rápida, seguridad, comodidad y confort de los trabajadores, la modularidad de los espacios y equipos, y la posibilidad de dar un mayor ciclo de vida a un edificio; esto ha propiciado el concepto de "edificios inteligentes", término muy novedoso y desconocido para muchas personas.

La gran mayoría ha oído hablar sobre el tema o lo ha leído en revistas, periódicos, televisión, etcétera, pero muy pocos saben lo que significa en realidad. En México existe el Instituto Mexicano del Edificio Inteligente (IMEI), en el que la mayoría de sus miembros son ingenieros mecánicos, eléctricos, de sistemas, civiles y arquitectos, aunque contados, lo que se puede atribuir a dos razones: la novedad del tema y la idea de algunos arquitectos de que su única tarea es diseñar estéticamente, sin tomar en cuenta la tecnología y los adelantos sociales, culturales o económicos que se viven hoy en día.

El término de edificio inteligente o “edificio de la siguiente generación” fue acuñado cerca de los años 80’s y las discusiones y promociones de ellos han continuado desde entonces (Flores, 2010).

Cuando este concepto fue introducido originalmente al mercado la tecnología era cara y complicada. Hoy en día la capacidad de integración de las plataformas vía web y los dispositivos configurables vía IP están disponibles por un número considerable de proveedores. La tecnología ya no está en su fase experimental, sino que se trata de una tendencia generalizada en todos los ámbitos. Teniendo como resultado que la tecnología se ha vuelto práctica y económica de implementar en un edificio inteligente.

Es muy difícil dar con exactitud una definición sobre un edificio inteligente, por lo que se citarán diferentes conceptos, de acuerdo a la compañía, institución o profesional del que se trate:

- *Intelligent Building Institute (IBI), Washington, D.C., E.U.:* Un edificio inteligente es aquel que proporciona un ambiente de trabajo productivo y eficiente a través de la optimización de sus cuatro elementos básicos: estructura, sistemas, servicios y

administración, con las interrelaciones entre ellos. Los edificios inteligentes ayudan a los propietarios, operadores y ocupantes, a realizar sus propósitos en términos de costo, confort, comodidad, seguridad, flexibilidad y comercialización (Geissler, 1992).

- *Compañía Honeywell, S.A. de C. V., México, D.F.:* Se considera como edificio inteligente aquél que posee un diseño adecuado, que maximiza la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes, permitiendo la incorporación y/o modificación de los elementos necesarios para el desarrollo de la actividad cotidiana, con la finalidad de lograr un costo mínimo de ocupación, extender su ciclo de vida y garantizar una mayor productividad estimulada por un ambiente de máximo confort (Sosa, 1995).

- *Compañía AT&T, S.A. de C.V., México, D.F.:* Un edificio es inteligente cuando las capacidades necesarias para lograr que el costo de un ciclo de vida sea el óptimo en ocupación e incremento de la productividad, siendo inherentes en el diseño y administración del edificio (AT&T, S.A. de C.V.,1993).

- *Instituto Mexicano del Edificio Inteligente, A.C (IMEI), México, D.F.:* El IMEI establece que un edificio inteligente debe cumplir con 5 puntos de igual importancia:

- 1.- Eficiencia en el uso de energéticos
- 2.- Adaptabilidad a un bajo costo de los continuos cambios tecnológicos requeridos por sus ocupantes y su entorno.
- 3.- Capacidad de proveer un entorno ecológico interior y exterior respectivamente habitable y sustentable, altamente seguro que maximice la eficiencia en el trabajo a los niveles óptimos de confort de sus ocupantes.
- 4.- Eficazmente comunicativo en su operación y mantenimiento.
- 5.- Operación y mantenimiento bajo estrictos métodos de optimización.

### **1.1.1.- Finalidades de un edificio inteligente**

De acuerdo a las ideas más sobresalientes de compañías enfocadas a la automatización y eficiencia en edificios se enlistan una serie de objetivos y finalidades que buscan conseguir los edificios inteligentes:

#### **Arquitectónicos:**

- Satisfacer las necesidades presentes y futuras de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio.
- La funcionalidad del edificio.
- Mayor confort para el usuario.
- La no interrupción del trabajo de terceros en los cambios o modificaciones.
- El incremento de la seguridad.
- La humanización de la oficina.

### **Tecnológicos:**

- La disponibilidad de medios técnicos avanzados de telecomunicaciones.
- La automatización de las instalaciones.
- La integración de servicios

### **Ambientales:**

- La creación de un edificio saludable.
- El ahorro energético.
- El cuidado del medio ambiente.

### **Económicos:**

- La reducción de los altos costos de operación y mantenimiento.
- El incremento de la vida útil del edificio.
- La posibilidad de cobrar precios más altos por la renta o venta de espacios.
- El incremento del prestigio de la compañía.

El Intelligent Building Institute (IBI) divide las necesidades de los ocupantes, propietarios y operadores del edificio en cuatro partes o elementos:

**a)** La estructura del edificio. Todo lo que se refiere a la estructura y diseño arquitectónico, incluyendo los acabados y mobiliario. Entre sus componentes están: la altura de losa a losa, la utilización de pisos elevados y plafones registrables, cancelería, ductos y registros para las instalaciones, tratamiento de fachadas, utilización de materiales a prueba de fuego, acabados, mobiliario y ductos para cableado y electricidad.

**b)** Los sistemas del edificio. Son todas las instalaciones que integran un edificio; entre sus componentes están: aire acondicionado, calefacción y ventilación, energía eléctrica e iluminación, controladores y cableado, elevadores y escaleras mecánicas, seguridad y control de acceso, seguridad contra incendios y humo, telecomunicaciones, instalaciones hidráulicas, sanitarias y seguridad contra inundación.

**c)** Los servicios del edificio. Como su nombre lo indica, son los servicios o facilidades que ofrecerá el edificio; entre sus componentes están: comunicaciones de video, voz y datos, automatización de oficinas, salas de juntas y cómputo compartidas, área de fax y fotocopiado, correo electrónico y de voz, seguridad por medio del personal, limpieza, estacionamiento, escritorio de información en el lobby o directorio del edificio, facilidad en el cambio de teléfonos y equipos de computación, centro de conferencias y auditorio compartidos, y videoconferencias.

**d)** La administración del edificio. Se refiere a todo lo que tiene que ver con la operación del mismo, entre sus variables están: mantenimiento, administración de inventarios, reportes de energía y eficiencia, análisis de tendencias, administración y mantenimiento de servicios y sistemas. La optimización de cada uno de estos elementos y la interrelación o coordinación entre sí, es lo que determinará la inteligencia del edificio.

## **1. 1. 2.-Grados de inteligencia**

Existen tres grados de inteligencia, catalogados en función de la automatización de las instalaciones o desde el punto de vista tecnológico:

**Grado 1.** Inteligencia mínima. Es un sistema básico de automatización del edificio, el cual no está integrado, es decir existe una automatización de la actividad y los servicios de comunicaciones, aunque no están integrados (Ortiz, 2009).

**Grado 2.** Inteligencia media. Tiene un sistema de automatización del edificio totalmente integrado. Se tienen sistemas de automatización de la actividad; sin una completa integración de las telecomunicaciones (Ibidem).

**Grado 3.** Inteligencia máxima o total. Los sistemas de automatización del edificio, la actividad y las comunicaciones, se encuentran totalmente integrados (Ibidem).

El sistema de automatización del edificio se divide en: sistema básico de control, sistema de seguridad y sistema de ahorro de energía.

El diseño y conformación definitiva deben cumplir con criterios de confiabilidad y flexibilidad para integrar los distintos componentes, y adaptarse al crecimiento y desarrollo de nuevos servicios dentro del edificio. Debe definirse cómo tiene que ser el canal que contendrá los cableados, los cuartos de máquinas y sus necesidades suplementarias de energía, la localización de los motores, su alimentación y la ventilación de los gases que emanen para su funcionamiento o las provisiones energéticas para que en caso de corte los usuarios no pierdan información y puedan seguir trabajando.

Por otro lado, la envergadura de algunos grandes edificios modernos, hace imposible pensar en algún otro sistema, pues a la larga se dispararían los costos de electricidad o de dotación de aire acondicionado para cada oficina. En este sentido, los especialistas afirman que los mayores costos iniciales de construcción de estos edificios inteligentes pueden ser de 5 a 10% y se amortizan entre 3 y 5 años, con los siguientes beneficios: menores costos operativos (fundamentalmente por el ahorro energético), mayor seguridad, mayor confort y menor impacto ambiental.

Para lograr el ahorro de la energía, el sistema inteligente efectúa acciones tales como control de ocupación, disminución de ingreso de aire exterior con el sistema economizador, mejora del proceso de arranque y parada de equipos, ciclado y rotación de cargas, control de calidad del aire, secuenciamiento de equipos y control de demandas. Además, los edificios inteligentes aseguran la entrega ininterrumpida de energía con la utilización de distintos tipos de UPS.

Al analizar la problemática que confrontan los edificios desde el punto de vista tecnológico basados en elementos tales como la seguridad, el confort, la economía y las comunicaciones, se encuentra que la escasa seguridad de las personas y de los bienes se convierte en el tema prioritario a solucionar. El factor económico se convierte en la segunda preocupación después de la seguridad.

De esta manera las ventajas que ofrece el aumento de la seguridad y funcionalidad, la reducción de gastos de energía, el control y registro de los consumos, la reducción en los costos de mantenimiento y la mejora de las comunicaciones internas y externas de una

edificación, emergen como características de los edificios inteligentes de consideración el momento del diseño.

El sistema de seguridad protege a las personas, los bienes materiales y la información. En la seguridad de las personas, destacan los sistemas de detección de humo y fuego, fugas de gas, suministro de agua, monitoreo de equipo para la extinción de fuego, red de rociadores, extracción automática de humo, señalización de salidas de emergencia y el voceo de emergencia. Para la seguridad de bienes materiales o de información, tenemos el circuito cerrado de televisión, la vigilancia perimetral, el control de accesos, el control de rondas de vigilancia, la intercomunicación de emergencia, la seguridad informática, el detector de movimientos sísmicos y el de presencia.

El sistema de ahorro de energía es el encargado de la zonificación de la climatización, el intercambio de calor entre zonas, incluyendo el exterior, el uso activo y pasivo de la energía solar, la identificación del consumo, el control automático y centralizado de la iluminación, el control de horarios para el funcionamiento de equipos, el control de ascensores y el programa emergente en puntos críticos de demanda.

La inteligencia de un edificio comienza desde la planificación y el diseño, y debe verificarse hasta su uso, mantenimiento y su flexibilidad a los cambios futuros tales como la incorporación de nuevas tecnologías, actualización de equipos y cambios en la distribución interna de los ambientes, entre otros; en ese momento se puede decir que se diseña un edificio inteligente (Méndez, 2002).

El edificio Inteligente es el producto de la convergencia de una gran cantidad de criterios. Estos, pueden delimitarse en aspectos tecnológicos, sociales y económicos. Los criterios tecnológicos existen porque los edificios inteligentes se basan en una serie de sistemas derivados en su mayoría de la electrónica, de los sistemas de seguridad, de los desarrollos utilizados para sustituir funciones humanas (automatización), y de las telecomunicaciones todo ello haciendo uso de la capacidad de procesamiento digital progresivo de los diferentes elementos.

El edificio inteligente proporciona un sinnúmero de beneficios y ventajas inalcanzables mediante una instalación tradicional. Si se tuviera que resumir las principales razones para instalar un sistema inteligente, sin duda serían éstas: seguridad, confort, comunicación y economía. Pero sin duda, estas cuatro razones mencionadas se reducen a una sola razón: aumentar la calidad de vida de los individuos.

## **1.2.- Sistemas de control**

Un sistema es una combinación de componentes que actúan conjuntamente para lograr cierto objetivo; control es la acción o el efecto de poder decidir sobre el desarrollo de un proceso o sistema. También se puede entender como la forma de manipular ciertas variables para conseguir que ellas u otras variables actúen en la forma deseada.

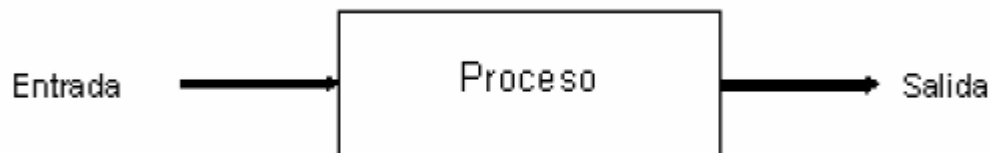
El control automático es una de las disciplinas de mayor relevancia y desarrollo dentro de la ingeniería en los países industrializados, interrelacionando consideraciones y procedimientos de las Ingenierías Química, Mecánica, Electrónica e Informática. La

tendencia actual en el campo del control automático es la sustitución de las comunicaciones analógicas por las digitales. Dicho desarrollo ha ido de la mano con el auge de las tecnologías digitales como sustitutos de las tecnologías analógicas tradicionales (Rojas, Joaquín).

Un sistema de control es un conjunto de componentes que regula su conducta o la de otros sistemas con el objetivo de lograr un funcionamiento predeterminado.

Esta es la razón por la que los sistemas de control son empleados alrededor de nosotros en la tecnología moderna. Estos tienen una gran variedad de aplicaciones en una infinidad de campos, que sin ellos, muchos de los avances tecnológicos actuales no serían posibles. Los sistemas de control se encuentran en nuestras casas, autos, fábricas, telecomunicaciones, medicina, transporte, en el área militar y sistemas aeroespaciales por mencionar solo algunos. Ejemplos de los sistemas de control en nuestra vida cotidiana son un termostato que regula la temperatura ambiente de un cuarto, o el control de crucero que regula la velocidad de un automóvil. Típicamente, el cerebro de un sistema de control es un algoritmo que procesa las señales que son aplicadas a la entrada de un sistema para que todas las salidas actúen de forma tal para lograr los valores de referencia deseados. Implementaciones prácticas involucran a un controlador, un sensor (o sensores) que miden la respuesta del sistema, y un actuador (o actuadores) que aplican las acciones requeridas al sistema. Las acciones pueden ser fuerzas físicas, señales eléctricas, productos químicos, o cualquier otra variable que afecte el estado del sistema.

Un sistema de control es una interconexión de componentes con el objetivo de proporcionar una respuesta deseada del sistema. La base para el análisis de un sistema es el fundamento proporcionado por la teoría de los sistemas lineales, la cual supone una relación de causa-efecto para los componentes de un sistema. Por tanto, un componente o proceso que vaya a ser controlado puede ser representado mediante un bloque como el de la figura 1.1.



*Fig. 1.1. Esquema básico representativo de un proceso*

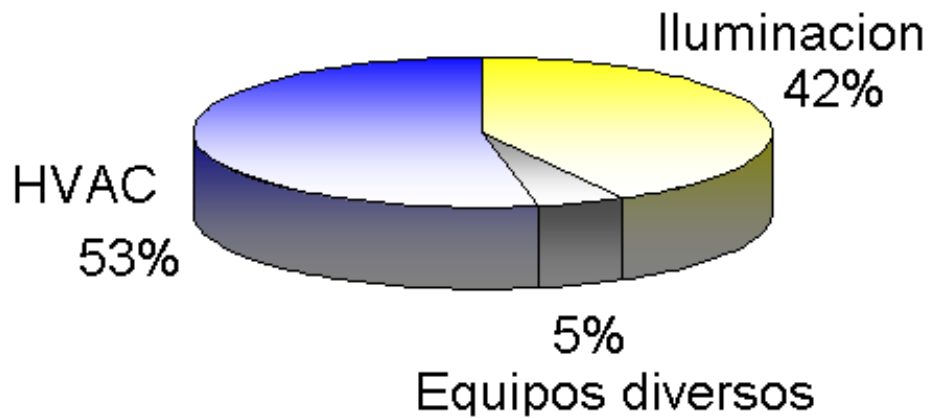
Los controles automáticos se utilizan siempre que se deba controlar una condición variable. Las aplicaciones de los sistemas de control automáticos varían desde la regulación de la temperatura residencial, hasta el control preciso de procesos industriales.

El control automático requiere un sistema donde exista una variable controlable. Un sistema de control automático controla la variable manipulando una segunda variable. La segunda variable, llamada variable manipulada, produce los cambios necesarios en la variable controlada.

Por ejemplo en un sistema de aire acondicionado, la variable controlada se mantiene variando la salida del equipo mecánico por medio de un lazo de control automático. Un lazo de control consta de un elemento sensor, tal como un sensor de temperatura, que recibe una entrada, un controlador que procesa la entrada y produce una señal de salida; y un elemento de control final, tal como una válvula, que funciona conforme a la señal de salida.

El sensor puede ser parte o no del controlador, y se localiza en el medio controlado. El sensor mide el valor de la variable controlada y envía al controlador la señal resultante. El controlador recibe la señal del sensor, la compara con el valor deseado, o punto de ajuste, y genera una señal correctiva para dirigir el funcionamiento del dispositivo controlado. Este dispositivo modifica el agente de control para regular la salida del equipo de control que produce la condición deseada.

Una de las mayores preocupaciones de los administradores de edificios es el ahorro de energía, lo cual se ve reflejado en un ahorro considerable de dinero. El mayor porcentaje de consumo de energía lo ocasionan los sistemas de Calefacción, Ventilación y Aire Acondicionado (HVAC, Heating, Ventilating and Air Conditioning). Un correcto diseño en el sistema de control brindará a los ocupantes un ambiente confortable, mejorará la productividad de los empleados, control de humos en caso de incendio y monitoreo de todo el equipo de control del edificio mediante la operación de una computadora y equipo de telecomunicaciones. Los equipos de control son esenciales para la propia operación del sistema y de ser posible deberá ser considerado desde el inicio del diseño del proceso.



*Fig. 1.2. Consumo de energía en edificios típicos según el IMEI, notas del diplomado IMEI 2011*

Los componentes de los sistemas de control consisten en elementos sensores, controladores, actuadores y equipos auxiliares. Los controles automáticos optimizan la operación de los sistemas HVAC. Ellos pueden ajustar temperaturas y presiones automáticamente para reducir la demanda cuando las áreas se encuentran desocupadas y regular la refrigeración y calefacción para proveer condiciones de confort, limitando así el uso de la energía. Los controles de límites proporcionan una operación segura de los equipos HVAC y prevén daños al personal y al sistema. Algunos ejemplos de controles de límite son: controladores de bajo límite de temperatura los cuales ayudan a prevenir



congelamiento en serpentines de agua o intercambiadores de calor, sensores de flujo de agua que aseguran la operación de equipos como enfriadores, bombas, etc., y sensores de flujo de aire para asegurar la operación de un ventilador. En caso de condiciones de incendio, la distribución del aire controlado permitirá la libre evacuación del humo y la detección de humo en ductos de aire podrán cerrar las compuertas para prevenir que se extiendan el humo y los gases tóxicos.

### **1.2.1.- Sistemas centralizados**

En estos sistemas la unidad de control esta concentrada en un único dispositivo, en el que se ejecuta un programa previamente establecido, el cual genera las acciones de control para cada uno de los dispositivos. Estos dispositivos se comunican permanentemente con una unidad central que recoge toda la información generada, sirviendo también como bases de datos.

### **1.2.2.- Sistemas distribuidos**

El control ha evolucionado paralelamente con la telemetría, entendida como la forma de comunicación entre los instrumentos que conforman el bus, llegando a definir tres fases del desarrollo: control neumático, control electrónico y control basado en microprocesadores (Rojas, Evolución del control).

A diferencia del DDC que es un sistema altamente centralizado, el sistema de control distribuido, como su nombre lo indica, distribuye las tareas de control entre un grupo de microprocesadores en diferentes ubicaciones y que se encuentran interconectados a través de un bus.

En estos sistemas el control se encuentra descentralizado, y se alberga en cada uno de los componentes. Las instalaciones son, de esta forma, mucho más flexibles e independientes, aunque la programación resulta más complicada al tener que hacerlo sobre cada uno de los componentes individuales. Debe existir algún protocolo de comunicación entre los diferentes componentes. En este tipo de sistemas, por lo tanto, puede que no exista como tal un módulo o unidad central. En algunos casos, los sistemas distribuidos pueden requerir una unidad que permita albergar una estrategia de control. En estos casos se puede añadir un módulo al bus, pero con la distinción de que este no lleva el control sobre los otros, solo les transmite las instrucciones adecuadas para llevar a cabo alguna de las tareas programadas. Además si este módulo se desconecta accidental o intencionalmente, el sistema seguirá funcionando.

La unidad central, en caso de que exista como tal, se caracteriza principalmente por el número de entradas y salidas que permite conectar, siendo de diferentes tipos estos puntos de control.

### 1.3.-Puntos de control

Los puntos de control son conexiones de comunicación entre controladores de microprocesador, sensores y dispositivos a controlar, existen cuatro tipos diferentes de puntos, Entradas Digitales (DI) por sus siglas en inglés, Salidas Digitales (DO), Entradas Análogas (AI) y Salidas Análogas (AO).

**Entradas Digitales:** Al hablar de digital significa que la parte o pieza del equipo puede tener uno de dos posibles estados, encendido o apagado (ON-OFF) y la entrada se refiere a la información que se envía al controlador digital. De esta forma una entrada digital es una señal de encendido o apagado que se envía al controlador. Otros nombres para digital son contacto, dos posiciones, binario, discreto o lógico. Ejemplos de entradas digitales son los switches de ocupación-desocupación, switches de flujo o switches de presión estática.

**Salidas digitales:** Una salida digital es una señal de encendido-apagado (ON-OFF) enviada desde el controlador, esto es el opuesto a la entrada digital, ejemplos de salidas digitales son las calefacciones eléctricas, serpentines de expansión directa, ventiladores de inyección y retorno, arranque de boiler y chillers.

**Entradas Análogas:** Las entradas análogas son un tipo de punto de control, de forma contraria a las señales digitales las cuales son únicamente de dos estados encendido-apagado; las señales análogas tienen un rango de posiciones donde fijar el equipo o dispositivo, al ser una entrada estamos hablando de señales que se envían hacia al controlador, otros nombres que se emplean para las entradas analógicas son proporcional, numérica, o modulante. Ejemplos de estas señales son la temperatura exterior de cuarto, temperatura del agua, humedad de zona, presión estática, etcétera.

**Salidas Análogas:** Una salida análoga es una variación o modulación que se envía desde el controlador al dispositivo. Ejemplos de ellas son válvulas de agua helada, compuertas de aire exterior, variadores de frecuencia y actuadores para cajas VAV.

#### 1.3.1.- Elementos sensores

Un sensor es un dispositivo capaz de transformar magnitudes físicas o químicas en magnitudes eléctricas con el objetivo de medir la variable a controlar. Los elementos sensores utilizados dependen de las variables de instrumentación y pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, flujo, etc.

En los elementos sensores de temperatura podemos encontrar los que se componen de una tira bimetal, de un elemento de varilla y un tubo, de un fuelle sellado incorporado a un capilar o bulbo, de alambre resistivo, o una resistencia térmica.

Los sensores de presión pueden medir la presión atmosférica, que es la fuerza que el aire ejerce sobre la atmósfera, el elemento para esta presión se denomina barómetro. Se puede medir también la presión manométrica, que es la que ejerce un medio distinto al de la

presión atmosférica, esta presión se mide con un manómetro; también otra presión bastante utilizada es la presión diferencial, que mide la diferencia de presión entre dos puntos diferentes.

Los controladores de presión utilizan fuelles, diafragmas o dispositivos sensores de presiones similares. El dispositivo es colocado directamente en el medio bajo presión, así el movimiento del dispositivo sensible a la presión opera el mecanismo de un controlador conmutador neumático o eléctrico. Algunas variaciones de sensores de presión miden el rango y cantidad de flujo, el nivel de líquido y la presión estática. Los sensores en estado sólido pueden utilizar el efecto de piezoelectricidad, donde el aumento de la presión ejercida sobre cristales de silicio produce cambios de resistencia en los cristales.

Los elementos que miden la humedad relativa por lo regular son de dos tipos: mecánicos y electrónicos. Los elementos mecánicos se expanden y contraen a medida que cambia el nivel de humedad, se denominan elementos “higroscópicos”. Se pueden utilizar varios elementos higroscópicos para producir una salida mecánica, pero el elemento que mas se utiliza es el nylon. A medida que cambia el contenido de humedad en el aire circundante, el elemento de nylon absorbe o libera humedad, expandiéndose o contrayéndose, respectivamente. El movimiento del elemento opera el mecanismo del controlador.

Los sensores de flujo miden el rango y flujo de un líquido o gas en volumen por unidad de tiempo. Es difícil medir con precisión el flujo bajo todas las circunstancias. Para seleccionar la mejor técnica para medir el flujo se deben tomar en cuenta muchos aspectos, principalmente el grado de exactitud deseada, el medio utilizado y el grado de variación en el flujo medido.

La figura 1.3 muestra un termostato para cuarto con perilla de ajuste de apertura y cierre de aire maraca Honeywell®.



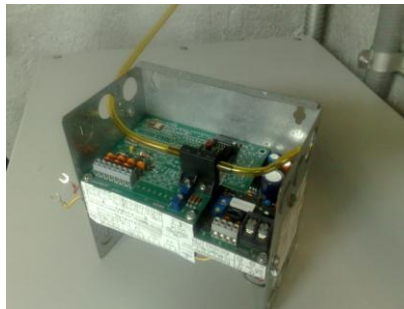
*Fig. 1.3. Elemento sensor de temperatura*

### **1.3.2.-Elementos controladores**

Los controladores reciben las entradas de los sensores. El controlador compara la señal de entrada con la condición deseada o punto de ajuste y genera una señal de salida para operar un dispositivo controlador. El controlador puede tener un sensor integrado, por ejemplo, un termostato, o éste puede estar ubicado a cierta distancia del controlador.

Los controladores pueden ser electrónicos o basados en microprocesadores. Un controlador electrónico provee un control en dos posiciones, flotante o de modulación, y pueden utilizar la entrada de un sensor mecánico, tal como un bimetálico, o una entrada electrónica como la de un elemento de resistencia o termopar. El controlador basado en microprocesadores utiliza lógica digital para comparar las señales de entrada con el resultado deseado, y calcula una señal de salida utilizando ecuaciones o algoritmos programados en el controlador. Las entradas de este tipo de controlador pueden ser señales analógicas o en off/on, que representan las variables medidas. Las señales de salida pueden ser en off/on, analógicas o por pulsos.

La figura 1.4 muestra un controlador de la marca Honeywell basado en microprocesador para controlar el sistema de aire acondicionado para cajas tipo VAV con sensor de presión diferencial integrado.



*Fig. 1.4. Controlador marca Honeywell®*

### **1.3.3.-Elementos actuadores**

Un actuador es un dispositivo que convierte energía eléctrica hidráulica o neumática en una acción giratoria o lineal. El actuador produce un cambio en la variable controlada, operando diversos dispositivos de control final, tales como válvulas y compuertas.

En general los actuadores neumáticos proveen acción proporcional, lo que significa que pueden mantener cualquier posición en función de la presión del aire que se les suministra.

Los actuadores hidráulicos son alimentados con un fluido a presión y se obtiene un movimiento con una determinada velocidad, fuerza, o bien velocidad angular y momento a partir de la pérdida de presión de un determinado caudal del fluido en cuestión.

Los actuadores eléctricos sólo requieren de energía eléctrica como fuente de poder, son los más utilizados, por su fácil y preciso control.

En la figura 1.5 se muestra un actuador marca Honeywell de acción giratoria para cajas de aire tipo VAV.

### **1.3.4.- Equipos auxiliares**

Entre los equipos auxiliares se pueden mencionar los siguientes: Transductores para convertir señales de un tipo a otro, por ejemplo, de neumática a eléctricas, relevadores e

interruptores para manipular señales, suministros de energía eléctrica y aire comprimido para alimentar el sistema de control, así como dispositivos indicadores para facilitar el monitoreo de la actividad del sistema de control.



*Fig. 1.5. Controlador marca Honeywell®*

## **1.4.-Sistemas que conforman un edificio inteligente**

Al hablar de un edificio inteligente nos viene a la mente una edificación "tecnológicamente avanzada", es decir, que cuentan con dispositivos de última generación, que permiten que el sistema nos alerte, nos proteja, trabaje para nosotros y nos haga ahorrar dinero; comportándose como el sistema nervioso central del edificio, mediante una plataforma tecnológica que permita el establecimiento del "edificio conectado" con medidas de seguridad y control de acceso, climatización integral, posibilidad de zonificar el aire e iluminación, ascensores con sistemas de optimización de flujo, servicios de datos, voz y seguridad de forma integrada, e incorporar en esa estructura dispositivos y terminales de comunicaciones, audiovisuales y de tele-asistencia, que faciliten al usuario la utilización de todos los servicios, centros de mensajes, correo electrónico, salas de videoconferencia y uso de UPS.

Los edificios inteligentes, además de ajustar su funcionamiento a determinados parámetros de acuerdo con programas establecidos, cuentan con todos los recursos de las comunicaciones y la informática avanzada. Para ello agregan la automatización de gestión, seguridad y ahorro energético, una infraestructura integrada que permite las máximas prestaciones en los campos de las telecomunicaciones y la automatización de oficinas.

### **1.4.1.- Control ambiental: Sistemas HVAC (calefacción, ventilación, aire acondicionado) humidificación**

La climatización de un edificio con la tecnología actual plantea diversos sistemas y equipos que, adecuadamente elegidos, pueden brindar altos grados de confort compatibles simultáneamente con significativos ahorros energéticos. Esto lleva a su difusión y masificación, generando una forma distinta de vivir y habitar esos ámbitos.

No se concibe hoy en día un espacio de vivencia o trabajo sin un adecuado nivel de climatización, que no es solamente el tradicional aire acondicionado y/o calefacción, tal como generalmente se lo entiende, sino que más tiene que ver con adecuados niveles de

temperatura, ventilación, filtrado del aire, humidificación y la posibilidad de modificar los parámetros a lo largo del día por la consecuente variación diaria de cargas exteriores según las diversas orientaciones del edificio. También según la estación climática del año, a fin de obtener las condiciones ambientales apropiadas utilizando exclusivamente la mínima energía necesaria.

La comodidad térmica es el objetivo de los sistemas de climatización o también llamados HVAC, sin embargo está sujeta a tres factores:

- **El factor humano:** La manera de vestir, el nivel de actividad y el tiempo durante el cual las personas permanecen en la misma actividad, influye sobre la comodidad térmica.
- **El espacio:** La temperatura media ambiental que se encuentra en los lugares de trabajo.
- **El aire:** Su temperatura, velocidad y humedad relativa.

Entre estos factores, el humano puede ser muy variable, puesto que depende del gusto o actividad de las personas. Los otros factores pueden controlarse para ofrecer una sensación de bienestar.

El cambio de la manera de construir los edificios, los métodos de trabajo, y los niveles de ocupación han creado nuevos parámetros a los que los diseñadores ahora deben prestar atención. Los edificios modernos tienen más carga térmica que hace algunos años, por varios motivos como pueden ser:

- **La temperatura exterior:** Los elementos separadores del interior de los edificios con el exterior no son impermeables al paso del calor, aunque pueden aislarse convenientemente. El calor pasa desde el ambiente más cálido al ambiente más frío dependiendo de la diferencia de temperaturas entre ambos ambientes.
- **La radiación solar:** Con el desarrollo de los nuevos edificios, las nuevas técnicas han favorecido el empleo del cristal y el incremento térmico es considerable en verano cuando la radiación solar los atraviesa, pero es favorable en invierno, disminuyendo las necesidades de calefacción.
- **La ventilación:** La introducción de aire exterior en el edificio puede modificar la temperatura interna de éste.
- **La ocupación:** El número de ocupantes influye en la temperatura interior de los edificios, generando cada uno un incremento de carga térmica según la actividad realizada.
- **La ofimática:** La proliferación de aparatos electrónicos, computadoras, impresoras, y fotocopiadoras, que forman parte de las oficinas modernas, generan cargas térmicas importantes.
- **La iluminación:** La iluminación es un factor de calentamiento importante. Se estima que el calor generado por 3 watts de iluminación requieren 1 watt de HVAC para compensar (Urquijo, 2011).

Unas malas condiciones climáticas pueden ocasionar efectos negativos en la salud que variarán en función de las características de cada persona y su capacidad de aclimatación,

así, podemos encontrar resfriados, deshidratación, hipertermia y aumento de la fatiga, lo que puede originar situaciones de riesgo para la salud de los trabajadores, que se conocen como estrés térmico, bien por calor o por frío, por lo que el único medio de asegurar esta comodidad térmica es la climatización.

