

TECNOLOGÍAS APLICADAS EN LOS EDIFICIOS INTELIGENTES

Humberto R. Ciancaglini

Facultad de Ingeniería de la Universidad de Buenos Aires, Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires
e-mail: hcianca@fi.uba.ar

Resumen

Se presentan los atributos de los edificios inteligentes, caracterizándose las diversas funciones de los mismos, tales como la de proveer confort por medio del adecuado comportamiento de los sistemas de climatización de los ambientes, su iluminación adecuada, el control de la provisión de agua y diversas fuentes de energía. Se presenta la necesidad de realizar una coordinación apropiada de los servicios para minimizar tanto el costo como el consumo de combustibles y de energía eléctrica. Las diferentes tecnologías aplicadas en ellos son descriptas y analizada la configuración de sus sensores. Se presentan recursos para reducir los efectos de los incendios detectando lo más tempranamente posible su iniciación y proveyendo medios automáticos para advertir su iniciación y sofocar el siniestro. Detectores y sistemas de las diversas formas de protección contra intentos de intrusión son descriptos y estudiados. Se analizan las formas de realizar económicamente la red de área local que vincula los diversos sensores y actuadores que permiten realizar las tareas señaladas. Se presenta el uso de circuitos cerrados de televisión para realizar diversas operaciones domóticas.

Palabras clave: Edificios inteligentes, Sensores, Intrusión, Incendio.

Abstract

Technologies applied to intelligent buildings. The attributes of intelligent buildings are presented as well as the technologies applied. Different functions of intelligent buildings are characterized, such as provision of comfort by correct operation of climatic systems for the building, suitable illumination control, water and energy supply and supervision of energy control. Different technologies applied are analyzed as well as the principles of operation of their sensors.

Coordination of the various services minimizes expenses and energy consumption. Early fire detection, alarms and automatic extinguishing devices are presented. External and internal intrusion detectors and systems are analyzed. Different local area network topology is considered to reduce the complexity and expense of the network. The use of video devices to carry out domotic operations is considered.

Key words: Intelligent buildings, Sensors, Intrusion, Fire detection.

1. Introducción

La *inteligencia* ha sido definida como *la facultad con que se captan y forman ideas y relaciones*. Es la inteligencia lo que caracteriza al ser humano. Sin embargo, en el desarrollo de los sistemas de acción automática creados por el hombre ha sido posible realizar dispositivos que actúan como si tuviesen inteligencia. La realidad es que tales dispositivos automáticos sólo desempeñan sus funciones sobre la

base de la información que el proyectista inteligente le ha transferido. A pesar de dicha realidad, en el campo técnico se acepta, en cierto modo, que *los dispositivos automáticos actúan inteligentemente*.

Cualquier edificio puede tener uno o más sistemas automáticos. Tal es el caso del flotante del tanque de agua que conecta y desconecta automáticamente el motor de la bomba según que el tanque esté vacío o lleno. Lo mismo puede de-

cirse del termostato de ambiente que actúa sobre el sistema de calefacción para mantener razonablemente constante la temperatura del ambiente controlado. Sin embargo, la mera existencia de uno o más sistemas automáticos en un edificio no implica necesariamente que el mismo pueda ser denominado inteligente.

La gran cantidad de recursos tecnológicos disponibles en la actualidad para el mejoramiento del confort y la seguridad en la vivienda ha llevado al desarrollo de una amplia gama de aplicaciones que hace unas cuantas décadas no hubiese sido posible hacerlo en condiciones económicas. Esto contribuyó a que en el proyecto de edificios se fuesen incorporando sistemas complementarios para lograr el cumplimiento de una gran diversidad de funciones automáticas [8]. Entre ellas pueden mencionarse la detección temprana de incendio, la coordinación del movimiento de ascensores, las alarmas ante el intento de intrusión en el edificio, la detección de pérdidas de gas, etc.

Pero la incorporación de los dispositivos automáticos se realizaba **agregando sistemas** para cada función adicional que **operaban independientemente los unos de los otros**. Por ejemplo, en un edificio de consorcio el llenado de los tanques de agua es ejecutado por las bombas eléctricas con absoluta independencia del accionamiento de los motores de los ascensores, provocando picos de la carga eléctrica que se castiga con las tarifas. Algo similar sucede en lo referente a alarmas de incendio y a la detección de intrusión.

Lo que caracteriza la **inteligencia** proporcionada al edificio es que el cumplimiento de las funciones que deben realizar los diversos sistemas sea ejecutado **con eficiencia y en las condiciones más económicas posible** [2]. Los conceptos expresados son aplicables a cualquier tipo de edificio, independientemente de su tamaño o destino. Por ejemplo, son aplicables a una casa destinada a vivienda, a un edificio con departamentos correspondiente a un consorcio, a un edificio para ejecutar las tareas los empleados de una empresa, etc. También se aplica a un conjunto de edificios vinculados funcionalmente entre sí.

Para el caso de la viviendas, es conveniente recordar que el motivo básico por el que se construyen edificios es el de satisfacer necesidades humanas, tanto personales como las que resultan de sus actividades. Entre las necesidades humanas aparecen, en primer término los **requerimientos fisiológicos**. Guarecerse de las inclemencias del tiempo, satisfacer las condicio-

nes adecuadas para el descanso, disponer de un sistema sanitario adecuado, contar con una iluminación correcta de los ambientes, etc. son requisitos básicos que busca el ser humano. Otro requisito igualmente importante es la **seguridad personal**, tanto en lo que se refiere a **catástrofes** (incendio, inundaciones) como así también a actos criminales o de vandalismo [1]. Cuando aquellos requisitos han sido satisfechos, comienzan a ser considerados aspectos que hace a lo que se denomina confort, que incluyen tareas que satisfacen el ego, tales como la actividad social, que en muchos casos implica la disponibilidad de elementos de comunicación (teléfono, computadora con *Internet*, radio, televisión, informática, etc.). La inteligencia de los edificios aparece también en la forma particular con la que se aplican los sistemas automáticos que mejoran y abaratan el cumplimiento de los requisitos indicados en el párrafo anterior. La provisión de medios informáticos proporciona en forma muy práctica la información útil para la actividad diaria y para satisfacer inquietudes sociales.

En el caso de los edificios utilizados en centros industriales o comerciales, la extensión de los sistemas informáticos crece en proporción con la complejidad de las operaciones ejecutadas. El uso de computadoras y equipos asociados - debido a los notables beneficios que proporciona - es objeto de un creciente incremento de su aplicación y es un atributo particularmente importante de los edificios inteligentes [5] [10].

Las características distintivas que se exigen a un edificio inteligente [1] [8] }y que han sido esbozadas anteriormente pueden ser clasificadas en los siguientes grupos

a) Condiciones de habitabilidad. Acondicionamiento climático de ambientes. Provisión de energía térmica y eléctrica. Servicios sanitarios.

b) Protección de personas, edificios, muebles y objetos. Seguridad contra catástrofes, intrusión y hurto.

c) Confort y comunicaciones. Teléfono. FAX. Correo electrónico. Telemática. Radio. Televisión.

d) Reducción sustancial del consumo de energía.

Seguidamente se presenta un resumen de los beneficios adicionales en comparación con los que proporcionan la utilización de sistemas automáticos no coordinados.

a) Facilidad para el cambio de funciones de locales de un edificio.

b) Mayor eficiencia en las operaciones de mantenimiento.

c) Mayor facilidad para realizar cambios de programas de operación de sistemas de comercialización o de producción industrial.

El Profesor A. L. Akin de la Universidad de Reading del Reino Unido caracteriza las funciones de un edificio inteligente expresando que:

a) El edificio debe saber lo que sucede dentro de él y en las inmediatas proximidades del mismo.

b) El edificio debe decidir sobre la forma más eficiente para proporcionar a sus ocupantes del confort necesario para sus ocupaciones.

c) El edificio debe responder rápidamente a los requerimientos de sus ocupantes.

Para satisfacer dichos requisitos el edificio inteligente debe aplicar diversas tecnologías y sistemas de gerenciamiento como los que aquí se indican:

2. Evolución del concepto de edificio inteligente

El rápido crecimiento de las innovaciones que han tenido lugar en los cambios tecnológicos en los últimos cincuenta años, particularmente en electrónica y tecnologías asociadas, condujo a un desarrollo cada vez más complejo del concepto de edificio inteligente. El incremento de actividad en el campo de los edificios inteligentes ha llevado a la necesidad de acuñar un nuevo término, denominado **Domótica**, que podría ser definido como *la ciencia y la tecnología que estudia las características y el proyecto de edificios inteligentes*.

Por el hecho mismo de ser evolutivo el desarrollo de la *domótica* no existe una fecha precisa del nacimiento de esta tecnología. Aunque en la década de los años 70 hubo algunas manifestaciones incipientes de construcciones denominadas *inteligentes*, fue recién en la década de los años 80, particularmente en su segunda mitad, cuando se manifiesta un incremento notable tanto en el campo de la *informática* como en de la *domótica*.

Las primeras manifestaciones importantes de la profundización del desarrollo de la *domótica* se registra cuando la sociedad *Osaka Gas de Japón* concibió y proyectó una casa, denominada Casa Next utilizando los conceptos de *edificios inteligentes*. El edificio fue terminado en 1985. Otro caso importante es el de la empresa *Gas de Francia*, que en 1983 coordinó la cooperación de un número importante de investigadores públicos y privados, de universidades y de otras instituciones para promover *la investigación de la vivienda*. El grupo, después de varios años de trabajo decidió construir, en 1993 "un complejo de investigación y comunicación" cuyo

objetivo era prestar servicios de información y presentación de realizaciones domóticas [1]. Por otra parte, en los E. U. A. se desarrolló un proyecto denominado *Smart House* generado por un importante grupo de empresas que 1987 comenzaron con la realización de dos casas para experimentar nuevos sistemas y en 1990 construyeron 15 casas prototipo para tener una profunda evaluación de los diferentes sistemas.

3. Configuración de un edificio inteligente

El funcionamiento del sistema de edificio inteligente está basado, fundamentalmente, en la existencia en el edificio de **sensores** y **actuadores**, y de una **unidad central de control** que contiene el programa para que el sistema ejecute las operaciones necesarias para la buena operación del edificio.

Los **sensores** son dispositivos sensibles que permiten medir variables físicas tales como la temperatura de un ambiente, la intensidad de iluminación en un local, etc. y también detectan situaciones tales como la iniciación de un incendio o el movimiento de un intruso en algún lugar de la vivienda.

Por otra parte los **actuadores** son los dispositivos que, sobre la base de las mediciones y situaciones detectadas por los sensores y de acuerdo con las instrucciones contenidas en la **unidad central de control** realizan las operaciones necesarias para evitar automáticamente las situaciones indeseables o para **generar alarmas**.

La configuración de un sistema inteligente depende de las características de la vivienda y de los servicios que se desea que proporcione. Teniendo en cuenta la diversidad de diseños de edificios y las prestaciones que se desea que realicen los mismos la configuración del sistema domótico es muy variada.

Para poder explicar los conceptos fundamentales sobre la forma en que operan, se ha elegido un sistema relativamente sencillo como modelo de estudio. En la Fig. 1 se presenta el diagrama de bloques del modelo elegido. El edificio en cuestión podría ser utilizado para las oficinas administrativas de una pequeña empresa.

La unidad central de control

El bloque *Unidad Central de Control* cumple la función principal de coordinar todas las operaciones que tienen lugar en el edificio inteligente. Esta tarea la cumple basándose en la información que recibe de los diversos sensores y de acuerdo con las instrucciones contenidas en su memoria, las que han sido proporcionadas por

quien ha proyectado el sistema inteligente. La *Unidad* tiene la estructura de una computadora digital. La diferencia básica, comparadas con las que tiene una computadora usual del tipo *PC* reside en la mayor cantidad de entradas y salidas conectadas con los sensores y actuadores. En muchos casos las funciones de esta unidad pueden ser desempeñadas por una computadora del tipo *PC*, pero teniendo en cuenta la reducida cantidad de conexiones de entrada y de salida que estas últimas permiten se deberán proveer de interfaces adecuadas para hacer posible estas interconexiones. Más adelante se describirá la tecnología denominada de *multiplexación* que simplifica la tarea de entrar datos de *sensores* y de operar *actuadores* con las computadoras, además de hacer más sencilla la red interna de datos.

Tableros eléctricos

Los tableros eléctricos de un edificio tienen por función conectar la red de provisión de energía eléctrica con los diversos artefactos de la instalación. Pero esta conexión se realiza intercalando los interruptores principales, los fusibles, los disyuntores automáticos de protección de exceso de corriente y de cortocircuitos, y los disyuntores de protección de vida por contactos accidentales.

En el caso de tratarse de un edificio inteligente, los tableros eléctricos cumplen dos funciones adicionales. Por una parte, utilizando sensores adecuados se puede *monitorear* perma-

nentemente la corriente que toma cada uno de los artefactos eléctricos o grupos de aparatos como una función de fecha, hora y tiempo de operación. Esta información llega a la unidad central de control y queda almacenada en un registro. La información, elaborada adecuadamente, sirve con fines estadísticos y para descubrir defectos de la instalación o de los artefactos.

Por otra parte, y de acuerdo con las instrucciones contenidas en su programa puede desarrollar acciones tales como la desconexión momentánea de algunos artefactos o la de accionar alarmas para no exceder la carga referida a la empresa proveedora de energía eléctrica. Cuando se produce un acontecimiento de esta naturaleza la *Unidad Central de Control* lo registra en una de sus memorias con el fin de poder posteriormente realizar operaciones estadísticas que conduzcan al mejoramiento de los programas de operación.

Control de servicios

El control de los servicios tales como calefacción, ventilación, refrigeración del aire, el accionamiento de las bombas de agua, los sistemas de provisión de agua caliente, etc. se suele realizar por medios eléctricos. El bloque que en la Fig. 1 se denomina *Control de servicios* es el sistema que recibe instrucciones de la *Unidad Central de Control* y acciona los contactores, disyuntores y otros elementos de conmutación para cumplir con los programas preestablecidos.

