

ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO

FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROYECTO DE GRADO PARA LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**DISEÑO, CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN
DE UN SISTEMA DOMÓTICO PARA GESTIÓN
Y CONTROL RESIDENCIAL**

AUTORES

RITA FERNANDA ALARCÓN URGILÉS

ROMMEL ANDRÉS DURÁN TAMBACO

QUITO – ECUADOR

ABRIL 2005

AGRADECIMIENTO

En primer lugar quiero dar gracias a Dios por darme la voluntad, paciencia y fortaleza para salir adelante y enfrentar las adversidades encontradas, y por brindarme la oportunidad de aprender, mejorar y crecer junto a tantas personas que me han dedicado su cariño y protección a lo largo de mi vida.

El agradecimiento más importante va dirigido a mis padres, hermanos y demás familiares, en especial a mis abuelitos y a María Eugenia, quienes de una u otra manera me han brindado su amor, confianza y apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Un profundo agradecimiento a mi tío Eduardo, pues sin su afecto, preocupación y desinteresada ayuda no habría sido posible llevar a cabo este trabajo.

Mi cordial agradecimiento a los ingenieros Hugo Ortiz y Fabián Sáenz, destacados profesionales y maestros cuya paciencia y acertados consejos nos permitió concluir de la mejor manera el presente proyecto.

Un agradecimiento muy especial a Rommel por su esfuerzo y total dedicación en el desarrollo del proyecto, así también como su esmero, tranquilidad y apoyo para afrontar las dificultades que se presentaron, no solo durante la tesis sino en tantos otros momentos.

Por último quisiera agradecer a mis compañeros y amigos con quienes compartimos tantos momentos gratos y además por haber estado junto a mí en situaciones difíciles.

Rita Fernanda

AGRADECIMIENTO

A Dios y a mi madre Dolorosa, por no abandonarme nunca, por haberme marcado el camino en todo momento y por haberlo recorrido siempre junto a mí, aún cuando yo me olvide de ellos.

A mi madre, gracias por creer en mí en todo momento, por apoyarme en todo, por estar siempre junto a mí, e incluso acompañarme en muchas de esas largas noches de desvelo.

A mi padre, gracias por creer en mi y hacerme entender que todo en la vida es posible con trabajo y determinación.

A mi hermana María José, por su apoyo incondicional y constante preocupación.

Al Ingeniero Eduardo Alarcón, por creer en este proyecto y por su ayuda desinteresada.

A los ingenieros Hugo Ortiz y Fabián Sáenz, directores de tesis, mi más sincera gratitud por su confianza, paciencia y disposición en todo momento.

A Rita, por su constante empuje y apoyo, sin el cual este proyecto aún no vislumbraría su final. Por ser una fuente de inspiración en un mundo en el cual es muy difícil encontrar personas con tanto que dar.

A mi familia, por estar cada uno a su manera apoyándome para alcanzar las metas propuestas.

A mis amigos, por saber mejor que yo cuando necesitaba alejarme de los estudios.

Rommel Andrés

DEDICATORIA

A mis padres, confidentes y amigos: Rita y Germán. El incondicional amor y el constante ejemplo y protección que me han brindado todos los días de mi vida me ha permitido llegar a ser lo que soy.

A mis queridos hermanos, Vivi y Diego, por darme siempre su incalculable cariño y fortaleza y porque nunca me ha faltado su apoyo y sus consejos. Es por ustedes que siempre he tratado de ser mejor cada día, espero no haberles defraudado

A ustedes va dedicado el cumplimiento esta meta. Gracias por creer en mí y por apoyar siempre todos mis sueños.

Gracias también por tener tanta paciencia y por estar conmigo en aquellos momentos en que el estudio y el trabajo ocuparon gran parte de mi tiempo y esfuerzo. Sin su cariño y respaldo no habría podido llegar a este momento. Les quiero mucho.

Rita Fernanda

DEDICATORIA

A mi madre por que sin todo tu esfuerzo no sería la persona que soy, porque crees tanto en mí que a veces llego a convencerme de que soy la mitad de lo que piensas, así que cuando leas esto, quiero que sepas que te quiero mucho y que te debo todo a ti.

A mi padre porque en muchas aspectos has sido un gran ejemplo en mi vida y has sabido entregarme consejos colmados de sabiduría.

A mi hermana María José porque aunque a veces pienses que soy como de otro planeta, te quiero y te admiro profundamente.

Rommel Andrés

PROLOGO

Los grandes avances de la ciencia y la tecnología, en una constante retroalimentación, han permitido que día a día sea posible generar nuevos conocimientos, novedosos procesos tecnológicos y sofisticados dispositivos en búsqueda del bienestar del ser humano. Estos avances han revolucionado todos los sectores de la sociedad actual incluyendo la arquitectura, principalmente debido a la aspiración de una mejor calidad de vida de todas las personas. Parece lógico que esa aspiración se refleje en su entorno, empezando por el más importante y cercano: el hogar. Es así como surge el concepto de Domótica, disciplina que, mediante la integración de diversas tecnologías a la vivienda, permite cumplir los requisitos, tanto nuevos como tradicionales, planteados por el usuario para facilitar sus tareas diarias y optimizar los recursos de la vivienda.

El presente proyecto pretende ser un manual de referencia para la automatización de viviendas por lo que incluye un estudio de las diferentes concepciones, servicios y ventajas de la Domótica, los diferentes sistemas que pueden ser automatizados dentro de una vivienda y los estándares domóticos más importantes. Además el proyecto documenta el diseño y la implementación de una instalación domótica, la misma que contempla sistemas de iluminación, seguridad, riego y control remoto, resaltando la integración de todos los sistemas como un aspecto fundamental e imprescindible de la Domótica.

Un importante aspecto del proyecto radica en la demostración de los múltiples beneficios que presenta la implementación de una instalación domótica, ya que supone el aumento de la calidad de vida de los habitantes al satisfacer requerimientos de confort, comunicaciones, seguridad y ahorro energético gracias a la integración e interacción de los diferentes sistemas.

Este proyecto sustenta la importancia que presenta la implementación de instalaciones domóticas, sobretodo en países como Ecuador, en donde la automatización de los sistemas domésticos se realiza mediante automatismos independientes, limitando la flexibilidad y funcionalidad de dichos sistemas.

INDICE

CAPÍTULO 1	1
<u>INTRODUCCIÓN A LA DOMÓTICA</u>	<u>1</u>
1.1 DEFINICIÓN	2
1.1.1 Vivienda Domótica	4
1.2 OBJETIVOS DE LA DOMÓTICA	6
1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS	7
1.4 FUNCIONALIDAD	8
1.4.1 Ahorro de Energía	9
1.4.2 Confort	10
1.4.3 Seguridad	12
1.4.4 Comunicaciones	14
1.5 CARACTERÍSTICAS DE UNA VIVIENDA DOMÓTICA	14
1.5.1 Integración e Interrelación	15
1.5.2 Control remoto Interior y Exterior	15
1.5.3 Actualización y Flexibilidad	16
1.5.4 Acceso a Servicios Externos	16
1.5.5 Facilidad de uso	16
1.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA	17
1.6.1 Componentes de una vivienda inteligente	17
1.6.2 Tipos de Arquitectura	18
1.6.2.1 Arquitectura Centralizada	18
1.6.2.2 Arquitectura Distribuida.	19
1.6.3 Medios de Transmisión	20
1.6.3.1 Líneas de distribución de energía eléctrica.	20
1.6.3.2 Pares de Cable	21
1.6.3.3 Cable Coaxial	22
1.6.3.4 Fibra Óptica	23

1.6.3.5 Medios Inalámbricos	24
1.6.4 Protocolos de Comunicaciones	25
1.7 ESTADO ACTUAL	25

CAPÍTULO 2 **29**

SISTEMAS DE UNA CASA INTELIGENTE **29**

2.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN	30
2.1.1 Control Domótico de la Iluminación	32
2.1.1.1 Ahorro Energético	34
2.1.1.2 Confort	35
2.1.1.3 Seguridad	36
2.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN	36
2.2.1 Control Domótico de la Climatización	38
2.3 SISTEMA DE RIEGO DE JARDINES	40
2.3.1 Control Domótico del Sistema de riego	43
2.4 SISTEMAS DE MOTORIZACIÓN	45
2.4.1 Control Domótico de los Sistemas de Motorización	47
2.5 SISTEMAS DE SEGURIDAD	49
2.5.1 Sistemas de Alarma	50
2.5.2 Circuitos cerrados de televisión (CCTV)	52
2.5.3 Control de accesos	53
2.5.4 Control Domótico de los Sistemas de Seguridad	53
2.6 SISTEMAS DE COMUNICACIONES	56
2.6.1 Sistemas de comunicación en el interior de la vivienda.	57
2.6.1.1 Sistemas Multimedia	57
2.6.1.2 Red Domótica	59
2.6.1.3 Red de Datos	59
2.6.2 Sistemas de comunicación de la vivienda con el exterior.	61
2.6.2.1 Tecnologías Habilitadoras	63
2.6.2.2 Servicios	65

CAPÍTULO 3 **66**

ESTÁNDARES DE CONTROL DOMÓTICO **66**

3.1	X-10	66
3.1.1	Historia	66
3.1.2	Tecnología	69
3.1.2.1	Proceso detallado de transmisión	71
3.1.2.2	Código Extendido	75
3.1.3	Interfaces Power Line X-10	78
3.1.4	Dispositivos	78
3.1.5	Ventajas	79
3.1.6	Desventajas	80
3.2	EIB	82
3.2.1	EIBA (European Installation Bus Association)	83
3.2.2	Tecnología	84
3.2.2.1	Topología de red EIB	86
3.2.2.2	Nivel físico	87
3.2.2.3	Par trenzado	88
3.2.2.4	Direccionamiento	91
3.2.2.5	Estructura del paquete de datos	94
3.2.2.6	Intercambio de datos	96
3.2.3	Ventajas	97
3.2.4	Desventajas	98
3.3	EHS	99
3.3.1	EHSA (European Home System Association)	99
3.3.2	Tecnología	99
3.3.2.1	Dispositivos EHS	101
3.3.2.2	Estructura de red	102
3.3.2.3	Direccionamiento	104
3.3.2.4	Estructura de la trama	105
3.3.2.5	Corrección de errores	106
3.3.2.6	Fiabilidad de la Comunicación	107
3.3.3	Ventajas	107

3.3.4	Desventajas	107
3.4	BATIBUS	108
3.4.1	BCI (BatiBUS Club International)	108
3.4.2	Tecnología	109
3.4.2.1	Topología	110
3.4.2.2	Transmisión	111
3.4.2.3	Configuración	112
3.4.3	Ventajas	112
3.4.4	Desventajas	113
3.5	KONNEX	113
3.5.1	Tecnología	114
3.5.1.1	Nivel físico	115
3.5.2	Modos de configuración	116
3.5.2.1	Modo de sistema (System Mode)	117
3.5.2.2	Modo Fácil (Easy Mode)	117
3.5.2.3	Modo Automático (Automatic Mode)	118
3.6	CEBUS	119
3.6.1	Historia	119
3.6.2	Tecnología	120
3.6.2.1	Nivel Físico	122
3.6.2.2	Codificación de señal	124
3.6.3	CAL (Common Application Language)	126
3.6.4	Ventajas	127
3.6.5	Desventajas	128
3.7	LONWORKS	128
3.7.1	Historia	129
3.7.2	Tecnología	130
3.7.2.1	Neuron Chip	131
3.7.2.2	Nivel Físico	132
3.7.2.3	Direccionamiento	133
3.7.2.4	Tipos de Mensajes	135
3.7.2.5	Estructura de la trama	135
3.7.3	LonMark	136

3.7.4	Ventajas	137
3.7.5	Desventajas	137

CAPÍTULO 4 **138**

DISEÑO DEL SISTEMA **138**

4.1	CONSIDERACIONES INICIALES	139
4.1.1	Características de la Vivienda	139
4.1.2	Necesidades y Requerimientos del Usuario	142
4.2	ELECCION DEL ESTÁNDAR DOMÓTICO	143
4.2.1	Criterios de usuario	143
4.2.2	Criterios técnicos	144
4.2.3	Otros criterios	144
4.3	DISEÑO DE LOS SUBSISTEMAS	147
4.3.1	Subsistema de Control de Iluminación	147
4.3.2	Subsistema de Control de Seguridad	156
4.3.2.1	Sensores	161
4.3.3	Subsistema de Control de Riego	167
4.3.4	Subsistema de Integración	173
4.3.5	Solución de problemas de transmisión X-10	175

CAPÍTULO 5 **177**

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN **177**

5.1	SUBISTEMA DE ILUMINACIÓN	177
5.1.1	Equipo Amplificador / Repetidor	182
5.2	SUBSISTEMA DE SEGURIDAD	183
5.2.1	Sensores	185
5.2.1.1	Sensores de Movimiento	185
5.2.1.2	Sensores de Puerta/Ventana	186
5.2.1.3	Sensor de Variación de Calor	187

5.2.2	Programación	187
5.2.2.1	Panel de Control NX-6	190
5.2.2.2	Módulo de expansión inalámbrico NX-416E	193
5.2.2.3	Módulo de interfaz de teléfono “Operator II” NX-540E	194
5.2.3	Cámara de video vigilancia	195
5.3	SUBSISTEMA DE RIEGO	195
5.3.1.1	Válvula	195
5.3.1.2	Aspersores	197
5.3.1.3	Controlador	197
5.4	SUBSISTEMA DE INTEGRACIÓN	198
5.4.1	Programación	199
5.4.1.1	Control del subsistema de Riego	200
5.4.1.2	Sensores de Movimiento X10: Outdoor Motion Sensor	201
5.4.1.3	Interacción del Sistema de Seguridad y el Sistema X-10	202
5.4.2	Desarrollo de Macros	206

CAPÍTULO 6 **214**

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO DEL SISTEMA **214**

6.1	TECNOLOGÍAS DE ACCESO	214
6.1.1	Red telefónica	214
6.1.2	Internet	215
6.1.3	WAP	217
6.1.4	SMS	218
6.2	SUBSISTEMA DE CONTROL REMOTO	219
6.2.1	Descripción del Control Remoto vía Teléfono	220
6.2.2	Descripción del Control Remoto vía Web	221
6.2.2.1	Comunicación entre la Interfaz de Usuario y el Sistema X-10	221
6.2.2.2	Descripción de la Interfaz de Usuario	224

CAPÍTULO 7	230
<u>PRUEBAS Y RESULTADOS</u>	<u>230</u>
7.1 TECNOLOGÍA X-10	230
7.1.1 Ruido Eléctrico	232
7.1.1.1 Pruebas y resultados	233
7.1.2 Atenuación de las señales X-10	234
7.1.2.1 Pruebas y resultados	234
7.1.3 Desacoplamiento entre Fases	235
7.1.3.1 Pruebas y Resultados	236
7.2 SISTEMA DE SEGURIDAD	237
7.3 SISTEMA DE RIEGO	238
CAPÍTULO 8	239
<u>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</u>	<u>239</u>
8.1 CONCLUSIONES	239
8.2 RECOMENDACIONES	245

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN A LA DOMÓTICA

La tecnología ha sufrido un considerable desarrollo durante los últimos años. Desde la microelectrónica hasta Internet y el uso de las redes de comunicación, las nuevas tecnologías han avanzado a mayor ritmo que cualquier otro sector en la sociedad actual. Sin embargo los constantes cambios y avances de la tecnología invaden todos los ámbitos de la sociedad y la arquitectura no es indiferente a esta evolución (Figura 1.1).

Con el desarrollo de la electrónica y la informática, las nuevas tecnologías de comunicaciones y el perfeccionamiento técnico de los diferentes sistemas que intervienen en una edificación ha surgido el concepto de Domótica.



Figura 1.1 Vivienda domótica

La Domótica es uno de los sectores tecnológicos que paulatinamente va calando en la sociedad mundial debido a las ventajas que ofrece. Estas ventajas le proporcionan una mayor proyección en el futuro, convirtiéndolo en un mercado con un gran potencial. Al

inicio se la asociaba a múltiples sistemas de control de los dispositivos de una vivienda, lo que parecía designar algo complejo, lo cual se aleja de la realidad.

La Domótica es la aplicación de las nuevas tecnologías al entorno doméstico que permite la interconexión de todos los equipos eléctricos, electrónicos e informáticos y su interacción con el usuario. El control automático de los diferentes aparatos desde la propia vivienda y la accesibilidad a los mismos de forma remota, al igual que el suministro de nuevos servicios facilita a las personas su vida diaria, mejorando así la calidad de la misma.

Las aplicaciones domóticas que es posible realizar son muchas y variadas pues en la actualidad existen productos y sistemas adaptables a prácticamente todas las necesidades. Sin embargo mundialmente la Domótica aún no ha obtenido el grado de implantación esperado debido principalmente a la escasa información que tiene la mayoría de personas acerca de los mismos, sumado a la tendencia de considerar dichas instalaciones como futuristas, cuando actualmente su utilización es factible a costos muy razonables.

1.1 DEFINICIÓN

Domótica es una nueva rama de la tecnología que integra el control, gestión y supervisión de las diferentes instalaciones de uso cotidiano en una vivienda **desde un mismo sistema**, proporcionando una mejor calidad de vida de los usuarios y una mejor y más sencilla conservación y cuidado de la residencia.

Etimológicamente la palabra Domótica se deriva del francés **Domotique**, la cual es la contracción del latín **Domus** que significa casa y la palabra **automatique** que significa automática. Abarca los campos de la electricidad, la electrónica, la informática, la robótica y las telecomunicaciones entre otras disciplinas, las cuales convergen y se integran en un sistema con objeto de proveer aplicaciones y servicios de utilidad para los habitantes del hogar.

La Enciclopedia Larrouse de la Real Academia de la Lengua Francesa, en 1988 define a la Domótica como: "Conjunto de servicios proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, como el mejor medio para satisfacer las necesidades básicas de seguridad, comunicación, gestión energética y confort, del hombre y de su entorno más cercano".

Otra de las primeras definiciones fue proporcionada por el ingeniero Manuel C. Rubio en 1994, apareciendo en la revista Técnica Industrial. En ella el ingeniero precisó a la Domótica como una "tecnología que permite un mayor confort y seguridad de los habitantes y de los bienes, así como una racionalización en el consumo de energía, mediante la existencia de agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados a funciones, que disponen de la capacidad para comunicarse interactivamente entre ellas a través de un medio físico que las integra".

Stefan Junstrand, investigador del Royal Institute of Technology de Estocolmo presentó en el año 2002 la siguiente definición de Domótica: "Conjunto de servicios de la vivienda garantizado por sistemas que realizan varias funciones, los cuales pueden estar conectados entre sí y a redes interiores y exteriores de comunicación. Gracias a ello se obtiene un notable ahorro de energía, una eficaz gestión técnica de la vivienda, una buena comunicación con el exterior y un alto nivel de seguridad".

Existen además otras definiciones para el término Domótica, algunas de ellas son las siguientes ⁽¹⁾:

- “Nueva tecnología de los automatismos de maniobra, gestión y control de los diversos aparatos de una vivienda, que permiten aumentar el confort del usuario, su seguridad, y el ahorro en el consumo energético”.
- “Conjunto de servicios proporcionados por sistemas tecnológicos integrados, con el fin de satisfacer las necesidades de comunicación, seguridad, gestión de la energía y confort, del hombre y de su entorno más cercano”.

¹ Definiciones tomadas del sitio Web Domótica.net

- “La informática aplicada a la vivienda. Agrupa el conjunto de sistemas de seguridad y de la regulación de las tareas domesticas destinadas a facilitar la vida cotidiana automatizando sus operaciones y funciones”.

Cualquiera sea la definición que se desee dar al término Domótica es de significativa importancia la palabra **integración**. Las necesidades del usuario deben satisfacerse de forma global, lo que implica que el sistema deberá incluir todos los dispositivos del entorno residencial, caso contrario no podrá tratarse de una instalación domótica sino simplemente de la automatización de cierta actividad.

Existen diferentes concepciones acerca de la Domótica. El uso de nuevas tecnologías aplicadas a la vivienda en Estados Unidos tiene lugar por razones puramente económicas mientras que en Japón se tiende a la tecnificación total. En el caso de Europa, además de los objetivos técnico-económicos, se da mucha importancia a temas como la ecología, la salud y el bienestar de los ocupantes, así como a los aspectos organizacionales.

Cabe anotarse que existe una separación de esta tecnología para cubrir distintos ámbitos de aplicación. Se distinguen tres sectores diferentes: **Domótica** para el sector doméstico, **Inmótica** que es la Domótica aplicada a los edificios o inmuebles y **Urbótica** que es la Domótica aplicada a las ciudades, tratándose temas como el control de la iluminación pública, la gestión de semáforos, las telecomunicaciones, etc.

1.1.1 Vivienda Domótica

Es un nuevo concepto de vivienda en el que el hogar es un lugar más acogedor, funcional y seguro. Existen diferentes términos para nombrarlas, algunos de los cuales son: casa inteligente (smart house), automatización de viviendas (home automation), sistemas domésticos (home systems), etc.

En el caso de la definición de una vivienda domótica se debe tomar en cuenta dos puntos de vista. El primero es el punto de vista del usuario según el cual una vivienda

domótica es aquella que proporciona una mejor calidad de vida a través de las nuevas tecnologías, ofreciendo la reducción del trabajo doméstico y el aumento del bienestar y la seguridad de sus habitantes, obteniendo además la racionalización de los distintos consumos del hogar. El segundo es el punto de vista tecnológico, en donde una vivienda domótica es aquella en la que se integran los distintos aparatos domésticos obteniendo la capacidad de comunicarse entre sí y con el usuario a través de un soporte de comunicaciones, de modo que puedan realizar tareas que hasta ahora se venían haciendo de forma manual.

Existen algunos criterios que deben ser tomados en cuenta al momento de diseñar una vivienda inteligente. Algunos esquemas generales se listan a continuación:

- El diseño de la vivienda inteligente es un trabajo pluridisciplinario (arquitectura, electricidad, electrónica, informática, telecomunicaciones, etc) y deberá ser solucionado con una temprana integración de los distintos campos, los cuales son necesarios para llevar a cabo el proyecto.
- Convendrá diseñar la vivienda de manera que permita la aplicación de nuevas aplicaciones, las mismas que se encuentran apoyadas por soluciones tecnológicas que cambian radicalmente las necesidades tanto de espacio como de implementación.
- El diseño debe ser flexible en tiempo y espacio para apoyar los cambios de necesidades a corto y largo plazo.
- El sistema deberá permitir obtener un alto grado de estandarización y facilidad de instalación, de manera que otorgue simplicidad de uso de los sistemas automatizados.
- Escala, forma, distribución, composición, colores, acústica, iluminación, entre otras, son herramientas arquitectónicas tradicionales que deberán ser utilizadas para la creación de una vivienda automatizada.

1.2 OBJETIVOS DE LA DOMÓTICA

Desde un punto de vista general, los objetivos de esta disciplina tecnológica se pueden resumir de la siguiente forma ⁽²⁾:

- Conseguir que la calidad de vida y la seguridad de las personas que habitan en viviendas domóticas pueda ser mejorada, gracias a una oportuna concepción y uso de la tecnología, sin perjudicar la salud y el bienestar de las mismas.
- En el caso de personas ancianas y discapacitadas, el principal objetivo de la Domótica es intentar mejorar el nivel de vida de estas personas otorgando al usuario una mayor autonomía dentro de su entorno.
- Emplear de la manera más eficiente todos los recursos como dinero, materias primas, energía, trabajo, etc.
- Disponer de una variedad de elementos que permitan alcanzar una gran cantidad de aplicaciones de manera que sea ajustable a cualquier tipo de vivienda y cubra todos los requisitos y necesidades de los usuarios.
- Permitir la realización de la preinstalación del sistema en la fase de construcción. La preinstalación domótica implica la preparación de la vivienda de forma que el sistema pueda operar convenientemente el momento que lo demande el usuario con el menor número de actuaciones utilizando tecnologías compatibles con la instalación eléctrica convencional.
- Las edificaciones deben ser altamente flexibles y variables, capaces de adaptarse a cambios condicionados por el uso y necesidades del usuario, con mínimos problemas de organización y construcción.

² Domotica.net, Casadomo.com, Domotica.it

1.3 ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Las primeras iniciativas en el mundo de la Domótica intentaron abrirse paso en el mercado resaltando aspectos superficiales, los cuales no aportaban realmente un valor agregado al usuario. Inicialmente, la única manera de construir una instalación automatizada era con el uso de sensores y actuadores que se unían, con una arquitectura centralizada, a un autómata o controlador que tenía embarcada toda la inteligencia que se exigía a cada sistema dentro de la vivienda.

Casi siempre eran sistemas propietarios, muy pocos flexibles y que hacían muy difícil y costoso el aumento de las prestaciones, lo que se tradujo en una desaceleración en su penetración en la sociedad y en su evolución, por lo cual iniciaron los intentos para establecer tecnologías estándares. Cabe anotar que en el Ecuador la práctica de estos métodos continúa en vigencia, siendo por tanto importante conocer los beneficios y la infinidad de aplicaciones que brinda esta nueva disciplina tecnológica.

Estados Unidos fue el primer país en impulsar y favorecer el desarrollo de la Domótica mediante el proyecto **Smart House** dirigido por la NAHB (National Association of Home Builders). El proyecto, iniciado en 1984, pretendía reunir en un cable unificado a los distintos sistemas que pueden existir en una vivienda actual: electricidad, antenas, periféricos de audio-video, teléfono, informática, alarmas, etc.

En Europa, los primeros esfuerzos de normalización se iniciaron en 1985 al amparo del programa EUREKA. El proyecto, denominado **Integrated Home Systems**, tenía como objetivo implantar una red doméstica con normas de utilización comunes.

Tras estos innovadores proyectos surgió en Japón una normativa de bus doméstico, denominada HBS (Home Bus System), que fue presentada en 1987 por la Asociación de Industrias Electrónicas de Japón EIAJ gracias a la acción común entre distintos fabricantes coordinados por el Ministerio de Industria y Comercio Internacional.

Posteriormente, en 1989, se creó el proyecto europeo **Home Systems**, dentro del programa ESPRIT (European Strategic Program for Research and Development of Information Technology), con el objetivo de continuar los trabajos iniciados bajo el programa EUREKA, pretendiendo obtener un estándar que permitiera una evolución hacia las aplicaciones integradas para la vivienda.

Desde entonces, gracias a los distintos proyectos realizados, han aparecido en el mercado nuevos estándares domóticos tales como: CEBus, X10, EIB, Lonworks, etc. Al mismo tiempo debido a la disponibilidad y flexibilidad del microprocesador y a la drástica caída de los precios del hardware electrónico, es posible construir sensores y actuadores con inteligencia suficiente como para implementar una red de área local de control distribuido. Esto ha permitido obtener una mayor evolución en las instalaciones domóticas.

Tras una época de transición, la Domótica en el presente posee mejores condiciones. La evolución de las tecnologías, la aparición de estándares, el interés de promotores y constructores, la penetración del Internet y la obtención de una nueva visión de las necesidades a cubrir, ha permitido a la Domótica ganar en facilidad de uso e instalación, flexibilidad, modularidad e interconectividad a la vez que ha reducido los costos. Una muestra de este renacimiento es el creciente número de productos y sistemas disponibles en el mercado los cuales permiten lograr mejores prestaciones y ventajas para el usuario.

1.4 FUNCIONALIDAD

A través de la integración de los diferentes sistemas que dispone una vivienda aumentan las posibilidades de automatización. Los servicios y aplicaciones que es posible implementar en un hogar inteligente son muchos y de muy distinta índole y dependen exclusivamente de las necesidades del usuario y las soluciones y tecnologías disponibles, con la única limitación del presupuesto y de las dimensiones y características del hogar.

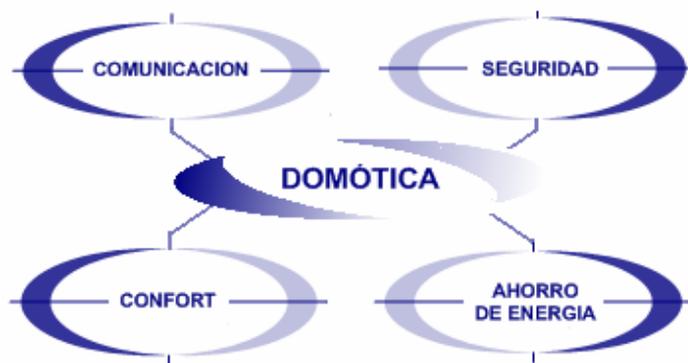


Figura 1.2. Funciones básicas que gestiona un sistema domótico

Como indica la figura 1.2, la creación de la vivienda inteligente toma forma al gestionar primordialmente los siguientes aspectos:

1.4.1 Ahorro de Energía

Cada vez es mayor la cantidad de aparatos eléctricos incorporados a la vivienda, de manera que el consumo de energía puede llegar a ser importante. La Domótica permite implementar mecanismos que regulan y optimizan dicho consumo en función de varios criterios entre ellos la ocupación de la vivienda y las tarifas energéticas.