## **Sistemas HVAC**

HVAC es un acrónimo para designar las funciones de calefacción(heating), ventilación(ventilating) y aire acondicionado(air conditioning); este sistema es una tecnología de control interior ambiental diseñado para el confort. Los sistemas HVAC son una subdisciplina de ingeniería mecánica basada en los principios de termodinámica, mecánica de fluidos y transferencia de calor.

Un correcto diseño de un sistema de control para HVAC proporciona a los ocupantes un ambiente confortable, incrementos en la productividad, condiciones eficientes para la manufactura o fabricación, control de humos en caso de un incendio, y proporciona un buen soporte para la operación de computadoras y equipos de telecomunicaciones. Los controles son un elemento esencial para la correcta operación de un sistema de acondicionamiento y se deben tomar en cuenta en la etapa más temprana posible del proceso de diseño.

Los controles automáticos regulan la salida de un sistema de HVAC en respuesta de las variaciones de las condiciones interiores y exteriores para mantener las condiciones generales de confort en áreas de oficinas y proveer temperaturas y humedad precisas cuando es requerido en áreas de producción para productos de alta calidad.

Los controles automáticos optimizan la operación de los sistemas de HVAC, con ellos se pueden ajustar automáticamente las temperaturas y presiones para reducir la demanda cuando los espacios están vacíos y regular el calentamiento y el enfriamiento para proporcionar condiciones de confort limitando los consumos de energía.

## **Enfriamiento**

Tanto el calor sensible como el calor latente incrementan la carga de enfriamiento de un edificio. El aumento de calor es sensible cuando este se incorpora en el espacio acondicionado. El calor es latente cuando se produce humedad en el espacio. Por ejemplo, el vapor emitido por ocupantes u otras fuentes. Para mantener una relación constante de humedad en el espacio, el vapor de agua se debe eliminar en la misma proporción en la que la humedad entra al espacio.

La orientación del edificio, las sombras interiores y exteriores, el ángulo del sol y los vientos predominantes afectan la cantidad de calor por ganancia solar, lo cual puede ser una fuente predominante de calor. El calor solar que se recibe de las ventanas ocasiona que el calor aumente de manera inmediata. Las superficies del edificio absorben la energía solar, se calientan y transfieren el calor al aire interior. El cambio de temperatura en cada capa de una superficie mixta depende de la resistencia al flujo de calor y del grosor de cada material.

### **1.4.2.- Control de iluminación**

El control de iluminación constituye la piedra angular del control energético de todo el edificio. Con un correcto control se pueden disminuir cargas máximas o se puede reaccionar ante necesidades energéticas cambiantes. Mediante un sencillo clic se puede controlar la iluminación, así esta se convierte en un elemento energético manejable que pasa a formar parte integral de la estrategia de control y ahorro de energía

La iluminación representa un 38% de la utilización anual de electricidad en los edificios comerciales de los EE. UU (Urquijo, 2011). La integración de la iluminación en un sistema de automatización ayuda a reducir costos con soluciones de control, ya sea por zonas o por puntos específicos; con esto se reducen los costos de funcionamiento y aumenta la productividad y la comodidad de los empleados, de esta manera se busca conseguir el máximo confort, con el mínimo consumo de energía posible.

Los intentos convencionales por lograr una iluminación de eficiencia energética normalmente no van más allá de activar o desactivar la iluminación por medio de detectores de movimiento de circuitos de relevadores. Sin embargo, se trata de estrategias que no tienen en cuenta factores tales como la luz natural existente, los usos variables de la iluminación del edificio y las preferencias personales de iluminación.

Para maximizar la eficiencia se integran todas las funciones de control asociadas con la iluminación, como son la detección de presencia, atenuación, creación de ambientes y controles de persianas.

La forma de encender y apagar la iluminación puede automatizarse bajo distintas posibilidades de control y en función de las necesidades de los usuarios. Una de estas necesidades es la actividad que se realiza, por ejemplo, en un salón puede ser deseable aprovechar toda la potencia de la iluminación al estar realizando algún trabajo que demande optimas condiciones de luz, mientras que en la misma estancia solo se desearía un 25% de la capacidad de la misma iluminación al ver presentaciones o al trabajar con proyectores, así como también cuando el cuarto este desocupado no habrá necesidad de que este iluminado.

Además para muchas tareas hace falta tanto luz general como luz puntual. Por ejemplo en un espacio de oficina la luz general es suficiente para zonas de comunes como son pasillos, cocineta etc., mientras que en la mesa de la oficina es necesario luz puntual para leer documentos, para redactar escritos, etc.

Con el control de la iluminación se puede regular ésta de forma automática, dependiendo de los siguientes parámetros:

- Regulación y control por un sistema centralizado de gestión de horarios. El control de iluminación mediante interruptores temporizados es un sistema más radical que los manuales. Las lámparas son apagadas desde un panel central a la misma hora cada día, coincidiendo con los tiempos libres. Los usuarios son libres de reencender aquellas lámparas que consideren necesarias.
- Control del encendido y apagado según presencia en la sala. Se consideran para este aspecto sensores los cuales controlan que la luz esté solamente



conectada cuando realmente hace falta, lo que resulta especialmente apropiado para espacios que se usan sólo por cortos intervalos de tiempo, tales como pasillos, escaleras o baños. Además los sensores se pueden aplicar también a fines de seguridad. Por ejemplo, si se detectan movimientos después de la hora de cierre, se transmite el correspondiente mensaje a la computadora central encargada del control y monitoreo. Los detectores de presencia responden a la ausencia de personas con el apagado del alumbrado artificial. Existen cuatro tipos de detectores de presencia que son los infrarrojos, los acústicos por ultrasonidos, los acústicos por microondas y los híbridos de los dos anteriores.

- Regulación de la iluminación artificial según aporte de luz natural. Esto depende de las condiciones ambientales como por ejemplo luz del exterior que llega a través de las ventanas evitando su encendido innecesario si entra luz suficiente desde el exteriores regulado por el sistema dependiendo de la claridad y de la hora del día. El sistema puede conectar y desconectar automáticamente toda la iluminación del edificio. Esto ahorra energía y reduce el gasto. Un sensor de luz, colocado habitualmente en el techo, mide la cantidad de luz natural que reciben las mesas situados debajo de él, y ajusta automáticamente la aportación de luz artificial necesaria para la correcta realización de la tarea que se desarrolla. Existen dos tipos de sistemas de regulación: -Todo/Nada: La iluminación se enciende y apaga por debajo o por encima de un nivel de iluminación prefijado. - Regulación progresiva: La iluminación se va ajustando progresivamente según el aporte de luz exterior hasta conseguir el nivel de luz prefijado.
- Regulación y control bajo demanda del usuario por interruptor manual, pulsador, potenciómetro o mando a distancia. Es aconsejable que cada circuito de una instalación disponga de un interruptor de encendido o apagado, con control superior al automático, para que pueda ser reactivado a voluntad del usuario si el sistema automático la ha dejado fuera de servicio. Cuando el primer ocupante de un local entra en él, la posibilidad de que encienda el alumbrado depende, principalmente, del nivel de luz natural existente en la sala. Sin embargo, el apagado del alumbrado no se produce hasta que el último ocupante del local lo haya abandonado, o en muchas ocasiones hasta que la persona de seguridad de la empresa realiza la ronda de última hora de la tarde. Por este motivo un simple interruptor manual es una poderosa herramienta para ahorrar energía. Los trabajadores pueden apagar el alumbrado durante su ausencia en una dependencia, horas de comidas, etc.

Como regla a seguir en estos casos el número de interruptores manuales existentes para el control del alumbrado del local o sala, no debe ser menor a la raíz cuadrada del número de luminarias instaladas. Por ejemplo, en una oficina con doce luminarias, el número de interruptores manuales será, como mínimo, de cuatro. La utilización de estas técnicas son muy aconsejables y suponen ahorros en energía muy importantes de hasta el 65%, dependiendo del tipo de instalación (Ezquerro, 2001).

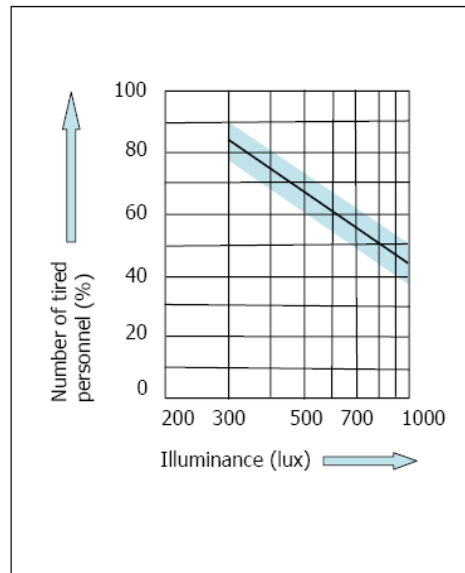
Por medio de un buen diseño del sistema de control y automatización se puede comunicar cada luminaria por separado para tener una configuración por zonas independientes de los circuitos de iluminación, esto permite un control sencillo, rápido, duradero y flexible ante las necesidades cambiantes del edificio, además se puede controlar cualquier luminaria del edificio desde la computadora central o a través de Internet. También hay que considerar la importancia de que las luminarias deberán estar conectadas a varios circuitos, separando las que se encuentran próximas a las ventanas, de tal manera que permita controlar el encendido de éstas de forma independiente del resto de luminarias.

Con una correcta iluminación se mejora el estado de ánimo y la productividad de los empleados, mejora la ergonomía en el trabajo, la productividad del usuario y la satisfacción del propietario mediante la optimización de la calidad de la iluminación y la posibilidad de que los usuarios puedan controlar su propio entorno de trabajo. En la figura 1.6 se muestra una relación de cómo afecta la cantidad de iluminación con respecto al confort en las áreas de trabajo.

## Iluminación industrial: Confort

Iluminación incorrecta:

- Aparición de fatiga
- Sensación de cansancio
- Falta de atención



*Fig. 1.6. Cansancio por iluminación incorrecta según la empresa Philips*

### 1.4.3.- Control energético: Plantas de emergencia, subestación eléctrica

#### Plantas de emergencia

Las fallas eléctricas resaltan el valor de una planta de emergencia cuando es crítico el respaldo de energía durante largos periodos de tiempo. Existe una gran variedad de desastres naturales que pueden provocar fallas en el suministro de electricidad por largos periodos de tiempo: inundaciones, rayos, huracanes etc. Inclusive algo tan simple como un

transformador quemado o un auto chocando contra un poste del servicio eléctrico pueden causar que el servicio sea interrumpido.

En la actualidad en nuestro país la continuidad en el servicio de energía eléctrica por parte de la compañía suministradora se ve afectada con bastante frecuencia. Por esta razón se hace necesario disponer de una planta de luz, para que en caso de emergencia en ningún momento se paraliquen los servicios que son esenciales para las actividades y servicios de un edificio. Entonces la finalidad de la planta de emergencia es la de proporcionar la energía eléctrica necesaria cuando existe una falla en el suministro de la red comercial.

Todos dependemos de la electricidad, así que cuando la falta de energía se extiende por más de algunos minutos la situación se convierte en algo realmente desagradable. Tan pronto la falla de energía se extiende por más de una hora se presentan problemas que pueden ser costosos e inclusive peligrosos como por ejemplo: no funciona el aire acondicionado, la calefacción, el suministro de agua, elevadores, computadoras y todos los demás servicios quedan temporalmente fuera.

Las plantas de emergencia se pueden integrar a los sistemas de automatización de un edificio inteligente para tener un control sobre los parámetros y estado actual de la planta. Como un sistema básico se puede integrar un control como el que se muestra en la figura 1.7, el cual es un sistema de protección y monitoreo. Este control realiza periódicamente lecturas de los niveles de voltaje, amperaje, frecuencia, presión de aceite de la planta, temperatura del agua y voltaje de la batería, los cuales son desplegados en una pantalla digital de 32 caracteres de cristal líquido. El tiempo de operación, puntos de arranque y los mensajes personalizados de la unidad son desplegados de forma automática en el momento en que son requeridos.



*Fig. 1.7. Control PEM CAD de plantas eléctricas*

Del mismo modo, estos controles tienen dispositivos de pre-alarma para casos de funcionamiento anormal del equipo, como falsos arranques, sobrevelocidad, baja presión de aceite o alta temperatura.

Las plantas de emergencia cuentan con un tablero de transferencia, el cual es un equipo que permite que la planta eléctrica opere en forma totalmente automática, las funciones que desempeña este tablero son las de supervisar la corriente eléctrica de la red comercial, sensar el voltaje de alimentación, dar la señal de arranque a la planta cuando el voltaje falta, baja o sube de un nivel adecuado, realizar la transferencia de la carga de la red

comercial a la planta y viceversa, retardar la retransferencia para dar tiempo a la compañía suministradora de normalizar su alimentación, mantener cargado el acumulador y permitir un simulacro de falla de la compañía suministradora.

Uno de los beneficios de incluirlas en el sistema es la de monitorear y controlar remotamente la planta de emergencia. Periódicamente se realizan lecturas de los niveles de voltaje, amperaje, frecuencia, presión de aceite de la planta, modo de operación, estado del motor, parámetros del generador (VCA, Hz, amperes), tiempo de operación, condiciones de falla, temperatura del agua y voltaje de la batería.

## **Subestación eléctrica**

En toda instalación industrial o comercial el uso de la energía eléctrica es indispensable. La continuidad de servicio y la calidad de la energía consumida por los diferentes equipos, así como la requerida para la iluminación, son necesarias para lograr mayor productividad.

Con el fin de lograr una mejor regulación en las tensiones de utilización, la Comisión Federal de Electricidad (CFE) suministran la energía eléctrica en voltajes de clase 15kV, 25kV y 34.5kV, requiriéndose, por lo tanto, de una subestación eléctrica, la cual aparte de realizar esta función se encarga de interconectar circuitos entre sí, con las mismas características de potencia, aunque con características diferentes en algunos casos (voltaje y corriente). Existen en una subestación, interruptores, encargados de unir o abrir circuitos entre sí, transformadores de potencia, encargados de transmitir la potencia de un sistema a otro con las características deseadas de voltaje y corriente, transformadores de medida, que se encargan de medir las características de la señal eléctrica para fines de protección y registro, seccionadores, que unen o separan circuitos, bancos de capacitores, que sirven para compensar la caída de tensión al final de la línea de transmisión, los pararrayos que protegen contra descargas; sólo por mencionar algunos.

Tomando en cuenta que las subestaciones son un componente importante de los sistemas de potencia, además de ser los de mayor costo económico, y que la continuidad del servicio depende en gran parte de ellas; es necesario aplicar a estos sistemas un adecuado mantenimiento y llevar un buen control que nos indique que es lo que esta sucediendo.

Por otra parte los controles a subestaciones eléctricas ofrecen nuevas posibilidades tales como autosupervisión, análisis de señales, facilidades computacionales para los algoritmos de protección, y control, almacenamiento de datos, manejo de eventos y análisis de fallas. Los desarrollos en esta área, aprovechando las nuevas tendencias tecnológicas han logrado una reducción significativa de espacio físico requerido para la instalación de los sistemas de protección, medición, control y supervisión. Así como una significativa reducción en la cantidad de cable utilizado. Lo cual influye directamente en una reducción en los costos del proyecto, mejoras en la operación, reducción y planificación del mantenimiento, y brindan una serie de beneficios que representan ventajas importantes a la hora de compararlos con los sistemas convencionales.

A través de estas unidades de control el sistema realiza las siguientes acciones:

- La adquisición de datos analógicos como corrientes y tensiones, tomados desde los transformadores de corriente y tensión respectivamente, temperatura de equipos, tomados desde, por ejemplo, RTDs (“Resistance temperature device”) en los transformadores, niveles de aceite en los transformadores, presión de gas en los interruptores.
- La adquisición de datos digitales. Incluyendo indicación del estado del equipo, operación local, remota, mantenimiento.

Además a través de estos equipos el sistema de control realiza:

- Mando de los equipos de interrupción por operación de las protecciones de las subestación como la apertura automática de interruptores ante condiciones de falla, la apertura automática de interruptores por disparos transferidos desde otras subestaciones, el cierre automático de los interruptores.

Todo esto se logra utilizando un software en el cual están todos los demás dispositivos que componen el edificio. A través de estos controles, los operadores pueden con facilidad: ordenar la operación de interruptores, cambiadores de toma, seccionadores motorizados de la subestación, examinar la subestación en su conjunto o cualquier parte de la misma a través de los despliegues gráficos configurables, actualizados en tiempo real y con indicaciones de estado y valores medidos.

#### **1.4.4- Control de seguridad: CCTV, control de accesos y control de rondas**

##### **CCTV**

El Circuito Cerrado de Televisión o su acrónimo CCTV (del inglés: Closed Circuit Televisión) es una tecnología de vídeo vigilancia visual diseñada para supervisar una diversidad de ambientes y actividades. El uso más conocido del CCTV está en los sistemas de vigilancia y seguridad y en aplicaciones tales como establecimientos comerciales, bancos, oficinas gubernamentales, edificios públicos, aeropuertos, etc. En realidad, las aplicaciones son casi ilimitadas.

Se le denomina circuito cerrado ya que todos sus componentes están enlazados y además, a diferencia de la televisión convencional, este es un sistema pensado para un número limitado de “espectadores”.

El circuito puede estar compuesto por una o varias cámaras de vigilancia conectadas a uno o más monitores, que reproducen las imágenes capturadas por las cámaras. Aunque, para mejorar el sistema, se suelen conectar directamente o enlazar por red otros componentes como videograbadoras, lo cual resulta lógico pues en casi todos los casos el CCTV tiene que estar acompañado de la grabación de los eventos que se vigila con el objeto de obtener evidencia de todos los movimientos importantes, y además minimizar la vigilancia humana de los monitores.

Algunos sistemas de CCTV cuentan con audio, es decir graba todos los sonidos, voces, ruidos, música, etc., los cuales son recogidos por micrófonos que pueden estar

integrados en la misma cámara de video o como elementos aparte y enviados por un medio de telecomunicación (cable, radiofrecuencia, fibra óptica).

El sistema más simple es una cámara conectada a un monitor a través de un cable coaxial con el suministro de la energía eléctrica para la cámara a través del monitor. Los primeros sistemas incluían una sola cámara, luego aparecieron sistemas con 2, 3 y 4 cámaras las cuales eran secuenciadas automáticamente por el monitor, precisamente por un "secuenciador". Estos sistemas últimamente incluyen un sistema, el cual permite observar las imágenes de las cuatro cámaras en forma simultánea, sin embargo en la actualidad cualquier cámara puede ser seleccionada para poder ser fijada en la pantalla o ser asignada en la selección secuencial en turno.

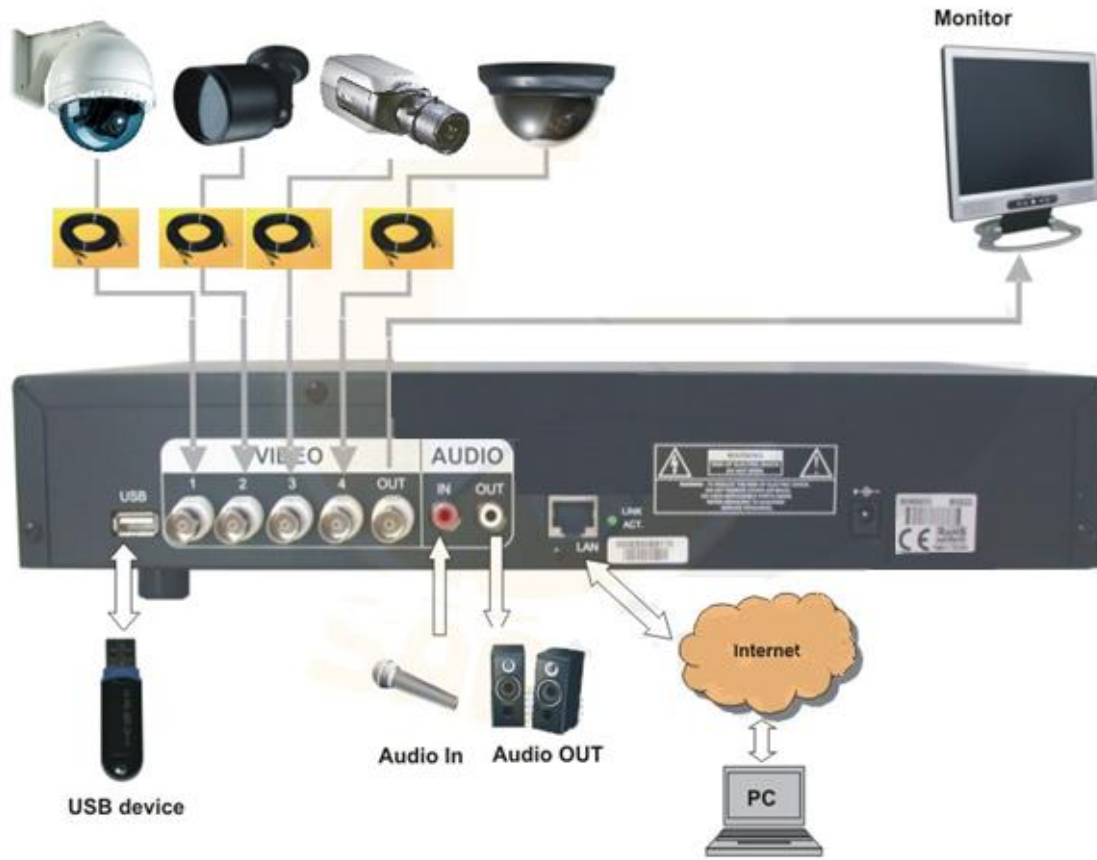
En los sistemas modernos las cámaras que se utilizan están controladas remotamente desde una sala de control, donde se puede configurar su panorámica, enfoque, inclinación, zoom y las diferentes formas en como puede presentarse el monitoreo, ya sea una sola imagen a la vez o múltiples imágenes fijas y/o secuenciadas.

Los sistemas actuales incluyen visión nocturna, operaciones asistidas por modernos software y detección de movimiento que facilita al sistema para ponerse en estado de alerta cuando algo se mueve delante de las cámaras. Todas estas cualidades hacen que el uso del CCTV haya crecido extraordinariamente en estos últimos años.

El sistema de CCTV esta compuesto, aparte de las cámaras y monitores, de un dispositivo de almacenamiento de video (DVR Digital Video Recorder, NVR Network Video Recorder) dependiendo la estructura del circuito ya sea analógico o basado en redes IP. Los DVR's ahora convierten el video análogo de los sistemas de CCTV en sistemas digitales. Al lograr convertir de análogo en digital la evidencia del video, obtenemos un gran número de beneficios, tales como poder almacenar el video en dispositivos como CDs, discos duros, memorias USB etc.; además de poder transmitir esta información a través de redes de datos o Internet. Las videograbadoras digitales también brindan una gran flexibilidad para realizar búsquedas rápidas, impresión de imágenes o solamente respaldar información valiosa.

Los últimos desarrollos incluyen el concepto de grabación de muchas cámaras, conmutación de cientos o miles de cámaras a desde diferentes posiciones separadas hacia docenas de monitores; confiable detección de movimientos a través de una evaluación electrónica de la señal de video; inmediata impresión a color, y el reemplazo de controles manuales con el simple hecho de tocar la pantalla.

La siguiente figura muestra una configuración básica para un sistema de CCTV. Se tienen cámaras de domo y cámaras fijas conectadas a un sistema digital de video-grabación(DVR), del cual se conecta el monitor que permitirá visualizar las imágenes de las cámaras. Adicionalmente se tienen salidas para usb, o la posibilidad de conectarse a Internet por medio de un puerto Ethernet.



*Fig. 1.8. Configuración básica de un sistema de CCTV*

## **Control de accesos**

La seguridad está dada por la prevención, detección y solución de accidentes o imprevistos. Para prevenir y evitar pérdidas robos y accidentes, cada vez es más frecuente que se empleen complejos sistemas de control de accesos que nos permite conocer quién entra, cuándo entra y en dónde entra cada individuo.

Los sistemas de control de accesos por tarjetas de proximidad integran identificación por tarjetas de uso obligatorio para empleados y visitantes, lo que permite registrar los movimientos de las personas en el interior del edificio en combinación con los demás sistemas del mismo, esto ayuda a permitir y/o restringir el acceso y salida del edificio o a partes específicas de este, tanto a pie como en vehículo. La tecnología es llamada de proximidad porque la información de la tarjeta puede ser transmitida sin tocar la lectora, la cual identifica de quien se trata y cuales son los lugares a los cuales tiene permitido el acceso. Este sistema también permite llevar una memoria de eventos, memoria de tarjetas, hacer reportes en tiempo real de los movimientos realizados durante el día para cualquier usuario y activar o desactivar en cualquier momento la tarjeta o algún acceso en especial.

También se utilizan sofisticadas tecnologías biométricas con las cuales se elimina el fraude asociado a suplantaciones por préstamo y robo, tanto de llaves como claves, ya que poseen un manejo avanzado de identificación con el cual permite controlar, limitar, monitorear y revisar el acceso físico.

Los dispositivos biométricos están basados en una tecnología de lectura basada en el reconocimiento en una característica física intransferible de las personas, como por ejemplo, la huella digital.

Existen dos categorías de dispositivos biométricos, los fisiológicos y de comportamiento. Los biométricos de comportamientos identifican características únicas aprendidas como la firma de una persona o como la voz, en la cual compara frecuencias y patrones vocales para identificar a quien habla en el caso de identificación de voz.

La identificación biométrica fisiológica se basa en la medición de características únicas del cuerpo tales como los detalles de las huellas digitales, patrones de las venas de la retina, características del iris o el tamaño y forma de la mano. El dispositivo biométrico compara estas características contra un patrón que ha sido gravado durante un proceso de inscripción.

Los sistemas de lectura biométricos incluyen un sistema de captación y un software biométrico que interpreta la muestra física y la transforma en una secuencia numérica. La principal ventaja de esta tecnología es que es mucho más segura y cómoda que los sistemas tradicionales basados en los passwords o en las tarjetas. En el caso de huella digital, el dispositivo capta la muestra y el software biométrico transforma los puntos característicos de esta muestra en una secuencia numérica a través de un algoritmo matemático, esta secuencia numérica, llamada patrón de registro queda almacenada en una base de datos segura y sirve para las siguientes comparaciones cada vez que la persona autorizada desee acceder al sistema.

Este sistema elimina suplantaciones de identidad de los empleados, controlando el ingreso de personas a lugares prohibidos, organiza las horas de ingreso y salida de los empleados, disminuye costos de funcionamiento, aumenta nivel de confianza para todo el edificio, y también se pueden generar reportes en línea sobre horas de entrada y de salida.

Estos sistemas de acceso biométrico al igual que las lectoras de proximidad posibilitan la configuración de cada unidad desde la computadora central sin necesidad de tener que configurar cada unidad localmente, además las lectoras que son las unidades físicas encargadas de identificar al usuario pueden trabajar en red o en “stand-alone”.

La siguiente figura muestra una lectora biométrica fisiológica (de huella digital) diseñada para la pequeña industria, negocios medianos y casas familiares.





*Fig. 1.9. Lectora biométrica de control de acceso por huella digital.*

### **Control de rondines**

El control de rondas es un sistema práctico y eficaz para controlar que los guardias, personal de vigilancia y/o personal de mantenimiento cumplan los recorridos establecidos, respetando esquemas de horarios fijados para rondas de control y seguridad. Los datos almacenados brindarán información sobre los recorridos o controles realizados.

El lector (bastón) o colector de datos es llevado por el vigilante y cada vez que éste pasa por los puntos del recorrido que se le hayan asignado apoya levemente el lector sobre el punto de control, en ese momento una indicación que puede ser visual o sonora confirma que el punto de control ha sido leído. El lector registra la fecha y la hora de cada botón leído y almacena un registro completo de todas los puntos para luego transferirlos a la computadora.

En la siguiente figura se muestran los componentes que conforman el sistema de control de rondines; lectora tipo bastón, cartera de incidencias y botones de proximidad.



*Fig. 1.10. Elementos del control de rondines*

Los puntos de control son básicamente una pastilla electrónica con encapsulado metálico de alta resistencia, la cual contiene un microchip que posee incorporado un número de código único e irrepitable, denominado Touch Memory, iButton o Memoria de Contacto. Estos puntos de control no requiere alimentación eléctrica ni cableados.

La cartera de novedades o incidencias permite asignar novedades o incidencias a los registros al efectuar la ronda; el vigilante pasa la lectora al punto de control, marca su llegada y luego de observar el lugar marca la novedad o incidencia que corresponda, según lo que haya encontrado. Normalmente estas novedades o incidencias pueden ser: puerta abierta, luces encendidas, sin novedades, intruso en el lugar, etc. marcan las novedades o incidencias en cada punto de control y después aparecen en los listados del software. La denominación de las novedades o incidencias son configurables.

### **1.4.5.-Control del sistema de alarmas y detección de incendio**

Las características principales que se deben valorar en cualquier sistema de detección en su conjunto son la rapidez y la fiabilidad en la detección. De la rapidez dependerá la demora de la puesta en marcha del plan de emergencia y por tanto sus posibilidades de éxito; la fiabilidad es imprescindible para evitar que las falsas alarmas quiten credibilidad y confianza al sistema.

Los sistemas de alarma de detección de incendio nos proveen de notificaciones teniendo como propósito principal el salvaguardar vidas, en segundo lugar su propósito es la protección de la propiedad.

En el escenario de un edificio tradicional al alarmarse el sistema de detección de humo sonará una alarma y se encenderán las luces estroboscópicas. En un Edificio Inteligente la computadora central muestra la localización gráfica de la zona donde se produjo la alarma, el sistema de control de incendios también se comunica con el sistema HVAC cerrando inmediatamente las entradas de aire apagando las unidades manejadoras de aire, encendiendo los extractores de humo y presurizando las escaleras de emergencia, también enviará una señal al sistema de seguridad para que libere todas las puertas y torniquetes para que las personas que se encuentren en el interior del edificio puedan salir a la vez que se enciende la iluminación de las salidas de emergencia. Adicionalmente a todos los sistemas de automatización algunos edificios están equipados con redes de rociadores (sprinklers) para sofocar con agua la zona en donde está el incendio.

Estos sistemas están conectados a un tablero que tiene como labores primordiales recibir toda la información de los dispositivos de entrada, tomar decisiones para controlar a los dispositivos de salida y ser el enlace con la computadora central y a su vez con el personal que supervisa la seguridad y control del edificio.

Los dispositivos utilizados en la detección de incendios se les puede denominar como inteligentes o convencionales, la diferencia fundamental entre los dos tipos de sistemas radica en la habilidad de identificar la ubicación específica de cualquier dispositivo. En un sistema convencional solamente se puede identificar la zona donde se genera la alarma; en un sistema direccionables o inteligente cada detector y módulo tienen una dirección única.

Los dispositivos inteligentes cuentan con un circuito electrónico que les permite comunicarse directamente con el panel de detección de incendio y constantemente brindan información de su estado, otra de sus características es que en su señal de comunicación va a la alimentación eléctrica para su operación.

Los dispositivos convencionales detectan humo o calor, cuentan con un contacto seco, es decir su funcionamiento tiene una lógica binaria y requieren de alimentación eléctrica independiente para su operación. Este tipo de dispositivos requieren de un dispositivo “inteligente” que los hagan identificables, reconocibles para el sistema de detección de incendio, para esto se utilizan los módulos de monitoreo, los cuales son dispositivos direccionables que se comunican directamente con el sistema de detección de incendio y detectan el cierre o apertura de contactos secos, por que solo tienen dos estados, activos o inactivos. En la figura siguiente se muestran algunos dispositivos usados para el sistema de detección de incendios.



*Fig. 1.11. Detector de humo, estación manual y sirena con luz estroboscópica.*

Entre los dispositivos que se encuentran y que se encargan de dar las entradas al sistema de detección se tienen los siguientes:

- Detectores de humo: detectan cierta cantidad de impurezas en el aire que los circunda, causadas por humo o polvo, envían una señal de alarma al tablero y a la computadora central del sistema de alarmas de detección de incendios.
- Detectores de calor: detectan un incremento súbito de temperatura en el aire que los circunda, causada por presencia de fuego, envían una señal de alarma al tablero y a la computadora central.
- Estaciones manuales: son activadas por los ocupantes del edificio en caso de que visualmente se hayan percatado de la presencia de humo, fuego o algún otro incidente que ponga en riesgo la integridad de las personas y/o del inmueble.