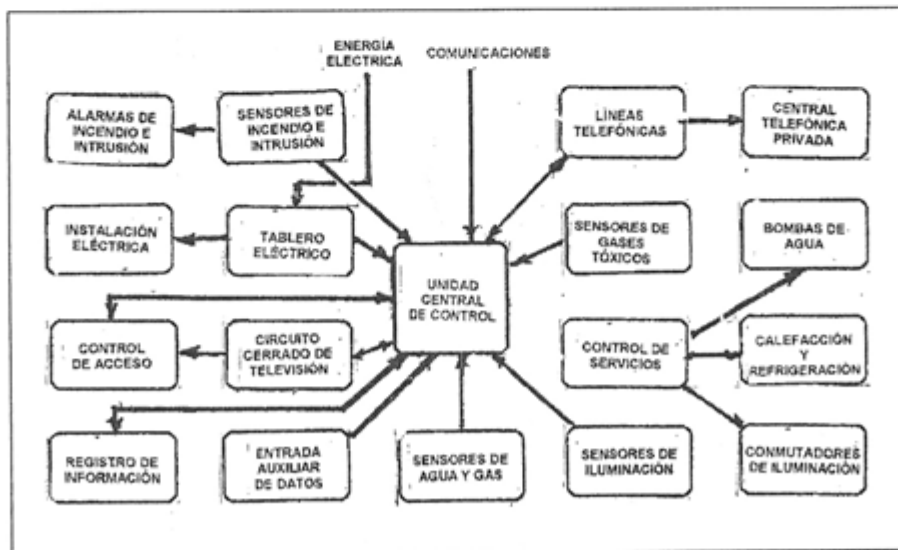


Fig. 1. Diagrama de un sistema para edificio inteligente

Líneas telefónicas

Las comunicaciones del edificio con el medio exterior pueden ser realizadas por medio del teléfono, del FAX, del TELEX, por radiocomunicación, etc. Las líneas que llegan al edificio son conectadas a la *Unidad Central de Control*, en algunos casos a través de una interfaz denominada *modem*. La *Unidad Central de Control* distribuye la información que va recibiendo a las unidades correspondientes, por ejemplo, a la Central Telefónica Privada o a teléfonos independiente de la Central Telefónica privada.

Sensores de magnitudes físicas

En la Fig. 1 puede observarse una multiplicidad de sensores que son los que llevan la información a la Unidad Central de Control a fin de que ella proporcione las señales a los diversos *actuadores* (relés, llaves eléctricas, disyuntores, etc.) para realizar las funciones que correspondan de acuerdo con el programa del sistema. Un ejemplo permitirá comprender mejor la interrelación entre las señales que proporcionan los sensores y la acción que tiene lugar como consecuencia de la operación de la Unidad de Control.

Se considerará el caso de un programa elaborado para proporcionar a una escuela infantil las características de edificio inteligente. Se ha fijado, en este caso, que la iluminación requerida para las aulas sea como mínimo de 400 lux cuando los alumnos están en el aula atendiendo la clase o esperando a la maestra. Además, se ha previsto que la iluminación, cuando el aula esté vacía, deberá ser de 50 lux como mínimo. Estos requisitos han sido fijados para que en el caso en que estén los alumnos en el aula y la iluminación natural que llega por las ventanas no sea suficiente, se encienda automáticamente el sistema de iluminación artificial. Por otra parte, si el aula está vacía, es conveniente que exista un nivel de iluminación mínima, en este caso 50 lux, para permitir entrar en el aula sin estar a oscuras.

Para poder automatizar el sistema se necesitan dos sensores. Por una parte, es necesario disponer de un sensor que detecte la presencia de personas en el aula. Aunque más adelante se proporcionarán detalles sobre ese tipo de sensores, puede adelantarse que el tipo denominado *sensor de movimiento por rayos infrarrojos pasivo* se adecua bien para cumplir dicha función.

Para medir el nivel de iluminación natural que proporciona la luz de día se puede utilizar un *luxímetro electrónico* provisto de un sistema que proporcione una señal eléctrica cuando el nivel sea inferior a los 400 lux y otra señal cuando sea inferior a 50 lux. El programa de ope-

ración del control de iluminación hace que la Unidad Central de Control realice las siguientes operaciones lógicas:

Durante las horas de actividad de la escuela:

a) Si no hay alumnos en el aula y el nivel de iluminación es igual o mayor 50 lux, *no debe encenderse ninguna fuente de iluminación artificial ("luminarias")*.

b) Si no hay alumnos en el aula y el nivel de iluminación es inferior a 50 lux, *deben encenderse las luminarias de 50 lux*.

c) Si hay alumnos en el aula y la iluminación natural es igual o mayor de 400 lux, *no debe encenderse ninguna luminaria*.

d) Si hay alumnos en el aula y la iluminación natural es menor de 400 lux, *deben encenderse las luminarias de 400 lux*.

e) Fuera de las horas de actividad de la escuela, las luces deben estar apagadas.

La acción a desarrollarse de acuerdo con las condiciones lógicas existentes se realiza con *relés* electromecánicos o electrónicos (*triacs*), operados por la Unidad Central de Control y vinculados con las luminarias de 50 o 400 lux. Los *relés* cumplen la función de *actuadores*.

Debe tenerse en cuenta que una vez que se encienden las luminarias como consecuencia de cumplirse alguna de la situaciones expresadas en b) o en d), cambian las condiciones de iluminación que había registrado el luxímetro y ya no son aplicables tales condiciones lógicas. A partir de ese momento comienzan a regir otras condiciones lógicas contenidas en el programa, a fin de adecuarse a la nueva situación originada por estar encendidas las luminarias.

Otro bloque de la Fig. 1 es el que tiene el título de *Sensores de Agua y Gas*. Entre los sensores de agua pueden mencionarse el que mide el nivel de agua en el tanque del edificio. Se señala que con los sensores convencionales los flotantes pone en funcionamiento la bomba de agua cuando llega al nivel mínimo y cortan la energía del motor de bombeo cuando llega al nivel máximo fijado.

En un edificio inteligente, el nivel del agua en el tanque se mide permanentemente con sensores electrónicos y la medición correspondiente se lleva a la Unidad de Control. El programa contenido en la Unidad establece que dentro de lo posible el tanque debe ser llenado hasta su nivel máximo durante las altas horas de la noche en las que las tarifas de provisión de energía eléctrica son menores y que el número de interrupciones sea el mínimo. Se trata de que, al terminar de regir la tarifa menor de la noche, el tanque esté en su nivel máximo. Otros *sensores de*

agua permiten detectar pérdidas de agua en cañerías o inundación de sótanos, generando las alarmas pertinentes y realizando aquellas acciones automáticas que permiten reducir los efectos de las fallas.

En lo referente a los *sensores de gas*, ellos detectan la presencia de pérdidas de gas, particularmente del gas provisto para uso domiciliario así como también la presencia de óxido de carbono.

El bloque rotulado **sensores de incendio y de intrusión** son en realidad dos tipos de sensores independientes que cumplen funciones específicas diferentes. Por una parte, los **sensores de incendio** vigilan la seguridad personal y la de los bienes propios del edificio y de los objetos contenidos en él anunciando la iniciación de un incendio. La vigilancia es permanente por la acción de los *sensores*, los cuales son de distinta naturaleza y serán descriptos posteriormente. Están distribuidos estratégicamente en el edificio y detectan lo más tempranamente posible la iniciación de un incendio. A través de la *Unidad Central de Control* la activación de los sensores pueden dar lugar a tres tipos de acciones:

a) Accionar alarmas luminosas y acústicas para alertar a las personas que se encuentran en el edificio sobre el acontecimiento.

b) Realizar automáticamente llamadas telefónicas a quienes deben tener conocimiento del evento, por ejemplo, al teléfono del Director de la Empresa y a la Central de Bomberos de la zona.

c) Accionar los sistemas de *extinción automática de incendios* en los locales donde se haya iniciado o propagado el incendio.

Los sensores de intrusión tienen por función descubrir la furtiva intención de entrar en el edificio de personas no autorizadas o de vulgares delincuentes, poniendo en riesgo ya sea la seguridad personal de los habitantes del edificio como la de los bienes en ellos alojados. También coopera en la prevención de robos o hurtos.

Los sensores de intrusión pueden clasificarse como del **tipo externo o interno**. Los externos vigilan el edificio desde el exterior del mismo, es decir, descubre en cierto modo la *intención de intrusión*, por cuanto el sospechoso no ha entrado aún en el edificio mismo. Si ha podido eludir la detección por parte de los sensores externos, los detectores internos, como ser las **barreras de infrarrojos** instalados en los vanos exteriores (puertas, conjuntamente con ventanas y banderolas), constituyen un segundo anillo de protección. Finalmente, para los locales más importantes donde se archivan documentos valiosos, se agregan en los recintos detectores volu-

métricos de movimiento que permiten descubrir la presencia de intrusos por su movimiento en los recintos.

Registro de información

Este bloque representa el registro que se va formando en el sistema de almacenamiento de datos, por ejemplo el disco rígido de la *Unidad Central de Control*. Se registran todos los acontecimientos e información de importancia que se van produciendo en el edificio. Estos registros, analizados automáticamente por la *Unidad Central de Control* por medio de programas adecuados, permiten verificar la marcha de todas las operaciones que se ejecutan en el edificio y facilitar el mejoramiento de los programas de operación. Por ejemplo, facilita la ejecución de programas de mantenimiento preventivo lo que no solamente permite disminuir los costos de operación, sino que mejoran las condiciones de confort por cuanto reduce el número de fallas inesperadas en los servicios.

Entrada auxiliar de datos

El bloque titulado *Entrada Auxiliar de Datos* es un tablero de computadora que permite ingresar datos a la *Unidad Central de Control*, o modificar o complementar las instrucciones con el fin de alterar los programas de operaciones contenidos en ella. Ante situaciones no previstas en el programa general es posible modificar las instrucciones, en forma transitoria o permanente, según sea requerido.

Control de acceso

El *Control de Acceso* es un bloque que representa una pluralidad de dispositivos que permiten identificar personas y acceder a diversos ámbitos del edificio. Entre los dispositivos referidos, pueden mencionarse los **lectores de tarjetas magnéticas** ya sea **de lectura local o remota**, que leen las tarjetas de quienes intentan ingresar. En muchos casos estos lectores de tarjetas, además de permitir el acceso registran la identidad de quien ha ingresado, como así también la fecha y la hora. Otro dispositivo muy común son las cámaras de televisión, las que además de verificar la identidad que figura en la tarjeta de lectura remota captan y registran las imágenes de las personas ingresadas, con lo que se puede determinar si hubo uso indebido de las tarjetas personales.

4. Red de área local

Los sensores, actuadores, artefactos, alarmas, sistemas de comunicación, etc. representados en los bloques de la Fig. 1 están conecta-

dos a la *Unidad Central de Control* para permitir que el edificio se comporte *inteligentemente*. Este conjunto de conexiones constituye una *red*. La conexión a la *Unidad Central de Control* es generalmente realizada eléctricamente por una red denominada *Red de Área Local*, aunque también pueden utilizarse otros medios, como se verá posteriormente.

Antes de entrar a considerar las características de esta red que llevan *señales eléctricas*, que para el caso de los sensores las señales representan las magnitudes físicas que miden, por ejemplo la temperatura, la intensidad de iluminación, etc. Estas se denominan *señales analógicas*, por cuanto la señal eléctrica (una tensión o una corriente) es dependiente, particularmente en forma proporcional, a la magnitud física medida.

Con el fin de simplificar la instrumentación utilizada, se suele normalizar el campo de variación de la señal eléctrica. Por ejemplo, si se utiliza la intensidad de la corriente eléctrica como señal analógica, puede establecerse que el campo de variación deba estar comprendido entre 4 y 20 miliamperes. También puede utilizarse niveles de tensión, por ejemplo de 16 V y 0 V. Para representar las señales lógicas, que solamente pueden tener dos valores que se podrían representar por **1** o **0**, o por *sí* o *no*. En un ejemplo dado anteriormente se expresaba que la condición en el que "el nivel de iluminación natural sea igual o superior a 400 lux", la señal lógica podría tener el valor **1** si se cumple la condición establecida, y el valor **0** si no se la cumple. La señal eléctrica que representa el **1** o el *sí* podría ser de 20 mA y el **0** o el *no* estaría representada por 4 mA, y en el caso de utilizarse tensiones eléctricas, los valores podrían ser 16 V y 0 V respectivamente.

La señal que llevan los conductores para que opere un *actuador* es solamente la señal de operar y no la energía eléctrica necesaria para operar el actuador. Por ejemplo, si se trata de hacer arrancar el motor de una bomba de agua, la señal eléctrica que se envía al actuador podría ser de 16 volts y los pocos miliamperes necesarios para hacer actuar un pequeño amplificador que accionará el relé que conecta el motor a la red de alimentación. Debe observarse que tanto la alimentación del pequeño amplificador como la del motor toman la energía directamente de la instalación eléctrica en el local en que se encuentra el actuador (motor en este caso), con independencia de la línea que vincula el actuador con la *Unidad Central de Control*.

Cuando el edificio es relativamente pequeño, como es el caso cuando se trata de una vivienda, el número de sensores, artefactos etc. no

es muy elevado por lo que el cableado de toda la instalación domótica es relativamente simple, y pueden utilizarse procedimientos similares a los que se usan en el cableado de instalaciones eléctricas o telefónicas. Pero si el número de artefactos controlados es grande y el sistema informático complejo, particularmente cuando se trata de un edificio de varios pisos usado para oficinas, la cantidad de cables que deberían llegar a la *Unidad Central de Control* sería tan grande que harían muy costosa su ejecución, y también difícil las operaciones de mantenimiento.

Por los motivos expresados se han desarrollado *sistemas de redes* que simplifican las instalaciones domóticas. Las redes que permiten tales simplificaciones aplicables a edificios inteligentes se denominan *Redes de Área Local*. Es común referirse a tales redes con la sigla **LAN**, que es el acrónimo de la expresión inglesa "*Local Area Network*".

El agregado de la palabra *local* a la *Red de Área Local* se ha hecho para diferenciarla de las otras redes, como puede ser la que proporciona energía eléctrica al edificio, la red telefónica general que proporciona servicio de comunicaciones, etc.

En instalaciones complejas puede resultar necesario simplificar la red. El mecanismo de simplificación consiste en reducir el número de conductores, para lo cual resulta necesario *utilizar un mismo cable para enviar una pluralidad de señales independientes, y que cada señal llegue exactamente al punto que corresponda*. El sistema que cumple con tales requisitos se denomina *operación en múltiplex* y la operación, *multiplexar*.

