



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica

TECNOLOGÍA PARA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS

Victor Hugo Gómez Velásquez

Asesorado por el Ing. José Luis Contreras González

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERÍA

TECNOLOGÍA PARA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS

TRABAJO DE GRADUACIÓN

PRESENTADO A LA JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE INGENIERÍA
POR

VICTOR HUGO GÓMEZ VELÁSQUEZ

ASESORADO POR EL INGENIERO JOSÉ LUIS CONTRERAS GONZÁLEZ

AL CONFERÍRSELE EL TÍTULO DE

INGENIERO ELECTRICISTA

GUATEMALA, AGOSTO DE 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

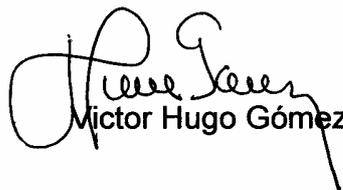
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Armando Gálvez Castillo
EXAMINADOR	Ing. Manuel Fernando Morales Mazariegos
EXAMINADOR	Ing. Marvin Marino Hernández Fernández
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

TECNOLOGÍA PARA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS,

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, el 31 de julio de 2007.


Víctor Hugo Gómez Velásquez

José Luis Contreras G.

Guatemala, 14 de junio de 2008

Ing. Otto Andrino
Coordinador Área Electrotecnia
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería, USAC

Estimado Ing. Andrino.

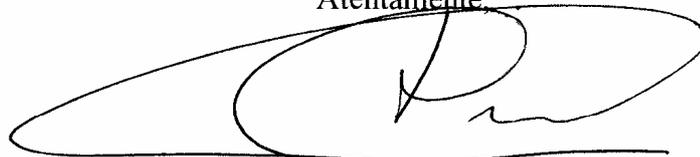
Me es grato dirigirme a usted, para informarle que he revisado el trabajo de graduación titulado: **TECNOLOGIA PARA AUTOMATIZACION DE EDIFICIOS**, presentado por el estudiante Victor Hugo Gómez Velásquez, previo a optar al título de Ingeniero Electricista.

En tal sentido me permito notificarle que encuentro satisfactorio el trabajo realizado y lo remito a usted, para los tramites pertinentes para su aprobación.

Finalmente, debo comunicarle que el desarrollo del trabajo y las conclusiones, son responsabilidad del autor.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente

A large, stylized handwritten signature in black ink, consisting of several loops and a long horizontal stroke at the bottom.

Ing. José Luis Contreras González
Ingeniero Electricista

Archivo/



Guatemala, 22 de julio 2008.

FACULTAD DE INGENIERIA

Señor Director
Ing. Mario Renato Escobedo Martinez
Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica
Facultad de Ingeniería USAC.

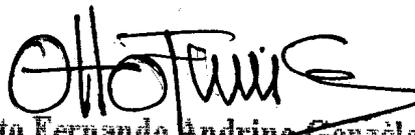
Señor Director:

Me permito dar aprobación al trabajo de Graduación titulado:
TECNOLOGÍA PARA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS, del
estudiante: **Victor Hugo Gómez Velásquez**, por considerar que
cumple con los requisitos establecidos para tal fin.

Sin otro particular, aprovecho la oportunidad para saludarle.

Atentamente,

ID Y ENSEÑAD A TODOS


Ing. Otto Fernando Andriano González
Coordinador Área de Electrotécnica



OFAG/sro

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS
DE GUATEMALA



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, después de conocer el dictamen del Asesor, con el Visto Bueno del Coordinador de Área, al trabajo de Graduación del estudiante: Victor Hugo Gómez Velásquez, titulado: TECNOLOGÍA PARA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS, procede a la autorización del mismo.

Ing. Mario Renato Escobedo Martínez

DIRECTOR



GUATEMALA, 28 DE JULIO 2008.

Universidad de San Carlos
de Guatemala



Facultad de Ingeniería
Decanato

Ref. DTG. 263.2008

El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Eléctrica, al trabajo de graduación titulado: **TECNOLOGÍA PARA AUTOMATIZACIÓN DE EDIFICIOS**, presentado por el estudiante universitario **Víctor Hugo Gómez Velásquez**, autoriza la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

A large, handwritten signature in black ink, enclosed within a hand-drawn oval shape.

Ing. Murphy Olimpo Paiz Recinos
DECANO



Guatemala, agosto de 2008

/gdech

ACTO QUE DEDICO A:

DIOS	Por su amor incondicional.
MIS PADRES	Juventino Gómez y Delfina Velásquez, por sus sabios consejos, que han guiado mi vida.
MI ESPOSA	Ana, con todo mi amor, por su apoyo y paciencia.
MIS HIJOS	Lourdes, Sofía y bebe, por ser la fuente de mi esfuerzo y dedicación.
MIS HERMANOS	Brenda, Juventino, Claudia y Jorge, por su apoyo en los momentos difíciles.
MI FAMILIA	Con cariño y respeto.
MIS COMPAÑEROS DE ESTUDIO Y AMIGOS	Por todos los momentos vividos a lo largo de este camino.

AGRADECIMIENTOS A:

La Universidad de San Carlos de Guatemala

Facultad de Ingeniería

Escuela de Mecánica eléctrica

Por darme la oportunidad de vivir la experiencia de aprender en sus aulas.

El Ingeniero José Luis Contreras

Por apoyarme en la elaboración de mi trabajo de graduación.

El Ingeniero Edvin Waldemar Sajquim

Por su apoyo y orientación al iniciar mi profesión.

1.7.2.3. ¿Cómo realizarlas?	14
1.7.3. Propiedades de un sistema Inmótico	15
1.7.3.1. Integración de sistemas	15
1.7.3.1.1. Gestión energética	16
1.7.3.1.2. Gestión de confort	16
1.7.3.1.3. Gestión de seguridad	16
1.7.3.1.4. Gestión de comunicaciones	16

2. TECNOLOGÍAS PARA SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

2.1. Clasificación	17
2.1.1. Red de datos	17
2.1.2. Red multimedia	18
2.1.3. Red de seguridad	18
2.1.4. Red Inmótica	18
2.2. Descripción de tecnologías para redes Inmóticas	19
2.2.1. Tecnologías para interconexión de dispositivos	19
2.2.1.1. Interfaz alámbrica <i>USB</i>	19
2.2.1.2. <i>Firewire</i> IEEE 1394	22
2.2.1.3. <i>Bluetooth</i> IEEE 802.15	23
2.2.1.4. <i>Infrared Data Association IrDa</i>	26
2.2.2. Tecnologías para redes de datos	28
2.2.2.1. <i>Homeplug</i>	28
2.2.2.2. <i>Ethernet</i> IEEE 802.3	30
2.2.2.3. <i>Home PNA</i>	32
2.2.2.4. <i>Wifi</i> IEEE 802.11	33
2.2.2.5. <i>Wimax</i> IEEE 802.16	35
2.2.3. Tecnologías sistemas de automatización y control	36

3. ARQUITECTURA DE LAS REDES	
3.1. Clasificación	37
3.1.1. Arquitectura de red distribuida	37
3.1.2. Arquitectura de red centralizada	39
3.1.3. Arquitectura de red descentralizada	41
4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN	
4.1. Definición de protocolo de comunicación	43
4.1.1. Protocolo o sistema abierto	43
4.1.2. Protocolo o sistema propietario	44
4.1.3. Protocolo estándar	44
4.1.3.1. Protocolo de comunicación X10	45
4.1.3.2. Protocolo Estándar EHS	48
4.1.3.3. Protocolo <i>BatiBUS</i>	49
4.1.3.4. Protocolo <i>LonWorks</i>	51
4.1.3.4.1. Red <i>LON</i>	52
4.1.3.4.2. Protocolo <i>Lon Talk®</i>	53
4.1.3.4.3. <i>Neuron chip</i>	54
4.1.3.4.4. Transceptores <i>LONWORKS®</i>	54
4.1.3.4.5. <i>Software</i> de red y aplicaciones	55
4.1.3.5. Protocolo <i>Konnex</i> (KNX)	56
4.1.3.6. Protocolo <i>BACnet</i>	58
4.1.3.7. Protocolo <i>CEBus</i>	59
4.2. Topología de una red de comunicación	61
4.2.1. Configuración en estrella	61
4.2.2. Configuración en anillo	62
4.2.3. Configuración en bus	63

4.2.4. Configuración en árbol	64
4.3. Medios de transmisión	65
4.3.1. Transmisión por corriente portadora	66
4.3.2. Transmisión por cables conductores de cobre	67
4.3.3. Transmisión por cable coaxial	68
4.3.4. Transmisión por fibra óptica	69
4.3.4.1. Fibra monomodo	70
4.3.4.2. Fibra multimodo	70
4.3.5. Transmisión por infrarrojo	71
4.3.6. Transmisión por radio frecuencia	72
5. ELEMENTOS SENSORES Y TRANSMISORES	
5.1. Características y definiciones	75
5.2. Clasificación de sensores	76
5.2.1. Sensores según tipo de alimentación	76
5.2.1.1. Sensor activo	77
5.2.1.2. Sensor pasivo	77
5.2.2. Aplicación de sensores	77
5.2.2.1. Sensores para nivel lumínico	77
5.2.2.2. Sensores para control de climatización	78
5.2.2.3. Sensores para detección de incendio	80
5.2.2.4. Sensores para control de presencia	82
5.2.2.4.1. Sensores lineales	82
5.2.2.4.2. Sensores volumétricos	84
5.2.2.4.3. Sensores perimetrales	86
5.2.2.4.3.1. Sensores sísmicos	87
5.2.2.4.3.2. Sensores para detectar rotura de vidrios	87
5.2.2.4.3.3. Sensores para apertura de puertas	88

5.2.2.4.3.4. Sensores para detectar fugas de gas	88
5.3. Elementos transmisores	88
5.3.1. Interfaz telefónico	89
5.3.2. Mandos a distancia	90
5.3.3. Interruptores	90
6. ELEMENTOS ACTUADORES	
6.1. Actuador electromecánico (motor)	93
6.1.1. Motores de AC.	94
6.1.2. Motores de DC.	94
6.1.3. Motores paso a paso	94
6.2. Actuador electromecánico (electro-válvula)	94
6.2.1. Válvulas de corte	95
6.2.2. Válvulas de control	95
6.3. Actuador acústico (sirena)	95
6.4. Actuador electromecánico (relés y contactores)	95
6.5. Controlador	96
7. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN	
7.1. Áreas a automatizar	99
7.2. Definición de variables	100
7.3. Elección de medio de transmisión	101
7.4. Tipos de conductores	101
7.4.1. Par trenzado UTP	101
7.4.2. Par trenzado STP	101
7.4.3. Fibra óptica	101
7.5. Diagramas y esquemas de control	102

CONCLUSIONES	103
RECOMENDACIONES	105
BIBLIOGRAFÍA	107

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1. Integración de sistemas	15
2. Clasificación de los protocolos IrDa	26
3. Arquitectura de red distribuida	39
4. Arquitectura de red centralizada	40
5. Arquitectura de red descentralizada	42
6. Esquema de un bus <i>LonWorks</i>	56
7. Configuración en estrella	62
8. Configuración en anillo	63
9. Configuración en bus	64
10. Configuración en árbol	65
11. Características del cable coaxial	69

TABLAS

I Familia de transceptores <i>Lonworks</i>	55
II Áreas y variables	97

GLOSARIO

Protocolo TCP/IP

Es un protocolo que proporciona transmisión de paquetes de datos sobre redes. Es la base del *Internet* que sirve para enlazar computadoras sobre redes de área local y área extensa.

Tecnología GSM

(*Global System Mobile*) Tiene como característica el uso de un chip inteligente que contiene toda la información telefónica personal; lo que permite la posibilidad de cambiar de equipo fácilmente.

Lan

Es un sistema de transmisión de datos, que facilita compartir los recursos informáticos en un área geográfica relativamente pequeña.

Firewire

Se denomina al puerto de comunicaciones de alta velocidad. Se trata de una tecnología para la entrada/salida de datos en serie, a alta velocidad, y la conexión de dispositivos digitales.

DIP Switch

Dispositivo que permite seleccionar dos conexiones eléctricas para cambiar alguna configuración.

Cable coaxial	Es un cable eléctrico formado por dos conductores concéntricos, uno central o núcleo, formado por un hilo sólido o trenzado de cobre y uno exterior en forma de tubo o vaina.
ISO	Es un prefijo de afinidad o igualdad. Se origina del griego y significa igualdad.
Modelo OSI	Lineamiento funcional para tareas de comunicaciones, no especifica un estándar. Nace de la necesidad de uniformizar los elementos que participan en la solución del problema de comunicación entre equipos de cómputo de diferentes fabricantes.
Router	Es un dispositivo de <i>hardware</i> para interconexión de red de computadoras. Este dispositivo permite asegurar el enrutamiento de paquetes entre redes, o determinar la ruta que debe tomar el paquete de datos.
Kbps	(<i>Kilobits per second</i>) Medida de velocidad de transmisión. Equivalencia 1 Kbyte = 10 Bytes = 1.024 Bytes.

RESUMEN

En los últimos años, el estudio de la ingeniería eléctrica supone tratar temas tan diversos como: el control de la iluminación de grandes espacios, administración eficiente del consumo energético, suministro de las últimas tecnologías para comunicaciones, integración de sistemas tan diversos como la detección de incendios, sistemas de audio y video, control y acceso, etc.

Para ello, desde hace algunas décadas, en varios países se han ejecutado proyectos que integran todos estos sistemas. Debido a la aparición de diversos fabricantes, se ha dispuesto por entidades internacionales la normalización de protocolos de comunicación, dispositivos de control, etc. El conocimiento de estas nuevas tecnologías de administración y control, se hace necesario e indispensable para la ejecución de nuevos proyectos que requiere este mundo globalizado.

Asimismo, el elevado costo de la energía eléctrica, está empujando a las sociedades a volver la vista a otras formas de energía alternativa, que ayuden a minimizar el impacto económico y ambiental que la actual generación eléctrica está provocando.

OBJETIVOS

GENERAL

Cooperar con la Facultad de Ingeniería, para que los nuevos profesionales en general, tengan las herramientas básicas para el diseño, selección y especificación de los equipos necesarios para automatizar un edificio.

ESPECÍFICOS

1. Conocer los protocolos y productos para el control y automatización de las instalaciones eléctricas.
2. Presentar una alternativa nueva, a las opciones de ejercicio profesional, como integrador de servicios o sistemas.
3. Abrir un nuevo campo de estudio cuya convergencia de aplicación, abarque sistemas de control energético, telecomunicaciones, seguridad, climatización, etc.

INTRODUCCIÓN

El sistema eléctrico puede considerarse la columna vertebral de todo edificio. Sin electricidad no tenemos iluminación, calefacción, climatización, agua potable, elevadores, comunicaciones, seguridad etc.

Un edificio automatizado busca tres grandes objetivos: confort, ahorro de recursos y seguridad. Para esto es necesario que desde el diseño arquitectónico se inmiscuya el ingeniero electricista para prever todos los espacios necesarios para las canalizaciones precisas que brindarán un control y monitoreo eficaz de todos los sistemas.

La automatización requiere que se cuente con capacidad para integrar señales tanto analógicas como digitales, sensores y dispositivos de control, que cumplan con normas y estándares internacionales además de compatibilidad con terceros fabricantes. El cumplimiento de la normativa asegura que los dispositivos interactúen adecuadamente en el entorno de acuerdo a las especificaciones.

Para el administrador del edificio, ofrece un proyecto más atractivo mientras alcanza grandes reducciones en los costos de energía y operación, al evitar iluminar, climatizar zonas desocupadas o fijar rangos o parámetros diferentes a los ambientes o zonas ocupadas.

1. GENERALIDADES Y CONCEPTOS BÁSICOS

La automatización de un edificio plantea argumentos funcionales y técnicos, desde un punto de vista funcional, no sólo qué cuestiones realizar, sino cuándo realizarlas (en el tiempo) y cómo se deben realizar físicamente. Desde un punto de vista técnico, se plantean puntos como la estandarización del sistema y la compatibilidad con dispositivos de otros fabricantes (terceras partes).

Un edificio inteligente tiene tres elementos conceptuales: flexibilidad del edificio, integración de servicios y diseño.

1.1 Flexibilidad del edificio

Es patrimonio casi exclusivo del arquitecto que lo diseña. Se trata de obtener un diseño arquitectónico con capacidad para que en un futuro sea posible incorporar nuevos servicios.

1.2 Integración de servicios

Puede realizarse a dos niveles, es decir, se busca la integración del control, gestión y mantenimiento de todos los sistemas y servicios del edificio, y a la vez, en la medida de lo posible, se pretende una integración de las infraestructuras del cableado (único soporte físico para varias señales de diversos sistemas).

1.3 El diseño

El tercer elemento, el diseño, tiene una alta importancia para que todo lo demás funcione.