- Contactos magnéticos: son supervisores de puertas, sirven para monitorear la apertura de puertas a zonas restringidas.
- Teléfonos de emergencia: están localizados en gabinetes perfectamente identificados para situaciones de emergencia. Estos teléfonos permiten una comunicación directa para cualquier persona que los descuelgue sin necesidad de marcado con los operadores del sistema para que se les proporcione información, o se les de indicaciones a brigadistas o personal de seguridad.
- Botones de asalto: se activan manualmente por los usuarios del edificio con un toque discreto sobre ellos, por lo que se recibe una señal de alarma en el tablero y en la computadora la cual ubicara el sitio donde fue activado.

Los dispositivos de salida se encargan de avisar a los ocupantes del edificio que es lo que esta sucediendo, ya sea por medios visuales, auditivos o ambos, entre ellos se tienen:

- Bocinas y altavoces: son empleadas para informar y/o dar instrucciones verbales al personal del edificio durante y después de una situación de emergencia.
- Sirenas: son una señal de alarma audible de un solo tono, no sirven para emitir mensajes de voz.
- Luces estroboscópicas: son señales de alerta visual, blanca de alta intensidad intermitente. Pueden estar por separado de las sirenas o encontrarse en el mismo dispositivo.

#### **1.4.6.- Control de ascensores**

Debido al precio del terreno y a la densidad de población en las grandes ciudades, el uso de construcciones verticales ha ido aumentando drásticamente. Por esta razón se hace necesario el uso de transporte vertical es decir elevadores, sin embargo el transporte de estos tiende a complicarse debido a la gran demanda de los usuarios y a la considerable distancia que deben recorrer los elevadores para atender las llamadas de los usuarios.

A medida que el inmueble va creciendo con respecto a sus usuarios el servicio se va haciendo ineficiente para atender las llamadas ya que existen llamadas desde casi cada piso del edificio y en estas condiciones muy probablemente el sistema se volvería insuficiente haciendo muy elevados los tiempos de espera de los usuarios, dando como resultado que la mayoría de las llamadas se pierdan por abandono.

Los controladores convencionales usan el principio de aproximación, en el cual el ascensor más cercano y que va en la misma dirección es el encargado de atender la llamada. En estos sistemas hay dos tipos de llamadas: llamadas de piso y llamadas de ascensor. La llamada de piso se registra en cada piso del edificio y solo indica la dirección a la que se dirige el usuario. La llamada de ascensor registra el piso al que se dirige el pasajero que está dentro de el, este sistema hace que se gaste tiempo y energía.

Sin embargo este servicio de transportación interna debe ser prestado de una forma eficiente para aumentar el nivel de eficiencia energética y evitar molestas pérdidas de tiempo al transportarse dentro del edificio.

Para mejorar la eficiencia de los elevadores se integran estos dentro del sistema central de automatización del edificio, el cual permite conocer y mejorar la velocidad con la que viajan, hacer un registro del tiempo que tardan en viajar de un piso a otro, permitiendo calcular el tiempo que el pasajero debe esperar desde que hace la llamada hasta que el ascensor lo recoge y desde luego la energía consumida por el sistema es decir la cantidad de energía medida por cada uno de los ascensores del sistema durante un determinado tiempo.

#### **1.4.7.- Control de motores varios: bombas de agua, cisterna, tanque, bombas de emergencia**

Al igual que otros sistemas en un edificio inteligente se pueden controlar y monitorear las bombas de agua, tanques y cisternas. Pueden controlarse sobrecargas de corriente, temperatura y presión de las bombas, niveles de desborde o falta de agua en los tanques y cisternas. Esto conlleva a un manejo eficiente y una temprana detección de problemas en los dispositivos controlados y así poder evitar problemas que van desde el desperdicio o falta de agua hasta quemar una bomba o provocar una inundación.

Por medio de la automatización de estos sistemas se puede saber cuando hay falta de agua, así se manda una orden para activar el sistema de bombeo y así garantizar automáticamente el suministro ininterrumpido de agua necesaria para instalaciones sanitarias, lavabos, fregaderos, etc., al tiempo que mantiene al mínimo el gasto energético del bombeo.

Se pueden usar variadores de frecuencia ya que el bombeo a velocidades variables en sistemas de flujo variable, permiten ahorrar costos de energía de manera significativa, en comparación con el bombeo a velocidad constante. Este ahorro en costos energéticos se debe a que las bombas que funcionan a menor velocidad o con menor flujo tienen un menor costo de operación que las que trabajan a toda velocidad, de esta manera mientras mayor es la reducción de velocidad, mayor es el ahorro de energía.

Se pueden controlar y monitorear también las bombas contra incendio, tanto eléctricas como de combustión interna, monitoreando su estado de operación o si hay algún cambio en la presión de la red de hidrantes que haga bajar la presión para las bombas contra incendio y estas entren en operación. Al igual que el sistema de bombeo estas bombas pueden funcionar de forma automática controladas por el sistema central o de manera manual.

#### **1.5.- Sistema de distribución**

Un sistema de distribución o cableado estructurado es la red de transmisión dentro de un edificio o un grupo de edificios. Este sistema conecta entre si dispositivos de

comunicación de datos, voz y equipos de comunicación y otros sistemas de manejo de información conectando estas redes de comunicación exteriores. Incluye todo el cableado y los componentes de distribución asociados entre el punto donde los cables del edificio se conectan con la red exterior o con las líneas de la compañía telefónica y las terminales de voz o datos en las estaciones de trabajo.

Un sistema de distribución se compone de varias familias de componentes, incluyendo medios de transmisión, hardware de administración de circuitos, conectores jacks, enchufes adaptadores, la electrónica de transmisión, dispositivos de transmisión eléctrica y hardware de soporte. Estos componentes se usan para crear subsistemas, cada uno con un fin específico que permita la fácil ejecución y una transmisión normal para mejorar la tecnología de distribución a medida que cambian los requisitos de comunicación.

Un sistema de distribución bien diseñado funciona de modo casi independiente del equipo al que sirve y es capaz de interconectar varios dispositivos de comunicación diferentes, como terminales de datos, teléfonos análogos y digitales, computadoras personales, servidores, además del equipo común al sistema.

Un sistema de distribución debe soportar las aplicaciones integradas de voz, datos y video. Sin embargo, no todos los usuarios están dispuestos a incurrir en los costos adicionales de una red que proporcione aplicaciones de voz, datos e imagen integrados con el propósito primario de su red. Para el caso de usuarios que requieren una red de servicios integrados de voz, datos e imagen, el diseño es un papel fundamental para soportar estos servicios.

Un sistema de distribución local para edificios se divide en seis subsistemas:

- Subsistema de estación de trabajo
- Subsistema horizontal
- Subsistema de cableado vertical(principal backbone)
- Subsistema de sala de equipo
- Subsistema de administración
- Subsistema de edificios múltiples (campus)

Los requisitos individuales para subsistemas de procesamientos de datos y comunicación de voz, determinan los subsistemas necesarios por lo que es posible que un sistema de comunicación grande requiera la integración de todos los subsistemas anteriores, utilizando componentes de fibra óptica y de cobre.

### **1.5.1.- Subsistema de estación de trabajo**

Este subsistema se compone de cables que conectan los dispositivos de terminal con las salidas de información. Incluye cables de montaje y conectores, además de cables de extensión requeridos para establecer conexiones, también en este subsistema se incluyen los dispositivos adaptadores o balun's. Es aquí donde se cubre la distancia entre el dispositivo terminal y una salida de información.

Aunque no forma parte del subsistema estación de trabajo, puede resultar necesario el uso de cierto equipo de electrónica de transmisión entre el dispositivo de terminal y la salida de información. Por ejemplo un modem de distancia limitada convierte señales proporcionando así compatibilidad entre una terminal y otros equipos.

### **1.5.2.- Subsistema de cableado horizontal**

Este subsistema es la parte del sistema de distribución que extiende los circuitos de subsistema principal a los locales de trabajo de los usuarios. Este se distingue del subsistema principal en que siempre está situado en un solo piso y siempre termina en una salida de información. El cableado PDS de AT&T limita estos tendidos a un cable de cuatro pares frecuentemente llamado cable de comunicación de la red (Network Communication Cable, NCC), que soporta la mayoría de los dispositivos de comunicación modernos.

Por otro lado se puede utilizar un cable de fibra óptica cuando sea necesario para ciertas aplicaciones de banda ancha.

### **1.5.3.- Subsistema de cableado vertical**

Este subsistema llamado cableado vertical o backbone es la parte del sistema de distribución local para edificios que proporciona las rutas del cableado principal o alimentador en un edificio. Provee normalmente las facilidades de circuitos múltiples entre dos ubicaciones, especialmente cuando el equipo común del sistema está situado en un punto central. El subsistema se compone de todo el cableado de cobre o combinación de cobre y del cableado de fibra óptica y el hardware de soporte asociado para llevar este cable a otras ubicaciones. Los medios de transmisión pueden incluir tendidos verticales de un cable entre pisos de un edificio de varios pisos o tendidos de cable desde una ubicación principal como una sala de computadoras o salas de equipo principal.

### **1.5.4.- Subsistema sala de equipo**

El subsistema de cableado de sala de equipo se compone del cable, los conectores y el hardware de soporte asociado en una sala de equipo que interconecta las varias unidades de equipo común al sistema. Este subsistema enlaza la conexión transversal de troncal o backbone y la conexión transversal de distribución al equipo común al sistema. El subsistema incluye el área de entrada al edificio, el equipo de tierra y los protectores contra relámpagos para puesta en tierra del edificio.

### **1.5.5.- Subsistema de administración**

El subsistema administrativo se compone de conexiones transversales e interconexiones de salidas de información. Los puertos de administración proporcionan un medio para conectar los otros subsistemas. Las conexiones transversales y las interconexiones permiten una administración fácil de los circuitos de comunicación para el re-enrutamiento a varias partes de un edificio.

### **1.5.6.- Subsistema de campus**

El subsistema de campus extiende el cableado de un edificio a los dispositivos de comunicación y al equipo en otros edificios en el local. Es la parte del sistema de distribución que incluye los medios de transmisión y soporta el hardware necesario para proporcionar una facilidad de comunicaciones entre los edificios. Se compone de cables de cobre, cables de fibra óptica y dispositivos de protección eléctrica que impiden la entrada de sobrecargas eléctricas a edificios.



## Capítulo 2

### 2.- Estado actual del edificio SEDE

#### 2.1.- XBSi

El XBSi (Excel Building Supervisor integrated) consiste de una computadora personal, un monitor a color, teclado y mouse. El XBSi es una aplicación para Windows®, la cual se basa en un sistema (Software) que provee una orientación gráfica para que el operador pueda manejar varios sub-sistemas Honeywell. Este sistema es el reflejo real de lo que ocurre con los sistemas de protección, automatización y control instalados, es además una herramienta de operación y en algunos casos de programación, por ejemplo programación de control de accesos.

En la figura siguiente se muestra un esquema básico de la arquitectura del XBSi; computadora central y controladores de iluminación, de aire acondicionado, de accesos y de detección de incendios.

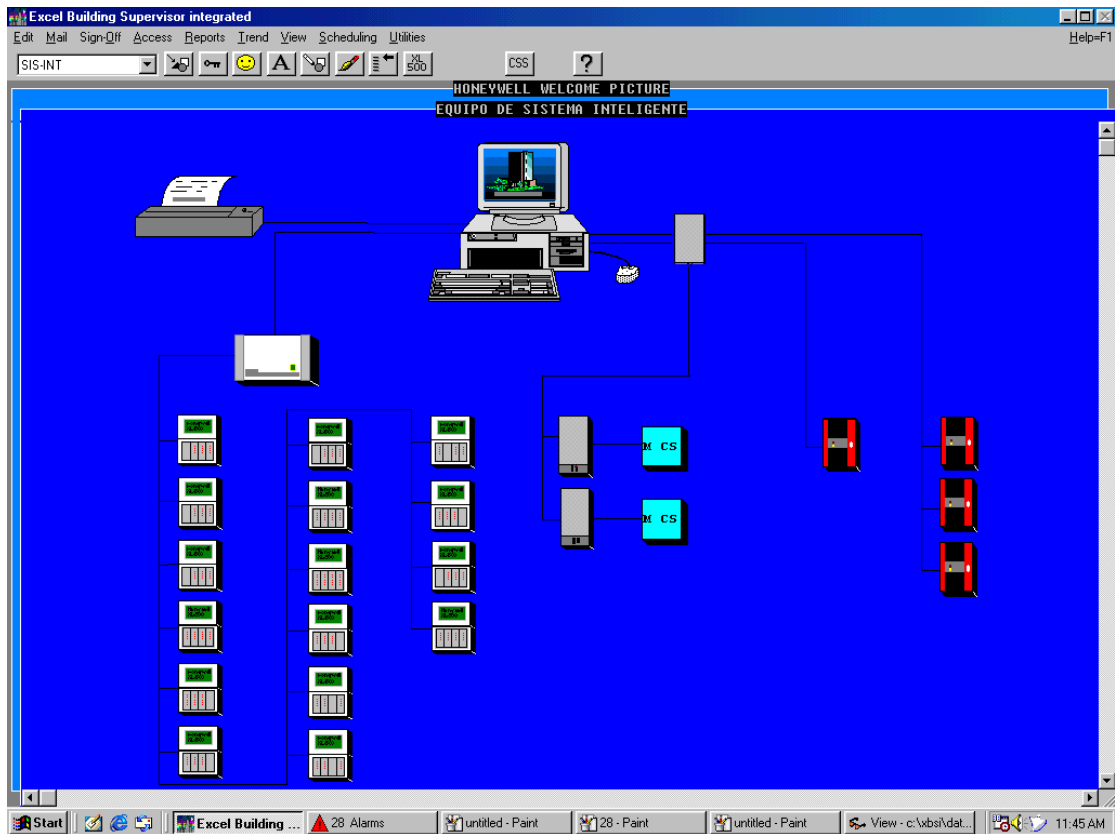




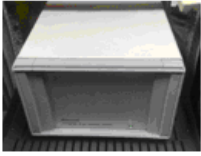


Fig. 2.1. Dispositivos que conforman el XBSi

El software XBSi utiliza gráficas específicas del sitio; estas gráficas están ligadas a todos los controladores, por ejemplo, dando clic en una pieza como puede ser un ventilador se despliega un cuadro de diálogo, el cual nos da el estado actual del equipo y nos permite cambiar sus parámetros. Las gráficas del sitio consisten usualmente de una combinación de símbolos estándar y otros personalizados. Algunas gráficas tienen información de sistemas de manera dinámica, esto es que varían los valores de acuerdo al estado actual del equipo, algunos otros puntos tienen animaciones gráficas (como por ejemplo algún ventilador en estado de encendido puede estar girando), también dependiendo del color nos denota un estado específico (por ejemplo rojo para un estado de alarma).

El sistema XBSi se instaló en el edificio SEDE a principios de 1995 y desde entonces solamente se ha actualizado en una ocasión, por lo que el sistema de automatización y control es del año 1998, marca Honeywell versión 2.3. La computadora con la que se cuenta es marca DELL Optiplex GX1/GXa, Pentium III con 128 Mb en RAM, con Microsoft® Windows 98 segunda edición. Estas características hacen que sea necesaria esta computadora en especial para monitorear y controlar los dispositivos y parámetros, ya que es necesario que cuente con ranuras ISA en la tarjeta madre para poder colocarle tarjetas con este tipo de entrada las cuales son las que tienen la comunicación con el *Gateway* que es un dispositivo intermedio entre el sistema XBSi y los controladores que comandan los actuadores y reportan las lecturas de switches de presión, parámetros de temperatura, set-points, etc.

Las ranuras ISA localizadas en la tarjeta madre son indispensables para instalar las demás tarjetas que hacen compatible la comunicación entre la computadora y el *Gateway* o interface, el cual es el encargado de recibir la información que le transmiten los controladores Excel de Macroceles™ y Microceles™, los cuales son básicamente controladores DDC. También se conecta a la computadora el CSS, que es otro tipo de interfase encargado de recibir la información de los controladores de iluminación Excel 500, y finalmente se conecta el tablero FS90, que es el encargado de de detección, voice, telefonía y accesos. La figura 2.2 muestra los dispositivos que conforman el XBSi y el estado actual en el que se encuentran.

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Sistema de control y monitoreo XBS-i</b>					
	Controlador exel plus para bus de comunicación, monitoreo y control de parametros de controladores macroceles y microceles de UMA's	Honeywell	El controlador presenta problemas en la tarjeta electrónica	1	1
	Controlador exel plus para bus de comunicación, monitoreo y control de parametros de controladores microceles de cajas de volumen variable	Honeywell	El controlador presenta problemas en la tarjeta electrónica	1	1

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Sistema de control y monitoreo XBS-i</b>					
	Communication System Server (CSS)	Honeywell	Trabaja correctamente	1	0
	Gateway	Honeywell	El gateway presenta fallas en las tarjetas electrónicas	1	1
	Software XBS-i	Honeywell	Trabaja bien aunque algunas aplicaciones no trabajan como deberian.		
	Computadora para monitoreo del XBS-i	Dell	La computadora no es propiedad del Consejo.		

*Fig. 2.2. Estado actual de los equipos del XBSi*

## 2.2.- Sistemas que componen el XBS-i

### 2.2.1.- Sistemas de automatización:

#### Control de aire acondicionado:

La función principal de los microceles es controlar las cajas VAV para mantener una temperatura confortable en las oficinas y por lo tanto un estado de bienestar térmico en los

usuarios. Esto se logra regulando el flujo de aire para mantener la temperatura en el punto de ajuste que el usuario selecciona por medio del termostato de área o también puede ser desde el sistema XBSi dando una sobre-orden de la temperatura deseada en el área.

Para regular la temperatura el Microcel toma como referencia los valores que le manda la UMA (Unidad Manejadora de Aire) correspondiente, compara la temperatura de área con el punto de ajuste y de ahí toma la acción de controlar la compuerta VAV. El control de la compuerta se realiza con un operador proporcional, el rango de apertura es de 0 a 100%.

El movimiento del motor se logra cuando el Microcel le envía voltaje en pulsos a las terminales COM y CW (terminales de apertura del actuador) para abrir la compuerta y para cerrar la compuerta por medio de un interruptor se cambia la salida del voltaje a CCW (terminal para el cierre de actuador).

A esto, cuando se hace proporcionalmente se le llama control flotante (algunos motores tienen que recibir la cantidad de volts para accionar, por ejemplo, abrir una compuerta y se le quita el voltaje para que la cierre,  $2-10V = 0-100\%$ ). A estos controles que actúan de manera proporcional se les llama controladores analógicos.

La lectura de flujo de aire en CFM's (Cubic Feet per Minute) se obtiene censando la presión dinámica en la caja VAV obteniendo pulgadas de columnas de agua, utilizando una ecuación matemática el microcel los convierte en CFM's. Para esto es importante que las mangueras que están conectadas a una de las tarjetas del microcel que hace el muestreo de aire no presenten fisuras y estén bien conectadas en este sensor de presión dinámica.

La figura 2.3 muestra la forma gráfica en como se despliegan las lecturas para el aire acondicionado de un nivel, mostrando la apertura de la compuerta de la caja VAV, el volumen de aire que se está inyectando físicamente, la temperatura que está censando el termostato en el área, el punto de ajuste que es el que indica a la VAV cuando debe de abrir o cerrar y en la última columna el volumen de aire que se tiene programado para el área en específico.

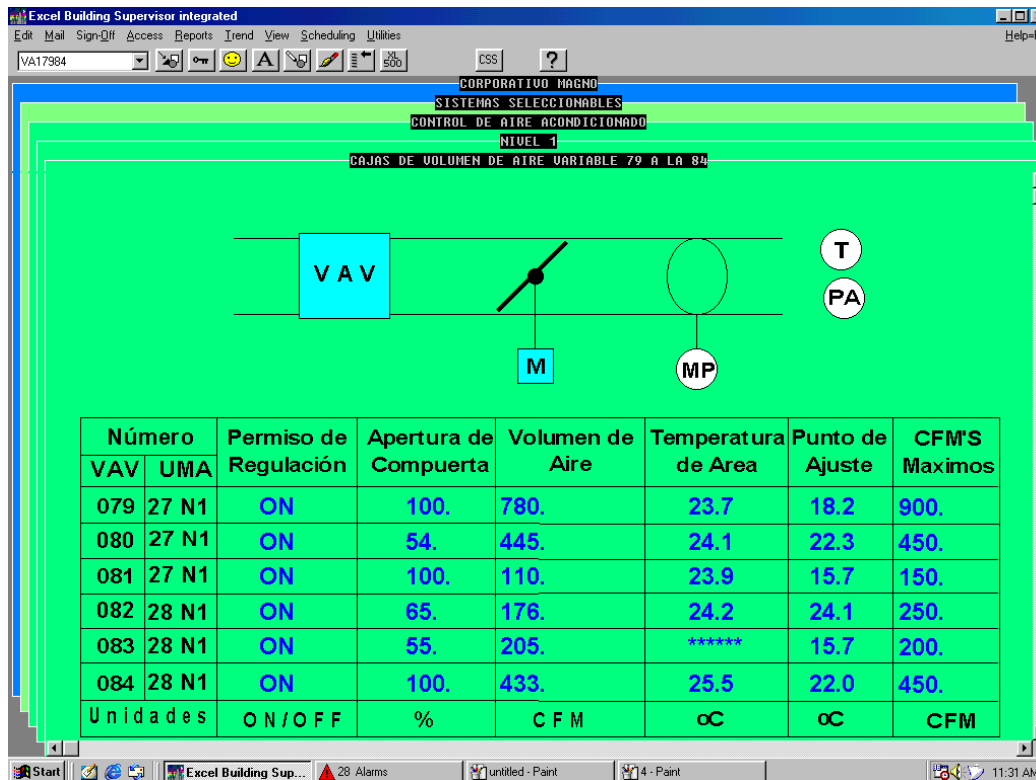


Fig. 2.3. Forma gráfica del control de aire acondicionado para VAV

Cuando se tiene comando de arranque de la UMA, inicia el control de la presión de aire de inyección controlando proporcionalmente las compuertas IVG tomando como referencia la presión de aire de inyección en los puntos de ajuste y la banda proporcional de programación modificable desde la computadora central. Cuando la UMA esta apagada la compuerta IVG permanece abierta.

Cuando se tiene la confirmación de arranque del ventilador se inicia la regulación de temperatura de aire de inyección, se controla proporcionalmente la apertura de la válvula del serpentín tomando como referencia la temperatura del aire, el punto de ajuste y la banda proporcional de programación modificable desde la computadora central. Cuando la confirmación de arranque del ventilador esta en posición de apagado la válvula permanece cerrada.

La figura 2.4 muestra los equipos que conforman las UMA's, la cantidad de equipos con los que se cuenta y las características propias de cada uno.

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>control y monitoreo de unidades manejadoras de aire</b>					
	Macrocel para control de manejadora	Honeywell	Algunos equipos presentan descompostura en la memoria EPROM la cual es la que retiene el programa. Tambien se tienen fallas en las tarjetas que controlan algunos dispositivos.	20	9
	Microcel para control de manejadora	Honeywell	Los equipos presentan fallas en las tarjetas que controlan algunos dispositivos	10	3
	Sensor de temperatura para inyeccion de aire	Honeywell	Existe daño en la electrónica del transmisor por lo que presenta valores fuera de rango	30	5
	Sensor de temperatura para retorno de aire	Honeywell	Existe daño en la electrónica del transmisor por lo que presenta valores fuera de rango	30	2
	Sensor de presión diferencial de inyección	Honeywell	Algunos equipos presentan falla en sus circuitos electrónicos	30	12
	Switch de presión diferencial para arranque y paro de extractor de aire	Honeywell	Los dispositivos trabajan correctamente	30	0
	Switch de presión diferencial para arranque y paro de ventilador de aire	Honeywell	Los dispositivos trabajan correctamente	30	0

	Switch de presión diferencial para estado de filtro de aire	Honeywell	Los dispositivos trabajan correctamente	30	0
	Sensor de temperatura de alimentación de agua helada	Honeywell	Los dispositivos trabajan correctamente	30	0
	Modutrol para valvula de agua helada	Honeywell	Algunos equipos presentan falla en sus circuitos electrónicos	30	4
	Modutrol para compuerta de economizador	Honeywell	Algunos equipos presentan falla en sus circuitos electrónicos	30	0
	Modutrol para compuerta de ventilador de inyección	Honeywell	Algunos equipos presentan falla en sus circuitos electrónicos	30	9

*Fig. 2.4. Equipos para control y monitoreo de UMA's*

Cuando hay comandos de arranque del ventilador o del extractor de aire y pasado un minuto no hay confirmación de arranque se reporta como alarma en la computadora central. También cuando el filtro de aire ya esta demasiado sucio se reporta la alarma y regresa a estado normal cuando el filtro se cambia ya que se utilizan filtros desechables.

Cuando algún dispositivo, controlador o periférico se daña o se sale de comunicación se reporta la alarma como “no responde” y regresa a estado normal cuando se repara la falla. Todos los puntos de control pueden ser comandados por el operador si se requiere.

El Excel plus es un controlador DDC (Control Digital Directo) autónomo con capacidad para 8 programas de control independientes programados en pascal, cuentan con una batería interna de respaldo de memoria RAM para 32 horas, además se puede hacer programación en CAE el cual es un software de Honeywell y que se graba en memoria EEPROM, también tiene capacidad de almacenaje de datos en memoria RAM que pueden ser modificables.

El Microcel y Macrocel de UMA son controladores DDC autónomos con capacidad para 1 programa de control programado en pascal. El macrocel cuenta con 4 salidas digitales (24 volts), 4 entradas de voltaje (0-10 VCD), 4 entradas resistivas (PT3000), 4 entradas digitales y 10 salidas analógicas (0-10 VCD).

El Microcel de VAV cuenta con 4 salidas digitales (24 volts), 1 entrada de voltaje (0-10 VCD), 1 entrada resistiva (PT3000), 1 entrada digital, 1 entrada analógica.

Ambos cuentan con capacidad de integrarse al sistema central a través de un controlador Excel Plus con programación en MPPT el cual es un software Honeywell grabado en memoria EEPROM. También tiene capacidad de almacenaje de datos en memoria RAM que pueden ser modificables (no tienen respaldo de RAM por batería). También tienen capacidad de intercambiar datos con otros controladores a través de una interfase CNI y con el sistema central.

Las UMA's se pueden programar por horarios de arranque y paro del ventilador. Un mismo horario para lunes a viernes, otro para sábados y otro para domingos.

Se puede parar también la UMA por detección de humos. Si el sistema de detección manda la señal de emergencia de alguna área, la UMA correspondiente se apagará hasta que la alarma se restablezca.

La figura 3.5 muestra la forma gráfica en como se despliegan las lecturas y parámetros de la UMA.

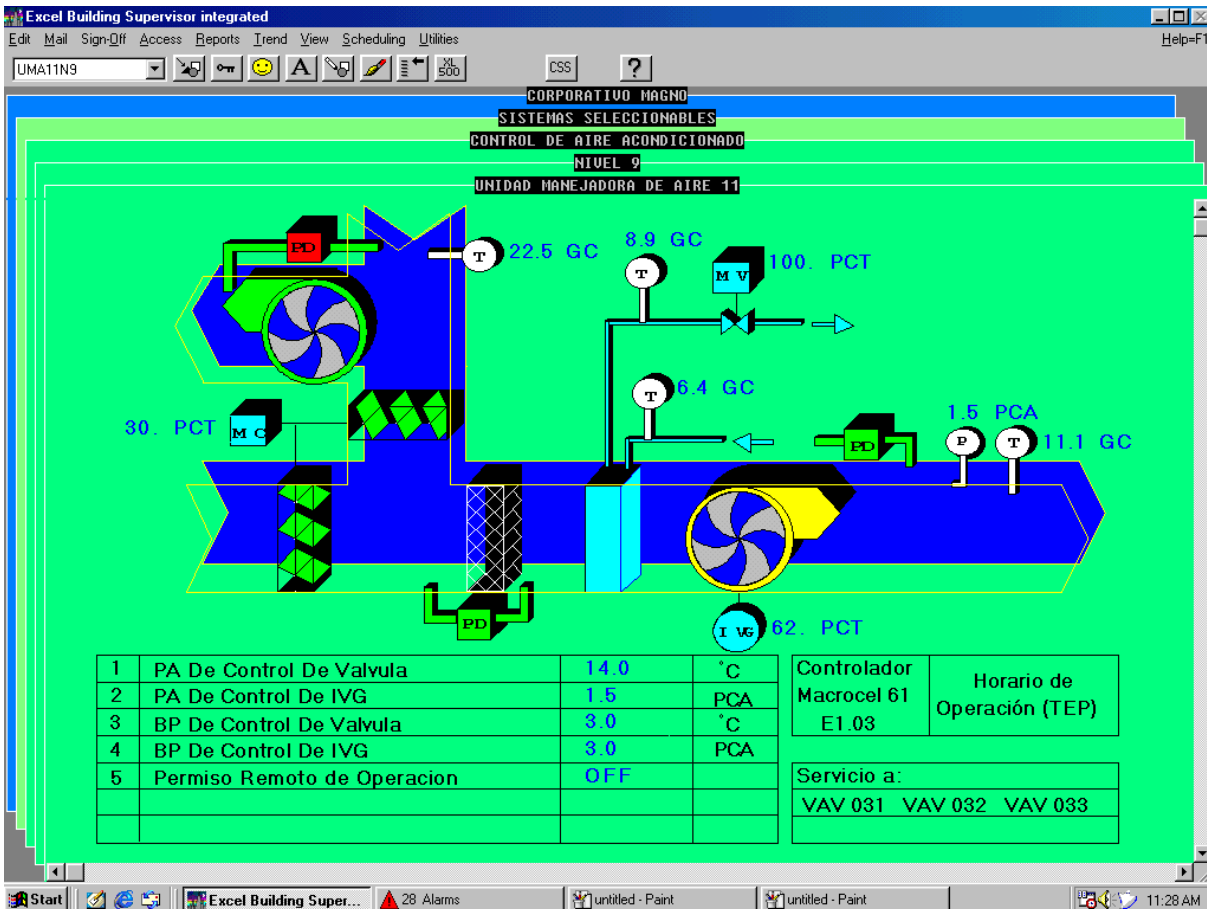




Fig. 3.5. Parámetros de UMA

El arranque y paro automático del sistema generador de agua helada, también conocido como *Chiller*, se logra enviando un comando a través del controlador Excel plus, cuando alguna UMA se enciende por horario o directamente por sobre orden del operador. Esta señal es un contacto seco que se le envía al sistema de Trane® como permiso remoto de



operación de *Chillers*, pero el control general de estas unidades se hace desde su propio sistema.

La figura 2.6 muestra los dispositivos que conforman las VAV y el estado en el que se encuentran.

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Control y monitoreo de válvulas de volumen variable</b>					
	Controlador Exel microcel con actuador de compuerta	Honeywell	Algunos equipos presentan descompostura en la memoria EPROM, la cual esta montada en la tarjeta electronica principal por lo que no retienen correctamente el programa	94	4
	Termostato de area para microcel	Honeywell	Algunos termostatos presentan descompostura en la tarjeta electronica	94	8

*Fig. 2.6. Equipos de VAV's*

### **Control de iluminación**

Se cuenta con un sistema que permite encender y apagar por horario individual cada circuito de iluminación de las áreas de oficinas y áreas comunes. Un mismo horario para lunes a viernes, otro para sábados y otro para domingos.

Como con los sistemas de aire acondicionado y detección de incendios se muestra una grafica en la cual se puede seleccionar como primera instancia el piso del cual se desea ver el estado de las luces y/o modificar los horarios.

Una vez que se ha seleccionado el nivel en el que se quiere modificar alguno de los parámetros de iluminación, otra gráfica muestra la posición de las lámparas y focos, los cuales forman los circuitos de iluminación. Aunque en la gráfica principal de iluminación se muestran los 14 niveles, PB y los 5 sótanos, solamente se puede visualizar y comandar del piso 14 al piso 2. La distribución de las lámparas y focos es la misma en todos los niveles.