El desarrollo de los sistemas domóticos actuales ofrece al usuario un extenso número de aplicaciones que le permiten obtener un ahorro energético considerable. Algunas de las más utilizadas (Figura 1.3) se exponen a continuación:



Figura 1.3. Principales aplicaciones de Ahorro Energético

- **Conexión y Desconexión de electrodomésticos.** Cuando la demanda de energía eléctrica del hogar es muy elevada una solución práctica es la desconexión de los circuitos eléctricos a los que están conectados equipos de uso no prioritario y con un consumo significativo.
- **Funcionamiento de equipos en horas distintas a las normales.** Una manera eficiente de ahorrar energía, en países donde la tarifa eléctrica nocturna es más económica, es hacer funcionar en la noche ciertos electrodomésticos como lavadoras, lavavajillas o secadoras, aprovechando dichas tarifas.
- **Iluminación inteligente.** Con un control total de las diferentes luces en la vivienda es posible manejar cada estancia de manera independiente, variando su iluminación dependiendo del nivel de luminosidad del ambiente y la presencia de usuarios. Con ello se evitará un consumo innecesario de energía.
- **Climatización inteligente.** El sistema interacciona sobre la temperatura de cada habitación en función del grado de utilización y la temperatura exterior.
- **Riego automático.** Evaluando una serie de condiciones para realizar el riego se podrá disminuir el desperdicio de agua. Es posible detectar cuando la tierra del jardín está suficientemente húmeda (bien por lluvia o por acumulación de agua) y evitar el riego innecesario.

1.4.2 Confort

Probablemente los usuarios encuentran a este aspecto como el más interesante y de mayor valor pues es el que perciben directamente. En una vivienda inteligente el usuario tiene la posibilidad de cesar la realización de acciones mecánicas y repetitivas que el sistema resuelve automáticamente como por ejemplo el encendido de luces o la apertura de persianas.



Figura 1.4. Principales aplicaciones de Confort

En este grupo (Figura 1.4) se incluyen las funciones destinadas a conseguir una mayor comodidad de los usuarios en el interior de la vivienda, algunas de las cuales se listan a continuación:

- **Automatización de tareas.** Su finalidad es la ejecución autónoma de tareas cotidianas restringidas a condiciones previamente fijadas.
- **Control remoto de equipos y electrodomésticos.** La Domótica ofrece la posibilidad de comandar a distancia algunos equipos y sistemas del hogar.
- **Control de iluminación.** Esta aplicación está ideada de manera el usuario pueda encender, apagar y controlar la intensidad de la luz de cada habitación (Figura 1.5), desde cualquier lugar de la vivienda, generando ambientes y obteniendo a la vez un ahorro de energía.



Figura 1.5. Control de Iluminación

- **Control de climatización.** Consiste en dividir la vivienda en zonas independientes y manejar la temperatura deseada en cada una de ellas de acuerdo al entorno y deseos del usuario.
- **Control de Motores.** En este ámbito es posible la motorización de elementos tales como persianas y toldos.
- **Control de escenas.** Esta aplicación implica el cambio del estado de una o varias estancias de la vivienda al ponerse en funcionamiento, simultáneamente y de manera programada, diferentes elementos de distintos sistemas del hogar.

1.4.3 Seguridad

En este grupo se distinguen dos aspectos: la seguridad técnica, la cual hace referencia a la protección del usuario frente a posibles peligros provocados por los propios recursos de la vivienda, y la seguridad de bienes que se relaciona principalmente con la protección del hogar frente a posibles amenazas externas al mismo como por ejemplo intrusión o robo.

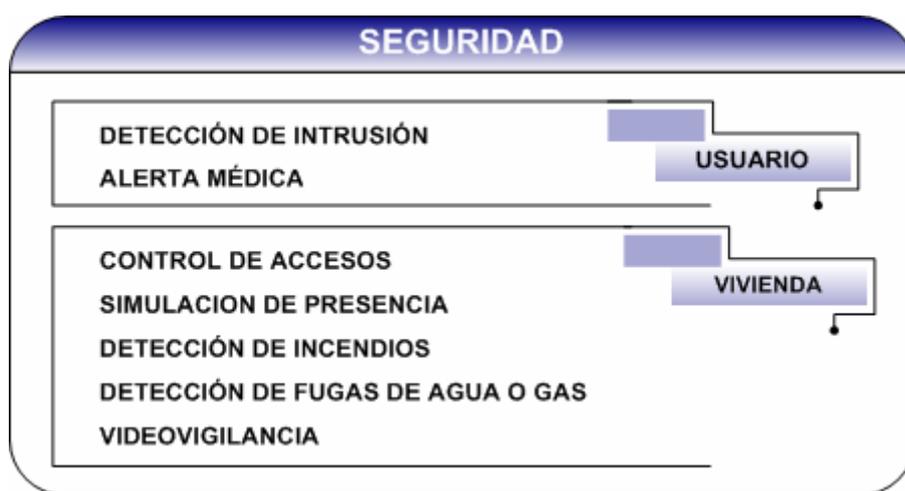


Figura 1.6. Aplicaciones de Seguridad

Las ventajas que se ofrece en este campo, mostradas en la figura 1.6, son de mucha importancia para el usuario algunas de las cuales son:

- **Detección de intrusión.** Es conocida además como alarma de robo. El sistema puede ser interno o estar conectado a una empresa de seguridad.
- **Alerta Médica y personal.** Dan al usuario la posibilidad de comunicar a sus familiares, dentro o fuera de la vivienda, o a un servicio médico o de policía de una situación de emergencia. Es usado especialmente por las personas con necesidades especiales como ancianos, enfermos y personas discapacitadas.
- **Control de accesos.** Permite gestionar diversos niveles de acceso, tanto para la familia como para el personal externo, registrando sus horas de entrada y de salida.
- **Videovigilancia.** Permite monitorear las estancias de la vivienda de manera local y, mediante la utilización de servicios como Internet, de manera remota (Figura 1.7).



Figura 1.7. Videovigilancia

- **Simulación de presencia.** Se puede programar al sistema de manera que este reproduzca los hábitos de vida de los usuarios en ausencia de los mismos para confundir a quienes amenacen el hogar.
- **Detección de incendios.** En caso de incendio el sistema podrá realizar algunas funciones como por ejemplo activar una alarma interna, llamar a la central de bomberos, activar los aspersores de agua, etc.

- **Detección de fugas de gas y agua.** Mediante sensores de agua, gas y humo el sistema podrá informar acerca de cualquier incidencia de este tipo en el hogar.

1.4.4 Comunicaciones

Las comunicaciones juegan un papel fundamental en la Domótica pues permite el desarrollo de nuevos y modernos servicios. Mediante un adecuado sistema de comunicaciones integrado con el sistema domótico es posible establecer un intercambio de información (entre los habitantes, entre el usuario y los equipos y entre estos últimos entre sí), ya sea desde la propia vivienda o desde ésta hacia el exterior y viceversa.

Entre las posibilidades de comunicación en la vivienda se destacan:

- **Sistemas de comunicación en el interior.** Megafonía, intercomunicadores, difusión de audio y video, etc.
- **Sistemas de comunicación con el exterior.** Telefonía básica, video-conferencia, Internet, TV satelital, TV por cable, fax, radio, transferencia de datos, etc.
- **Comunicaciones externas propias de la vivienda.** Mensajes de alarma (fugas de gas, agua, etc) y telecontrol del sistema domótico a través de medios como: la línea telefónica, conexión a redes de datos (Internet), mensajes SMS, entre otros.

1.5 CARACTERÍSTICAS DE UNA VIVIENDA DOMÓTICA

Una vez realizado un análisis global del concepto de Domótica y su funcionalidad es posible apreciar que existen rasgos comunes a los distintos sistemas de una vivienda domótica los cuales son los que la identifican como tal. Las principales características generales a toda instalación domótica se indican a continuación:

1.5.1 Integración e Interrelación

Inicialmente e incluso hoy en día, como en el caso de Ecuador, la automatización de los sistemas existentes en una vivienda tales como la iluminación, climatización y seguridad, se realizaba de manera que trabajaran independientemente. La domótica ofrece soluciones que integran y relacionan entre sí todos los dispositivos de los diferentes sistemas de la vivienda, permitiendo la interacción tanto entre sí como con el usuario.

Como se anotó anteriormente, un sistema domótico incluye una red de comunicación que permite la interconexión de una serie de equipos. Esto supone una clara ventaja para el usuario puesto que se logra una gran versatilidad y variedad en las aplicaciones al facilitar la interacción del funcionamiento entre diferentes sistemas.

Por ejemplo el sistema de seguridad podrá interactuar con el de iluminación, permitiendo obtener la simulación de presencia al encender y/o apagar las luces de las distintas habitaciones del hogar.

1.5.2 Control remoto Interior y Exterior

Gracias al esquema o bus de comunicación implantado en la vivienda se obtiene la posibilidad del mando a distancia tanto dentro como fuera de la vivienda. En el hogar se impone la utilización de mandos universales, similares a los usados en equipos como la televisión o radio, que permiten el control desde cualquier punto del domicilio de los equipos y funciones básicas de los mismos. Esto reduce el trabajo doméstico y los desplazamientos y facilita el manejo de los diferentes dispositivos lo cual es particularmente importante en el caso de personas de la tercera edad o personas discapacitadas.

La gestión del hogar también será posible desde el exterior pues gracias a la utilización de servicios, como el teléfono móvil o el Internet, el usuario podrá conectarse al servidor central de su domicilio y controlar los sistemas implementados en este. Lo

anterior presupone la posibilidad de un cambio en los horarios en los que se realizan las tareas y como consecuencia permite al usuario un mejor aprovechamiento de su tiempo.

1.5.3 Actualización y Flexibilidad

Dado que en un sistema domótico la lógica de funcionamiento se encuentra mayormente en el software y no en los dispositivos instalados en la vivienda, las actualizaciones del sistema al igual que las modificaciones que se deseen practicar en el mismo, como por ejemplo la inserción de nuevos dispositivos, se realiza de manera sencilla y rápida debido a que básicamente se deberá realizar cambios en la programación que rige al sistema.

De esta manera cualquier vivienda se beneficiará en caso que existan en el mercado nuevas prestaciones y mejoras con respecto a las instalaciones domóticas.

1.5.4 Acceso a Servicios Externos

Una vivienda domótica debería contar con una conexión permanente con el exterior a través de sistemas de telecomunicaciones implementados como por ejemplo una línea ADSL, cable-módem o cualquier otro tipo de acceso.

Gracias a dichos sistemas el usuario tiene acceso a servicios externos que son de gran utilidad, entre ellos: servicios de información, telemedicina, telecompra, telebanco, telealarma y teleasistencia, entre otros.

1.5.5 Facilidad de uso

Uno de los principales objetivos de la Domótica es el de crear un entorno más amigable y fácil de manejar, mediante una adecuada interfaz de usuario los habitantes de la vivienda tendrán la posibilidad de monitorear y controlar su entorno, obtener información

sobre el hogar y modificar las diferentes condiciones de la residencia de manera rápida y sencilla.

1.6 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

1.6.1 Componentes de una vivienda inteligente

Un sistema domótico dispone de manera general de los siguientes elementos:

Sensores. Son elementos imprescindibles dentro de cualquier instalación domótica. Su función primordial es recolectar información acerca del estado tanto del interior como del exterior de la edificación de manera que el sistema pueda actuar de forma correcta de acuerdo a las condiciones del hogar y las necesidades del usuario. Entre estos dispositivos se puede nombrar a los sensores de iluminación, de temperatura, de presencia, etc.

Actuadores. Son aquellos equipos que actúan sobre el medio variando el desenvolvimiento de las diferentes funciones en la vivienda como por ejemplo: interruptores, motores, sirenas, etc.

Unidad Controladora. Los elementos de campo (sensores y actuadores) transmiten datos a una unidad que analizará la información recibida. En función de dicha información y a las necesidades del usuario, la unidad controladora actuará sobre el entorno, pudiendo enviar órdenes a los distintos actuadores ubicados en el hogar.

Bus de Comunicación. Constituye el sistema nervioso de una vivienda domótica. Es una red que permite la interconexión de los equipos a fin de obtener información sobre el entorno doméstico y enviar órdenes a ciertos dispositivos del mismo.

Interfaz de Usuario. Son diseños funcionales y formales que permiten la interacción entre el hombre y los sistemas y aparatos instalados en la vivienda. En los últimos años se

ha incrementado el número de interfaces de domótica permitiendo obtener nuevas prestaciones debido a factores que permiten que los usuarios posean un acceso y control más flexible del hogar en cualquier momento y en cualquier lugar. Algunos de estos factores son:

- El desarrollo de Internet y el protocolo TCP/IP como estándar que permite la interacción desde cualquier sitio en el mundo con acceso a Internet.
- La propagación del uso del teléfono móvil como aparato personal y el desarrollo de sistemas inalámbricos como Bluetooth y WiFi.
- El actual desarrollo tecnológico ha permitido que las interfaces de hoy en día sean fáciles de manejar y personalizar, y además ofrezcan varias utilidades al usuario.

1.6.2 Tipos de Arquitectura

Al igual que en cualquier sistema de control, la arquitectura de un sistema domótico especifica el modo de distribución de los diferentes dispositivos del sistema. Existen dos arquitecturas básicas: la arquitectura centralizada y la distribuida.

1.6.2.1 Arquitectura Centralizada

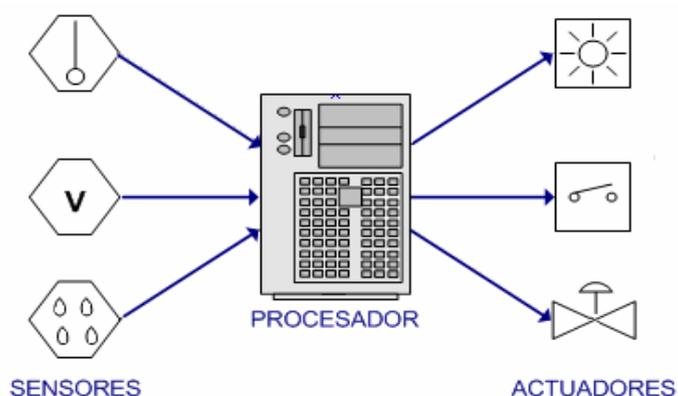


Figura 1.8. Arquitectura Centralizada

Inicialmente, la única manera de construir una instalación domótica era con el uso de sensores y actuadores que se unían a una unidad central que realizaba las funciones de control de cada sistema de la vivienda (Figura 1.8). Dicha unidad era la encargada de procesar la información recibida desde los diferentes sensores y enviar órdenes a los actuadores correspondientes.

La ventaja fundamental que posee este tipo de sistemas es su bajo costo, ya que ningún elemento necesita módulos especiales de direccionamiento, ni interfaces para distintos buses. Además, su instalación es sencilla y es posible utilizar una gran variedad de elementos convencionales, puesto que los requisitos exigidos en la red son mínimos.

Un inconveniente importante de este tipo de sistemas es su limitada flexibilidad, puesto que los posibles cambios que se deseen realizar al sistema serán costosos y complejos. Otro inconveniente se encuentra en que la unidad central de control es imprescindible para el correcto funcionamiento del sistema, cualquier fallo en dicha unidad causa la parada total del sistema, lo que reduce la robustez de la instalación. Además es necesaria la utilización de una mayor cantidad de cableado que en el caso de una arquitectura distribuida con lo que su uso está limitado a instalaciones pequeñas.

1.6.2.2 *Arquitectura Distribuida.*

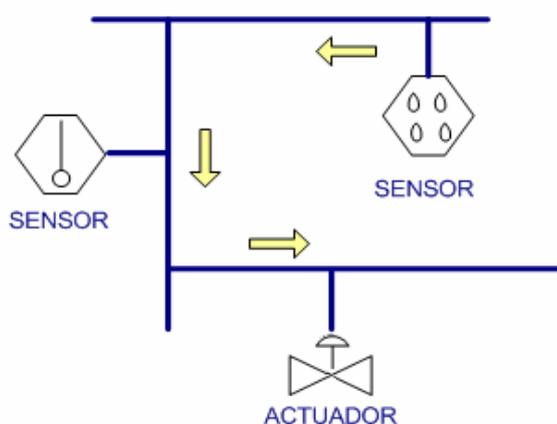


Figura 1.9 Arquitectura Distribuida

En este tipo de sistemas, cada elemento posee la capacidad de tratar la información que recibe y actuar en consecuencia de forma autónoma, por tanto no es necesaria la presencia de una unidad central. La configuración de un sistema domótico distribuido tiene una topología de cableado tipo bus (Figura 1.9).

Entre las ventajas cabe destacar la facilidad de reconfiguración del sistema, lo que incide directamente en el grado de flexibilidad, y sobre todo en el ahorro de cableado de la instalación. Son sistemas más sólidos que permiten implementar una gran cantidad de aplicaciones y servicios al usuario.

La principal desventaja es el aumento en el costo de los elementos del sistema debido a la necesidad de incluir protocolos de comunicación, técnicas de direccionamiento en cada uno de los elementos y la capacidad de procesar información que implica la inclusión de un microprocesador.

Además, al ser sistemas más complejos, la cantidad de requisitos exigidos para la compatibilidad de los elementos es elevada, exponiéndose una poderosa restricción en la utilización de elementos convencionales. Asimismo en este tipo de sistemas el software de programación presenta un mayor nivel de complejidad.

1.6.3 Medios de Transmisión

En todo sistema con arquitectura distribuida es indispensable la existencia de una red o bus de comunicación que permita el intercambio de información entre los diferentes elementos. El medio de transmisión es el soporte físico utilizado para el envío de datos por dicha red. En los sistemas domóticos los medios de transmisión utilizados son:

1.6.3.1 Líneas de distribución de energía eléctrica.

Es conocido que el acceso red eléctrica está más extendido que el acceso a la red telefónica, no importa el nivel de desarrollo del país. Es así como surge la idea de transmitir datos y voz por el mismo cable que proporciona suministro eléctrico

La utilización del cableado eléctrico para el intercambio de información resulta una solución práctica al ser de bajo costo pues se trata de una instalación ya existente por lo que es nulo el costo de la instalación y evita el montaje de cableado adicional, además que la conexión es sencilla, permitiendo tarifas ventajosas a los clientes.

La tecnología **Power Line Carrier** o **PLC** permite la transmisión simultánea de energía e información a través del cableado eléctrico, modulando los datos utilizando frecuencias superiores a las de uso industrial (50-60 Hz) de modo que no interfiere con el suministro eléctrico.

El principal inconveniente de este medio de transmisión es que la propagación de señales de pulsos a alta frecuencia a través de la red eléctrica puede verse afectada por interferencias causadas por los aparatos eléctricos utilizados en el entorno doméstico, las cuales pueden ocasionar atenuación o bloqueo de la información enviada. Para solucionar estos problemas es recomendable la utilización de filtros que atenúan las señales de frecuencia diferente a la utilizada en la modulación PLC.

1.6.3.2 Pares de Cable

Constituyen el modo más simple y económico de todos los medios de transmisión originándose como solución para conectar teléfonos, terminales y ordenadores sobre el mismo cableado. Los cables formados por varios conductores de cobre pueden dar soporte a un amplio rango de aplicaciones en el entorno doméstico, pudiendo transmitir voz, datos y alimentación de corriente continua.

Si los cables no están apantallados o protegidos, a través de un conductor eléctrico en forma de malla externa al mismo, son muy sensibles a interferencias y diafonías producidas por la inducción electromagnética de unos conductores en otros. Un modo de evitar estas interferencias consiste en trenzar los pares (Figura 1.10) de modo que las intensidades de transmisión y recepción anulen las perturbaciones electromagnéticas sobre otros conductores próximos. Esta es la razón por la que este tipo de cables se llaman pares trenzados.



Figura 1.10. Par Trenzado

Existen dos tipos de cables. El primero, el **cable UTP** (Unshielded Twisted Pair), es un cable de pares trenzados y sin recubrimiento metálico externo por lo cual es barato, flexible y sencillo de instalar. El segundo, el **cable STP** (Shielded Twisted Pair), está formado por una capa exterior plástica aislante y una capa interior de papel metálico, dentro de la cual se sitúan los pares de cables trenzados evitando de esta manera las interferencias externas, siendo por tanto más protegido, pero menos flexible y más costoso que el primero.

1.6.3.3 Cable Coaxial

Este medio está compuesto por un conductor cilíndrico externo hueco que rodea un solo alambre interno compuesto de dos elementos conductores, uno de los cuales es un conductor de cobre y se ubica en el centro. El cable se encuentra rodeado por una capa de aislamiento flexible (dieléctrico), sobre la cual se coloca una malla de cobre tejida o una hoja metálica que actúa como segundo alambre del circuito, y como blindaje del conductor interno. Esta segunda capa de blindaje ayuda a reducir la cantidad de interferencia externa, y se encuentra recubierto por la envoltura plástica externa del cable. La estructura del cable coaxial se muestra en la figura 1.11:

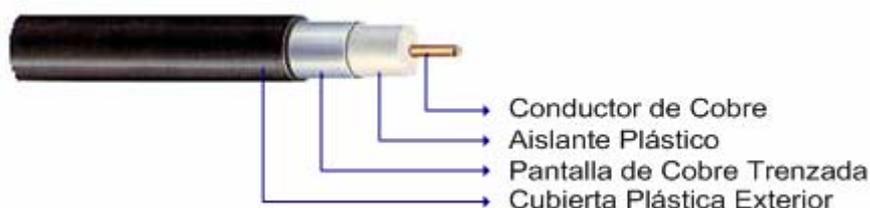


Figura 1.11. Estructura del Cable Coaxial

Originalmente fue el cable más utilizado en las redes locales debido a su alta capacidad y resistencia a las interferencias, pero en la actualidad su uso está en declive. Este tipo de cables permite el transporte de las señales de voz, audio, video y señales de datos. En comparación al par trenzado presenta una mayor inmunidad a las interferencias, sin embargo la velocidad de transmisión es menor y tiene una mayor rigidez por lo cual lo que hace que las labores de conexión serán más complicadas.

Dentro del ámbito de la vivienda, el cable coaxial puede ser utilizado como soporte de transmisión para señales de teledifusión que provienen de las antenas, señales de las redes de TV por cable, señales de control y datos a media y baja velocidad.

1.6.3.4 Fibra Óptica

La fibra óptica permite la transmisión de señales luminosas moduladas y no es sensible a interferencias electromagnéticas externas al trabajar con frecuencias ópticas. Un cable de fibra óptica está compuesto por un núcleo fibroso que permite la conducción de la señal luminosa, un revestimiento y una cubierta externa protectora.

En el interior del núcleo la atenuación es despreciable debido a las reflexiones producidas que impiden tanto el escape de energía hacia el exterior como la adición de nuevas señales externas. Normalmente los cables se encuentran instalados en grupos, en forma de mangueras (Figura 1.12), con un núcleo metálico que les sirve de protección y soporte frente a las tensiones producidas.



Figura 1.12. Fibra Óptica

Entre las ventajas de la transmisión en este tipo de medio se pueden mencionar el gran ancho de banda, la fiabilidad en la transferencia de datos (mínima tasa de error), la inmunidad frente a interferencias electromagnéticas y de radiofrecuencias, además que la distancia entre los puntos de instalación es mucho mayor que la que permiten los anteriores medios de transmisión.

Dentro de los principales inconvenientes se encuentra la fragilidad de los cables de fibra óptica y la dificultad de realizar una buena conexión de distintas fibras con el fin de evitar reflexiones de la señal, lo que implica un mayor costo, tanto del cable como de las conexiones.

1.6.3.5 Medios Inalámbricos

Este tipo de medios son utilizados por la comodidad y flexibilidad que presentan ya que no son necesarios los sistemas de cableado y los puestos se pueden desplazar sin grandes problemas, entre otras ventajas. En domótica los medios inalámbricos utilizados son los sistemas de infrarrojos y los sistemas de radiofrecuencia.

Sistemas de transmisión por Infrarrojos. Este tipo de tecnología permite la transmisión de datos de alta velocidad empleando señales ópticas que se propagan por el espacio libre. La comunicación se realiza entre un diodo emisor que emite una luz en la banda de los infrarrojos (IR), sobre la que superpone una señal, modulada con la información de control, y un fotodiodo receptor que extraerá dicha información. Este medio es inmune a las radiaciones electromagnéticas producidas por los equipos del hogar o por otros medios de transmisión.

En el entorno residencial, el empleo de mandos a distancia basados en transmisión por infrarrojos se encuentra ampliamente extendido para controlar principalmente equipos de audio y video. De manera similar se puede controlar otro tipo de dispositivos como por ejemplo la computadora, interruptores de luz, motores, etc. Este tipo de mandos brinda comodidad y flexibilidad y admiten un gran número de aplicaciones.

Sistemas de transmisión por Radiofrecuencias. Estas redes utilizan el espacio libre por donde se propaga un tipo particular de ondas electromagnéticas, las ondas de radiofrecuencia, las cuales son portadoras de señales de datos. Para llevar a cabo la transmisión se utiliza un sistema de antenas emisoras y receptoras. La introducción de este tipo de sistemas en la vivienda ha venido precedida por el amplio uso de los teléfonos inalámbricos y sencillos telemandos que han otorgado una gran flexibilidad a los usuarios e instaladores. El principal problema incide en que es particularmente sensible a las perturbaciones electromagnéticas producidas por otros medios de transmisión y los equipos domésticos.

1.6.4 Protocolos de Comunicaciones

Otro aspecto que caracteriza a un sistema domótico es el protocolo de comunicaciones que utiliza. Un protocolo es el conjunto de reglas que deben seguir los dispositivos para transmitir la información, es decir es el formato que deberán tener los mensajes para obtener una comunicación coherente. Se puede clasificar a los protocolos domóticos dependiendo de la estandarización en protocolos estándar y protocolos propietarios.

- **Protocolos estándar.** Los protocolos estándar son los que de alguna manera son utilizados ampliamente por diferentes empresas y estas fabrican productos que son compatibles entre sí.
- **Protocolos propietarios.** Son aquellos que desarrollados por una empresa, solo ella fabrica productos que son capaces de comunicarse entre sí.

1.7 ESTADO ACTUAL

La Domótica en el Ecuador es un mercado prácticamente desconocido tanto así que la mayoría de las personas en el país desconocen el significado de la palabra y más aún de sus alcances y variadas aplicaciones. En nuestro país, propiamente en las principales ciudades como Quito y Guayaquil, existen algunas edificaciones llamadas inteligentes en

las cuales cada uno de los sistemas y servicios de comunicaciones instalados poseen algún grado de automatización, pero no poseen ningún tipo de integración ni de interacción entre ellos.

La gestión de este tipo de edificios automatizados se realiza mediante automatismos independientes, cada uno de los cuales consiste en sistemas que cuentan generalmente con sensores y actuadores conectados a una unidad controladora que realiza todas las funciones de mando de los equipos, realizando típicamente funciones de control de marcha/paro (Control ON/OFF), y en pocos casos funciones de regulación.

Estos edificios cuentan generalmente con uno o más cuartos destinados a las operaciones de control o para procedimientos de monitoreo, en los cuales se encuentran concentrados los controladores de los diferentes sistemas como se indica en la figura 1.13.

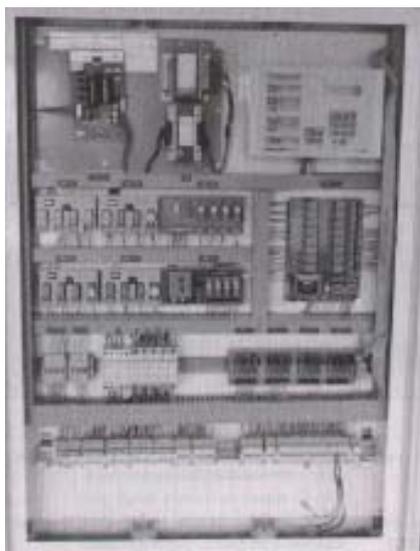


Figura 1.13 Tablero de Control

En varios países de América Latina como por ejemplo Argentina, Brasil, Chile y Colombia, en este momento el concepto de Domótica se encuentra en una fase de asimilación, y cada vez son más los profesionales y empresarios, dedicados a la industria inmobiliaria o a actividades relacionadas con la automatización de viviendas, que desean

empaparse en esta nueva tecnología de manera que sea posible agregar valor a sus productos y mejorar las aplicaciones disponibles.

Al ser un nuevo mercado pocas son las empresas sudamericanas que se han dedicado a implementar estos sistemas, prefiriendo importar los productos ya desarrollados en el mercado mundial y adoptando buses y sistemas domóticos utilizados en varios países como por ejemplo X10, EIB, LonWorks, entre otros.

Por ejemplo la empresa argentina X-Tend es una compañía dedicada a la venta de productos de seguridad y de automatización desde 1987 y que se adentró hace cinco años en el sector de la automatización del hogar tomando como modelo a Estado Unidos en cuanto a la táctica y tecnologías a emplear.

Además del desconocimiento, el principal problema al que se enfrenta la Domótica en Sudamérica es el costo de estas prestaciones y productos que se presentan en la sociedad como objetos de lujo. En países subdesarrollados, donde la principal preocupación de muchas personas es el conseguir dinero para sus necesidades vitales, la integración de dispositivos modernos, tales como sistema de audio, video, alarma y automatización no es de mayor importancia, a pesar de que los profesionales en Domótica explican que, para las viviendas de nueva construcción, la adaptación de estos sistemas supone un incremento del 0,5 al 3% del precio total de la vivienda.

Como se explico anteriormente este tipo de instalaciones, novedosas en Sudamérica y en países como España y México llevan funcionando en Japón, Estados Unidos, Alemania, Francia, etc. más de 10 años.