A pesar de ser un elemento muy relacionado con la arquitectura, el diseño interior hay que dotarlo de una mezcla de ergonomía y planificación del espacio, con el fin de proporcionar un ambiente confortable en un entorno altamente tecnificado.

1.4 Antecedentes históricos

Los procesos de automatización se remontan al siglo XIX con el inicio del desarrollo industrial. Con el paso de los años y hasta nuestros tiempos, los sistemas han sido perfeccionados, hasta llegar al punto en donde las industrias basan gran parte de sus procesos de producción en tareas automatizadas.

Estados Unidos y Japón en 1977 fueron los pioneros en dar una noción de un edificio o inmueble inteligente. Desde ese año se realizan estudios y análisis sobre el impacto que tiene la automatización en la sociedad y la rentabilidad que se obtiene al implementar esta tecnología.

El concepto de edificios automatizados, se desarrolló en Asia a finales de la década de los 80's, específicamente en Japón, empleando las tecnologías de información, con el objetivo de lograr espacios que proporcionaran un ambiente más confortable, seguro y estimulante, haciendo que estos proyectos se tornaran más competitivos dentro del mercado. La automatización de las tareas del hogar es un tema reciente, actualmente se permite a los usuarios mayor comodidad, ahorro de energía y dinero al momento de desarrollar, implementar y utilizar las tecnologías, diseñadas específicamente para el ambiente doméstico.

1.5 Definiciones

Los términos Domótica e Inmótica se aplican a la ciencia y a los elementos desarrollados por ella, que proporcionan algún nivel de automatización dentro de un recinto. Un concepto tan amplio y ambiguo puede incluir desde simples temporizadores para desactivar o activar la iluminación, hasta sistemas mas complejos que permiten supervisar y controlar ciertas funcionalidades del inmueble de forma remota, mediante el uso de *internet* o telefonía móvil, visualizar a distancia lo que ocurre en su interior o dotar, mediante un programa de *software*, al recinto con la capacidad de tomar decisiones cuando no están sus ocupantes.

1.5.1 ¿Qué es Domótica?

La palabra Domótica es una palabra compuesta por la unión de la palabra *domo* que etimológicamente viene del latín *domus* que significa casa y el sufijo *tica* Hogar. La enciclopedia Larousse define al término Domótica como: “el concepto de vivienda que integra todos los automatismos en materia de seguridad, gestión de la energía, comunicaciones”. Es decir, el objetivo es asegurar al usuario de la vivienda un aumento del confort, de la seguridad, del ahorro energético y de las facilidades de comunicación. Domótica es el término científico, que se utiliza para denominar la parte de la tecnología (electrónica e informática), que integra el control y la supervisión de los elementos existentes en un edificio.

1.5.2 ¿Qué es Inmótica?

Por Inmótica se entiende, la incorporación al equipamiento de instalaciones de edificios y/o viviendas, de sistemas de gestión automatizada, con el objeto de reducir el consumo de energía, aumentar el confort y la seguridad de los mismos.

Bajo este nuevo concepto se define la automatización integral de inmuebles con alta tecnología. El monitoreo de los datos del edificio, posibilita supervisar y controlar confortablemente desde una computadora portátil. La Inmótica integra la Domótica interna dentro de una estructura en red.

Para el administrador y/o propietario del edificio, ofrece un proyecto más atractivo, mientras alcanza reducciones importantes en los costos de energía y operación. Los usuarios del edificio reciben mayor confort y seguridad. Para el personal de mantenimiento mediante la información almacenada y el posterior estudio de tendencias, puede realizar mantenimientos preventivos y predictivos.

La Inmótica brinda la posibilidad de monitorear el funcionamiento general del edificio, los ascensores, el consumo energético, la iluminación y climatización de las aéreas comunes etc. También permite un mayor control de acceso y el seguimiento continuo de quien haya ingresado al edificio.

1.6 Características de los sistemas Domótico e Inmótico

Los edificios construidos con la visión de hacerlos “inteligentes”, han tenido un importante crecimiento en los últimos años y con el paso del tiempo se han diversificado ciertas definiciones que en determinado momento resultan confusas de entender, pero con el desarrollo de nuevas tecnologías, se han llevado a un cierto consenso.

Esta terminología abarca un gran número de conceptos que se utilizan actualmente para referirse a viviendas y edificios, donde se han implementado sistemas Domóticos e Inmóticos respectivamente, tanto en español como en varios de los idiomas donde se ha desarrollado esta tecnología, tales como la casa inteligente (*Smart House*), automatización de viviendas (*Home Automation*), Domótica (*Domotique*), edificios inteligentes (*Intelligent Buildings*), Inmótica, gestión técnica de la vivienda y de los edificios, etc. Todas estas definiciones se refieren muchas veces a un mismo concepto.

En los sistemas Domóticos e Inmóticos existe una característica fundamental; la comunicación entre ellos, aunque en determinado momento solo actúen los dispositivos hacia los cuales se dirigen las señales.

Un recinto Domótico es aquel que tiene una infraestructura de equipos y cableado necesarios para brindar servicios avanzados, optimizando la estancia dentro del recinto, permitiendo una mejor calidad de vida a través de la tecnología.

La definición de recinto Inmótico se refiere a la gestión técnica orientada a los grandes edificios como hoteles, aeropuertos, bancos, museos, comercios etc.

Se diferencia con la Domótica porque abarca edificaciones mucho más grandes, con distintos fines específicos y se enfoca a la calidad de vida y del trabajo.

Los edificios “inteligentes” o con tecnología Inmótica presentan unas características que hacen posible llamarle así, mediante actividades como simplificar tareas, optimizar su funcionamiento e interactuar con el usuario y el medio ambiente. El ambiente inteligente se entiende como un entorno en donde los usuarios interactúan con el sistema, mediante diversos dispositivos integrados y enlazados entre sí, para la realización de labores específicas.

1.6.1 Aplicaciones

Las instalaciones modernas requieren nuevos conceptos y requerimientos que necesitan ser cubiertos. Exigencias como el confort, la seguridad, el ahorro de energía, las telecomunicaciones, el entretenimiento etc. Además, los servicios pueden y deben ser ampliados, a áreas como la ayuda a personas de edad avanzada o discapacitadas. Para este último renglón se hacen indispensables los sistemas de seguridad y monitoreo, facilidad de acceso o salida en momentos de emergencia, espacios amplios con la correcta iluminación y señalización, sistemas de voiceo etc.

A continuación se describen las gestiones que aplican en un sistema Inmótico:

1.6.1.1 Gestión del Confort agregado

Provee comodidades dentro de un ambiente, para optimizar la calidad de vida, ayudando a la realización de tareas de iluminación, control de acceso y persianas, climatización e inclusive los modernos sistemas de entretenimiento de audio y video.

Las funciones correspondientes al confort agregado son:

- Encendido y apagado general de la iluminación de los ambientes y en puntos específicos con detección de presencia o mandos inalámbricos.
- Supervisión automatizada y centralizada de dispositivos electrónicos de seguridad interna, (control de acceso) y externa (perimetral).
- Control de la climatización (medición de flujo de agua).
- Accionamiento automático de persianas, sistemas de riego, etc.

1.6.1.2 Gestión en el consumo de energía eléctrica

Esta área se encarga de hacer más eficiente la utilización de la energía eléctrica, mediante dispositivos temporizadores, sensores y elementos programables, con el fin de implementar la integración de todos los dispositivos que permitan:

- Racionalización de cargas eléctricas por medio de dispositivos que permitan la conexión y desconexión de áreas y equipos, en función de parámetros establecidos.
- Ahorro de energía y un ambiente agradable según el nivel de iluminación, a través de detectores de presencia o detectores crepusculares.
- Ambientes climatizados según horarios establecidos o estaciones del año.
- Manejo de curvas de demanda para proporcionar información acerca de consumos y costos de las distintas tarifas del agua, gas y electricidad, indicando los cambios en el cobro de los servicios públicos.

1.6.1.3 Gestión de Seguridad

Los sistemas de monitoreo y seguridad, actualmente se encuentran especificados para trabajar de manera autónoma, sin embargo, debido a su gran desarrollo e implementación, se considera de gran importancia especialmente si se encuentra integrado en un proyecto con instalaciones automatizadas.

Existen tres factores que se deben tener en cuenta para garantizar la seguridad total de una instalación domótica:

- a) La seguridad del personal.
- b) La seguridad del patrimonio.
- c) La seguridad relacionada con los eventos de emergencia.

A continuación se detallan las características de cada uno de ellos.

a) Seguridad personal, entre otros se tienen:

- Control individual de las tomas de corriente como elementos de seguridad en habitaciones infantiles, guarderías, cuartos de juego, etc.
- Asistencia mediante elementos audio visuales para proporcionar asistencia medica y/o medicina para las personas de la tercera edad, enfermos o discapacitados.
- Acceso a los servicios de vigilancia mediante pulsadores de pánico que envían avisos a una central receptora como un centro hospitalario, central policial, entre otros para solicitar ayuda o servicios urgentes.

b) Seguridad patrimonial, con sus aplicaciones para la protección de los bienes tales como:

- Control de acceso a un lugar por medio de reconocimiento o identificación de usuario.
- Sistemas para detección de intrusos de tipo perimétrico o volumétrico con detectores de presencia, alarmas acústicas, grabaciones en

video, bloqueo automático de puertas y ventanas que permitan la posterior persuasión.

- Detección de forzado, apertura o daño de puertas o ventanas y roturas de cristales, haciendo uso de los sensores.
- Simuladores de presencia que memoricen acciones cotidianas de algunos elementos como: persianas, iluminación, riego de jardines en períodos en los que la vivienda se encuentre desocupada sirviendo como eventos para disuadir posibles intrusos.

c) Seguridad para eventos de emergencia y riesgo con sus aplicaciones para la detección de incidentes y averías. Para su reparación inmediata o aislamiento en casos de emergencia como temblores, incendios, inundaciones etc.

- Detectores de fugas de gas o de agua, permitiendo el aviso y control de las mismas mediante los elementos que actúen en las válvulas de paso.
- Detección del nivel de toxicidad en un ambiente por fuego o humo, comúnmente se presenta cuando hay concentración de monóxido de carbono en los sótanos de edificios.
- Monitoreo de daños en las puertas de acceso, ascensores, gradas eléctricas o cualquier otro sistema mecánico eléctrico y otros.

1.6.1.4 Gestión de entretenimiento y comunicaciones

También llamada gestión técnica de la información, se encarga del intercambio de información entre personas y equipos dentro del inmueble y de este con el exterior.

Dentro de las principales funciones, aplicaciones y servicios que presta la gestión del entretenimiento y de las comunicaciones se pueden mencionar:

- Radio y televisión a través de *Internet*, televisión digital *Hi-Fi* bajo demanda, televisión interactiva, guías de programación.
- Juegos de consolas y videojuegos interactivos.
- Servidores multimedia para los aficionados a las descargas de video y música en formato comprimido y el uso del *chat* o mensajería instantánea para compartir archivos con diferentes usuarios de la red.
- Utilización del protocolo TCP/IP para el control de las redes Inmóticas con el empleo del *HTML* o *applets* de Java, logrando la tele operación y monitoreo de los sistemas en un edificio.
- Integración de las redes Inmóticas, con las redes de fibra óptica ya existentes y acudiendo a técnicas de encriptación y autenticación en el control del acceso remoto a las instalaciones del proyecto, para asegurar la privacidad y seguridad de los datos en las redes que sean públicas.

- Monitoreo y control de las instalaciones y equipos, desde fuera del proyecto para verificar el funcionamiento de los dispositivos integrados a la red Inmótica y programación de los mismos.
- Sistemas de telecomunicaciones interior y exterior para el trabajo, salud y diversión.
- Monitoreo de las instalaciones Inmóticas valiéndose de la tecnología GSM mediante mensajes SMS. Transmisión de alarmas activadas a centrales de seguridad, llamadas telefónicas, alertas por SMS, mensajes de voz, etc.

1.6.1.5 Gestión de servicios para personas con discapacidad y mayores de edad

La Inmótica/Domótica brinda una serie de servicios y ayudas para personas con problemas de motricidad, cognitivos o algún tipo de discapacidad. Algunas de estas aplicaciones pueden ser:

- Notificación de sucesos por medio de señales audibles o visibles.
- Automatización de apertura de accesos y control simplificado con el usuario mediante mandos a distancia, pulsadores, escáner, o mandos por voz.
- Monitoreo de los sistemas y órganos vitales del paciente/usuario así como la generación de alarmas visibles, audibles o enviadas a través de mensajes SMS, en caso de presentarse anomalías o emergencias en el paciente.

1.7 Descripción general de los requisitos para automatización

La automatización de un edificio plantea puntos que deben quedar completamente claros desde el inicio de la planificación. El primero es el tipo de escenario o uso que vaya a tener el edificio, ya que en el caso de una edificación para un hotel, la prospección Inmótica se plantea de manera diferente a la de un edificio para oficinas.

Los usuarios de un escenario de trabajo no se comportan de la misma forma, ni esperan encontrar los mismos servicios que cuando se trata de reproducir o imitar las condiciones de un hogar temporal. Para ilustrar estos conceptos en un escenario real como puede ser un edificio de oficinas, la Inmótica debería contemplar dos sistemas interrelacionados.

1.7.1 Administración del edificio, áreas generales

Son sistemas de gestión y monitoreo propios, como el control ambiental, de iluminación, climatización, control energético, de seguridad, alarmas de incendio e intrusos, control de acceso al personal y visitantes, ascensores o de motores de servicio (bombas de agua, motores de inyección y extracción...)

1.7.2 Administración del edificio, áreas privadas

La administración de las oficinas, salones, centros de convenciones, etc. Para estos casos se incluyen los elementos necesarios para una adecuada automatización del ámbito de trabajo, para que el usuario pueda instalar sus propios equipos, con posibilidad de intercomunicación y que además perciba las ventajas de la automatización, tanto en su propio escritorio como en la sala de reuniones o junto a la máquina de café.

El grado en que una solución satisfaga en mayor o menor grado los requerimientos, determinara la idoneidad de un sistema de automatización.

1.7.2.1 ¿Qué funciones realizar?

En principio las funciones planteadas para cualquier tipo de necesidad de un gestor, son susceptibles de realizarse prácticamente con cualquier tipo de sistema existente en el mercado; unos lo realizaran a mayor o menor precio.

1.7.2.2 ¿Cuándo realizarlas?

Es habitual que los gestores sepan las funciones de automatización que desearían para su proyecto, pero no saben cuanto desde un punto de vista práctico (ahorro, confort, control) pueden resultar esas automatizaciones.

Es en este aspecto, donde se empiezan a distinguir las soluciones técnicas aportadas por unos sistemas u otros, debido a que no todos tienen la capacidad de ampliación (sin grandes obras) de su funcionalidad e integrarse en el sistema ya instalado.

1.7.2.3 ¿Cómo realizarlas?

El cómo realizarlas, se refiere al grado en que la automatización de un edificio permita las ampliaciones requeridas por el propietario, una vez en funcionamiento todas las instalaciones, sin interrumpir el uso normal de las mismas.

En otras palabras, es muy importante la facilidad de ampliación del sistema, desde un punto de vista exclusivamente físico.

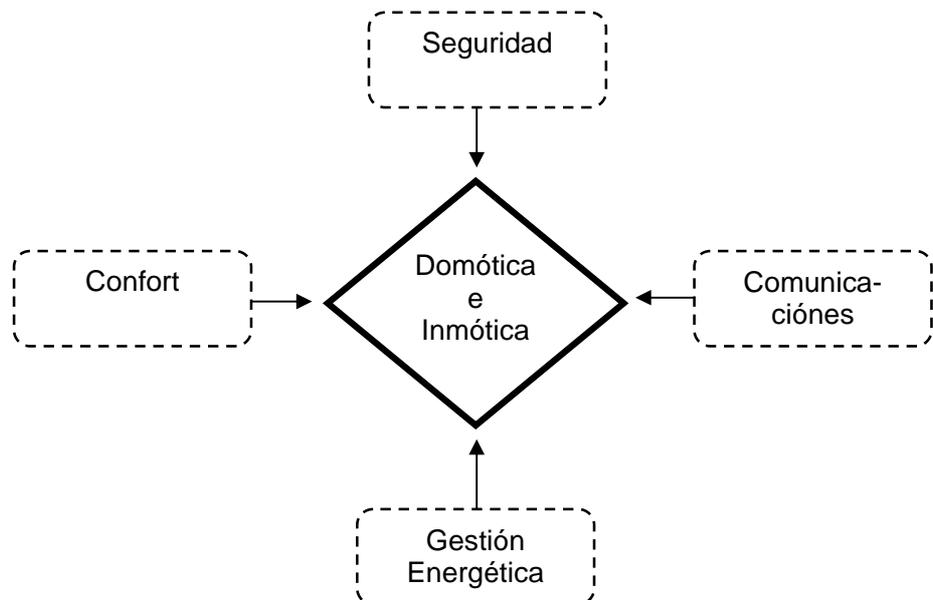
1.7.3 Propiedades de un sistema Inmótico

1.7.3.1 Integración de sistemas

Su implantación asegura la gestión técnica e interviene de forma clara y notable en su explotación comercial, ver figura 1, (integración de sistemas).