Para dar una sobre-orden del horario de operación se da clic en la lámpara que se desea encender o apagar y aparece un recuadro mostrando los dispositivos que se encuentran en ese circuito de iluminación, los cuales cambiaran al estado en que se decida ya sea encender o apagar.

La figura 2.7 muestra el acomodo de lámparas y focos, así como también el recuadro que aparece para comandar de manera rápida el encendido o apagado de algún circuito de iluminación.

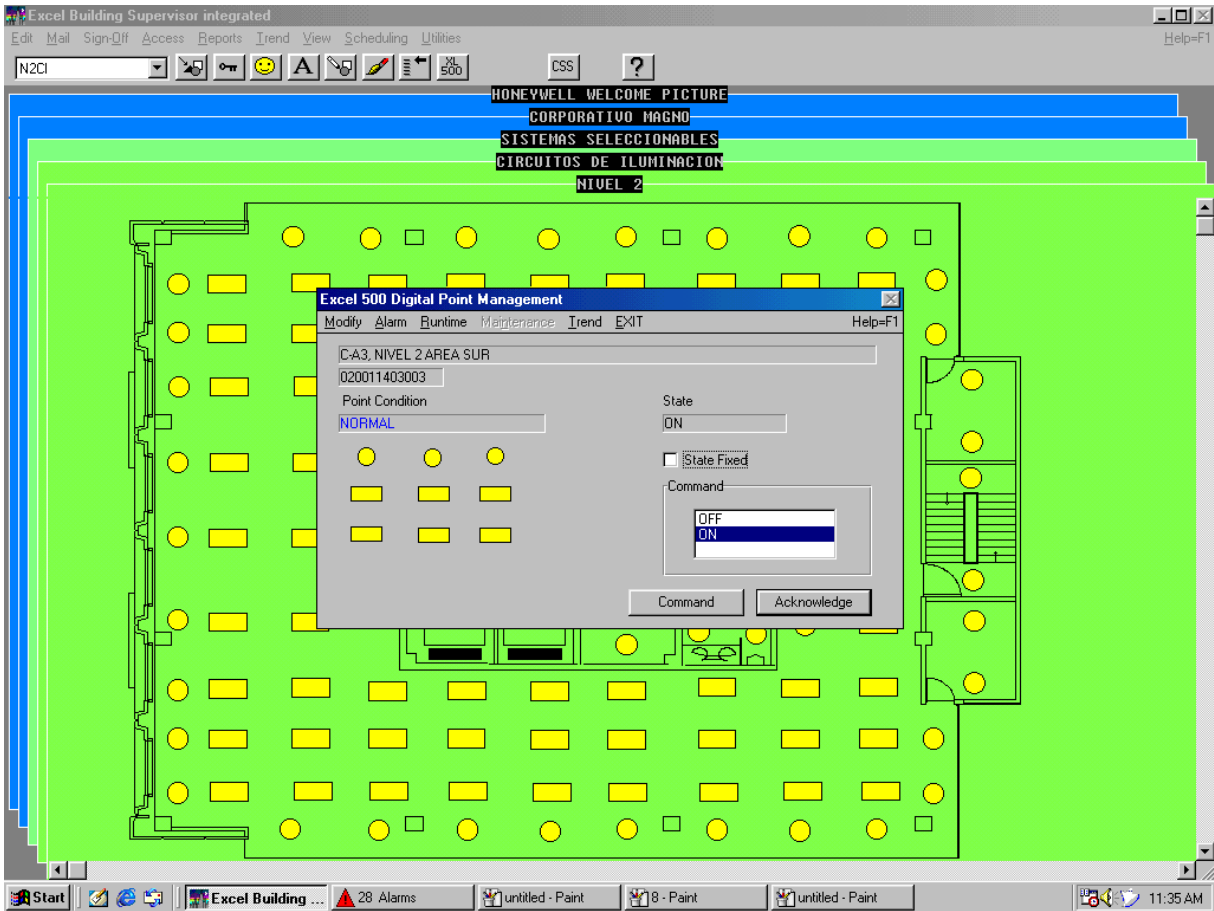


Fig. 2.7. Distribución de lámparas y un circuito de iluminación

La figura 2.8 muestra los controladores usados para los diferentes circuitos de iluminación, y el estado en que estos se encuentran. La figura 2.9 muestra la gráfica del sistema de iluminación por controladores y selección de horarios entre semana y para fines de semana.



Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Sistema de control de iluminación</b>					
	Controlador electrónico de iluminación modelo XL500	Honeywell	Trabajan correctamente	16	0
	Controlador electrónico de iluminación modelo XFL524	Honeywell	Trabajan correctamente	17	0

Fig. 2.8. Dispositivos del control de iluminación

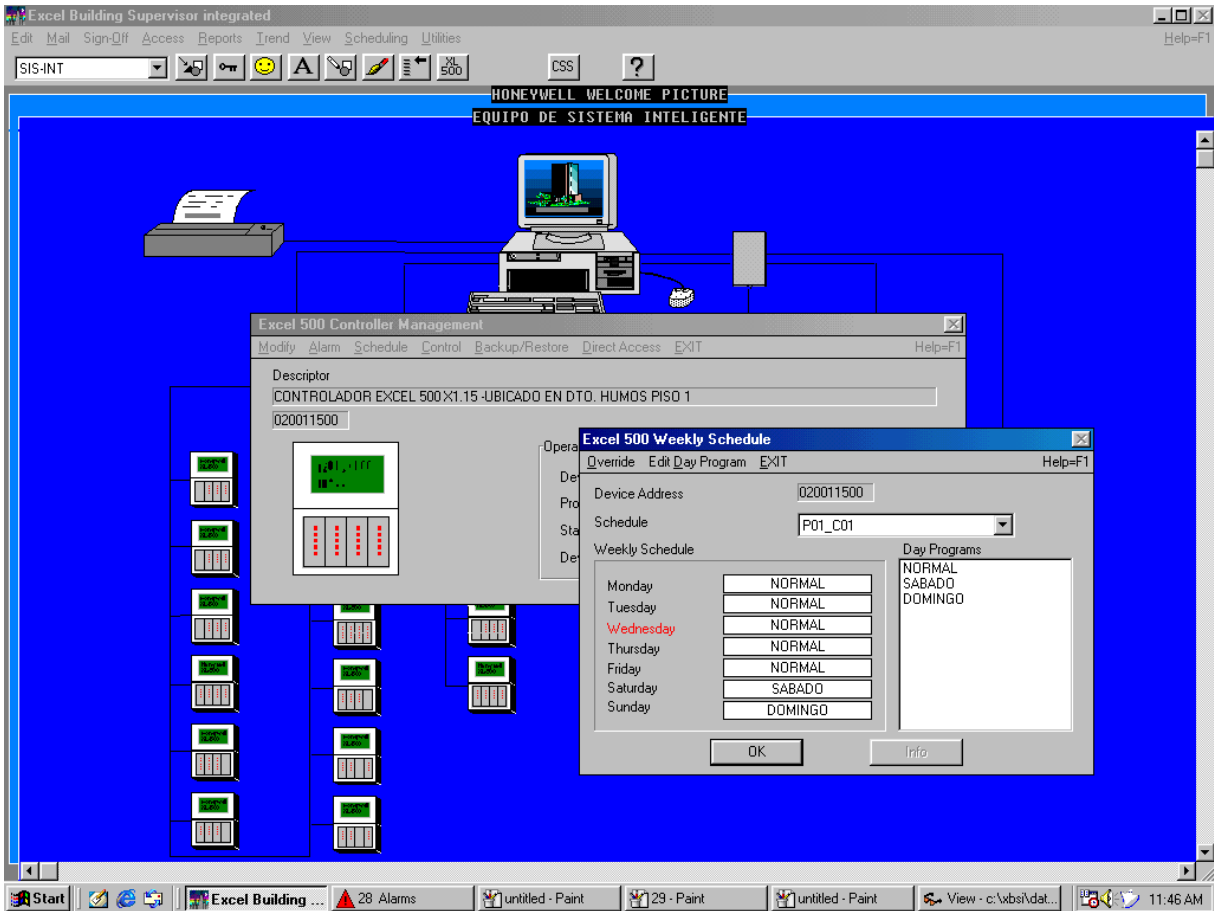


Fig. 2.9. Programación de un circuito de iluminación

## Supervisión de subestación de energía eléctrica

No está activo el sistema ya que las interfaces necesarias para monitoreo y control de la subestación eléctrica no han tenido en ningún momento mantenimiento al igual que los sistemas auxiliares, los cuales en algunos casos ni siquiera existen, se desconoce también el estado del cableado, aunque hace algunos par de años se realizó una prueba del mismo y se encontraba en buen estado.

Se podría monitorear la demanda eléctrica de la subestación en kWh, si la demanda rebasara los límites críticos se reportaría una alarma. También se contaría con un monitoreo de voltaje en cada fase de la subestación, y la demanda de corriente por fases.

La figura 2.10 muestra la gráfica que se tiene en el sistema central, aunque solamente de manera ilustrativa de la subestación eléctrica.

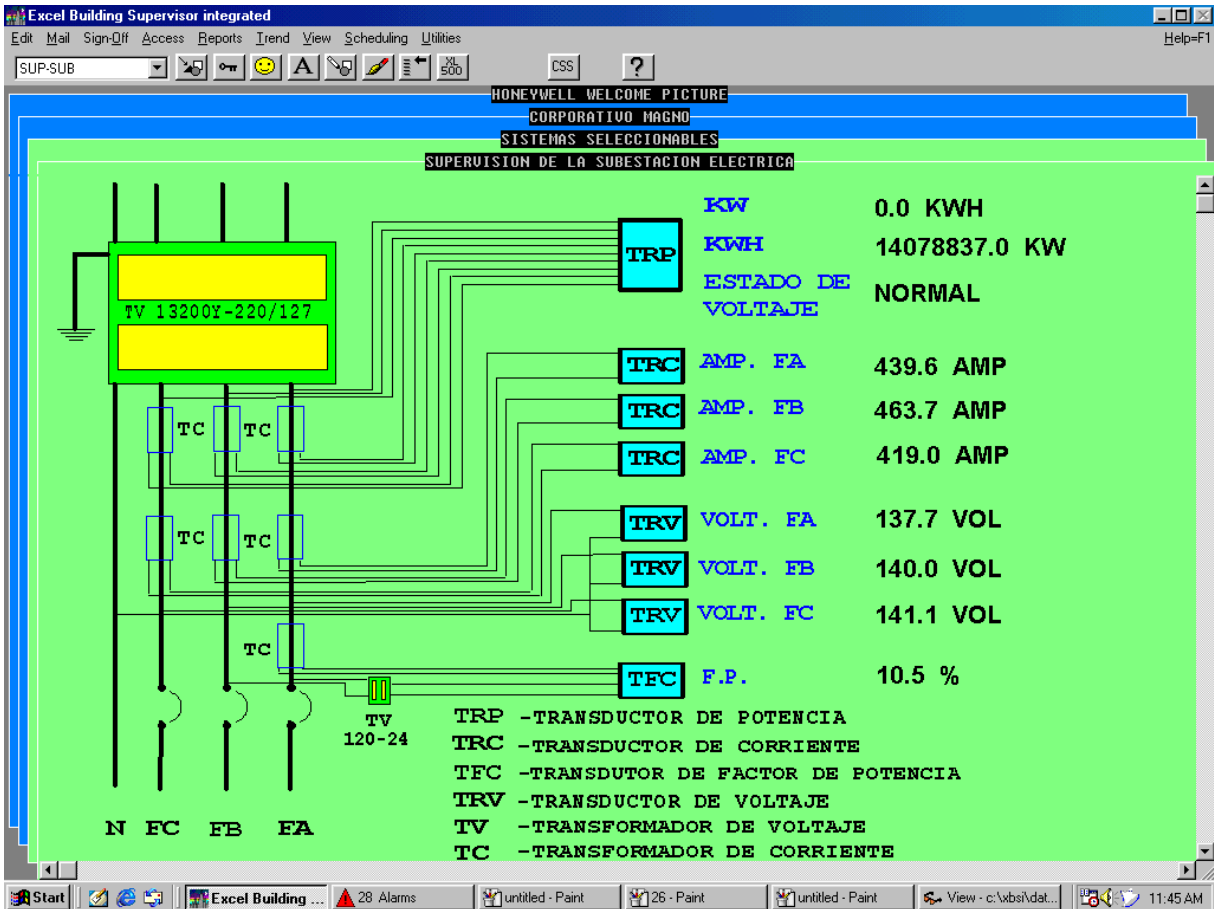


Fig. 2.10. Gráfica de la subestación eléctrica

### Supervisión del sistema hidráulico de uso general y control de incendio

No está activo el sistema, pero podría monitorear el nivel del agua en unidades métricas (m) de la cisterna, si el nivel rebasara los límites debería de reportarse una alarma.

Se podría monitorear el estado de las bombas de agua potable, es decir si están operando o se encuentran apagadas, en cualquier caso se puede dar una sobre orden al sistema para encender o apagar las bombas independientemente de cual sea su estado de operación.

Para el sistema de control de incendios debería de poderse monitorear la presión del cabezal de agua contra incendio. Si la presión rebasara los límites críticos, se presentaría una alarma, así como también sería posible monitorear la operación de estas bombas para saber como trabajan.

En el edificio se cuenta con dos bombas contra incendio, una eléctrica y otra de combustión interna. En caso de que se abra algún hidrante se enciende la bomba eléctrica al detectar una baja de presión en la tubería, este estado de encendido se reportaría al sistema central. En caso de que se produzca un corte de energía entra la bomba de combustión interna, este estado de encendido también se reportaría al sistema. Para ambos casos se podría monitorear la presión con la que se esta bombeando el agua.

La figura 2.11 muestra la gráfica del sistema hidráulico. Se tendrían lecturas si se tuviera la interface y dispositivos de campo para la comunicación con la computadora central. El equipo controlador que se ocuparía para monitorear el sistema hidráulico sería el Excel 500.

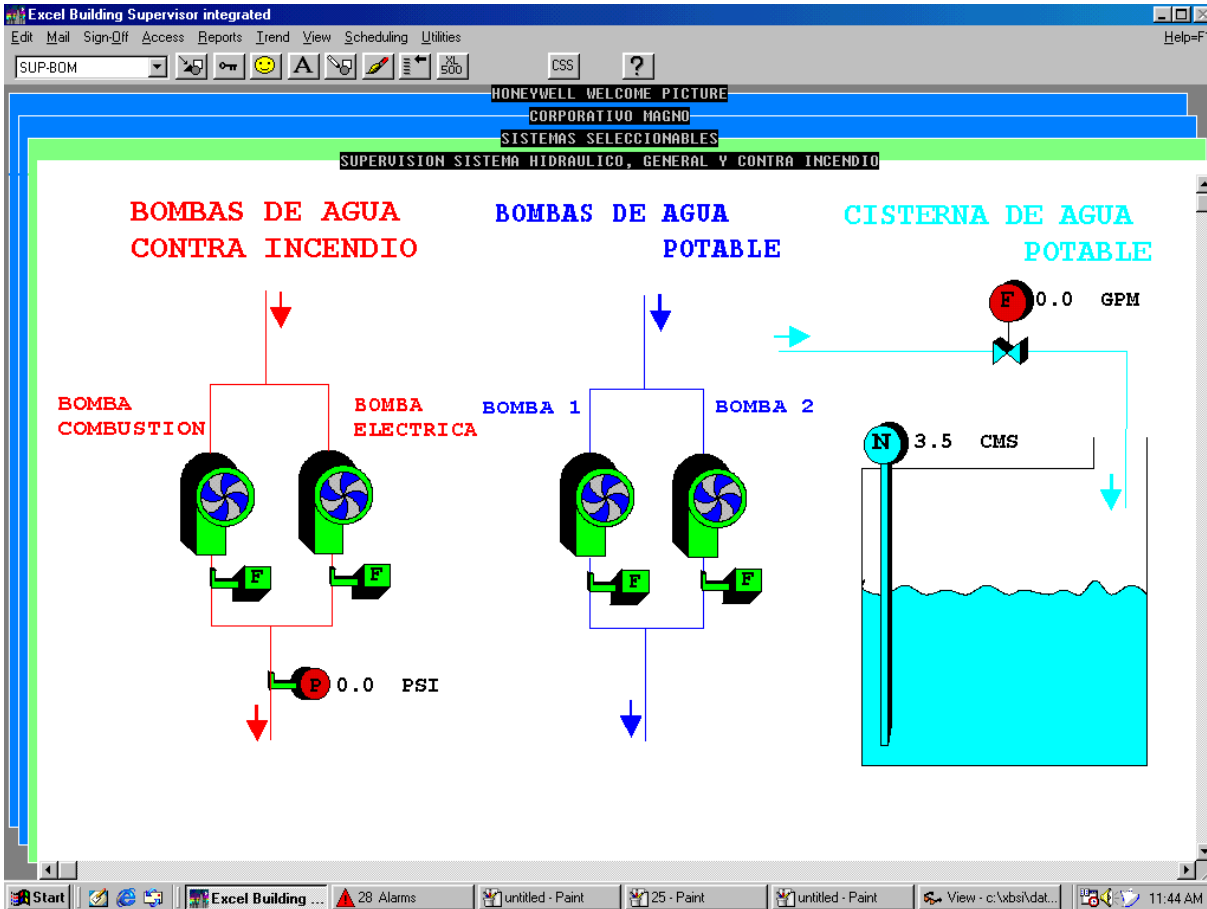


Fig. 2.11. Sistema hidráulico y de bombeo

### Control del sistema de enfriamiento *fan & coil* del CECOM

Solamente se tiene un fan & coil y se ubica en el cuarto de monitoreo. Cuando la temperatura ambiente es mayor al punto de ajuste más un grado centígrado se enciende el f&c y se apaga cuando es un grado menor. Cuando el led del termostato esta encendido nos indica de que el f&c está operando.

La válvula solenoide abre cuando la temperatura ambiente es mayor al punto de ajuste más un grado y medio, y se apaga cuando es medio grado menor.

La figura 2.12 muestra la forma gráfica en cómo se presentan los parámetros del f&c, y en la figura 2.13 se aprecian los dispositivos que componen el control del f&c y su estado actual.

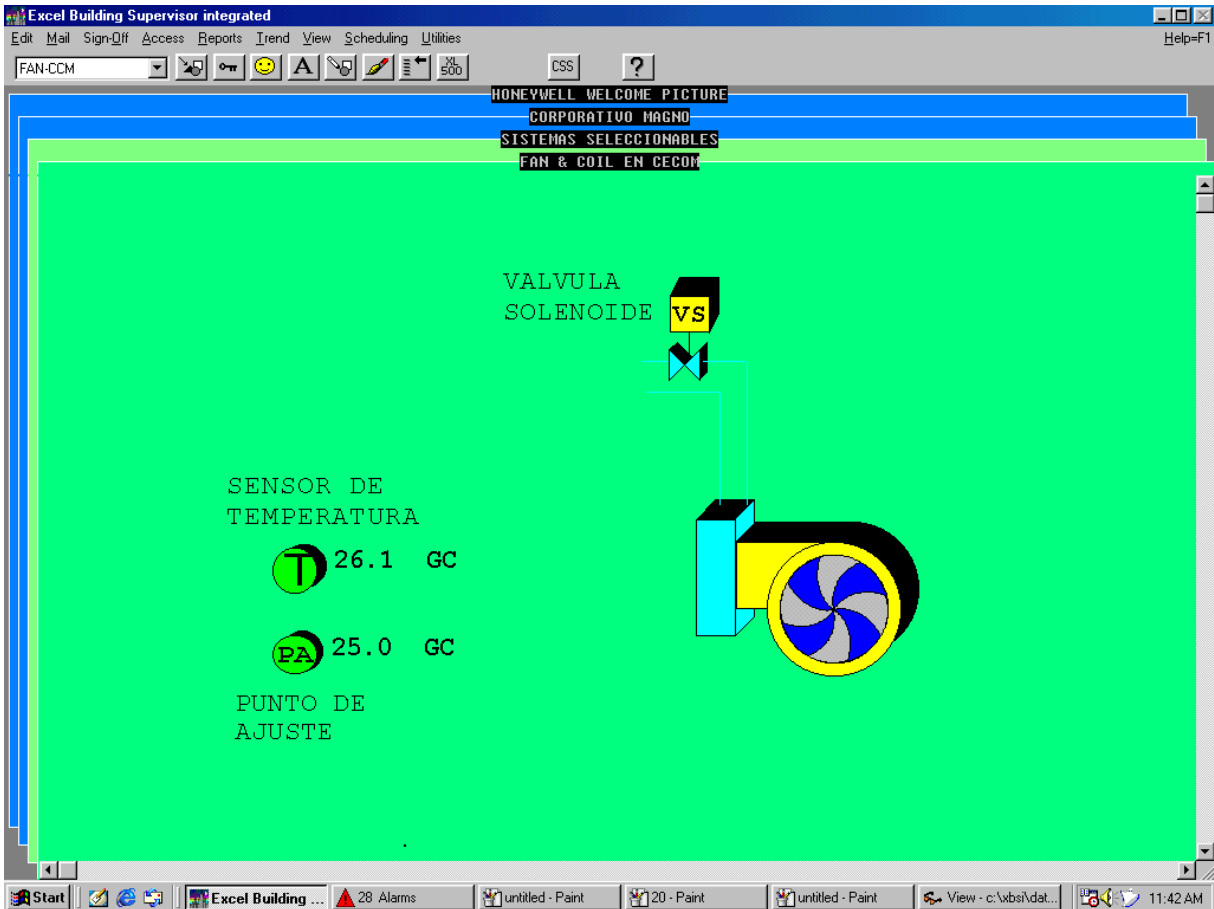


Fig. 2.12. Fan and coil


Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Control del fan and coil</b>					
	Modutrol para valvula de agua de fan and coil	Honeywell	Trabaja correctamente	1	0
	Termostato para fan and coil	Honeywell	Trabaja correctamente	1	0

Fig. 2.13. Dispositivos del Fan &Coil

## 2.2.2.- Sistemas de protección:

### Sistema de detección de incendios, seguridad, voceo y telefonía

Para el sistema de seguridad se cuenta con un tablero de control y detección de incendio FS90 plus, el cual funciona automática y manualmente, para los casos de voceo y telefonía de emergencia se cuenta también con un tablero independiente. El sistema de detección se compone de un tablero Deltanet FS90 plus de detección contra incendio y un Command Center. Este tablero controla 6 circuitos inteligentes de detección. Existe un

segundo tablero FS90 para doce zonas de voceo y ocho zonas para teléfonos de emergencia, y un tercer tablero con tarjetas de conexión de campo de bocinas y jacks, en este tablero se cuenta con las conexiones de amplificadores y elementos de audio para el sistema de voceo y telefonía.

El Command Center es una interfase entre el operador y el sistema, cuenta con una pantalla de cristal líquido que muestra todos los cambios de estado que el sistema registre. El teclado del Command Center es el medio mediante el cual se reconocen las alarmas, se solicitan estados de punto y se comandan o modifican las características de la base de datos. El CC no opera directamente sobre las zonas de voceo y telefonía.

El tablero del sistema de control de incendio FS90 es donde se reciben y procesan todas las alarmas de detección automática y manual de incendio. El sistema tiene la capacidad para que en forma manual de salida a un mensaje pregrabado de alarma de incendio a una o varias zonas de bocinas o bien a todo el edificio en una alarma general, de igual forma, y en el momento en que el operador del sistema lo desee, utilizando el micrófono localizado dentro del tablero puede mandar un mensaje a voz viva siendo transmitido a la zona o zonas elegidas.

### **Sistema de detección de incendio**

El sistema de control de incendio consta de un tablero FS90 plus, con seis circuitos inteligentes, en los cuales se encuentran conectados los dispositivos automáticos de detección de incendio (sensores de humo por ionización y temperatura). Cada vez que alguno de estos dispositivos se activa o cambia su estado normal el tablero registra:

- Localización exacta del sensor
- Tipo de sensor o dispositivo
- Indicación del cambio del estado (alarma, problema, indicación de mantenimiento)
- Circuito al que pertenece el dispositivo

Para que un detector de humo logre sentir un incendio, las partículas en combustión producidas por este último deben propagarse hasta alcanzar el detector. Las partículas en combustión al ser calentadas por un incendio, se desplazan en forma ascendente puesto que estas pesan menos que el aire frío que las rodea, así dichas partículas tienden a propagarse alrededor de las obstrucciones que encuentran.

Mientras que las partículas en combustión tienden a subir y propagarse, los flujos de aire presentes en la oficina, como son los provocados por los sistemas de aire acondicionado, pueden afectar los recorridos de las partículas en combustión hacia el detector de humo.

Los flujos de aire intensos presentes en las oficinas diluyen las partículas en combustión, por lo tanto para lograr una adecuada protección de los mismos, se requiere de una mayor cantidad de detectores de humo para que sea más confiable en tiempo de respuesta ante un posible conato de incendio.

Cuando se tiene alguna alarma y se restablece el tablero FS90, el sistema suspende la alimentación a todas las zonas de detección por 15 segundos, activa la señal de restablecimiento y retorna todos los indicadores de estado de las zonas de detección y sus

asociadas zonas de alarma a normal. Después del tiempo de restablecimiento cualquier zona que se mantenga en alarma o en falla es anunciada como una nueva alarma o falla.

Se puede hacer una prueba al tablero para verificar que todos los leds están en funcionamiento. Se enciende el switch de prueba de tablero, el cual enciende todos los leds y hace sonar la señal audible del tablero. La prueba indica que todas las tarjetas de función están siendo operadas y controladas por el microprocesador. Esta prueba no afecta el reporte de alarmas o problemas en el sistema.

Con el switch de evacuación manual todas las zonas de alarma se encienden así como la indicación de alarma común y la señal audible intermitente del tablero.

Se cuenta con un led de batería baja, el cual indica una condición en el cual las baterías están bajas de voltaje si la fuente de poder del sistema esta apagada. El funcionamiento normal del sistema FS90 es indicado por el encendido permanente del led verde de transmisión y del led verde de alimentación en la tarjeta de control.

Los nuevos problemas son indicados localmente en el tablero por un sonido audible. Los leds de la tarjeta de control encienden intermitentemente con alguna nueva alarma o problema. Con alguno de estos eventos se despliega la dirección del dispositivo de más alta prioridad con la condición de alarma o problema.

Las alarmas permanecen visibles hasta que son reconocidas o hasta que se restablece el sistema. En la operación diaria se tiene como propósito reconocer los cambios de estado. Por medio del tablero cualquier usuario puede realizar esta operación.

La figura 2.14 muestra la forma gráfica en como se muestran los dispositivos de emergencia y de detección de incendios. Cuando el ícono del dispositivo aparece en rojo es que tiene una alarma por detección en el caso de los detectores de humo, en caso de las estaciones manuales aparecerán en color blanco mientras su estado sea normal. En la figura se aprecian detectores alarmados. Estas alarmas se presentaron ya que se realizo un proceso de nebulización, sin embargo ya que este procedimiento se da en forma de nube los detectores entraron en estado de alarma. De manera automática al entrar dos detectores de la misma ala se activa la sirena y las luces estroboscópicas para indicar una posible situación de incendio a la vez que el sistema de voice se activa.

La figura 2.15 muestra los dispositivos que integran el sistema de detección de incendios, así como el estado en el que se encuentran actualmente.



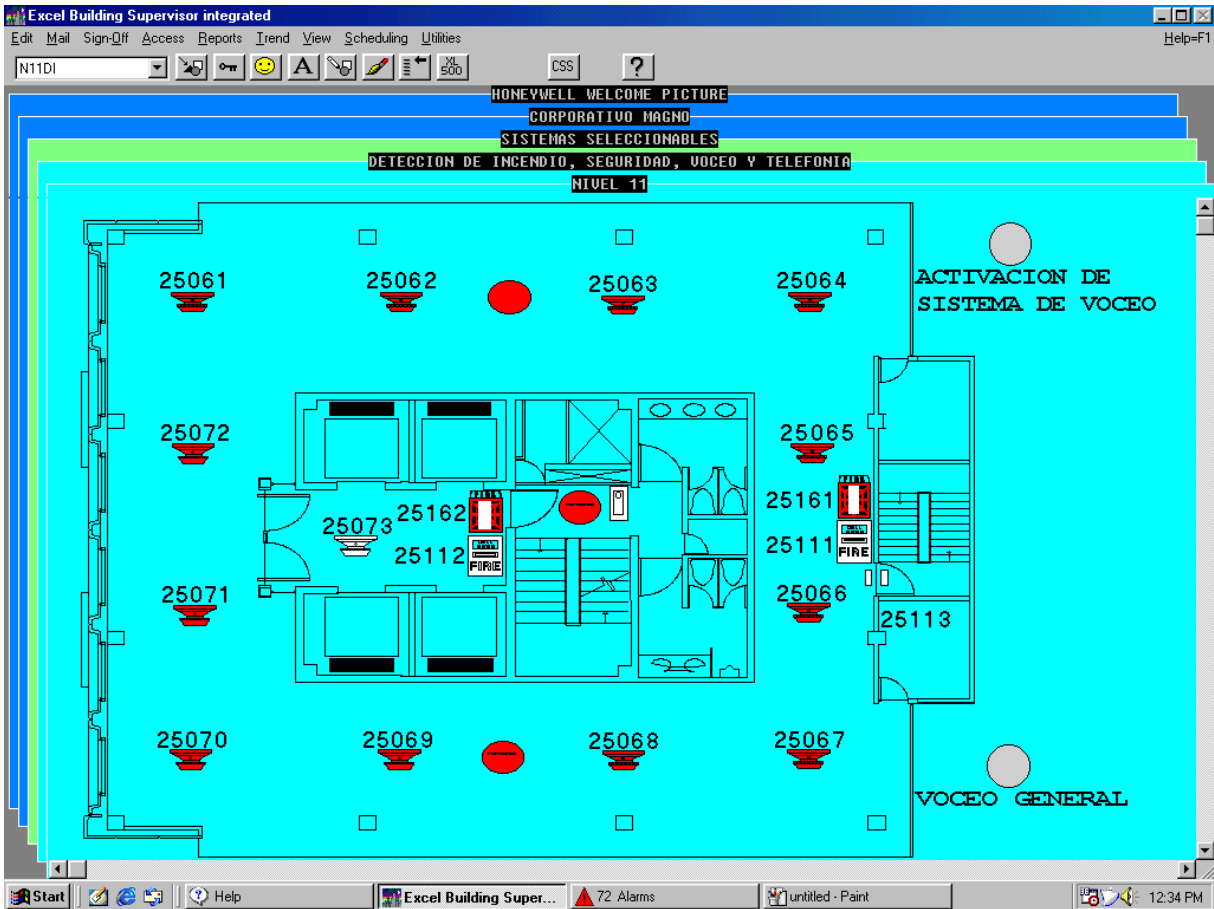







Fig. 2.14. Dispositivos de emergencia y detección de humos

control y automatización					
Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Deteccion de incendios</b>					
	Sensor de humo de ionización	Honeywell	Trabajan correctamente	197	0
	Sensor de temperatura	Honeywell	Trabajan correctamente	60	0
	estaciones manuales	Honeywell	Trabajan correctamente	40	0
	Alarmas audiovisuales	Honeywell	Trabajan correctamente	40	0
	Controlador electrónico direccional para sistema de detección de incendios modelo FS90 plus	Honeywell	Trabaja correctamente	1	0

*Fig. 2.15. Dispositivos del sistema de detección de incendios*

### Sistema de voceo

Para el sistema de voceo se cuenta con tres tarjetas con capacidad para cuatro zonas de voceo cada una. Cada una de estas zonas proporciona una salida de 20 watts de potencia.

El operador del sistema tiene la capacidad para elegir las zonas a las cuales quiere mandar una señal de audio ya sea de mensaje pregrabado o de viva voz a través del micrófono central manipulando los interruptores de la tarjeta de control de audio.

El micrófono con el que se cuenta es de mano, en el cual se tiene que empujar un botón al costado de este para poder hablar. Se localiza en el tablero central y la función de este es mandar mensajes de voz viva a zonas seleccionadas o en alarma general para todo el inmueble.

Para seleccionar manualmente un circuito de voceo se selecciona el switch de la zona, la tarjeta encenderá el led de la zona seleccionada. Si se selecciona el switch de llamada general se activan todos los circuitos de voceo. La función de voceo tiene la más alta prioridad del sistema.