El mayor mercado domótico del mundo se encuentra en Estados Unidos, siendo el primer país en lograr definir un estándar en esta área, conocido como CEBus (Consumer Electronic Bus) del cual se tratará con mayor detalle posteriormente. La estrategia de marketing de la Domótica en este país se ha desarrollado utilizando inicialmente las Casas-Laboratorio (2 en la ciudad de Washington), con posterioridad las Casas-Prototipo (15 en distintos estados) y, finalmente las Casas de Demostración (100, repartidas por todo el

país) orientándose hacia el hogar interactivo o intercomunicado. Sin embargo el país que posee el mayor porcentaje de hogares domóticos (alrededor de ocho millones) es Japón, en donde el mercado domótico alcanza más de 1.600 millones de dólares anuales, orientando la tecnología hacia la completa automatización.

En cuanto a Europa, países como Alemania y Francia son los que cuentan con mayor incursión de este campo, alcanzando este último un nivel realmente satisfactorio pues no solo se han llevado a cabo grandes esfuerzos para lograr una normalización sino también se han conseguido involucrar en este tema a asociaciones de constructores, industrias eléctricas y electrónicas, compañías suministradoras de energía, entre otras, logrando realizar importantes aplicaciones como Casa Lyon Panorama, proyecto HD2000, etc.

En cuanto a España, la Domótica es una disciplina relativamente reciente, desarrollándose básicamente a inicios de los años noventa. Desde entonces, la Domótica ha experimentado una lenta pero constante y positiva evolución, que se caracteriza por disponer, en la actualidad, de una extensa oferta de sistemas y productos domóticos para el hogar. Según un estudio realizado por la CEDOM (Asociación española de Domótica) se afirma que existirá un crecimiento lineal del 23,4% de la Domótica en todo el mundo. Según su director David Olivier, “La entrada de gigantes como Microsoft, con Windows eHome, y Telefónica en este campo demuestra que la domótica es imparable”.

Se observa una tendencia optimista tanto en el mercado actual como en la aceptación de la Domótica debido a las múltiples ventajas que ofrece y a la caída de los precios de los productos gracias a que cada vez es mayor la cantidad de empresas que desean consolidarse en el desarrollo de esta nueva disciplina tecnológica y a los numerosos intentos realizados por lograr una normalización.

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE UNA CASA INTELIGENTE

Un importante factor en el desarrollo del ser humano es la vivienda ya que las características y condiciones de este ambiente influyen de una u otra forma en el comportamiento y desenvolvimiento de sus habitantes.

En la actualidad, debido a las exigencias de las personas, la vivienda no es únicamente un lugar que satisface la necesidad de protección y abrigo sino que además debe ser un sitio que brinde seguridad, sea a la vez funcional y acogedor, y favorezca al mejoramiento de la calidad de vida de sus habitantes. Una manera de satisfacer los nuevos requerimientos de los usuarios es mediante la utilización de las instalaciones domóticas.

Como se analizó en el capítulo anterior, la Domótica es una disciplina tecnológica cuyo principal objetivo es la optimización de la calidad de vida y el bienestar de las personas dentro de la vivienda, lo que a su vez facilita un apropiado manejo del tiempo de los habitantes y de los recursos del medio.

Una vivienda domótica mejora aspectos fundamentales como son el confort y la seguridad del entorno doméstico y gestiona los recursos energéticos y las comunicaciones del inmueble, lo cual se obtiene automatizando, en mayor o menor grado, todos los sistemas de uso cotidiano e integrándolos en un solo dominio. Algunos de estos sistemas son:

- Sistema de Iluminación.
- Sistema de Climatización.
- Sistemas de Riego de Jardines.

- Sistemas de Motorización.
- Sistemas de Seguridad.
- Sistemas de Comunicaciones.

Comúnmente es posible apreciar varios de los sistemas listados anteriormente instalados en cualquier vivienda y los usuarios se encuentran familiarizados a la utilización manual de los mismos, sin embargo una instalación domótica permite conseguir el control automático de cada uno de ellos y su interconexión, lo cual implica una mayor cantidad de prestaciones para el usuario.

2.1 SISTEMA DE ILUMINACIÓN

La forma de vida actual de la sociedad exige a las personas realizar varias tareas en horas y lugares en que la luz natural no es suficiente. Es por ello que, para satisfacer los nuevos requerimientos del usuario ha sido necesario generar tipos de alumbrado artificial, que han evolucionado considerablemente con el paso del tiempo, de manera que sea posible complementar la iluminación natural o reemplazarla totalmente de acuerdo a las circunstancias y requisitos.

En relación al estilo de iluminación de cada vivienda no existen normas o fórmulas para generar un proyecto o para elegir el tipo y cantidad de luminarias que deberán utilizarse en la edificación sino que generalmente estos parámetros se definen de acuerdo a los deseos y necesidades de los propietarios.

No obstante es necesario tomar en cuenta ciertos requerimientos cualitativos y cuantitativos elementales tales como: el nivel de iluminación, el adecuado balance de luminarias dentro del campo visual, la eliminación de fuentes de deslumbramiento y la adecuada y necesaria reproducción de colores. Además la iluminación debe acentuar las cualidades y el carácter confortable de los distintos ambientes dentro de la vivienda y

tomar en cuenta que la instalación sea lo más respetuosa posible con el medio ambiente, lo que es sinónimo de bajo consumo de energía.

La iluminación además deberá ser coherente con las características de cada estancia de la vivienda, puesto que cada una de ellas es un ámbito diferente. Por ejemplo, en una cocina es necesaria la utilización de una iluminación funcional y bien dirigida en los planos de trabajo tales como alacenas (interna y externamente) y mesas; y el empleo de artefactos de fácil limpieza por tratarse de un ambiente de alto grado de contaminación del aire.

En cuanto a los dormitorios se debe colocar una buena iluminación en los lugares como las cabeceras de cama y veladores y en los frentes e interiores de armarios y vestidores, mientras que en baños lograr un buen nivel de iluminación sobre la cara de manera frontal o de poco ángulo es lo más conveniente. En las salas de estar y en los comedores la iluminación debe ser lo más flexible posible, de manera que sea posible dotar al mismo entorno de distintos ambientes, según el tipo de uso o reunión que se vaya a desarrollar.

En relación a la iluminación de los espacios exteriores de las viviendas de manera general se abarca tanto la iluminación funcional como la iluminación estética. Para su diseño se debe emplear los mismos principios fundamentales que en el caso de espacios interiores, aunque se debe tomar en cuenta que las aplicaciones son diferentes. El principal propósito de la iluminación de estas zonas es proveer, tanto a residentes como a transeúntes, seguridad y comodidad.

La iluminación exterior contribuye a la seguridad en cuanto proporciona condiciones adecuadas de visibilidad permitiendo que el usuario detecte obstáculos, objetos y cambios de nivel (como escalones, zanjas o inclinaciones del suelo). Además refuerza la sensación de seguridad de las personas mediante la identificación de los límites del ambiente y la eliminación de posibles lugares oscuros.

Dentro de la iluminación estética el principal objetivo es acentuar las características y rasgos distintivos del ambiente (tales como jardines, esculturas, fuentes, etc.) y prolongar

el tiempo durante el cual se puede disfrutar del espacio exterior residencial. Por otra parte, la iluminación funcional satisface usos y necesidades específicas que incluyen el acceso y recepción de personas en la vivienda (mediante iluminación de caminos, entradas y garajes), la posibilidad de comunicación visual entre el exterior y el interior y viceversa, y la realización de actividades nocturnas.

2.1.1 Control Domótico de la Iluminación

Los sistemas tradicionales de iluminación en base a interruptores y reguladores convencionales y fuentes de luz de elevado consumo resultan inadecuados para las actuales exigencias de los usuarios.

Una instalación domótica presenta una mayor cantidad de ventajas y servicios debido a la gran flexibilidad de los productos y sistemas, dando al usuario, de manera general, la posibilidad de manipular el estado de todas las luces de la vivienda, tanto del interior como del exterior, de manera individual o grupal.

La moderna gama de dispositivos proporciona varios tipos de soluciones y aplicaciones luminotécnicas que permiten producir funciones de control de encendido/apagado para cualquier tipo de lámparas (incandescentes, halógenas de bajo voltaje o fluorescentes) así como funciones de variación de la intensidad luminosa (Figura 2.1).



Figura 2.1. Interruptores Domóticos

Para alcanzar los múltiples beneficios de un adecuado sistema domótico de control de iluminación es preciso que este se ajuste a las condiciones técnicas y arquitectónicas de la vivienda así también como a los gustos y exigencias del usuario.

El sistema de funciones integradas de iluminación, proporciona control y gestión del alumbrado, siendo posible diseñarlo con diferentes niveles de complejidad dependiendo únicamente de la imaginación, los gustos y las necesidades de cada usuario. El control domótico de la iluminación trabaja en función de una o más de las siguientes variables:

- Nivel de iluminación ambiental.
- Tipo de actividad a realizarse.
- Presencia de personas en las habitaciones.
- Horario de ocupación de las estancias.

Para la realización de cualquiera de estas funciones es necesario el empleo de sensores, los cuales son fundamentales para la gestión de energía y la prolongación de la vida útil de las lámparas. Existe una amplia variedad de sensores, pero por lo general los más utilizados en el control de iluminación son los sensores de luminosidad, los cuales determinan el nivel lumínico de espacios interiores y exteriores de la vivienda, y los detectores de movimiento o de presencia, que determinan si hay personas presentes en un área específica.

En cuanto a los actuadores, gracias al desarrollo tecnológico, actualmente existe una importante cantidad de nuevos productos disponibles para iluminación tales como interruptores y dimmers (reguladores de intensidad luminosa) inteligentes, mandos a distancia, módulos de control y atenuación, controladores horarios, entre otros, los cuales se suman a los dispositivos usados tradicionalmente como son los interruptores y dimmers, que sin embargo, actualmente, están diseñados de forma que brinden más y mejores servicios al usuario.

La utilización de los anteriores elementos permite alcanzar un importante ahorro energético así también como un considerable aumento del confort y la seguridad de los habitantes de la vivienda. A continuación se explica con mayor detalle como se logra la optimización de dichos factores.

2.1.1.1 Ahorro Energético

Constantemente es posible apreciar que existe un innecesario gasto de energía debido a un diseño inadecuado del sistema de iluminación y el mal uso del mismo por parte de los habitantes, siendo así que la iluminación representa una tercera parte del consumo total de energía en los hogares. Un correcto sistema de iluminación conlleva beneficios tanto ambientales (menor probabilidad de un agotamiento de los recursos no renovables y reducción de la emisión de gases nocivos para la atmósfera) como económicos.

Uno de los factores más influyentes en la ineficiencia de los sistemas de alumbrado es el derroche por factor ocupacional, ya que el desperdicio por luces encendidas en lugares desocupados de la vivienda alcanza valores del 25% de la energía total consumida. Otro factor influyente es el mal aprovechamiento de la luz natural en viviendas que disponen de una buena contribución de la misma.

Los sistemas domóticos de control de iluminación ofrecen dispositivos de gran confiabilidad que permiten ahorrar eficazmente la energía, reduciendo costos considerablemente. Al tener la posibilidad de manejar independientemente las diferentes habitaciones de la vivienda será posible controlar el nivel de iluminación de cada una de ellas dependiendo del **nivel de luminosidad del ambiente y la presencia de usuarios**, lo que a la vez implica un considerable aumento en el tiempo de vida de las lámparas.

Un claro ejemplo de este tipo de aplicaciones es el control de luces en zonas de paso. En lugares en los que el usuario permanece poco tiempo tales como pasillos, vestíbulos, escaleras e incluso baños, el uso de dispositivos como los sensores de presencia admitirá que las luces permanezcan encendidas el tiempo necesario, lo que ayuda a evitar que las lámparas queden encendidas por descuido.

2.1.1.2 *Confort*

Una de las principales funciones de la iluminación es permitir la realización de distintos tipos de actividades, dentro y fuera de la vivienda, de manera precisa y cómoda. Asimismo, la iluminación afecta el estado de ánimo de las personas y sus impresiones acerca del espacio que están utilizando, influyendo en la sensación de bienestar, comodidad o desagrado de las mismas. Esto implica que una buena iluminación ayuda a incrementar el confort de los usuarios.

La iluminación puede conferir carácter a cualquier estancia de la vivienda pudiendo otorgarle una apariencia relajante, funcional, alegre, aburrida, etc. El control domótico de la iluminación permite utilizar la luz como una herramienta arquitectónica, cambiando de forma dinámica la decoración del hogar mediante la creación de lo que comúnmente se conoce como **escenas**.

Las **escenas** no son más que configuraciones luminosas predefinidas logradas encendiendo, apagando, o variando la intensidad luminosa de cada una de las luces de la vivienda, lo que facilita el mejoramiento de los distintos ambientes y da al hogar una apariencia exclusiva y acogedora. Por ejemplo, con una sola pulsación es posible establecer escenas, en una o varias habitaciones e incluso en el exterior de la vivienda, para diferentes ocasiones tales como reuniones sociales, tranquilas conversaciones, actividades de lectura o actividades familiares.

Por otro lado gracias a la utilización de sensores se obtienen nuevos servicios que incrementan también la satisfacción del usuario. En la noche el encendido automático de luces, ya sea por detección de presencia de una persona o porque las condiciones de luz natural así lo requieren, resulta de gran comodidad para el usuario, pues no será necesario buscar los interruptores en las paredes o dejar de realizar otras tareas para encender las luces.

El control individual de las luces del hogar desde cualquier lugar del mismo implica una amplia ventaja para todos los usuarios, en especial para las personas discapacitadas,

enfermas o ancianas, pues este tipo de funciones supone una disminución en las exigencias de desplazamiento de las personas dentro del hogar, lo que definitivamente optimiza su calidad de vida.

2.1.1.3 Seguridad

Dentro del ámbito de la seguridad la iluminación juega un papel fundamental. Como se indicó anteriormente la iluminación en jardines permitirá al usuario distinguir los obstáculos y elimina además posibles lugares oscuros donde podrían ocultarse personas ajenas a la vivienda. Asimismo la utilización de sensores de movimiento o presencia permite obtener en todo momento una entrada bien iluminada.

Otra importante aplicación es que al momento que en la vivienda se detecte cualquier situación anormal (atracos, emergencias, incendios, fugas, etc) el sistema puede ser configurado para encender automáticamente todas las luces del hogar o de los lugares de acceso, de manera que en caso que los habitantes deban salir de la vivienda puedan realizarlo de manera rápida y segura. Además gracias al control del estado de las luces de la casa es posible simular la presencia de los usuarios. Esta aplicación es más efectiva gracias a la Domótica, ya que los ambientes creados pueden variar a lo largo del día de acuerdo a los hábitos de las personas.

2.2 SISTEMA DE CLIMATIZACIÓN

La climatización de la vivienda supone un elemento importante en el desarrollo de la calidad de vida de las personas, siendo imprescindible, en ciertos casos, la utilización de aparatos capaces de transformar las condiciones interiores de la vivienda cuando el clima manifiesta temperaturas extremas (de calor y/o de frío), de manera que el hogar continúe siendo un lugar acogedor.

El término climatización no hace referencia únicamente a la calefacción y a la refrigeración, sino a la utilización de nuevos métodos que buscan alcanzar el máximo

confort en todas las épocas del año. Esto se logra regulando varios parámetros como la temperatura, la humedad, la calidad del aire y controlando la emisión del ruido, lo cual se genera al optimizar los demás factores.

El sistema de climatización utilizado dependerá de la zona climática en donde se encuentre la vivienda así también como de las características constructivas de la misma y de los hábitos y costumbres de vida de los usuarios.

Un conocimiento concreto del clima de la región ayudará a verificar si el principal problema del sistema será la refrigeración o la calefacción, si la casa deberá estar preparada para evitar una excesiva humedad o si necesita mayor ventilación, si es posible aprovechar la luz solar para climatizar en invierno o las brisas para refrescar en verano o si existirán filtraciones de viento en el hogar.

En relación a las particularidades de las viviendas, es importante conocer los tipos de techos, paredes y suelos así también como la orientación y forma de las puertas y ventanas de cada habitación, pues esto permitirá suponer las características climáticas de las diferentes estancias en cada época del año. Por ejemplo si dos o más plantas se encuentran comunicadas de forma que el aire circula libremente entre ellas, el aire más caliente se sitúe en la planta alta y el más frío en la baja.

Por lo general los equipos mayormente instalados son los aparatos de aire acondicionado en lugares en donde los calores estivales son excesivos mientras que para combatir el frío se utilizan sistemas de calefacción (Figura 2.2).



Figura 2.2. Aparatos de calefacción y Aire Acondicionado

Si bien es cierto existen ocasiones en que el montaje de un sistema de climatización será completamente indispensable debido a las necesidades de los usuarios, debe tomarse en cuenta que estos dispositivos generan impactos ambientales que alimentan problemas ecológicos de índole mundial (efecto invernadero y cambio climático, por ejemplo), sumado a un alto consumo energético (aproximadamente el 39% de la energía total consumida en el hogar) que se traduce en un aumento en los gastos de la vivienda.

2.2.1 Control Domótico de la Climatización

La Domótica se une a los avances de los sistemas solares y otros recursos tradicionales para conformar un tipo de climatización menos contaminante y a la vez más barata y sostenible, sin aminorar la calidad de vida del usuario pero sí evitando el despilfarro y presentando varias alternativas energéticas que se ajusten a cada necesidad.

El control domótico del sistema de climatización de la vivienda se encarga principalmente de funciones de encendido, apagado y regulación de los dispositivos, de forma que es posible satisfacer las necesidades de climatización del hogar en función de los horarios de ocupación, las actividades desarrolladas, la temperatura exterior e interior y la orientación de cada espacio.

Como previamente se anotó, la disposición de puertas y ventanas y los tipos de materiales de techos, paredes y pisos determinan que cada estancia del hogar posea características climáticas diferentes. Lo anterior, sumado al hecho de que los períodos de ocupación de las habitaciones varían dependiendo de la hora del día, hace que las necesidades de climatización sean diferentes para cada una de ellas.

La solución que plantea la Domótica para este particular es la creación de zonas independientes en la vivienda, con lo que, mediante la utilización de sensores tanto de temperatura como de presencia, se cumple con los requisitos de confort individuales de cada estancia, obteniendo de esta manera una disminución del consumo eléctrico y el correspondiente aumento de la eficiencia energética de la instalación.

Debido a esta sectorización es posible establecer escenas en cada zona de la vivienda. Esto es similar a lo que se estableció en el sistema de iluminación, es decir, según la reunión o la actividad que se esté realizando el usuario podrá fijar niveles de temperatura deseados interactuando además con los demás sistemas. Por ejemplo si el usuario desea observar una película con su sistema de cine en casa será posible atenuar las luces de la habitación, cerrar las persianas y encender a un nivel determinado la calefacción del hogar.

Además, gracias a la interacción de la climatización con otros sistemas, será posible preparar nuevas aplicaciones que permiten variar la temperatura de la vivienda y optimizar a la vez factores como la ventilación y la humedad según parámetros configurados por el usuario. Esto se logra al aprovechar las características bioclimáticas de la vivienda que no es más que la utilización al límite de las posibilidades de los materiales y de la configuración y orientación de los edificios de manera que estos puedan mantener una temperatura agradable todo el año con un consumo mínimo de energía.

Por ejemplo, como se analizará más adelante, las cortinas y persianas atenúan el calor del interior de la casa al bloquear los rayos solares y a la vez en épocas invernales, bloquearán el frío, entonces será posible evitar el encendido innecesario del aire acondicionado y la calefacción gracias al cierre y la apertura automática de dichos elementos. De igual manera la apertura de rejillas o ventanas mejorará la ventilación del hogar sin necesidad del manejo de otros aparatos.

Por otra parte, la posibilidad de controlar a distancia la climatización del hogar permite que los usuarios puedan disfrutar de la temperatura deseada en cualquier habitación al momento de llegar a la vivienda. En los sistemas tradicionales el usuario tendría que encender la climatización al llegar a su casa y esperar cierto tiempo hasta que la temperatura alcance el nivel deseado.

Esta aplicación es además sumamente útil puesto que en caso que el usuario haya olvidado apagar cualquier dispositivo de la climatización, será posible evitar el despilfarro

de energía al poder controlar el estado de dichos dispositivos desde cualquier lugar fuera de la vivienda.

2.3 SISTEMA DE RIEGO DE JARDINES

Los jardines, al igual que el salón o la cocina, son ambientes que forman parte del hogar puesto que, a más de dar vida y colorido a la vivienda, un jardín es un lugar que invita al ocio y el esparcimiento, convirtiéndose en un sitio ideal para pasar los ratos libres principalmente en épocas veraniegas, respondiendo de esta manera a las necesidades de descanso y diversión, tanto de niños como de adultos (Figura 2.3).



Figura 2.3. Actividades realizadas en los Jardines

Otra importante funcionalidad de estos espacios es la de influenciar en el clima y la higiene de las habitaciones de la casa, debido a que las plantas colocadas en el jardín contribuyen a refrescar y purificar el ambiente, regulan la humedad y temperatura de la atmósfera, colaborando en general con la optimización de la calidad del aire.



Figura 2.4. Algunos elementos utilizados en la decoración de jardines

En la actualidad, la decoración de los jardines tiene prácticamente la misma importancia que la del interior de las viviendas. El césped y demás plantas (flores y árboles) continúan siendo el principal componente de la decoración, sin embargo hoy en día existe una gran cantidad de accesorios que permiten modificar de mejor manera la apariencia de los espacios exteriores (Figura 2.4). Algunos de estos accesorios son las esculturas, estanques, fuentes, lámparas exteriores, etc.

La elección de los elementos que formarán parte de los jardines dependerá de aspectos como: el espacio disponible, el tipo de terreno, las características del entorno (luz, temperatura o humedad), las características de la vivienda, las actividades que se desee realizar y naturalmente del gusto e imaginación de los propietarios.

Al igual que las demás estancias del hogar, el jardín necesita de una serie de cuidados que permitan que este espacio permanezca siempre agradable tanto para la realización de las diferentes actividades como para la decoración de la vivienda. Uno de los principales cuidados con que debe contar un jardín es el riego de las plantas, puesto que de éste depende la vida y el desarrollo de las mismas.

Se debe tener en cuenta que el riego no se puede administrar descuidadamente. La cantidad de agua necesaria en el riego dependerá del tipo de plantas presentes en el jardín así también como de las condiciones climáticas del ambiente y las características del suelo. Por ejemplo las plantas necesitarán mayor cantidad de agua en suelos arenosos pues estos retienen menos agua que los de arcilla al igual que en las épocas calurosas ya que el calor y el viento seca mayormente a las plantas.

Gran parte del éxito del jardín se basa en un óptimo diseño del sistema de riego. Existen tres métodos usuales de riego y el escogimiento de uno de ellos dependerá del tamaño del jardín, el costo de los diferentes sistemas y del tiempo que se puede dedicar al cuidado del jardín. Estos métodos son:

- **Riego a mano.** Este es el mejor modo de mantener un jardín cuando el mismo tiene dimensiones reducidas. El uso de regaderas o mangueras de agua (Figura 2.5)

permite la distribución del agua directamente por las plantas una a una, imitando la acción del agua de lluvia y eliminando el malgasto, garantizando que el agua llegue a todas partes del jardín pero no necesariamente de manera uniforme.



Figura 2.5. Sistema de riego a mano

El riego a mano permite la eliminación de la suciedad que suele acumularse en las hojas de las plantas. El principal inconveniente de este sistema se halla en que la persona debe asegurarse que se riega el suelo profundamente, lo cual lleva un buen período de tiempo prestando el interés necesario, por lo tanto esto se transforma en un trabajo desagradable y complicado.

- **Sistemas de Riego por Goteo.** Este método mecánico, a pesar de ser muy cómodo, es muy costoso y su instalación conlleva bastante tiempo. Los sistemas de riego por goteo utilizan una menor cantidad de agua puesto que colocan la misma exactamente en el lugar en donde las raíces de las plantas la pueden aprovechar, por lo que se riega con poca frecuencia pero profundamente (una o dos veces a la semana durante una o dos horas).



Figura 2.6. Sistema de riego por goteo

Consisten en una red de tuberías enterradas en el suelo que llevan insertados goteros (Figura 2.6), con lo cual se consigue un manto uniforme de humedad en la zona de las raíces de las plantas sin encharcamientos. El inconveniente principal es que si se obstruye algún gotero será necesario levantar el césped para su sustitución.

- **Sistema de riego por Aspersión.** Es el método de riego mecánico más utilizado, sobre todo en grandes jardines. La distribución de agua se hace mediante la utilización de pequeños aparatos mecánicos que riegan mediante chorros, suministrando el agua de manera radial.



Figura 2.7. Sistemas de Riego por Aspersión

Estos aparatos son los aspersores y los difusores. Los primeros son útiles para regar superficies mayores de 6 metros (Figura 2.7.a) y los difusores para superficies pequeñas (Figura 2.8.b). La aspersión dispone de la ventaja de que humedece mucho el ambiente, lo que favorece la transpiración de las plantas pero malgasta mucha agua, por lo que en un pequeño jardín no es rentable, y además no existe un riego uniforme, empapando en ocasiones a algunas plantas mientras que a otras no las alcanza el agua.

2.3.1 Control Domótico del Sistema de riego

El mantener las plantas y el césped del jardín en buen estado no es una tarea sencilla, pues estos necesitan de continuos cuidados que contribuyan con su crecimiento y desarrollo. El riego es un elemento indispensable en el mantenimiento de jardines pero en ocasiones (sobre todo en época de vacaciones y en verano), puede transformarse en una

tarea molesta y monótona, pues es una actividad que necesita de vigilancia, aún cuando se utiliza un sistema mecánico, de manera que se asegure que se está administrando a las plantas el agua estrictamente necesaria.

Además de los factores indicados anteriormente (tipo de plantas, el clima y las condiciones del suelo) se debe tener en consideración que no se puede regar el jardín a cualquier hora del día. El agua debe ser irrigada antes de las 10 de la mañana y después de las 5 de la tarde, cuando el sol ya no calienta, o no es tan fuerte.

Las primeras horas de la mañana es el mejor momento para cubrir las necesidades de las plantas pues es el momento en el cual los vientos son mínimos, el sol no es intenso y el agua tiene menos probabilidad de evaporarse, pero generalmente en ese período de tiempo los propietarios realizan otras actividades. Si se riega en la tarde o durante la noche el agua no es utilizada y permanece sin ser absorbida hasta las primeras horas del día.

Un control inteligente del sistema de riego permitirá al usuario obtener una mayor comodidad y a la vez suministrar una irrigación de mayor calidad al evaluar correctamente todos los elementos del ambiente. La Domótica ofrece soluciones que permiten mantener sin esfuerzo el jardín durante todo el año, logrando un volumen y frecuencia de riego correcto en el momento oportuno.

Una de estas soluciones es el sistema de riego controlado por horarios. Con esta aplicación el usuario se eximirá de la obligación de regar el jardín diariamente, especialmente en verano. La instalación domótica logrará que el sistema de riego se encienda de forma automática, ciertos días de la semana o a diario, aprovechando el mejor horario del día. De esta manera los usuarios podrán ahorrar tiempo y trabajo o ausentarse tranquilamente de su casa sin preocuparse por falta de riego en su jardín.

Sin embargo, un regadío periódico no asegura un buen mantenimiento del jardín pues no se toma en cuenta otros factores. Es por ello que en una instalación domótica se hace imperioso el manejo de sensores de manera que se puedan adquirir nuevos servicios.

Gracias a la utilización de diversos tipos de sensores se puede evaluar mejor las condiciones tanto climáticas como del suelo de manera que el sistema determine si se debe o no regar, aún cuando esté programado para hacerlo. Algunos de los sensores utilizados en este campo son:

- **Sensores de Humedad y Lluvia.** Detectan el nivel de humedad existente en el terreno y determinan si es o no necesario activar el riego.
- **Sensores de Viento.** Detienen el sistema de riego en caso de presencia de vientos de alta velocidad, previniendo que se desvíe el agua al momento de ser esparcida
- **Sensores de Lluvia.** Desactivan el sistema en caso de presencia de lluvia, previniendo un gasto innecesario de agua
- **Sensores de temperatura o luminosidad.** Determinan si la cantidad de luz natural o las condiciones climáticas son o no aptas para el riego.

En resumen, un control domótico del sistema de riego permite al usuario un aumento de su comodidad y una mejor gestión de la cantidad de agua que reciben sus plantas, logrando a la vez un ahorro en el consumo de agua. De igual manera, permite dirigir el regadío en los jardines de la vivienda ya sea en su totalidad o por zonas, siendo posible programarlo por horarios o por mando a distancia, tomando en cuenta que el sistema actuará de acuerdo a las características del entorno.

2.4 SISTEMAS DE MOTORIZACIÓN

Existen elementos que forman parte de la decoración y la funcionalidad del hogar. Las ventanas, cortinas, persianas y toldos son algunos de estos elementos, y cada uno tiene su aplicación dentro de la arquitectura de la vivienda, tal como se muestra en la figura 2.8.



Figura 2.8. Elementos decorativos del hogar

Las ventanas de una casa tienen un doble propósito: permitir la expansión visual hacia el exterior y dejar pasar la luz, el sol y la ventilación hacia el interior de la vivienda. En cuanto a las cortinas y persianas, su principal finalidad es la de preservar la intimidad del hogar al aislar visualmente los espacios interiores, ambientando conjuntamente cada estancia al dar a las ventanas un toque de calidez, estilo y color, dando de esta manera un aspecto más acogedor a cada habitación de la vivienda, y funcionando a la vez como elementos aislantes del frío o el excesivo calor del exterior.