El sistema Inmótico permite el control del edificio y por tanto deberá integrar todos sus sistemas.

Figura 1. Integración de sistemas



1.7.3.1.1 Gestión energética

- Optimización del contrato de las compañías eléctricas.
- Optimización del rendimiento climático.
- Optimización de la distribución de energía suministrada por otras fuentes (grupos electrógenos, energías alternativas).

1.7.3.1.2 Gestión de confort

- Regulación automática de la temperatura ambiental.
- Mando a distancia de diversas funciones
- Control automático de los niveles de iluminación, según la hora o estación del año.

1.7.3.1.3 Gestión de seguridad

- Detección automática de intrusos
- Control de acceso y salida del edificio
- Alarmas contra incendio
- Alarmas médicas o de pánico

1.7.3.1.4 Gestión de comunicaciones

- Monitoreo a distancia del funcionamiento de las instalaciones
- Configuración remota
- Recepción a distancia de información de alarmas

2. TECNOLOGÍAS PARA SISTEMAS DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL

2.1 Clasificación

Para automatizar las instalaciones de un edificio se requiere integrar los sistemas de seguridad, multimedia, telecomunicaciones etc., para el intercambio de información o de recursos. A fin de realizar esta integración, se hace necesario el uso de distintas subredes físicas, que posibiliten la gestión y el control total de un proyecto tecnificado, respondiendo a las necesidades de las personas que se encuentran dentro del proyecto.

Las subredes contenidas dentro de la red, pueden estar soportadas en el mismo medio físico de transmisión o en medios distintos, aunque la tendencia actual es lograr la unificación y compatibilidad para brindar todos los servicios de la instalación Domótica e Inmótica, estas subredes se pueden clasificar en:

2.1.1 Red de datos

Es un tipo de red empleada inicialmente en entornos empresariales y aplicados actualmente en el ámbito doméstico. Permite utilizar una misma red de área local *LAN* para compartir archivos, dispositivos, aplicaciones y conexiones a *Internet* simultáneamente en otras computadoras desde cualquier localización en el hogar.

2.1.2 Red multimedia

Esta red gestiona los servicios de entretenimiento, orientado a la distribución de audio y video mediante equipos distribuidores, interfaces de usuario y dispositivos de recepción.

2.1.3 Red de seguridad

Se encarga de integrar los elementos que intervienen en la seguridad del inmueble y sus habitantes (sensores, alarmas, etc.).

2.1.4 Red Inmótica

Es la red encargada de integrar los dispositivos y equipos para la gestión de las tareas de automatización y control.

Por la complicación que existe para soportar las subredes Domóticas e Inmóticas en un medio de transmisión que sea óptimo en todos los aspectos, han aparecido tecnologías o protocolos, algunos heredados de entornos empresariales y otras para uso específicamente doméstico, empleando diversos medios que soporten la transmisión y recepción de información entre los distintos equipos de la instalación. Por tanto, es posible clasificar las tecnologías en tres grupos:

- 2.1.4.1** Interconexión de dispositivos (para la manipulación de información).
- 2.1.4.2** Redes de datos (para conformar redes LAN, compartir información y dispositivos)
- 2.1.4.3** Redes de control y automatización (que comúnmente se refiere a las redes Domótica e Inmótica como tal).

2.2 Descripción de tecnologías para redes Inmóticas

Generalmente, los estándares para interconexión de dispositivos son empleados en el campo de la informática, siendo la transferencia de datos entre un computador y equipos electrónicos periféricos una de las aplicaciones de mayor utilidad. Sin embargo, en el ámbito de la automatización de residencias y edificios no presenta un dominio relevante para el control de los artefactos que aplican para esta tecnología; solo se podrá tener una funcionalidad de automatización mientras exista una integración con los diferentes equipos de la instalación Domótica e Inmótica mediante alguna interfaz que actué como puente entre las distintas redes y tecnologías. Para tal efecto, se describen a continuación los aspectos más importantes para cada denominación dentro esta clasificación.

2.2.1 Tecnologías para interconexión de dispositivos

Estas rutas de conexión han sido desarrolladas para crear vínculos de conexión entre dos o más equipos, lo que permite el intercambio de información en forma digital a través de un medio alámbrico o inalámbrico.

2.2.1.1 Interfaz alámbrica *USB*

Es una nueva arquitectura de bus desarrollada en 1995 por un grupo de siete compañías (COMPAQ, Digital Equipment Corp., IBM PC Co. Intel, Microsoft, NEC y Northern Telecom).

Surge inicialmente bajo la necesidad de tener conexión de la computadora al teléfono, pretendiendo además una facilidad en su uso, una expansión del puerto y logra unificar las antiguas interfaces serial (RS-232) y paralelo, brindándoles sencillez y mayores prestaciones a las que se tenían en la época. Estos puertos solo llegaban a transmitir datos a velocidades de 112Kbps, 1.2Mbps y 12Mbps (tres a cinco veces más rápido que un dispositivo de puerto paralelo y de veinte a cuarenta veces más rápido que uno de puerto serial).

El bus serial universal *USB* es una interfaz alámbrica “*plug&Play*” (enchufar y listo, no requiere de instalaciones adicionales), la cual permite la conexión entre una computadora y algunos periféricos como teclados, ratones e impresoras, escáner, módems, cámaras, dispositivos de almacenamiento masivo, entre otros.

Recientemente se ha estado haciendo mención a la interfaz *USB 2.0* que resulta de una ampliación de la especificación *USB* anterior (versiones 1.0 y 1.1) en la que algunas compañías intervinieron para la extensión de este estándar a principios del año 2000; algunas pioneras que trabajaron el desarrollo de *USB 1.0* y otras como Compaq, Hewlett Packard, Lucent y Phillips conformaron el grupo *USB-IF* (“*USB Implementers Forum*”) con el objeto de proporcionar soporte en el

desarrollo y evolución de periféricos *USB* de alta calidad compatibles con la tecnología.

El motivo por el cual se pensó en el desarrollo del *USB* 2.0 es debido a que los computadores y los periféricos del mercado tiene cada vez más prestaciones, son más robustos en el procesamiento de datos (manejan mayores cantidades de información) y requieren altas exigencias de velocidad de transferencia.

Conversando las funcionalidades compatibles que presentaba el *USB* original, se puede decir que la especificación *USB* 2.0 incrementan las disponibilidades en cuanto al ancho de banda y por consiguiente a la velocidad de intercambio de información, ya que una puerto de este tipo puede soportar tasas de transferencia de 480 Mbps, es decir, cuarenta veces más rápido frente a los 1.5Mbps y 12Mbps que maneja la versión inicial.

Además, la versión 2.0 no requiere de cables ni conectores adicionales a los ya existentes, pero para que los usuarios se puedan beneficiar de las nuevas características que presenta el *USB*, tendrán que actualizar los sistemas *USB* 1.0 ó 1.1 con tarjetas PCI o interfaces que cumplan con la especificación 2.0.

En cuanto al funcionamiento del sistema *USB* se puede decir que consta de tres componentes:

Un controlador, concentradores o “*hubs*” y elementos periféricos. Emplea una topología de bus en estrella, lo que permite la conexión de muchos dispositivos a un único bus lógico (hasta 127 periféricos simultáneamente) sin que exista retardo de información entre ellos.

2.2.1.2 *Firewire* IEEE 1394

“*Firewire*” es el estándar alámbrico para la entrada/salida de datos en serie a alta velocidad, característica que lo hace ideal para emplearlo tanto en la conexión de periféricos multimedia (cámaras fotográficas, de video, televisores, consolas de mezclas, etc.) como en dispositivos informáticos de cómputo o PC (discos de almacenamiento masivo, impresoras, escáneres, unidades de CD de última tecnología, entre otros).

Realizando una comparación, entre las tecnologías tradicionales de transmisión de datos, para conexión de múltiples periféricos a un computador, “*Firewire*” presenta un ancho de banda treinta veces superior que su similar bus serial universal *USB* en su versión 1.1, logrando establecer actualmente conexiones a velocidades de 400Mbps (también denominado oficialmente como IEEE 1394^a o S400), pero gracias a Apple, quién duplicó la capacidad de conexión, se puede estar hablando actualmente del estándar IEEE 1394b a velocidades de 800Mbps y cercanas a 1Gbps, que frente al *USB* 2.0 se convierte en el medio más adecuado para

la aplicaciones que necesitan un mayor ancho de banda como las de gráficos y video.

También cabe mencionar que *USB* requiere de un equipo “*Host*” o controlador (comúnmente se utiliza un computador) para administrar los dispositivos conectados a el, mientras que “*Firewire*” permite realizar conexiones entre equipos sin la necesidad de un controlador principal, por ejemplo, la transferencia de video desde un controlador principal (i.e. la transferencia de video desde una videocámara conectada a un televisor compatible con la tecnología).

Las mejoras más evidentes que cubre este tipo de tecnología en el momento de conectar un dispositivo son, entre otras:

- Alta velocidad en la transferencia de datos.
- Cantidad elevada de datos que pueden administrar.
- Flexibilidad de la conexión (permite hasta 62 dispositivos conectados a un bus único).
- Alimentación propia por medio del bus (puede proporcionar hasta 45W).
- Compatible con la tecnología *Plug &Play*.

2.2.1.3 Bluetooth IEEE 802.15

Esta tecnología fue diseñada pensando en crear un dispositivo de bajo costo que fuera capaz de comunicarse con otros similares sin la necesidad de cables.

Este modelo se desarrolla más tarde, como resultado de los esfuerzos y adelantos tecnológicos conseguidos por las principales compañías en el campo de las telecomunicaciones en el mundo como son: Motorola, Nokia, Intel, Microsoft, 3Com, Toshiba, Ericsson, IBM y Lucent. En 1999 se fundó el grupo de intereses especiales SIG (*"Special Interest Group"*) impulsado por las anteriores empresas y pretendía impulsar el desarrollo de la tecnología *"Bluetooth"*, brindándole soporte industrial y multiplataforma.

El estándar ha revolucionado la forma de conectividad de los equipos electrónicos, habilitando funciones avanzadas de aplicaciones, recursos y herramientas en una amplia gama de aparatos modernos como computadores portátiles, PDA's, teléfonos celulares, manos libres, radios para autos, módems, entre otros. Se trata entonces de una tecnología abierta para la comunicación inalámbrica de audio y datos basada en enlaces de radio.

Está diseñada para operar en entornos de radiofrecuencia ruidosos ya que el enlace se realiza mediante la modulación binaria de FM GFSK (*"Gaussian Frequency Shift Keying"*) en la banda de frecuencia de 2.4Ghz a 2.48Ghz, ISM (*"Industrial, Scientific, Medical"*), emplea un sistema de reconocimiento rápido y saltos de frecuencia para garantizar la calidad del enlace.

Soporta tasas de intercambio de información “*full dúplex*” hasta 2Mbps con un máximo de 1600 saltos por segundo entre un total de 79 frecuencias a intervalos de 1Mhz y puede alcanzar distancias entre 10cm y 10m, aunque es posible aumentar ese rango a 100m si se incrementa la potencia en el transmisor o mediante repetidor.

Esta especificación ofrece cierto número de ventajas que lo convierten en una de las formas más funcionales de conexión entre dispositivos. Entre ellas se encuentran:

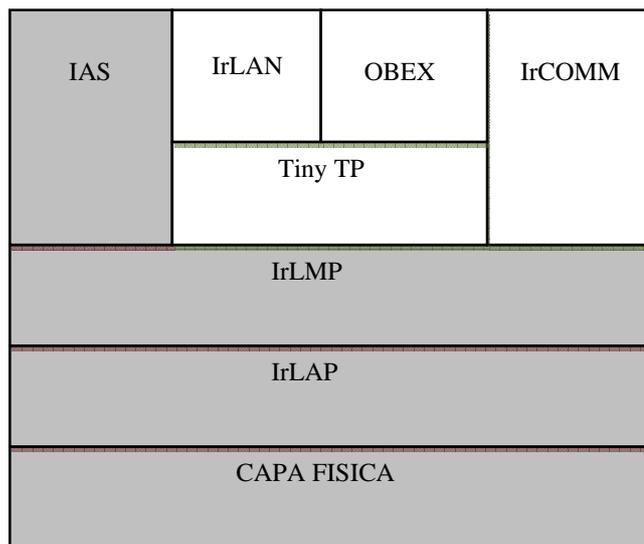
- Es 100% funcional inclusive sin una computadora como controlador.
- Utiliza conexión inalámbrica por radiofrecuencia, no necesita de ningún tipo de cables para conectar los equipos.
- La banda de frecuencia es libre y compatible en cualquier lugar del mundo.
- Debido al funcionamiento por saltos de frecuencia, no genera interferencias y resulta inmune a las mismas. Es una característica importante cuando se requiere operar con redes inalámbrica de área local *WLAN*’s (“*Wireless Local Área Network*”) que funcionan en la misma frecuencia como es el caso de la especificación IEEE 802.11 (“*WiFi*”).
- Presenta una tasa de transmisión de datos alta, facilitando enlaces rápidos y eficaces.
- Admite transmisión de audio y datos de forma simultánea, con puntos de acceso disponibles para cada caso.

2.2.1.4 IrDa

La organización IrDa (*Infrared Data Association*) se inicia en 1993 como un ente patrocinado por industrias como Sharp, HP e IBM con el fin de establecer estándares internacionales y protocolos para equipos empleados en las comunicaciones y la transferencia de información por medios infrarrojos.

IrDa define una organización de protocolos en forma de capas, las cuales se puede clasificar en dos grupos: los protocolos obligatorios y los protocolos opcionales. En la figura 2 se denota en color oscuro a los obligatorios o necesarios y en color claro a los opcionales o innecesarios.

Figura 2. Clasificación de los protocolos IrDa



Esta forma de diferenciación permite que los desarrolladores puedan realizar sus diseños de forma más rápida y económica, ajustándose a requerimientos más exigentes sin necesidad de salirse del estándar.

A continuación se mencionan las funciones que corresponden a cada protocolo.

- La capa física: Especifica características ópticas, codificación de datos, etc.
- IrLAP (“*Link Access Protocol*”): Establece la conexión.
- IrLMP (“*Link Management Protocol*”): Multiplexa servicios y aplicaciones en la conexión LAP.
- IAS (“*Information Access Service*”): Añade un control de flujo por canal y es necesario para la mayoría de las aplicaciones.
- TinyTP (“*Tiny Transport Protocol*”): Añade un control de flujo por canal y es necesario para la mayoría de las aplicaciones.
- IroBex (“*Object Exchange Protocol*”): Permite que la transferencia de objetos y archivos se haga de forma sencilla.
- IrCOMM: Este protocolo ofrece la emulación de puerto serial – paralelo, permitiendo que las aplicaciones existentes puedan utilizar IR.
- IrLAN: Este es el protocolo de acceso a la red de área local.

2.2.2 Tecnología para redes de datos

Las redes de datos han sido desarrolladas principalmente, con el objetivo de posibilitar una interconexión entre computadoras y otros equipos electrónicos, de manera que se permita el intercambio de información digital entre los dispositivos, además de tener acceso simultáneo a servidores de *Internet*. Sin embargo, las redes de área local han evolucionado y se están convirtiendo en un recurso importante dentro del espacio de proyectos de tipo residencial, comercial y hotelero pues cada vez surgen nuevas tecnologías que compiten por buscar un liderazgo en la interconexión.

En la práctica, no se puede mencionar cuál es el estándar para realizar la función de integración entre dispositivos de determinado proyecto sino que se usa el concepto de “isla de tecnología”, refiriéndose a cada subred entre un conjunto reducido de dispositivos que utiliza una forma de conexión en particular. Todas estas subredes presentan ventajas e inconvenientes, lo que demuestra que ninguna es ideal para todo el tráfico soportado y que dependen de los servicios deseados por el usuario.

2.2.2.1 Homeplug

Es una tecnología fruto de la alianza realizada por un grupo de más de 80 grandes empresas del sector electrónico y de consumo, entre ellas se pueden citar Motorola, Intel, Panasonic, Cisco, 3Com, etc., que conformaron la asociación “*HomePlug Powerline Alliance*” en el año 2000, con el objetivo de implementar

redes de banda ancha de área local, basadas en el cableado eléctrico de baja tensión residencial o industrial, para evitar la instalación de un nuevo soporte físico de transmisión.

Sin embargo, sólo a finales de 1999 se establecieron los requerimientos mínimos de funcionamiento, circunstancia que motivó la participación de muchas industrias para concursar por el mérito como la pionera e impulsadora de este protocolo. La empresa que cumplió con todos los requisitos fue Intellon, quien patentó y posteriormente distribuyó en el año 2001, el circuito integrado INT5130 basado en la tecnología "*Power Packet*".