Puede ser conveniente dar un ejemplo de la operación en *múltiplex*. Considérese el caso del edificio en el que está instalada una fábrica y hayan cinco locales de trabajo en los que la intensidad de iluminación requerida fuese de 500 lux durante las horas de trabajo. Si los valores de la iluminación se transmitiesen *sucesivamente* por el mismo par de conductores, al llegar a la *Unidad Central de Control* los datos se almacenarían en los registros correspondientes a cada uno de los locales, sin riesgo de confundirlos. Para evitar ambigüedades, antes de enviar cada grupo de mediciones se puede incluir una *señal de comienzo de ciclo*, y el orden con que se reciben permite identificar a los locales.

Si la intensidad de iluminación hubiese sufrido una reducción importante en alguno de los locales, debido a que algunas lámparas hubiesen quedado fuera de servicio, la *Unidad Central de Control* enviará la información y alarma correspondiente a la sección de mantenimiento,

para que se realice la reparación necesaria. Como el tema de la **multiplexación** es muy importante será ampliado en la sección siguiente.

Multiplexación

Para realizar la transmisión de *una pluralidad de datos* provenientes de *distintos lugares* hasta un punto central de almacenamiento de tales datos, y utilizando *una única vía de transmisión*, por ejemplo una línea eléctrica, puede aplicarse la técnica denominada *multiplexación*.

Una forma de lograrlo es la denominada **Multiplexación en el tiempo**. Para ello, todos los locales en los que se realizan mediciones de alguna variable, deberán estar conectados *con una única línea entre sí y con la unidad central de almacenamiento* de los datos pertinentes.

La información generada en cada uno de los locales *se envía sucesivamente por la línea*, de manera que la Unidad Central de Control recibe la información en el orden en que ha sido transmitida. Lo que recibe es, en realidad, *un tren de datos*.

Como se dijo, para evitar ambigüedades, la transmisión del tren de datos *va precedida de una señal que indica el comienzo del envío de los datos y otra señal, al finalizar el tren de datos, que señala la finalización del tren de datos*.

Multiplexación de frecuencia

El otro tipo de multiplexación, denominado **multiplexación de frecuencia**, consiste en enviar *simultáneamente y por el mismo canal*, la información generada en distintos puntos del edificio. Se utiliza para ello una onda compleja de radiofrecuencia compuesta por señales de la información correspondiente a los distintos puntos que *modulan* las llamadas *ondas portadoras* que conducen toda la información. Es un sistema similar a la televisión por cable, que a través de un único cable se transportan los programas de una multiplicidad de canales. La información deseada se selecciona por la selección del canal.

Los diversos tipos de medios de transmisión de información que se utilizan en domótica tienen diferente velocidad de transmisión de datos. Es conveniente definir lo que se entiende por *velocidad de transmisión de datos*.

Velocidad de transmisión de datos

Cuando se van a transferir datos numéricos a través de una línea de transmisión, generalmente se lo hace con el sistema numérico denominado *binario*, es decir, el de base *dos*, que solamente contiene **unos y ceros**. Eso significa que una transmisión de datos podría tener la forma siguiente: **01110110**. En este caso, cada uno

de los caracteres se denomina un **bit** de información, es decir, cada **uno** y cada **ceros** es un *bit* de la información transferida. La palabra **bit** proviene de la expresión *dígitos binarios*, que en el idioma inglés se expresa *Binary Digits*. El *bit* constituye la más corta información que se transmite y por ese motivo la *velocidad de transmisión se suele expresar en bits por segundo*. Cuando se transmite información utilizando el alfabeto, por ejemplo textos, cada letra en el sistema informático suele estar representada por un conjunto de 8 bits por lo que la velocidad de transmisión de caracteres resultaría unas ocho veces menor.

La velocidad de transmisión de datos está limitada, en la mayoría de los casos, por las características de las líneas de transmisión y por la distancia que debe cubrir la línea. Por ejemplo, un **par trenzado ordinario** (que son cables retorcidos como los que se usan en las instalaciones telefónicas) puede cubrir distancias de hasta 100 metros con una velocidad de transmisión de unas decenas de miles de bits por segundo (*decenas de kilobits/seg*). Pero con el uso de cables múltiples de hasta 27 pares trenzados, blindados y bien compensados, pueden llegarse a velocidades de hasta unos Megabit por segundo (unos millones de bits por segundo) [10].

Cuando se trata de transmitir información a muy altas velocidades se usan cables coaxiales o fibra óptica. Con los cables coaxiales comunes se llegan a velocidades de transmisión 10 Megabits/s, y con coaxiales de banda ancha utilizados para transmisión con multiplexación de frecuencia, se puede operar con frecuencias hasta los 400 MHz. El empleo de fibra óptica como medio de transmisión permite obtener velocidades de transmisión que superan los 50 Megabits/s [9]. La *Red de Área Local* puede incidir mucho en el costo del sistema domótico de un edificio por lo que es conveniente ampliar la descripción de su desarrollo.

Desarrollo de la red de área local

En los diversos locales del edificios se eligen lugares específicos en los que se van a colocar los *sensores* para mediciones y los *actuadores* para la ejecución de las operaciones. Esos lugares se denominan *Puntos de Control*, y el grado de complejidad de un sistema inteligente se lo suele caracterizar con lo que se denomina **Número de Puntos de Control en el Edificio**, que es el número que resulta de sumar la totalidad de los puntos de control. Por ejemplo, sea un edificio que dispone de cinco locales en los que es necesario medir independientemente en cada uno de ellos la *temperatura*, la *iluminación* y el *grado de humedad* y por otra parte, también se ne-

cesita disponer de *actuadores* (relés, controles de caudal de aire caliente del sistema de calefacción), para accionar los humidificadores y para encender o apagar las luminarias.

Siendo cinco locales con tres puntos de control para los sensores en cada uno de ellos y también tres puntos de control para los actuadores, el número de puntos de control para la totalidad de los locales sería el producto de **5** (locales) \times **6** (puntos de control en cada uno de ellos), totalizando **30 puntos de control**. Esto significa que de adoptarse una configuración de la instalación como la indicada en la Fig. 1, para satisfacer solamente estos servicios sería necesario llevar 30 pares trenzados a la unidad central de control.

Si el edificio tuviese cinco pisos y en cada uno de ellos hubiesen las mismas necesidades en los cinco locales de cada piso, *el número de pares trenzados que deberían llegar a la unidad central de control se quituplicaría, es decir, serían necesarios 150 pares trenzados*. La solución resultaría poco aceptable, pero se podría resolver el problema multiplexando en el tiempo la información de cada piso (30 pares) y enviándola a la unidad de control con un único manojo de 5 pares trenzados que conectase verticalmente los diversos pisos, llevando secuencialmente la información de cada punto de control a la unidad central de control, que podría estar en la planta baja.

Sin embargo, cuando en el edificio la instalación telefónica y los eventuales equipos de informática también están vinculados con el sistema inteligente, la situación cambia en forma importante. Los equipos informáticos no solamente operan internamente con altísimas velocidades, sino que la transferencia de información entre computadoras o sistemas periféricos a través de la *Red de Area Local* en el edificio es también sumamente rápida. En realidad, la profundización del estudio y desarrollo de las *redes de área local* fue consecuencia de la necesidad de comunicación entre distintos equipos informáticos localizados en diversos locales de un edificio, o en diversos edificios de un organismo o empresa determinada.

Surgieron así una pluralidad de sistemas de redes de área local, cada una de ellas caracterizada con un nombre. Como por ejemplo, pueden mencionarse: **Ethernet** (realizado por la compañía Xerox), el denominado **Token Ring** (desarrollado por IBM), **Start Lan** (adoptado por Hewlett Packard), etc. Suele suceder que hayan incompatibilidades entre los diversos sistemas, en cuyo caso deben agregarse algunas interfaces cuando se interconectan equipos preparados para diversos sistemas. Además de la referencia bibliográfica

[9] pueden consultarse las normase **ANSI/IEEE Std 880/3 880/04 y 880/05**, que son aplicables a algunos sistemas de redes locales.

Topología de redes

En la Fig. 1 se ha representado una forma simple de conexión de los diversos puntos de control a la *Unidad Central de Control*. Puede simplificarse mucho la instalación cuando en lugar de adjudicar toda la inteligencia a la unidad central de control, parte de ella se distribuye en algunos de los locales del edificio que no es donde está localizada la *Unidad Central*. La configuración de la red, en lo que se refiere a la forma en que están interconectados los diversos componentes del sistema, se denomina **topología de la red**. En la Fig. 2 se ilustran algunas de estas topologías.

Se denominan **nodos** cada una de las terminaciones que tienen acceso a las líneas, entre los que se incluyen los denominados *puntos de control*. Cuando un nodo posee inteligencia y tiene más jerarquía que los demás, en la figura se los ha representado con circunferencia de diámetro mayor que los de menor jerarquía. Las terminaciones que simplemente reciben o envían información, por ejemplo, los sensores o actuadores y que no poseen inteligencia alguna se han representado con circunferencias de menor diámetro.

Topología en estrella

Es la configuración típica de un sistema totalmente centralizado. Es la utilizada en el ejemplo dado en la Sección 3 representado en la Fig. 1.

También es la topología de las centrales automáticas privadas. Aunque esta topología es muy similar la llamada *Multipunto*, hay una diferencia importante. En efecto, una red *multi-*

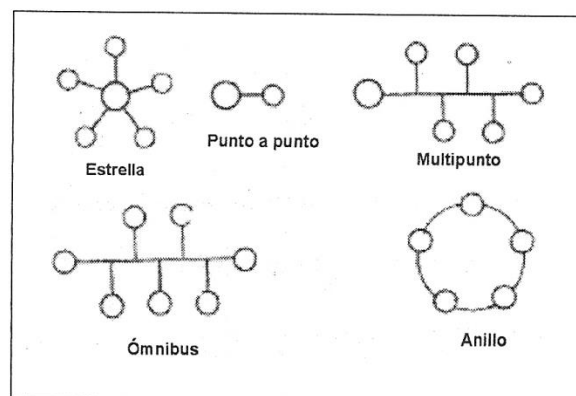


Fig. 2. Topología de redes

punto no tiene posibilidades de realizar procesamiento distribuido de información, mientras que con la topología *en estrella* sí es posible hacerlo, por ejemplo, proveyendo sistemas informáticos complementarios en sus puntos terminales.

Topologías Punto a Punto y Multipunto

La topología *punto a punto* es la más simple. Consiste en un único enlace entre dos puntos, por ejemplo, entre una computadora maestra y una terminal esclava. En la *multipunto*, en cambio, todas las terminales reciben la misma información de la unidad inteligente, y todas ellas pueden enviar información a la unidad inteligente, pero no puede haber envío de información entre ellas. Cuando la terminal inteligente necesita enviar información específica solamente a una de las terminales, puede codificar el mensaje para que la reciba la que corresponde.

Topología ómnibus

En la topología ómnibus todas las terminales tienen la misma jerarquía. Se las utiliza en los sistemas donde la inteligencia está distribuida. A medida que las señales circulan por el cable, cada una de las terminales las recibe, pero como cada una tiene su direccionamiento solamente registra las que le corresponde.

La simplificación de las conexiones hace que la línea que une a las terminales sea simple, por lo que trabaja en *múltiplex*. Por ese motivo es necesario operar en *múltiplex* y para conectarse con la terminal elegida debe hacerse uso de claves ("token"), lo que constituye el "direccionamiento". Esta forma de accionar permite que cualquier terminal pueda comunicarse con cualquier otra terminal.

Topología en anillo

Es una topología de bucle cerrado, también aplicable a sistemas de inteligencia distribuida con tecnología *múltiplex* y utilización de claves. Tiene la ventaja de poder trabajar con alta velocidad. Aunque es menos flexible que la topología ómnibus, tiene la ventaja de permitir realizar sistemas más simples para evitar la "colisión" en la circulación de información en el anillo.

Sobre la base de lo analizado en las *líneas de área local, medios de transmisión y topología de redes*, una vez que se tiene el problema concreto de *domotizar* un edificio, ya sea construido o en proyecto, se debe decidir sobre la elección del medio de transmisión y de la topología de red a ser utilizados. Generalmente no se pueden tomar decisiones de antemano, por cuan-

to lo más probable es que *el sistema inteligente más conveniente utilice más de una topología*, como así también empleará diversos *medios de transmisión*.

Debe observarse que una parte importante de la red usa una topología en estrella, ya que la mayor parte de sensores y actuadores están conectados a la *Unidad Central de Control*. Esta unidad es el nodo principal que tiene la inteligencia contenida en su programa de operación, y es el que le permite actuar en cada oportunidad que se produzca un acontecimiento que requiera acción.

Por otra parte, por cuanto la mayoría de los controles ambientales, de seguridad, de economía de energía, etc. no requieren velocidades de acción en tiempos inferiores a los milisegundos, la utilización de pares trenzados como medio de transmisión resulta ser suficiente. La central telefónica privada puede actuar como sistema casi independiente y la única vinculación con la unidad central de control es la de proveer datos de valor estadístico sobre las comunicaciones telefónicas efectuadas.

El estudio del cableado en el edificio es de muchísima importancia por la incidencia que tiene tanto sobre el proyecto como sobre la configuración del edificio.

Consideraciones para el proyecto de una red

Debe tenerse en cuenta que un edificio puede tener una vida útil de unos *cincuenta años* y que los equipos de servicio tales como de calefacción, de provisión de agua fría y caliente y el sistema sanitario, pueden durar entre *quince y veinte años*. En cambio, los aparatos y componentes utilizados en informática, y en cierto grado también los de telecomunicaciones, su evolución es tan rápida que resulte natural que en un corto plazo, que puede ser de unos *cinco años*, surja la necesidad de renovación debido a las sustanciales mejoras de las prestaciones de los nuevos equipos.

Modificaciones por cambios de equipos

No resulta difícil sustituir equipos por cuanto tanto los tamaños como los requisitos de potencia suelen ser similares. Es posible también que haya que agregar nuevos aparatos, sensores, actuadores, etc. y que tengan fácil cabida en los ámbitos del edificio. Las dificultades surgen cuando hay que interconectarlos, particularmente cuando los conductos donde se alojan los cables de la red no han sido proyectados para admitir las ampliaciones necesarias.