En relación a los toldos, son elementos que se presentan como una opción a los conocidos parasoles. Mientras que los parasoles son estructuras fijas o están vinculadas a un sistema rígido de poco movimiento, los toldos presentan la ventaja de ser rebatibles. Los toldos pueden ser adaptados a cualquier espacio y su principal objetivo es el de ofrecer protección solar a ciertos lugares de la vivienda sin interrumpir la conexión visual con el exterior y sin modificar la fachada cuando estos se encuentran cerrados.

La instalación de motores para la apertura de las puertas del garaje se ha convertido en un servicio muy popular en la actualidad pues permite controlar las puertas sin que el usuario tenga que bajarse del coche evitando el deterioro de las puertas ya que se utiliza un movimiento suave y se detiene automáticamente el desplazamiento al detectar obstáculos. Esta aplicación aumenta tanto la comodidad como la seguridad de las personas, por ello su extensa aceptación en la sociedad.

A partir de esta aplicación aparecen nuevas ideas para mejorar la calidad de vida de los usuarios. A continuación se detallan estas aplicaciones y las ventajas que estas comprenden.

2.4.1 Control Domótico de los Sistemas de Motorización

La aplicación de nuevas tecnologías en el hogar ha permitido el desarrollo de nuevas e interesantes aplicaciones que intentan aumentar el confort de los usuarios. Uno de estos nuevos servicios es la motorización de tareas que, al igual que la apertura de las puertas del garaje, son labores repetitivas tales como la apertura de persianas, cortinas, toldos y ventanas.

La Domótica despliega este tipo de aplicaciones, presentando productos que permiten motorizar y accionar todas las persianas, cortinas, toldos, puertas y ventanas de la casa desde cualquier punto de la vivienda e incluso fuera de ésta mediante la utilización de sencillos pulsadores, mandos a distancia, accionamiento automático al cumplirse ciertas condiciones (nivel de luminosidad, temperatura, hora del día, etc.) o por programación horaria, posibilitando el control individual, grupal o por zonas de todas las cortinas o persianas de la vivienda, y en el caso de estas últimas, habilita además la orientación deseada de las lamas de las persianas.

La motorización de persianas, cortinas, toldos y ventanas es principalmente útil en casos en que los elementos son de difícil acceso o los toldos son de grandes dimensiones y especialmente en situaciones en las que los usuarios son personas discapacitadas o de avanzada edad y estas funciones se vuelven muy complicadas.

Otra interesante aplicación es la de programar con anterioridad ciertas posiciones de desplazamiento preferidas (por ejemplo la mitad del desplazamiento), siendo posible inclusive ajustar automáticamente la inclinación de las lamas de las persianas, con lo que los usuarios podrán graduar la cantidad de luz natural de cada estancia, siendo factible escoger en cada instante y con una sola pulsación la intensidad necesaria para trabajar o

para descansar e incluso para crear escenas tal como se lograba con el sistema de iluminación. Es posible además combinar el funcionamiento de ambos sistemas de manera que se creen diferentes y mejores ambientes.

Algunos inconvenientes que se presentan al colocar en el exterior del hogar las protecciones solares de vidrieras y otros espacios, tales como los toldos o persianas externas (Figura 2.9), son el mantenimiento y la durabilidad de estos elementos.



Figura 2.9. Toldos y persianas exteriores

El polvo y el viento acumulan suciedad y puede dañar a los elementos de protección. Su limpieza suele ser incómoda y su reparación es difícil, si ésta no está prevista. Es por ello que el control domótico asegurará un alargamiento de la vida útil mediante la utilización de sensores. Por ejemplo el sistema recogerá automáticamente los toldos o persianas al detectar presencia de viento excesivo o lluvia que podrían perjudicarlos.

Asimismo los motores instalados son compactos, silenciosos y potentes, siendo capaces de accionar cualquier tipo de cortinas, persianas o toldos sin importar su tamaño o su material, de manera que se consigue un desplazamiento suave y regular que evita tirones bruscos que pueden malgastar los materiales, alargando la duración de los mismos. Actualmente se cuenta además con motores inteligentes que detectan automáticamente los obstáculos con lo que los elementos automatizados quedan protegidos de posibles daños en su estructura o su funcionamiento.

Dentro del campo del ahorro energético, debido a que en una instalación domótica todos los sistemas se encuentran integrados, es posible disminuir el tiempo de utilización

de los sistemas de climatización al aprovechar el accionamiento de los sistemas motorizados. Por ejemplo la instalación de toldos automáticos permite reducir apreciablemente el gasto en aire acondicionado, ya que pueden atenuar hasta en un 80% el calor producido por los rayos solares, igualmente una persiana o cortina motorizada reduce entre un 15 y un 20% las pérdidas de calor de una ventana en invierno, disminuyendo el uso de calefacción, y además sirve de protección solar durante todo el año.

Los sistemas de motorización también brindan al usuario la oportunidad de optimizar la seguridad de su hogar. La posibilidad que brinda la Domótica de controlar desde fuera de la vivienda cualquier sistema dentro de la misma y la programación horaria (por días, semanas e incluso meses) hace que sea posible la simulación de presencia en períodos de ausencia de los usuarios burlando así a las personas ajenas a la vivienda. En el caso de las persianas, en posición cerrada la motorización bloquea automáticamente la persiana, impidiendo cualquier intento de apertura desde el exterior.

2.5 SISTEMAS DE SEGURIDAD

El proceso de transformación urbana que enfrenta nuestro país, al igual que otros tantos países del mundo, hace que las personas se enfrenten a preocupantes factores tales como el aumento de la violencia y las nuevas técnicas de robo utilizadas por los delincuentes, los cuales hoy están mejor organizados.

Esto ha provocado un notable incremento en los sistemas de seguridad, tanto en las residencias como en los establecimientos comerciales y demás edificaciones y espacios públicos y privados, lo que a su vez implica un considerable aumento de las empresas privadas de seguridad. En la actualidad es cada vez más frecuente que las personas construyan o equipen sus viviendas utilizando todo tipo de sistemas y tecnologías, buscando una manera de proteger su propiedad o sus bienes y, sobre todo, proteger su integridad y la de sus familias.

En edificios residenciales es posible establecer diversos niveles de seguridad sobre la base de los lugares en que sean establecidas áreas de control. El primer nivel de seguridad

que se puede establecer implica la vigilancia en los alrededores y zonas exteriores de los edificios y complejos residenciales. En estos lugares la principal atención se encuentra en la detección de presencia personas y, generalmente, poder observarla y seguir los movimientos que pueda realizar en las inmediaciones.

Un segundo nivel se enmarca las zonas comunes de la residencia. Estas zonas incluyen los accesos a la vivienda, garajes, jardines, piscinas, sótanos, terrazas y escaleras, etc. Para estos sectores los sistemas deben garantizar la seguridad en los accesos y la detección de presencia. Por último el tercer nivel de seguridad se establece en el interior de los hogares en donde las acciones a realizarse serán de vigilancia, control y detección de presencia e intrusión.

El sector de seguridad y alarmas es muy maduro. El desarrollo tecnológico ha permitido mejorar los controles y dispositivos de seguridad, siendo posible encontrar sofisticados sistemas en el mercado y su elección dependerá de las necesidades de protección y el presupuesto de la persona. En general, los dispositivos más utilizados en la vivienda son: sistemas de alarma y monitoreo, circuitos cerrados de televisión, sistemas de control de accesos, dispositivos para simular presencia (dispositivos de control horario), entre otros.

2.5.1 Sistemas de Alarma

Los sistemas de alarma son ayudas electrónicas que tienen la finalidad de anunciar que existe algún intruso en algún establecimiento, residencia o espacio privado. Dentro de los sistemas de alarma para vivienda es posible encontrar un sinnúmero de equipos de control y detección para instalar (Figura 2.10).

Todos los sistemas son controlados mediante centrales de usuario, las cuales son el controlador principal de todo el sistema. Estas centrales son cada vez más complejas en funcionamiento (pudiendo cubrir más áreas y servicios simultáneamente) pero más simples en manejo desde la perspectiva del usuario.



Figura 2.10. Sistemas de Alarma

En este tipo de sistemas se utilizan comúnmente sensores de movimiento y presencia, sensores de indicación de apertura de puertas y ventanas y sensores de rotura de cristales que permiten detectar la intrusión. Se pueden clasificar las centrales en dos tipos a nivel tecnológico:

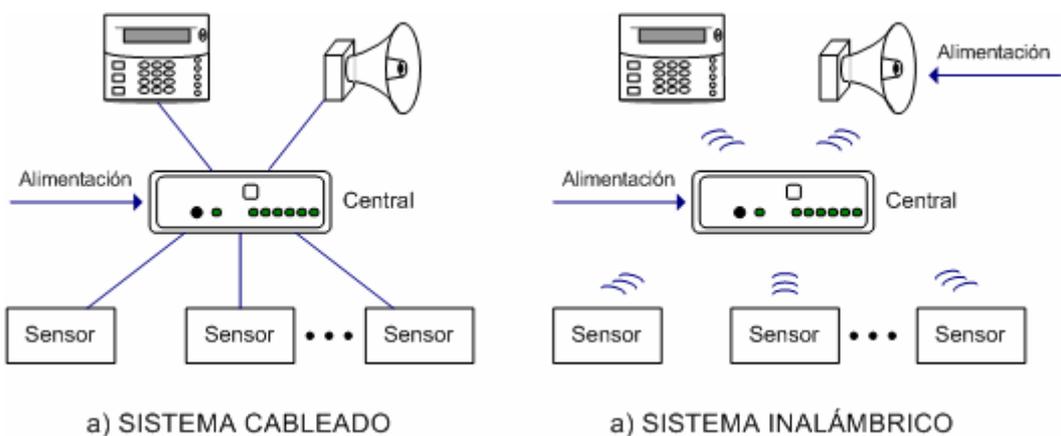


Figura 2.11. Topologías de Sistemas de Seguridad

- **Centrales cableadas** en donde todos los sensores y actuadores (sirenas, centrales de usuario, etc), están cableados a la central como indica la figura 2.11.a. La central posee alimentación y una batería de respaldo, para poder alimentar a todos los dispositivos del sistema.
- **Centrales inalámbricas** en donde se utilizan sensores inalámbricos alimentados por pilas o baterías individuales y transmiten vía radio la información de los eventos a la

central, la cual está alimentada por la red eléctrica y batería de respaldo (Figura 2.11.b).

Dependiendo de la tecnología utilizada las alarmas antirrobo admiten otras funciones como la simulación de presencia, la detección de alarmas técnicas, como por ejemplo detección de incendios, o la realización de llamadas a los propietarios de la vivienda o a agencias de seguridad.

2.5.2 Circuitos cerrados de televisión (CCTV)

El control mediante circuito cerrado de televisión se viene realizando desde hace largo tiempo. Son sistemas de video-vigilancia de zonas comunes de la edificación realizada a través de la instalación de un conjunto de cámaras ubicadas en lugares estratégicos permitiendo a la vez obtener un registro del ingreso de las personas en el hogar.

Su complejidad varía en función del número de cámaras a instalar. Las soluciones de CCTV actuales se estructuran en cuatro elementos básicos: las cámaras, el servidor de captura, la red de comunicación y el equipo receptor y de control.



Figura 2.12.Sistemas CCTV

Las cámaras empleadas son muy similares a las utilizadas tradicionalmente pero son de menor tamaño y potencia (Figura 2.12). En blanco y negro o en color, pueden ubicarse tanto en el interior como en el exterior del hogar. Las cámaras se pueden controlar desde alguna habitación dentro del edificio, siendo posible aumentar o reducir la toma, buscar un

objetivo específico e inclusive se puede utilizar rayos infrarrojos para hacer tomas en la oscuridad.

2.5.3 Control de accesos

El control en los accesos es un moderno e importante sistema de seguridad que es posible usar tanto en edificios como en viviendas. En este campo es posible utilizar puertas blindadas que poseen cerraduras de seguridad electrónicas, teclados de control de acceso que incluyen un código secreto de entrada, sistemas de identificación biométrica o de identificación de huellas digitales.

Es posible abrir las cerraduras electrónicas mediante tarjetas inteligentes y de banda magnética, las cuales han aparecido como alternativa a la llave convencional. Estas últimas es posible instalarlas no solo en las puertas sino también en localidades individuales tales como armarios, cajones de joyas, etc.

Un nuevo sistema desarrollado es el control de acceso por timbre inteligente, el cual es un circuito que es conectado al timbre de la vivienda y es capaz de memorizar una determinada melodía. Entonces si la persona que pulsa el timbre reproduce exactamente la melodía anteriormente registrada podrá ingresar a la casa.

2.5.4 Control Domótico de los Sistemas de Seguridad

La Domótica procura alcanzar un hogar lleno de comodidad y bienestar. Una forma esencial para lograrlo implica el garantizar la seguridad de los habitantes dentro de la vivienda, puesto que, el poseer una casa protegida adecuadamente, hace que el hombre se sienta mas seguro y tranquilo y tenga una calidad de vida más alta. Los sistemas de seguridad domóticos contemplan dos sectores: la seguridad personal y la seguridad de bienes.

Con la finalidad de asegurar la integridad de las personas y las viviendas, la Domótica aprovecha el desarrollo de los sistemas electrónicos de vigilancia y detección actuales (sistemas de alarma, control de accesos, videovigilancia). Mediante la integración de los mismos, la unificación de nuevos avances tecnológicos y gracias a las redes internas y externas de comunicación existentes en una instalación domótica es posible conseguir nuevas e interesantes aplicaciones y servicios que ayudarán a mejorar la tranquilidad en el hogar.

Las principales aplicaciones de las instalaciones domóticas dentro del campo de la seguridad son las siguientes:

- **Sistemas de Alarma.** Este tipo de sistemas domóticos, conocidos también como sistemas de anti – intrusión, comprenden los mismos dispositivos y características de los sistemas de alarma convencionales. La diferencia radica en la mayor flexibilidad permisible gracias las redes de comunicación existentes en una instalación domótica. Esto permite que frente a cualquier incidente el sistema notifique la alarma al usuario o a una compañía de seguridad mediante SMS o llamadas a teléfonos fijos o móviles.
- **Video Vigilancia.** Los sistemas de CCTV tradicionales requieren que una persona se encargue de vigilar permanentemente el monitor donde se presentan las imágenes de las cámaras. Hoy por hoy el desarrollo de los accesos de banda ancha hace posible la conexión permanente del hogar. Por ello, mediante la utilización de Internet, el usuario puede monitorear su hogar y controlar las cámaras en tiempo real desde cualquier lugar fuera de la vivienda. Por otro lado, si es requerido, es posible grabar las imágenes recogidas por el sistema gracias a la compresión de las mismas en formatos digitales, sobrepasando de esta manera las limitaciones de tiempo y calidad de grabación que imponen los videos tradicionales.
- **Control de Accesos.** Aplicando las mismas tecnologías detalladas anteriormente (cerraduras electrónicas, timbres inteligentes, etc.), y sumado a la interacción con otros sistemas, es posible obtener nuevos servicios que mejoran notablemente el control de accesos en el hogar. Un claro ejemplo supone el manejo del sistema de video vigilancia. Gracias al monitoreo en tiempo real, el momento que una persona

toca el timbre, el usuario será notificado y podrá observar quién se encuentra en la puerta de ingreso, pudiendo enviar señales de control que permitan o impidan el ingreso de la persona al hogar. Además el propietario podrá ser notificado en caso de que haya sido usada una tarjeta electrónica y, al determinar el código utilizado, se permitirá conocer de quién se trata y activar restricciones de acceso a ciertas habitaciones o zonas de la casa. Otra aplicación es la instalación de nuevos porteros automáticos conocidos como **domoporteros**, los cuales desvían la llamada del portero a un teléfono móvil o fijo, simulando la presencia del usuario en su domicilio.

- **Simulación de Presencia.** Constituye una manera eficaz de evitar robos en la vivienda pues hace suponer a las personas ajenas al hogar que la casa se encuentra habitada. Al presente existen dispositivos que permiten controlar el sistema de iluminación mediante horarios para simular presencia, sin embargo en una instalación domótica la simulación de presencia se realiza de manera inteligente. Con ello el sistema puede reproducir los hábitos de los habitantes gracias a la interacción de todos los sistemas (iluminación, motorización, climatización, control de electrodomésticos, etc.) de modo que prácticamente no exista diferencia entre la vida cotidiana y la simulación.
- **Alarmas Técnicas.** En el hogar pueden existir posibles errores en las instalaciones, accidentes, o mal uso involuntario de los sistemas técnicos. El sistema de seguridad domótico, gracias a la utilización de los correspondientes sensores, permite notificar cualquier tipo de situación anormal tales como escapes de agua, fuga de gas, humo, incendio, detección de CO₂ (principalmente en garajes) etc. Tal aviso puede darse de forma local (sirenas, timbres, mensajes hablados, etc.) o de forma remota mediante mensajes o llamadas.

Asimismo se puede programar al sistema de manera que, además de dar la alarma, este actúe automáticamente según el incidente. Por ejemplo mediante el uso de electroválvulas puede cortar el suministro de agua o gas, si existe humo puede subir o bajar persianas, o en caso de fallas en el suministro eléctrico puede desconectar los electrodomésticos.

- **Alarmas Personales.** Esta aplicación ha sido ideada para dar avisos SOS o de pánico en casos de emergencias graves dentro de la vivienda (presencia de intrusos, robos o ataques personales) o para avisos de asistencia médica y personal. Esta última es esencialmente útil en el caso de personas de tercera edad o gente discapacitada.



Figura 2.13. Botones de Pánico Domótico

Los avisos se realizan generalmente mediante el manejo de pulsadores conocidos como botones de pánico dispuestos como pulseras o colgantes, similares a los que se indican en la figura 2.13, los cuales notifican al sistema que existe una alarma, llevándose a cabo inmediatamente acciones como el encendido de luces y llamadas a familiares o a centros de atención (policía, hospitales, etc.) asegurándose de esta forma que el usuario reciba la ayuda necesaria lo antes posible.

2.6 SISTEMAS DE COMUNICACIONES



Figura 2.14. Medios de Comunicación

La comunicación es un importante factor en la vida de los seres humanos. Desde tiempos remotos las personas han buscado herramientas que les permitan transmitir ideas, mensajes e información entre sí a largas distancias. Es por ello que a lo largo de la historia el hombre ha creado diversos medios de comunicación, y gracias a los diferentes descubrimientos y a los avances tecnológicos, hoy es posible contar con sistemas de comunicaciones eficaces, potentes, prácticos y de mayor alcance que brindan mayor cantidad de servicios (Figura 2.14). Algunos de estos medios son el teléfono, los sistemas telegráficos (télex, fax, etc.), el radio, la televisión y el Internet.

Cada época se caracteriza por los hábitos, costumbres y tendencias sociales. Hoy por hoy los cambios en la forma de vida son evidentes: existe en general un notable aumento del nivel tecnológico de la población mundial, hay una tendencia al aumento de equipos de ocio e informática, la incorporación de la mujer al mundo laboral supone que las familias pasan gran parte del día fuera del hogar lo que implica la necesidad de facilitar las tareas domésticas y de controlar y vigilar el hogar, entre otros factores.

Una de las tecnologías que ha impulsado esta nueva forma de vida es el Internet, el cual actualmente es un servicio plenamente consolidado y en evidente expansión. Es una tecnología de interconexión de redes informáticas que permite la convergencia entre los contenidos audiovisuales y las telecomunicaciones, aportando de esta manera un mundo de comunicaciones con un incomparable valor añadido para el usuario.

2.6.1 Sistemas de comunicación en el interior de la vivienda.

2.6.1.1 *Sistemas Multimedia*

Este campo hace referencia a los sistemas de audio y video instalados en las residencias en donde las redes y el cableado de los mismos han sido implementados para transmitir contenidos a través de la interconexión de dos o más dispositivos de la línea marrón del hogar (TV, video, audio, etc) y no de crear una red de área local entre ellos.

En la actualidad es posible encontrar en los hogares una amplia variedad de artículos que pretenden mejorar el aspecto de entretenimiento de los usuarios. Algunos de ellos son los televisores (convencionales o con características mejoradas tales como pantallas de plasma o LCD, formatos panorámicos, etc), equipos de video, cine en casa, amplificadores, altavoces, equipos HI-FI, cámaras fotográficas y video cámaras entre otros.

Sin embargo con el desarrollo de los formatos digitales de contenidos y la evolución del sector de la informática hacia el audio/video y entretenimiento el uso de redes de datos (Ethernet, WiFi, Bluetooth) se ha iniciado a crear redes para la transmisión de contenidos multimedia.

Aprovechando estos avances la domótica en este ámbito agrega equipos basados en tecnologías digitales que permiten distribuir las señales a múltiples partes de la vivienda, permitiendo además dar distintas prioridades y permisos a distintas salidas. Esto último es útil para padres que quieren dar prioridad a la televisión de su habitación o limitar los canales de la televisión de cable que pueden ver los niños en sus habitaciones.



Figura 2.15. Dispositivos que permiten la Televisión Digital

Además existen nuevos dispositivos, tales como los que indica la figura 2.15, con acceso a Internet como por ejemplo los Set-Top Box (decodificadores digitales), televisores preparados para recibir señales digitales o PVR (Personal Video Recorder), los cuales permiten nuevos servicios interactivos como por ejemplo televisión y video bajo demanda, juegos, canales de radio y servidores de música en la Web, selección de películas en videotecas virtuales, televisión digital interactiva (que permite envío de e-mail, consultar el estado del tiempo, carreteras, cuentas bancarias, etc.) entre otros.

2.6.1.2 Red Domótica

Como se analizó en el capítulo anterior hace pocos años (y en Ecuador aún en la actualidad) la única manera de construir una vivienda inteligente era utilizar un controlador al cual se unían sensores y actuadores con una arquitectura centralizada.

Sin embargo hoy en día es posible implementar una red de área local de control distribuido gracias a la rebaja en los precios del hardware electrónico que ha permitido el diseño de sensores y actuadores inteligentes. Debido a la utilización de dicha red es posible la interconexión y actuación conjunta de los demás sistemas de la vivienda, lo cual permite obtener servicios optimizados tales como el perfeccionamiento de los sistemas de seguridad, simulación de presencia, la creación de escenas, entre otros.

Las redes de control residenciales habilitan la distribución de datos y señales de control entre los diferentes dispositivos de la vivienda, asegurando la operación individual y conjunta de cada uno de ellos. Dependiendo del protocolo utilizado, las redes de control pueden trabajar mediante cables de pares trenzados, corrientes portadoras sobre la red de baja tensión (powerline communication), vía radio, fibra ópticas, cable coaxial, etc. De estas redes se hablará con mayor detalle en el siguiente capítulo.

2.6.1.3 Red de Datos

Las necesidades de comunicación en los hogares han evolucionado progresivamente reaccionando a los cambios de la sociedad. El primer servicio de comunicación brindado en las viviendas fue el de la transmisión de voz (red telefónica). Ayudada por la disponibilidad de tecnologías esta red ha evolucionado a una red de datos que, además de ofrecer servicios de voz permitan la interconexión de distintos equipos como los PC, impresoras, escáneres, etc. y compartir recursos informáticos y el acceso a Internet desde todas las dependencias del hogar

Generalmente para alcanzar esta red es necesaria la instalación de distintas subredes de datos con distintas tecnologías, las cuales se conectan entre sí gracias a la utilización de pasarelas residenciales, de las cuales se tratará más adelante.

Debido a la diversidad de necesidades, aplicaciones y servicios que han surgido a lo largo de los últimos años hoy es posible contar con varias tecnologías que han intentado adaptarse a los nuevos retos, las cuales es posible dividir las en dos categorías: conexión permanente cableada o inalámbrica. Algunas de estas tecnologías son:

Ethernet. Tecnología más extendida y de mayor difusión para la implementación de redes de área local que utiliza diferentes protocolos para la transmisión de datos tales como Netware, AppleTalk, VINES, TCP/IP, etc., siendo éste último el más utilizado. Se trata de un modelo práctico, implementado en la actualidad a nivel mundial, que permite un buen equilibrio entre velocidad, costo y facilidad de instalación siendo el soporte no sólo para la intercomunicación de todo tipo de redes, si no también la base sobre la que se ha desarrollado Internet.

USB. Tecnología desarrollada inicialmente como un método para conectar periféricos a un ordenador de forma sencilla. El USB es un estándar que permite disminuir las carencias de los puertos serie y paralelo del computador admitiendo la conexión de hasta 127 dispositivos y la construcción de una pequeña LAN entre dos ordenadores. Esta Tecnología tiene un gran ancho de banda, es fácil de usar y configurar y permite añadir dispositivos "en caliente", esto es, sin apagar el ordenador o el dispositivo que se va a conectar.

Bluetooth. Es un estándar global de comunicación bidireccional inalámbrica de corto alcance (alcance básico de 10 metros de radio) que posibilita la transmisión de voz y datos, e incluso video, entre diferentes equipos a alta velocidad mediante un enlace por radiofrecuencia que no requiere una conexión de línea de visión directa para la comunicación. Bluetooth es una tecnología para diversas plataformas, es decir que puede ser adaptada a todo tipo de dispositivos electrónicos (PC, PDA, Mouse, teléfonos móviles,

etc), sin problemas de compatibilidad. Esta tecnología es un equivalente inalámbrico de la conectividad USB.

WiFi (Wireless Fidelity). Es el nombre comercial del estándar IEEE 802.11b para la tecnología utilizada en las Redes de Área Local Inalámbricas (WLAN), desarrollada para resolver problemas de compatibilidad para este tipo de redes. La tecnología WiFi es el instrumento ideal para crear redes en las viviendas o SOHOs (Small Office Home Office) cuando es imposible instalar nuevos cables o se necesita movilidad total dentro de estos entornos. WiFi equivale a una Ethernet inalámbrica adaptada a transferencias de datos de gran volumen.

2.6.2 Sistemas de comunicación de la vivienda con el exterior.

Para poder distribuir adecuadamente el tiempo entre las tareas domésticas, el campo laboral y el entretenimiento las familias necesitan vivir en entornos que ofrezcan mayor flexibilidad y servicios adicionales a los usados tradicionalmente. El desarrollo de estos entornos se ha visto visiblemente impulsado gracias al avance del Internet y las nuevas tecnologías de acceso que proporcionan la conexión permanente del hogar, lo cual supone una revolución en la forma de vida y de trabajo.

Las tecnologías desarrolladas aportan grandes beneficios en cuanto proporcionan nuevas características a la conexión tales como:

- Elevado ancho de banda, es decir permitir la transmisión de información dentro y fuera de la vivienda a altas velocidades.
- Conectividad permanente conocido también como always-on.
- Posibilidad de movilidad (servicios inalámbricos) y ubicuidad, es decir tener el acceso a cualquier servicio desde cualquier lugar.
- Mayor flexibilidad y disponibilidad de mayor cantidad de servicios.

- Mayor seguridad en la información transmitida o almacenada.
- Independencia de la tecnología con respecto a los servicios.

Para llevar a cabo la implementación de las nuevas aplicaciones se requiere el cumplimiento de las características detalladas anteriormente y a su vez para lograrlo es necesaria la existencia de un nexo entre las distintas redes dentro y fuera de la vivienda.

Para adaptar los protocolos y los flujos de información provenientes de las redes de acceso externas (Internet, Red telefónica, etc.) a las redes domésticas de datos y control aparecen las **Pasarelas Residenciales** (Figura 2.16). Este elemento es una interfaz de terminación flexible, normalizada e inteligente que recibe señales de las distintas redes de acceso y las transfiere a las redes internas y viceversa permitiendo de esta manera la comunicación entre dispositivos de la vivienda y entre estos y cualquier otro aparato conectado a las redes de acceso.

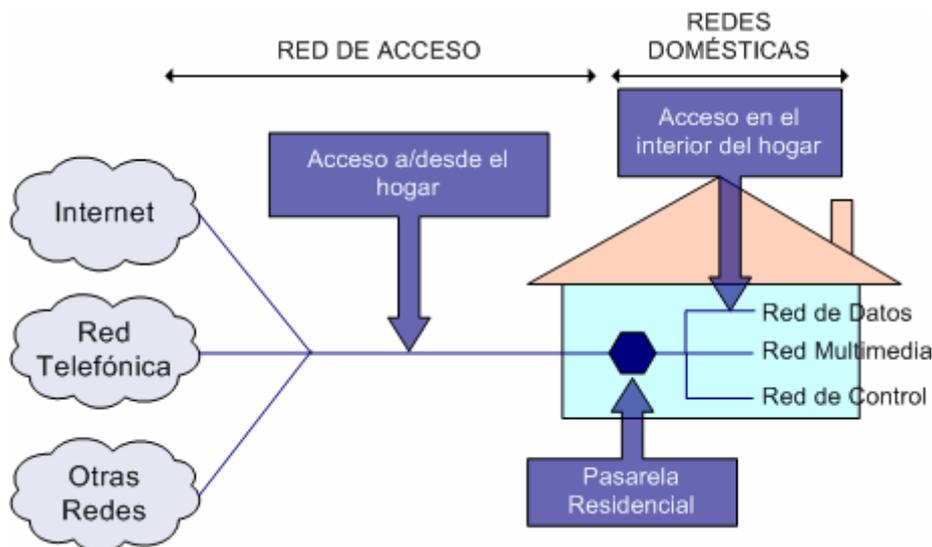


Figura 2.16. Elementos de la Comunicación

Una Pasarela puede ser de **Banda Ancha**, en donde combina las funciones de los routers, hubs, módems con acceso a Internet para varios PC, o **Multiservicios**, proporcionando aplicaciones de tiempo real como firewalls e incluso de servidor de aplicaciones de entretenimiento (Audio/video bajo demanda, VoIP, etc.).