Dependiendo de la topología de la red eléctrica y de las frecuencias de ruido de la misma, el circuito propuesto por Intellon es capaz de transferir datos a velocidades que pueden alcanzar los 14Mbps haciendo uso de la modulación OFDM ("*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*") en las frecuencias 4.3 MHz a 20.9 MHz, las cuales contienen muchas portadoras que se adaptan a las características y condiciones de la línea residencial, introduciendo un protocolo multinivel para dar importancia a algunos paquetes de datos, además de implementar códigos de detección y corrección de errores para lograr la mayor eficiencia en cuanto a la disponibilidad de las prestaciones y aplicaciones.

Como se mencionó anteriormente, la no necesidad de nuevo cableado eléctrico para el funcionamiento de *HomePlug* es la principal ventaja de este protocolo, proporcionando múltiples servicios que son reflejados en la movilidad y flexibilidad de una infinidad de aplicaciones de red y entretenimiento, como la configuración compartida de equipos audiovisuales, periféricos o sistemas de control de distintos fabricantes (computadoras, impresoras, consolas de video, pasarelas residenciales, “set-top boxes” o cajas de televisión, entre otros) con conexión a *Internet* o la distribución de audio y video para la visualización de contenido multimedia en tiempo real (“*streaming*”) desde cualquier tomacorriente estándar de la vivienda.

Además, la presencia de datos en la red no interfiere en el funcionamiento de los protocolos de control que utilizan el mismo medio de transmisión ni en los dispositivos alimentados de la línea eléctrica, aunque el funcionamiento de estas redes sea limitado por la calidad de la instalación.

2.2.2.2 *Ethernet* (IEEE 802.3)

Es una tecnología destinada al intercambio de información entre computadoras y equipos electrónicos de red, en donde se pueden usar distintas formas de comunicación como Netware, Apple Talk, VINES, entre otros, siendo el protocolo de control de transporte e *Internet* TCP/IP (“*Transport Control Protocol/Internet*”

Protocol”), el más implementado y extendido a nivel mundial, no solo para la conformación de cualquier tipo de red (*PAN, LAN, WAN*) sino para servir como base de la red global de comunicaciones *Internet*, además posee compatibilidad con cualquier *software* y *hardware*.

El modelo de referencia TPC/IP y la pila de protocolo TCP/IP hacen que sea posible la comunicación entre dos computadores, desde cualquier parte del mundo, a casi la velocidad de la luz. TCP/IP es compatible con cualquier sistema operativo y con cualquier tipo de *hardware*, proporcionando una abstracción total del medio, está basado en una red de conmutación de paquetes y tiene cuatro etapas:

- La etapa de aplicación
- La etapa de transporte
- La etapa de Internet
- La etapa de red
-

Con esta tecnología, se tiene una red de área local de 10/100Mbps y acceso a *Internet* desde cualquier punto, con un costo razonable y una seguridad mayor que las tecnologías inalámbricas, proporcionando movilidad total dentro del proyecto.

2.2.2.3 **Home PNA**

Es una tecnología resultante de la alianza creada en junio de 1998, por diferentes compañías fabricantes de semiconductores y electrónica de consumo, para promover y estandarizar un protocolo, que pudiera emplear la infraestructura de la red telefónica conmutada de un proyecto, como medio de transmisión de datos pudiendo extender las posibilidades y servicios a cualquier punto donde exista un cable convencional de teléfonos activo o inactivo de dos hilos conductores con un conector RJ-11.

El protocolo presentaba inconvenientes debido a la utilización de la línea telefónica tradicional, entre ellas se encontraba la reflexión y atenuación de la señal y la limitación de impedancias, situaciones que fueron resueltas por la empresa Tut System, planteando una propuesta de mejoramiento *Home PNA 1.0* mediante el uso del rango de frecuencia de 5.5MHz a 9.5MHz y encapsulando tramas del estándar IEEE 802.3 "*Ethernet*", en mayores paquetes para alcanzar transferencias de datos de 1 Mbps, para obtener aplicaciones de recurso compartido a redes, *Internet* y periféricos.

Posteriormente se estandarizó la versión 2.0, una evolución con mayor ancho de banda propuesta por Lucent Technologies y Broadcom Corporation, quienes agregaron el soporte a la calidad de servicio y al tráfico

multimedia requerido, alcanzando velocidades de 10Mbps mediante la modulación FDQAM (“*Frequency Quadrature Amplitude Modulation*”). Luego, una nueva versión que plantea alcanzar mayores velocidades, se lanzó el *Home PNA 3.0* en la que se pueden alcanzar transferencias de 128 Mbps y con la instalación de extensiones adicionales se pueden llegar a los 240 Mbps, siendo compatible e interoperable con las anteriores versiones.

Uno de los requisitos importantes para el correcto funcionamiento de la red basada en *Home PNA*, es que todos los dispositivos compatibles estén conectados a la misma línea telefónica en caso de existir más de una red telefónica; así se posibilita la capacidad de compartir recursos y conexiones a *Internet* por los equipos conectados a la instalación, haciendo uso de enrutadores y elementos capaces de crear puentes entre redes.

2.2.2.4 Wifi (IEEE 802.11)

Este es un estándar que fue desarrollado en 1997, por el grupo de trabajo 802.11 del IEEE, quien implementa una nueva especificación para referirse a las redes inalámbricas de área local *WLAN*, operando a una velocidad máxima de 2Mbps. Además, se pensó en la posibilidad de la interoperabilidad entre dispositivos que pudieran ser compatibles con la tecnología y para lograr este objetivo se logró que trabajaran en conjunto el

grupo *WLAN* y los laboratorios de la Universidad de New Hampshire. Hacia el segundo semestre del año 1996 se formaron dos grupos de tareas dentro del grupo 802.11, los cuales aprobaron los suplementos 802.11a y 802.11b, con esquemas de modulación propuestas por NTT/LUCENT y por HARRIS/LUCENT respectivamente.

La especificación 802.11a opera sobre la capa 802.11, existente, siendo un estándar de alta velocidad (20Mbps a 25Mbps) en la banda ISM de 5GHz, empleado para el transporte de voz e imágenes. Utiliza la modulación de 8 canales, cada uno de ellos puede soportar hasta 52 subportadoras en donde se puede enviar datos a través de cada una de ellas, permitiendo el incremento de la velocidad de transmisión global.

Presenta características como el soporte para altas velocidades, control de potencia transmitida, códigos de corrección de errores, selección dinámica de la frecuencia, resistencia a la interferencia y compatibilidad con redes *WLAN* de 2.4GHz, pero su desventaja es el costo de operación elevado.

La especificación 802.11b opera en la banda de 2.4GHz, posee características similares a la 802.11a, posee un incremento en la velocidad del intercambio de información, llegando a soportar hasta 11 Mbps, conocido actualmente con el nombre de "*Wi-Fi*".

Existen otras versiones derivadas del estándar IEEE 802.11, pero poseen algunas diferencias significativas que los convierten en soluciones alternativas óptimas de conectividad para la implementación de redes inalámbricas de área local para transferencia de datos.

Una de ellas es la especificación 802.11e de alta velocidad (54Mbps) que se desarrolló como una mejora del protocolo 802.11b en cuanto a la seguridad, calidad de servicio y eficiencia, lo que permite la conectividad de usuarios tanto en entornos residenciales como públicos y empresariales.

Además, se pensó en la posibilidad de brindar soporte a recursos multimedia en este estándar para aplicaciones que no sólo requieran los servicios de transferencia de datos sino también el manejo de información de voz, imagen y video.

2.2.2.5 Wimax (IEEE 802.16)

Es una especificación para redes inalámbricas metropolitanas de área ancha *WMAN* (“*Wide Metropolitan Area Network*”) creada en abril de 2002 bajo estándar IEEE 802.16 y promovida por el grupo *WiMax* (“*Worldwide Interoperability for Microwave Access*”) patrocinados por Nokia e Intel.

Alcanza velocidades de 100Mbps en un canal con un ancho de banda de 28MHz (en el rango entre 10GHz y 66GHz), lo que posibilita las comunicaciones con grandes coberturas (40Km a 70Km).

Esta característica ha evolucionado de su estándar original a las especificaciones 802.16a y 802.16e que lo resalta como uno de los protocolos en desarrollo más avanzado y con mayores aplicaciones en el área de las telecomunicaciones.

2.2.3 Tecnologías sistemas de automatización y control

En los tiempos modernos, la automatización está casi siempre ligada a la informática, a la tecnología del accionamiento y al control, logrando convertirse en una de las áreas innovadoras debido al desarrollo acelerado de los computadores, los microprocesadores y los controladores lógicos programables (*PLC*).

Las tecnologías para el control y la automatización han evolucionado durante los últimos 25 años, teniendo como soporte a los sistemas automáticos de procesos en la industria y sus desarrollos han alcanzado unas prestaciones de robustez y flexibilidad, que los hacen exitosos en cualquier instalación Domótica e Inmótica.

3. ARQUITECTURA DE LAS REDES

3.1 Clasificación

Por el continuo progreso de las nuevas tecnologías de la información, y en particular el avance en el campo de la arquitectura de *hardware* y *software*, se han desarrollado técnicas de conexión para los sistemas desde el punto de vista productivo. La arquitectura de un sistema Domótico e Inmótico, especifica el modo en que los diferentes dispositivos de control del sistema se van a ubicar.

3.1.1 Arquitectura de red Distribuida

Radica en una arquitectura apoyada en nodos, no existe un único elemento principal, sino que cada subsistema gestiona una tarea de control en particular y éstos van relacionados directamente con los elementos básicos.

Esta idea de distribución de funciones se desarrolló para mejorar las arquitecturas centralizada y descentralizada.

Los sistemas distribuidos (ver figura 3), facilitan la reconfiguración, incidiendo directamente en el grado de flexibilidad.

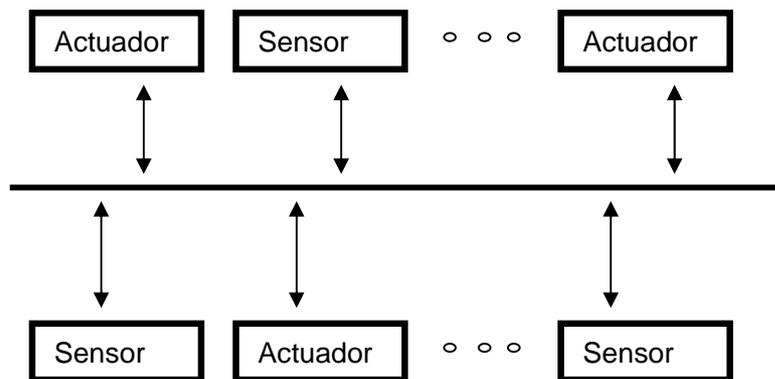
La simplicidad es otra de sus ventajas en el momento de una instalación de este tipo, permite un considerable ahorro de cableado y una tecnología de fácil conexión.

Existen sistemas que presentan una arquitectura distribuida en cuanto a la capacidad que tienen para los procesos, pero no necesariamente tienen el mismo concepto en el diseño de la red o distribución de los diferentes elementos de control y viceversa.

A diferencia de la arquitectura centralizada, estos sistemas se comunican por medio de un bus, en el cual existe un protocolo de comunicaciones, implementado en cada uno de los subsistemas con unas técnicas de direccionamiento definidas, para mantener el intercambio de información entre los diferentes elementos.

Por tanto, el costo de los elementos del sistema es elevado e implica una necesidad de compatibilidad entre ellos y por estas desventajas es que la oferta de los productos en el mercado es reducido.

Figura 3. Arquitectura de red distribuida



3.1.2 Arquitectura de red centralizada

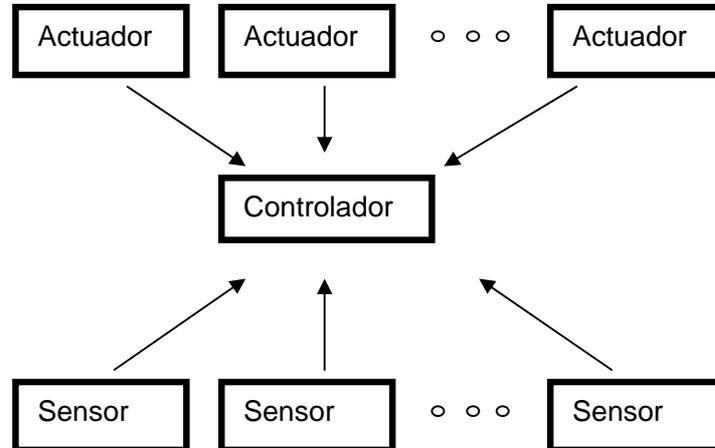
Se refiere a la arquitectura en la que el control, monitoreo y supervisión de los diferentes dispositivos y componentes se deben cablear hasta un sistema de control en el edificio, el cual puede ser el servidor central o un autómata similar. Este sistema (servidor o autómata) es el principal control, ya que recibe y reúne la información de los sensores, toma las decisiones y se las envía a los elementos actuadores para que ejecuten la tarea asignada.

El inconveniente mayor es que cualquier falla deja fuera de servicio el sistema en su totalidad (ver figura 4); esto reduce posibilidades en cuanto a la robustez e implementación en grandes instalaciones y las reconfiguraciones son muy costosas.

El bajo costo que representa esta arquitectura, es la principal ventaja frente a las otras, puesto que los elementos que la componen no necesitan módulos adicionales para el direccionamiento, ni interfaces de comunicaciones para distintos buses.

También es importante destacar la sencillez en la instalación y la compatibilidad entre la gran variedad de elementos y dispositivos que ofrece el mercado.

Figura 4. Arquitectura de red centralizada

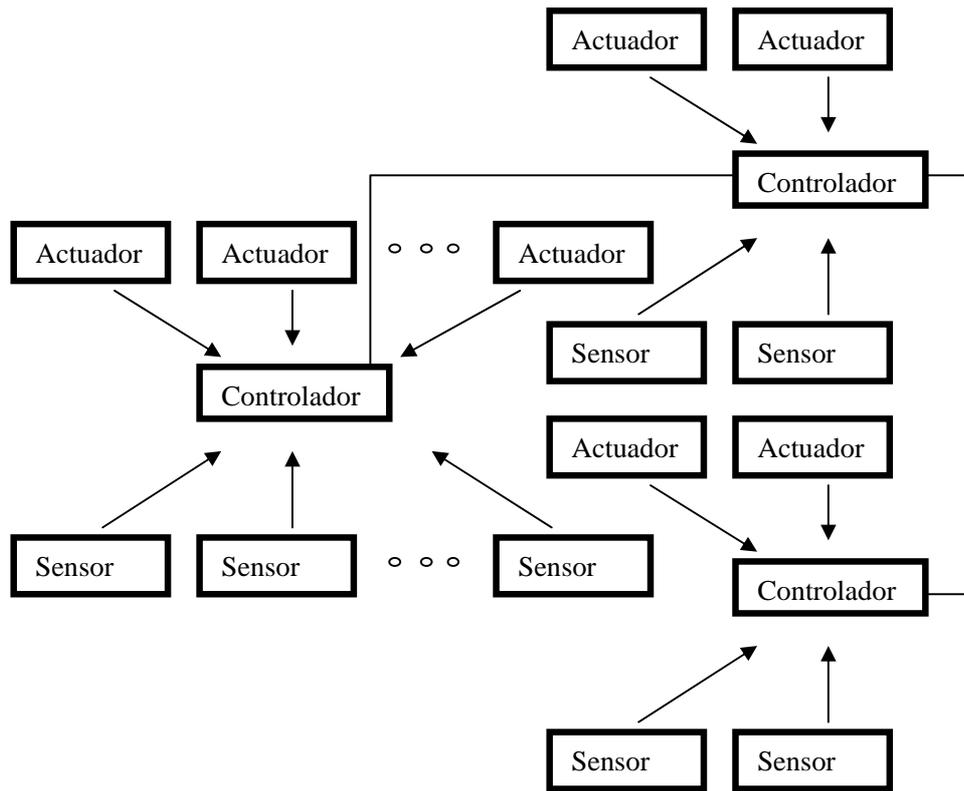


3.1.3 Arquitectura de red descentralizada

Es la arquitectura en la que todos los sistemas son totalmente independientes en su funcionamiento, pero deben estar comunicados entre sí por medio de un bus compartido; son basados en una o varias unidades de control de gestión y uno o varios módulos receptores o actuadores.

Este tipo de arquitectura (ver figura 5) resulta de una combinación entre los sistemas con arquitectura centralizada y distribuida, aprovechando las ventajas que brindan, entre ellas se puede mencionar la flexibilidad, ya que permite que el sistema se pueda configurar con múltiples opciones de acceso al usuario final.

Figura 5. Arquitectura de red descentralizada



4. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN Y MEDIOS DE TRANSMISIÓN

4.1 Definición de protocolo de comunicación

Básicamente se define como protocolo de comunicaciones, al formato o lenguaje que la información debe manejar entre los diferentes dispositivos de un sistema, para que puedan comunicarse unos con otros e intercambiar información de manera eficiente y eficaz.