En la figura 2.16 se aprecian los dispositivos que conforman al sistema de voceo y telefonía, también el estado en que estos se encuentran.

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Voceo y telefonía</b>					
	Telefonos de emergencia	Atlas	Trabajan correctamente	20	0
	Bocinas de plafon	Honeywell	Trabajan correctamente	45	0
	Bocinas de pared	Honeywell	Trabajan correctamente	10	0
	Amplificador electrónico para sistema de voceo de emergencia	Dukane	Trabajan correctamente	1	0
	Controlador electrónico para sistema de telefonía de emergencia modelo FS90 plus	Honeywell	Trabaja correctamente	1	0

*Fig. 2.16. Dispositivos del sistema de voceo*

### **Sistema de telefonía de emergencia**

El sistema de control de telefonía consta de 8 zonas de teléfonos de emergencia controladas mediante una tarjeta de control de teléfono y dos tarjetas de selección telefónica.

Cada vez que una persona descuelga un teléfono de emergencia el tablero indica mediante una señal visual la entrada de una llamada, la señal luminosa nos dice cual es la zona donde se esta originando la llamada. Para responder a esta llamada solamente se tiene que descolgar el teléfono y mover el interruptor de la zona para habilitar la comunicación de doble vía.

El teléfono central es de tipo gancho. Esta localizado en el interior del tablero central para establecer una comunicación de dos vías con los teléfonos remotos que se activen al momento de que alguna persona los desconecte.

El tablero proporciona la localización de los teléfonos a la hora de ser descolgados. Los gabinetes de los teléfonos de emergencia están situados en las áreas junto a los cubos de escaleras junto a los elevadores. Estas estaciones tienen su gabinete y su teléfono, cuentan con un cable enrollado.

El sistema de teléfono no tiene tono de ocupado, por lo que soporta los 20 teléfonos a la vez, si uno de los teléfonos es colgado antes de contestar la llamada la señal emitida por el led desde el tablero se apaga.

Se tiene una tarjeta de control de audio la cual es requerida para el funcionamiento del audio. Esta tarjeta provee funciones de control para el sistema de audio

### **Calidad de aire en estacionamientos subterráneos**

En cada estacionamiento se tienen instalados dos detectores de monóxido de carbono para que al detectar una concentración de 100 ppm manden la señal de alarma al sistema y este comanda el arranque de los extractores correspondientes.

El monóxido de carbono es un gas inodoro, incoloro, inflamable y altamente tóxico, el cual puede causar la muerte cuando se respira en niveles elevados. Se produce por la combustión incompleta de sustancias como gas, gasolina, keroseno, carbón, petróleo, tabaco o madera. Los vehículos detenidos con el motor encendido también lo despiden, de ahí la importancia de poder conocer cuando existe una elevada concentración de monóxido de carbono y poder extraerlo para mejorar la calidad del aire de los estacionamientos. Si se respira en altas cantidades, el monóxido de carbono puede causar la muerte por envenenamiento en pocos minutos.

En la figura 2.17 se ve en forma gráfica el estado de operación de los cuatro extractores de CO, también se ve el estado en el que se encuentran los detectores en cada una de las zonas de estacionamientos. De ser necesario se pueden encender los extractores dando una sobre-orden a cada uno de ellos sin que necesariamente se encuentre alarmado algún detector de monóxido de carbono.

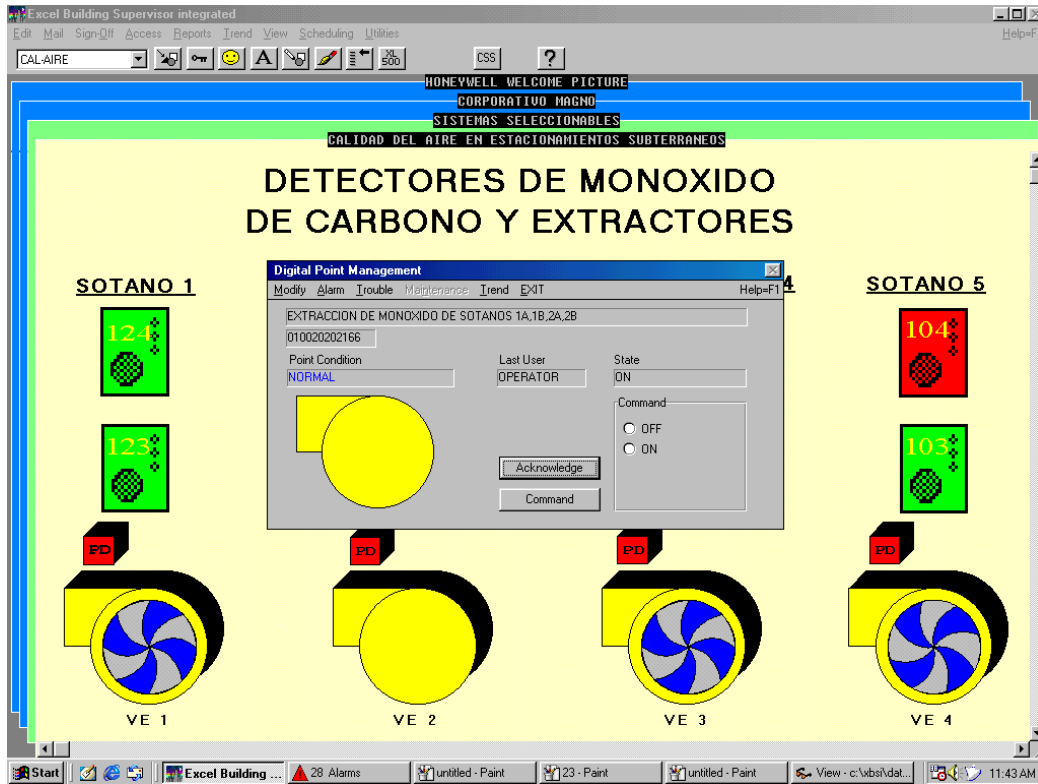


Fig. 2.17. Extractores de monóxido de carbono de sótanos

En la figura 2.18 se observan los dispositivos que forman parte del sistema de extracción de monóxido de carbono, también el estado en que estos se encuentran.





Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Sistema de extracción de estacionamientos</b>					
	Detector de monóxido de carbono	Honeywell	Trabajan correctamente	10	0
	Modulo de monitoreo para detectores de CO	Honeywell	Trabajan correctamente	10	0
	Modulo de control para arranque y paro de extractores	Honeywell	Trabajan correctamente	4	0
	Minimodulo de monitoreo para switch de presion diferencial de confirmación de arranque	Honeywell	Trabajan correctamente	4	0

Fig. 2.18. Dispositivos del sistema de extracción de CO

## **Sistema de control de accesos**

El sistema de control de accesos esta conformado por un circuito de recepción de señal de lectoras, por un circuito de supervisión de apertura de plumas o puertas y por otro circuito de apertura remota para salidas.

El tablero del sistema de control de accesos AMC se compone de tres tableros de instalación con tarjeta madre, fuente de poder, baterías de respaldo, una tarjeta de control CA, una tarjeta de display, tarjetas para control de hasta ocho lectoras, tarjetas para monitoreo de apertura de hasta 8 puertas y/o plumas y otra tarjeta para controlar hasta 8 chapas eléctricas y/o plumas.

El tablero del sistema de Control de Acceso AMC es donde se asegura que el acceso a áreas restringidas por lectoras sean accesadas solamente por personal autorizado, además de ser monitoreado para saber cuando sea forzada alguna puerta. Se cuenta con un sistema central que puede restringir por tarjeta y por área.

El tablero esta conectado al sistema central, pero si por alguna razón pierde la comunicación con este, el tablero conserva la programación en su memoria RAM mientras no se haya desenergizado por completo. El tablero tiene la capacidad de reportar cualquier alarma por falla y/o perdida de comunicación, así los reportes nos indican la zona exacta del dispositivo, el tipo de dispositivo, y la indicación del tipo de alarma o falla.

Los procedimientos de operación para restringir el acceso de cada tarjeta a cada zona se realiza desde la computadora central. Cuando se acerca una tarjeta a una lectora y esta está autorizada para acceder a esta área, la puerta se libera, de otra manera la puerta permanece cerrada y en la central se presenta como una alarma. Cuando la puerta se libera se tiene cierto tiempo en segundos para entrar y cerrar, si la acción rebasa este tiempo, se reporta una alarma de puerta forzada.



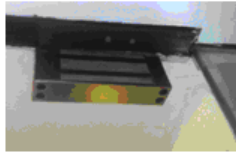
Para salir de algún área de oficina se debe oprimir el botón de permiso remoto de salida para que la puerta sea liberada. Si se usa algún otro medio para abrir la puerta esta acción se reporta como una alarma.


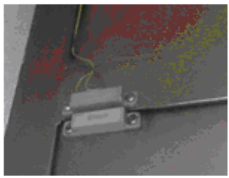

Para los accesos de automóviles se contaba con un programa antipassback, es decir un sistema el cual permite entrar una sola vez, y después salir también una sola vez. Por ejemplo, si alguien entraba al estacionamiento con su vehiculo y le facilitaba su tarjeta de acceso a alguna otra persona para que esta accediera su automóvil, la pluma no abriría y en la computadora central se reportaba esta acción como una alarma con los datos del propietario de la tarjeta. Actualmente se cambio el sistema de control de acceso vehicular dejando el nuevo sistema fuera de la computadora central y operando de manera autónoma.

Otra de las formas de operar el sistema es por medio de horarios. Se puede programar por tarjeta uno o más horarios para acceder al área que esta autorizada. Cualquier intento de acceder fuera de este horario, la puerta no abrirá además de que la acción se reportara en la computadora central.

En la figura 2.19 se muestran los dispositivos que forman parte del sistema de control de accesos, también el estado en que estos se encuentran.

En la figura 2.20 se muestra de manera gráfica la disposición que se tiene del sistema de control de accesos.

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Control de accesos</b>					
	Lectora de proximidad	Motorola	Trabajan correctamente	14	0
	Chapas electromagnéticas	Folger Adams	Trabajan correctamente	12	0
	Contras magnéticas	SDC	Trabajan correctamente	2	0

Equipo	Descripción	Marca	Estado del equipo	Total de equipos	Equipos en falla
<b>Control de accesos</b>					
	Botones de salida	Atlas	Trabajan correctamente	14	0
	Contactos magnéticos		Trabajan correctamente	14	0
	Controlador electrónico para sistema de control de accesos modelo FS90 plus	Honeywell	Trabaja correctamente	1	0

*Fig. 2.19. Dispositivos del sistema de control de accesos*

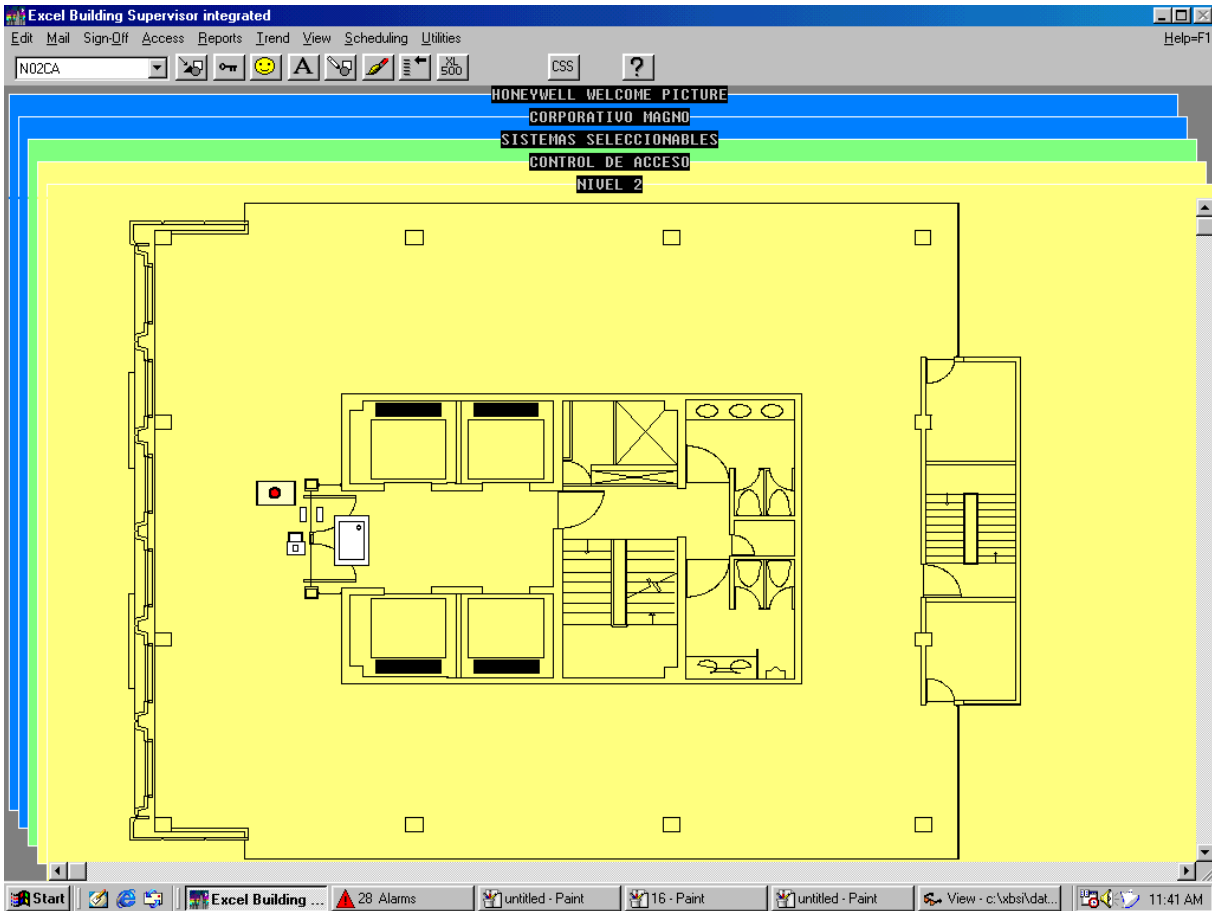


Fig. 2.20. Gráfica del sistema de control de accesos

### Sistema de extinción AFP-200

El sistema de extinción es de reciente instalación considerando el tiempo que lleva operando el sistema XBS-i. Se instaló un tablero Notifier® para supervisar el “SITE” y el “SISE” del edificio. Estos dos lugares son de relevante importancia ya que ahí es donde se encuentran los servidores que dan soporte a las redes informáticas y telefónicas del edificio Sede así como con otros inmuebles tanto en el D.F como en el interior de la republica.

El tablero Notifier es un tablero de la marca Honeywell y se encarga de supervisar por medio de sensores de humo el estado del SITE y SISE. También tiene a su cargo dos estaciones manuales contra incendio, las cuales funcionan cuando alguna persona al percatarse de que hay un incendio jala estas palancas y se libera un gas el cual neutraliza el oxígeno logrando así extinguir el incendio.

En la grafica del sistema XBSi solamente se tiene monitoreo de si hay alguna alarma o si hay alguna falla en el sistema. Estos puntos son solamente de monitoreo, no son comandables desde la computadora central.



### 2.3.- Estrategias de control del XBSi

En cualquier sistema denominado inteligente debe existir integración de todos los sistemas involucrados para que se logre una comunicación entre ellos y se puedan tener estrategias de control, operación y seguridad.

Algunas de las formas de integración de los sistemas serian las siguientes:

- La deshabilitación del sistema de aire acondicionado en caso de emergencia: Cuando el sistema FS90 detecta una alarma por sensores de humo (dos o mas de la misma área) o de una estación manual de alarma, se envía a través del sistema central a los controladores Excel Plus una señal de alarma de la zona afectada para que se apague el sistema de aire acondicionado del nivel y se encienda automáticamente el sistema de extracción de humos.
- Señal de evacuación parcial: La programación que se tiene para accionar de manera automática la señal de evacuación por pisos se da cuando el FS90 detecta una alarma por sensores de humo (dos o mas de la misma área) o de una estación manual de alarma, entonces se activan las señales audiovisuales las cuales están estratégicamente instaladas en vestíbulos y salidas de emergencia.
- Señal de evacuación general: Aunque el sistema puede hacer esta acción por si solo no es recomendable su uso por la diversidad de factores de riesgo que se tienen en una evacuación de este tipo. Es más recomendable que el operador este capacitado para analizar de manera inmediata la gravedad del siniestro y seleccionar la opción mas adecuada para hacer frente al problema.

El operador de este sistema solo puede hacer modificaciones de parámetros, horarios y comandos de control desde la computadora central, como por ejemplo parámetros de puntos de ajuste, fijar lecturas, comandar arranque y paros de maquinas, etc.

Se debe contar con conocimiento del funcionamiento de cada máquina para que las modificaciones que se le hagan a los parámetros sean para optimizar su función pero sin perjudicar factores como confort, mantenimiento y/o ahorro de energía.

Los controladores tienen un programa establecido gravado en memoria permanente y pueden ser modificables solamente con herramientas propias de Honeywell, por lo que no se pueden modificar las estrategias de control pero si los parámetros que las rigen.

Todos los parámetros importantes de las estrategias de operación se pueden ver claramente en la computadora central, ya sea en texto o en forma gráfica y la configuración de cada uno nos indica si es posible la modificación, es decir si fueron configuradas precisamente para modificarse o solamente para monitorearse.

Las estrategias de control se programaron de acuerdo a la información de los proveedores de las máquinas, a la operación de las mismas, a la experiencia de los técnicos de Honeywell, al uso del edificio y con los parámetros que dan las formulas respectivas de control.

Una de las principales bondades que debe tener cualquier sistema que recién salga al mercado es que debe tener la integración fácil, completa y económica con los sistemas anteriores.

## **2.4.- Sistema de distribución del XBSi**

De acuerdo a los requerimientos a la hora de la construcción del edificio SEDE para implementar un backbone (cableado vertical) de cobre para servicios de voz, control y detección así como las adecuaciones necesarias para su transporte, se instaló la red de cableado estructurado PDS SYSTIMAX de AT&T para que permitiera trabajar bajo estándares internacionales que garantizaran una conectividad estándar.

El sistema de distribución de señales PDS SYSTIMAX conforma una red de cableado única y completa. Con una combinación de cables de cobre de pares trenzados sin blindar y cables de fibra óptica. PDS SYSTIMAX virtualmente conecta todos los dispositivos de comunicación de voz y datos. Teléfonos, conmutadores, computadoras, equipos de video e imágenes y sistemas de administración de redes, equipos de control y seguridad.

El sistema de distribución PDS SYSTIMAX está diseñado para proveer un sistema de cableado integrado para todas las necesidades de comunicación y puede por lo tanto simultáneamente, satisfacer múltiples aplicaciones diferentes.

Este sistema de distribución es una infraestructura para la instalación de conmutación, incluyendo las terminales de voz, analógica y digital. Este sistema reemplaza al cable coaxial voluminoso con un par trenzado. La aglomeración de cables se reduce a dos formas:

- El par trenzado sin blindar y la fibra óptica ocupan menos espacio en los conductores y las señales de voz y datos pueden compartir el mismo medio de transmisión.
- PDS SYSTIMAX también conectan los componentes de las redes de área local (LAN) terminales, computadoras y recursos compartidos tales como impresoras.

Cuando se requieren hacer cambios PDS SYSTIMAX puede trasladarse de una aplicación a otra, y de igual manera permite cambiar el uso del plan de distribución.

Al diseñar el sistema de distribución de señales PDS SYSTIMAX como un enfoque modular, el cual tiene una configuración basada en seis subsistemas diferentes para satisfacer los requerimientos físicos y tecnológicos de la red.

El sistema de distribución soportado por cable UTP de categoría 3 (velocidad de transmisión de hasta 10 Mbps) que interconecta cada uno de los distribuidores intermedios (IDF's) hacia las posiciones de los dispositivos ubicados en las plantas del edificio.

Para establecer los enlaces de cable de cobre hacia cada uno de los niveles se utilizó una escalera para comunicar el distribuidor principal con los intermedios.

El subsistema de administración está soportado por un distribuidor principal de voz (MDF) localizado en el sótano 1, un distribuidor para los sistemas de control y detección, ubicado en planta baja y 15 distribuidores intermedios (IDF's) en los cuales se hizo uso de

un hardware de administración tipo 110A. El hardware de conexión del distribuidor principal está montado en un rack metálico del tipo XLBET de 7" de altura, así como cada uno de los distribuidores intermedios están soportados a través de tableros de madera.

El soporte del subsistema vertical o backbone está realizado a través de cable multipar de categoría 3 de 200 pares para el transporte de los servicios de voz que salen del distribuidor principal hacia cada uno de los distribuidores intermedios. Para los servicios de control y detección, el soporte está realizado con cable de categoría 3 de 50 pares. Cada una de las trayectorias del cable de 50 pares, sale del cuarto de control ubicado en planta baja del edificio hacia cada uno de los distribuidores intermedios.

## 2.5.- Arquitectura del XBSi

Los buses de expansión son buses estándar o abiertos (**ISA**, EISA, PCI, etc.) es decir, independientes de la computadora. La existencia de estos buses permite diseñar una amplia gama de controladores de periféricos compatibles.

El bus de Entrada/Salida o de expansión reduce el tráfico en el bus del sistema, de manera que el procesador puede acceder a memoria de caché mientras realiza una operación de entrada/salida.

Para conectar los buses del sistema y de expansión se requiere un adaptador de bus, dispositivo que permite adaptar las distintas propiedades de ambos buses: velocidad, carácter síncrono o asíncrono, multiplexación, etc.

En la figura 2.21 se muestra en forma simplificada la estructura que tiene la arquitectura de conectores y buses para interconectar todos los componentes del sistema inteligente XBSi.

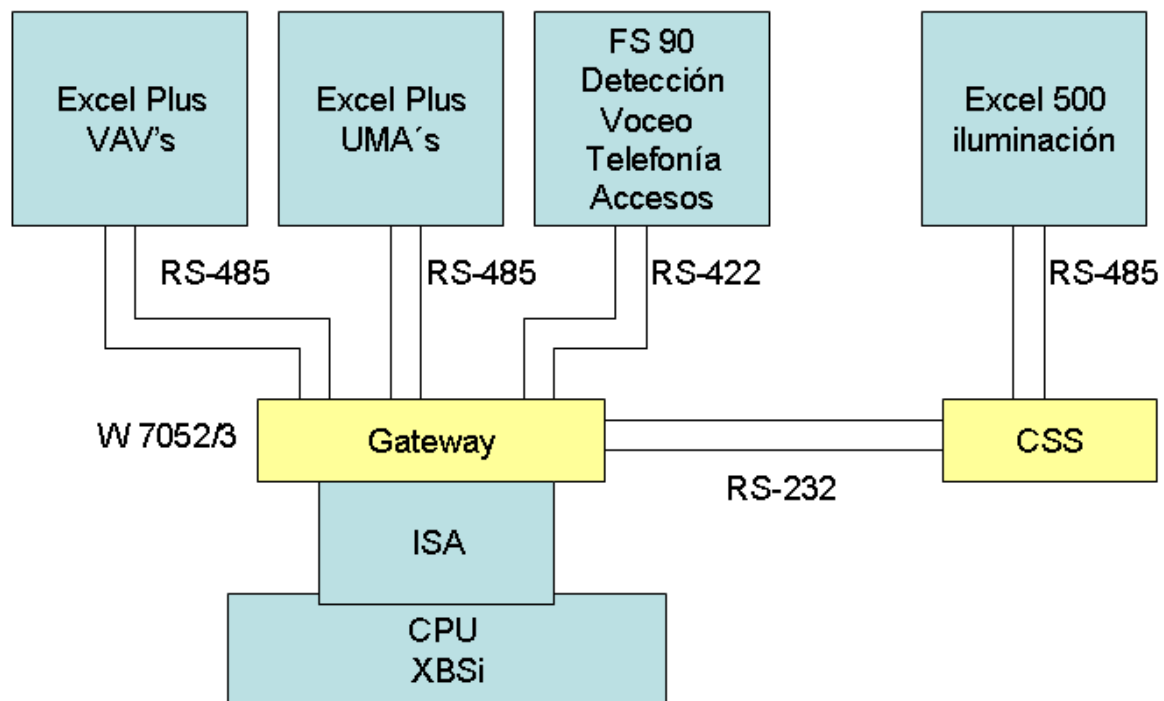


Fig. 2.21. Arquitectura de buses del XBSi

El bus con interface de comunicación W7052/3 es el Gateway central el cual se comunica con el CSS (Communication System Server). El Gateway a su vez se conecta con el Excel plus R7044, con el Excel FS90 Fire&Security y con el Excel Access Management.

El bus con interface W7052/3 es el Gateway central para los controladores y los subsistemas, el cual nos provee las siguientes conexiones:

- 5 puertos con conexión RS-485 con capacidad de 5 buses peer to peer, cada uno con capacidad para 29 conexiones de controladores R7044 (Excel plus). Se encarga también de traducir la comunicación del C-NAP (Control Network Automation Protocol) Network Interface (CNI), con un total máximo de 5000 punto o 198 controladores Exceles Microcel y Macrocel, así que es compatible con el bus peer.
- 7 puertos como interface para el subsistema DELTA Upgrade.
- 2 puertos con RS-422 como interface para dos buses redundantes F&S. Los buses F&S conectan el Excel FS90 y el FS90 Plus así como también el Excel Access Management con el XBSi.
- 7 puertos RS-232 como interface para periféricos adicionales como impresoras, terminales remotas, módems con conexión de línea telefónica. Los controladores R7044 (Excel plus) pueden tener su conexión por medio de la línea telefónica con un máximo de 6 controladores con el W7052/3

El CSS es un microprocesador que actúa como interfase entre el XBSi y los dispositivos con C y S-Buses. El CSS puede tener más de dos tarjetas como interface para traducir los datos de hasta 8 C-buses y S-buses. Los C-buses pueden conectar más de 29 dispositivos incluyendo el Excel 500.

El bus de interface W7052/3 conecta múltiples protocolos, las interfaces con buses peer del Excel plus, los C-buses del Excel 500 que emplean un protocolo peer que le da a cada dispositivo un acceso al bus con el mismo privilegio. Todos los dispositivos cuentan con restablecimiento automático después de un error. En otros protocolos los buses de comunicación se paran cuando la computadora central tiene error de línea. Con el protocolo peer la comunicación continua hasta que haya por lo menos dos dispositivos operando en el bus.

En la figura 2.22 se observa las diferentes conexiones que pueden existir para el sistema XBSi, este es un panorama muy general, sin embargo únicamente los dispositivos marcados en amarillo son aquellos con los que cuenta el edificio, también se marcan los protocolos con los cuales están conectados estos dispositivos y la forma en como llegan al Gateway central y a su vez al sistema XBSi.



## **2.6.- Propuesta de los requerimientos y necesidades mínimas para migrar el actual sistema de control y automatización**

### **Sistemas de automatización:**

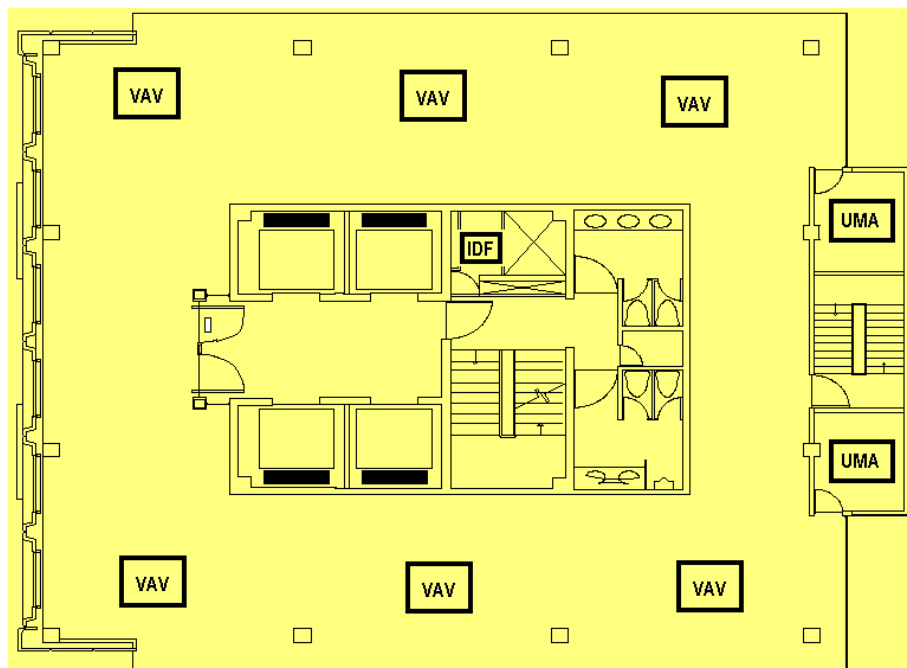
#### **Aire acondicionado:**

#### **Unidades Manejadoras de Aire:**

- 30 controladores para unidades manejadoras de aire Mca. Trane mod. 10GAMOB0000EOD, con capacidad de control y monitoreo en forma autónoma, intercambio de datos con controladores de VAV e integración al sistema central en el protocolo BACnet.
- Capacidad de por lo menos con por lo menos 5 entradas analógicas, 3 entradas binarias, 3 salidas analógicas y una salida tipo contacto seco, para controlar y monitorear lo siguiente:
  - Sensor de temperatura para inyección de aire Mca. Honeywell.
  - Sensor de temperatura para retorno de aire Mca. Honeywell.
  - Sensor de presión diferencial de inyección Mca. Honeywell.
  - Switch de presión diferencial para arranque y paro de extractor de aire Mca. Honeywell.
  - Switch de presión diferencial para arranque y paro de ventilador de aire Mca. Honeywell.
  - Switch de presión diferencial para estado de filtros de aire Mca. Honeywell.
  - Sensor de temperatura de alimentación de agua helada Mca. Honeywell.
  - Sensor de temperatura de retorno de agua helada Mca. Honeywell.
  - Actuador para válvula de agua helada Mca. Honeywell.
  - Actuador para compuerta de economizador Mca. Honeywell.
  - Actuador para compuerta del ventilador de inyección Mca. Honeywell.
- Capacidad de programación independiente de horarios de arranque y paro de las Unidades Manejadoras de Aire.
- Integración con el sistema de detección de incendios y capacidad autónoma de apagado de la Unidad Manejadora de Aire en caso de un conato de incendio con encendido automático del extractor de aire.
- Visualización gráfica de la ubicación de cada una de Unidades Manejadoras de Aire, mostrando estados de los dispositivos que forman parte de ella.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

## VAV's:

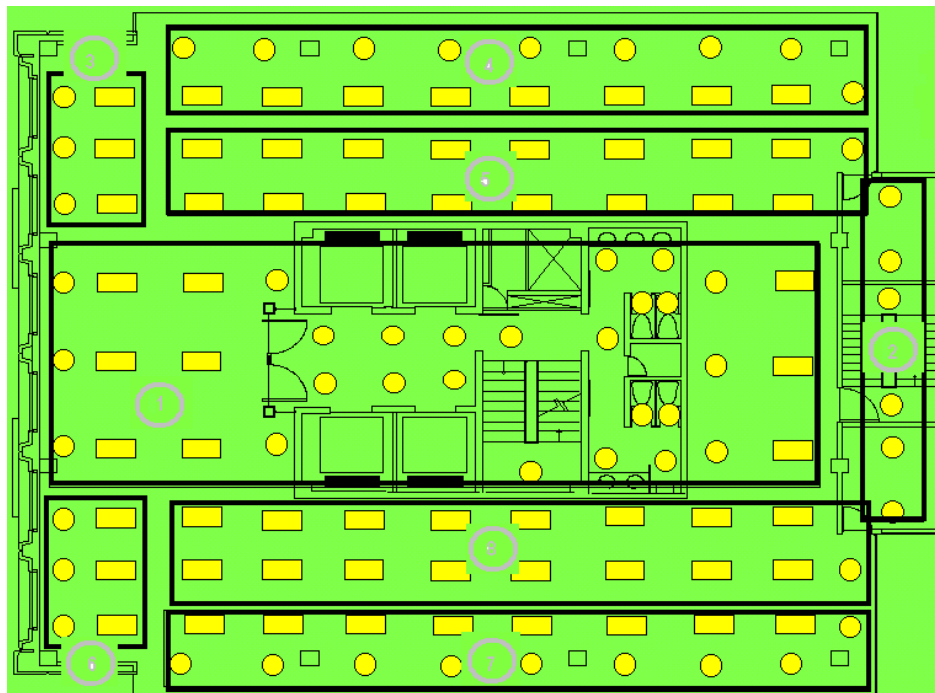
- 94 controladores con actuadores modulantes para compuerta en caja VAV y montaje directo sobre flecha, sensor de presión diferencial integrado con capacidad de intercambio de datos con controladores para Unidades Manejadoras de Aire, control y monitoreo en forma autónoma y desde el sistema central por medio del protocolo BACnet.
- Capacidad de por lo menos 1 entrada resistiva, 1 entrada analógica y 1 salida analógica.
- Visualización gráfica de la ubicación y zonas que controlan cada una de las cajas VAV, mostrando temperaturas de área, volúmenes de aire por zonas y apertura de compuerta de la caja VAV.
- 94 sensores de temperatura para cuarto con rango de ajuste frío/caliente y termómetro integrado.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.