Algunas de las características que debe poseer una Pasarela Residencial son: sencillez en la instalación, telecarga de software (actualización y configuración), seguridad tanto en el acceso como en la transmisión de la información, capacidad para soportar múltiples servicios, monitorización mediante el Internet, entre otras.

2.6.2.1 Tecnologías Habilitadoras

Similar a lo explicado en las redes domésticas, existen nuevas tecnologías que permiten la conexión permanente del hogar en donde ciertas tecnologías utilizan cableado mientras que otras son inalámbricas. Algunas de las principales opciones tecnológicas son:

xDSL (Digital Subscriber Line). Es una tecnología que reutiliza el par de cobre de la red telefónica, convirtiendo las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad de transmisión en ambos sentidos, mediante la ampliación del ancho de banda. La tecnología DSL provee un servicio dedicado en el cual permite mantener el servicio tradicional de voz (procesada por la red de conmutación de circuitos) y de forma separada, mediante el tratamiento digital de las señales, se envía datos (encaminados en una red específica de conmutación de paquetes) aprovechando de esta manera toda la capacidad disponible del medio de transmisión eficientemente.

DSL posee múltiples variantes como: IDSL, HDSL, SDSL, entre otras, siendo ADSL (Asymmetric DSL) una de las más consolidadas. En esta tecnología toda la capacidad de banda ancha es dedicada al cliente asegurando así la calidad de servicio. Ofrece transmisión de voz y datos, conexión permanente y acceso IP a alta velocidad lo que a su vez permite el acceso a Internet, redes privadas virtuales y servicios interactivos.

HFC (Hybrid Fibre Coaxial). La Red híbrida de Fibra Óptica y Cable Coaxial fue concebida inicialmente para proporcionar servicios de televisión por cable sin embargo hoy en día es posible ofrecer servicios de transmisión de datos y de acceso IP a través de la utilización de dispositivos tales como cable módems o set-top boxes. Provee un servicio dedicado sobre un medio compartido, es decir que el ancho de banda se distribuye con todos los usuarios del medio, por este motivo, la velocidad variará según el número de

personas conectadas. La red HFC brinda interesantes ventajas entre las que se incluyen la posibilidad de ofrecer una amplia gama de servicios tanto analógicos como digitales y el soporte de servicios conmutados y de difusión, así también como la capacidad de adaptación dinámica a los cambios de la demanda y del mercado, debida, en gran parte, a la gran flexibilidad y modularidad de que están dotadas este tipo de redes.

WLL (Wireless Local Loop). Es un sistema basado en celdas que conecta a usuarios a la red pública telefónica conmutada utilizando señales de radio, sustituyendo al cableado de cobre entre la central y el abonado, obteniéndose un servicio con bajos costos de infraestructura y alta velocidad de transmisión. Su esquema de funcionamiento es similar al de las comunicaciones celulares, con la diferencia que el terminal del usuario no es un dispositivo móvil sino que se sitúa una antena receptora fija. Las principales tecnologías de acceso inalámbrico fijo son LMDS (Local Multipoint Distribution Service) y MMDS (Multichannel Multipoint Distribution Service).

Accesos Celulares. La telefonía sin duda es uno de los servicios inalámbricos con más penetración en la sociedad. A pesar de que la telefonía celular fue concebida estrictamente para la voz, la tecnología celular de hoy es capaz de brindar otro tipo de servicios, como datos, audio y video. Actualmente existen tres tecnologías comúnmente utilizadas para la transmisión de información FDMA, TDMA y CDMA. Además las nuevas generaciones de telefonía celular permiten la conexión permanente a Internet, aumentándose así notablemente los posibles servicios a los cuales puede acceder el usuario.

Acceso Satelital. Las comunicaciones vía satélite han sido una tecnología muy utilizada para proveer comunicaciones a áreas alejadas y de difícil acceso donde otros medios no pueden penetrar. Permiten transmitir múltiples servicios de voz, datos y video a altas velocidades. Entre las iniciativas dentro de este campo se encuentran las comunicaciones móviles por satélite y los sistemas de banda ancha. Entre sus inconvenientes se encuentran el hecho de que el servicio puede sufrir de fuerte interferencia en áreas urbanas muy pobladas y es muy dependiente de las condiciones

atmosféricas, además del hecho de ser básicamente una tecnología unidireccional, lo que impide la aplicación de servicios interactivos.

2.6.2.2 *Servicios*

Como ya se ha explicado dentro del campo de comunicaciones gracias a los desarrollos tecnológicos ha sido posible una considerable evolución de los servicios tradicionales disponibles en el hogar y asimismo han aparecido nuevas aplicaciones que incorporan importantes utilidades al usuario. Algunos de los múltiples servicios con los que es posible contar son:

- **Gestión del Hogar.** Comprende servicios dedicados a dirigir el funcionamiento de los dispositivos del hogar y el control de su estado de manera local y remota a través de la utilización de interfaces, Internet o teléfonos fijos y móviles lo cual es posible gracias a la conexión permanente de la vivienda.
- **Videoconferencia.** Permite mantener conversaciones con una o varias personas y recibir a la vez imágenes de las mismas
- **Mensajería Unificada.** Además de los avisos de alarma y emergencia es posible utilizar este sistema dentro del entorno doméstico para consolidar y simplificar las comunicaciones. Por ejemplo el usuario podrá recibir mensajes de otra persona que se encuentra en el hogar en el televisor.
- **Teleasistencia.** Son servicios de ayuda a los habitantes de la vivienda, siendo especialmente importante en el caso de ancianos o personas discapacitadas. Es posible el envío de mensajes de alarma, llamadas a diferentes personas, contactos permanentes con centros de salud, envío de exámenes médicos, etc.
- Otros interesantes servicios obtenidos mediante una adecuada red de comunicaciones son el teletrabajo, telecompra, comercio electrónico, telebanca, teleeducación en aulas virtuales, entre otros.

CAPÍTULO 3

ESTÁNDARES DE CONTROL DOMÓTICO

3.1 X-10⁽³⁾

X-10 es el estándar por excelencia para la domótica. Este protocolo, que data de la década de los 70, permite la interconexión y comunicación de los dispositivos compatibles a través de la instalación eléctrica convencional, mediante la utilización de Tecnología de Corrientes Portadoras. En la actualidad se distribuye X-10 en los cinco continentes, siendo su principal mercado los Estados Unidos de América. Durante los últimos 15 años se han vendido más de 150 millones de equipos X-10.

3.1.1 Historia

El estándar de control domótico X-10 fue desarrollado entre 1976 y 1978 en la empresa Pico Electronics Ltd. ubicada en Glenrothes, Escocia. Esta empresa fue fundada a principios de los años 70 con el objetivo de desarrollar circuitos integrados avanzados para el creciente mercado de calculadoras electrónicas. Los esfuerzos de la empresa se concentraron en integrar en un solo circuito integrado las funciones que anteriormente llevaban a cabo tres circuitos integrados diferentes: uno para la interfaz de botones, uno para el despliegue en pantalla y uno para realizar los cálculos propiamente dichos.

Hoy en día X10 afirma que, contrario a las creencias populares, este circuito integrado para calculadora fue el primer microprocesador del mundo. Los proyectos que se desarrollaban en Pico eran identificados mediante un número de experimento; es así que los experimentos 1 al 8 fueron circuitos integrados para calculadoras cada vez más complejos.

³ Detalles obtenidos de la página Web X10.com – Support

El experimento 9, un circuito integrado que operaría un cambiador de discos programable, fue un proyecto realizado en conjunto con la empresa de sistemas de audio BSR (British Sound Reproduction), la misma que se encargó de la fabricación. Este proyecto dio paso a la formación de una nueva empresa conocida como Accutrac Ltd., una sociedad entre BSR y Pico. El Accutrac (así también se bautizó al equipo) podía ser operado mediante un control remoto basado en un dispositivo desarrollado por Pico usando señales ultrasónicas. Esta característica del Accutrac impulsó la idea controlar las luces y los electrodomésticos con mando a distancia, y así en 1975 nació el experimento 10 o simplemente X-10.

A continuación se concibió la idea de utilizar la instalación eléctrica AC existente para transmitir las señales. Una vez formulado el concepto, se desarrollaron los circuitos integrados en un período de tres años, y se realizaron extensas pruebas que condujeron a la conclusión de que era necesario sincronizar las transmisiones de la línea de conducción eléctrica con el punto de cruce por cero de la línea AC que es cuando hay menor cantidad de ruido. Esto se transformó en el punto clave de la patente que protegía a Pico y X-10 de la competencia durante los primeros años.

Los dispositivos, que inicialmente tomaron el nombre de “BSR System X-10” y luego “X-10 Powerhouse”, muy pronto sobrepasaron los objetivos iniciales con los que fueron concebidos, opacando el sistema de audio BSR.

RadioShack se convirtió en el primer distribuidor de los productos X-10, y es hasta la actualidad uno de los minoristas más grandes de sistemas X-10. Posteriormente Sears y Roebuck se sumaron a la distribución de dispositivos X-10. Dada la buena relación existente entre Pico y BSR, sumada al buen nombre y la buena distribución de BSR, se formó otra empresa entre las dos compañías, la que se bautizó como X10 Ltd.

Después vinieron muchos dispositivos más: un reloj automático X-10 “The Timer”, un paquete “VCR styled” que se conectaba a la televisión y ponía representaciones gráficas de lámparas y electrodomésticos en la pantalla y permitía controlar toda la vivienda desde la televisión y también desde teléfonos exteriores “El Homeminder GE”, mandos a

distancia universales, el primer sistema de seguridad de bajo coste sin cable y con instalación propia “El SS5400E” y otros sistemas de seguridad entre los principales productos.

De igual manera, con el pasar de los años, muchas empresas han mantenido estrechas relaciones, entre las más importantes se cuentan RadioShack, Sears, GE, IBM, Universal Electronics Inc. (UEI), Thomson (RCA/GE), Philips Consumer Electronics (Magnavox), Leviton Manufacturing Co., Stanley.

La filosofía fundamental de diseño de X10 es la de que los productos puedan interoperar entre ellos y sean compatibles con los productos anteriores de la misma gama, es decir que los equipos instalados hace 20 años siguen funcionando con la gama actual. A esta filosofía se suman ciertos principios estratégicos que permanecen a pesar del paso de los años:

- Diseñar productos que incluyan circuitos integrados propios cumpliendo así objetivos de rendimiento.
- Diseñar productos para un amplio sector del mercado, con un bajo costo de manufacturación.
- Introducir los productos a precios competitivos.

Siguiendo estos principios estratégicos y dado que X10 poseía patentes en aspectos clave de la tecnología PLC (corrientes portadoras), que no han tenido competidores desde los primeros productos X-10 introducidos en el mercado en 1978, X10 se ha convertido en el fabricante de sistemas de control del hogar que ha vendido más sistemas de control de iluminación que ninguna otra compañía. Más de cinco millones de hogares en todo el mundo disponen de productos X-10 y más de 150 millones de equipos han sido vendidos durante los últimos 15 años, haciendo de X-10 el líder en sistemas de control del hogar.

El término X-10 define hoy en día un protocolo y a la vez un fabricante de productos X-10 y compatibles con X-10 (alarmas, televisiones, contestadores, interfaces de

ordenador, etc.). Por esta razón en la actualidad suele producirse una confusión con los términos. Aunque en el presente existen cerca de 10 compañías que fabrican dispositivos compatibles con X-10 ("X-10 compatible"), estas no son parte de X10 Ltd. Esta es la razón por la cual cuando se usa el término X-10, generalmente se refiere al protocolo o a los dispositivos compatibles y no específicamente a la compañía "X10".

3.1.2 Tecnología

X-10 utiliza una técnica de modulación de amplitud que en esencia puede ser descrita como una modulación **on-off keying** que usa una frecuencia de portadora simple fija de 120 KHz. Las señales de control se transmiten como ráfagas de pulsos (120 KHz.) que representan la información digital. Estos pulsos se inyectan en la línea de corriente alterna (en el semiciclo positivo o en el negativo de la onda senoidal) y se sincronizan en el cruce por cero de la señal de red (50 ó 60 Hz) para minimizar la interferencia de ruido. La Figura 3.1 muestra la relación entre estos pulsos y el punto cero de la corriente alterna. Para modular la señal de 60Hz (50 Hz en Europa) el transmisor utiliza un oscilador opto acoplado que vigila el paso por cero de la señal senoidal.

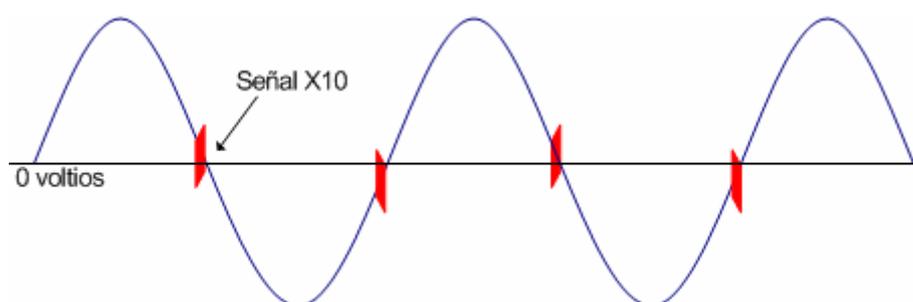


Figura 3.1. Señal X-10 sobrepuesta en la línea de corriente alterna

Los receptores sincronizados aceptan la portadora en cada punto de cruce por cero. X-10 utiliza dos cruces por cero para transmitir un dígito binario con la finalidad de reducir errores. Consecuentemente, cada bit requiere un ciclo completo de 60 Hz. y por lo tanto la tasa de transmisión está limitada a 60bps.

El protocolo X-10 representa un "1" binario por la presencia de la portadora durante 1ms en un semiciclo de la corriente alterna seguida inmediatamente por la ausencia de un pulso en el siguiente semiciclo; y un 0 binario por la ausencia de la portadora seguida inmediatamente por la presencia de un pulso (figura 3.2). Esta transmisión bifásica sumada a la duplicación de cada transmisión otorga una cuádruple redundancia a toda la información transmitida.

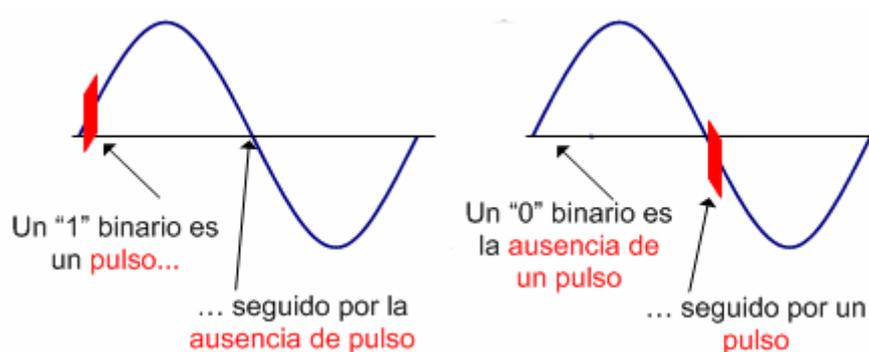


Figura 3.2. Representación de bits

El pulso de 1 milisegundo se transmite tres veces para que coincida con el paso por cero en las tres fases para un sistema trifásico (figura 3.3). La forma de la curva de 60 Hz. sólo se muestra como referencia. En realidad, las señales van superpuestas con la curva de 60 Hz.

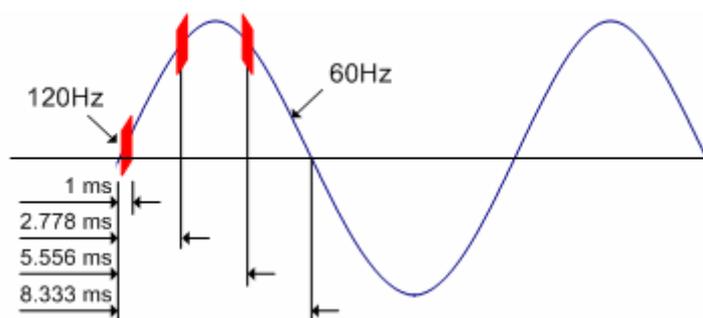


Figura 3.3. Señal X-10 en un sistema trifásico

Mientras que los pulsos transmitidos deben ser de 1 ms. completo de duración, los receptores, por el contrario, fueron diseñados para abrir una ventana de recepción de solo 0.6ms (figura 3.4).

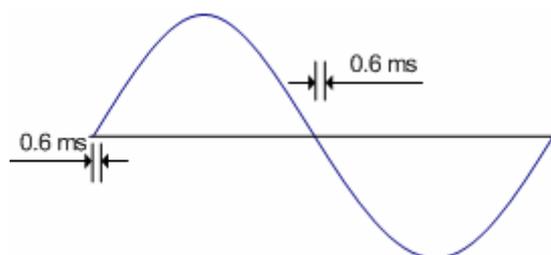


Figura 3.4. Ventana de recepción

El método utilizado por X-10 se basa en una trama de datos simple con ocho bits de datos (un byte) precedida por un código de inicio predeterminado. La transmisión completa de un comando X-10 necesita once ciclos de la señal de la línea eléctrica AC. Esta trama se divide en tres campos de información:

- Dos ciclos representan el Código de Inicio.
- Cuatro ciclos representan el Código de Casa (letras A-P).
- Cinco ciclos representan o bien el Código de Unidad (1-16) o bien el Código de Función (Encender, Apagar, Aumento de Intensidad, etc...).

Este bloque completo (Código de Inicio, Código de Casa y Código de Función o Numérico) es transmitido siempre dos veces, separadas cada una por tres ciclos de corriente, excepto para funciones de regulación de intensidad, que se transmiten de forma continua (por lo menos dos veces) sin separación entre códigos.

3.1.2.1 *Proceso detallado de transmisión*

Con el objetivo de proveer un punto de inicio predecible, cada trama de datos siempre empieza con seis cruces por cero como mínimo, seguidos por una secuencia de

inicio 1110 como se muestra en la figura 3.5.

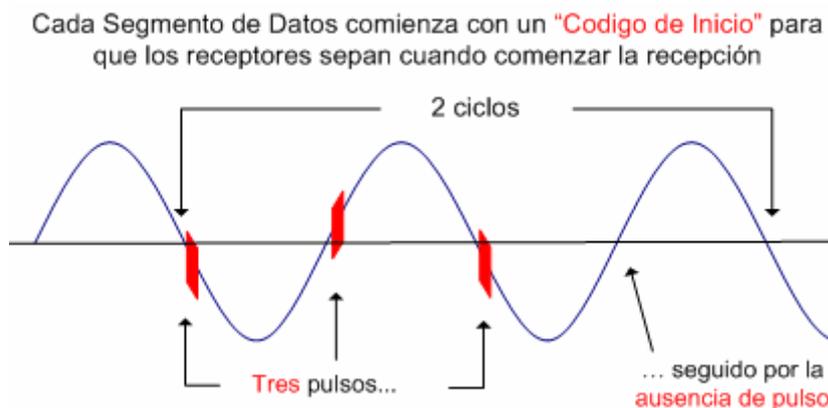


Figura 3.5. Código de Inicio

Una vez que el código de inicio ha sido transmitido, se envía el primer nibble de datos. Estos primeros cuatro bits asignan un código de letra para facilitar la operación de los dispositivos por parte de los usuarios. Además, los patrones se reorganizaron de forma aleatoria para que los códigos de letra no incurrieran en el predecible patrón binario como se puede apreciar en la figura 3.6.

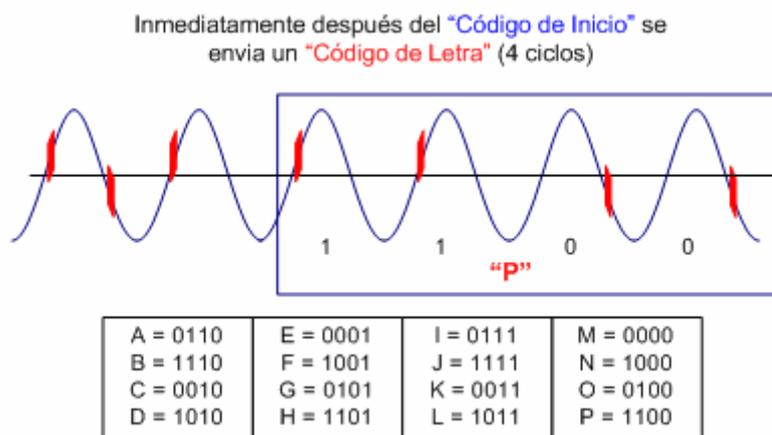


Figura 3.6. Código de Letras

En una cadena de bits contigua, el segundo nibble provee la segunda mitad de la dirección. El último bit parece ser parte del código numérico pero en realidad es un bit de

función. Cuando este bit es cero, el nibble precedente se designa como un código de número y por lo tanto como una parte de la dirección (Figura 3.7).

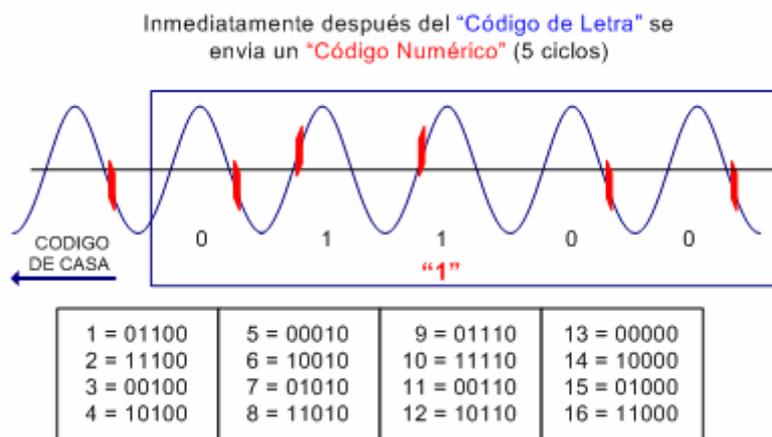


Figura 3.7. Código numérico

Siempre que los datos cambian de una dirección a otra, de una dirección a un comando, de un comando a otro, o de un comando a una dirección, las tramas de datos deben ser separadas por los menos por seis cruces por cero ("000000") como se ve en la figura 3.8. Esta secuencia de seis ceros tiene el propósito de resetear los registros (shift registers).



Figura 3.8. Intervalo de silencio

Una vez que el receptor ha procesado los datos de dirección, está listo para recibir un comando. Al igual que antes, todas las tramas deben empezar con un código de inicio.

Luego, el nibble sucesivo, provee el código de letra. El siguiente nibble es el commando y el último bit del mismo es uno, dado que es el bit de función y todos los comandos terminan en un uno binario. En la figura 3.9 se muestran únicamente los seis comandos más usados comúnmente.

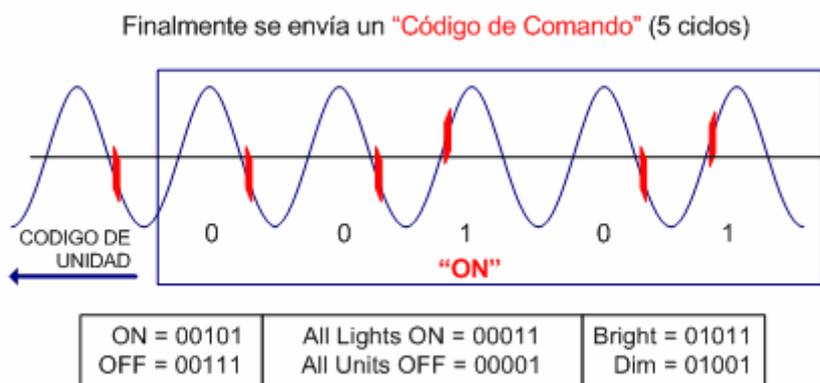


Figura 3.9. Código de comando

Generalmente un comando X-10 completo consiste de dos paquetes con un intervalo de tres ciclos entre cada paquete. Cada paquete contiene dos mensajes idénticos de once bits (u once ciclos) cada uno. Por lo tanto, como se puede observar en la figura 3.10, un comando X-10 completo consume 47 ciclos de la onda sinusoidal de 60Hz. que equivalen a un tiempo de 0.7833 segundos, o en términos prácticos, menos de un segundo.

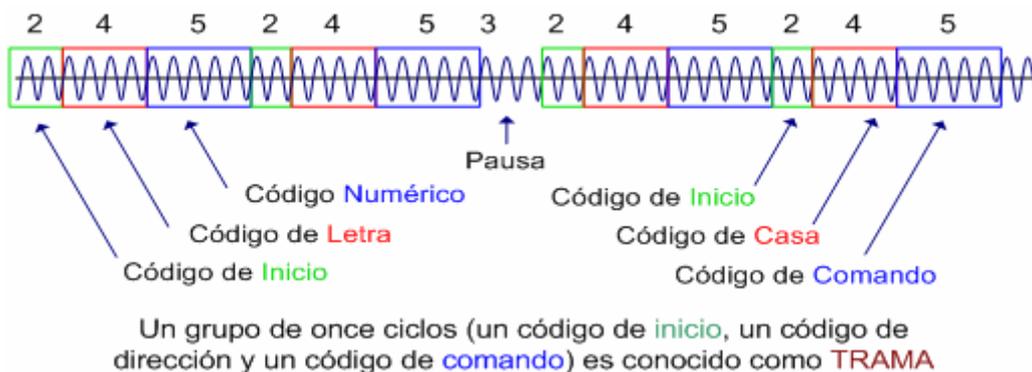


Figura 3.10. Duración de una transmisión X-10 estándar

Obviamente, algunos comandos ocupan menos tiempo; por ejemplo, al enviar el comando “All-Lights-On” no es necesario enviar una dirección.

3.1.2.2 Código Extendido

En la figura 3.11 se resumen todas las secuencias de bit disponibles en el código X-10 estándar. En esta figura también es posible apreciar la evolución de cuatro comandos: "Preset Dim 1", "Preset Dim 2", "Extended Code" y "Extended Data". Los cuales se convirtieron en "Extended Code 3", "Unused", "Extended Code 1" y "Extended Code 2" respectivamente.

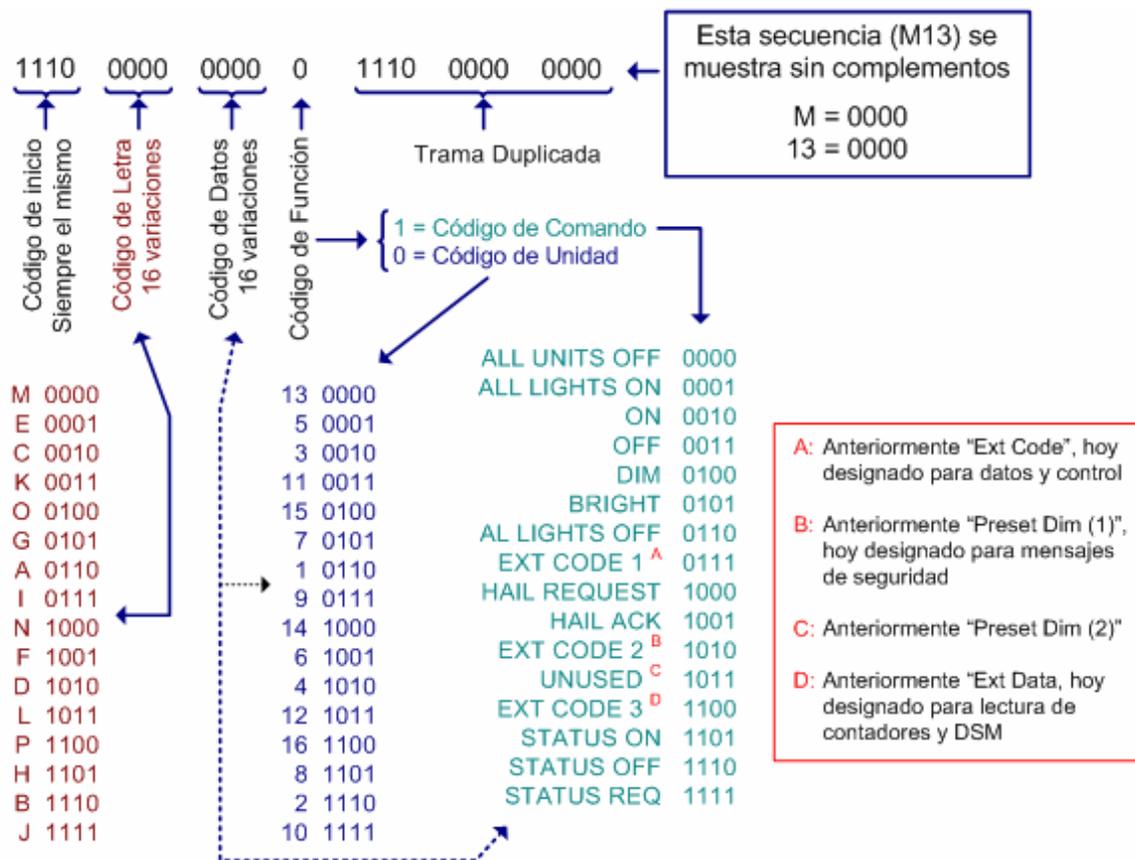


Figura 3.11. Secuencias de bit X-10 disponibles

No se conoce a ciencia cierta las razones por las que se desecharon estos comandos, sin embargo los mismos presentaban varios inconvenientes, siendo los más importantes los siguientes:

- El protocolo X-10 se basa en la idea de que cada comando está relacionado con un código de letra y que este código de letra es el mismo del receptor al cuál está dirigido el comando. Es decir, que en realidad no existe el comando "On" sino más bien "AOn", "BOn", etc. Sin embargo, los comandos "Preset Dim 1" y "Preset Dim 2" no estaban relacionados directamente con la dirección del dispositivo que intentaban controlar, sino que en su lugar, el código de letra representa el nivel de atenuación ("dim level"). El envío de estos comandos, que no eran precedidos por el correcto código de letra, podría ser potencialmente devastador para la fiabilidad del sistema en su totalidad.
- El surgimiento del código extendido tornaba innecesarios a los antiguos comandos "preset dim".
- La longitud indefinida de los comandos "Extended Code" y "Extended Data" también presenta un problema, especialmente para efectos de repetición de los comandos.