Teniendo en cuenta la diversidad de protocolos, estándares y tecnologías utilizadas en el mercado, se clasifican de la siguiente manera:

4.1.1 Protocolo o sistema abierto

Es aquel que no está sujeto a pago de licencias de uso para su utilización, sus componentes están de acuerdo con normas que garantizan su compatibilidad, aunque procedan de diferentes fuentes de suministro.

Permite sustituir cualquiera de los dispositivos por uno similar de otro fabricante, que siga cumpliendo la funcionalidad y requisitos impuestos por el proyecto. Un sistema abierto no significa que sea un estándar reconocido por un organismo internacional.

4.1.2 Protocolo o sistema propietario

Es un producto o sistema desarrollado por una empresa para sólo poder operar con sus propios dispositivos o con otros de terceros especificados anticipadamente. No es posible intercambiar dispositivos con diferentes tecnologías o de otros fabricantes.

Los protocolos propietarios poseen ventaja frente a los estándar en cuanto a la economía y costo de los equipos pero resulta un riesgo emplear un solo tipo de tecnología, pues si la empresa desaparece entonces no se puede seguir obteniendo soporte técnico ni posibilidades para ampliaciones futuras y existe una dependencia a una marca en particular.

4.1.3 Protocolo estándar

Un protocolo estándar es aquel que ha sido reconocido por uno o varios organismos internacionales de normalización como IEEE, CENELEC, ETSIT etc. y que, por lo tanto, está siendo utilizado por muchas empresas en sus productos.

La ventaja principal que proporcionan estos protocolos es la capacidad para implementar o configurar una instalación y su posible ampliación, debido a la compatibilidad en el estándar que pueden poseer diversos equipos de diferentes fabricantes, pero resultan ser más costosos que los equipos de tecnología propietaria.

Varios de los protocolos estándar más utilizados son: X-10, *LonWorks*, *EIB*, *EHS*, *Batibus*, entre otros.

4.1.3.1 Protocolo de comunicación X10

Es un protocolo de comunicaciones abierto, que utiliza la red eléctrica como soporte físico de transmisión de los datos. También denominado como “transmisión por corrientes portadoras” o PLC, es una tecnología creada por Ingenieros de la empresa Pico Electronics en 1975 muy utilizada en Estados Unidos y en Europa, destinada al uso residencial y empresarial.

Proviene de los resultados obtenidos con la familia de integrados de la serie X, en donde se tuvo mayor repercusión el proyecto número 10 para el control remoto de dispositivos a través de la línea de corriente doméstica (120V o 220V @ 50Hz o 60Hz).

El protocolo X-10 es el estándar de mayor accesibilidad para la realización de una instalación doméstica poco compleja, pues poseen precios muy competitivos y la implementación de proyectos pueden ser ejecutados por usuarios finales sin conocimientos de automatización. Por tal motivo, esta tecnología es líder en el mercado residencial y de pequeñas oficinas en muchos países americanos y europeos.

La técnica de funcionamiento consiste en una sincronización y una modulación sencilla de una señal X-10 de 120KHz con el paso por cero de la corriente alterna e insertándola en el semiciclo positivo o negativo.

El objetivo se fundamenta en transmitir lo más cerca posible al paso por cero de la onda senoidal, más estrictamente, a menos de $200\mu\text{s}$ de retraso. El máximo retardo entre el comienzo del envío y la señal X-10 es de $50\mu\text{s}$.

La manera en que se codifica la señal X-10 depende de la presencia o ausencia de la misma dentro de la senoidal. Un 1 binario se genera cuando existe un pulso de 120KHz durante 1ms y un 0 binario se representa cuando no existe ese pulso. En un sistema trifásico el pulso de 1 milisegundo se transmite con el paso por cero para cada una de las tres fases.

En la tecnología X-10 se pueden encontrar cuatro clases de dispositivos.

- Transmisores: Estos transmisores envían una señal especialmente codificada de bajo voltaje, que es superpuesta sobre el voltaje del cableado. Un transmisor es capaz de enviar información hasta 256 dispositivos sobre el cableado eléctrico. Múltiples transmisores pueden enviar señales al mismo módulo.
- Receptores: Como los receptores y transmisores, pueden comunicarse con 256 direcciones distintas. Cuando se usan con algunos controladores de computadoras, estos dispositivos pueden reportar su estado.

- **Bidireccionales:** Estos dispositivos toman la señal enviada por los dispositivos transmisores. Una vez que la señal es recibida el dispositivo responde encendiéndose (ON) o apagándose (OFF). Los receptores generalmente tienen un código establecido por el usuario para indicar la dirección del dispositivo. Múltiples dispositivos con el mismo código pueden co-existir y responder al mismo tiempo dentro de una misma casa. Tienen la capacidad de responder y confirmar la correcta realización de una orden, lo cual puede ser muy útil cuando el sistema X-10 está conectado a un programa de ordenador que muestre los estados en que se encuentra la instalación Domótica. Este es el caso del Programador para PC.
- **Inalámbricos:** Una unidad que permite conectarse a través de una antena y enviar señales de radio desde una unidad inalámbrica e inyectar la señal X-10 en el cableado eléctrico, (como los controles remotos para abrir los portones de los garajes). Estas unidades no están habilitadas para controlar directamente a un receptor X-10, debe utilizarse un módulo transceptor.

Entre los fabricantes más conocidos podemos citar: Leviton Manufacturing Co., General Electric, C&K Systems, Honeywell, Busch Jaeger, Ademco, DSC, IBM etc.

4.1.3.2 Protocolo estándar EHS

El estándar EHS (*“European Home System”*) fue uno de los intentos de la industria europea, patrocinada por la Comisión Europea, para crear una tecnología que permitiera la aplicación de la Domótica en el mercado residencial de forma masiva. El resultado fue la especificación del EHS en el año 1992. Esta basada en una topología de niveles OSI y se especifican los niveles: físico, de enlace de datos, de red y de aplicación.

El objetivo de la EHS es crear un protocolo totalmente abierto que cubra las necesidades de automatización, cuyos propietarios no se pueden permitir el lujo de usar sistemas más potentes ni más caros debido a la mano de obra especializada que exige su instalación.

El estándar EHS proyecta aportar una serie de mejoras a los usuarios finales como la compatibilidad total entre dispositivos de la misma tecnología, la configuración automática de los dispositivos, la movilidad de los mismos y la ampliación o expansión sencilla de las instalaciones ya existentes.

Cada uno de los dispositivos EHS tiene asociada una subdirección única dentro del mismo segmento de red que además de identificar unívocamente a un nodo también lleva asociada información para el enrutado de los telegramas por diferentes segmentos de red EHS.

La EHSA (*“European Home System Association”*) inició el desarrollo de componentes electrónicos que implementaran la primera especificación. Para acceder la transmisión de datos por un canal serie asíncrono a través de las líneas de baja tensión de las viviendas (ondas portadoras o PLC *“powerline communications”*).

4.1.3.3 Protocolo *BatiBUS*

Es un sistema centralizado basado en el par trenzado como medio de transmisión (en algunos casos se puede implementar sobre cable telefónico o eléctrico) que permite la intercomunicación entre todos los módulos en los sistemas Inmóticos del edificio, pudiendo administrar hasta 500 puntos de control.

Emplea la técnica de acceso al medio CSMA-CA (*“Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance”*) de manera parecida a *Ethernet* o EIB pero con velocidades de transmisión única de 4800bps en la frecuencia de 4.8KHz y resolución positiva de las colisiones, es decir, cada elemento de la red esta autorizando a comunicar cuando lo requiera siempre y cuando la red se encuentre disponible; en otras palabras, si el acceso al bus se realiza por parte de dos dispositivos simultáneamente, se produce una colisión de datos, sin embargo, continúa transmitiendo aquel que posea mayor prioridad y el otro se queda inactivo hasta que el anterior termine la transferencia de información.

Al igual que los dispositivos X-10, todos los dispositivos *BatiBUS* disponen de un micro-interruptor circular o *dip-switch* que permite asignar una dirección física y lógica que identifican unívocamente a cada dispositivo conectado al bus.

Este fue uno de los primeros protocolos Inmóticos europeos desarrollado por la compañía francesa Merlin Gerin. Para promover su uso y extender las aplicaciones de esta tecnología, la cual se trata de un bus con carácter totalmente abierto de manera que cualquier fabricante puede introducir el acceso compatible dentro de sus equipos electrónicos.

El cable se puede instalar en diversas topologías de red como bus, estrella, anillo, árbol o combinaciones de las anteriores, además proporcionan energía para la alimentación de los dispositivos sensores a través del mismo medio de transmisión. El direccionamiento de cada módulo se debe realizar en el momento de la instalación de los mismos con la precaución de respetar la identificación única por dispositivo. El propósito es que los dispositivos *BatiBUS* puedan identificar y procesar la información que ha sido enviada por uno de ellos, pero solo filtran la trama y la transfieren a la aplicación del dispositivo final, aquellos que tienen la debida programación para la función en particular.

El protocolo *BatiBUS* ha logrado la certificación como estándar europeo. Existen una serie de procedimientos y especificaciones que sirven para homologar cualquier producto que use esta tecnología para hacerla compatible con el resto de productos que cumplen este estándar. A su vez, la propia asociación BCI ("*BatiBUS Club Internacional*") ha creado un conjunto de herramientas para facilitar el desarrollo de productos que cumplan esta especificación.

4.1.3.4 Protocolo *LonWorks*

LonWorks ofrece una solución con arquitectura descentralizada, extremo a extremo, que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en el proyecto y que cubre desde el nivel físico al nivel de aplicación de la mayoría de los proyectos de redes de control.

La corporación Echelon presentó la tecnología en 1992 para facilitar la comunicación telemática entre nodos. Los objetivos principales que plantea esta tecnología son la flexibilidad y estandarización, la interoperabilidad y compatibilidad entre empresas fabricantes y usuarios. Según sus creadores su arquitectura es un sistema abierto a cualquier fabricante que quiera usar esta tecnología sin depender de sistemas propietarios.

Algunas de sus características mas importantes son que puede funcionar sobre RS-485 opto-aislado, acoplado a un cable coaxial o de pares trenzados con un transformador, sobre corrientes portadoras, fibra óptica e incluso radio.

LonMark es una asociación de fabricantes que desarrollan productos o servicios basados en redes de control *LonWorks*, La tecnología *LON (Local Operating Network)* hace posible una nueva generación de productos de bajo coste que facilitan la comunicación entre ellos. Aplicando esta tecnología se facilita la creación de redes de dispositivos inteligentes que se comunican, procesan y controlan múltiples aplicaciones en automatización de empresas, edificios corporativos, hoteleros etc.

4.1.3.4.1 Red LON

Es un sistema de transmisión de datos que permite compartir recursos e información; uno de sus objetivos es hacer que todos los programas, datos y equipos estén disponibles para cualquier equipo de la red que así lo solicite, sin importar la localización física del recurso y del usuario.

Una red *LON* está formada por dispositivos inteligentes, llamados nodos, conectados por uno o más medios de comunicación utilizando el mismo protocolo.

Los nodos están programados para enviar mensajes a otros nodos al detectar cambios en algunas de sus entradas y para actuar como respuesta a mensajes que reciben en sus salidas. El funcionamiento completo de la red surge de las distintas interconexiones entre cada uno de los nodos, donde la interacción entre todos los nodos puede dar lugar a implementar aplicaciones complejas.

Los cuatro elementos básicos de *LONWORKS*® son:

- Protocolo *LonTalk*®
- *Neuron chip*
- Transceptores *LONWORKS*® (*transceivers*)
- *Software* de instalación de la red y aplicaciones

4.1.3.4.2 Protocolo *LonTalk*®

Esta formado por una serie de servicios que proporcionan comunicaciones fiables y seguras entre los nodos de la red. Algunas de sus características más importantes son:

- Variedad de medios de comunicación: par trenzado, red eléctrica, radiofrecuencia, cable coaxial y fibra óptica.
- Tiempo de respuesta: se utiliza un algoritmo propietario para la predicción de colisiones que evita la pérdida de prestaciones al tener un medio de acceso compartido.

- **Fiabilidad:** El protocolo soporta acuso de recibo de extremo a extremo con reintentos automáticos.

4.1.3.4.3 *Neuron chip*

Es el corazón de la tecnología *LONWORKS®*. Los nodos contienen un *Neuron chip* para procesar todos los mensajes del protocolo *LonTalk®*, detectar entradas y actuar las salidas, implementar funciones específicas de la aplicación y almacenar parámetros de la instalación.

El *Neuron chip* dispone de un modelo de comunicaciones que es independiente del modelo físico sobre el que funciona. Es decir, la información, puede transmitirse sobre cables de par trenzado, corrientes portadoras, radiofrecuencia etc.

4.1.3.4.4 Transceptores *LONWORKS®*

Estos dispositivos sirven de interface entre el *Neuron chip* y el medio físico. El usuario puede elegir entre varios Transceptores de comunicación, esta flexibilidad permite optimizar el diseño de la red. Ver tabla I.

Tabla I. Familia de transceptores *Lonworks*

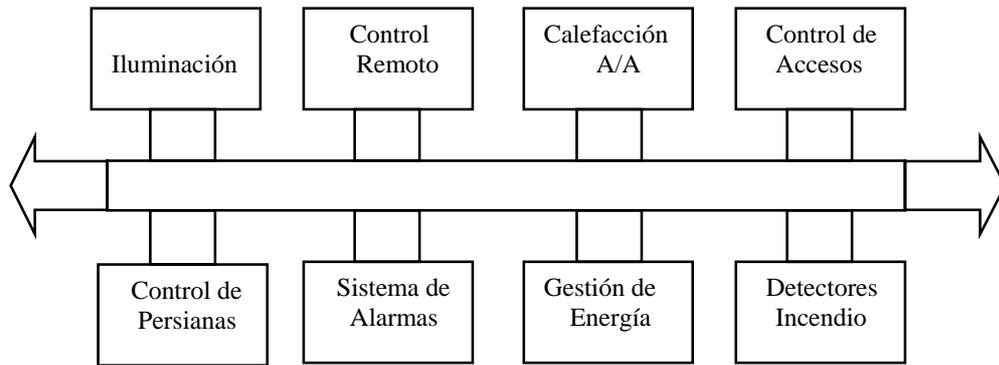
Transceptor	Medio Físico	Velocidad	Topología De red	Distancia	No. De	Otros
				Máxima	Nodos	
FTT-10 ^a	Par Trenzado	78 Kbps o Anillo libre	Bus(estrella) 2700 m bus	500 m libre	64	Compatible Con FTT-10 y LPT10

4.1.3.4.5 *Software* de red y aplicaciones

LonMarker es un paquete *Software* que proporciona las herramientas necesarias para el diseño, instalación y mantenimiento de redes de control *LonWorks*. Estructura de la red: La red *LON* adopta una estructura distribuida, que es aquella en la que el elemento de control se sitúa próximo al elemento a controlar y tiene las siguientes ventajas, (ver figura 6)

- Los sensores y actuadores están equipados con su propia inteligencia e intercambian información directamente entre si.
- No es indispensable un dispositivo controlador máster.
- Toda la información se lleva a cabo de forma local.
- Requiere un cableado muy reducido
- Admite máxima flexibilidad en la expansión

Figura 6. Esquema de un bus LonWorks



4.1.3.5 Protocolo *Konnex* (KNX)

Es una tecnología que resulta de la iniciativa de los sistemas de control europeo *Batibus*, EIB y EHS, con el objetivo de crear un único estándar europeo para la automatización HBES (*HOME AND BUILDING ELECTRONIC SYSTEMS*) basado en sistemas abiertos. Esta decisión se originó porque se necesitaba dar solución a muchos inconvenientes que presentaban individualmente los estándares.

Algunas de estas necesidades se fundaban en:

- Implantar nuevos modos de funcionamiento que permitan aplicar una filosofía "*plug and play*".
- Desarrollar la presencia de estos buses en áreas como la climatización, seguridad, etc.
- Optimizar los atributos de los diversos medios físicos de comunicación sobretodo en la tecnología de radiofrecuencia.

- Organizar un único estándar para la Domótica e Inmótica que cubra todas las exigencias de las instalaciones profesionales del ámbito europeo.

El estándar **KNX** incorpora tres modos de configuración distintos.

- El *S.mode* (“Modo Sistema-*System mode*”): Este mecanismo de configuración esta enfocado para realizar funciones de control sofisticadas en edificios. Son instalados y configurados por profesionales con ayuda de *software* especialmente diseñado para este propósito. La configuración *S-mode* ofrece el más alto grado de flexibilidad en funcionalidad así como en *links* de comunicaciones.
- El *E mode* (“Modo fácil-*Easy mode*”): Los dispositivos están pre programados en fábrica para realizar una función específica. Aún así pueden ser reconfigurados algunos parámetros y enlaces de comunicación principalmente.