Cambio de las funciones asignadas a locales de un edificio

Otro de los motivos por los que puede ser necesario reconfigurar la red local es el cambio de asignación del uso de oficinas, lo que sucede cuando hay lugar a modificaciones en el organigrama de la institución que utiliza el edificio. Cuando se modifican las funciones de una oficina puede suceder que haya cambios importantes en lo que respecta a renovación de los equipos de comunicación o telemáticos, como puede ser acceso a una red externa de datos, modificación del sistema de computación, etc.

Alojamiento de los cables de la red de área local

Cuando se proyecta un edificio en el que se incorporarán sistemas domóticos, es sumamente importante prever la realización adecuada de los conductos por los que pasará todo el sistema de cables requerido, con las previsiones de futura ampliación de la red. Los conductos no se realizan con caños empotrados en las paredes y estructura de hormigón como es habitual en las instalaciones eléctricas.

Como la cantidad de conductores por conducto suele ser mucho mayor que en las instalaciones eléctricas ordinarias y es muy común tener que modificarlas, los conductos deben tener un acceso fácil a los conductores que constituyen la red. Por ese motivo los conductos suelen realizarse en forma de canales ejecutados a lo largo de vigas o de paredes, y que se cierran con tapas desmontables. En los locales destinados exclusivamente para contener equipos informáticos, el número de interconexiones entre los equipos es muy grande, y además se las cambia con frecuencia. Existen diversas alternativas de distribución del cableado para resolver satisfactoriamente estos problemas, las que se pasan a ser brevemente consideradas a continuación.

Distribución por cielorrasos y a través de losas

Dentro de la posibilidad de hacer la distribución horizontal sobre los cielorrasos o vinculados con ellos, caben tres alternativas: **a) Distribución por conductos sobre los cielorrasos, b) Distribución por bandejas suspendidas y c) Distribución por pasaje del cable múltiple a través de losas de piso**

Distribución horizontal bajo el piso

También en este caso existen tres alternativas: **a) Conductos bajo el piso, b) Piso celular y c) Piso sobreelevado**

Conductos bajo el piso. Son similares a los que se utilizan para calefacción de aire ca-

liente, con tramos rectos, codos y acoplamiento de conductos en ángulo recto.

Para poder realizar las salidas y el acceso a los cables se tiene acceso a los acoplamientos desde el piso. Como los conductos pasan por debajo de la superficie del piso, el acceso a los conductores hasta su nivel se realizan con aberturas que se cierran con tableritos planos provistos de terminales para conectar los equipos informáticos. Si no se necesita realizar conexiones desde una abertura determinada, en lugar del tablerito se la cierra, con lo que se mantiene plana la superficie del piso. Las aberturas permiten agregar o intercambiar cables cuando es necesario modificar la interconexión del sistema, para lo cual se retiran temporalmente las tapas o tableritos que cierran las aberturas.

Piso celular. Consiste en canales realizados con chapa de hierro e interconectados con otros canales terminales, de manera que resulte posible pasar cables con distinto recorrido en relación con la superficie del piso. Este sistema celular no solamente cumple las funciones de conducir el cableado de acuerdo con las necesidades, sino que también forma parte del sistema estructural del piso. Los accesos a los cables, como en varios de los sistemas descritos anteriormente, se hacen con tableritos alojados en el piso.

Piso sobreelevado. Este tipo de piso se suele construir con un conjunto de paneles de piso cuadrados que pueden ser de 80 cm x 80 cm, que se apoyan sobre una estructura de perfiles de hierro *T invertidos*, que forman una estructura reticulada de marcos cuadrados. Cada uno de los vértices de los cuadrados se apoyan sobre el contrapaso con columnitas de unos 30 cm de altura. El sistema es muy práctico, ya que permite modificar fácilmente un local que no había sido previsto para informática, incorporándole el *piso sobreelevado*

Sistemas estructurados Cuando la instalación informática en un edificio inteligente llega a tener cierta complejidad, se utilizan para la red local los llamados **sistemas estructurados**. En estos sistemas se suelen utilizar "manojos" de un reducido número de pares trenzados de muy buena calidad (generalmente ocho pares). Por otra parte, las conexiones de esos cables se realizan con cajas especiales que permiten fácilmente conmutar conexiones entre locales.

Para mejorar las características de velocidad de transmisión las terminaciones de cada uno de los pares se realiza con su "impedancia característica" que evita reflexiones. Las *cajas especiales* a las que se hizo referencia tienen terminaciones con resistencias de carga adecuadas

a la impedancia característica de las líneas estructuradas a las que se conectan.

Utilización de la red de energía eléctrica para la transmisión de las señales domóticas

La realización de la red necesaria para proporcionar al edificio las características del edificio inteligente lleva una parte importante del costo de la ejecución, particularmente cuando el edificio ya existe y se desea incorporarle las características domóticas.

Cuando el proyecto es sencillo, como resulta al tratar de incorporar automatismos tales como el control de climatización a los ambientes, sensores de incendio, detectores de intrusión, etc., controles que no se requieren gran velocidad de accionamiento, es posible utilizar la misma red eléctrica existente en el edificio que proporciona los servicios de iluminación y otros servicios eléctricos, para actuar como *red de área local*.

Para hacer que la red eléctrica cumpla esta segunda función de transportar simultáneamente la información domótica, se utiliza una señal eléctrica de alta frecuencia como las empleadas en las señales de radiodifusión, pero que a diferencia de las señales de radio *las señales domóticas se propagan sobre las líneas de la instalación eléctrica y no a través del espacio libre*.

Al utilizar la instalación eléctrica existente propia del edificio se obtienen las siguientes ventajas: No es necesario realizar una *red local* para el sistema inteligente y por cuanto *la onda portadora de las señales domóticas solamente pueden circular por la instalación eléctrica del edificio*, no existe riesgos de interacción entre edificios próximos que también tengan incorporados sistemas domóticos similares. Además, como la onda portadora conducida por los cables de la instalación eléctrica sufre menos atenuación en relación con la distancia que cuando se propaga por el espacio libre, los generadores de onda portadora sólo requieren utilizar una potencia reducida, del orden de unas decenas de miliwatts.

Las diversas señales domóticas se realizan como modulación de una onda portadora de frecuencia única, por lo que se aplica el sistema de multiplexación en el tiempo descrito anteriormente. Como la transmisión secuencial permite enviar información en tiempos inferiores al milisegundo, el sistema es perfectamente adecuado para la mayoría de las operaciones domóticas en un edificio. Sin embargo, cuando se debe transmitir la información proporcionada por máquinas computadoras a distintos puntos de un edificio, se requieren velocidades mucho mayores, por lo que el sistema de onda portadora

referido no es adecuado para transmisión de señales de informática.

5. El confort y la economía de energía

Para lograr obtener confort en un edificio se necesita consumir energía. La calefacción, la ventilación y la refrigeración de ambientes implica siempre un consumo de energía. También es necesario consumir energía para obtener una iluminación adecuada de los ambientes. En el concepto de confort debe incluirse la provisión de agua fría y caliente y eventualmente "el transporte vertical" (el uso de ascensores) en los edificios de varios pisos.

Hay un reconocimiento general de lo limitadas que son las reservas de combustibles fósiles y la mayor conciencia existente en la actualidad sobre la necesidad de economizar energía, sin renunciar por ello a las comodidades que proporcionan los recursos tecnológicos actuales. Es por esos motivos que uno de los capítulos importantes del desarrollo de la domótica es el de hacer lo más económico posible la provisión de los diversos servicios que mejoran el nivel de vida.

La estabilización de temperatura de los ambientes

Uno de los temas importantes para lograr el confort ambiental es el del control de la temperatura de los ambientes. La influencia de la temperatura exterior sobre la interior depende mucho de las condiciones de transmisión del calor de los medios que separan el interior del edificio con el exterior, es decir, las paredes exteriores, sus vanos y los techos. Entre los medios de reducir el derroche de energía térmica pueden mencionarse el uso de "dobles vidrios" en ventanas, paredes dobles con separación de aislantes térmicos y en especial, programas cuidadosos a ser cumplidos por el edificio inteligente.

Esto último significa que el "equipo inteligente" debe comportarse en forma similar a que lo haría un grupo de personas que durante las 24 horas del día estuviesen verificando las condiciones de cada local del edificio, las variaciones de la temperatura exterior, la presencia o no de personas en cada ambiente y que accionasen adecuadamente los diversos controles que modifican las condiciones ambientales.

En todas sus operaciones deberían tener en cuenta los programas fijados de antemano, y considerar que en el accionamiento de un equipo térmico suele haber un retraso de acción -que en muchos casos puede ser de varios minutos- entre el momento en que se acciona un control y en que se observa el efecto en el ambiente considerado.

En la publicación inglesa "*Building Services and Environmental Engineer*" se define al edificio inteligente, desde el punto de vista del confort, expresando que *un edificio inteligente es uno que con los equipos de servicio toma sus propias decisiones para el adecuado control del ambiente interior*. El objetivo del control es el de tratar de mantener las condiciones de confort para quienes ocupan el edificio en las mejores condiciones económicas. Es muy común que los sistemas automáticos de estabilización de la temperatura de los ambientes se realicen solamente sobre la base de la medición de la temperatura en el ambiente controlado sin tener en cuenta: **a)** La temperatura del ambiente exterior, **b)** El atraso de tiempo de reacción de los sistemas térmicos, **c)** El momento en que el ambiente va a ser ocupado y otra cantidad de factores que provocan tanto incomodidades a los ocupantes como derroche de energía.

Los sistemas de control de la temperatura

Cuando es posible hacer un modelo matemático que defina con exactitud la influencia de las diferentes variables que afectan la variable dependiente, se dice que el problema es **determinístico**, y su solución permitirá proyectar el sistema técnico, que en este caso, es el de la obtención económica del confort programado. Sin embargo, es común que existan variables aleatorias que no permitan una solución *determinística* del problema. En este caso el problema se dice que es del tipo **estocástico**, dependiente de variables aleatorias y que requiere procedimientos estadísticos para su solución.

Ayuda mucho el empleo de *histogramas* de las variables, como puede ser la periodicidad anual de la temperatura exterior en un lugar determinado. Es oportuno señalar nuevamente la utilidad de registrar en la *Unidad Central de Control* muchas de las operaciones del sistema inteligente por cuanto permite, en algunos casos, caracterizar a las variables aleatorias, lo que ayudará a resolver los problemas estocásticos.

Una vez desarrollado el modelo matemático que relaciona la medición de cada una de las variables con las acciones que debe ejecutar el sistema inteligente, corresponde desarrollar el programa. Debe recordarse que la unidad central de control es, en esencia, una computadora especializada, por lo que el programa a que se ha hecho referencia es similar a un programa de computadora, un *software*.

Es importante contar con sensores adecuados para la medición de las diversas variables físicas tales como son la temperatura, la humedad, la intensidad de iluminación, como así tam-

bién otros tipos de sensores como son los detectores de presencia de personas en un local. Conviene describir, con algunos detalles, los diversos sensores que se suelen utilizar para la realización de edificios inteligentes.

Sensores de temperatura

En domótica los sensores de temperatura suelen ser del tipo que expresan el valor de la temperatura con una variable eléctrica, porque la medición es más fácil de ser elaborada por la unidad central de control. Es conveniente recordar aquí el significado de los componentes denominados *transductores*, que son de importante aplicación en la mayoría de los sistemas automáticos. Podría definirse el **Transductor** como el dispositivo que mide una variable física, transformándola en otra variable física dependiente de aquella. Es común que la dependencia referida sea una proporcionalidad, es decir, que entre la variable medida y la respuesta del transductor haya una relación lineal. Por ejemplo, una **termocupla** es un transductor, que transforma *la diferencia de temperatura entre el punto en el que unen los conductores sometidos a la temperatura a medir y la temperatura de los puntos conectados al instrumento de medición*, que se toma como temperatura de referencia, que podría ser la temperatura ambiente, en una fuerza electromotriz que es proporcional a la diferencia de temperaturas referida..

En el caso en que la termocupla se realice con un conductor de cobre y el otro conductor de la aleación denominada **constantán**, la relación entre la fuerza electromotriz generada por la diferencia de temperatura entre sus extremos es de unos 5 milivolts cada 100 grados C, y razonablemente lineal. Se puede observar que la *sensibilidad* es muy reducida, solamente 50 microvolt /°C, por lo que para su utilización práctica se requiere una importante amplificación de la señal obtenida. Para reducir los requisitos de los amplificadores necesarios, suele utilizarse otro tipo de transductor térmico, denominado termistor, el que posee una mayor sensibilidad y que se describe a continuación.

El termistor

Se denomina **termistor** un componente eléctrico dentro de la familia de los *resistores*, que tiene la particularidad que su resistencia eléctrica depende de la temperatura a que está sometido el resistor. La familia de termistores que se usa como transductor es la que posee un coeficiente de variación de la resistencia eléctrica muy elevado, y que **el coeficiente es negativo**, es decir, la resistencia disminuye con la tempe-

ratura del elemento. Es muy común referirse a estos termistores adicionando la sigla inglesa **NTC** (*Negative Temperature Coefficient*). Así, por ejemplo, se hablará de “un termistor NTC”, o de “un transductor NTC”.

Como la resistencia eléctrica del termistor no es en sí misma ni una tensión ni una corriente eléctrica, con el fin de poder enviar una señal activa a la unidad central de control se necesita una fuente auxiliar para aprovechar sus características de transductor. Posteriormente se darán más detalles sobre este tema.

Termostatos de ambiente

Se denominan **termostatos de ambiente** a ciertos controles de temperatura utilizados en instalaciones ordinarias de calefacción central. Estos aparatos actúan abriendo y cerrando un par de contactos eléctricos, según sea que la temperatura ambiente sea superior o inferior al valor deseado. El elemento sensible a la temperatura es una espiral de lámina bimetálica que, por efecto de la temperatura desplaza uno de los contactos eléctricos produciendo el cierre y la apertura del circuito eléctrico.

El cierre y apertura de los contactos se haría muy lentamente debido a que la variación de temperatura en el bimetal también lo es, lo cual provoca inconvenientes por la irregularidad en los cierres y aperturas del sistema de calefacción (motores y quemadores). Para evitar dichos inconvenientes, se introduce un proceso denominado de **histéresis**, que hace que la temperatura de cierre del termostato sea algo inferior (por ejemplo 0,5 °C de la temperatura de estabilización) y la apertura de apertura algo superior de estabilización.