El código extendido permite la adición de bytes adicionales al mensaje de código estándar sin que estos sean "vistos" por los módulos X-10 estándar. Los mensajes que contengan bytes extendidos deben incluir el comando de código extendido en la primera parte del mensaje (parte estándar del mensaje). Existen tres diferentes tramas de datos de código extendido de acuerdo a X10:

- Código extendido 1 – Para Datos/Control (patrón de bit 0111)
- Código extendido 2 – Para lectura de contadores y DSM (patrón de bit 1100)
- Código extendido 3 – Para mensajes de seguridad (patrón de bit 1010)

El código extendido 1 es el único que tiene una longitud de trama definida, la misma que es de 31 ciclos o 62 bits distribuidos de la siguiente manera:

- Dos ciclos representan el Código de Inicio.
- Cuatro ciclos representan el Código de Casa (letras A-P).
- Cinco ciclos representan el Código de Función de Código Extendido 1 (01111).
- Cuatro ciclos representan el Código de Unidad (1-16).
- Ocho ciclos representan el byte de Datos.
- Ocho ciclos representan el byte de Comando.

El byte de Datos contiene los valores que se envían al dispositivo X-10, los cuales se interpretan de acuerdo al siguiente byte. Este byte es el de Comando, el mismo que se divide en dos partes. El primer nibble representa el “Tipo” e identifica a quien va dirigido el comando. Algunos tipos se encuentran definidos y se muestran en la Tabla 3.1. El segundo nibble es, en sí, el comando y especifica la acción a realizar según los datos en el byte anterior. Por ejemplo un comando “dim” fijaría la intensidad del dispositivo de acuerdo al valor del byte de Datos.

Tipo	Descripción
0	Shutters and Sunshades
1	Sensors
2	Reserved for Security
3	Control Modules (Dimmers and Appliances)
4	Extended Secure Addressing
5	Extended Secure Addressing for Groups

Tabla 3.1 Tipos definidos del byte Comando del Código Extendido 1

3.1.3 Interfaces Power Line X-10

Durante muchos años, la interfaces power line PL513 (X-10) y PSC04 (X-10 PRO) (transmisores) y TW523 (X10) y PSC05 (X10-PRO) (bidireccionales) han sido la forma más común de permitir a los sistemas O.E.M. (fabricante de equipos originales por sus siglas en inglés) transmitir el formato de código X-10. En otras palabras, el permiso para transmitir el formato de código X-10 se otorgaba a los compradores de las interfaces power line. Sin embargo, en la actualidad, las patentes ya expiraron y el protocolo está abierto para cualquier persona.

La comunicación de las interfaces está basada en un registro FIFO (First in – first out). Para la transmisión, el host (dispositivo conectado a la interfaz) envía un tren de pulsos a la interfaz, cargando el registro de cambio (shift register) con datos binarios. Esto implica que, mientras la interfaz esté recibiendo datos del host ignorará, los comandos enviados en la línea eléctrica. Una vez lleno el registro, la interfaz cambia los bits a comandos X-10 y los transmite a la línea eléctrica. Para ello, si el bit es “1” se enciende el oscilador de 120KHz y se inserta un pulso de 1ms en el cruce por cero de la señal de la línea eléctrica. En caso de existir un cero el oscilador permanece apagado.

Para la recepción de comandos la interfaz monitorea la línea y al detectar una trama de bits ésta es cargada en el registro de cambio. Cuando el registro está totalmente cargado envía los datos al host.

3.1.4 Dispositivos

Los dispositivos X-10 pueden clasificarse en tres categorías principales:

- **Transmisores.** Son capaces de enviar comandos a un máximo de 256 direcciones.
- **Receptores.** Mediante dos dip switches circulares, uno con el código de casa (A-P) y otro con el código de unidad (16), es posible asignar una de las 256 direcciones

posibles para que estén en capacidad de recibir los comandos X-10. Sin embargo, en la actualidad existen dispositivos receptores capaces de “aprender” su dirección.

- **Bidireccionales (transmisores/receptores).** Los dispositivos de dos vías pueden transmitir y recibir comandos. De esta forma, los receptores están en capacidad de ser monitoreados por los transmisores acerca de su estado y al mismo tiempo están en capacidad de transmitir su cambio de estado cuando son operados manualmente. Además la bidireccionalidad otorga la capacidad a estos dispositivos de responder y confirmar la correcta ejecución de un comando. Sin embargo, esta capacidad es más ventajosa en cuanto se refiere a aumento de las potencialidades del sistema que a una mejora en la fiabilidad.

Aparte de los mencionados existen otros tipos de dispositivos como los inalámbricos que permiten enviar señales de radio a un transceptor que se encarga de inyectar la señal en la línea eléctrica. Además se pueden encontrar accesorios y componentes que asisten en la solución de problemas que puedan presentarse en la instalación tales como: acopladores, filtros, repetidores y dispositivos de prueba.

3.1.5 Ventajas

Aparte de las ventajas propias de sistemas domóticos, como el ahorro de energía y la simulación de presencia, el protocolo X-10 posee varias virtudes:

- Fácil configuración y manejo de los distintos dispositivos instalados.
- Instalación sencilla (conectar y funcionar) incluso en viviendas ya construidas.
- Bajos costos de instalación pues emplea la propia red de distribución eléctrica de la vivienda.
- Sistema descentralizado configurable.
- Simplicidad de uso para el usuario, a más de tratarse de una solución sencilla, eficiente y más económica.

- Tecnología madura y más asequible del mercado para instalaciones domóticas residenciales y de pequeñas empresas.
- Disponibilidad de gran número de dispositivos, cableados e inalámbricos, que dan la posibilidad de adaptarse a cualquier necesidad.
- Posibilidad de fácil expansión y reconfiguración del sistema, ya que al estar los componentes interconectados a través de la instalación eléctrica, cada usuario puede ir agregando componentes, o cambiarlos de ubicación según sus necesidades.
- Compatibilidad casi absoluta con los productos de la misma gama, sin importar fabricante y antigüedad.
- Aplicabilidad a viviendas ya construidas. Es posible rehabilitar estas viviendas optimizando recursos mediante la tecnología X-10.
- La longitud definida de la trama de X-10 facilita su retransmisión.

3.1.6 Desventajas

- La mayor desventaja que presenta X-10 son los problemas de fiabilidad en la transmisión de las señales. La red eléctrica no fue diseñada para propósitos de comunicaciones. Es por ello que presenta un medio hostil que dificulta la propagación precisa de las señales de comunicación. Los niveles de ruido son frecuentemente excesivos, y la atenuación del cable a las frecuencias de interés para las comunicaciones PLC es también generalmente bastante elevada. El protocolo de corrientes portadoras X-10 no está libre de estos inconvenientes, sus limitaciones básicas son velocidad, colisiones y potencia de señal. Los principales problemas se presentan a continuación:
 - a) **El ruido eléctrico que interfiere con la transmisión de señales.** Las señales X-10 se transmiten como pulsos de 120 kHz. superpuestos sobre la línea eléctrica de 60 Hz

y sincronizados en el cruce por cero de la misma. Cualquier tipo de ruido en el rango de los 120 kHz en la línea eléctrica puede interferir con las señales X-10, lo que a su vez puede ocasionar que los receptores no reciban la señal o no sean capaces de interpretarla para realizar su función como prender o apagar una luz. El ruido puede generar además otros inconvenientes, como por ejemplo, que el receptor interprete una señal que no estaba dirigida a él.

La interferencia más común en la red de bajo voltaje es ocasionada por los diversos aparatos eléctricos presentes en la vivienda. La transmisión de señales de pulso a alta frecuencia a través de la red eléctrica puede verse afectada por este tipo de interferencia, cuyas fuentes típicas son los aparatos como TV, VCR, equipos de sonido, computadoras, monitores, transformadores e incluso los cables preparados con filtros tienen la tendencia de depositar ruido eléctrico sobre los cables de la red.

- b) **Señales que no se acoplan a través de dos fases de la línea eléctrica.** La mayoría de hogares, utilizan sistemas de distribución de fase dividida y la energía eléctrica entra en tres cables (dos fases y un neutro). Cada fase provee 110 VAC relativos al neutro. Para que los dispositivos X-10 en una fase puedan controlar los dispositivos en la otra, es necesario que las señales X-10 puedan pasar de una fase a otra. Después del ruido, la falta de acoplamiento entre las diferentes fases es el mayor causante de problemas en instalaciones X-10.
- c) **Dispositivos que atenúan la señal en ciertas áreas del hogar.** Existen varios dispositivos que atenúan las señales de 120 kHz. del protocolo X-10. Algunos dispositivos eléctricos, por ejemplo, utilizan filtros para disminuir altas frecuencias. Entre los principales equipos que pueden ocasionar este problema están: fuentes de computadoras, UPS, equipos de A/V, atenuadores que no utilicen X-10.
- d) **Largas distancias entre el transmisor y el receptor que debilitan la señal.** Mientras mayor sea la distancia que deban atravesar las señales X-10 en una vivienda, la atenuación que sufren las mismas será obviamente mayor. Este problema afecta principalmente a instalaciones realizadas sobre distancias grandes y con una gran cantidad de dispositivos X-10.

- No existe manera de garantizar la llegada de los comandos enviados a los receptores cuando la comunicación es unidireccional.
- La flexibilidad del protocolo es limitada, lo que a su vez disminuye la funcionalidad. Esto es debido a que el usuario se ve condicionado a la utilización de un máximo de 256 dispositivos en su vivienda (16 códigos de casa x 16 códigos de unidad)
- El grupo de comandos X-10 que es posible enviar es bastante limitado comparado con otras tecnologías.
- La velocidad de la transmisión de los datos es considerablemente lenta, lo cual se debe a que únicamente se envía un bit por cada cruce por cero de la señal. Esto restringe la aplicación de X-10 a situaciones en las que el tiempo de respuesta no es un valor crítico.

3.2 EIB ⁽⁴⁾

El estándar EIB (European Installation Bus), creado por el consorcio europeo EIBA (European Installation Bus Association), es un sistema domótico desarrollado bajo los auspicios de la Unión Europea con el objetivo de contrarrestar las importaciones de productos similares que se estaban produciendo desde el mercado japonés y el norteamericano donde estas tecnologías se han desarrollado antes que en Europa.

La EIBA es la organización que reúne a empresas europeas líderes en el campo de instalaciones eléctricas para impulsar el desarrollo de sistemas de gestión de viviendas y edificios y para poder ofrecer en el mercado europeo un sistema único de alta fiabilidad. En otras palabras, el objetivo era crear un estándar europeo, con el suficiente número de fabricantes, instaladores y usuarios, que permita comunicarse a todos los dispositivos de una instalación eléctrica como: contadores, equipos de climatización, de custodia y seguridad, de gestión energética y los electrodomésticos. El EIB puede ser instalado en grandes edificaciones como escuelas, hospitales y fábricas así como en residencias domésticas.

⁴ Especificaciones obtenidas de la página Web de la EIBA: www.eiba-es.com

El EIB está basado en la estructura de niveles OSI y tiene una arquitectura descentralizada. Este estándar europeo define una relación extremo a extremo entre dispositivos que permite distribuir la inteligencia entre los sensores y los actuadores instalados en la vivienda.

Se trata, además, de un sistema abierto y detallado bajo las mismas premisas de los buses de campo abiertos: tanto las especificaciones del protocolo como los procedimientos de verificación y certificación están disponibles, así como los componentes críticos del sistema (microprocesadores específicos con la pila del protocolo y electrónica de acoplamiento al bus).

Existen tres posibles medios físicos para la interconexión de dispositivos: cable de par trenzado, red eléctrica de baja tensión y dispositivos por radio-frecuencia. La diferencia entre los dispositivos de los tres tipos radica en la electrónica de acceso al medio, siendo el resto del protocolo de comunicaciones común a todos ellos.

3.2.1 EIBA (European Installation Bus Association)

La EIBA (European Installation Bus Association) es una Sociedad Cooperativa, con sede en Bruselas, fundada el 8 de Mayo de 1990 y que opera bajo las normas de la legislación Belga,. La EIBA está abierta a todos los fabricantes que estén dispuestos a acoger sus objetivos y actualmente pertenecen a la asociación más de 110 compañías internacionalmente, que como fabricantes cubren el 80% de la demanda de aparatos de instalación eléctrica en Europa. Profesionales y usuarios continúan disponiendo de la libre elección de los productos de diferentes fabricantes y de sus soluciones técnicas. Todas las actividades de la EIBA están orientadas a dos objetivos fundamentales:

1. Promover la ingeniería de sistemas de construcción EIB a nivel de marca nacional e internacional.
2. Establecer la marca registrada EIBA como una marca de calidad.

Las tareas principales que debe desempeñar la asociación con estos fines son:

- Estipular las especificaciones y estándares técnicos para el sistema y los productos EIB, así como establecer las regulaciones de calidad y los criterios de prueba y homologación.
- Crear los grupos de trabajo técnico necesarios.
- Delegar a laboratorios de homologación las pertinentes pruebas de calidad, y en donde los resultados sean positivos otorgar una licencia de marca registrada.
- Participar activamente, a través de sus miembros, en los trabajos de normalización o estandarización.
- Adaptar cuando sea necesario el sistema EIB a estándares aplicables.
- Mantener contactos con organizaciones y proyectos a nivel nacional e internacional.
- Informar a los miembros y fabricantes autorizados de cambios en las pautas técnicas y de calidad, así como en los estándares.
- Asegurar a través de sus miembros y fabricantes autorizados el éxito comercial del sistema EIB y su tecnología.

3.2.2 Tecnología

El bus EIB ha sido diseñado para proveer un control distribuido del sistema. Es así, que provee una transmisión serial de datos entre los dispositivos conectados al bus de comunicación.

El EIB es normalmente implementado como un sistema descentralizado (no requiere de un controlador central de la instalación) como se puede apreciar en la figura 3.12. Sin embargo, el bus permite de todas formas, siempre que sea necesario, implementar aplicaciones con control centralizado. La gestión descentralizada se realiza dentro de los dispositivos, los mismos que tienen su propio microprocesador y electrónica de acceso al

medio. Los transmisores y receptores se comunican directamente entre sí sin la necesidad de recurrir a un dispositivo supervisor de la red.

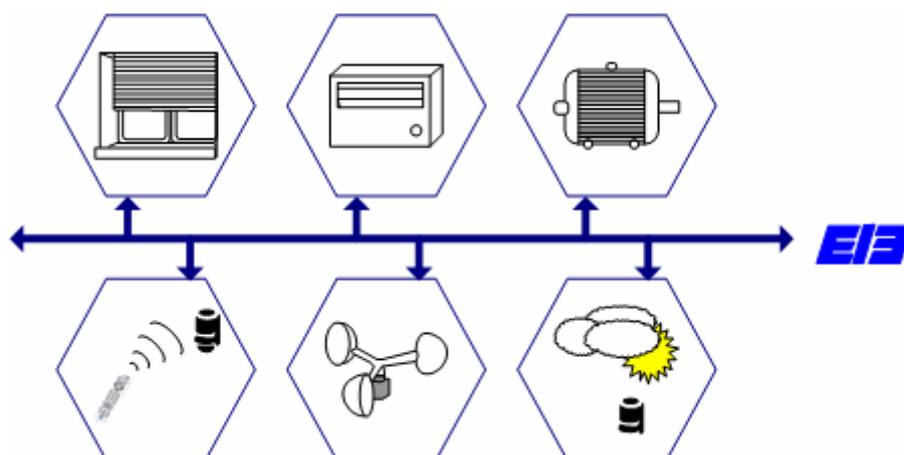


Figura 3.12. Esquema general de una instalación descentralizada EIB

En una red EIB se encuentran básicamente cuatro tipos de componentes: módulos de alimentación de la red, acopladores de línea para interconectar diferentes segmentos de red, y elementos sensores y actuadores. Estos dispositivos se conectan a través de la única línea de bus existente. Los sensores se comunican enviando telegramas a los actuadores los cuales ejecutan los comandos apropiados.

El bus se adapta fácilmente a distintos tamaños y topologías pudiéndose conectar hasta más de 65536 dispositivos. El bus es independiente del medio físico que se utilice. Actualmente la mayor cantidad de instalaciones están implementadas sobre par trenzado y en menor medida sobre la red eléctrica, pudiendo tener elementos que se comunican mediante infrarrojos o radio frecuencia.

Para el medio físico de par trenzado, la línea de bus, que sirve como soporte para la transmisión de datos, llega a todos los dispositivos, pero la red eléctrica sólo se conectará a los elementos actuadores para el control de las cargas (iluminación, motores de persianas, etc.).

3.2.2.1 Topología de red EIB

EIB es una red jerárquica punto a punto que puede acomodar hasta 65536 dispositivos. La unidad más pequeña se denomina línea y, de acuerdo con la topología lógica de la red, en la misma se pueden conectar hasta 256 dispositivos. Un número máximo de 15 líneas pueden agruparse para formar un área. Cada línea se acopla a una línea principal por medio de un dispositivo acoplador de línea. Tanto la línea principal como las secundarias deben tener su propia fuente de alimentación. Además, la línea principal puede tener conectados directamente hasta 256 dispositivos (incluyendo los acopladores de línea).

De igual forma, es posible disponer hasta 15 áreas, conectadas a una línea de área (backbone), para formar un dominio o sistema completo (Figura 3.13). Cuando se adoptan medios abiertos para la instalación de sistemas EIB, los dominios cercanos se separan lógicamente mediante un número de identificación de sistema de 16 bits.

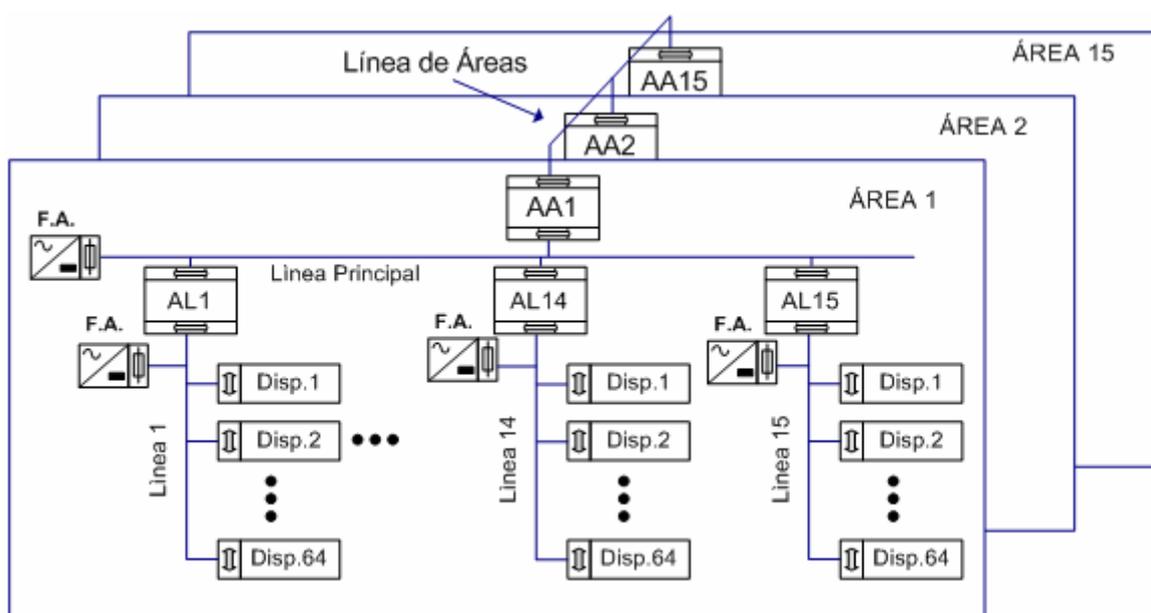


Figura 3.13. Sistema Completo EIB

De acuerdo a la distribución de red anterior y sin considerar las direcciones reservadas para los acopladores, se pueden agrupar hasta 61455 dispositivos finales en una red EIB.

$$(255 \text{ dispositivos por línea} \times 16 \text{ líneas por área}) \times 15 \text{ áreas} + 255 \text{ dispositivos en la línea de área} = 61455$$

Las restricciones dependen principalmente de factores de implementación como el medio, los tipos de transceptores, o la capacidad de las fuentes de alimentación y de factores ambientales como el ruido electromagnético.

3.2.2.2 *Nivel físico*

Inicialmente solo se consideró el par trenzado como medio físico para el estándar EIB. Sin embargo, el Control de Acceso al Medio (MAC por sus siglas en inglés) se contempló para que estuviera en capacidad de funcionar sobre cualquiera de los siguientes medios:

- **Par trenzado (EIB.TP).** Posee una tasa de transmisión de 9600 bps. Por el par de hilos se suministra también la alimentación de 24 Vdc de los dispositivos EIB. Utiliza un algoritmo CSMA/CA que evita las colisiones, y al mismo tiempo elimina las retransmisiones y maximiza el desempeño de EIB sobre par trenzado. Junto con el direccionamiento de grupo, este algoritmo le provee al estándar de una gran eficiencia con tiempos de reacción dentro de 100ms para dos transmisiones simultáneas. Además, 1 byte de estado de hasta 14 dispositivos puede ser inquirido en un margen de tiempo de 50ms.
- **Corrientes portadoras (EIB.PL).** Emplea la red eléctrica de baja tensión para transmitir mediante corrientes portadoras (inicialmente sobre 230 Vac/50 Hz) a una tasa de transmisión de 1200/2400bps. Utiliza una técnica de modulación SFSK (Spread Frequency Shift Keying). A pesar de que obviamente la transmisión se va a ver afectada por la contaminación electromagnética de la instalación, la distancia máxima que se puede lograr sin repetidor es de 600 metros.

- **Radiofrecuencia (EIB.RF).** Las líneas de radiofrecuencia se separan físicamente mediante la utilización de tres frecuencias portadoras diferentes. La distancia que es posible alcanzar es de hasta 300 metros en campo abierto, sin embargo es posible cubrir grandes distancias dentro de edificaciones por razón del uso de repetidores. El propio sistema se encarga de distribuir la funcionalidad del retransmisor entre los dispositivos instalados.
- **Redes de automatización (EIB.net).** La especificación EIB.net permite la instalación de sistemas EIB sobre cualquier medio que posea una capa de enlace lógico (data link layer) acorde a la norma ISO/IEC 802-2, dentro de la cuál se incluye el estándar Ethernet a 10 Mbps. EIB.net no está limitado a backbones de alta velocidad, lo que permite conectar directamente dispositivos de nivel de gestión o de automatización. La especificación EIB.net i puede utilizarse en redes existentes o incluso sobre Internet para, mediante el protocolo IP, permitir la transferencia de telegramas EIB a viviendas o edificios remotos.

La EIBA tenía planeado introducir dos especificaciones más: infrarrojo (EIB.IR) y servicios multimedia (EIB.MMS), sin embargo las mismas no fueron incluidas porque EIB pasó a formar parte del consorcio Konnex (detallado más adelante).

3.2.2.3 *Par trenzado*

Para cada medio sobre el cuál EIB puede implementarse, la especificación EIB define los requerimientos específicos para la capa física y la capa de enlace de datos correspondientes al modelo OSI. Las especificaciones para el resto de capas del modelo OSI de comunicaciones son independientes del medio y por lo tanto son comunes para cualquiera de ellos.

El par trenzado, sin embargo, ha sido el único medio físico en lograr una implantación masiva en el mercado. Por esta razón, se explicará más detalladamente las características de transmisión sobre par trenzado.

Topología física. Los dispositivos EIB se conectan a un segmento físico, el mismo que puede presentar cualquier topología: árbol, estrella, bus, anillo, o combinaciones de estas, lo que facilita la instalación en viviendas y edificios (Figura 3.14). Únicamente debe tomarse en cuenta los requerimientos eléctricos como la resistencia y capacitancia producidas por la longitud del cable.

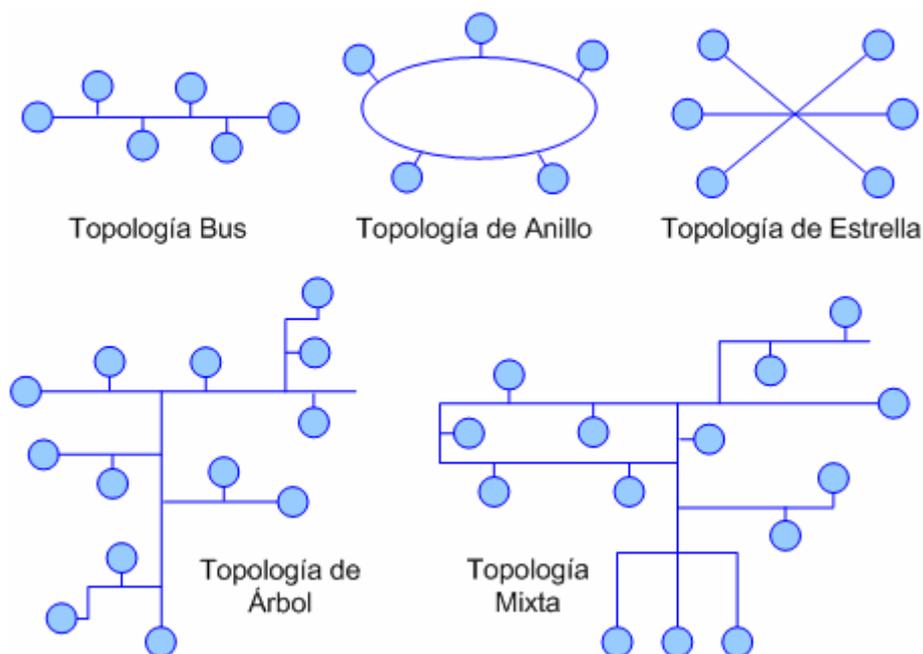


Figura 3.14. Topología física

Segmentos eléctricos. A cada segmento eléctrico, que es la unidad más pequeña en la estructura jerárquica de la red EIB, se pueden conectar un máximo de 64 dispositivos. La topología de instalación de estos segmentos debe respetar ciertas consideraciones:

- Por lo menos debe existir una fuente de alimentación.
- La longitud total del cable no debe exceder los 1000 m. por segmento.
- La distancia máxima entre una fuente de alimentación y un dispositivo debe ser menor a 350 m. y entre dispositivos menor a 700 m.

Segmentos lógicos. En ciertas ocasiones puede volverse imperativo la conexión de más de 64 dispositivos en una misma línea. En estos casos, dos segmentos pueden ser

conectados mediante un puente o repetidor para duplicar la capacidad de la línea. Hasta 4 segmentos eléctricos pueden unirse mediante repetidores. Los segmentos lógicos, sin embargo, deben utilizarse únicamente para aumentar la capacidad de instalaciones existentes y no para instalaciones nuevas.

Dispositivos. El número máximo de dispositivos que pueden ser conectados al bus varía de acuerdo al número de líneas que se utilicen. Así, si no se usan repetidores y se emplean solo 12 líneas el número de dispositivos asciende a 13105, y si se ocupa el rango completo de direcciones de 15 líneas el mismo llega a 16129. Cuando se utilizan repetidores, estos números se convierten en 49201 y 61249 respectivamente.

Características de transmisión. Los datos se codifican en modo simétrico sobre el par trenzado, donde la ausencia de impulso corresponde un 1 lógico, y la presencia de un impulso simétrico a un 0 lógico. Así, los 0's representan un impulso negativo-positivo de -5V a +5V (figura 3.15).

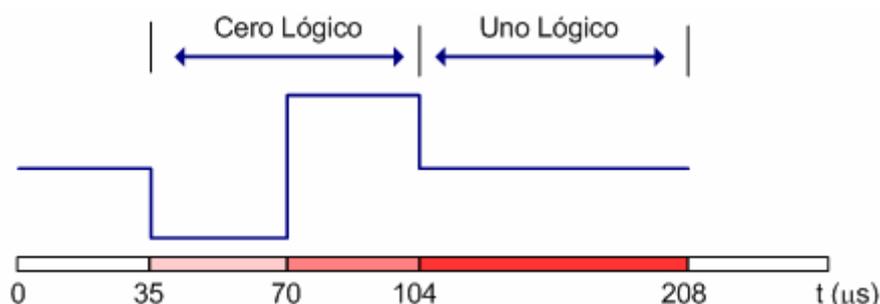


Figura 3.15. Codificación de datos

El empleo de transmisión diferencial, junto con la simetría de los conductores, garantiza que el ruido afectará por igual a los conductores, de modo que la diferencia de tensiones permanece invariante. Esta es una técnica empleada en la mayoría de las redes de comunicación de datos. La transmisión de datos es balanceada, en banda base y se realiza en modo asíncrono, a una velocidad de 9600bps. El algoritmo de acceso al medio utilizado es CSMA/CA (Acceso Múltiple por Detección de Portadora, Evitando Colisiones).