Este mecanismo de configuración esta destinado a instaladores con una formación básica y provee una rápida evolución del aprendizaje pero con funciones limitadas, comparadas con el “*S-mode*”.

- El *A.mode* ("Modo automático-*Automatic mode*"): Este mecanismo de configuración está desarrollado especialmente para aplicaciones de usuario final. Los dispositivos *A-mode* disponen de mecanismos de configuración automática, que adaptan sus enlaces de comunicación al resto de dispositivos *A-mode* en la red.

4.1.3.6 Protocolo BACnet

Se trata de un protocolo norteamericano, cuyo objetivo inicial fue crear un protocolo abierto para la gestión energética inteligente en un hogar, proyectando interconectar los sistemas de control ambiental.

Es una abreviatura para las comunicaciones de datos dedicado a la automatización de vivienda y redes de control ("*a data communication for Building Automation and Control Networks*"), bajo el patrocinio de la asociación norteamericana de ingenieros e instaladores de equipos de calefacción, refrigeración y aire acondicionado ASHRAE ("*American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers*").

En un principio se definió un protocolo que implementaba el modelo ISO por niveles, en donde se comenzó a usar la tecnología RS-485 como soporte de nivel físico. Ciertamente lo más importante de este estándar es el esfuerzo que ha realizado el grupo fundador y las empresas fabricantes de equipos para definir una independencia en la comunicación entre dos

dispositivos mediante un conjunto de reglas de *hardware* y *software* que permiten un enlace si se emplean otros protocolos abiertos como el EIB, el *BatiBUS*, el EHS, el *Lon Talk*, TCP/IP, entre otros.

Son muy amplias las aplicaciones y los beneficios que se pueden implementar con *BACnet*, pero el principal servicio que brinda la tecnología es el control de calefacción, ventilación y aire acondicionado o HVAC (siglas en inglés de “*Heat, Ventilating and Air Conditioning*”), seguido de la posibilidad de integración de los elementos de cada dispositivo que se refleja en funciones de interoperabilidad y seguridad, entre las que se destacan la administración de eventos y alarmas, la programación de operaciones, el control de la iluminación, el manejo de la red desde dispositivos remotos, el acceso a datos compartidos y la facilidad de expansión.

4.1.3.7 Protocolo *CEBus*

Es un estándar norteamericano desarrollado por la Asociación de Industrias Electrónicas EIA (“*Electronic industries Association*”) cuyo objetivo básico era el de estandarizar los protocolos de señalización infrarroja usados para el control remoto de aplicaciones, evitando incompatibilidades e interferencias. Esta tecnología se convirtió en un estándar nacional con la finalidad de abrir nuevos mercados en la industria de la electrónica de consumo.

CEBus conserva una arquitectura que utiliza solo los niveles físico, enlace, red y aplicación del modelo de referencia OSI, teniendo como interfaz entre estos niveles a un conjunto de primitivas de servicio. Los equipos eléctricos se pueden interconectar y comunicar usando ondas portadoras por diversos medios de transmisión como la red eléctrica de potencia, el cable trenzado, el cable coaxial, las señales infrarrojas, las señales de radiofrecuencia, la fibra óptica y el bus audio y video.

CEBus presenta flexibilidad en su topología y cualquier dispositivo se puede conectar a diversos medios siempre que tenga la interfaz adecuada, constituyendo una subred local ("*Local Médium Network*"). Para comunicar las subredes locales se utilizan dispositivos enrutadores ("*Routers*"), los cuales pueden integrarse dentro de otros equipos con mayores funcionalidades.

Para la elección del soporte físico más adecuado se debe tener en cuenta algunos parámetros como el ahorro de energía, la seguridad, la facilidad de la instalación de los componentes, la sencillez y el costo de mantenimiento de la red. Cabe destacar que el nivel físico de este estándar norteamericano no cumple con la normatividad europea para la transmisión de señales en líneas residenciales de bajo voltaje.

4.2 Topología de una red de comunicación

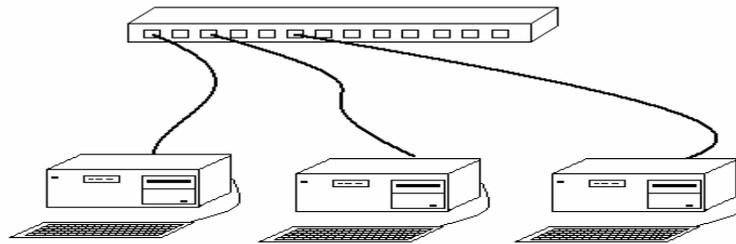
En los sistemas eléctricos que utilizan el cable como medio de transmisión existe un concepto llamado “topología de red” y es el que establece de que manera están interconectados los dispositivos de una instalación, en este caso hablamos de (sensores, actuadores, motores, contactores, unidades de control, etc.) respecto al medio de comunicación y es por medio de esta característica que se puede realizar un diseño que posibilite adaptarse físicamente a las necesidades de cada proyecto en particular. Dentro de las configuraciones de redes más usuales se pueden mencionar:

4.2.1 Configuración en estrella

Es una configuración en donde los dispositivos están conectados a un elemento principal que actúa como el cerebro o controlador del sistema. Esta topología dispone de una facilidad para agregar nuevos elementos e independencia de los mismos en una situación de fallo en un elemento no central sin afectar a los demás componentes.

Debido a la arquitectura centralizada que emplea y teniendo en cuenta que el controlador es el corazón del sistema, un fallo en el mismo inhabilita toda la instalación, se necesita además una gran cantidad de cableado y se produce un congestionamiento de la información en el dispositivo principal de control, (ver figura 7).

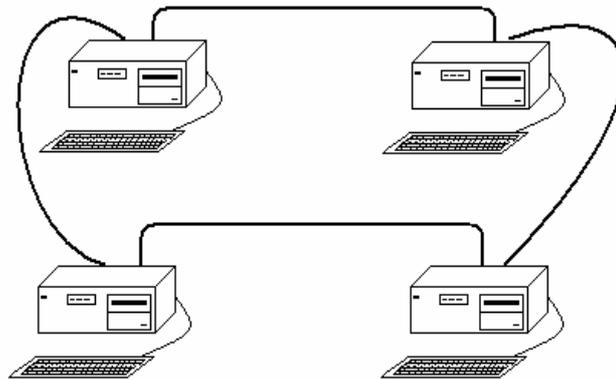
Figura 7. Configuración en estrella



4.2.2 Configuración en anillo

Los elementos que se conectan con esta topología forman un anillo cerrado y la información pasa por todos los dispositivos, es por esto que resulta más complicado la inserción de un nuevo elemento porque se tiene que paralizar el funcionamiento de la red y si ocurre un fallo en alguno de ellos se inhabilita todo el sistema, pero requiere de un control más sencillo y menor cableado que el resto de configuraciones, (ver figura 8).

Figura 8. Configuración en anillo

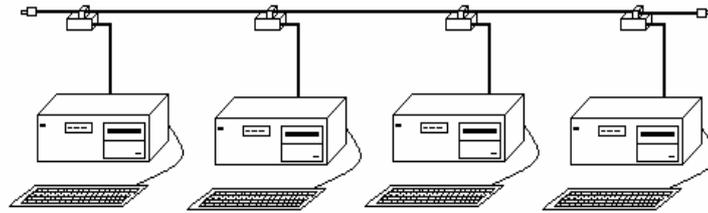


4.2.3 Configuración en bus

En esta configuración, los elementos se comunican a través de un bus principal haciendo uso de técnicas de direccionamiento, de esta manera se posibilita el intercambio de información entre dos dispositivos de forma simultánea.

Presenta ventajas como la facilidad para agregar o suprimir elementos ya que no necesita de un cerebro que controle todo el sistema, por tanto se pueden independizar las tareas de control y resulta ser tolerante a fallos, (ver figura 9).

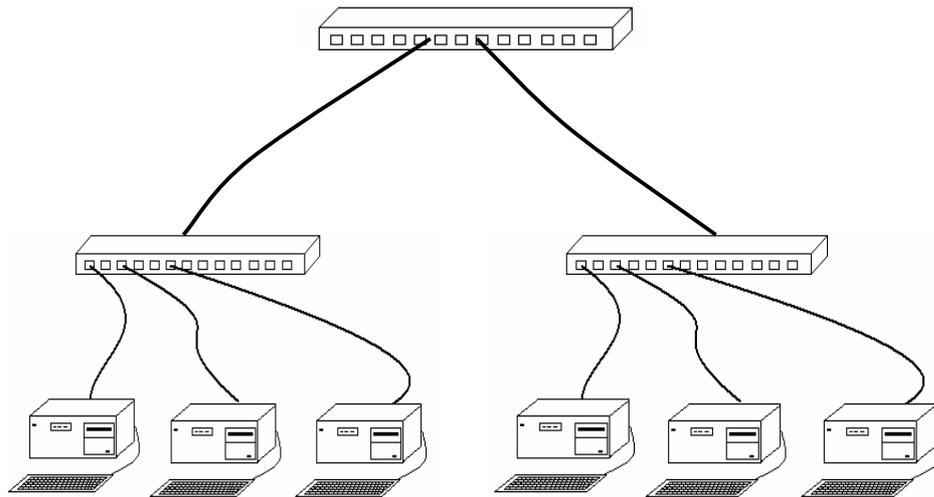
Figura 9. Configuración en bus



4.2.4 Configuración en árbol

Se basa en una forma de jerarquía en la red, utiliza combinaciones de las configuraciones en estrella y en bus, adquiriendo las ventajas o las desventajas que dependen de la configuración utilizada, (ver figura 10).

Figura 10. Configuración en árbol



4.3 Medios de transmisión

Los diferentes dispositivos de control de un sistema Domótico e Inmótico deben intercambiar información unos con otros a través de vías de comunicación física que pueden ser:

- par trenzado
- línea de potencia o red eléctrica
- radiofrecuencia
- infrarrojos

Por tanto, cada protocolo puede utilizar un medio de transmisión específico, teniendo en cuenta que la implementación de la solución más óptima es aquella que resulte ser la de mejor aplicación, según las características de cada proyecto además que represente el costo más económico.

Los medios de transferencia de datos más frecuentemente utilizados en la transmisión de la información para los sistemas son:

4.3.1 Transmisión por corriente portadora

Fue diseñado en Escocia entre los años 1976 y 1978 con el objetivo de transmitir datos por las líneas de baja tensión a muy baja velocidad y costes muy bajos. Utilizando el cableado eléctrico residencial; comúnmente se emplea la línea de distribución eléctrica por ser una alternativa económica pues se aplica a las redes existentes (no requiere de nuevas instalaciones) con facilidades de conexión.

En los últimos años, se inició la implementación de una nueva tecnología, que tiene como soporte físico la red telefónica convencional, con el fin de solucionar inconvenientes como, poca fiabilidad de transmisión de los datos y la baja velocidad de transferencia (menor que 10Kbps) debido a la cantidad de armónicos presentes y a la variación de la impedancia en función de las cargas conectadas a la red, que presenta la línea de potencia.

Para evitar falsas maniobras, provocadas por interferencias que provengan de la red eléctrica deben proyectarse con cuidado los filtros necesarios.

Un sistema basado en líneas de distribución de energía eléctrica consta de las siguientes partes:

- Unidad de control. Se encarga de gestionar el protocolo, almacenar las órdenes y transmitir las a la red.
- Interfaz de conexión de los equipos. Es el elemento que recibe las órdenes de la unidad de control y las ejecuta.
- Filtro. Es necesario para evitar que las señales puedan interferir la red eléctrica exterior a la vivienda.

4.3.2 Transmisión por cables conductores de cobre

Son muchas las aplicaciones que pueden implementarse bajo el soporte físico por cables conductores de cobre, los cuales resultan útiles para el transporte de datos, voz, alimentación y en ciertos casos se puede transmitir imagen comprimida. Se emplean generalmente para la conexión de los sensores con el elemento central encargado de la gestión.

Como referencia se tiene la siguiente clasificación para este tipo de cables:

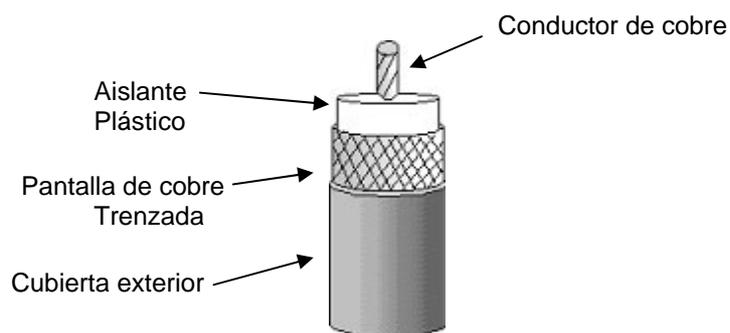
- Par de cables, cada uno de los cables está formado por un arrollamiento helicoidal de varios hilos de cobre. (Por ejemplo, los utilizados para la distribución de señales de audio).
- Par apantallado, formado por dos hilos recubiertos por un trenzado conductor en forma de malla, cuya tarea consiste en aislar las señales que circulan por los cables de las interferencias electromagnéticas exteriores. (i.e. los utilizados para la distribución de sonido de alta fidelidad o datos).

- Par trenzado, está formado por dos hilos de cobre recubiertos cada uno por un trenzado en forma de malla. El trenzado es un medio para hacer frente a las interferencias electromagnéticas.
- Cables formados por un solo conductor con un aislamiento exterior plástico. (i.e. los utilizados para la transmisión de las señales telefónicas).

4.3.3 Transmisión por cable coaxial

El cable coaxial consiste en un par de conductores concéntricos, en donde uno de ellos es el central y el otro está en el exterior en forma de malla tubular trenzada en aluminio o cobre, además se compone de un material aislante entre los dos conductores llamado “dieléctrico”, (ver figura 11).

Figura 11. Características del Cable COAXIAL



En proyectos residenciales, la utilidad del cable coaxial es muy amplia, pues se recurre a él en sistemas para entretenimiento, para la transmisión de señales de teledifusión que provienen de las antenas (red de distribución de las señales de TV y FM), señales procedentes de las redes de TV por cable, señales de control y datos a media y baja velocidad.

Algunas de las ventajas más relevantes de este canal guiado de transmisión son el bajo costo y la distancia de enlace mayor respecto a los otros soportes de transmisión de datos, además de ser ampliamente reconocida y utilizada en el medio.

4.3.4 Transmisión por fibra óptica

La fibra óptica está constituida por un material dieléctrico transparente, conductor de luz, compuesto por un núcleo con un índice de refracción menor que el del revestimiento, que envuelve a dicho núcleo.

Estos dos elementos forman una guía para que la luz se desplace por la fibra. La luz transportada es generalmente infrarroja, por lo tanto no es visible por el ojo humano.

Este medio de propagación de señales, ha representado un significativo avance en la forma de transmitir grandes cantidades de datos a cortas y largas distancias. “es el resultado de combinar dos disciplinas no relacionadas, la tecnología de semiconductores (que proporciona los materiales necesarios para las fuentes y los detectores de luz), y la

tecnología de guiado de ondas ópticas (que proporciona el medio de transmisión, el cable de fibra óptica).

Existen dos clases de fibras ópticas: las monomodo y las multimodo.

4.3.4.1 Fibra monomodo

Es una fibra óptica en la que sólo se propaga un modo de luz. Se logra reduciendo el diámetro del núcleo de la fibra hasta un tamaño que sólo permite un modo de propagación. Se utiliza en aplicaciones de larga distancia.

4.3.4.2 Fibra multimodo

Es una fibra que puede propagar más de un modo de luz. Una fibra multimodo puede tener más de mil modos de propagación de luz. Las fibras multimodo se usan comúnmente en aplicaciones de corta distancia, simple de diseñar y económico.

El núcleo de una fibra multimodo es inferior, pero del mismo orden de magnitud, que el revestimiento. Debido al gran tamaño del núcleo de una fibra multimodo, es más fácil de conectar y tiene una mayor tolerancia a componentes de menor precisión.

La fibra óptica es muy utilizada en diversas áreas, no solo en informática para la transferencia de datos sino en campos de acción de la medicina y las telecomunicaciones principalmente por sus enormes ventajas y prestaciones entre las que pueden citarse;

- Alta fidelidad
- Seguridad en la transferencia de grandes cantidades de datos
- Inmunidad frente a interferencias electromagnéticas
- Inmunidad frente a interferencias de radiofrecuencia

Sin embargo, existen algunas desventajas cuando se decide utilizar este medio de transmisión, como;

- Costo elevado de materiales y equipos
- Imposibilidad de transmitir a través de la fibra óptica, la alimentación eléctrica hacia los dispositivos conectados a la red
- necesidad de personal de campo entrenado y calificado

4.3.5 Transmisión por infrarrojo

El enlace se realiza entre equipos que posean dentro de sus circuitos, un diodo emisor de luz LED ("*Light Emissor Diode*") en la banda infrarroja; éste es el encargado de transmitir la señal invisible previamente modulada, con la información de control hacia un fotodiodo en otro equipo en donde se recibe la señal, para que posteriormente se demodule con el objetivo de extraer la información de control transferida.