El termostato de ambiente proporciona un tipo de señal binaria. En efecto, con el control manual se fija el valor de la temperatura que se desea tener en el ambiente controlado y el termostato abre sus contactos si la temperatura es mayor que la fijada, y los cierra, si es inferior a ella. Como es obvio, el valor fijado es un promedio de los dos valores que surgen de considerar la histéresis.

Normalización de las señales eléctricas de los sensores

Como las señales eléctricas que proporcionan los diversos sensores cubren rangos diferentes, para facilitar la posibilidad de intercambiar las entradas y salidas de las señales eléctricas en la unidad central de control; se lo suele normalizar. Una de las normas establece que el campo de variación de la intensidad de la corriente

eléctrica debe estar comprendida entre 4 y 20 miliamperes. Otra norma utiliza la tensión eléctrica, con valores comprendidos entre 16 volts y cero volt.

Naturalmente, al diseñarse el sistema, es necesario conocer las especificaciones de la unidad de control que se elija para adecuar las características de los transductores que se utilizarán.

En el caso de emplearse como sensor de temperatura un **termistor NTC**, como el termistor no es capaz de generar ni corriente ni tensión eléctrica necesitará de una fuente auxiliar de energía eléctrica, por ejemplo, una fuente de tensión constante, que permita, por medio de un circuito eléctrico adecuado, transformar las variaciones de la resistencia de **termistor** debido a la temperatura en variaciones de tensión o de la corriente que puedan ser aceptadas por la unidad central de control.

En aquellos casos en que la variable sea binaria, como sucede con los termostatos de ambiente, los valores lógicos **0** y **1** podrán estar representados por los valores extremos normalizados, por ejemplo **cero y diez volts** o de utilizarse la normalización de corriente, el **0** podría estar representada por una corriente de 4 miliamperes y el **1** por 20 miliamperes.

Retardos en la acción de los controles automáticos

En muchos casos la acción de los controles automáticos sufren retardos desde el momento en que el sensor detectó que la variable controlada se desvió del valor deseado y el momento en que la acción correctiva haya tenido lugar como para corregir dicha desviación. Estos retardos, cuando son grandes, dan lugar a incomodidades que representan pérdidas de confort.

Conviene analizar el problema con un ejemplo vinculado con la estabilización de la temperatura en los ambientes controlados. Por un lado, los sistemas térmicos suelen presentar una “inercia térmica” inherente a la lentitud con que cambia la temperatura en la mayoría de los sistemas, debido al reducido coeficiente de transmisión de calor entre el ambiente controlado y los sensores. Por otra parte, pueden existir los llamados **retardos de transporte**, que es el retardo de tiempo que sufre el fluido de calefacción o de refrigeración para llegar al lugar donde se ha modificado su temperatura. Supóngase que se trata de un sistema de calefacción por aire caliente, accionado por un quemador de gas, un hogar y un intercambiador de calor. El intercambiador de calor seguramente estará localizado en la sala de

máquinas del edificio, probablemente en un subsuelo, a una distancia que puede ser del orden de algunas decenas de metros del ambiente controlado, por ejemplo, a 15 metros de distancia. Debe tenerse en cuenta que la velocidad del aire de calefacción se limita en los conductos para evitar el ruido que se generaría por efecto de la turbulencia. Una velocidad razonable puede ser del orden de tres metros por segundo.

Una evaluación del retraso total entre el instante en que la temperatura ha bajado a su punto mínimo aceptable y el instante que *comienza a llegar* el aire caliente al ambiente controlado en el ejemplo que se analiza, suponiendo que se utiliza un termostato de ambiente del tipo de espiral bimetalico y que el quemador se enciende en el momento que llega la señal del termostato, llevaría al siguiente resultado:

Retardo de tiempo para cerrar el termostato de ambiente: 25 segundos.

Tiempo que tarda en calentarse el intercambiador de calor: 90 segundos

Atraso por transporte: 15 m/3 metros por segundo: 5 segundos

Atraso total: 120 segundos

Un atraso de esa magnitud puede ser intolerable cuando hay muchos cambios de las condiciones termodinámicas del ambiente, como es el caso de frecuentes apertura de puertas por la entrada de personas en una sala de reuniones. Como consecuencia de ello, se produce un deterioro del confort.

Si se encargase a un operador inteligente que controlase permanentemente no sólo *la temperatura del ambiente* controlado sino también *la rapidez con que está bajando la temperatura*, y conociere además las características de inercia térmica tanto del termostato de ambiente como del intercambiador de calor, y también del *retardo de transporte la instalación*, podría dar la señal al quemador de gas para iniciar anticipadamente su encendido, de manera de poder compensar todos los retrasos señalados y disminuir las desviaciones de temperatura respecto de la deseada. Esta acción hipotética de un operador humano puede lograrse por medio de sistemas de control automático más elaborados como los que se podrían utilizar en los edificios inteligentes.

Aunque es posible introducir sistemas automáticos como para producir la corrección elaborada descrita, como tanto los equipos generadores de calor como de refrigeración *se eligen de una potencia adecuada para lograr una estabilización de temperatura en un tiempo razonable con un costo no muy elevado*, se suelen utilizar el simple sistema de modificar la relación entre el tiempo de actividad del calefactor (o del refrigerador)

y el tiempo de reposo, cambiando así la potencia media de la acción sobre la temperatura del ambiente. El termostato de ambiente cumple dicha función, que en general resulta satisfactoria.

Sensores de iluminación

En los casos en que sea necesario controlar automáticamente el encendido de los artefactos de iluminación (*luminarias*) de un local, se utilizan sensores o medidores de iluminación; algo similar a lo que se ha visto para el caso del control de la temperatura. El sensor de iluminación es generalmente un **transductor fotoeléctrico**, es decir, un componente electrónico que proporciona una señal eléctrica dependiente de la intensidad de iluminación. Entre los transductores fotoeléctricos que existen pueden mencionarse las *células fotoresistivas*, los *fotodiodos*, los *fototransistores*, y algunos otros tipos menos utilizados en la actualidad tales como las *células fotoeléctricas de vacío y gaseosas*, y las *células fotovoltaicas de selenio y de óxido de cobre*.

Las *células fotoresistivas*, también llamadas *fotoconductoras*, son elementos constituidos por una superficie aislante sobre la cual se ha depositado una delgada capa de material conductor que tiene la propiedad de modificar su conductibilidad eléctrica al ser iluminado, creciendo esta conductibilidad a medida que sea mayor la intensidad de iluminación. Es muy utilizado como material fotoconductor el *sulfuro de cadmio* que es sensible dentro del espectro de la luz visible. Tienen un rango dinámico que permite ser utilizadas con iluminaciones de unos pocos lux hasta valores que sobrepasan los 1000 lux. Ver Fig. 3.

La iluminación de este tipo de sensor debe limitarse a 50.000 lux para evitar su deterioro permanente si se sobrepasa dicho valor. El tiempo de reacción de este tipo de sensor es relativamente lento. Por ejemplo, si se ilumina bruscamente una de estas células con una iluminación de 50 lux, la conductibilidad alcanza su punto de equilibrio después de transcurrido más de un segundo.

Los *fotodiodos* y *fototransistores* son *diodos* y *transistores* semiconductores que tienen una pequeña "ventana" que permiten que la luz que incide desde afuera ilumine la juntura del diodo o del transistor, modificando su conductibilidad eléctrica. La naturaleza del fenómeno fotoeléctrico es diferente de las células fotoresistivas, porque estas últimas son de estructura policristalina, mientras que los diodos y los transistores son monocristales. Como sucede con algunos sensores de temperatura, también algunos sensores fotoeléctricos proporcionan señales muy

débiles que deben ser amplificadas y normalizadas para que puedan ser utilizadas por la *unidad centros de control*.

Los sistemas de control de iluminación pueden ser mucho más simplificados que los de temperatura por cuanto el ser humano tiene mucho mayor adaptabilidad a los cambios de iluminación que a los cambios de temperatura. Se ha visto que ya un grado Celsius de variación brusca de temperatura provoca sensación de desagrado mientras que tolera perfectamente grandes cambios de iluminación, por ejemplo, entre 200 y 250 lux. Otra característica del control de iluminación que lo diferencia mucho del control de calefacción es la respuesta casi instantánea del sistema de control. Por ejemplo, en un control fotoeléctrico para encender luces artificiales cuando la iluminación natural bajó de cierto nivel la acción es prácticamente instantánea.

Existe una gran variedad de sensores tanto en lo que se refiere a las características eléctricas como en lo que concierne a las dimensiones y formas. Como ilustración en la Fig. 3 se presentan dos modelos en los que las dimensiones están expresadas en milímetros.

5. Incendio-detección y lucha contra el siniestro

Un incendio no solamente produce destrucción y daños a los bienes materiales, sino que además puede segar vidas humanas. Antes de considerar los sistemas avanzados que los medios electrónicos proporcionan para la detección temprana de incendios y las comunicaciones que favorecen la lucha contra ese tipo de siniestro, es conveniente analizar con un poco de detalle otros medios que pueden evitar la formación de un incendio, y proyectar medios para bloquear y limitar la propagación en el caso que acontezca el desastre.

La Fig. 4 es un diagrama que representa la iniciación de un incendio, en el supuesto caso que se desarrolle sin ninguna acción para detenerlo y extinguirlo [6]. Se observa que en el lapso que transcurre entre el comienzo del incendio (ignición) y la *propagación*, la temperatura en la zona próxima al incendio crece desde la temperatura ambiente hasta unos 600 °C, y es en ese intervalo del desarrollo del incendio donde existe la posibilidad de utilizar procesos de autoextinción. Por esa razón es que es necesario contar con sistemas detectores que descubran lo más tempranamente posible la iniciación del incendio. Esta es la primera fase del incendio que va desde la ignición hasta la propagación en la que se inicia la producción de gases y humos. La fase de la combustión que sigue provoca un rápido aumen-

to de temperatura con un aumento exponencial de la velocidad de combustión, debido a que el incendio se extiende hacia los materiales próximos a él. Todo esto provoca un aumento del régimen de generación de gases y la formación de toda una zona de turbulencia. La fase final, la de extinción, tiene lugar cuando se ha terminado el material combustible y el incendio se extingue lentamente.

No se ha indicado unidades en la abscisa de tiempo, porque la evolución del incendio depende de una gran cantidad de variables, entre las que se cuenta la naturaleza de los materiales combustibles, el tamaño y forma de los ambientes y la resistencia fluidodinámica en el movimiento de los gases calientes en el ambiente y entre ambientes.

La evolución del incendio se manifiesta, en la iniciación con la emisión de partículas submicrónicas que se pueden percibir con el olfato como *olor a algo que se quema*, a lo que sigue la producción de humo con partículas hasta de 10 micrones y luego llamas crecientes. Es durante el intervalo de tiempo que va desde la ignición hasta la propagación del incendio que puede intentarse sofocarlo por medios automáticos tales como los eyectores de agua ("sprinklers") o los eyectores de gases inertes que sofocan los in-

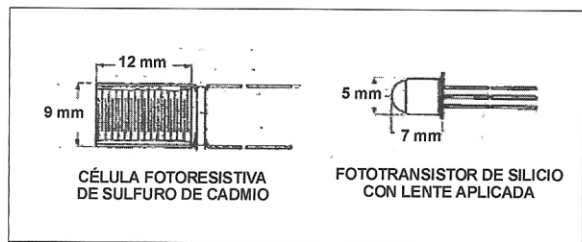


Fig. 3. Sensores de iluminación

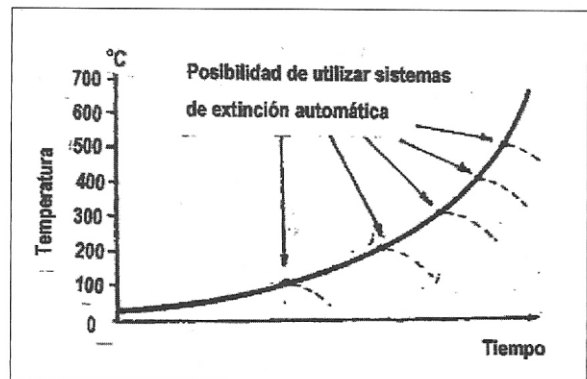


Fig. 4. Iniciación de un incendio

ceñidos. Existe también un grupo de compuestos ignífugos que llevan el nombre genérico de **halones**, que aunque son sumamente eficientes para dicha función tienen el inconveniente de ser compuestos *bromofluorados* y su acción destructora de la capa de ozono de la atmósfera es peor que la que ocasionan los *freones*.

La detección temprana implica poder descubrir la presencia de olores o el comienzo de la generación de humo visible. Por ese motivo se analizarán los diversos tipos de detectores de humo disponibles. Existen dos tipos fundamentales de detectores de humo que se considerarán en primer término: son los detectores de humo de *ionización* y los detectores de humo *ópticos*.

Detectores de humo de ionización

La Fig. 5 representa esquemáticamente la configuración de un detector de ionización [6]. Se observa que el detector está constituido por dos cámaras y que en la pared separadora de ellas existe una pequeña fuente radioactiva, constituida por solamente un microcurie de un isótopo del elemento artificial *Americio*, que es un activo generador de partículas *alfa*. Debe señalarse que la partícula *alfa* es un ión de helio, polarizado positivamente. Por ese motivo este tipo de detector se denomina *de ionización*. Una de las cámaras está cerrada, aunque no herméticamente, mientras que la otra cámara tiene aberturas que permiten circular libremente, por difusión, el aire del ambiente.

Cada cámara posee un electrodo polarizado negativamente por una fuente de tensión continua, a través de los resistores R_1 y R_2 . En condiciones normales de funcionamiento, el flujo de partículas alfa hacia los electrodos es el mismo en cada uno de ellos, y como las corrientes en ambas resistencias son iguales la señal eléctrica de salida es nula debido a que las corrientes circulan en sentido contrario en cada una de las resistencias. El sistema se comporta como un puente de Wheatstone.

Pero si en el ambiente hay humo, éste llega a penetrar por difusión en la cámara superior, perturbando el movimiento de los iones hacia el electrodo, con lo que se reduce la corriente i_1 , que por ser menor que i_2 , la caída de tensión sobre R_1 también es menor que la que aparece en R_2 .