La codificación se realiza de modo que el estado lógico ‘0’ es dominante (impulso simétrico) sobre el ‘1’, que se denomina recesivo (no hay impulso). En caso de producirse una colisión, el arbitraje se resuelve por prioridad de los bits dominantes sobre los recesivos. Por lo tanto, tendrán mayor prioridad aquellas tramas que presente un mayor número de ceros en su inicio.

Superposición de datos / alimentación. Los datos se transmiten como una tensión alterna superpuesta sobre la alimentación en corriente continua del bus, empleando para ello únicamente dos hilos. Para ello es necesario, por una parte, aislar la fuente de alimentación de los datos, para que ésta no suponga una carga sobre ellos, y por otra, desacoplar los datos de la componente de alimentación continua en cada dispositivo. Los dispositivos conectados al bus disponen de un transformador para separar la componente continua de alimentación, de la componente alterna que representa los datos.

Para la tensión alterna de datos de alta frecuencia la componente inductiva presenta un valor importante, y la componente capacitiva es muy baja, por lo que los datos resultan filtrados, eliminándolos de la tensión de alimentación del módulo. Cuando un dispositivo envía datos, la electrónica de acoplamiento los emplea para excitar el secundario del transformador, de modo que se inducen al primario y se superponen a la tensión de alimentación continua. Para la recepción, los datos representan la corriente alterna en el primario, que se inducen al secundario y son así separados de la tensión continua.

3.2.2.4 Direccionamiento

Para efectos de gestión, los diferentes elementos existentes en una instalación EIB quedan perfectamente identificados gracias al sistema de **direccionamiento**. Los dispositivos pueden identificarse usando dos métodos: direccionamiento físico y direccionamiento de grupo.

Direccionamiento Físico. Cada dispositivo en una red EIB se identifica por una única **dirección física**, la misma que a su vez corresponde con su localización en la

topología global del sistema (área – línea secundaria – dispositivo). La dirección física consta de tres campos, que se representan separados por puntos:

- Área (4 bits). Identifica una de las 15 áreas. A=0 corresponde a la dirección de la línea de áreas del sistema.
- Línea (4 bits). Identifica cada una de las 15 líneas en cada área. L=0 se reserva para identificar a la línea principal dentro del área.
- Dispositivo (8 bits). Identifica cada uno de los posibles dispositivos dentro de una línea. D=0 se reserva para el acoplador de línea.

En la figura 3.16 se puede ver un ejemplo de direcciones físicas asociadas a los dispositivos presentes en una red EIB.

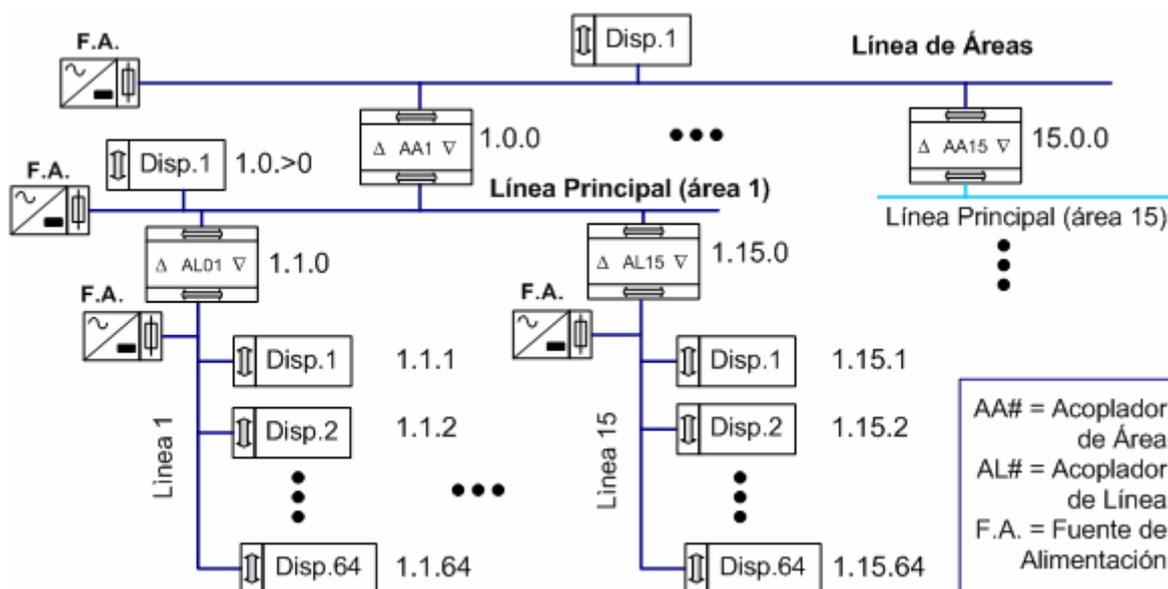


Figura 3.16. Ejemplo de direccionamiento físico

La dirección física se utiliza únicamente como dirección de destino para efectos de inicialización, programación y operaciones de diagnóstico. Es decir, para transmisiones orientadas a la conexión, las cuales corresponde al modo de acceso al sistema.

Direccionamiento de grupo. Las direcciones de grupo corresponden al modo de operación normal, y son las que determinan las asociaciones de dispositivos en funcionamiento (y la comunicación entre sus objetos de aplicación). Por lo tanto, las direcciones de grupo asignan la correspondencia entre elementos de entrada al sistema (sensores) y elementos de salida (actuadores).

Se pueden utilizar dos tipos de direccionamiento de grupo: de dos y tres niveles (Figura 3.17), dependiendo de las necesidades en la jerarquización de las funciones del sistema.

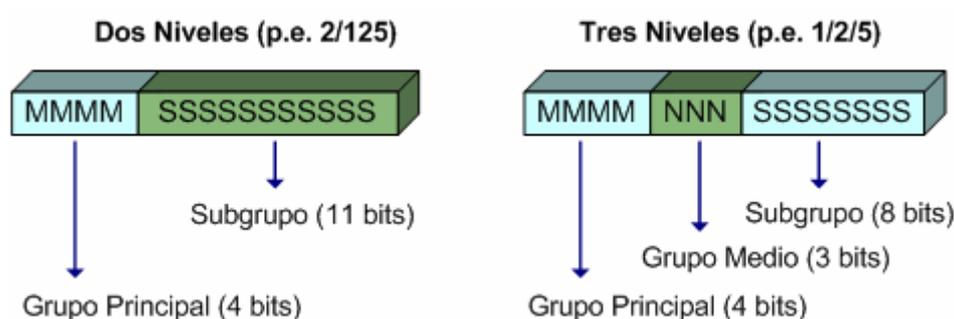


Figura 3.17. Niveles en las direcciones de grupo

Generalmente el campo de grupo principal comprende grupos de funciones (alarmas, iluminación, etc.). Se pueden emplear valores de 1 a 13, los valores 14 y 15 no deben emplearse, ya que no son filtrados por los acopladores y podrían afectar a la dinámica de funcionamiento de todo el sistema. En todos los campos la dirección 0 está reservada para funciones del sistema. Todos los dispositivos EIB pertenecen al grupo cero, es decir que las tramas con dirección de grupo de destino cero son broadcasts.

El direccionamiento de grupo es un enlace lógico entre los elementos del bus. Un sensor puede transmitir únicamente en una dirección de grupo. Los actuadores, en cambio, pueden recibir y responder a varias direcciones.

3.2.2.5 Estructura del paquete de datos

El intercambio de información entre dos dispositivos se consigue mediante el envío de telegramas. Un telegrama se compone de un paquete de datos estructurado que el emisor envía, y del correspondiente acuso de recibo con el que el receptor responde si no ha ocurrido ningún fallo. Para cada medio, la trama del mensaje es similar a la que se muestra en la figura 3.18. En algunos medios, el mensaje va precedido o seguido por secuencias específicas del medio, características para su control de acceso al medio o mecanismos de corrección de errores.

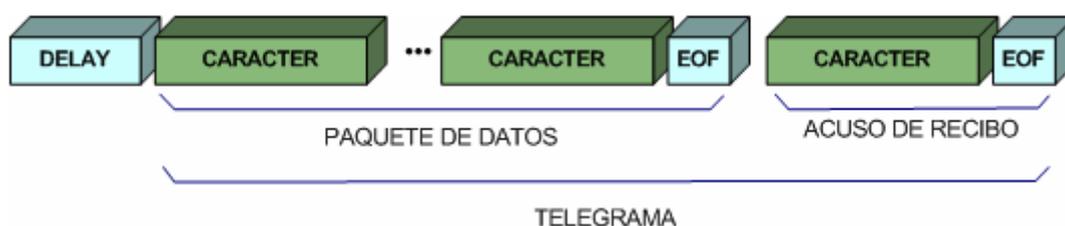


Figura 3.18. Trama de mensaje

Como ya se mencionó antes, los telegramas se transmiten en modo asíncrono, a una velocidad de 9600 baudios, donde cada carácter o byte consta de 1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de paridad par, 1 bit de parada y una pausa de 2 bits hasta la siguiente transmisión. De este modo la transmisión de un byte supone un tiempo de 1,35 ms, y la de un telegrama completo entre 20 y 40 ms.

Cada paquete datos contiene los siguientes campos (figura 3.19):

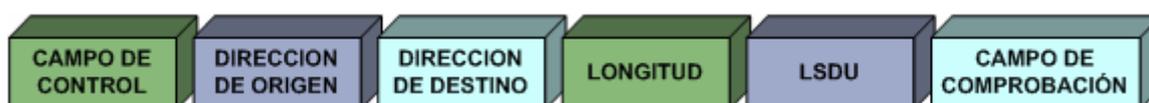


Figura 3.19. Campos del paquete de datos

- **Control.** Este campo de 8 bits incluye la prioridad que el telegrama posee al ser enviado según el tipo de función (alarma, servicios del sistema o servicios

habituales). El bit de repetición se pone a cero en caso de repetirse algún envío a causa del no reconocimiento de alguno de los destinatarios. De este modo se evita que los mecanismos que ya han ejecutado la orden la vuelvan a repetir.

- **Dirección de origen.** El dispositivo que transmite la trama envía su dirección física (4 bits con el área, 4 bits de identificador de línea y 8 bits de identificador de dispositivo), de modo que se conozca el emisor del telegrama en las tareas de mantenimiento.
- **Dirección de destino.** La dirección de destino puede ser de dos tipos, en función del valor que tome el bit de mayor peso de este campo (bit 17). Si tiene valor ‘0’, se trata de una dirección física, y el telegrama se dirige únicamente a un dispositivo. Si tiene valor ‘1’, se trata de una dirección de grupo, y el telegrama se dirige a todos los mecanismos que deben escucharlo (los que tengan esa dirección de grupo).
- **Longitud e información útil.** Contiene los datos necesarios para la ejecución de órdenes y transmisión de valores. En los cuatro bits de longitud se indica cuántos bytes contiene el campo de datos (0 = 1 byte, 15 = 16 bytes). El campo de datos útiles contiene el tipo de comando (sólo hay cuatro) y los datos, de acuerdo con el **EIB Interworking Standard (EIS)**.
- **Campo de comprobación.** Consiste en un byte que se obtiene del cálculo de la paridad longitudinal impar de todos los bytes anteriores incluidos en el telegrama, obteniendo cada uno de sus bits a partir del cálculo de la paridad impar de los bits de igual peso en el resto de campos.

Este campo de comprobación es independiente del bit de paridad par que se obtiene al realizar la transmisión en modo asíncrono de cada byte del telegrama, y se emplea como una medida adicional para garantizar la fiabilidad en la transmisión.

3.2.2.6 Intercambio de datos

El objetivo de comunicación del protocolo EIB es la interacción entre los sensores y actuadores de la red. Para que dos dispositivos puedan comunicarse es necesario, además de conocer como localizarse entre sí, que compartan una semántica común. Los datos intercambiados deben tener el mismo significado para los dos dispositivos.

Estos grados de interacción se muestran en la pirámide de la figura 3.20, la misma que se tiene en la base el formato de datos utilizado y al final la funcionalidad de la aplicación.



Figura 3.20. Pirámide de interacción

El estándar EIS (EIB Interworking Standard) soluciona el problema de la interacción de los dispositivos presentes en la red. En la Tabla 3.2 se resumen los diferentes tipos de datos de los que se dispone. Aunque el nombre de la función indica claramente la semántica del tipo de dato, no significa que esté limitado exclusivamente a esa función. Por ejemplo el tipo de datos 2 (EIS type 2) que es regulación de la iluminación (dimming) también se puede utilizar para control de la calefacción. Los datos se interpretarían como más caliente/frío en vez de más luminoso/oscuro.

N° EIS	Función EIB	N° de bytes	Descripción
EIS 1	interruptor (switching)	1 bit	Encendido/apagado, habilitar/deshabilitar, alarma/no alarma, verdadero/falso
EIS 2	regulación (dimming)	4 bit	Se puede utilizar de 3 formas distintas: como interruptor, como valor relativo y como valor absoluto.
EIS 3	hora (time)	3 bytes	Día de la semana, hora, minutos y segundos.
EIS 4	fecha (date)	3 bytes	Día/mes/año (el margen es de 1990 a 2089).
EIS 5	valor (value)	2 bytes	Para enviar valores físicos con representación S,EEEE,MMMMMMMMMMMM
EIS 6	escala (scaling)	8 bit	Se utiliza para transmitir valores relativos con una resolución de 8 bit. Ej. FF = 100 %
EIS 7	control motores (control drive)	1 bit	Tiene dos usos: Mover, arriba/abajo o extender/retraer y Paso a Paso.
EIS 8	prioridad (priority)	1 bit	Se utiliza en conjunción con EIS 1 ó EIS 7.
EIS 9	coma flotante (float value)	4 bytes	Codifica un número en coma flotante según el formato definido por el IEEE 754.
EIS 10	contador 16 bit (16b-counter)	2 bytes	Representa los valores de un contador de 16 bit (tanto con signo como sin signo).
EIS 11	contador 32 bit (32b-counter)	4 bytes	Representa los valores de un contador de 32 bit (tanto con signo como sin signo).
EIS 12.	acceso (access)	4 bytes	Se usa para conceder accesos a distintas funciones
EIS 13	Caracter ASCII (Character)	8 bit	Codifica según el formato ASCII
EIS 14	contador 8 bit (8b-counter)	8 bit	Representa los valores de un contador de 8 bit (tanto con signo como sin signo).
EIS 15	Cadena (Character String)	14 bytes	Transmite una cadena de caracteres ASCII de hasta 14 bytes.

Tabla 3.2 Estándar EIS

3.2.3 Ventajas

- **Adaptabilidad y Flexibilidad.** En caso de modificaciones o ampliaciones, no se necesita modificar el cableado puesto que todo está conectado a la única línea del Bus; simplemente se reprograma el funcionamiento de la instalación conectando un

ordenador al sistema o incluso a distancia mediante un enlace telefónico o a través de Internet. Así mismo, una gran cantidad de componentes adicionales pueden conectarse sin problemas al Bus. Además, dado que el Bus es compatible con sistemas superiores, puede ser acoplado también a otros sistemas de gestión de edificios.

- **Bajos costos de instalación y mantenimiento.** En comparación con instalaciones tradicionales se reduce el cableado y los costos asociados a la instalación.
- **Optimización de consumo eléctrico.** Todos los sistemas están sintonizados entre sí, lo que ayuda a utilizar la energía consumida lo más eficazmente posible. EIB se ocupa de que la iluminación, la calefacción y la climatización estén siempre ajustados a las condiciones ambientales.
- **Estandarizado.** La compatibilidad de todos los productos EIB, incluso de diferentes fabricantes, está garantizada debido a que el Bus EIB está estandarizado.
- **Descentralización.** El sistema trabaja de forma descentralizada, lo que le otorga gran flexibilidad al sistema.

3.2.4 Desventajas

- El principal obstáculo del bus EIB es que su tecnología ha sido, hasta el momento, desarrollada mayormente para un único medio físico: el par trenzado.
- La aplicación de la tecnología EIB sobre par trenzado a viviendas ya construidas presenta varios inconvenientes, como la necesidad de un recableado adicional que implica cambios en la estructura de la vivienda lo cual se deriva en el aumento en el costo de la instalación.
- El estándar EIB presenta una escasa penetración en otros mercados aparte del europeo, lo que deriva en una falta de disponibilidad de productos.
- Los costos relacionados con EIB, de instalación principalmente, son bastante elevados.

3.3 EHS ⁽⁵⁾

El estándar EHS (European Home System) se originó como otro intento de la industria europea (fabricantes más importantes de electrodomésticos de línea marrón y blanca, empresas eléctricas, operadoras de telecomunicaciones y fabricantes de equipamiento eléctrico), auspiciada por la Comisión Europea, de crear una tecnología que permitiera la implantación de la domótica en el mercado residencial de forma masiva. El resultado fue la especificación del EHS en el año 1992, la cuál está basada en una topología de niveles OSI, y especifica los niveles: físico, de enlace de datos, de red y de aplicación.

3.3.1 EHSA (European Home System Association)

Los principales fabricantes europeos de electrodomésticos y telecomunicaciones desarrollaron a partir de 1987 la especificación EHS bajo los programas Europeos EUREKA y ESPRIT. En 1990 se funda la EHSA con la participación de empresas compañías como ABB, BT, Legrand, Philips, Siemens, Thomson y Thorn EMI. Los objetivos de esta asociación fueron:

- Posibilidad de interoperación entre los distintos equipos de diferentes fabricantes.
- Fácil instalación y reconfiguración por parte del usuario.
- Posibilidad de integración de todos los dispositivos y medios disponibles en una vivienda convencional.

3.3.2 Tecnología

EHS define un protocolo de comunicaciones siguiendo el modelo de referencia OSI e implementando únicamente las capas física, de enlace, de red y de aplicación (Figura

⁵ Especificaciones obtenidas de la página Web www.ehsa.com

3.21). Las capas de transporte, sesión y presentación se omitieron debido a que la longitud del mensaje es limitada, la sesión de dialogo es corta y el lenguaje de comandos es gestionado por la capa de aplicación. La capa de aplicación traslada el lenguaje de aplicación en tramas de datos capaces de circular por la red. La capa de enlace de datos, dividida en dos subcapas: Control de Acceso al medio (MAC) y Control de Enlace Lógico (LLC), se encarga de la conversión de las cadenas de bits, la reglas para acceder a la red, el reconocimiento de tramas y de proveer el mecanismo de acuse de recibo y repetición. La capa de red maneja los datos relacionados con el router.

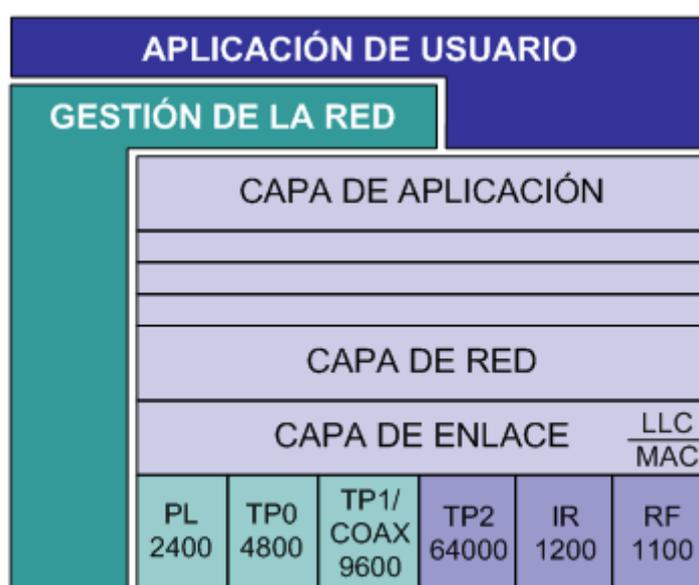


Figura 3.21. Capas del modelo OSI implementadas en EHS.

EHS es un sistema abierto con administración distribuida y funciones de control para todos los medios disponibles. Los medios físicos que se pueden emplear son: red eléctrica (PL), par trenzado de clases 1 y 2 (TP1 y TP2), cable coaxial (CX), radio frecuencia (RF) e infrarrojos (IR). Sin embargo, la especificación está abierta a la introducción de nuevas capas físicas y campos de aplicación.

Un resumen de las características de cada uno de estos medios se puede ver en la Tabla 3.3. Todos los medios pueden distribuir señales de clase 1 (señales de control), algunos distribuyen además señales de clase 2 (voz/datos baja velocidad) e incluso señales de clase 3 (audio/video/datos alta velocidad).

Tipo de medio	TP1	TP2	CX	PL	RF	IR
Uso	Propósito General Control	Telefonía, RDSI Datos y/o control	AV, TV Datos y/o control	Control	Telefonía Control	Control remoto
Velocidad	9,6 kbps	64 kbps	9,6 kbps	2,4 kbps	1,2 kbps	1,1 kbps
Protocolo	CSMA/CA	CSMA/CD	CSMA/CA	CSMA/ack	CT2	-
Alimentación	35 V	35 V	15 V	230 Vac	-	-
Canales de información	-	14	Muchos	-	40	-
Velocidad	-	64 kbps	Analógica	-	32 kbps	-
Codificación	-	TDM	FDM	-	FDM	-
Topología	Libre	Bus	Bus	Libre	Libre	Libre
Nº Unidades	128	40	128	256	256	256
Rango	500 m.	300 m.	150/50 m.	Casa	50-200m	Estancia

Tabla 3.3 Características de los diferentes medios de transmisión en EHS.

3.3.2.1 Dispositivos EHS

Los dispositivos EHS pueden ser de seis tipos:

- **Dispositivos simples (SD: simple devices).** Tienen funcionalidad autónoma propia, pero no son capaces de gestionar autónomamente la integración en un sistema (p.e. actuadores on/off, etc.).
- **Dispositivos complejos (CoD: complex devices).** Son como los anteriores pero sí tienen capacidad para integrarse autónomamente al sistema.
- **Encaminadores (routers).** Permiten la interconexión de distintos medios en EHS.
- **Pasarelas (Gateways).** Integran distintos sistemas.
- **Coordinador de dispositivos (DC: device coordinator).** Sirven de pasarela entre los dispositivos simples y los controladores de prestaciones (FC). No tienen

funcionalidad autónoma propia, pero son capaces de gestionar de modo autónomo la integración en un sistema de dispositivos simples.

- **Controlador de prestaciones (FC: feature controller).** Utilizan las prestaciones de los dispositivos simples (a través de los coordinadores) y complejos. Proporcionan inteligencia a la aplicación en el sentido de control, monitorización, toma de decisiones, etc.

3.3.2.2 Estructura de red

Dado que EHS provee especificaciones para varias capas físicas (y obviamente para varios medios también), una red EHS puede estar formada por distintas subredes EHS basadas en estas capas físicas, e incluso por redes distintas a EHS, en cuyo caso se emplean pasarelas (gateways). Los routers son los encargados de permitir la comunicación entre los dispositivos a través de las diferentes subredes. La figura 3.22 ilustra una posible estructura de la red.

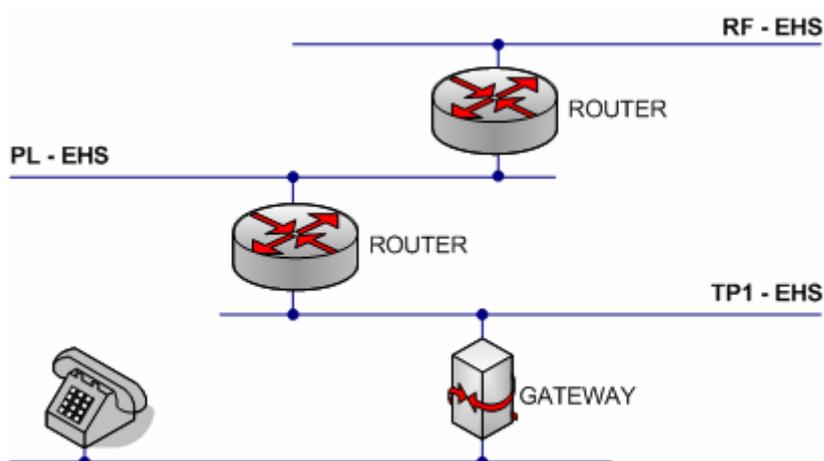


Figura 3.22. Integración de distintas subredes en una red EHS.

Además de los conceptos de redes y subredes, EHS distingue una serie de conceptos, al hablar de conexiones de equipos domésticos o aplicaciones domésticas a la red domótica, que hacen que esta denominación sea algo más compleja y al mismo tiempo

mucho más potente. Dentro de estos conceptos se incluyen: dispositivo, proceso de aplicación, unidad, subunidad, estación.

Dispositivo son todos aquellos equipos que suministran un recurso determinado a la red. Un dispositivo puede ser de tipo sensor o actuador. Una **estación** es todo equipo conectado físicamente a la red domótica, el cuál está constituido por un circuito electrónico basado en microprocesador sumado al software necesario para controlar el dispositivo. El software incluido en una estación puede tener distintas funcionalidades lógicas, cada una de las cuales se denomina unidad. Una **unidad** es, en consecuencia, un concepto lógico que indica el (o parte del) software incluido en una estación.

En concreto, una unidad es la implementación realizada en software de los protocolos del nivel de red (3), del nivel de aplicación (7) y el proceso de aplicación. Un **proceso de aplicación** (AP) es la unidad básica para construir una aplicación. **Aplicación** y **proceso de aplicación** son dos conceptos abstractos usados para expresar la funcionalidad del sistema en conjunto (aplicación) o la de los dispositivos conectados a él, como un electrodoméstico, el sistema de alarmas del edificio o un computador que realiza la tarea de controlar al resto de elementos.

El proceso de aplicación lo constituye el software, el mismo que se encargará de manejar al dispositivo y además enviará y recibirá mensajes al resto de la red domótica utilizando para ello el protocolo EHS. Se pretende conseguir que la ejecución de los comandos u órdenes de control enviados por los procesos de aplicación sea lo más transparente posible a la organización de la red. En esencia, un proceso de aplicación lanza una orden con un formato fijo y sencillo (ejemplo, encender TV en habitación 3) y ésta debe ejecutarse sin que tenga que dar ninguna otra información. No obstante, para que el comando viaje por la red y llegue a su destino, se necesita añadir más información a estos comandos, lo cual se realiza en el resto de niveles del Modelo OSI.

Una **unidad de sistema** es una unidad que no posee proceso de aplicación ni dispositivo asociado. Su misión es realizar funciones propias de coordinación y gestión de la red. Las unidades de sistema no proporcionan al usuario ninguna prestación directa

(como pueda hacerlo una lavadora o un sensor de humo) pero son necesarias para que la red funcione correctamente. Son unidades de sistema, por ejemplo, los routers y los gateways, cuya misión es exclusivamente la de retransmitir mensajes de unas subredes a otras

3.3.2.3 *Direccionamiento*

Existen varios niveles de direccionamiento. A nivel físico se reservan 256 direcciones de terminales físicos en cada sección. Separando el medio físico en varias secciones o empleando varios medios distintos, y uniéndolos mediante routers se puede llegar a millones de direcciones (sobre 1012).

Además, cada unidad conectada a una subred tiene su propia dirección de subred. Una dirección de unidad se compone de la dirección de subred de la unidad destinataria, el número de rutas y las direcciones de los distintos ruteadores para alcanzar la subred de destino. La figura 3.23 muestra un ejemplo de este esquema de direccionamiento, en el cual la dirección del dispositivo A vista desde B está formada por la dirección destinataria y la dirección de la ruta para alcanzar esta unidad.

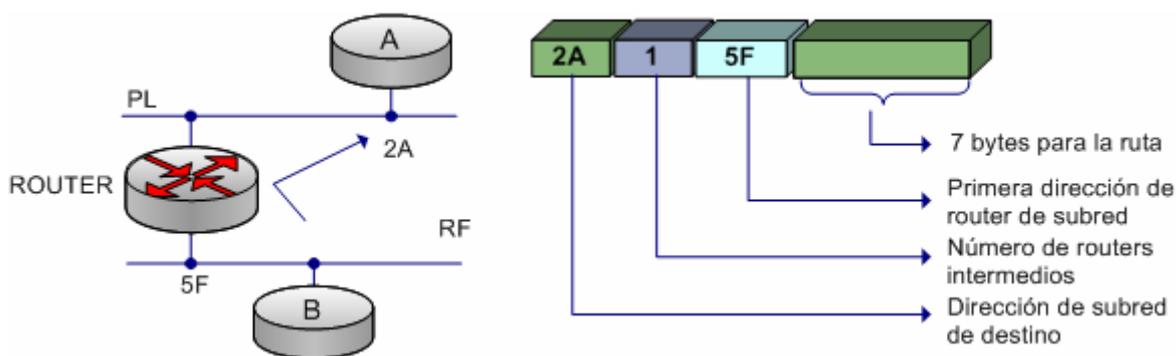


Figura 3.23. Direccionamiento de subredes.

La dirección de subred se puede definir en el nivel de aplicación (por ejemplo mediante el uso de dip switches existentes en cada dispositivo), o puede ser dinámicamente adquirida mediante un procedimiento de registro.