*Fig. 2.23.- Piso tipo. Distribución de Unidades Manejadoras de Aire y VAV's y vertical para cableado "IDF"*

### Control de iluminación:

- 8 circuitos independientes de iluminación por piso.
- 15 controladores electrónicos y paneles para relevadores de control de iluminación, uno por piso.
- Visualización gráfica de la ubicación de cada circuito de iluminación con capacidad de programación de horarios individuales para cada circuito, reporte de alarmas para encendidos o apagados fuera de horario, capacidad de sobre-ordenar estados para cada circuito de iluminación.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.



*Fig. 2.24.- Distribución de los circuitos de iluminación en piso tipo*

### Supervisión de subestación eléctrica:

- 1 kit de transductores de potencia de 3 fases con conexión a Modbus.
- 1 gateway con protocolo BACnet con conexión a Modbus.
- Monitoreo del consumo eléctrico del edificio en KWh de áreas comunes, midiendo las variables de demanda eléctrica total, demanda promedio, factor de potencia, voltaje entre fases y corriente por fases.



- En caso de que la demanda eléctrica se encuentre fuera de los límites preestablecidos generar una alarma.
- Visualizar de manera gráfica estadísticas de consumo de los parámetros a medir.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

#### **Supervisión del sistema hidráulico general y contra incendio:**

- 1 controlador con capacidad de por lo menos 4 contactos secos, 4 entradas binarias, y 3 entradas analógicas.
- Capacidad de reportar el estado de cada una de las bombas, tanto las de uso hidráulico como las bombas contra incendio.
- Capacidad para reportar los niveles de agua tanto de la cisterna como del tanque elevado.
- Monitoreo de la presión del cabezal de agua contra incendio y monitoreo de la operación de las bombas, tanto de la eléctrica como la de combustión interna. Si la presión se encuentra fuera de los rangos normales de operación generar una alarma.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

#### **Fan & Coil:**

- 1 controlador con por lo menos dos salidas tipo contacto seco y 1 entrada binaria.
- 1 sensor de temperatura para cuarto con rango de ajuste frío/caliente y termómetro integrado.
- Capacidad para reportar el estado del Fan & Coil, con opción de sobre-orden para encendido y apagado.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

### **Sistemas de protección:**

#### **Sistema de detección de incendios, seguridad, voceo y telefonía:**

- Se requiere de un panel de control de alarmas contra incendio Notifier NFS2-3030 para configurar 6 circuitos inteligentes de detección, 8 zonas de voceo y telefonía emergencia. Los dispositivos a integrar son los siguientes:

- 97 sensores de humo de ionización Mca. Honeywell mod. TC807B distribuidos 13 por nivel del piso 14 al piso 2, 19 en piso 1 y 9 en PB.
  - 60 sensores de temperatura Mca. Honeywell mod. TC808B distribuidos de los sótanos S1 al S5, 12 por nivel.
  - 40 estaciones manuales direccionables Mca. Honeywell mod. SC464A, distribuidos de los niveles 14 al S5, dos por nivel.
  - - 40 alarmas audiovisuales Mca. Honeywell mod. SC718B, distribuidos en de los niveles 14 al S5, dos por nivel.
  - 20 teléfonos de emergencia Mca. Atlas Soundelier, distribuidos del piso 14 al S5.
  - 45 bocinas de plafón Mca. Honeywell mod. SC811A ubicadas de los niveles 14 a PB.
  - 10 bocinas de pared Mca. Honeywell mod. SC811D distribuidas del S1 al S5.
- Deberá contar con un display LCD que presenta información concerniente al estado en el que se encuentra el sistema, en caso de presentarse una alarma deberá indicar donde se localiza esta, indicando:
    - Circuito al que pertenece el dispositivo
    - Localización exacta del dispositivo
    - Tipo de sensor o dispositivo
    - Tipo de alarma que se esta presentando
  - Deberá contar con capacidad para que en forma manual de salida a un mensaje pregrabado y la opción de poder emitir un mensaje a voz viva.
  - Contar con un banco de baterías con capacidad suficiente para poder soportar el sistema en caso de falla de suministro eléctrico.
  - Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

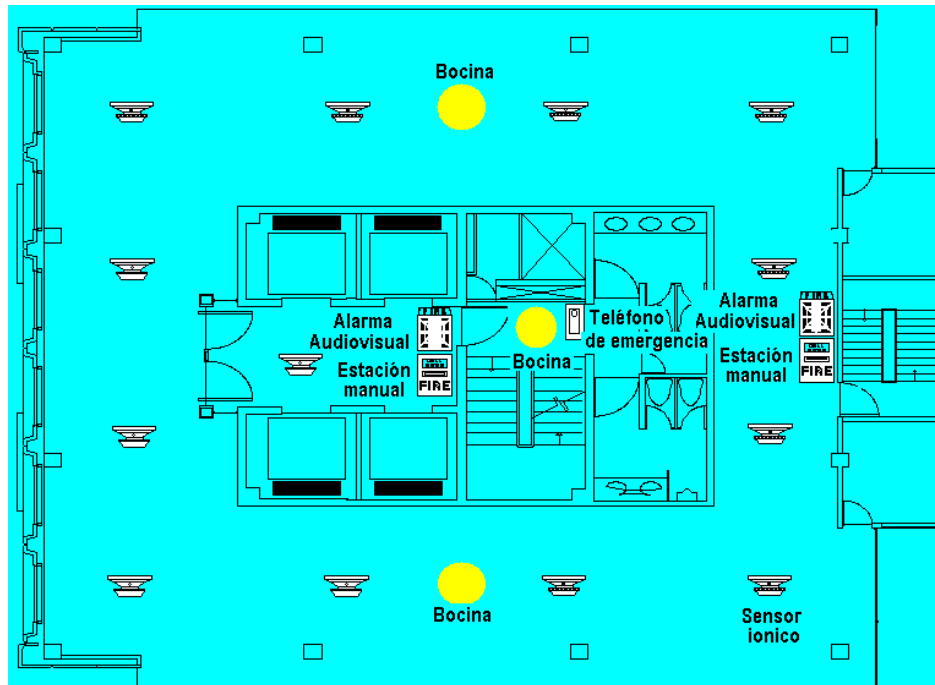


Fig. 2.25. Distribución de los sensores de humo tipo iónico, estaciones manuales, alarmas audiovisuales teléfono de emergencia y sistema de voceo en piso tipo

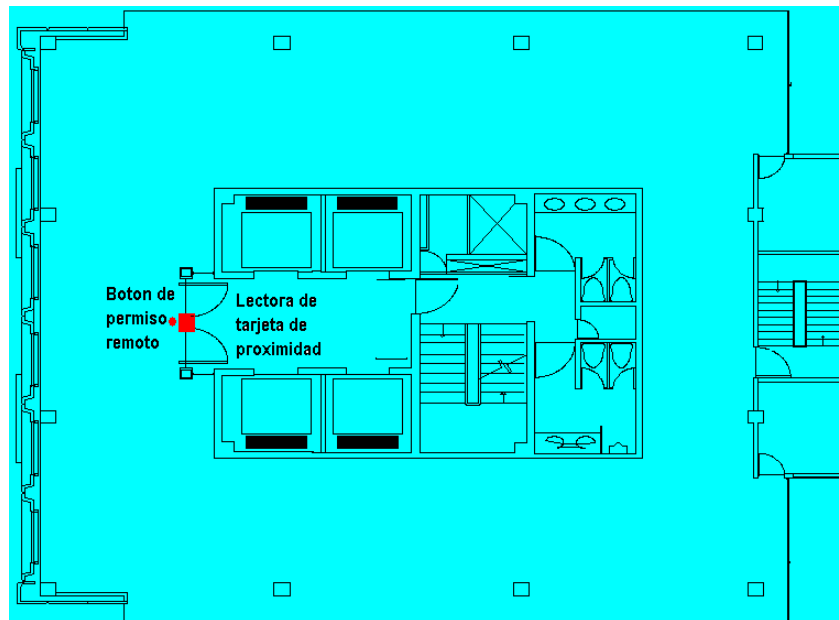
#### Calidad de aire en los estacionamientos subterráneos:

- 4 controladores con por lo menos 2 entradas binarias y 1 salida tipo contacto seco.
- 10 detectores de monóxido de carbono para sótanos .
- Visualización del control y monitoreo de los 4 extractores de monóxido de carbono, con opción de sobre-orden para encendido-apagado.
- Reporte de alarma en caso de que el nivel de concentración de CO sobrepase el límite y encendido automático de los correspondientes extractores.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

#### Sistema de control de accesos:

- 14 lectoras de tarjetas de proximidad con botón de permiso remoto para salida, las cuales se conectarán a doce chapas electromagnéticas Mca. Forger Adams distribuidas del piso 2 al piso 13 y 2 contras magnéticas Mca. SDC ubicadas en el piso 1.
- 14 contactos magnéticos para supervisión de puertas, los cuales deberán reportar en caso de apertura o cierre.
- Fuente de poder para el tablero de accesos que debe contar con baterías de respaldo en caso de falla eléctrica.

- Posibilidad de restringir mediante las tarjetas las área a las que se tiene autorizado el ingreso.
- Capacidad para generar reportes de hora de apertura de puertas e intentos de acceder a un lugar no permitido.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.



*Fig. 2.26. Ubicación de la puerta de acceso con electro-chapa en piso tipo*

#### **Sistema central:**

- Computadora para monitoreo y control de sistema “BMS” con teclado, Mouse y bocinas, deberá soportar la comunicación con todos los dispositivos compatibles con el protocolo abierto BACnet.
- Deberá contar con software de administración “Building Management System (BMS)” y licencia de uso para sistemas de supervisión, control y monitoreo de automatización.
- Deberán interactuar los sistemas de aire acondicionado, sistemas eléctricos, sistemas hidráulicos, de iluminación, y de detección de incendios.
- Todos los parámetros importantes de las estrategias de operación deberán de poderse ver claramente en la computadora central, en texto y en forma gráfica.
- El sistema debe permitir gestionar el manejo y administración de:
  - Programas de ahorro de energía
  - Reportes, eventos y estadísticas
  - Alarmas y estados

- Control por horarios y secuencias de arranque de motores

- Se deberá incluir cableado de los sistemas, ingeniería, supervisión, montaje, conexionado, programación, puesta en operación y capacitación.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema, servicios de configuración, pruebas y curso de capacitación de operación.

## Capítulo 3

### 3.- Propuestas de nuevos sistemas

Hoy en día las compañías constructoras que se mantienen evolucionando en su ramo y que siempre buscan la mejora continua han aconsejado a los desarrolladores y a los propietarios de edificios que se decidan por construir edificios inteligentes. Los edificios inteligentes son más atractivos y más fáciles de rentar que los edificios comunes.

El objetivo de los sistemas en edificios inteligentes (Building Automation Systems) es proveer un control automático de las condiciones de confort en su interior, ahorrar energía, mayor seguridad, responsabilidad social, mayor eficiencia en el uso de las instalaciones y reducción de costos administrativos.

En los sistemas modernos, la comunicación juega el papel más importante. Es donde los sistemas interactúan, donde bases de datos toman la información. Hoy en día la comunicación inalámbrica ha revolucionado la mayoría de los procesos. Las mejoras en robustez, distancias de alcance, facilidad de operación y puesta en marcha han dado una mayor capacidad de aplicación en procesos. Este es el campo con el crecimiento más rápido del mercado. Ethernet y la WEB han permitido el desarrollo de sistemas completos a un menor costo, más confiables y eficientes.

Existen más de 300 protocolos en el mercado de instrumentos, PLC's, DCS's y demás controladores, esto hace complicado el compartir información. Por otro lado, Ethernet es el protocolo que predomina, el uso de *switches*, los cuales son dispositivos que interconectan redes de computadoras pasando datos de un segmento a otro, ha ayudado a hacer de esta red abierta la más confiable hoy en día.

Los sistemas de integración sirven para poder interconectar todos los sistemas inteligentes de un edificio pudiendo controlarlos y monitorearlos, y todo a través de la red de datos e Internet. La integración consiste en utilizar un protocolo de comunicación que permita a todos los sistemas inteligentes comunicarse con el controlador o el sistema maestro de control y poder hacer que interactúen entre sí y que puedan ser más autónomos y automáticos.

El bus de un sistema inteligente es el encargado de llevar la información que producen los sensores hasta el sistema de control, así como de alimentarlos con un voltaje adecuado, aunque actualmente los datos se pueden transmitir de forma inalámbrica. Se puede establecer un punto de control desde diversos puntos de la red e interactuar con los distintos subsistemas interconectados. La diversidad de sistemas que intervienen en un edificio inteligente deben tender a compartir un único sistema de comunicación, definiendo así un protocolo común. Esto es, una serie de normas a nivel de los distintos componentes que rigen el intercambio de información que, una vez conocidas, permitan un diseño compatible. Un componente diseñado de acuerdo a una norma, puede ser conectado indistintamente con cualquiera de las etapas anteriores o siguientes que cumpla con dicha norma. Los componentes comprenden tanto el software como el hardware. Un protocolo

común es indispensable en la tecnología de sistemas abiertos en los controles inteligentes para edificios

### 3.1.- Antecedentes

#### 3.1.1.-Bus de comunicación

El concepto de automatización de edificios conlleva la implementación de algún tipo de red de área local que permita la interacción de los diferentes sistemas componentes, y la adopción de un determinado protocolo de red para que la intercomunicación pueda llevarse a cabo. Hay módulos integradores que traducen y convierten las diferentes señales, permitiendo así la conectividad general.

Un bus es un medio compartido de comunicación constituido por un conjunto de cables (conductores) que conectan a los diferentes dispositivos, ya sea desde una computadora hasta un edificio inteligente. La principal función de un bus es la de servir de soporte para la realización de transferencias de información entre dichas unidades. La unidad que inicia y controla la transferencia se conoce como master del bus para dicha transferencia, y la unidad sobre la que se realiza la transferencia se conoce como slave.

En la figura 3.1 se muestra la representación de un circuito impreso con tres *slots* o ranuras, las cuales se interconectan por medio de un bus que se ve representado por las líneas perpendiculares a estas ranuras.

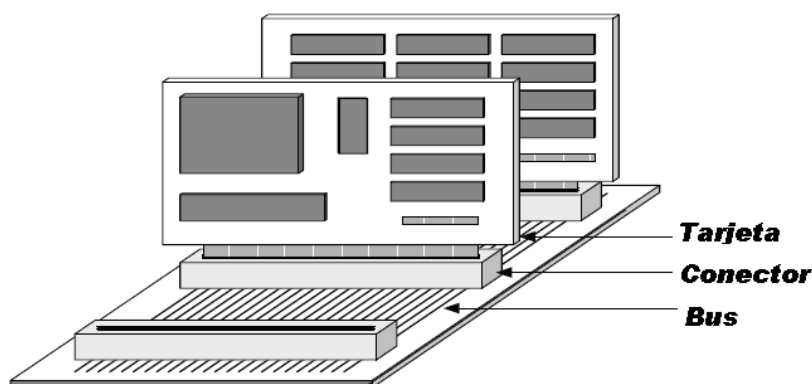


Fig. 3.1. Bus de comunicación sobre una tarjeta de circuito impreso

Las especificaciones de un bus estándar están perfectamente definidas en un documento de estandarización respaldado por algunas sociedades de prestigio en el área (IEEE, etc.). En las especificaciones se distinguen varios niveles:

- Nivel mecánico: en el que se recoge la forma y tamaño de los conectores, el número de contactos por conector y el número de dispositivos que soporta el bus.
- Nivel eléctrico: en el que se especifican los valores de tensión de las diferentes señales, polarización, etc.
- Nivel lógico: especifica la función de cada señal del bus como direcciones, datos, control, etc.

- Nivel de temporización o sincronismo: especifica el protocolo de transferencia empleado.
- Nivel de arbitraje: especifica el protocolo de arbitraje que utiliza el bus.

Un bus es un sistema de transmisión de información de datos que simplifica enormemente la instalación y operación de máquinas y equipos para monitorear y controlar los parámetros que actúan en un edificio inteligente. El objetivo de un bus es sustituir las conexiones punto a punto entre los elementos de campo y el equipo de control. Típicamente son redes digitales, bidireccionales, multipunto, montadas sobre un bus, que conectan dispositivos de campo como PLCs, transductores, actuadores y sensores. Cada dispositivo de campo incorpora cierta capacidad de proceso, que lo convierte en un dispositivo inteligente, manteniendo siempre un costo bajo. Cada uno de estos elementos es capaz de ejecutar funciones simples de diagnóstico, control o mantenimiento, así como de comunicarse bidireccionalmente a través del bus. El objetivo es reemplazar los sistemas de control centralizados por redes de control distribuido mediante el cual permita mejorar la calidad del producto, reducir los costos y mejorar la eficiencia. De esta forma, cada nodo de la red puede informar en caso de fallo del dispositivo asociado, y en general sobre cualquier anomalía asociada al dispositivo. Este monitoreo permite aumentar la eficiencia del sistema y reducir la cantidad de horas de mantenimiento necesarias.

La principal ventaja que ofrecen los buses y la que los hace más atractivos a los usuarios finales, es la reducción de costos. El ahorro proviene fundamentalmente de tres fuentes: ahorro en costo de instalación, ahorro en el costo de mantenimiento y ahorros derivados de la mejora del funcionamiento del sistema. Una de las principales características de los buses es su significativa reducción en el cableado necesario para el control de una instalación. Cada componente sólo requiere un cable para la conexión de los diversos nodos. Se estima que puede ofrecer una reducción de 5 a 1 en los costos de cableado.

El hecho de que los buses de campo sean más sencillos que otras redes hace que las necesidades de mantenimiento de la red sean menores, de modo que la fiabilidad del sistema a largo plazo aumenta. Además, los buses de campo permiten a los operadores monitorear todos los dispositivos que integran el sistema e interpretar fácilmente las interacciones entre ellos. De esta forma, la detección de las fuentes de problemas en el edificio y su corrección resulta mucho más sencilla.

También hay que tener en cuenta que las prestaciones del sistema mejoran con el uso de la tecnología de los buses debido a la simplificación en la forma de obtener información del edificio desde los distintos sensores. Las mediciones de los distintos elementos de la red están disponibles para todos los demás dispositivos. La simplificación en la obtención de datos permite el diseño de sistemas de control más eficientes.

Puede afirmarse que la tendencia actual en automatización inteligente consiste en el empleo de control distribuido. Para ello se procede a la distribución en el edificio inteligente de reguladores autónomos que se comunican con una computadora central. En este esquema, las funciones asignadas a los controladores son las de regulación, monitoreo, cálculos y ahorro de energía. Para la computadora central se reservan funciones no cruciales tales como auditoría, visualización, optimización y mantenimiento.



### **3.1.2.- Arquitectura del sistema**

La arquitectura del sistema es el término empleado para describir la estructura de la red de área local o llamada más comúnmente LAN (Local Area Network) por sus siglas en inglés. La arquitectura es el mapa del sistema donde se muestra como se conectan las interfaces de operador y como se comunican en el sistema dentro de un edificio o instalación. Una red o LAN es el medio físico que conecta múltiples dispositivos inteligentes y les permite comunicarse entre ellos, compartir información, desplegarla e imprimirla. La tarea más básica de la arquitectura del sistema es conectar los controladores digitales (DDC) para que la información sea compartida entre ellos.

Las comunicaciones entre los dispositivos de una red se caracterizan por la forma en como se comunican, así tenemos el punto a punto (peer to peer) y el muestro o registro (polling). En una red punto a punto cada dispositivo puede compartir la información con cualquier otro elemento en la red del área local sin tener que pasar a través de un administrador de comunicaciones.

Los controles en una LAN punto a punto pueden ser de tipo primario, secundario o una mezcla de ambos, esto depende de cada fabricante. En una LAN de muestro o registro los controladores no pasan la información directamente entre cada uno, en lugar de ello el flujo de datos va de un controlador a una interfase y de la interfase viaja a otro controlador.

Esta interfase es un dispositivo que administra la comunicación entre los controladores de la red local de muestro y registro y los niveles más altos en la arquitectura del sistema, también complementa la capacidad de los controladores proveyendo funciones de reloj, almacenamiento para tendencia de datos, alarmas, mensajes y soporte de software.

Las tecnologías de redes son tan diversas como los campos de aplicación. Por ejemplo: PROFIBUS, PROFINet o Ethernet/IP (ambas con comunicación en tiempo real) para el control y automatización industrial; LonWorks, BACnet, y EIB/KNX para la automatización y control de edificios; CAN, TTP/C y FlexRay para la automoción; y Train Communication Network (TCN) para la automatización de trenes. La diversidad de requisitos de las aplicaciones (tiempo real flexible/riguroso, seguridad crítica, topología de red, etc.) exige gran variedad de soluciones y el uso de protocolos basados en diversos principios de operación. El resultado de ello ha sido una abundancia de redes para numerosas aplicaciones específicas.

Una red de control está formada por un grupo de dispositivos llamados nodos, (cada uno, con uno o más sensores o actuadores), que se comunican (a través de uno o varios medios, usando una norma o protocolo de comunicación) para constituir una aplicación de monitoreo, una aplicación de control o una aplicación de ambas.

### **3.1.3.- Protocolos de comunicación**

A medida que los controladores digitales ganaban terreno cada fabricante de control iba desarrollando su propio lenguaje de comunicación, el cual le permitía integrar fácilmente sus equipos de forma que al cliente ofrecían la seguridad de un sistema de comunicación digital integral. A este lenguaje desarrollado se le conoce como protocolo de comunicación y existen tres principalmente. Con el paso del tiempo los clientes empezaron a sufrir consecuencias por el uso de protocolos de un solo fabricante, esto debido a que la

automatización había llegado de lleno a los edificios y empresas, de tal forma que otros sistemas hacían uso de la tecnología como el control de acceso, control de elevadores, detección y extinción de incendios, CCTV, iluminación etc. De esta forma muchos usuarios quedaron ligados con una marca aunque no cumpliera todas sus expectativas, otros sistemas fueron quedando obsoletos ya que hacer las nuevas implementaciones o actualizaciones era muy costoso ya sea por el mismo fabricante o bien por cambiar todo el sistema a algo más amigable, y por otra parte las necesidades del cliente se volvieron muy diferentes a la concepción original de cada sistema, esto es que requerían una forma de integración sencilla y económica al igual que la posibilidad de actualizar e integrar a futuro sin grandes desembolsos. Existen tres tipos de protocolos de comunicación el cerrado, el abierto y el estándar.

### **Protocolo cerrado o propietario**

El protocolo cerrado es un protocolo propietario, utilizado únicamente por el equipo específico de un fabricante, esto implica que cada proveedor crea su propio protocolo con el fin de lograr comunicación con las funciones de sus sistemas, por lo tanto cada fabricante optimiza su protocolo para sus aplicaciones, pero como el protocolo es propietario el cliente debe lidiar con el fabricante para cualquier modificación, agregado, mejora o adición al sistema. La primer forma de hacer los protocolos propietarios interoperables fue usando gateways; estos gateways son tarjetas electrónicas que hacen las veces de un traductor o integrador y permiten pasar de un protocolo a otro, estas interfaces pueden ser de dos vías, lo cual significa que cualquiera de los dos dispositivos puede iniciar la comunicación, pero típicamente son de una vía esto es que solo un dispositivo inicia la comunicación y el otro actúa como esclavo. Aun con los gateways no es sencillo mantener los sistemas, ya que estos deben ser actualizados cuando cambia el protocolo y se debe validar con el fabricante que se esta conectando la comunicación, lo que genera gastos extraordinarios al usuario. Un ejemplo de esta integración es cuando un chiller (maquina intercambiadora de calor usada para enfriar aire) se desea conectar a un sistema automatizado existente. Las compañías que cuentan con estos protocolos propietarios son Honeywell, Johnson Controls, Siemens, Andover, Alerton, Carrier, Trane, York, Mquay entre otras.

### **Protocolo abierto propietario**

Son protocolos desarrollados internacionalmente con reglas de comunicación estándares que están publicadas y son libres de uso por compañías, organizaciones, desarrolladores, fabricantes e integradores y permiten coexistir a los componentes de diferentes fabricantes en una misma red de comunicación pero pertenecen a una organización, de ahí que sean propietarios. Estos componentes no requieren de un gateway para comunicarse entre ellos, ni una estación de trabajo específica para visualizar los datos. Esto permite que los productos de más de un vendedor cumplan los requerimientos de una aplicación específica. Ejemplos de estos protocolos son N2, Profibus y LonWorks, los cuales son diferentes en la forma como fueron desarrollados y como operan. Por ejemplo LonWorks es un protocolo libre de uso (abierto) pero pertenece a una organización comercial (propietario) por lo cual aunque LonWorks es un estándar en la actualidad su clasificación proviene de un protocolo abierto propietario, por esto la utilización de un protocolo abierto no garantiza que el sistema DDC será abierto, ya que cada fabricante

tiene la libertad de usar protocolos propietarios o abiertos, creando con ello su propio sistema cerrado, de esta forma el usuario o propietario continua dependiendo de un solo fabricante.

Ejemplos de algunos protocolos abiertos propietarios son:

### **Profibus**

Es presentado por Konnex una asociación creada por EIB, Batibus como una iniciativa Europea apoyada de manera significativa por el conglomerado Siemes de Alemania. Konnex ofrece pocas alternativas para soluciones en varios niveles de comunicación por lo que su radio de acción se ve limitado y solo es apoyado y secundado por empresas europeas.

Este protocolo es un protocolo de transmisión por bus que opera bajo un sistema Multi maestro/ esclavo, existen tres versiones de Profibus las cuales han sido concebidas para diferentes aplicaciones, en todos los casos comparten el protocolo de acceso por bus.

### **N2**

Es un protocolo abierto desarrollado por Johnson Controls para integrarse a su sistema de control Metasys, en el mercado existen algunas compañías desarrolladoras de software y hardware que fabrican y comercializan interfases para N2, una es a través de ruteadores que permiten integrarse al sistema y la otra es a través de desarrollos de plataformas administrativas de sistema las cuales son bidireccionales, esta plataforma se comunica sobre redes WAN y Ethernet y busca reducir el número de controles físicos para una red N2, sin embargo es solo aplicable a la integración de sistemas Johson Controls por lo cual no es tan difundido comercialmente.

La literatura y formatos de aplicación de este protocolo no son libres como en el caso de otros protocolos abiertos, estos están sujetos al visto bueno de Jonson Controls, aunque actualmente la Asociación Continental de Edificios Automatizados, CABA por sus siglas en ingles, ha tomado el liderazgo para definir los principios de este protocolo abierto a los diferentes vendedores de sistemas.

### **LonWorks**

La tecnología LonWworks proporciona una solución a los múltiples problemas de diseño, construcción, instalación, y mantenimiento de redes de control; redes que pueden variar en tamaño desde dos a 32,000 dispositivos y se pueden usar en cualquier aplicación desde supermercados, plantas petroleras, aviones, ferrocarriles, medición por láser y hasta viviendas particulares.

Una de las innovaciones más importantes en el área de semiconductores es el que representa la tecnología LonWorks, esta tecnología permite la fácil implementación de redes de control LON, Local Operating Networks (Redes de Operación Local) que están compuestas por dispositivos inteligentes como sensores, controladores, etc. con los cuales se pueden integrar distintos subsistemas de control como el de HVAC, detección de incendios, seguridad, ahorro de energía, etc. Además estos dispositivos pueden operar sobre distintos medios como fibra, UTP, etc. utilizando un protocolo de comunicación común. En este caso hay integración de subsistemas entre la detección de incendios, alarmas y el

circuito cerrado de televisión (CCTV), aunque el hardware sea provisto por empresas diferentes, la integración es producto del software.

Todos los dispositivos presentes en una red LonWorks precisan de un chip Neurón. Este chip esta constituido internamente como tres microprocesadores en uno. Dos de los microprocesadores están optimizados para ejecutar el protocolo de comunicaciones, mientras que el tercero está dedicado a ejecutar el programa de control del nodo. Hay por tanto dos procesadores de comunicación y un procesador para la aplicación, esto asegura que la complejidad del programa no afecta negativamente la respuesta de la red y viceversa.

Más de 4000 empresas utilizan las redes LonWorks y el número sigue creciendo rápidamente. Todas las áreas del campo de control están plenamente cubiertas por productos compatibles con LonWorks incluyendo sistemas de detección de incendios, sistemas de climatización, sistemas de seguridad, sistemas de gestión de energía, sistemas de alumbrado, etc.

## **Protocolo abierto estándar**

La industria decide responder a las constantes quejas de los usuarios por lo complejo que es realizar una integración y lo costoso que es integrar a diversos fabricantes en una red de comunicación. De esta forma se trabajó para generar un estándar para la industria de la calefacción, ventilación y aire acondicionado (HVAC) que permitió integrar a todos los fabricantes entre si, estableciendo reglas de comunicación y certificación de productos, de esta forma surge el protocolo BACNet. Para fines prácticos la industria es liderada por BACNet como protocolo abierto estándar y LonWorks como protocolo abierto propietario.

## **BacNet**

Hace algunos años, los controles eran neumáticos. Los sistemas de control digital directo (DDC) aparecieron alrededor de 1980. El primer argumento de venta de este tipo de control fue el ahorro, ya que se incorporaba la capacidad de horarios de operación, los arranques óptimos y se reducían los costos de mano de obra. Pero estos sistemas utilizaban protocolos propietarios, no había integración con edificios instrumentados por otro fabricante, los dueños y administradores quedaban atrapados con el fabricante de su sistema. La solución fue la creación de un protocolo estándar. En 1987, ASHRAE formó el comité de protocolos estándar número 135 (SPC 135 = BACnet), el propósito era integrar todos los sistemas de un edificio con la idea de soportar sistemas desde pequeños a grandes y hacer el estándar 100% independiente al hardware

En 1995 BACnet es publicado como estándar de ANSI/ASHRAE. Este protocolo es un estándar proyectado para resolver los problemas de interoperabilidad de todos los sistemas que viven en un edificio y no solo el de Aire Acondicionado, de ahí su nombre, que es acrónimo de “Building Automation and Controls network” y que pretende integrar los diferentes sistemas, sin importar el fabricante.

Este estándar fue diseñado no solo para necesidades de control de aire acondicionado, sino para todos los sistemas dentro de un edificio. Es un protocolo abierto, con un lenguaje de aplicación bien definido y estándar, que permite a cualquier fabricante que lo desee utilizar incorporar sus productos de control. Este protocolo se encuentra

avalado por organismos internacionales como ISO y ASHRAE, lo que asegura su correcta utilización en todo el mundo.

### **3.4.- Motivos para cambiar de sistema**

Se propone hacer una migración a otro sistema de monitoreo y automatización puesto que con el que actualmente se cuenta en el edificio ha trabajado por un periodo mayor a 13 años, quedado obsoleto y con la mayoría de los dispositivos y controladores instalados fallando puesto que ya han cumplido su tiempo de vida útil, considerando que el tiempo de vida de un equipo electrónico se mide en horas de operación o un aproximado de unos 8 años.

Al hacer el contrato con la empresa Honeywell se acordó que el tiempo con el que se contaría con disponibilidad en el suministro de piezas y refacciones para el sistema de automatización y control sería de 10 años, por lo que actualmente varios de los equipos necesarios para la correcta operación han quedado fuera de catalogo imposibilitando su compra y por lo tanto su reparación, quedando como única solución cambiar todo el controlador por alguno que sea compatible aun cuando la falla sea de una sola tarjeta o elemento en falla.