Como consecuencia del desequilibrio de corrientes se obtiene una señal con polaridad positiva sobre el terminal inferior de la salida. Se utiliza este sistema diferencial porque la fuente de partículas alfa de *Americio* tiene una media vida del orden de cuatro años, por lo que progresivamente va perdiendo actividad. Esto significa

que al ir perdiendo progresivamente la capacidad de emitir radiaciones se reduce y también la capacidad de producir iones. Aunque la sensibilidad podría reducirse con el tiempo el efecto puede compensarse aumentando la ganancia del amplificador, por cuanto el sistema actúa como un puente que se desequilibra ante la presencia de humo.

Detectores de humo ópticos

El principio que se utiliza en los detectores de humo del tipo óptico es la propiedad que tienen muchos tipos de humo de reflejar la luz.

El detector representado en la Fig. 6 es una cámara parcialmente cerrada en el que no puede penetrar la luz exterior, pero sí los gases y el humo que pudiesen existir en el ambiente. Las paredes interiores de esta cámara son negras, no reflectantes. En el interior de la cámara están localizados una fuente luminosa y un fototransistor separados por pantallas.

Las pantallas, por su configuración, constituyen un laberinto que no permite que la luz de la fuente alcance la lente del fototransistor, debido a que absorben la luz. Sin embargo, si en la cámara penetran aquellos tipos de humo que reflejan la luz, al ser iluminados por la fuente llegan, a su vez, a iluminar al fototransistor por las reflexiones múltiples que sortean el laberinto de las pantallas, con lo que se genera la señal que acusa la presencia del humo.

En la Fig. 7 se presenta la sensibilidad comparada de los dos detectores descritos referida a las características del humo producido. Puede observarse la altísima sensibilidad del detector de ionización para humos no visibles, los que se producen muy al comienzo del incendio y cuyas partículas son submicrónicas.

Detector térmico de incendio

Otro tipo de sensor utilizado para descubrir el comienzo de un incendio es el llamado *detector térmico de incendio*. Consisten en medidores de temperatura de reducida inercia térmica, y que además cuentan con sistemas para medir la velocidad del aumento de temperatura en el ambiente controlado. En la Fig. 8 se han representado las condiciones de operación de estos detectores, basados en las especificaciones de la Comunidad Europea CEN [6].

El sistema electrónico vinculado con el sensor de temperatura registra la *velocidad de crecimiento de temperatura en el ambiente*. Por ejemplo, si la velocidad registrada es de 3 °C por minuto, al llegar la temperatura ambiente a los 48 °C se prepara la iniciación de la alarma (prealarma) y al llegar a los 62 °C se completa la

información y se da la alarma de incendio y operar los sistemas de autoextinción. Si el crecimiento de la temperatura hubiese sido muy lento, por ejemplo de $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ por minuto, la prealarma se hubiese producido a los 26 minutos y la alarma a los 37 minutos.

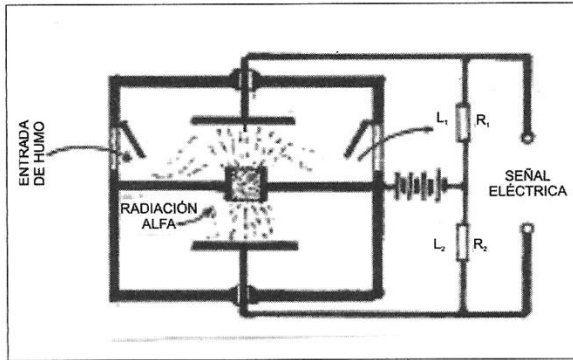


Fig. 5. Detector de radiación

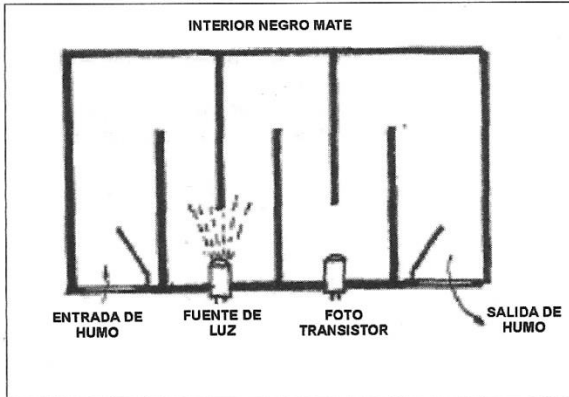


Fig. 6. Detector óptico

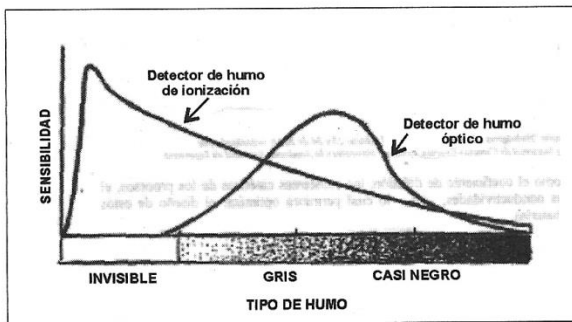


Fig. 7. Sensibilidad comparada de detectores de incendio.

Medios de contención de incendios

Es muy conveniente incorporar a los edificios medios que puedan detener el desarrollo de un incendio como así también proveer de medios para bloquear y limitar su propagación en el caso en que acontezca el siniestro. Se van a describir brevemente algunos de tales medios.

Barreras de incendio y barreras de humo

Entre los sistemas pasivos de control pueden mencionarse las **barreras de incendio** y las barreras de humo. Las barreras de incendio son portones corredizos que cierran automáticamente los ambientes en los que se ha iniciado incendio, para evitar que el mismo se propague a otros locales. Al hacer el proyecto del edificio es también conveniente prever corredores de salida protegidos por muros que puedan resistir los efectos del incendio, por lo menos durante el tiempo necesario para que pueda efectuarse para la evacuación.

Es posible mejorar las condiciones de evacuación de estos corredores inyectando en los mismos un caudal de aire sometido a una presión superior a la existente en el edificio. Esta "presión positiva" disminuye la probabilidad de que penetren en los caminos de evacuación los gases y humos producidos por el incendio

Aunque las barreras de humo podrían hacerse accionar automáticamente ante las señales de los detectores de incendio, el sistema debe estar elaborado con las precauciones necesarias para no dejar encerradas a personas que puedan estar presentes en el ambiente en el que se está generando el incendio. Además de las alarmas acústicas es conveniente difundir por los sistemas de sonido instrucciones pregrabadas que deban seguir quienes estén presentes en el edificio.

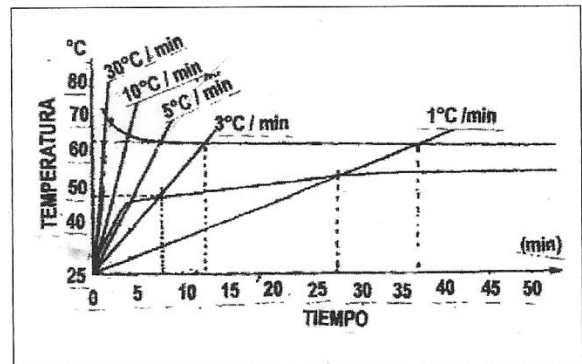


Fig. 8. Detección de incendio basado en la velocidad de crecimiento de la temperatura en el ambiente.

Extinción automática de incendio

Se ha señalado que en el período de iniciación de un incendio existe mayor posibilidad de sofocarlo por medios automáticos. También se hizo mención del uso de los eyectores de agua ("sprinklers") colocados en los cielorrasos o de eyectores de fluidos ignífugos (anhídrido carbónico, halones, etc.)

Los eyectores se activan automáticamente cuando los detectores de incendio dan las señales de alarma pertinentes. Como se ha dicho anteriormente, la señales de alarma también se utilizan para alertar del siniestro a las personas que estén en el edificio y para la realización de comunicaciones telefónicas automáticas a la central local de bomberos y si el edificio pertenece a una empresa determinada, a sus autoridades.

En la Fig. 9 se ha representado un sistema de extinción automática de incendio en el que se utiliza un gas extintor de incendio, por ejemplo, anhídrido carbónico. La ventaja del uso de gases extintores en lugar del agua, particularmente durante el comienzo del incendio, es que no deterioran objetos e instalaciones como lo suele hacer el agua. Además, los gases utilizados para sofocar incendios tienen una conductibilidad eléctrica prácticamente nula, por lo que pueden utilizarse en lugares en que la instalación eléctrica está activa.

El sistema posee tres líneas de información. La primera cuenta con un sensor de incendio y tiene por finalidad informar a la *Unidad Central* que se ha iniciado un incendio en el local que posee el sensor. La siguiente línea informa si el tanque de gas ignífugo tiene la presión necesaria para intentar extinguir el incendio y la tercera línea permite recibir la instrucción de la Unidad Central para que, por medio de un actuador, se abra la válvula de salida del gas extintor. Obsérvese que el sistema informa además a Unidad Central que el sistema puede funcionar porque ha recibido información sobre la presión del gas del extintor.

Como la instalación permite activar el extintor que está localizado en el local donde hubo alarma de incendio, si existiesen n locales, se necesitarían $3 \times n$ líneas de información. Utilizando un sistema de multiplexación *en el tiempo* (ver el tema en la página 20), es posible con solamente tres líneas servir la totalidad de los n locales. Debe hacerse notar que todas las líneas manejan señales binarias.

El detector de incendio señala si hay o no hay incendio, el del depósito de gas comunica si hay presión suficiente o si no la hay y la señal al actuador de la válvula del depósito de gas debe

indicar dar la señal de mantenerse cerrada o debe abrirse.

Si el depósito de gas de extinción hubiese perdido el gas, al recibir la *unidad central de control* dicha información, además de que se inició un incendio en el local, activará las alarmas y efectuará las comunicaciones necesarias para advertir que el sistema automático de autoextinción no puede actuar.

Detectores de barrera invisible

Los sensores de incendio descriptos anteriormente generalmente se colocan en el cielorraso del local a ser monitoreado, y cubren un área de unos 30 m², lo cual es suficiente para satisfacer las necesidades de la mayoría de las habitaciones de una vivienda. Sin embargo, cuando se trata de un local muy grande, como puede ser el de un supermercado, la cantidad de detectores requeridos sería también grande y su instalación resultaría muy compleja. En esos casos es adecuado el uso de las llamadas *barreras invisibles*. En la Fig 10 se presenta una de las formas de realizar tales barreras. Se trata de un detector óptico en el que una unidad generadora de luz infrarroja muy bien colimada, emite un rayo que es captado por la unidad detectora.

La presencia del humo generado en el incendio hace que el haz luminoso sea interceptado y se genere la señal de alarma correspondiente.

Cuando el sistema está correctamente instalado y calibrado, se puede cubrir un distancia que sobrepasa los 100 metros, y en la dirección perpendicular al haz se cubre en total unos 18 metros, lo que significa que cada barrera monitorea una superficie de 1.800 m², es decir, un área mayor de 20 veces de la que cubre un detector común de cielorraso.

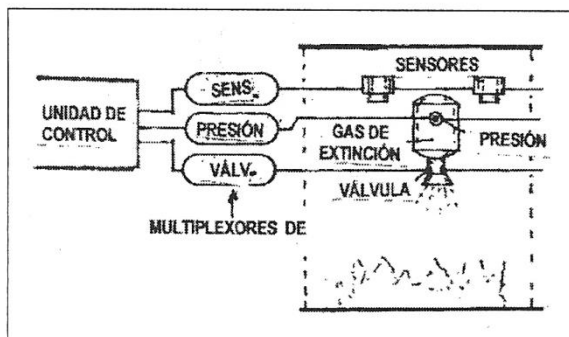


Fig. 9. Sistema de extinción automática de incendio.

Ambientes con aire que contiene partículas en suspensión.

Cuando los ambientes corresponden a la categoría que se denominan **sucios**, por ejemplo, en aserraderos, en lugares en los que se hace molienda de agregados para la construcción, etc. el fino polvo en suspensión en la atmósfera perturba el funcionamiento de la mayoría de los detectores ópticos de incendio. En efecto, los detectores actúan sobre la base de la interceptación o reflexión de luz visible o infrarroja, y la presencia de las partículas de suciedad no permite diferenciar la presencia de humo de incendio de las partículas de suciedad. Como generalmente el tamaño de las partículas de humo es bastante menor que el del polvo en suspensión de aquellos ambientes, es posible hacer un filtrado previo del aire ambiente para poder utilizar un detector convencional.

En la Fig. 11 de la página siguiente se presenta una forma de tales detectores. Puede observarse que para realizar el filtrado del aire y exposición al detector, es necesario contar con un sistema de *succión*, para lo cual se puede utilizar una pequeña bomba mecánica de vacío que se acopla al tubo indicado "entrada de aire y humo". El detector utilizado suele ser del tipo óptico, como el descrito en la figura 12.

6. Instalaciones para detección temprana de incendio

La detección temprana de incendio requiere que además de usarse detectores muy sensibles, las muestras del ambiente en donde comienza a iniciarse el humo sean tomadas lo más rápidamente como sea posible.

Con esa finalidad se utiliza también una bomba de succión para acelerar la toma de las muestras de aire, como la utilizada en el detector de la Fig. 11. Esto reduce el tiempo de llegada del humo a los detectores, en comparación con la simple difusión.

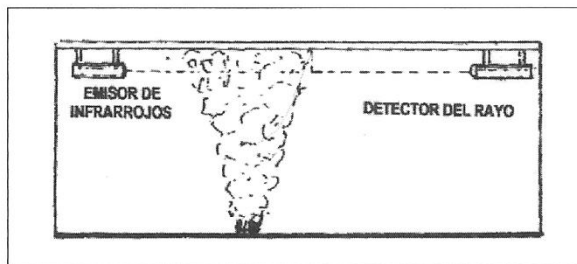


Fig. 10. Barrera invisible para detectar incendio.

El sistema utilizado se diferencia del aplicado a los ambientes con partículas en suspensión en dos aspectos: a) No se utiliza filtro de aire y b) Se provee de un detector de ionización y un detector óptico, con lo que se cubre todo el espectro de humos.

6. Los detectores de intrusión

Los detectores de intrusión tienen por finalidad descubrir, en los edificios, la presencia de personas en zonas no autorizadas. Dentro de lo posible es conveniente descubrir la presencia de intrusos antes de que hayan incursionado en el interior del edificio. En tales casos los sistemas reciben el nombre de **detectores de intrusión externa**. Estos sistemas son de fácil aplicación cuando la arquitectura del edificio así lo permita, por ejemplo, cuando rodean jardines al edificio. Cuando el intruso trata de penetrar furtivamente en el edificio mismo, se dice que hay *intrusión interior*, y los detectores adecuados para descubrir tal acción se designan con el nombre de **detectores de intrusión interna**.