Actualmente hay una gran demanda por los servicios basados en transmisión de datos, mediante señales infrarrojas, pues son cada vez más numerosos los equipos que incorporan funciones de enlace a través de este medio inalámbrico, los cuales admiten un número elevado de aplicaciones para lograr ventajas como la comodidad y la flexibilidad.

Sin embargo, se pueden presentar inconvenientes representados en estandarización y normalización, pues en muchas ocasiones no se puede tener compatibilidad entre diversos emisores y receptores de fabricantes diferentes.

4.3.6 Transmisión por radio frecuencia

La introducción de las radiofrecuencias como soporte de transmisión en recintos Domóticos e Inmóticos, ha venido precedida por el avance en la tecnología de los teléfonos inalámbricos.

Este medio de transmisión puede parecer ideal para el control a distancia de los sistemas tratados en este trabajo, dada la gran flexibilidad que supone su uso. Sin embargo resulta particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas, tanto por los medios de transmisión, como por los equipos domésticos.

A continuación se detallan varias características de los sistemas basados en transmisión por radiofrecuencias.

- Alta sensibilidad a las interferencias.
- Fácil intervención de las comunicaciones (por terceras personas).
- Quizás la dificultad mayor es la integración de las funciones de control y comunicación, en su modalidad de transmisión analógica.

En la actualidad y de manera global, se están desarrollando nuevas tecnologías para la transmisión sin cables, utilizando el espectro de radiofrecuencias.

Existe un acelerado incremento de posibilidades para su implementación, desde que aparecieron algunas redes y protocolos inalámbricos como *Bluetooth*, *Wi-Fi*, *Homero*, etc. que hacen de este medio una alternativa para abrir el mercado, hacia diversas aplicaciones en las redes Domóticas e Inmóticas.

5. ELEMENTOS SENSORES Y TRANSMISORES

Una instalación está compuesta por una serie de elementos, los cuales detectan un cambio de estado en una variable física; estos dispositivos llamados sensores transmiten la información al sistema de control mediante interfaces y acondicionadores de señal, para adaptar las señales entre los distintos componentes del *hardware*, utilizando una estructura de comunicaciones para que interactúen con otros dispositivos llamados actuadores, encargados de ejecutar, en consecuencia las acciones de control en función de una normas establecidas por el usuario.

5.1 Características y definiciones

Para realizar las mediciones de magnitudes mecánicas, térmicas, eléctricas, físicas, químicas, entre otras, se emplean dispositivos comúnmente llamados sensores y transductores.

El sensor percibe los cambios de la magnitud en cuestión, como temperatura, posición o concentración química.

El transductor convierte estas mediciones en señales estandarizadas generalmente eléctricas (voltaje o corriente) para suministrar la información a instrumentos de lectura y registro o para el control de las magnitudes medidas.

Los sensores son considerados elementos transductores de entrada en un sistema Inmótico, porque permiten obtener información de los parámetros que se desea monitorear y/o controlar en un recinto, llevando a cabo la conversión de

magnitudes para transmitirla a la unidad encargada del procesamiento, y control del estado de las variables a gestionar. Dentro de las características que posee un sensor se pueden destacar:

- Conversión de una variable física en otra diferente más fácil de evaluar y procesar.
- Existen sensores de contacto físico (sensores de toque) o sin contacto físico (sensores ópticos).

Para evaluar y valorar la calidad de un sensor se debe tener en cuenta una serie de conceptos y definiciones que las caracterizan, dentro de los cuales se encuentran:

- Calibración: Es un patrón de la variable medida que se aplica mientras se observa la señal de salida.
- Error: Es la diferencia entre el valor medido y el valor real.
- Exactitud: Es la correlación entre el valor medido y el valor real.

5.2 Clasificación de sensores

En la actualidad existen un gran número de sensores de distintos tipos y funciones, los cuales se pueden clasificar de acuerdo con determinados criterios. Existe una gran variedad de sensores que se utilizan en Domótica e Inmótica para la detección de una o más variables físicas, y posibilitar un control automatizado de las tareas habituales, del confort y de la seguridad.

5.2.1 Sensores según tipo de alimentación

Básicamente los sensores se dividen en dos clases, activos y pasivos.

5.2.1.1 Sensor activo

Requiere ser alimentado eléctricamente y ajustado a los niveles apropiados de voltaje, corriente, etc. son los más comunes en las instalaciones Inmóticas.

Un sensor activo es aquel cuyas características como la resistencia por ejemplo cambia con la temperatura, haciendo variar la corriente que circula por ella y que es suministrada por un generador correspondiente.

5.2.1.2 Sensor pasivo

No requieren de alimentación eléctrica, por lo tanto no suelen ser aplicados comúnmente en Inmótica.

5.2.2 Aplicación de sensores

Existe una gran variedad de sensores que se utilizan en Inmótica para la detección de establecidas variables físicas como presión, velocidad, flujo, temperatura, posición etc. y facilitar un control automatizado de las tareas habituales, de confort, seguridad, monitoreo etc.

Dependiendo del tipo de suceso que se produzca en el entorno, que se desee detectar para llevar a cabo tareas de automatización, se pueden tener los siguientes tipos de sensores:

5.2.2.1 Sensores para detectar nivel lumínico

Los sensores de luminosidad o lumínicos son dispositivos electrónicos capaces de determinar el nivel de una fuente de luz (natural o artificial), permitiendo un

control automático de tareas dentro de un ambiente Inmótico.

Estos tipos de sensores se pueden diferenciar mediante la señal que suministran en sensores de luminosidad y detectores de fuentes de luz.

Los sensores de luminosidad propiamente dichos proporcionan una salida análoga que sirve para ajustar los niveles de iluminación en función de la intensidad de luz existente. Son llamados también reguladores o “*dimmers*” automáticos para luminosidad.

Los detectores de luz o fotoceldas solo son sensibles a un cambio considerable en una fuente de iluminación, convirtiendo la variable física en una señal de dos estados o digital, de modo que solo se utiliza para realizar acciones de encendido o apagado.

Los sensores pueden proporcionar una señal binaria que permita activar un elemento actuador como un relé, un contactor o un motor pequeño.

5.2.2.2 Sensores para control de climatización

En climas como el de Guatemala, donde los cambios de temperatura no son extremos como en otras latitudes del mundo, en la época seca o de verano se hace necesario climatizar los ambientes de trabajo, diversión etc. Para ello se utilizan equipos de aire acondicionado cuya forma de operación se establece en ajustar a un valor determinado, la temperatura del ambiente en el que opera.

Para tal efecto, se deben utilizar sensores que monitoreen constantemente la temperatura del recinto, y si la temperatura excede el valor definido, el sistema debe inyectar aire con una menor temperatura hasta obtener el valor deseado.

Los termostatos de ambiente se suelen instalar a 1.5 metros del suelo y en el centro de una pared que se encuentre opuesta a una fuente de calor, ubicándolos en un lugar accesible y alejado de fenómenos externos que puedan causar desviaciones en la medida de la temperatura, como la incidencia directa del sol, las corrientes de aire o los electrodomésticos y equipos cercanos susceptible de producir cierto grado de calor.

Las sondas de temperatura son sensores analógicos, que varían un parámetro en función de la temperatura. Estos consisten en semiconductores o resistencias con coeficientes de temperatura grandes, tanto negativas como positivas.

Generalmente, las sondas térmicas se utilizan para regular la temperatura en espacios interiores como salas de museos, habitaciones en hoteles, hospitales, auditorios, entre otros, además de posibilitar las mediciones térmicas en tuberías y suelos.

También se emplean para funcionar como un control automático de la temperatura dentro de una vivienda u oficina en función del calor del sol incidente sobre ella,

logrando así un ambiente óptimo y confortable para los residentes del lugar.

5.2.2.3 Sensores para detección de incendio

Estos sensores detectan partículas en el aire, calor o humo, posibilitando la activación de señales sonoras y luminosas. Hay 3 clases diferentes de sensores, destinados a la detección de incendio de acuerdo con la propiedad física que emplean: Iónicos, ópticos y termovelocímetros (detectores de flujo de calor).

- **Iónicos.** Poseen varias cámaras independientes. Una de ellas es cerrada e ionizada por una fuente radioactiva muy débil, la cual no presenta riesgos para la salud y la otra es abierta para que pueda circular el aire del entorno.

En la combustión generada dentro de la cámara abierta se produce la ionización del aire, detectándose la diferencia entre el nivel de ionización de las cámaras.

Debido a la alta sensibilidad que pueden tener estos sensores, resultan adecuados para la instalación en viviendas y edificios pero no se aconseja en lugares de humo frecuente. La instalación se debe realizar en locales con alturas menores de 12 metros, cubriendo un área máxima de 50m² por detector.

- **Ópticos.** Su configuración es de tipo barrera óptica, consistiendo en un diodo emisor de luz y un fototransistor receptor que detecta constantemente el haz luminoso. Cuando se interpone humo visible dentro de la barrera óptica se produce dispersión del haz, provocando una disminución en la intensidad recibida, enviando una señal de alerta.

Presentan baja sensibilidad, pues solo se encargan de detectar el humo visible, por tanto no es recomendable su instalación en ambientes que habitualmente contengan humo (cocinas, niveles de parqueos, etc.).

- **Termovelocimétricos.** Se componen de puentes equilibrados de resistencias, algunas de ellas se exponen hacia el exterior para la detección de variación de temperatura. En ciertos casos se reemplazan las resistencias por sustancias líquidas o gaseosas.

Estos sensores responden cuando hay un sobrepaso de temperatura establecida dentro de un rango específico y son insensibles a humo, por lo que se posibilita su instalación en ambientes como garajes, cocinas y cualquier ambiente donde haya circulación de humo. Pueden ubicarse en locales con altura inferior a 7 metros y tiene cobertura máxima de 25m² por sensor.

5.2.2.4 Sensores para control de presencia

Estos sensores están diseñados para detectar el ingreso y salida de personas autorizadas o no, dentro del ambiente en el cual se requiere una asistencia automática de iluminación, climatización, seguridad etc. Se clasifican en lineales, volumétricos y perimetrales.

5.2.2.4.1 Sensores lineales

Funcionan mediante el bloqueo de una barrera invisible cuando algo o alguien se interponen en ella. Esta barrera se conforma mediante un elemento emisor de infrarrojos o microondas y otro receptor del mismo tipo, el cual recibe constantemente la señal del primero (en condiciones normales) y se interrumpe momentáneamente mientras haya algún cuerpo en su campo de actuación. Entre estos tipos de sensores se pueden mencionar:

- **Barrera de infrarrojos.** Este sensor está construido por diodos emisores de luz infrarroja, que emiten los haces luminosos de forma paralela y alineada hacia elementos receptores infrarrojos, originando así una barrera óptica imperceptible para el ser humano.

Justo cuando las barreras se interrumpen por la obstrucción de algún cuerpo entre ellas, se origina una señal sonora y/o luminosa; además se cuenta con un sistema contra falsas alarmas, pues la utilización de dos o más barreras hace que se

eviten alertas cuando algo o alguien que no se considere como intruso ha sobrepasado solamente una de ellas, como pueden ser aves, roedores, etc.

Los sensores de barrera infrarrojas presentan la gran ventaja de ser inmunes a los fenómenos climáticos (lluvia, niebla, humedad, etc.), es por esto que se facilita la instalación tanto en interiores como en exteriores.

- **Barrera por microondas.** Consiste en instalar un cableado especial introducido en tierra que sirven para conectar un emisor y un receptor. El emisor de microondas genera impulsos de muy alta frecuencia (VHF), los cuales se propagan a lo largo del cable y en su alrededor.

El receptor detecta esta señal que es inalterable en condiciones normales. Cuando algo o alguien penetran en la zona de propagación y recepción se produce una variación de la señal, la cual es detectada por el receptor permitiendo la activación de una alarma.

Estos sensores son muy utilizados en lugares que requieren una alta seguridad, como edificios que prestan servicios financieros.

5.2.2.4.2 Sensores volumétricos

Son sensores digitales, donde existen cuatro tipos de tecnología y la activación del mismo se produce cuando detectan un cambio de temperatura o de movimiento. Se usan frecuentemente para la detección de intrusiones no deseadas dentro de un espacio. La localización óptima de estos es en una esquina y en la parte superior dentro de un ambiente cerrado, asegurando una orientación que logre la máxima cobertura posible y alejada de fuentes de calor externas.

La característica de los sensores de presencia es su sensibilidad. Ya que son capaces de detectar movimientos tan pequeños como el de una mano dentro de un espacio reducido.

Dentro de los detectores volumétricos de presencia se suelen emplear cuatro tipos de tecnologías distintas, basando su funcionamiento cada una en un principio básico:

- **Infrarrojos.** Estos detectan cambios térmicos expresados en radiaciones infrarrojas del entorno y los memoriza en forma de haces volumétricos inclinados según varios planos, de manera que puedan ser detectados cuando se generan cambios rápidos. Son sensibles a fuentes de calor como la luz solar y las corrientes de aire caliente y frío.

Los hay de distintos tipos dependiendo del sensor, los lentes, nivel de cobertura, circuitos electrónicos, etc. Se utilizan principalmente en oficinas cerradas, áreas con alto flujo de aire.

- **Microondas.** Emplean un fenómeno físico basado en la reflexión de ondas electromagnéticas denominado Efecto *Doppler*. Estos sensores producen señales ondulatorias de alta frecuencia (superiores a 10GHz) y almacenan las reflexiones producidas en el ambiente. Si un cuerpo está en movimiento se genera una variación en estas reflexiones y por consiguiente provoca un cambio en la frecuencia de la onda.
- **Ultrasonidos.** Este tipo de sensores tienen un funcionamiento similar a los que emplean las microondas. Se basan de igual manera en el efecto *Doppler* aplicado a las ondas sonoras, detectando la reflexión de estas señales. Son sensibles a ruidos externos de alta frecuencia y a corrientes de aire, por lo que su alcance es reducido.
- **Tecnología dual.** Resulta de la combinación de la tecnología con infrarrojos y con microondas. Se puede realizar la detección de movimientos por medio de los dos sistemas simultáneamente o permitiendo la activación de uno de ellos y la

posterior confirmación del otro, así es posible evitar falsas alarmas.

Cuando se requiere de un alto grado de fiabilidad en la detección de un cuerpo se incorporan algoritmos en estos sensores para diferenciar el movimiento del cuerpo humano, de animales o de objetos. Se utilizan en salones de clase, comedores, cuartos de cómputo.

5.2.2.4.3 Sensores perimetrales

Son los encargados de realizar la vigilancia en el perímetro de una instalación. Actúan como barreras situadas alrededor del lugar e inspeccionar y se produce la activación cuando algo o alguien la sobrepasa.

La ventaja más notable es la capacidad de detectar al intruso antes que ingrese a la vivienda o edificio debido a la ubicación de estos elementos sensores en el exterior. Existe una gran variedad de este tipo de sensores y es indispensable tener en cuenta los requerimientos y características antes de realizar diseños preliminares a una instalación.

Dentro de estos sensores se pueden encontrar algunas clases que se emplean para la detección de vibraciones, rotura de cristales, apertura de puertas o ventanas, entre otros.

5.2.2.4.3.1 Sensores sísmicos

Se componen de dos masas que separan e interrumpen el envío de una señal eléctrica al recibir un golpe o vibración sobre una superficie. Pueden contener elementos como un piezoeléctrico, (reacciona si se interna cortar un vidrio), una gota de mercurio (cierra un circuito al desplazarse) o un péndulo (produce movimiento oscilatorio y acciona una alarma o actuador).

5.2.2.4.3.2 Sensores para detectar rotura de vidrios

Estos detectores se activan por medio de los sonidos de altas frecuencias. Su funcionamiento se basa en el siguiente principio: “Cuando se produce una rotura del vidrio, se provocan dos tipos de sonidos que son de distinta frecuencia: el primero, debido al impacto sobre el vidrio, es un sonido grave de unos 200 Hz. El segundo, debido a la rotura del vidrio, que es un sonido agudo con una frecuencia de 3,000 a 5,000 Hz. El sensor posee un micrófono que responde a las altas frecuencias antes citadas y en cortos intervalos de tiempo (100ms máximo).

Estos sensores microfónicos no se deben instalar sobre la superficie a proteger sino en cercanías de la misma y en sitios imperceptibles.

5.2.2.4.3.3 Sensores para apertura de puertas y ventanas

Estos detectores están compuestos de contactos magnéticos, formados por un imán y un cuerpo metálico (interruptor magnético) con unos cables de conexión a un circuito electrónico. Cuando el imán se encuentra separado del cuerpo metálico se dice que está en posición de reposo pero mientras esté en las cercanías del mismo, éste lo atrae y permite la conmutación del circuito.