Los dispositivos que son necesarios para hacer la migración en el sistema de automatización en el caso de que la empresa contratada para tal efecto no sea Honeywell son controladores como macroceles de manejadoras, microceles de VAV, controladores de iluminación, tablero de detección, voice, telefonía y accesos.

La necesidad de cambiar estos dispositivos es que el protocolo que maneja la empresa Honeywell es un protocolo propietario por lo que para que otra empresa pueda dar de alta nuevos dispositivos tienen que manejar el mismo tipo de lenguaje. Los controladores arriba mencionados son los que se encargan de mantener un programa y comunicarse entre ellos y a su vez con la computadora central, y ya que el lenguaje que manejan solamente es utilizado por Honeywell se hace necesario el cambio de estos para poder manejar otro tipo de protocolo que sería compatible con el nuevo sistema. En el caso de que no se cambie de empresa estos controladores se podrían mantener y solamente se cambiaría la computadora central y los dispositivos necesarios como el Gateway, el CSS y tableros Excel de macroceles y microceles ya que aunque la empresa es la misma el protocolo de comunicación es diferente, además que contaría con mayores ventajas como comunicación más rápida y con la posibilidad de contar con mas estaciones de trabajo e incluso el poder controlar los dispositivos de automatización vía remota.

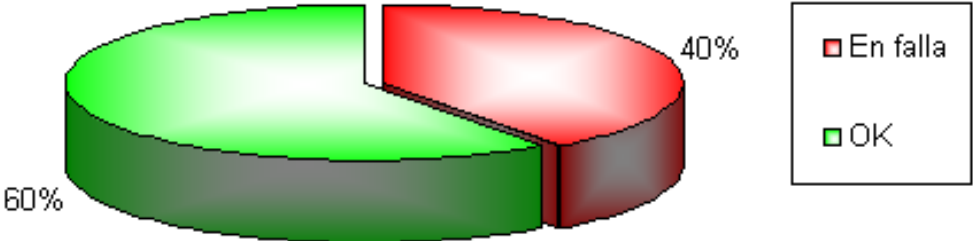
Ya que los equipos instalados son de hace más de 13 años han ido presentando fallas, la mayoría de estas son en tarjetas o dispositivos electrónicos y debido a que ya no se encuentran estos dispositivos o refacciones a la venta el sistema ha ido perdiendo el grado de automatización e “inteligencia” con el que contaba.

A continuación se presentan algunas gráficas en la cuales se muestran los equipos que se encuentran con fallas y los cuales independientemente se migre a otro sistema diferente de Honeywell o no, es recomendable hacer el remplazo de estos para mejorar la eficiencia y automatización del sistema.

La gráfica 3.2 muestra que de los 30 controladores de UMA's existentes el porcentaje de estos que se encuentran operando correctamente es de un 60%. Estos

controladores son los encargados de encender y apagar las manejadoras de aire, de ordenar a los actuadores de agua helada y compuertas del ventilador si deben permanecer abiertos o cerrarse de acuerdo a las condiciones en que se encuentra el ala de su piso, también son los encargados de apagar el aire y encender el extractor de humos si se detecta algún incendio, entre otras funciones reciben lecturas de la temperatura con la que se esta inyectando el aire frio, la presión con que se esta suministrando y también de recibir la información de si es necesario cambiar el filtro para mejorar la calidad de aire.

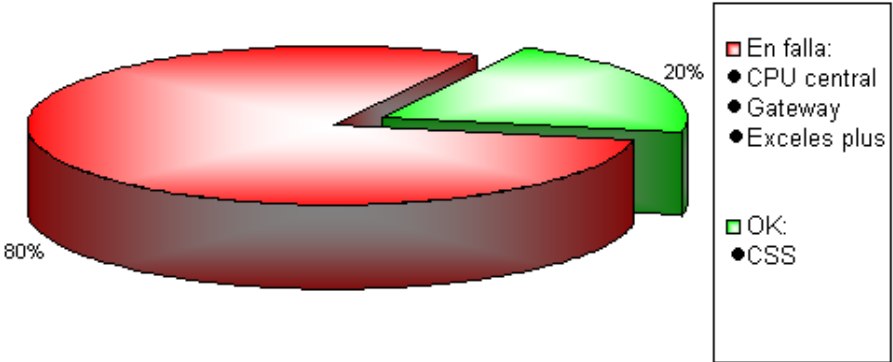
**Controladores de manejadoras en falla**



*Grafica 3.2. Controladores de manejadoras en falla*

En la gráfica 3.3 se muestran los dispositivos en falla que se encuentran ubicados en el CECOM, los cuales son los encargados de recibir y convertir a un solo lenguaje toda la información recibida por los dispositivos ubicados a lo largo del edificio y así mostrarla en forma gráfica y numérica en la computadora central.

**Equipos instalados en el CECOM**



*Grafica 3.3. Controladores ubicados en el CECOM en falla*

El CPU de la computadora central del sistema de automatización y control se encuentra dañado, por lo que la empresa prestadora de servicio consiguió y presto otro para el edificio. Este CPU tampoco se encuentra en optimas condiciones, además por la antigüedad del equipo requerido resulta bastante complicado encontrar otro con las características necesarias, así que en cuanto el equipo actual falle o sea solicitado por la empresa el edificio quedaría prácticamente sin visualización de que es lo que ocurre, por lo tanto también quedaría sin control y los equipos tendrían que trabajar en “stand-alone”.

El Gateway se encarga de comunicar los controladores Excel de UMA's, VAV's, y el tablero FS90 con la computadora central. Este equipo presenta fallas de memoria y algunas tarjetas electrónicas. Los problemas que causa son menores pero puede ocasionar también la pérdida de control y monitoreo de los sistemas, por esto es recomendable su cambio.

El Excel plus es el encargado de llevar la comunicación entre los controladores VAV's y los controladores macroceles y microceles de UMA's con el Gateway. Los problemas que presenta se encuentran también en sus tarjetas electrónicas las cuales debido a la antigüedad del equipo ya no es posible encontrarlas para su cambio. Los dos tableros Exceles han presentado fallas cada vez más continuas sin poder hacer que operen correctamente sino hasta después de algún tiempo el cual puede ir de solo unos minutos a días enteros.

Todos estos equipos son necesarios para que trabaje el sistema central, sin ellos simplemente todos los equipos instalados a lo largo del edificio son inservibles, desde los sistemas de confort ambiental (manejadoras de aire y VAV's) hasta los sistemas de seguridad (detectores de humo, alarmas audiovisuales, telefonía y voice de emergencia).

En el caso de los equipos de la gráfica 4.2 aunque son equipos necesarios no afectan directamente el sistema central si se encuentran en falla, sin embargo si alguno de los equipos ubicados en el CECOM falla, la comunicación se puede llegar a perder ya sea total o parcialmente dependiendo del dispositivo que falle.

Aunque la empresa que instalo todos los equipos desde un inicio y que se ha encargado de llevar la póliza ha sido Honeywell, no es la única capacitada para realizar la migración a un nuevo sistema, así como tampoco es recomendable cerrarse únicamente a esta empresa para hacer la migración ya que, por ser una empresa que maneja protocolos propietarios y que cuenta con patentes en la mayoría de sus equipos, los montos para sus servicios, refacciones, reparaciones, etc., están muy por encima de los valores comerciales que manejan otras empresas, llegando hasta a triplicar los valores en comparación con otras empresas. Esto no quiere decir que sea una mejor o peor opción a considerar, si no, únicamente que el servicio prestado y la calidad de los equipo es la misma aunque con montos mas elevado por la fama de ser una compañía que presta sus servicios a nivel internacional.

A continuación se presentan propuestas realizadas por otras empresas, algunas de ellas consideraron la integración de otros sistemas.

### **3.5.- Propuestas de otros sistemas alternos al XBSi**

Para realizar la migración del sistema se cotizo con 3 diferentes empresas de automatización y control reconocidas en este ámbito, las tres cuentan con una trayectoria en la que han prestado sus servicios a grandes empresas nacionales e internacionales.

Para desarrollar las cotizaciones se invito a visitar el edificio para que pudieran ver físicamente el centro de control y monitoreo (CECOM) y ver el equipo que se tiene instalado, ya que los quipos que ahí se encuentran son los que se encargan del control de todos los demás.

#### **3.5.1.-Propuesta Asintelix**

Asintelix es una empresa especializada en la implementación de sistemas de automatización y seguridad integral para edificios inteligentes y residencias de lujo. Los servicios que ofrece, entre otros, son sistemas de automatización, control y monitoreo de equipos, alarmas y detección de incendios, sistemas de circuito cerrado de televisión, control de accesos y control de iluminación.

Esta empresa cuenta con varios años de experiencia y con el personal técnico altamente calificado y certificado para realizar este tipo de instalaciones y sistemas, así mismo cuentan con la distribuciones directa autorizada de prestigias marcas y fabricas como son Johnson Controls, Schneider, Pelco, Notifier, Vesda, Mmi, Troll, Metalarte, Juno y Lutron entre otras.

Entre las consideraciones técnicas sobre el bus de comunicación están las siguientes:

1.- Los sistemas de detección de incendios contarían cable para circuitos con protección contra fuego, conductores de cobre sólidos torcidos y blindados, con aislamiento de PVC, de tipo FPLR, con malla de aluminio-poliéster con cobertura al 100%, alambre de 22 AWG para drenado a tierra, chaqueta de PVC en color rojo, de marca "Southwest Wire" o "Belden".

2.- Los sistemas de control y monitoreo de equipos contarían con cables para circuitos con aislamiento de PVC, malla de aluminio-poliéster con cobertura al 100%, chaqueta de PVC de color variable de acuerdo al tipo de señal, de marca "Johnson Controls" o "Belden".

#### **Descripción de la propuesta:**

El sistema central de control de monitoreo de equipos incluye una estación de trabajo en base a un procesador PIV@2GHz, con lo cual se podría controlar lo siguiente:

##### *a) Sistema de iluminación, control y monitoreo de equipos:*

El suministro incluye:

El sistema centralizado Metasys, el cual soporta la comunicación con una amplia gama de dispositivos. Muchos dispositivos de Johnson Control son compatibles con el protocolo abierto Metasys N2. Las diferentes versiones están diseñadas para coexistir en la



misma red de Johnson Controls Metasys, esto permite al usuario interactuar con los sistemas de aire acondicionado, sistemas eléctricos, sistemas hidráulicos, de iluminación, etc. Metasys coordina y organiza toda la información lógicamente permitiendo desplegar esta cuando así se requiera.

Asimismo este sistema permite gestionar el manejo y administración de:

- Programas de ahorro de energía
- Reportes, eventos y estadísticas
- Alarmas y estados
- Control por horarios
- Uso de otras utilerías de Windows

#### *b) Control y monitoreo de la planta central de agua helada*

El sistema contaría con el control y monitoreo de la planta central de suministro de agua helada, encargándose de controlar los arranques y paros de los equipos así como secuencias y monitoreo de los mismos a través de un controlador dedicado para esta función e integrado a la red Metasys.

Los equipos necesarios para esta aplicación serían:

- 1 controlador de aplicación específica de libre configuración para control y monitoreo de la planta central de agua helada con capacidad de control y monitoreo en forma autónoma o de integración a la red de Metasys y con control local, vía panel de operación manual, display digital, reloj interno para funciones de horarios en modo stand-alone.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema.

#### *c) Control y monitoreo de Unidades Manejadoras de Aire*

El sistema contaría con el control y monitoreo de las unidades manejadoras de aire de cada piso y por ala, serían integradas al sistema Metasys.

Se visualizaría de forma gráfica el estado de la manejadora de aire, mostrando presiones, temperaturas y estados de operación de los actuadores de IVG, agua helada y compuerta de mezclas.

- Se requerirían 30 controladores de aplicación específica para aplicaciones avanzadas de control y monitoreo en forma autónoma o de integración a la red de Metasys.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema.

#### *d) Control y monitoreo de VAV's*

El sistema contaría con el control y monitoreo de las cajas VAV y serían integradas a la red de Metasys.

Se mostraría en forma gráfica la ubicación de cada una de las cajas VAV, visualizando temperaturas de área, volúmenes de aire por zonas y apertura de compuerta de la caja VAV.

- Se requerirían 94 controladores de aplicación específica para aplicaciones en cajas de volumen variable con capacidad de control y monitoreo en forma autónoma o de integración a la red de Metasys. Se incluirían actuadores modulantes para compuerta en caja VAV con sensor de presión diferencial integrado. Tiempo de recorrido de 2 minutos. Montaje directo sobre flecha con alimentación de 24 VAC.
- 94 sensores de temperatura para cuarto (con elemento resistivo de níquel de 1000 Ohms), tipo Metastat con rango de ajuste warmer/cooler, jack telefónico, y botón para override manual y termómetro integrado.

#### *e) Control y monitoreo de los sistemas eléctricos*

El sistema contaría con el control centralizado de la iluminación de áreas comunes y área de oficinas. Se podría realizar el encendido y apagado de cada uno de los circuitos de iluminación directamente desde la computadora central, o se podrán predeterminar horarios de encendido y apagado de cada uno de estos circuitos.

- Se requerirían 14 tableros para control de hasta 20 circuitos de iluminación por tablero.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema.

#### *f) Monitoreo de la energía eléctrica (subestación)*

El sistema contaría con el monitoreo del consumo eléctrico del edificio de áreas comunes; algunas de las variables con las que se contaría son: demanda total, demanda promedio, factor de potencia, voltaje entre fases y consumo.

- Se requeriría 1 kit de transductores de potencia de 3 fases. Consta de 3 donas transformadoras de corriente tipo Split Core para control para medición de variables eléctricas con integración directa al bus N2 de Metasys. Incluye microprocesador para expansión de variables.

#### *g) Control y monitoreo de la planta de emergencia y sistemas de transferencia*

El sistema contaría con las posibles alarmas entregadas en el transfer por parte del fabricante de las mismas. Así mismo se controlaría el arranque y paro de la planta sólo para efectos de mantenimiento.

Se requeriría 1 controlador y un subcontrolador periférico para el monitoreo de señales del tablero de transferencia de la planta de emergencia. Para realizar el monitoreo de este sistema se requiere una tablilla de contactos secos instalados dentro del tablero de transferencia.

#### *h) Monitoreo de los sistemas hidráulicos*

El sistema contaría con el monitoreo del sistema hidráulico (red de agua potable y red de agua contra incendio) y sería integrado a la red Metasys. Dentro de este sistema se monitorearía la correcta operación de las bombas, así como los estados de los selectores, niveles de tanque elevado y cisterna.

Se requeriría 1 controlador y 1 subcontrolador periférico para el monitoreo de señales de los sistemas de bombeo. Para realizar el monitoreo de este sistema se requiere una tablilla de contactos secos instalados dentro del tablero de cada sistema de bombeo.

Esta propuesta incluye equipos periféricos para la adecuada operación del sistema. Así mismo incluye cableado del sistema, ingeniería, supervisión, montaje, conexionado, programación, puesta en operación y capacitación.

El costo total del proyecto es de \$1,907,040.00 considerando un IVA del 16%.

### **3.5.2.- Grupo ISC**

Grupo ISC es una empresa que integra expertos y especialistas en las áreas de inteligencia, seguridad y comunicaciones; cuenta con experiencia de más de 3 décadas en cada área, por lo que ofrece asesoría óptima en proyectos donde acompañan al cliente tanto en el diseño preliminar del proyecto como en sus diversas etapas del diseño, de presupuestos, en la realización del levantamiento y desarrollo de la ingeniería de campo, integración de sistemas, especificaciones, adquisición de materiales y logística. Cuenta con la capacidad para desarrollar el proyecto, la instalación, la puesta en servicio, documentación definitiva, cierre del proyecto, garantías, contratos de mantenimiento y capacitación.

La propuesta realizada por Grupo ISC integra todos los equipos en una sola estación de trabajo (Workstation), donde el software a utilizar sería "ProWatch". Este Software se especializa en control de acceso, sin embargo los demás sistemas se pueden agregar a él por medio de módulos de software. Estos módulos (software) son los que permite tener los 3 sistemas integrados bajo la plataforma ProWatch.

La plataforma de Pro-Watch ofrece una completa gestión de seguridad incluyendo accesos, control, monitoreo de alarmas, CCTV y control de visitantes, a la vez que ofrece soluciones confiables en un sistema que es fácilmente operable, rápido y que estandariza resultados al ofrecer atajos, asistentes y menús de ayuda.

Los módulos de integración que se requerirían para tener una sola Workstation serían Alerton y Notifier que son los sistemas de Automatización e Incendio respectivamente.

Alerton tiene la gran ventaja de que trabaja con productos de protocolo BACnet, el cual es el estándar en la industria de la construcción para la interoperabilidad de sistemas. Otras de las grandes ventajas es que cuenta con la certificación de la ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Aire Acondicionado por sus siglas en inglés), a la vez que es una de las marcas comercializadas y respaldadas por Honeywell.

Notifier cuenta con más de 50 años en una de las posiciones líderes en la industria de la detección de incendios. En la actualidad es la más grande empresa fabricante especializada en ingeniería de sistemas contra incendios.

El protocolo que maneja Notifier es “FlashScan”, el cual tiene la ventaja de tener una respuesta bastante rápida y activar varios dispositivos de salida en fracciones de segundo. Esta característica permite al NFS-3030 tener varios dispositivos por loop y muestrearlos en fracciones de segundo, como resultado el tiempo que toma al panel detectar una alarma y regresar la notificación al dispositivo para activarlo se ha disminuido hasta cinco veces comparado con versiones anteriores de paneles Notifier. (DN-7070:F • 7/16/2010, NFS2-3030 Intelligent Addressable Fire Alarm System)

Para el sistema de Automatización el protocolo a utilizar es BACnet, por medio del cual se puede controlar y monitorear los siguientes subsistemas:

- Aire acondicionado
- Iluminación
- extracción de monóxido
- monitoreo de subestaciones eléctricas
- supervisión de bombas hidráulicas

### **Descripción de la propuesta:**

La estación central de trabajo sería una computadora Lenovo thinkcenter M583 procesador Dcore, 2.60 Ghz disco duro de 320 Gb, 2 Gb en ram, Windows XP Pro, teclado inalámbrico y mouse inalámbrico, con sistema de integración de comunicación vía IP BCM (Business Communications Manager), y software Envision para BACtalk.

Alerton Envisión es un software para sistemas que utilizan el protocolo BACnet, utilizado para controlar y manejar diversos dispositivos a través de redes LAN o Ethernet. Envision además puede conectarse a sitios remotos o ser instalados en una laptop para tener acceso directo a los sistemas.

### **Sistema HVAC**

#### *a) Control de cajas VAV*

El sistema contaría con el control y monitoreo de todas las VAV's por ala y por nivel. El suministro incluye:

- 94 actuadores para caja tipo VAViH-SD, con transformador a 75 VA, 120/208/240/480-24V, dual hub.
- 94 sensores inteligentes de pared con pantalla multifuncional LCD y botones de función

#### *b) Control y monitoreo de Unidades Manejadoras de Aire*

El sistema contaría con el control y monitoreo de las unidades manejadoras de aire de cada piso y ala. El suministro incluye:

- 30 controladores con 11 entradas, 8 salidas triac binarias y 8 salidas analógicas con transformador a 75 VA, 120/208/240/480-24V, dual hub.

*c) Fan & Coil*

El sistema contaría con el control y monitoreo del Fan & Coil ubicado en el CECOM. El suministro incluye:

- 1 controlador con 6 entradas, 3 salidas triac binarias y 3 salidas tipo contacto seco con transformador a 75 VA, 120/208/240/480-24V, dual hub.
- 1 sensor inteligentes de pared con pantalla multifuncional LCD y botones de función

*d) Extracción de monóxido*

El sistema contaría con el control y monitoreo de los 4 extractores de monóxido de carbono (CO) ubicados en planta baja. El suministro incluye:

- 4 controladores con 6 entradas, 3 salidas triac binarias y 3 salidas tipo contacto seco con transformador a 75 VA, 120/208/240/480-24V, dual hub.
- 10 Sensores de monóxido tipo switch.

*e) Monitoreo de la energía eléctrica (subestación)*

El sistema contaría con el monitoreo del consumo eléctrico, algunas de las variables con las que se contaría son: demanda total, demanda promedio, factor de potencia, voltaje entre fases y consumo. El suministro incluye:

- 1 gateway con protocolo BACnet MS/TP con conexión a Modbus.
- 1 kit de transductores de potencia de 3 fases con conexión a Modbus.

*f) Monitoreo de los sistemas hidráulicos*

El sistema contaría con el monitoreo de los sistemas hidráulicos. Dentro de este sistema se monitorearía la correcta operación de las bombas, así como los estados de los selectores, niveles de tanque y cisterna. El suministro incluye:

- 1 controlador con 16 entradas y 16 salidas triac binarias, con transformador a 75 VA, 120/208/240/480-24V, dual hub.

*g) Control y monitoreo de los sistema de iluminación*

El sistema contaría con el control de la iluminación de áreas comunes y oficinas. Se podría realizar el encendido y apagado de cada uno de los circuitos de iluminación directamente desde la computadora central, o se podrán predeterminar horarios de encendido y apagado de cada uno de estos circuitos. El suministro incluye:

- 13 paneles, con un total de 130 relevadores.

#### *h) Control y monitoreo de los sistemas de acceso*

El sistema de control de accesos se basaría en el software de Pro-watch, controlando por medio de tarjetas de proximidad el acceso a los pisos permitidos.

Se tendrían 2 controladores principales (PW6K11C), los cuales a cada uno se le conectan 8 y 7 lectoras, con esto se dividiría el edificio por la mitad, esto por la flexibilidad del cableado. Se considera ya su gabinete con su fuente y transformador.

Así mismo cada puerta tiene su contacto magnético. Se consideran 8 fuentes de alimentación para las chapas electromagnéticas, cada fuente alimentaría 2 chapas, esta fuente ya incluye gabinete y baterías.

#### *i) Control y monitoreo de los sistemas de Detección de Incendio*

Se propone un panel de detección de incendios NFS2-3030, el cual es un panel inteligente de control de alarmas contra incendio diseñado para instalaciones medianas o grandes. Lo que permite su uso en un amplio rango de instalaciones es su diseño modular que se configura adaptándolo a las necesidades de cada proyecto, pudiendo instalar de uno hasta diez circuitos, soportando hasta 3180 dispositivos inteligentes direccionables.

Otra de sus cualidades es que cuenta con un display LCD que presenta información vital a los operadores concerniente a la situación donde se localiza el conato de incendio, el progreso del fuego y también detalles de evacuación.

El sistema de detección de incendios estaría conformado de la siguiente manera:

- 1 Panel de detección de incendio Notifier NFS2-3030.
- 1 Interface (Gategay) para conectar el panel Notifier con el protocolo BACnet
- 5 Amplificadores de audio 50W 70 VRMS

La figura 3.6 muestra una posible configuración de diferentes dispositivos en un sistema de detección de incendios Notifier.

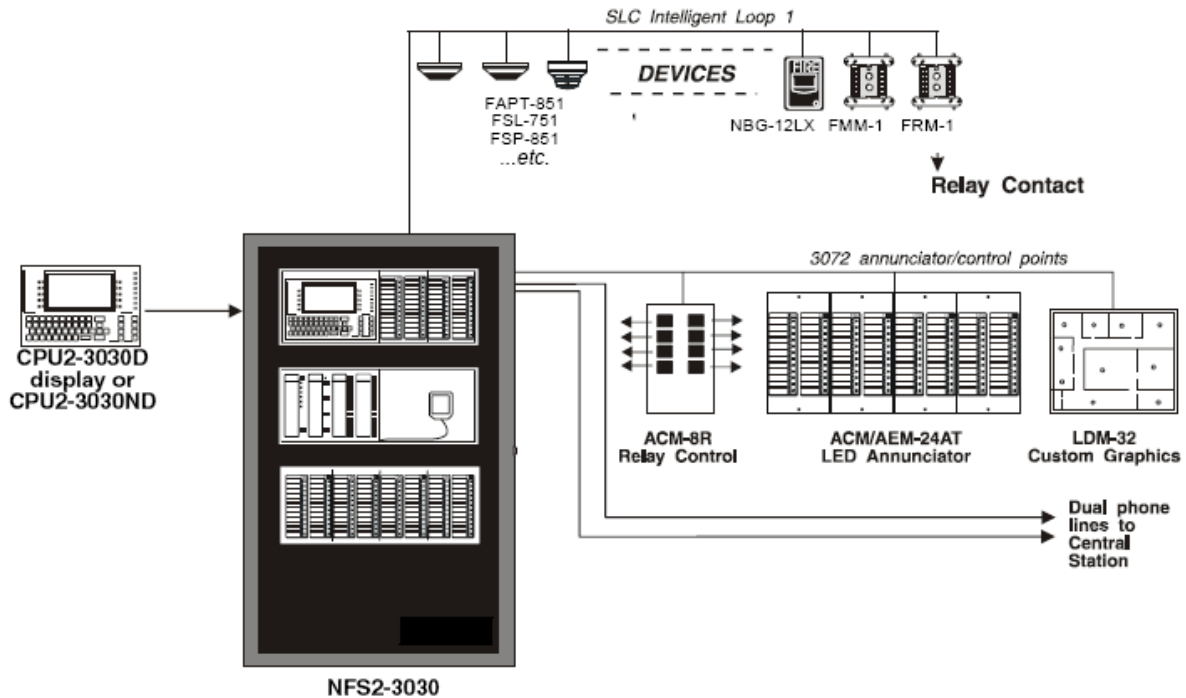


Fig. 3.6. Panel Notifier NFS-3030

En estas cotizaciones no se incluye el cableado, puesto que se utilizaría el cableado estructurado con el que se cuenta actualmente, sin embargo es recomendable que se cambie todo el cableado del edificio para evitar algún vicio oculto que pueda surgir en un futuro.

El costo total del proyecto es de \$3,355,850.24 considerando un IVA del 16 %.

### 3.5.3.- Abastecedora Vica

Abastecedora Vica es una empresa con más de 28 años de experiencia en el mercado; es una empresa sólida, que a través de los años ha tenido los conceptos de calidad y alta tecnología como base para el desarrollo, logrando ganar clientes como Cementos Apasco, Cervecería Modelo, Plásticos Rex, Sabritas entre otros grandes grupos industriales.

Los productos que distribuye son de gran aplicación en la industria en general, así contribuyen a lograr que los procesos se midan, se registren, se controlen y se automaticen con productos de calidad para ser más eficientes y competitivos.

El diseño, la ingeniería y la precisión contribuye a una calidad total, rigiéndose tanto con normas internacionales de calidad, como capacitación constante, que le permite ofrecer productos y servicios adecuados de alta calidad.

### **Descripción de la propuesta:**

La estación central de trabajo sería una computadora Intel Quad Core Intel Xeon Processor E5630, 2.53 GHz, Windows 7 professional, DDR3 250 GB SATA, 16X DVD+/-RW, con software de administración y licencia de uso para sistemas de supervisión, control y monitoreo de automatización.

“Niagara Ax” es un software que posee una plataforma dedicada a la unificación y administración de dispositivos “inteligentes” que interactúan entre si, mostrando valores y datos en tiempo real. Este software además de normalizar los protocolos para hacerlos inter-operables entre ellos crea un entorno común que se conecta a casi cualquier dispositivo independientemente del fabricante o protocolo de comunicación. El sistema entonces modela los datos y el comportamiento de los componentes del dispositivo en un software normalizado proporcionando una visión perfecta y uniforme del edificio a través de una amplia variedad de opciones de conectividad. En la figura 4.7 se visualiza como manera ilustrativa el ambiente gráfico del sistema Niagara Ax.

Entre los beneficios de utilizar este software esta el manejar y monitorear los sistemas en tiempo real vía Internet, reducir costos de operación y el tener la opción de tener aplicaciones opcionales de otros proveedores.

## **Sistema HVAC**

### *a) Control de cajas VAV*

El sistema contaría con el control y monitoreo de todas las VAV's por ala y por nivel. El suministro incluye:

- 94 controladores Spyder marca Honeywell con protocolo de operación BacNet.
- 94 sensores digitales de temperatura marca Honeywell.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema.

### *b) Control y monitoreo de Unidades Manejadoras de Aire*

El sistema contaría con el control y monitoreo de las unidades manejadoras de aire de cada piso y ala. El suministro incluye:

- 30 controladores Spyder Sylk marca Honeywell con protocolo de operación BacNet.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema.



#### *c) Fan & Coil*

El sistema contaría con el control y monitoreo del Fan & Coil ubicado en el CECOM. El suministro incluye:

- 1 controlador Spyder marca Honeywell con protocolo de operación BacNet.
- 1 sensor digital de temperatura marca Honeywell.

#### *d) Extracción de monóxido*

El sistema contaría con el control y monitoreo de los 4 extractores de monóxido de carbono (CO) ubicados en planta baja. El suministro incluye:

- 4 controladores Split core.
- 10 transmisores de monóxido de carbono marca Honeywell.
- Instrumentación adecuada y suficiente para el control y monitoreo del sistema.

#### *e) Monitoreo de la energía eléctrica (subestación)*

El sistema contaría con el monitoreo del consumo eléctrico, algunas de las variables con las que se contaría son: demanda total, demanda promedio, factor de potencia, voltaje entre fases y consumo.

Se propone un medidor de potencia SXB36 de Honeywell, el cual puede medir hasta 26 variables incluyendo kW, kWh, volts, amps, y factor de potencia. Estas características lo hacen ideal para el monitoreo de energía y diagnóstico a diferencia de otros que únicamente cuentan con las mediciones de kW y kWh. El monitoreo de estos parámetros se reporta mediante un RS-485, el cual permite reducir cableado y costos.

En la figura 4.8 se muestra un medidor SXB35 el cual se encarga de monitorear las señales entre fases. Este medidor tiene función de transducción de señales.

El suministro incluye:

- 1 medidor Full Data Stream 1600 amp, SXB35 & SXB36 para Modbus
- Gateway para Modbus con RS-232 o RS-485
- Controlador digital web-600

#### *f) Control y monitoreo de los sistemas de acceso*

El sistema de control de accesos contaría con módulos de lectoras compatible con webs de seguridad.

Los accesos serían por medio de tarjetas de proximidad, permitiendo el acceso únicamente a los niveles permitidos.

### *g) Control y monitoreo de los sistemas de detección de incendio*

Al igual que la propuesta de Grupo ISC, también se considero un panel de detección de incendios NFS2-3030, el cual es un panel inteligente de control de alarmas contra incendio diseñado para instalaciones medianas o grandes. Lo que permite su uso en este amplio rango de instalaciones es gracias a su diseño modular que se configura adaptándolo a las necesidades de cada proyecto, pudiendo instalar de uno hasta diez circuito, soportando hasta 3180 dispositivos inteligentes direccionables.

El suministro contaría con:

- 1 Panel de detección de incendio Notifier NFS2-3030.
- 1 Interface para el NFS2-3030 y el protocolo BACnet.
- 1 Digital Audio Amplifier, 75W 25 VRMS

Al igual que en la propuesta anterior los costos no incluyen cableado ya que se utilizaría el cableado estructurado que existe actualmente en el edificio. El costo incluye el suministro, instalación e ingeniería del proyecto.

El costo total del proyecto sería de \$2,537,180.81 considerando un 16% de IVA

### **3.6.- Comparación de las propuestas**

Para realizar las cotizaciones de la migración del sistema inteligente se invitó a tres empresas para que conocieran el sistema existente, y en base a los requisitos mínimos para la migración a otro sistema ellos poder hacer una propuesta lo más apegada a los requisitos del inmueble.

Las tres cotizaciones se compararon entre ellas para poder ver cual era la más adecuada y con mejores opciones tanto en equipos como en costos, de esta manera se hizo una tabla comparativa para ver más claramente lo que nos ofrecía cada una de ellas.

Con estas propuestas se busca obtener nuevas alternativas tanto en equipos, software, marcas y empresas, es decir, pensar en otras opciones además de Honeywell, a la vez que se busca hacer el cambio de la computadora central, lo cual ya se considera como urgente pues, en el momento en que esta falle o sea solicitada por Honeywell quien la trajo al edificio en calidad de préstamo, el edificio se queda sin el control de aire acondicionado, extracción de monóxido de carbono de los sótanos y sin control de accesos; el sistema de detección de incendios trabajaría, pero todo se manejaría por medio del display con el que cuenta el panel pero sin la posibilidad de la pronta ubicación y reconocimiento de alarmas.