En algunos casos se trata de detectar la presencia de personas que hayan sorteado la acción de detectores externos e internos y ya se encuentran en el interior del edificio. Para ello se utilizan los llamados *detectores volumétricos de intrusión*, aunque por la naturaleza de los mismos es más adecuado llamarlos **detectores de movimiento**, ya que es el movimiento del intruso lo que permite la detección.

Se van a considerar dos tipos de detectores de intrusión: externa, también llamados *detectores perimetrales*. Son los **detectores de barrera invisible** y los **detectores enterrados**.

Detectores de barrera invisible

La Fig. 13 representa esquemáticamente un sistema detector de intrusión externa en el que se han instalado cuatro generadores de

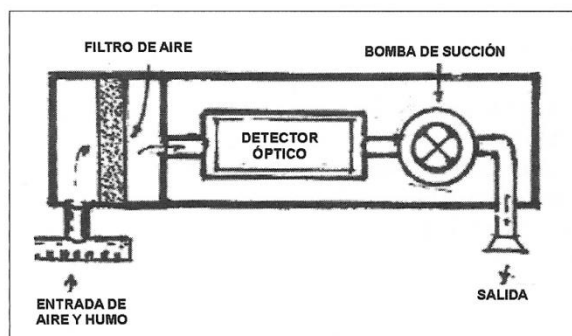


Fig. 11. Detector de incendio para ambientes con partículas en suspensión.

microondas, con sus correspondientes receptores, formando las cuatro barreras perimetrales de detección. El equipo de microondas genera una frecuencia sumamente elevada, del orden de los 30 GHz que corresponde a una longitud de onda de un centímetro, por lo que es posible generar un haz muy estrecho con un reflector parabólico de 15 cm de diámetro. Esto permite lograr que con una potencia de unas pocas decenas de miliwatts se puedan cubrir distancias del orden de los cien metros.

Como los receptores utilizados son muy selectivos es poco probable que señales espurias puedan producir falsas alarmas debido a interferencias. Por otra parte, las potencias utilizadas son tan reducidas que el sistema puede operarse con baterías eléctricas recargables.

Con una configuración similar a la de la Fig. 13 puede realizarse un **detector de intrusión externo de rayos infrarrojos**. Para ello se utilizan diodos emisores de luz infrarroja como transmisores y fototransistores sensibles al infrarrojo como detectores. Se aumenta la seguridad del sistema modulando el generador con un código determinado para evitar que se pueda anular la acción detectora de intrusión, utilizando una fuente de rayos infrarrojos portátil, que al iluminar el fototransistor del receptor se pueda cortar la barrera sin producir alarmas.

Detectores de intrusión enterrados

Otro sistema utiliza como medio de detección el aumento de presión que se produce al caminar sobre la superficie del terreno en el líquido contenido en tubos elásticos enterrados a una profundidad de 25 a 30 centímetros.

En la parte inferior de la Fig. 14 se indica la configuración del sistema. En el centro del sistema se encuentran los *sensores* que transforman los pulsos de presión producidos al caminar en señales eléctricas que convenientemente amplificadas accionarán los sistemas de alarma y la localización de la zona de intrusión. Por otra parte, cada circuito tubular posee una válvula de compensación de presión para corregir las varia-

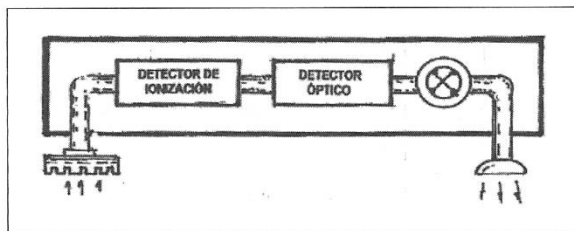


Fig. 12. Sistema para la detección temprana de incendio.

ciones lentas que puedan producirse, por ejemplo, por variaciones de temperatura.

La cobertura de cada bucle de conductos puede alcanzar hasta una extensión de cien metros. La máxima sensibilidad se logra si los conductos de enterran en zonas próximas a los cercos, por cuanto en intruso se ve en la necesidad de saltar el cerco y con ello crece el pulso de presión. Si el edificio está totalmente circundado de jardines la intrusión puede realizarse por cualquiera de los cercos perimetrales, es necesario proveer de los conductos enterrados de detección en todos ellos.

Detectores de intrusión interna

Para detectar intrusión interna se suelen utilizar las *barreras de rayos infrarrojos* y los *detectores de movimiento*. Los **detectores de rayos infrarrojos** son similares a los descritos en la página 22, pero como las distancias a cubrir son mucho menores los generadores de rayos infrarrojos utilizados son de potencia mucho menor y no requieren reflectores parabólicos. Se emplean para cubrir vanos de puertas y ventanas hasta distancias de seis a ocho metros.

El rayo cubre la parte inferior del vano de la puerta, del portón o de la ventana y como es infrarrojo, no es visible. Mientras el fototransistor esté iluminado el sistema está en posición de alerta. Si se cruza la barrera, al cortarse el haz el fototransistor pasa a la condición de "corte" (de corriente), lo que da lugar a que el sistema arranque las alarmas acústicas y luminosas y los llamados telefónicos automáticos ya programados.

Detectores de movimiento

Estos detectores se utilizan para descubrir la presencia de intrusos en el edificio, o la intención de penetrar en él. Existen dos tipos básicos de detectores de movimiento: los *detectores de efecto Doppler* y los *Sensores de Rayos Infrarrojos Pasivos*.

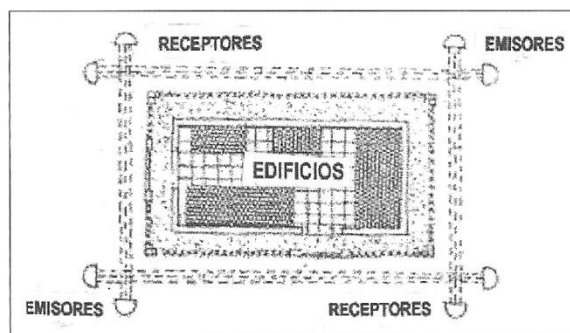


Fig. 13. Barreras de microondas.

Detectores de Efecto Doppler

El detector de movimiento de **Efecto Doppler de Ultrasonidos** utiliza como principio el cambio de frecuencia que sufre una onda ultrasónica al reflejarse sobre un cuerpo en movimiento. Una configuración típica de este detector consiste en un generador ultrasónico de unos 40 kHz de frecuencia y una potencia de algunas decenas de miliwatts, que irradian el ultrasonido que cubre todo el volumen de un ambiente. El mismo aparato que tiene el generador posee un receptor de ultrasonidos que capta las ondas reflejadas por las superficies que limitan el recinto y por los objetos contenidos en él.

Si no hay ningún objeto o persona en movimiento dentro del ámbito, los ultrasonidos reflejados tienen la misma frecuencia que la que proporciona el generador. Pero si las ondas son reflejadas por algún objeto, persona o animal en movimiento, debido al efecto Doppler la frecuencia de la onda reflejada será distinta de la del generador, mayor o menor, según sea la dirección del movimiento. La comparación de ambas frecuencias, la generada y la reflejada, permite detectar si en un local determinado está presente una persona o algún objeto en movimiento.

También ha sido aplicado el efecto Doppler para detectar movimiento utilizando microondas, tales como son los radares utilizados por la *Dirección de Tránsito* para controlar la velocidad de los automóviles. Se han desarrollado generadores de microonda de muy baja potencia - inferior a los 10 miliwatts, con frecuencia del orden de los 10 Gigahertz que no solamente permiten detectar el movimiento sino que también evalúan la velocidad del objeto.

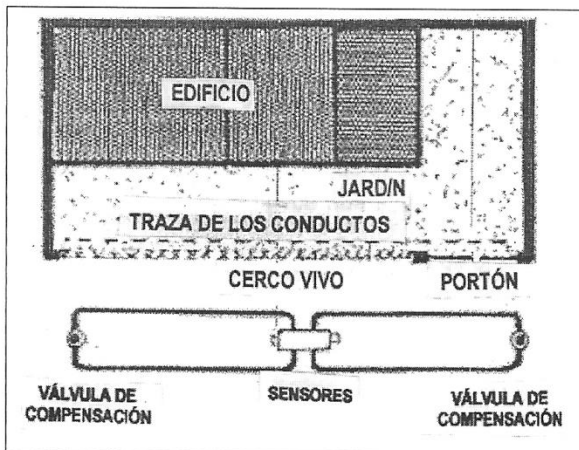


Fig. 14. Detector de incursión externa enterrado

Los equipos utilizados como detectores de intrusión son de una potencia tan reducida que pueden ser alimentados con baterías recargables, y ocupan un volumen de unos pocos decímetros cúbicos. La ventaja de poder ser alimentados con baterías de acumuladores resulta de que mantienen la vigilancia aun en el caso que los intrusos corten la entrada de alimentación eléctrica. La sensibilidad permite detectar personas en movimiento hasta una distancia de unos diez metros, moviéndose a una velocidad de solamente 30 a 40 centímetros por segundo.

Sensores de rayos infrarrojos pasivos

Los sensores de rayos infrarrojos pasivos son también sensores de movimiento, pero a diferencia de los descritos en el párrafo anterior, lo que se detecta es **la radiación infrarroja emitida por el cuerpo humano**. Esto significa que no hay una "iluminación" del espacio a ser vigilado con una fuente productora de rayos infrarrojos, sino que la fuente misma es el intruso que penetra en el recinto, **y que en algún instante se mueve**.

Es importante la última condición expresada por cuanto ello evita falsas alarmas que podrían producirse. Por ejemplo, una cañería de agua caliente, aunque esté dentro de una pared, puede producir una radiación infrarroja que un sensor sensible lo detectaría, dando una falsa alarma.

Estos sensores son de estructura relativamente simple cuando se aplican en el interior de los edificios. Para ser utilizados en el exterior de los edificios la situación es muy diferente, porque hay fuentes móviles de radiación, por ejemplo automóviles, que no permitiría diferenciar la señal producida por la existencia de una intrusión.

El principio de funcionamiento de estos detectores es el siguiente. Un sistema óptico compuesto por una multiplicidad de lentes lleva las imágenes a la lente de entrada de un sensor de rayos infrarrojos. Dicho sensor, del tipo denominado **piroeléctrico**, y que en el párrafo siguiente se describe detalladamente, proporciona una señal eléctrica en forma de dos pulsos sucesivos y de distinta polaridad, cuando la imagen que incide sobre el sensor está en movimiento. El sensor piroeléctrico está integrado en una misma cápsula con un transistor del tipo MOS, y la débil señal eléctrica que se obtiene a la salida del MOS es amplificada como para poder accionar los sistemas de alarma.

La Fig.15 ilustra un sensor de infrarrojos pasivo que además de cubrir un ángulo horizontal mayor de 90° cubre totalmente el ángulo de

altura de una habitación, de manera que si se lo instala en un ángulo de una habitación, a una altura de unos dos metros y con una inclinación adecuada, puede cubrirse gran parte del volumen de la habitación que requiera vigilancia de movimientos. En la misma figura se muestra el grupo de lentes que utiliza el sistema. Puede observarse que consta de 17 lentes distribuidos en tres filas: Una de nueve lentes, una de seis y una de dos lentes.

Como la distancia entre las lentes y el sensor piroeléctrico es reducida (en el detector de la figura es de 35 mm), se requiere que las lentes sean de gran convergencia que se logra con unas 30 dioptrías, lo que llevaría a la necesidad de tener que usar lentes de mucho espesor. Para poder cumplir económicamente este requerimiento, se realizan las lentes con los principios de las *lentes de Fresnel*.

Es así que en el detector de la Fig. 15 el conjunto de lentes está realizado sobre una lámina de material plástico cuyo espesor es del orden de los dos milímetros. Esta forma constructiva además de reducir el costo del sistema de lentes, permite que la lámina de plástico pueda ser curvada para poder ajustar el ángulo de cobertura del sensor a las necesidades de un enfoque adecuado sobre los sensores de infrarrojos del detector..

Los sensores piroelectricos

Los sensores de *rayos infrarrojos pasivos* aplicados para la detección de intrusión suelen utilizar detectores que aplican el **efecto piroeléctrico** de ciertos materiales. El efecto piroeléctrico se manifiesta por la aparición de cargas eléctricas en ciertas sustancias, cuando se incide una radiación infrarroja sobre ellas. Si se recubren ambas caras del materia con electrodos conductores, como si se tratase de un capacitor, las cargas eléctricas darían lugar a la aparición de un potencial eléctrico sobre dichos electrodos.

El efecto piroeléctrico fue descubierto en la *turmalina* (borosilicato de aluminio). En la actualidad se han desarrollado otros materiales más adecuados para ser utilizados en dispositivos electrónicos. Por ejemplo, los detectores piroeléctricos desarrollados por una empresa importante en la manufactura de componentes electrónicos utiliza el aminoácido *L alanina*, activado con *sulfato de triglicina*. Debe tenerse en cuenta que para el caso de los detectores de intrusión, se utiliza la señal eléctrica proporcionada por el *sensor piroeléctrico* y generada por la radiación infrarroja que emite el cuerpo humano, la cual es canalizada ópticamente sobre el sensor.



Fig. 15. Detector pasivo de movimiento.

Debido a la temperatura relativamente baja del cuerpo humano, la potencia de radiación infrarroja que incide en el detector es muy pequeña por lo que la señal eléctrica proporcionada por el detector es también baja. Para disminuir la influencia del ruido eléctrico es conveniente realizar el detector integrado con su preamplificador, utilizando un transistor MOS, como se ilustra en la Fig. 16.

Los detectores de intrusión que emplean sensores piroeléctricos actúan sobre la base del movimientos del intruso. Por otra parte, es necesario tener en cuenta que el circuito equivalente eléctrico del detector es el de un capacitor constituido por dos electrodos y como dieléctrico: el material piroeléctrico. En derivación con los electrodos debe considerarse que existe una resistencia eléctrica, que representa las pérdidas del dieléctrico, por cuanto su aislación no es absoluta.