5.2.2.4.3.4 Sensores para detectar fugas de gas

Detectan gases tóxicos y explosivos como butano, propano, gas natural etc. Se sitúan en diferentes alturas en función del gas a detectar; por ejemplo para gases como el butano o propano, el detector se ha de colocar a unos 20cm del suelo, y para gas natural cuya intensidad es menor, se colocan a 20cm del techo.

5.3 Elementos transmisores

Al igual que los sensores, los transmisores son elementos de entrada en un sistema Domótico e Inmótico, pero con la gran diferencia de tener una interfaz de usuario, admitiendo el ingreso de órdenes continuas individuales o secuenciales.

Los transmisores basan su funcionamiento en la recopilación de información, representada en las órdenes y comandos que el

usuario del sistema ejecuta para la realización de una acción determinada, para luego ser enviada hacia el elemento controlador y posteriormente ser ejecutada la tarea de control.

Los transmisores básicos que se pueden instalar en un sistema Domótico e Inmótico son: interfaz telefónico, mandos a distancia, pulsadores y teclados.

5.3.1 Interfaz telefónico

Estos dispositivos son herramientas útiles e importantes dentro de un sistema Domótico e Inmótico. Se componen de una interfaz con la red telefónica pública básica conmutada (RTPBC), una electrónica de control y el respectivo interfaz con el sistema automático (por ejemplo, “Gateways” entre redes de telecomunicaciones).

Dependiendo del flujo de información que gestionan, los interfaces telefónicos pueden ser de dos tipos: Unidireccionales y bidireccionales.

Los interfaces telefónicos unidireccionales reciben la información únicamente desde el exterior hacia el sistema. Pueden ser mono-canal o multi-canal. Incorporan relés para el accionamiento de elementos electrónicos y mecánicos.

Los interfaces telefónicos bidireccionales permiten un flujo de datos en ambos sentidos interior-exterior. Estos interfaces están basados en tecnologías de comunicaciones empleando microprocesadores para la síntesis de voz (desde el interior) y decodificación de tonos multifrecuencia (desde el exterior). Estos sistemas permiten la gestión de aplicaciones y el mantenimiento de dispositivos a través de redes globales como *Internet*.

5.3.2 Mandos a distancia

Estos elementos son los más comunes para la interacción con el sistema Domótico e Inmótico, ya que facilita la ejecución de acciones de forma remota dentro de una vivienda o edificio. Están constituidos por un elemento emisor y otro receptor. El elemento emisor puede ser un mando con botones de membrana o una pantalla inalámbrica sensible al tacto ("*Wireless TouchScreen*"); es quien recoge la información, adapta las señales a un formato de emisión, bien sea empleando infrarrojos o radiofrecuencia, para luego enviarlas hacia el receptor.

Los mandos que utilizan infrarrojos presentan las ventajas como la no generación de interferencia, inmunidad a las radiaciones electromagnéticas y son muy económicos. Los inconvenientes se puede ver reflejados en la necesidad de existir línea de visión directa entre emisor y receptor, además de estar limitados a recintos cerrados, mientras que los mandos que utilizan radiofrecuencia no requieren de línea de vista entre los componentes y su funcionamiento resulta útil en zonas donde se requiera mayor cobertura, sin embargo son más costosos y pueden presentar mayor sensibilidad a las interferencias.

5.3.3 Interruptores

Son elementos electromecánicos considerados entradas del sistema Domótico e Inmótico que posibilitan la conexión o desconexión de uno o más circuitos eléctricos.

Los pulsadores se pueden diferenciar de los interruptores por su configuración mecánica y modo de operación. Tienen sólo una posición de equilibrio. Se accionan cuando cambia de estado, regresando a su posición original cuando cesa el accionamiento. De acuerdo con lo anterior se pueden encontrar pulsadores normalmente abiertos o normalmente cerrados.

6. ELEMENTOS ACTUADORES

Los actuadores son dispositivos electromecánicos considerados como salidas en un sistema Domótico e Inmótico, porque actúan sobre el medio exterior y afectan físicamente a las instalaciones. Ejecutan las órdenes que el controlador central les envía, obtenidas mediante las entradas al sistema a través de los sensores, convirtiendo una señal eléctrica en otra de tipo (mecánica, térmica, óptica, etc.). Realizan de alguna manera, un proceso inverso al de los sensores.

Los actuadores se pueden clasificar en tres tipos, diferenciados según su constitución:

- Electro-mecánicos (motores, electro-válvulas, relés, contactores, cerraduras digitales)
- Acústicos (sirenas, bocinas, altavoces)
- Luminosos (paneles, monitores, lámparas).

A continuación se describen los dispositivos que pueden considerarse como actuadores empleados en las instalaciones Inmóticas.

6.1 Actuador Electro-mecánico (motor)

Son máquinas que convierten la energía eléctrica en energía mecánica para generar movimiento. Los tipos más comunes empleados en sistemas Domóticos e Inmóticos, son los de corriente alterna, los de corriente directa y los paso a paso, estos últimos muy utilizados en los equipos de impresión.

6.1.1 Motores de AC.

Los motores de corriente alterna varían la velocidad en función de la frecuencia del voltaje de entrada. Tienen la gran ventaja de no necesitar fuentes de alimentación adicionales a la propia de la red eléctrica.

6.1.2 Motores de DC.

En los motores de corriente continua o directa, la variación del voltaje controla la velocidad del mismo. Son precisos y su accionamiento es rápido.

6.1.3 Motores paso a paso.

Los motores paso a paso son elementos de muy alta precisión, por tanto se emplean como dispositivos de posicionamiento, en algunos casos se emplean en conjunto con servo válvulas que giran a un ángulo determinado a cada secuencia de impulsos.

6.2 Actuador electro-mecánico (Electro-válvula)

Son elementos conformados por válvulas en las cuales se controla la apertura mediante una señal eléctrica externa. Se emplean para realizar el control de caudales de líquidos o gases, siendo dispositivos fundamentales para la optimización y el ahorro considerable de agua y gas. También suelen emplearse en los ductos de los sistemas de aire acondicionado.

En una instalación automatizada se emplean con frecuencia las válvulas de control (también llamadas servo válvulas) y de corte (control de tipo activado/desactivado).

6.2.1 Válvulas de corte

Son válvulas utilizadas para realizar un control de paso o interrupción de un servicio (agua o gas). Actúan mediante un electroimán que desplaza una pieza móvil, permitiendo el cierre o el paso del fluido. Posee un tiempo de respuesta menor que las válvulas de control y su accionamiento puede activarse por medio de corriente alterna o directa.

6.2.2 Válvulas de control

Son válvulas de paso variable o proporcional, utilizadas en circuitos de calefacción por radiación de agua caliente. Tiene un tiempo de respuesta amplio (de 10 segundos hasta 3 minutos) ya que son accionados por un motor de corriente alterna.

6.3 Actuador acústico (sirena)

Son elementos de comunicación que se emplean en los sistemas de seguridad para advertir una alarma en alguna situación que represente un peligro o una situación de emergencia para las personas o para el entorno habitable.

La instalación de las sirenas se puede realizar en exteriores e interiores, dependiendo del tipo de alerta que se requiera en el lugar. Cuando se instala en ambientes exteriores se acompaña de un elemento luminoso con una lámpara o un flash estroboscópico.

6.4 Actuador Electro-mecánico (relés y contactores)

Son los elementos más empleados en Domótica e Inmótica, ya que permiten conmutar circuitos de alta potencia empleando señales de baja potencia.

En primer lugar, los relés se constituyen por una bobina (parte fija) y unos contactos normalmente cerrados, normalmente abiertos y un contacto común (parte móvil) que cortocircuita con los anteriores para llevar a cabo una tarea.

Los contactores físicamente y funcionalmente son elementos similares a los relés, pero pueden manejar cargas de mayor potencia (lavadores, lavavajillas, motobombas, etc.), son más robustos y generalmente se instalan en carriles o tableros de distribución. Poseen una bobina y unos contactos de platinas de cobre con un ancho y disposición en función con la corriente que circula por ellos.

También pueden accionar varios circuitos simultáneamente con una misma señal de control, teniendo la posibilidad de forzar la activación o desactivación (marcha/paro) desde un circuito externo de baja potencia.

6.5 Controlador

Es el cerebro del proceso. Recibe las señales procedentes de sensores y dispositivos externos y las interpreta para decidir cual o tal salida tiene que activar si es necesario.

Allí es donde se encuentran los algoritmos y comandos escritos en algún lenguaje de programación para que pueda interactuar con el hardware del sistema, llevando a cabo la regulación de las órdenes en función de las necesidades del usuario.

7. CONSIDERACIONES BÁSICAS PARA LA AUTOMATIZACIÓN

Las instalaciones eléctricas en edificios, comprenden una serie de sistemas que van más allá de la iluminación y la fuerza motriz. Así se pueden encontrar sistemas de audio y video, TV, comunicaciones, acondicionamiento de temperatura, redes de computación, sistemas de seguridad contra intrusos, puertas automáticas, alarmas contra incendio, detectores de gas, bombas pluviales, inyección y extracción de aire etc. A lo largo de las últimas dos décadas, la incursión de los computadores y las redes que las alimentan e interconectan es uno de los mas notorios ingredientes en la nueva organización de los espacios en los edificios modernos.

Para que los servicios no continúen operando como subsistemas independientes, que se reportan fallas entre si para luego interpretarlos, ha ido surgiendo una natural evolución hacia una mayor integración, dando lugar a un concepto global que se conoce como automatización de edificios.

Con el avance tecnológico y la reducción de los costos de fabricación, muchas aplicaciones que antes sólo estaban reservadas para su uso en grandes redes corporativas de hoteles, oficinas e industrias, han pasado a ser accesibles para las instalaciones en edificios y viviendas en general. Además, las demandas de espacio físico para estos sistemas es cada vez menor.

La inteligencia de manera estricta esta relacionada con la capacidad de un sistema de aprender por si mismo, lo que no sucede en la mayoría de las construcciones a las que se denomina inteligentes, y que en el mundo científico es un tema aun sin conclusiones definitivas.

En todos los casos se trata de edificaciones “tecnológicamente avanzadas”, es decir, que cuentan con dispositivos de última generación, que trabajan para que el sistema monitoree, alerte y decida en base a parámetros establecidos; funcionando como el sistema nervioso central del edificio, mediante una plataforma tecnológica que permita el establecimiento de conexiones con medidas de seguridad y control de acceso, climatización integral, ascensores con sistemas de optimización de flujo, servicios de datos, voz, seguridad o entretenimiento de forma integrada, e incorporar en esa estructura dispositivos y terminales de comunicaciones y audiovisuales que faciliten al usuario la utilización de todos los servicios.

El diseño y conformación definitiva deben cumplir con criterios de confiabilidad y flexibilidad para integrar los distintos componentes, y adaptarse al crecimiento y desarrollo de nuevos servicios dentro del edificio. Conviene definir las dimensiones del canal que contendrá los cableados, los cuartos de maquinas y sus necesidades suplementarias de energía y climatización, la localización de los motores, su alimentación y la ventilación de los gases que emanan para su funcionamiento o las provisiones energéticas para que en caso de corte los usuarios no pierdan información y continúen con sus labores.

Los sistemas de cableado estructurado abierto, bajo los pisos elevados de las oficinas son imprescindibles cuando se tienen que hacer las actualizaciones, cambios de componentes de una red de sistema o telecomunicación, y facilitan el re-cableado de los puestos de trabajo cuando se cambia la función de un empleado o existen expansiones en las instalaciones de cada oficina.

Los pasos lógicos más utilizados en el diseño un edificio inteligente son los que se describen a continuación:

7.1 Áreas a automatizar

El primer paso es la definición de las áreas (sistemas) del proyecto que se planea automatizar. Para esto se debe tomar en cuenta el tipo de institución en la cual se proyecta implementar el diseño y cuales son las aéreas de principal interés. Es importante recalcar que al momento de automatizar las instalaciones de un edificio se puede encontrar gran cantidad de sistemas que le darán un alto grado en tecnología.

Por tanto es importante crear un listado de los sistemas por los cuales debemos iniciar. Entre los sistemas designados como principales tenemos:

- Control de iluminación
- Integración de climatización
- Protección vs. fuego
- Control de acceso
- Administración de suministro de agua potable
- Grabación digital de video
- Sub-medición de energía eléctrica
- Control de elevadores

- Administración de estacionamientos
- Integración de CCTV
- Seguridad/detección de intrusión
- Monitoreo y control de alarmas ambientales
- Administración de mantenimiento

7.2 Definición de variables a monitorear

Después de haber definido las diferentes áreas o sistemas que se van a cubrir se debe tener en cuenta la variable principal que controla ese ambiente. Es importante aclarar que no es lo mismo el área que se va a cubrir que la variable principal. Por ejemplo, en el manejo de los equipos de aire acondicionado, el área que se va a cubrir es el sistema de climatización, mientras que la variable que se va a controlar es la temperatura y las personas que se encuentran en los recintos. A continuación en la tabla II se presentan ejemplos de áreas y variables a monitorear.

Tabla II. Áreas y variables

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

7.3 Elección de medio de transmisión

Entre los sistemas o medios usados actualmente en mayor número, podemos señalar los siguientes:

- Aquellos que utilizan como medio de comunicación y de control una red independiente.
- Los que se basan en medios existentes para la transmisión de datos. El caso más común para este sistema es la red de energía de 120V. Siendo la tecnología más utilizada para la automatización de viviendas, debido a la facilidad para su instalación; este sistema se basa en el uso de dos dispositivos, un receptor y otro transmisor, que se encargan de manejar las señales codificadas a través de la red de potencia.

7.4 Tipos de conductores a utilizar

Los tres tipos de cables reconocidos por ANSI/TIA/EIA-568 para distribución de un cableado estructurado son

7.4.1 Par trenzado

Cuatro pares, sin blindaje (UTP) de 100 ohmios, 22/24 AWG.

7.4.2 Par trenzado

Dos pares, con blindaje (STP) de 150 ohmios, 22 AWG.

7.4.3 Fibra óptica

Dos fibras, multi-modo 62.5/125 mm.

Además para la conexión entre algunos sensores y sus controladores se deben utilizar cables apantallados calibre 18 ó 22.

7.5 Diagramas y esquemas de control

Los diagramas o esquemas, son unifilares que representan todas las partes que componen un sistema de control, expresan de una manera gráfica, las conexiones que hay entre los diferentes dispositivos, para lograr así una visualización completa del sistema de la forma más sencilla.

CONCLUSIONES

1. La automatización requiere de profesionales preparados con conocimientos en el área de electricidad, telecomunicaciones, seguridad, fuentes alternativas de energía y todas las normativas aplicadas en este campo.
2. El diseño y distribución definitiva del inmueble debe cumplir con normas de confiabilidad y flexibilidad, que permitan adaptarse al desarrollo y crecimiento de nuevos servicios.
3. Un sistema automatizado puede ser tan sencillo que no utilice computador, empleando únicamente sensores, actuadores, alarmas y programaciones horarias.
4. Tomando en cuenta los avances de la tecnología de control, se debe estar a la vanguardia y obtener el máximo provecho, conociendo y aplicando la tecnología de punta.
5. Finalmente, queda claro que el concepto de “edificio Inteligente” se refiere al diseño adecuado de las instalaciones eléctricas, de comunicaciones, ventilación, sonido, seguridad, acceso, etc. maximizando la funcionalidad y eficiencia en favor de los ocupantes

del inmueble, con la finalidad de lograr un costo mínimo de operación, extendiendo su tiempo de vida, y lo más importante es permitir la incorporación o modificación de las instalaciones.

RECOMENDACIONES

1. Derivado del alza a los combustibles, el costo de la energía eléctrica se hace cada día más elevado. Esto significa que el diseño de un edificio ya no debe centrarse exclusivamente en la automatización para lograr un mayor confort, seguridad, administración energética más eficiente etc. Se debe avanzar un paso más y pensar en un diseño que utilice energía renovable.
2. En Guatemala no existe una normativa que regule las instalaciones eléctricas en su totalidad, situación que debe ser resuelta creando o asignando a un ente competente la ejecución de las mismas.
3. Es necesario que los nuevos profesionales egresados de la Facultad de Ingeniería, cuenten con los conocimientos teóricos y prácticos relacionados con la automatización de las instalaciones de edificios.

BIBLIOGRAFÍA

1. El portal de la Domótica y el hogar digital. Casadomo.com (agosto 2007)
<http://www.casadomo.com/noticiasdetalle.aspx>
2. Romero Morales, Cristóbal y otros. “Domótica e Inmótica, viviendas y edificios inteligentes” Madrid, España. 2005
3. Especialistas en *Building automation*. Tac (septiembre 2007)
<http://www.shneider-electric.com.ar/tac/>
4. Kirshining, Ingrid. Edificios Inteligentes. Tesis licenciada Sistemas Computacionales. Universidad de las Américas Puebla, Mexico. 1992.
5. Henao Merchan, Oscar David. *Hardware y Software Domótico*. Tesis Ing. Electrónico. Universidad Pontificia Bolivariana, Colombia. Escuela de Ciencias, 2006.