Lo que se maneja en las propuestas son cambios tanto en hardware como en software, esto con la finalidad de tener un sistema actual, moderno y con mayor grado de fiabilidad, al que se le puedan implementar otros sistemas para lograr una mayor

automatización y que cuente con refacciones fácilmente adquiribles y a costos que no sean exorbitantes.

Estos cambios de hardware y de software permitirán optimizar la comunicación que existe entre los dispositivos que se encuentran a lo largo de todo el edificio y que se reflejan en una computadora central desde donde se controlan y monitorean cientos de puntos, desde aire acondicionado hasta el lugar exacto donde podría haber un posible incendio.

A continuación se muestra una tabla donde se especifican y comparan las características del sistema con el que se cuenta actualmente contra los otros tres que se cotizaron y que se pretenden considerar para realizar la migración.

Sistema	Honeywell	Asintelix	Grupo ISC	Abastecedora Vica
Detección de incendios	Tablero FS90 plus		Panel de detección de incendio Notifier NFS2-3030	Panel de detección de incendio Notifier NFS2-3030
Control de accesos	Tablero FS90 plus		Software de Pro-watch	Webs de seguridad para control de accesos
Sistema de voceo y telefonía	Tablero FS90 plus		Panel Notifier NFS2-3030	Panel Notifier NFS2-3030
	Amplificador electrónico		Amplificadores de audio 50W 70 VRMS	Amplificador digital de audio, 75W 25 VRMS
Válvulas de volumen variable VAV	Controlador con actuador de compuerta	Controladores para aplicaciones en cajas VAV	Controlador para caja tipo VAViH-SD	Controlador Spyder
	Termostato de área	Sensores de temperatura para cuarto con rango de ajuste warmer/cooler	Sensores con pantalla multifuncional LCD y botones de función	Sensor digital de temperatura
Fan & Coil	Modutrol para válvula de agua de Fan & coil		Controlador con 6 entradas, 3 salidas binarias y 3 salidas tipo contacto seco	Controlador Spyder
	Termostato de área		Sensores con pantalla multifuncional LCD y botones de función	Sensor digital de temperatura
Unidades Manejadoras de Aire (UMA's)	Control de manejadora Tipo Macrocel	Controladores para integración a la red de Metasys	Controladores con 11 entradas, 8 salidas binarias y 8 salidas analógicas	Controlador Spyder Sylk
Extracción de estacionamientos	Detector de monóxido de carbono		Sensores de monóxido tipo switch	Transmisores de monóxido de carbono
	Modulo de control para arranque y paro		Controladores con 6 entradas, 3 salidas binarias y 3 salidas tipo contacto seco	Split Core marca Honeywell
Control de iluminación	Controlador electrónico de iluminación	Tableros para control de hasta 20 circuitos de iluminación por tablero	Tableros con un total de 10 circuitos de iluminación por tablero	

<b>Sistema de control y monitoreo</b>		Estación de trabajo en base a un procesador 2GHz	Lenovo thinkcenter M583 procesador Dcore, 2.60 GHz disco duro de 320 Gb, 2 Gb en ram, Windows XP Pro	Intel Quad Core, processor E5630, 2.53 GHz, Windows 7 professional, 4.gb ddr3, 250 gb sata
<b>Gateway</b>	Gateway para conectar protocolo c-bus		Gateway para conectar el panel Notifier con el protocolo BACnet	Interface para conectar panel Notifier y el protocolo BACnet
<b>Software</b>	Excel Building Supervisor integrated	Sistema centralizado Metasys	Pro-Watch para accesos, Alerton para automatización y Notifier para incendios	Software de administración WEB-S-AX-SBS
<b>Sistemas adicionales</b>				
<b>Subestación eléctrica</b>		Control para medición de variables eléctricas con integración directa al bus N2 de Metasys	1 Gateway con protocolo BACnet MS/TP con conexión a Modbus	1 Gateway para MODBUS y 1 controlador digital web-600
		1 kit de transductores de potencia de 3 fases	1 kit de transductores de potencia de 3 fases con conexión a Modbus	1 Medidor de potencia SXB36-1600 Amp.
<b>Sistemas hidráulicos</b>		1 controlador y 1 subcontrolador periférico para el monitoreo de señales de los sistemas de bombeo	Controlador con 16 entradas y 16 salidas triac binarias	
<b>Costo del proyecto</b>		\$1,90,7040.00	\$3,355,850.24	\$2,537,180.81

*Tabla 3.11. Comparativa de propuestas*

### **3.6.1.- Análisis de la tabla comparativa:**

#### **Asintelix**

La empresa “Asintelix” presento una escasa propuesta para los sistemas que se solicitaron para la migración, le faltaron varios equipos por consideran como detección de incendios, control de accesos, voceo y telefonía, fan & coil, y extracción de monóxido de carbono de los sótanos.

En su propuesta el software a utilizar es Metasys. Este software pertenece a Jonhson Controls, el cual utiliza un protocolo llamado “N2”. Una de las ventajas de esta marca es su amplia y reconocida trayectoria en el ámbito de la automatización.

Los sensores para cuarto que propone son únicamente con ajuste de temperatura, a diferencia de los de las otras dos empresas que proponen termostatos con pantalla de LCD o sensores digitales. Para los controles de cajas VAV no hace gran referencia a ellos, únicamente se menciona el hecho de que son específicos para este tipo de aplicación, al igual que los controladores para las UMA's. Para los controles de iluminación proponen 14 tableros con hasta 20 circuitos por cada uno de los tableros, esto son 10 circuitos mas por tablero que Grupo ISC. En la estación de trabajo no hizo más referencia que el procesador a usar sin especificar otros datos a diferencia de las otras dos empresas que hacen mención de las características de sus centros de trabajo como memoria en ram o capacidad de disco duro. Con respecto a los sistemas adicionales si se consideraron los dos sistemas, en el caso de la subestación eléctrica se considero un sistema de medición eléctrica con integración al bus N2 y un kit de transductores de potencia al igual que la empresa Grupo ISC. Finalmente para el sistema hidráulico se considera un controlador y un subcontrolador para el monitoreo de las señales a diferencia de Grupo ISC que lo propone únicamente con un solo controlador.

El costo que propone es de \$1,907,040.00 y aunque es el costo mas bajo de todos no sería la empresa a proponer, porque considerando que no se cotizaron varios sistemas el precio es elevado y no cumple con todo lo que se solicito haciendo que resulte incompleta.

## **Grupo ISC**

La empresa Grupo ISC cotizó todos los sistemas que se tienen actualmente en el edificio. La propuesta contempla todos los aspectos que se requieren para una correcta migración, considerando el software y dispositivos de campo.

Como software se consideran ProWatch para el control de accesos, Alerton como software para automatización y Notifier para el sistema de detección de incendios. El panel contra incendios que propone es el mismo que el cotizado por Abastecedora Vica. Para el control de iluminación propone manejar hasta 130 circuitos de iluminación contra 280 circuitos de Asintelix. La estación de trabajo sería una computadora Lenovo con 2 Gb en ram y 320 Gb en disco duro. En el caso de la subestación eléctrica considera al igual que Abastecedora Vica un Gateway para conectar el protocolo Modbus a BACnet y considera un kit de transductores con conexión a Modbus. Finalmente considera para el sistema hidráulico un solo controlador a diferencia de Asintelix que propone dos y abastecedora Vica no lo considera en su propuesta.

El monto contemplado es de \$3,355,850.24, con esta cantidad se consideran todos los sistemas, tanto los existentes como los que se proponen para la integración. La diferencia en monto con la empresa Abastecedora Vica esta por arriba con un monto de \$818,669.43, pero hay que considerar que no incluye el sistema de iluminación ni el sistema hidráulico.

## **Abastecedora Vica**

La empresa Abastecedora Vica cotizó todos los sistemas existentes a excepción del control de iluminación y el sistema hidráulico. Nos propone un software llamado Niagara AX; todos los sistemas estarían integrados a este software.

Para el sistema de detección de incendios propone un panel Notifier NFS2-3030 al igual que Grupo ISC. Para las cajas VAV y las UMA's propone controladores marca

Honeywell específicos para esas aplicaciones. Para la estación de trabajo propone una computadora con procesador Intel, con memoria ram de 4 Gb y 250 Gb en disco duro; en comparación con la estación de trabajo que propone Grupo ISC cuenta con mas capacidad, en ram pero menos en disco duro, sin embargo lo realmente importante en el aspecto de la estación de trabajo es que soporte las aplicaciones que se le instalarían ya que estaría destinada exclusivamente a eso. Al igual que la propuesta de Grupo ISC utilizaría el protocolo abierto BACnet, y para la subestación eléctrica utilizaría un Gateway para compartir la información del medidor de potencia marca Honeywell que utiliza un protocolo Modbus a BACnet.

El monto de la propuesta es de \$2,537,180.81. Este suma esta por debajo de Grupo ISC por \$818,669.43, sin embargo no cotiza el sistema hidráulico y el de iluminación que son un tanto costos, cabe mencionar que Grupo ISC cotizo el sistema de iluminación en \$931,356.40.

Cada una de las tres propuestas presentadas contempla equipos diferentes, desde software hasta equipos de campo, pero todos cubren los requisitos para realizar una correcta migración, lo cual resulta bastante bueno para el propósito del presente trabajo ya que se pretende tener una visión amplia de lo que existe en el mercado, de tener una idea de cómo han evolucionado los sistemas en un edificio inteligente hasta el día de hoy.

Aunque algunas de las características que nos presentan los equipos propuestos ya se tenían en la época en que se instalo el equipo con el que se cuenta actualmente, estas han ido mejorando y se han hecho más confiables, más rápidas, con más aplicaciones que nos permiten tener un grado de confianza más elevado en la inteligencia del edificio, el cual se encarga entre otras cosas de aspectos ergonómicos y de seguridad de las personas que ahí laboran y donde pasan gran parte del día.

De las tres propuestas presentadas, la más completa, la que propone la integración de todos los sistemas con software especializado para cada aplicación y con equipos de alta tecnología y con protocolo de comunicación abierto es Grupo ISC. Nos presenta también una propuesta económica aparentemente alta con respecto a las otras dos, sin embargo considerando que las otras empresas no cotizaron todo lo necesario y que algunos de los sistemas no se mencionan en la propuesta y por tanto no son considerados monetariamente, la propuesta de Grupo ISC resulta estar dentro de un rango competitivo por debajo de las otras dos empresas si consideramos los precios ofertados por esta empresa y agregados a las otras dos cotizaciones.

Entre algunas de las ventajas que obtendríamos al migrar nuestro actual sistema por el que se propone en este trabajo tendríamos:

- **Ver el estado del edificio:** Por medio de gráficas estándar, donde se representarían todos los equipos y las aplicaciones. De esta forma las graficas proveerían una representación visual del equipo con la información más relevante. También se incluirían gráficas personalizadas incorporando elementos visuales del edificio, como plantas del edificio o vista de exteriores desde dibujos en CAD. Las gráficas personalizadas también podrían incluir fotografías y animaciones como ventiladores en rotación. En las gráficas se puede incluir cualquier dato disponible en el sistema, como valores de texto o numéricos, valores análogos que cambien de color basados en la desviación de

un valor deseado para el reconocimiento rápido de problemas por parte del operador, animaciones utilizando imágenes, archivos de video, graficas de tendencias históricas o valores en tiempo real, y mandos de puntos de ajuste.

- **Cambiar puntos de ajuste:** El control para aire acondicionado coordina el funcionamiento de las manejadoras de aire con las cajas de volumen variable. Las unidades VAV trabajarían por medio de termostatos locales o mediante la asignación de un set-point o sobre-orden, estos comandos podrían ser asignados también a las manejadoras de aire para horarios de horas de trabajo y fines de semana. También se controlaría el arranque y parada de las UMA's de manera eficiente, también se controlaría la presión y temperatura apropiada de aire de inyección.
- **Ver y modificar horarios:** Los horarios serian utilizados para mantener los equipos funcionando en niveles de uso de energía mínimo en fines de semana o días festivos, se podrían crear horarios de excepción para horas en las que el horario necesita desviarse del estándar, realizar arranques y paradas óptimas de equipos para optimizar el uso de energía mientras se mantienen requerimientos de confort.
- **Responder a alarmas:** Se podría programar el envío de alarmas a diferentes personas a través de un e-mail. Una vez que el mensaje de alarma ha sido recibido, la persona que se encuentra de turno puede utilizar el registro de eventos y alarmas para atender el problema del equipo o del sistema. También se puede utilizar para controlar automáticamente el sistema de control de humo encendiendo los extractores y apagando la ventilación.
- **Ver información de reportes e históricos:** La aplicación proveería información de estados que pueden ayudar con la solución de problemas. La información de estados indica que está pasando, así como que es lo que se espera a continuación, tomando como base las condiciones de operación actuales.

### **3.7.- Comparación económica / Evaluación de alternativas**

En el transcurso del tiempo comprobamos que los mismos bienes, tienen un precio diferente y generalmente creciente a medida que pasa el tiempo. El bien real es el mismo, pero su valoración monetaria (precio) cambia.

El índice de precios al consumidor (IPC) es el dato estadístico más importante emitido por el Banco de México. Tiene una incidencia considerable en el momento que se determinan las políticas económicas y monetarias de cada país; es seguido muy de cerca por las empresas, ya que las obligaciones contractuales, las tasas de interés y las remuneraciones suelen regularse en función de las variaciones del IPC.

El resultado de un proceso de evaluación de alternativas es la selección e implementación de un proyecto, un activo o un servicio que tiene alguna estimación de vida económica o función planificada.



El estudio de reposición básico está diseñado para determinar si debe remplazarse un activo utilizado actualmente, se emplea también para identificar una diversidad de análisis económicos que comparan un activo poseído en la actualidad con su mejoramiento mediante características nuevas más avanzadas.

Para el análisis se tomó la perspectiva (punto de vista) del asesor o persona externa; es decir, se supone que en la actualidad no se posee ni se utiliza ningún activo y se debe escoger entre la alternativas del retador (el equipo que se pretende implementar) y la alternativa del defensor (equipo que se encuentra actualmente en uso).

Los costos pasados se consideran irrelevantes en el análisis de reposición. Esto incluye un costo no recuperable, o cantidad de dinero invertida antes que no puede recuperarse ahora o en el futuro. El costo no recuperable de un activo se calcula como:

$$\text{Costo no recuperable} = \text{valor presente en libros} - \text{valor presente del mercado}$$

En nuestro caso de estudio ambos valores, tanto en libros como valor en el mercado son cero para el equipo defensor (el actualmente instalado).

### **3.7.1.- Análisis de reposición utilizando un periodo especificado**

El periodo de estudio u horizonte de planificación es el número de años seleccionado en el análisis económico para comparar las alternativas de defensor y de retador. Al seleccionar el periodo de estudio, una de las dos siguientes situaciones es habitual: La vida restante anticipada del defensor es igual o es más corta que la vida del retador. El caso que tenemos es el segundo, la vida del retador es más prolongada que la del defensor.

Cuando un defensor puede ser remplazado por un retador que tiene una vida estimada diferente de la vida restante del defensor, debe determinarse la longitud del periodo de estudio. Es práctica común utilizar un periodo de estudio igual a la vida del activo de vida más larga. Se aplicará el valor VA para el activo de vida más corta a lo largo de todo el periodo de estudio, lo cual implica que el servicio realizado por dicho activo puede adquirirse con el mismo valor VA después de su vida esperada.

Si se compara un retador con 12 años de vida con un defensor con 2 años de vida, para el análisis de reposición se supone que el servicio proporcionado por el defensor estará disponible por el mismo valor VA durante 10 años adicionales.

El defensor(Honeywell) no tiene valor de salvamento puesto que ha tenido una vida útil de mas de 12 años y la gran mayoría de sus componentes presentan fallas, considerando también el hecho de que por ser equipos electrónicos pierden su valor muy rápidamente y aún más importante la razón de que son equipos que no fácilmente se venden puesto que tienen un mercado de compra para reuso extremadamente reducido. Se considera valor de salvamento nulo.

$$VA_H = -P(A/P, i, n) + Vs(A/F, i, n) - CAO \dots \dots \dots \text{Ecuación 1}$$

El retador (ISC) tampoco se le considera valor de salvamento puesto que las piezas y equipo son de uso bastante reducido y resulta en extremo complicado quien quiera comprar un equipo electrónico en desuso, salvo que sean casos excepcionales para ser utilizados como refacciones de emergencia, in embargo se cuenta con una garantía por un periodo de dos años los cuales se consideran como un ingreso a favor lo que en la ecuación se consideran con un signo positivo.

$$VA_{ISC} = -P(A/P, i, n) + \text{Garantía}(P/F, i, n) - CAO \dots \dots \dots \text{Ecuación 2}$$

<b>DEFENSOR</b>	<b>RETADOR</b>
<b>P = \$0</b>	<b>P = \$ 3,355,850.24</b>
<b>CAO = \$522,790.12</b>	<b>CAO = \$297,906.84</b>
<b>Vs = \$0</b>	<b>Vs(garantía) = \$595,813.68</b>
<b>n = 10 Años</b>	<b>n = 10 años</b>

Los valores utilizados para los factores (A/P, i, n) y (P/F, i, n) fueron interpolados para poder considerar un incremento del 3.48 anual, dato que se obtuvo de la inflación acumulada (índice de precios al consumidor, IPC) anual proporcionada por el Banco de México.

La ecuación utilizada para realizar la interpolación es la siguiente:

$$y = y_1 + (x - x_1) \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \dots \dots \dots \text{Ecuación 3}$$

Considerando los siguientes valores para obtener el factor (A/P, 3.48%, 12):

<b>X</b>	<b>Y</b>
3	0.10046
<b>x = 3.48</b>	<b>y</b>
4	0.10655

Efectuando las operaciones correspondientes obtenemos:  $y_{3.48} = 0.103383$

Considerando los siguientes valores para obtener el factor (P/F, 3.48%, 2):

X	Y
3	0.9423
$x = 3.48$	Y
4	0.9246

Efectuando las operaciones correspondientes obtenemos:  $y_{3.48} = 0.93396$

Teniendo el valor de los factores ( $A/P, i, n$ ) que es el factor para la recuperación de capital, el factor ( $P/F, i, n$ ) que es el factor de valor presente para pagos, en este caso el monto a favor por concepto de garantía, y el factor ( $A/F, i, n$ ) utilizado para calcular amortización y que en este caso resulta ser nulo puesto que el valor de salvamento es cero y está multiplicándose por este, tenemos:

$$VA_H = -P(A/P, i, n) + V_s(A/F, i, n) - CAO$$

$$VA_H = -0 (A/P, 3.48\%, 12) + 0 (A/F, 3.48\%, 12) - 522,790.12$$

$$VA_H = -0 (0.103383) + 0 (A/F, 3.48\%, 12) - 522,790.12$$

$$VA_H = -0 + 0 - 522,790.12$$

$$VA_H = -\$ 522,790.12$$

$$VA_{ISC} = -P(A/P, i, n) + Garantía(P/F, i, n) - CAO$$

$$VA_{ISC} = -3,355,580.24(A/P, 3.48\%, 12) + 595,813.68 (P/F, 3.48\%, 12) - 297,906.84$$

$$VA_{ISC} = -3,355,580.24 (0.103383) + 595,813.68 (0.93396) - 297,906.84$$

$$VA_{ISC} = -3,469,099.52 + 556,466.145 - 297,906.84$$

$$VA_{ISC} = \$-88,911.023$$

Puesto que el valor para  $VA_{ISC}$  es numéricamente superior a  $VA_H$  la alternativa a seleccionar es  $VA_{ISC}$ . Esta alternativa resulta ser la económicamente más viable considerando su estimación de vida económica y función planificada.

## Conclusiones:

El 75% del costo a lo largo de la vida de un edificio viene del mantenimiento continuo y gastos de operación del mismo; considerando que la vida promedio de un edificio es de 30 a 40 años, los costos se van acumulando por este periodo de tiempo. Por esta razón, cualquier innovación que reduzca costos a lo largo del tiempo y que a la vez mejore el desempeño del edificio tiene un atractivo sustancial.

La gente toma decisiones, las computadoras, las metodologías y otras herramientas no lo hacen. Por ello, los números utilizados en un análisis de ingeniería económica son la mejor estimación de lo que se espera que ocurra. En el análisis de reposición realizado comparando el equipo actual contra el que se pretende implementar se obtuvo que “Grupo ISC” resulta ser la alternativa económicamente más viable considerando su estimación de vida económica y función planificada

Al realizar la migración a otro sistema se tiene una garantía promedio de 2 años. Con este hecho, al no contratar y no pagar los gastos generados por una póliza de mantenimiento se comenzaría a ver reflejado el beneficio económico pues actualmente el monto de la póliza de mantenimiento (la cual es únicamente preventiva, es decir revisión de operación de dispositivos) asciende a más de medio millón de pesos anuales, siendo así se tendría un ahorro en un periodo de dos años de \$1,153,537.38 únicamente por concepto de garantía.

En los mantenimientos que se tiene contratado solamente se revisa la operación de los dispositivos y se les da limpieza, en el caso de que el dispositivo se encuentre en falla, este dispositivo o equipo se reporta por medio de un dictamen técnico remitido a la administración para que decida si se repara o se compra dependiendo del caso, ya que el equipo actualmente instalado por los años de antigüedad ya no se encuentra en el catalogo del fabricante, desde luego corriendo a cargo de la administración los gastos generados, esto en el mejor de los casos ya que muchos de los equipos se encuentran en falla y así es como se encuentran operando. Considerando esto, se tendría otra ventaja tanto económica como de operación puesto que los equipos nuevos presentan un bajo porcentaje de fallas por lo que el servicio sería más eficiente y continuo, y económicamente se tiene el beneficio de que la empresa que realice la migración deberá reemplazar el equipo en caso de que la falla fuera mayor sin cargos para el Consejo o para la administración del edificio. Con equipos nuevos se reduce el número de servicios puesto que no presentan tantas fallas como uno obsoleto y esto se refleja directamente en un costo más bajo de la póliza de mantenimiento.

Entre otra de las ventajas que se presentarían con la migración considerando a “Grupo ISC” es la implementación de estrategias para reducir el consumo de energía, optimizando encendidos y apagados programados de diversos dispositivos como iluminación y equipos de aire acondicionado siendo estos los que consumen la mayor parte de la energía del inmueble. Al tener el monitoreo de la subestación se puede saber cuánta corriente se está consumiendo a cualquier hora del día, de esta manera se puede monitorear y conocer cuántos KW/h se consumen, se puede reducir el consumo en esos momentos o en esas horas críticas para que no se cobren montos más elevados del consumo de la energía, de esta manera se pueden llevar a cabo estrategias para reducir el consumo como por ejemplo apagar bombas de agua o apagar algún chiller para reducir este gasto.

Con el protocolo BACnet se facilitaría la comunicación entre la estación de trabajo y los diversos dispositivos, también proveería un medio de integración de productos y sistemas, incluyendo paneles de incendio y equipos de automatización HVAC.

El sistema de notificación tomaría datos existentes y los presentaría de una manera organizada, ofreciendo un conjunto completo, fácil de configurar y fácil de usar en informes de energía. Utilizaría algoritmos para operar equipos de agua helada en secuencias eficientes y confiables. Convertiría requerimientos complejos en operaciones simples, consistentes y confiables, pudiendo controlar cualquier tipo de equipo.

Un punto importante al tener nuevos dispositivos, no solamente en software sino también en hardware, es que los equipos trabajarían con mayor precisión, lo que nos beneficiaría en ahorros de energía y confort ambiental para el caso de dispositivos de HVAC; un ejemplo lo tendríamos con los termostatos de área que censan la temperatura y ordenan abrir o cerrar el aire, dependiendo de la temperatura deseada, a su vez los dispositivos de las manejadoras abren o cierran válvulas, compuertas para flujo de aire, etc., todo esto crea muchos cambios de temperatura que además de consumir más energía crea un clima variable, y es precisamente con el cambio de equipos lo que se pretende evitar.

El sistema de seguridad tiene como primer fin proteger a las personas y en segunda instancia a los bienes materiales y la información. De esta manera contando con un sistema integrado que supervise estos aspectos se cumple la intención principal de un edificio inteligente, brindar confort y seguridad a sus usuarios.

En el caso de detección de incendios una de las mayores ventajas que se tendría sería la confiabilidad del reporte en caso de que se presentara una incidencia, ya sea que vaya desde la apertura de una puerta no permitida hasta un posible conato de incendio, pues con el panel que actualmente se cuenta las incidencias se reportan únicamente visualmente, esto es por medio de un led que enciende en el panel y ocasionalmente lo hace de manera gráfica en la computadora, esto debido a que el sistema ya presenta algunas fallas y no siempre reporta como debería de hacerlo. Este hecho no hace confiable este sistema de seguridad ya que hay que estar mirando atentamente el panel en caso de que se encienda algún indicador.

Las ventajas que ofrece el aumento de la seguridad y funcionalidad, la reducción de gastos de energía, el control y registro de los consumos, la reducción en los costos de mantenimiento y la mejora de las comunicaciones internas y externas del edificio emerge como beneficio del cambio del sistema.

Con la implementación del nuevo sistema se tendría el control del edificio de forma centralizada a través de la intercomunicación de los equipos, como el aire acondicionado, iluminación, detección de incendios, etc. El operador del edificio utilizaría la estación de trabajo para realizar las tareas del sistema como programación, sobremandos, visualización de parámetros, etc., de una manera rápida, eficiente y con un rápido tiempo de respuesta.

La inteligencia de un edificio comienza desde la planificación y el diseño, y debe verificarse hasta su uso, mantenimiento y su flexibilidad a los cambios futuros tales como la incorporación de nuevas tecnologías, actualización de equipos y cambios en la distribución interna de los ambientes, entre otros; en ese momento se puede decir que se tiene un edificio inteligente.

## Bibliografía:

- Arciniegas, Luz Marina, Criterios tecnológicos para el diseño de edificios inteligentes, Revista Electrónica de Estudios Telemáticos. Universidad Rafael Beloso, Venezuela
- Araque, Raúl, Redes de control para edificios inteligentes, Universidad Central de Venezuela. Facultad de Ingeniería. [En línea] <> <http://neutron.ing.ucv.ve/revista-e/No6/Araque%20Raul/raraque.htm>
- Armstrong Company, Sistemas de bombeo integrado, [En línea] <> [www.armstrongpumps.com](http://www.armstrongpumps.com)
- AT&T, S.A. de C.V. , Memoria de instalación de cableado estructurado AT&T para el edificio Sede, México 1995.
- AT&T, S.A. de C.V., Oficinas Inteligentes, en Expo Intel II, México, Noviembre 1993; citado en: “Revista Digital Universitaria”, 1 de Julio de 2000 Vol. 1 No.1
- Bautista, Ricardo, Domótica. La vivienda de un futuro no muy lejano, Revista digital “Investigación y educación”, Septiembre de 2005, Número 19, Volumen II, [En Línea] <> [http://www.csi-f.es/archivos\\_migracion\\_estructura/andalucia/modules/mod\\_sevilla/archivos/revista\\_ense/n19/futuro.pdf](http://www.csi-f.es/archivos_migracion_estructura/andalucia/modules/mod_sevilla/archivos/revista_ense/n19/futuro.pdf)
- CommScope, Inc., Soluciones de infraestructura para edificios inteligentes, [En línea] <> [www.commscope.com](http://www.commscope.com)
- Excellum Company, Excellent Lighting Saving Energy, [En línea] <> [www.excellum.com](http://www.excellum.com)
- Ezquerro, Gonzalo, y Ramos, Alfonso. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación, Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía. Madrid, marzo de 2001
- Flores, Felipe, Simposio sobre “Planeación, diseño y Construcción Sustentable en el Caribe Mexicano, Febrero,2010.
- Geissler, Richard, Alternativas de Vanguardia, Últimos Avances y Conceptos en el Mundo del Edificio Inteligente, en Conferencia 2 del Seminario del Intelligent Buildings Institute, México, Mayo 1992; citado en: “Revista Digital Universitaria”, 1 de Julio de 2000 Vol. 1 No.1
- Grant, Martin, y Richard Zurawski, Tendencias de los sistemas integrados, Revista ABB 2/2006
- Honeywell Building Control Workbench, Engineering Manual of Automatic Control, [En línea] <> [www.buildingcontrolworkbench.com](http://www.buildingcontrolworkbench.com)

- Honeywell Company, Manual para control de automatización del edificio SEDE, México 1995
- Homini Company, Solución adecuada para el control de los puntos estratégicos de una compañía a través de biometría (huella digital), [En línea] <> [www.homini.com](http://www.homini.com)
- Identatronics Company, Soluciones integrales en credencialización, México 2010, [En línea] <> [www.identatronics.com.mx](http://www.identatronics.com.mx)
- Kaschel, Héctor, y Pinto, Ernesto, Análisis del estado del arte de los buses de campo aplicados al control de procesos industriales, Revista digital, Ciencia abierta, Vol. 31, Fac. de Ingeniería, Universidad de Santiago de Chile. [En línea] <> <http://cabierta.uchile.cl/revista/19/articulos/pdf/edu3.pdf>
- LASSO Company, Presentaciones para soluciones de alta tecnología en automatización industrial. [En línea] <><http://www.lasso.com.mx/ServiciosySoporte/CursosyEntrenamientos/PRESENTACIONESsobreAutomatizacion.aspx> Official Website of ASHRAE. [En línea] <><http://www.bacnet.org/>
- Mendez, G., Edificios inteligentes o diseño de edificios con alta tecnología, 2002; citado en: Criterios tecnológicos para el diseño de edificios inteligentes, Revista Electrónica de Estudios Telemáticos. Universidad Rafael Beloso, Venezuela.
- Official Website of Trane. [En línea] <><https://www.trane.com>
- Ortiz, Rubén, Control eléctrico en los sistemas de edificios inteligentes, Instituto Politécnico Nacional, México 2009.
- Página oficial del instituto del edificio inteligente. [En línea] <><http://www.imei.org.mx/>
- Pardo, Aldo, y Pulido, Gustaf, Revista Colombiana de Tecnologías de Avanzada, Volumen 2, Número 2, 2003, Caso típico: Edificio inteligente “Simón Bolívar”.
- Rojas, Joaquín, La evolución del control de procesos y la telemetría Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar, Guatemala , Boletín Electrónico No. 02
- Schneider Electric, Gestión energética en edificios públicos, Soluciones energéticas para ayuntamientos, 15 de diciembre de 2009. [En línea]<> [www.schneiderelectric.es](http://www.schneiderelectric.es)
- Siemon Company, Guía de Soluciones Técnicas Converge, [En línea] <> [http://www.siemon.com/la/white\\_papers/10-05-07-convergeIT.asp](http://www.siemon.com/la/white_papers/10-05-07-convergeIT.asp)
- Sierra, Enrique, y Hossian, Alejandro, Sistema experto para control inteligente de las variables ambientales de un edificio energéticamente eficiente, Facultad de Ingeniería, Universidad Nacional del Comahue, Argentina, Buenos Aires. [En línea] <><http://www.itba.edu.ar/archivos/secciones/59RPIC-2005.pdf>
- Sosa, Jorge, Coincidencias y diferencias en las tendencias de automatización para procesos industriales y edificios inteligentes, en conferencia sobre edificios

Inteligentes en el World Trade Center, México, Noviembre, 1995; citado en: “Revista Digital Universitaria”, 1 de Julio de 2000 Vol. 1 No.1.

- Syscom Company, Circuito Cerrado de Televisión, [En línea]<>  
[http://www.syscomcctv.com.mx/que\\_es\\_cctv.htm](http://www.syscomcctv.com.mx/que_es_cctv.htm)
- Tarquin, Anthony y Blank, Leland, Ingeniería económica, 4º Ed. Colombia, Ed. McGraw Hill, 2000
- Urquijo, Rubén, Notas del diplomado “Especialidad en tecnología de los edificios inteligentes y sustentables 2011” impartido por el IMEI.
- Torres, Esperanza, Análisis cualitativo de los sistemas de telecomunicación y computación en edificios, Revista Digital Universitaria, 1 de Julio de 2000 Vol. 1 No.1 [En línea] <><http://www.revista.unam.mx/vol.1/art3/edificios.html>.