Como consecuencia de que el material utilizado como detector piroeléctrico tiene una alta resistividad, la *constante de tiempo* que corresponde al sistema capacidad-resistencia es relativamente alta en comparación con los tiempos involucrados en el movimiento del intruso. Por este motivo el detector piroeléctrico se comporta como un sistema integrador eléctrico frente a la incidencia de pulsos de energía infrarroja.

En los detectores de intrusión lo que interesa es detectar el movimiento del intruso, por lo que debe esperarse que la señal eléctrica será del tipo pulsante.

Se puede aumentar mucho la sensibilidad el detector utilizando dos sensores piroeléctricos conectados en serie y con polaridad opuesta y actuando sobre una resistencia de carga única, con lo que se logra que la señal eléctrica resulte bipolar.

Con el fin de formarse una idea de los tamaños y características de los detectores piroeléctricos comerciales, se describirá una unidad

caracterizada por su modelo, que es el **Detector Piroeléctrico Tipo RPY 93**.

El detector está contenido en un encapsulado del tipo TO-5 de 9 mm de diámetro y 5 mm de espesor. La ventana posee un recubrimiento óptico con el fin de restringir la respuesta a radiaciones de longitud de onda mayor de 6,5 micrones. Sus características eléctricas y espectrales, y las dimensiones de los elementos sensibles son las siguientes:

Respuesta espectral	6,5 a 14 micrones
Sensibilidad a una señal de 10 micrones	0,8 Vol./miliwatt
Ruido de fondo equivalente	$1,4 \times 10^{-9} \text{ W/Hz}^{0,5}$
Dimensiones de cada elemento	2 x 0,75 mm
Separación entre elementos	0,5 mm
Campo de visión	120 grados
Tensión de operación	9 V
Rango de frecuencias óptimo de operación	0,1 a 1000 Hz

7. Circuito cerrado de televisión

En la Fig. 1 de la pág. 16 se presenta una cámara de video en el bloque denominado *Control de Accesos*. Además del control de accesos, la observación por cámara de video puede aplicarse también a otras funciones de control como pueden ser la *observación tanto del movimiento de personal y visitas como de lugares críticos donde existan otros tipos de sensores y también la observación por cámaras ocultas en ascensores, pasillos, etc.* Los **CCD** que se utilizan en las cámaras de toma comunes contienen entre 300.000 y 500.000 elementos, cada uno de los cuales se denomina **pixel**. El tamaño de los CCD depende de la lente utilizada, pero la dimensión lineal puede ser de 8 mm a 24 mm.

El sistema óptico o **lente** de la cámara es similar a los **objetivos** de las cámaras fotográficas, caracterizados por su distancia focal y la apertura numérica. Según sea la distancia focal se las clasifica como lentes normales, gran angulares y teleobjetivos, cuya cobertura angular vertical es de 30° 54° y 5 grados respectivamente. Además de las lentes referidas, en las cámaras de TV también se suele utilizar, como en las cámaras fotográficas, los objetivos de distancia focal variable denominados **zoom**. El cambio de distancia focal, y en consecuencia el ángulo de cobertura puede hacerse manualmente o utilizando servomecanismos electrónicos, en cuyo caso es posible hacer el comando a distancia.

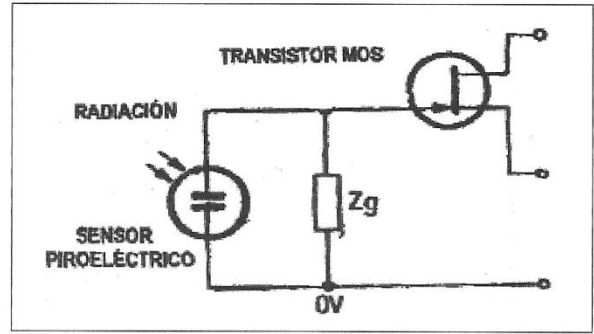


Fig. 16. Sensor piroeléctrico integrado con el preamplificador.

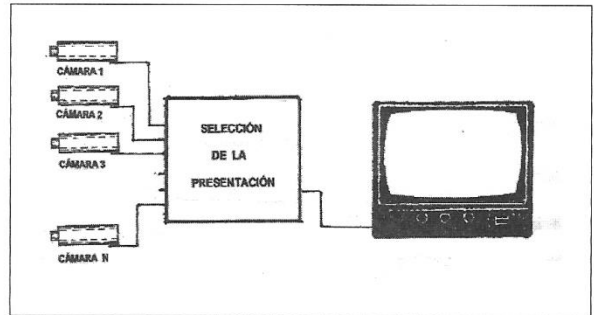


Fig. 17. Instalación para observar las imágenes de una multiplicidad de cámaras.

Los objetivos suelen tener también un diafragma regulable, que para el caso de las cámaras de TV recibe el nombre de **iris** por la similitud de su acción con la del iris humano, que permite regular el flujo luminoso que pasa por la lente.

Especificaciones de las cámaras de televisión

Como es muy grande la disponibilidad de cámaras en el mercado, es conveniente analizar los diferentes atributos que permiten identificar al tipo más conveniente para satisfacer los requisitos necesarios para cumplir una función determinada.

En los casos en que sea necesario observar imágenes en condiciones de muy bajo grado de iluminación, puede recurrirse a los **intensificadores de imagen** con los que se llegan a una sensibilidad de 10^{-4} lux para una señal de 1 V de cresta

Pantallas o monitores para Circuito Cerrado de Televisión (CCT)

Anteriormente se señaló que las pantallas para CCT son similares a las utilizadas en los

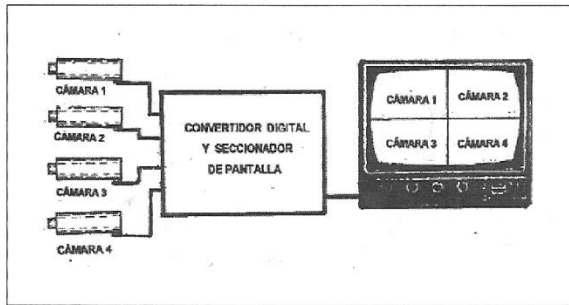


Fig. 18. Presentación de imágenes múltiples.

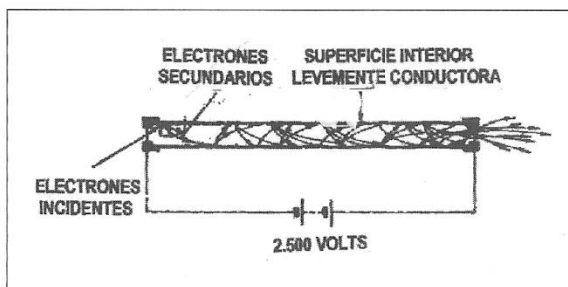


Fig. 19. Canal de multiplicación de electrones.

televisores, ya sean monocromáticas o de colores. Según sea la distancia de observación, se utilizan pantallas de 9 a 21 pulgadas de diagonal, cubriendo un rango de uno a seis metros.

Los monitores se alojan en gabinetes adecuados para ser utilizados en diversas instalaciones. Existe una gran variedad de gabinetes según que vayan a ser montados en *racks*, alojados en mesas o repisas, en ambientes interiores o exteriores, etc. Sin embargo, es usual que casi todos ellos posean, además de los conectores necesarios para el circuito cerrado de televisión, conectores adicionales que permitan vinculación con otros monitores.

Las señales eléctricas de televisión son de frecuencia relativamente alta, del orden de algunos MHz, por lo que la conexión de las cámaras a los monitores u otros aparatos conviene realizarla con cables coaxiales. Las características de los cables suelen estar normalizadas y un código alfanumérico permite clasificarlos con facilidad.

Videograbadores

En el sistema de circuito cerrado de televisión, además de la observación de los eventos en tiempo real surge la necesidad de contar con equipos capaces de grabar las imágenes que captan las cámaras, para poder analizar detenidamente los acontecimientos ocurridos, o poder apreciar aquellos hechos que no pueden ser ob-

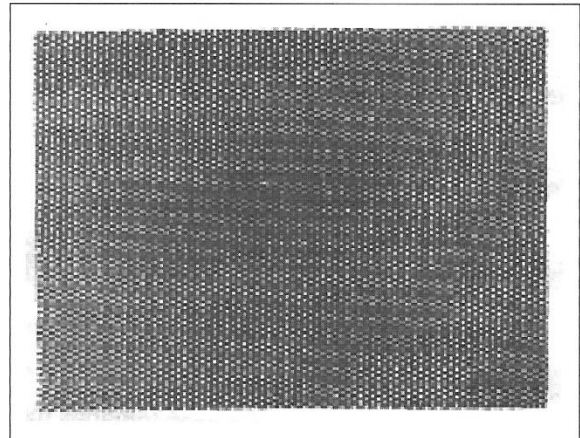


Fig. 20. Placa de canales ampliada 15 veces.

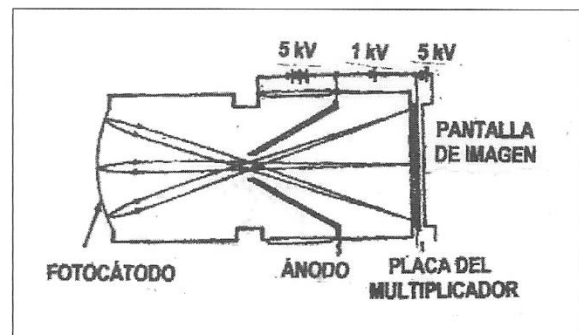


Fig. 21. Intensificador de imágenes con placas de canales multiplicadores.

servados directamente en el monitor. Estas grabadoras cuentan en todos los casos con registros de fecha y hora, minutos y segundos para ubicar el evento a observar en el momento ocurrido.

Por otra parte, para obtener imágenes correspondientes a largos intervalos de tiempo se utilizan los llamados en inglés *Time lapse recorders* (*Grabadores de intervalos de tiempo*) que permiten fraccionar la secuencia de imágenes y registrar algo así como imágenes fotográficas espaciadas en el tiempo. Como las grabaciones se realizan con una secuencia de 25 imágenes por segundo, cada cuadro, o sea cada imagen completa tarda un veinticinavo de segundo. Con el fin de extender el período de grabación se puede fraccionar la grabación de manera que se registren solamente algunos cuantos cuadros y se deje transcurrir un lapso antes de hacer un nuevo registro.

Con estos dispositivos se logra que un grabador con una cinta que normalmente registra hasta tres horas de grabación (cassette Tipo E180), pueda llegar a grabar eventos que se de-

sarrollan durante uno o varios días. **Por ejemplo, si se graban tres cuadros y se deja pasar un intervalo de dos segundos antes de grabar los tres cuadros siguientes, la cinta de grabación permitirá registrar, aunque sea en forma fraccionada, los eventos ocurridos durante más de dos días de observación.** En estos casos la reproducción no es una grabación completa de lo acontecido, sino con saltos, pero los intervalos de supresión de imágenes son tan cortos que prácticamente no se pierde información alguna.

Observación con una multiplicidad de cámaras

La forma de observación descripta hasta ahora es la más elemental, pero con frecuencia se necesita poder observar, en una misma pantalla, una pluralidad de eventos que ocurran en distintos lugares del edificio simultáneamente.

Para cumplir con esta finalidad se provee de un tablero de selección de la presentación. Quien está observando la pantalla puede seleccionar una de dos formas de presentación. En la primera forma, operando con el tablero, elige la cámara cuya imagen desea observar, y también el tiempo de observación. En la segunda forma, el *Selector de la Presentación* muestra sucesivamente las imágenes captadas por las diversas cámaras, presentación que se mantiene durante un lapso elegido por el observador.

En la Fig. 17 se ilustra la forma en que en una sola pantalla puedan observarse las imágenes tomadas por una pluralidad de cámaras. Sin embargo, para los casos en que se produzca una situación de emergencia como ser un incendio o una intrusión, el sistema tiene la característica de interrumpir cualquiera de los dos sistemas de observación referidos presentando la imagen de emergencia.

Observación en pantalla dividida

Cuando se requiere poder observar simultáneamente las imágenes captadas por varias cámaras es posible utilizar el sistema presentado en la Fig. 18, en el que una unidad convertidora digital y seccionador de pantalla permite presentar simultáneamente las imágenes proporcionadas por varias cámaras.

En el ejemplo presentado en la figura son cuatro las imágenes que se presentan simultáneamente en la pantalla, pero es posible realizar diversas formas de división, dependiendo del número de imágenes que se desea presentar simultáneamente.

Referencias

- [1] P. Angel, P. Domótica y Espacios. Cotidianos. Presidencia de la Nación. Secretaría de Ciencia y Tecnologías. Buenos Aires. 1993
- [2] Ballester, A. Integración de Sistemas. Conferencia pronunciada en la *Asociación de Ingenieros Industriales de Madrid, el 22 de marzo de 1990*.
- [3] Consejo Federal de Inversiones, Boletín N° 24. *Edificios Inteligentes para Neuquén*. Buenos Aires. 1994.
- [4] Control Systems International. System 7000. Dallas, U.S.A., November 1991
- [5] Cross, T. B. Thomas Information Co. *What makes a Building intelligent?* Data Communications. U.S.A. March 1986.
- [6] Data Consist S.p.A. *La soluzione Data Consist per "Intelligent Buildings" destinato al terziario*. Segrate, Milano, Italia. Enero de 1990
- [7] Guest, A. J. Mullard Research Laboratories, *Channel multipliers for image intensification*. Mullard Technical Communications,
- [8] Johnson Controls Inc, *The Intelligent Building Source Book*, The Fairmont Press Inc., Georgia, U.S.A. 1988
- [9] Madron, T. W., *Local Area Networks*, John Wiley & Sons., New York, 1988
- [10] Medina, S. Helms, J. F. *Designing Intelligence into buildings*, Data Communications, September, 1985
- [11] Philips, Electronic Components and Materials, *Lens coupled intensifiers unit for low light-level CCTV cameras*. Eindhoven, Netherlands. September 7, 1981.
- [12] Philips Technical Information. N° 033, *Image intensifiers*. The Yale Press Ltd. London, England, September 1977.
- [13] Eschard G. Polaert R. *The production of electron multiplier channel plates* pp.252 - 255 .Philips Technical Review Vol 30, 1969, N° 8/9/10 Eindhoven, Netherlands.

Manuscrito recibido el 12 de noviembre de 2007.
Aceptado el 20 de diciembre de 2007.