Procedimiento de registro. Este procedimiento es proporcionado por la función de gestión de red de EHS que permite la asignación dinámica de direcciones. Este procedimiento ocurre en el momento de la instalación (registro de categoría I) o cada vez que el sistema se pone en funcionamiento (registro de categoría II). Durante este procedimiento, cada unidad nueva conectada a la red “negocia” su dirección a través de una unidad denominada Controlador de Medios (MdC), responsable de la asignación de direcciones en cada subred. La unidad MdC es opcional, ya que sus tareas pueden ser realizadas por un controlador de prestaciones (FC). Cuando no hay un MdC en la subred, el registro se hace mediante un mecanismo de asignación distribuida de direcciones (DAA). En este caso, la unidad escoge una dirección randómicamente y envía un mensaje a esta dirección. Si no recibe una respuesta, la unidad mantiene esa dirección, caso contrario el procedimiento se repite con una nueva dirección.

Procedimiento de enrolado. Para asegurar la configuración automática y para manejar cualquier modificación en la configuración de la red, deben crearse una serie de vínculos lógicos entre los controladores y dispositivos dentro de una aplicación. La creación de estos vínculos se conoce como **procedimiento de enrolado**.

Este procedimiento permite que un controlador ubique las unidades con las que pueda potencialmente establecer una comunicación. Para esto, obtiene información acerca de los recursos de la aplicación de estas unidades y establece enlaces o vínculos permanentes con aquellas en las que este interesado.

3.3.2.4 *Estructura de la trama*

Para la red eléctrica, la estructura de la trama EHS (figura 3.24) se compone de los campos que se muestran a continuación. A pesar de que algunos campos son más dedicados a la red eléctrica, la estructura en general es bastante similar para todos los medios.

- Preámbulo, para sincronización del envío de datos entre los dispositivos emisor y receptor.

- Cabecera, que marca el inicio de los datos y permite reconocer una trama EHS.
- La dirección de vivienda permite descartar tramas provenientes de otras casas.
- Código de prioridad para definir el nivel de prioridad del mensaje.
- Direcciones de los dispositivos de origen y destino.
- Los datos de útiles del mensaje (información de la acción de control a realizar o datos a transferir).
- Campo de corrección de errores, en el que se utilizan 2 bytes para garantizar la fiabilidad de la comunicación.

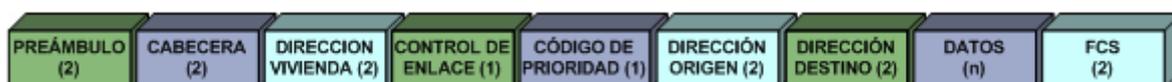


Figura 3.24. Estructura de la Trama EHS

3.3.2.5 Corrección de errores

Los dos últimos bytes de la trama EHS, como se puede observar en la estructura de la misma, contienen la secuencia de chequeo de trama (FCS), la misma que es un código de redundancia cíclica (CRC) calculado desde el campo de dirección de vivienda hasta el campo de datos. El receptor calcula el CRC de la trama recibida y lo compara con el valor CRC recibido. En caso de existir alguna diferencia entre los dos valores, la trama se descarta debido a que se produjo algún tipo de error.

Para asegurar la transmisión sobre la red eléctrica, EHS implementa una corrección de error hacia delante (FEC). Un código FEC de 6 bits es añadido a cada byte desde el campo de dirección de vivienda hasta el final de la trama. Así, cada byte es codificado con un valor de 14 bits. Este método está en capacidad de corregir hasta tres bits consecutivos y es apropiado especialmente para corregir errores de transmisión ocasionados por el ruido eléctrico presente en la red eléctrica. Cuando existe demasiado ruido en la línea, los errores son detectados por la secuencia de chequeo de trama.

3.3.2.6 *Fiabilidad de la Comunicación*

Las capas bajas del protocolo aseguran que las peculiaridades del medio físico no afecten a la fiabilidad de la comunicación. El protocolo decide cuándo cada unidad puede comenzar una transmisión (arbitraje de bus CSMA). Cada mensaje debe ser confirmado con un mensaje de reconocimiento (ACK) si la recepción no ha detectado errores. En caso de no llegar este reconocimiento, se reintenta la emisión del mensaje. Los tiempos de este protocolo cumplen las regulaciones Europeas para transmisión de datos por la red eléctrica.

3.3.3 Ventajas

- Fácil instalación y reconfiguración por parte del usuario.
- Es aplicable a diferentes medios físicos de transmisión lo cual da mayor flexibilidad para las instalaciones.
- Todos los dispositivos eléctricos y electrónicos presentes en una vivienda pueden ser integrados mediante una red EHS disponibles en una vivienda convencional. Además los dispositivos presentan movilidad (pueden ser conectados a diferentes puntos).
- Posibilidad de interoperación entre diferentes redes domóticas. Varias aplicaciones pueden compartir diferentes medios sin presentar interferencias.
- Es una tecnología que permite una expansión fácil y sencilla del sistema instalado en la vivienda.
- Completa compatibilidad entre equipos de diferentes fabricantes.
- Aplicación de varios métodos para asegurar la fiabilidad de la comunicación de datos en cualquier medio físico de transmisión.

3.3.4 Desventajas

- Falta de disponibilidad de productos en el mercado.

- Muchos aspectos detallados en las especificaciones aún no han sido implementadas en hardware.
- Al ser un protocolo aprobado solo por entes de regulación europeos su aplicabilidad se remite a este mercado.

3.4 BATIBUS ⁽⁶⁾

El bus BatiBUS es un protocolo abierto desarrollado inicialmente por las compañías LANDIS & GYR, MERLIN GERIN, AIRLEC y EDF, las cuales fundaron en 1989 el BatiBUS Club International (BCI). El único medio físico del BatiBUS es el par trenzado. En el bus se interconectan todos los sensores y actuadores hasta un máximo de 7.680 dispositivos. BatiBUS está indicado para edificios de tamaño pequeño o medio, como pueden ser hogares, residencias, oficinas pequeñas, hoteles o colegios. Tuvo una considerable penetración en el mercado europeo especialmente en Francia.

3.4.1 BCI (BatiBUS Club International)

Como ya se mencionó, el bus de campo BatiBUS es un protocolo abierto que fue desarrollado por las compañías LANDIS & GYR, MERLIN GERIN, AIRLEC y EDF. Estas cuatro firmas fundaron en 1989 el BatiBUS Club International (BCI) con el objetivo de promover el sistema BatiBUS. Actualmente, el BCI cuenta con más de 80 socios en varios países, que incluyen empresas de calefacción y refrigeración, iluminación, equipos eléctricos, sistemas automatizados, entre otros.

La finalidad de la asociación es promover un estándar europeo simple, abierto, independiente y de múltiples aplicaciones, desarrollado dentro del marco de alianzas europeas. Para alcanzar esta meta, el BCI presenta los siguientes lineamientos:

- Promover el bus BatiBUS a través de publicaciones y participaciones en exhibiciones
- Informar a los miembros acerca de todos los aspectos del sistema BatiBUS

⁶ Especificaciones obtenidas de la página Web www.batibus.com

- Distribuir especificaciones técnicas, procedimientos de prueba, trabajo de estandarización, etc.
- Fomentar intercambios entre los miembros del club.
- Preparar y vigilar el trabajo de estandarización.

De igual manera, los miembros del BCI son otorgados ciertos derechos, y principalmente están en capacidad de:

- Desarrollar y comercializar independientemente productos BatiBUS compatibles.
- Acceder a las especificaciones técnicas.
- Utilizar el logo y la marca registrada BatiBUS.

A nivel organizacional, el BCI engloba 6 delegaciones nacionales (España, Francia, Gran Bretaña, Italia, Holanda y "otros países") además de la sucursal en Malasia. El protocolo es un estándar NFC en Francia, el 46620. Además el BatiBUS ha conseguido la certificación como estándar europeo (CENELEC) y mundial (ISO/IECJTC 1 SC25).

Existen una serie de procedimientos y especificaciones que sirven para homologar cualquier producto que use esta tecnología como compatible con el resto de productos que cumplen este estándar. A su vez, la propia asociación BCI ha creado un conjunto de herramientas para facilitar el desarrollo de productos que cumplan esta especificación.

3.4.2 Tecnología

El medio físico del bus BatiBUS es un par trenzado, el mismo que es colocado paralelo a la red de distribución eléctrica. Es posible utilizar cualquier par telefónico o cable eléctrico trenzado apantallado o sin apantallar. La línea de bus interconecta y habilita la comunicación entre todos los módulos (sensores, actuadores y CPUs) del

sistema de control de la edificación. El protocolo BatiBUS permite conectar al bus hasta 7680 dispositivos al mismo tiempo.

Con el objetivo de simplificar la instalación, el protocolo BatiBUS permite alimentar a los diferentes dispositivos conectados al bus a través del mismo par trenzado. Esta alimentación, sin embargo, esta pensada únicamente para dispositivos de baja potencia que no requieren más de 3mA. La potencia total disponible es de 150mA a 15V. Obviamente, para poder proveer la alimentación a un dispositivo a través del bus, por lo menos una fuente de poder debe estar conectada al bus.

3.4.2.1 Topología

La instalación del par trenzado, según el protocolo BatiBUS puede realizarse en diversas topologías: bus, estrella, anillo, árbol o cualquier combinación de estas. La única restricción es la de no asignar direcciones idénticas a dos dispositivos de la misma instalación.

La distancia (D) entre la unidad central y el punto más alejado en la red depende de la resistencia de las dos líneas conductoras del par trenzado (12Ω máximo). La longitud (L) total de la red está definida por la capacidad de interferencia entre las líneas conductoras del bus (250 nanofaradios máximo). La Tabla 3.4 describe las longitudes máximas aplicadas al bus dada el área de sección de las líneas.

Sección (mm)	D (m)	L (m)
0.75	250	1900
1.5	500	2500
2.5	600	2500

Tabla 3.4 Longitudes de Red BatiBUS

3.4.2.2 Transmisión

Los dispositivos conectados al bus se comunican entre ellos a una velocidad de 4800bps. Los valores codificados se obtienen mediante el “cierre” (1) o la “apertura” (0) del circuito. El algoritmo de acceso al medio utilizado por el BatiBUS es CSMA/CA (Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance).

Este mecanismo se utiliza para asegurar una comunicación ordenada sobre el bus pues solo permite al dispositivo con mayor prioridad completar su trama de transmisión en cualquier momento, mientras el otro espera.

La estructura de la trama de información que se transmite sobre el bus está compuesta por los siguientes campos:

- **Campo de tipo de mensaje.** Describe el contenido de la trama. Informa que la trama contiene, por ejemplo, una medida de temperatura o un estado de entrada binario.
- **Campos de tipo de destino/emisor.** Describe que tipo de dispositivo está transmitiendo la trama y que tipo de dispositivo va a recibir la trama. Estos dispositivos pueden ser sensores de temperatura, interruptores, etc.
- **Campos de dirección de destino/emisor.** Contiene la dirección física de los dispositivos transmisores y receptores.
- **Campo de datos.** Contiene los datos de la trama. Un máximo de 25 bytes pueden ser transmitidos en una trama.
- **Campo de comprobación.** Provee la comunicación libre de errores.

Para poder transmitir la trama sobre el bus, la misma es dividida en caracteres de 8 bits y luego se transmite 1 bit de inicio, los 8 bits de datos, 1 bit de paridad y 1 bit de parada.

3.4.2.3 Configuración

Cada módulo presente en una instalación BatiBUS es identificado mediante una dirección BatiBUS. De forma similar al protocolo X-10, todos los dispositivos BatiBUS disponen de dip-switches circulares o dip-switches que permiten asignar una dirección física y lógica al mismo. Así mismo, al igual que en sistemas X-10, es posible asignar la misma dirección a un sensor y a un actuador para que trabajen conjuntamente. Por ejemplo, se puede asignar la misma dirección a un interruptor y a la luz que se desea controlar.

Para esquemas más complejos, también existe la posibilidad de programar el funcionamiento desde un módulo de comando central. Así, en el ejemplo anterior, el interruptor y la luz son asignados direcciones distintas y el módulo de comando central es el encargado de retransmitir el comando de encendido enviado por el interruptor a las cargas asignadas en la programación.

3.4.3 Ventajas

- La instalación y el manejo de los equipos se realiza de manera sencilla por parte de los usuarios.
- Fácil reconfiguración gracias al esquema de direccionamiento flexible, lo que a su vez facilita las ampliaciones futuras del sistema.
- Disponibilidad en el mercado de una importante variedad de productos a costos medios.
- El sistema en su totalidad puede ser configurado en cualquier momento mediante la utilización de software.
- La tecnología es abierta a terceros para obtener una mayor explotación y perfeccionamiento del protocolo.

- Se encuentran disponibles kits para desarrollo de redes

3.4.4 Desventajas

- La tecnología ha sido desarrollada mayormente para la utilización de par trenzado lo que hace más complicada la aplicación de BatiBus en viviendas ya existentes al ser necesario un cambio en la estructura de las mismas para el tendido del cable.
- Es una tecnología difundida mayormente al mercado europeo lo que dificulta el encontrar dispositivos en otros mercados.
- Similar al caso del protocolo EHS, gran cantidad de las prestaciones de BatiBUS aún no han sido implementadas sino que únicamente se encuentran detalladas en las especificaciones.

3.5 KONNEX ⁽⁷⁾

Debido a la división del mercado de buses domóticos existente en Europa, una gran parte de los fabricantes europeos de electrodomésticos y otros dispositivos para el hogar dudaron en iniciar desarrollos propios para cualquiera de los buses. Esta irresolución contuvo el crecimiento de un verdadero mercado europeo de automatización para el hogar.

De igual manera, el riesgo de que un estándar americano (como LONWORKS o CEBus) se convirtiera en el auténtico estándar europeo aumentaba. Estas razones condujeron a que, en Junio de 1996, la EHSA hiciera pública una iniciativa para la convergencia de los tres estándares: BatiBUS, EIB y EHS. El 14 de Abril de 1999 se fundó, en Bruselas y bajo la legislación Belga, la nueva y común organización.

La tecnología de cada una de las tres asociaciones (BCI, EIBA y EHSA) se ajusta particularmente a ciertas áreas de aplicación: BatiBUS está especializado en calefacción, aire acondicionado y sistemas de ventilación para edificios; EHS fue desarrollado

⁷ Especificaciones obtenidas de la página Web www.konnex.com

específicamente para los usos que implicaban los productos de la línea blanca; y EIB es un sistema fácil para el hogar y los edificios terciarios que cubre todos los aspectos de la gerencia de viviendas y edificios

Sin embargo, ninguna de las asociaciones cubre el rango completo de aplicaciones, por lo que la tarea de la nueva asociación, denominada inicialmente como “Convergencia”, es la de crear, a partir de las competencias, tecnologías y recursos de las tres asociaciones, un estándar domótico común que cubra todas las aplicaciones, es decir que reúna todas las ventajas de cada uno de los estándares por separado y elimine o reduzca al mínimo sus desventajas.

A largo plazo, la nueva organización reemplazará a las tres asociaciones existentes y asumirá sus funciones. A mediados de 1999 fue presentada una especificación única, la cual fue nombrada “Konnex” (o KNX) a finales de 1999.

3.5.1 Tecnología

El estándar KNX se basa en la tecnología EIB, y expande su funcionalidad añadiendo las capas físicas, los modos de configuración y la experiencia de aplicación de BatiBUS y EHS. Algunas de las características que incluye el estándar EIB, que como se mencionó es la base del estándar KNX, son:

- Medio físico de par trenzado (referido en el estándar KNX como “TP1”).
- Medio físico de corrientes portadoras (referido en el estándar KNX como “PL110”).
- Kernel común estructurado según el modelo OSI, que incluye capas de: red, transporte y aplicación.
- Mecanismos de comunicación: multicast, broadcast, punto a punto orientado a la conexión y punto a punto orientado a la no conexión.

- Configuración de dispositivos mediante una herramienta de software (referido en el estándar KNX como “S-Mode”).

Las principales características del estándar KNX, incluidas las del estándar EIB, se presentarán a continuación y además pueden distinguirse en el modelo KNX de la figura 3.25.

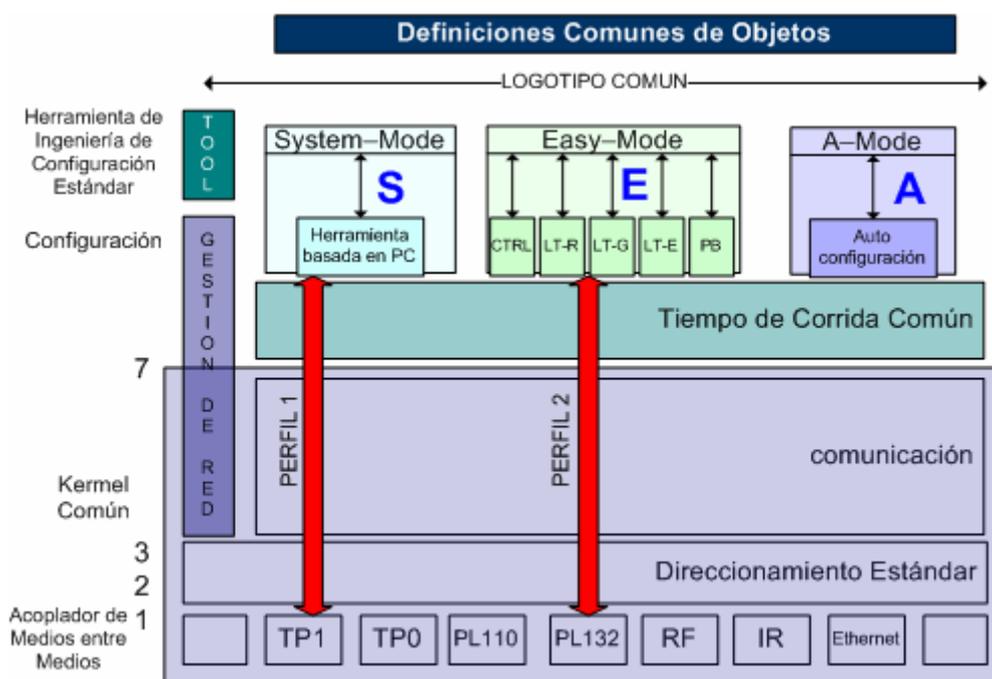


Figura 3.25. Modelo KNX

3.5.1.1 Nivel físico

El estándar KNX describe varias capas físicas, cada uno de los cuáles puede ser usado en combinación con uno o más modos de configuración. Los distintos medios son:

- **TP 0 y TP 1.** El TP 0, heredado de BatiBUS, y el TP 1, medio básico de EIB, proveen soluciones mejoradas para el cableado utilizando par trenzado. Sus principales características son: transmisión de datos y de alimentación (dispositivos de bajo consume de potencia pueden ser alimentados por el bus) a través de un par

trenzado, transferencia de datos asíncrona orientada al carácter y comunicación bi-direccional half duplex. La tasa de transmisión del TP 0 es de 2400 bps mientras que la del TP 1 es 9600 bps. Ambos medios implementan un algoritmo de detección de colisiones CSMA/CA. Cualquier topología puede utilizarse (bus, estrella, árbol, etc.)

- **PL 110 y PL132.** El PL110 es heredado de EIB y el PL 132 de EHS. Habilitan la comunicación a través de la red eléctrica. Sus principales características son: modulación SFSK (Spread Frequency Shift Keying), Transmisión asíncrona de paquetes de datos y comunicación bi-direccional half duplex. Las diferencias principales entre los dos medios son: su frecuencia central (110 kHz and 132 kHz), su proceso de decodificación, y su tasa de transmisión de datos (1200 bps para PL 110 y 2400 bps para PL 132). Los dos medios implementan el algoritmo CSMA.
- **RF y IR.** Las especificaciones para la comunicación por radio frecuencia y por infrarrojo no están incluidas dentro de las especificaciones del sistema KNX aún. Sin embargo, dado que están en proceso de especificación, ya están consideradas como parte del estándar KNX. La velocidad de transmisión de la comunicación por radio frecuencia es de 38.4 kbps.
- **ANubis (Advanced Network for Unified Building Integration & Services).** Es una mezcla coherente de protocolos, interfaces de programación, modelos y herramientas, que puede ser explotada para implementar soluciones que integren una red de dispositivos KNX en un ambiente LAN o WAN.

3.5.2 Modos de configuración

Para atender las diversas necesidades de los usuarios, la especificación KNX incluye un grupo de características de gestión que permiten la elección entre varios modos de configuración, cada uno de los cuales se adapta a diferentes mercados, hábitos locales, nivel de entrenamiento necesario o ambientes de aplicación como se puede ver en la figura 3.26.

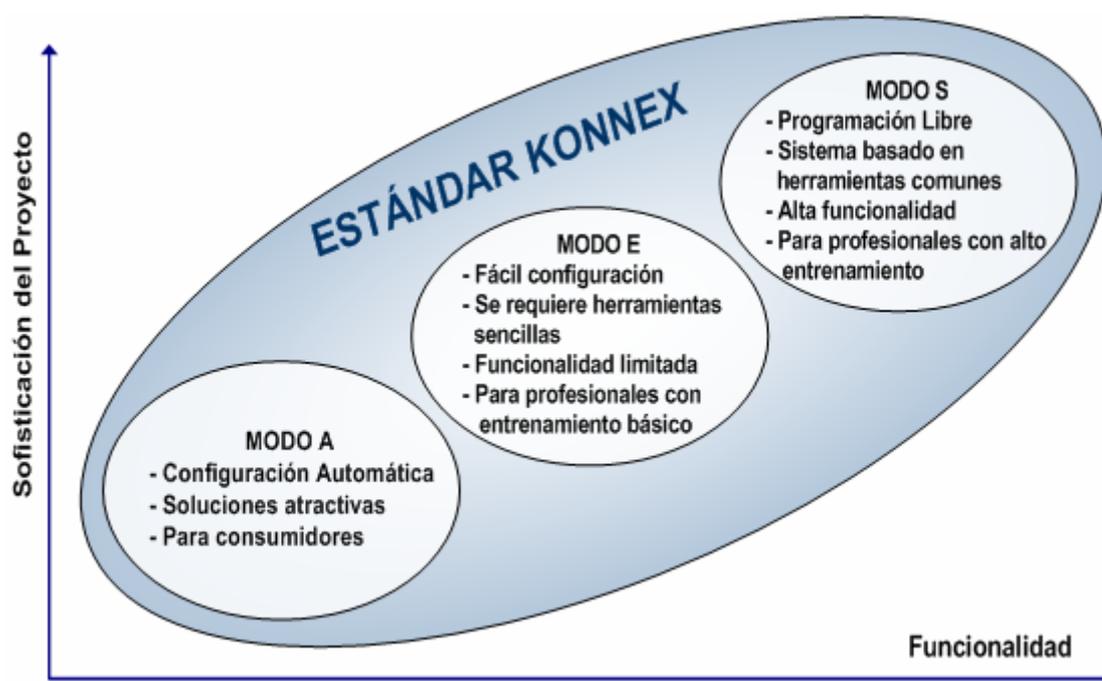


Figura 3.26. Principales ventajas de los diferentes modos de configuración

3.5.2.1 *Modo de sistema (System Mode)*

Los dispositivos que utilizan este modo ofrecen el proceso de configuración más versátil. La configuración de Sistema usa la misma filosofía que EIB, es decir que los diversos dispositivos o nodos de la nueva instalación son instalados y configurados mediante el software ETS con direccionamiento individual y broadcast. Emplea el formato de trama estándar.

3.5.2.2 *Modo Fácil (Easy Mode)*

En este modo de configuración los dispositivos son programados en fábrica para realizar una función concreta. Aún así deben ser configurados algunos detalles en la instalación, ya sea con el uso de un controlador central o mediante unos microinterruptores alojados en el mismo dispositivo (similar a muchos dispositivos X-10 que hay en el mercado). Los dispositivos que empleen este modo de configuración exhiben limitadamente varias de las funcionalidades del estándar KNX. Dentro de este modo, existen varias soluciones posibles:

- **Modo de Controlador (Controller Mode).** Está definido para soportar la instalación de un número limitado de dispositivos en un segmento lógico de un medio físico. Por medio de un dispositivo controlador se lleva a cabo el proceso de configuración.
- **Modo “Push-button” (Push-button Mode).** Al igual que el modo de controlador, está definido para soportar la instalación de un número limitado de dispositivos en un segmento lógico de un medio físico. Sin embargo, no se necesita un dispositivo especial para la configuración. Cada dispositivo debe incluir los medios de configuración relacionados a su aplicación, por lo tanto debe estar dotado de la capacidad de ser configurado dinámicamente mediante el establecimiento de las direcciones individuales y grupales y los parámetros necesarios.
- **Modo de etiqueta lógica de reflejo (Logical Tag Reflex Mode).** En este modo, no es necesaria ninguna herramienta de configuración. Los dispositivos y sus funcionalidades son suministrados con medios como dip-switches para asignar el valor necesario para la configuración.
- **Modo de etiqueta lógica supervisada (Logical Tag Supervise Mode).** Al igual que en el modo anterior no es necesaria ninguna herramienta de configuración pero sí es necesario un supervisor para cada aplicación, el mismo que puede supervisar más de una aplicación. Los valores necesarios se asignan de la misma manera que en el modo anterior.
- **Modo de etiqueta lógica extendida (Logical Tag Extended Mode).** Se realiza la configuración de los dispositivos utilizando etiquetas establecidas localmente por medios físicos. Actualmente, este modo está limitado a aplicaciones HVAC.

3.5.2.3 *Modo Automático (Automatic Mode)*

Con una filosofía Plug&Play, el dispositivo no necesita ser configurado ni por el instalador ni por el usuario final. Este modo está especialmente indicado para ser usado en electrodomésticos, equipos de entretenimiento y proveedores de servicios. Este modo incluye los mecanismos para que el dispositivo encuentre por si mismo los vínculos necesarios.

3.6 CEBUS ⁽⁸⁾

El estándar CEBus (Consumer Electronic Bus) es un protocolo de comunicación de control, que fue desarrollado por la Asociación de Industrias Electrónicas (EIA-Electronic Industries Association) para proveer y facilitar la realización de la automatización de hogares con mayores funciones que las que aportaban sistemas de aquella época como X-10 (ON, OFF, DIMMER, ALL OFF, etc). Actualmente, es usado no solo en el área residencial sino también en los sectores comercial, industrial, de transporte y de infraestructura urbana. La especificación CEBus incluye siete medios físicos posibles, sin embargo es más conocido por la transmisión utilizando corrientes portadoras.

3.6.1 Historia

En 1983, después de que la EIA reconociera la necesidad de desarrollar un estándar acerca de los sistemas de comunicación de los hogares automatizados, se organizó un comité denominado TSC (CEBus Technical Steering Committee) que dio como resultado la creación en 1988 de un estándar (el *Home Automation Standard IS-60*) conocido como *Consumer Electronic Bus* (CEBus).

La meta principal del comité era la de desarrollar un protocolo abierto que se adaptaría a los requerimientos de la mayoría de los fabricantes de equipos electrónicos de consumo. El hecho de ser abierto provocaría competencia, la cual a su vez reduciría los precios al tiempo que mejoraría el desempeño.

El EIA-600 fue desarrollado para funciones tales como: control remoto, indicación de estado, instrumentación remota, manejo de energía, sistemas de seguridad, coordinación de dispositivos de entretenimiento, entre otras. Estas funciones requerían una conexión económica a una red de comunicación local que pudiera transportar mensajes digitales relativamente cortos.

⁸ Especificaciones obtenidas de la página Web www.cebuse.org

Además, otra de las intenciones de la especificación era la compatibilidad, es decir se pretendía que todas las implementaciones EIA-600 pudieran coexistir, que todos los dispositivos que cumplan con la especificación pudieran comunicarse entre si, y que el lenguaje utilizado para funciones de control fuera entendido por todos los dispositivos. El documento final, después de varias revisiones, estuvo disponible en 1992, el mismo que cubre tanto las características eléctricas como los procedimientos de los módulos del sistema de comunicación. El estándar, en cambio, obtuvo su primera acreditación ANSI en 1997.

En 1994, se formó el Consejo Industrial CEBus (CIC) (ahora conocido como Consejo de Interoperabilidad CAL, que es el lenguaje que utilizan los dispositivos CEBus para comunicarse). El CIC es una organización sin fines de lucro compuesta por los representantes de muchas firmas, entre las que se incluyen Microsoft, IBM, Compaq Computer Corp, AT&T Bell Labs, Honeywell, Panasonic, Sony, Thomson Consumer Electronics, Leviton, and Pacific Gas & Electric, cuyo objetivo es desarrollar y ampliar el mercado para productos que cumplan con el estándar CEBus y/o con el lenguaje de aplicación común (CAL).

3.6.2 Tecnología

La arquitectura del CEBus está basada en el modelo de referencia OSI, pero incluye únicamente cuatro de los siete niveles: la Capa Física, a Capa de Enlace de Datos, la Capa de Red y la Capa de Aplicación. La mayor parte de las funciones de transporte, sesión y presentación han sido añadidas ya sea a la capa de red o a la capa de aplicación.

El estándar también incluye una Capa de Gestión del Sistema LSM (Layer System Management), la cual reside a lo largo de las cuatro capas como se puede observar en la figura 3.27. La interfaz entre los diferentes niveles del nodo CEBus está definido como un conjunto de primitivas de servicio, proporcionando cada nivel servicio al inmediatamente superior.

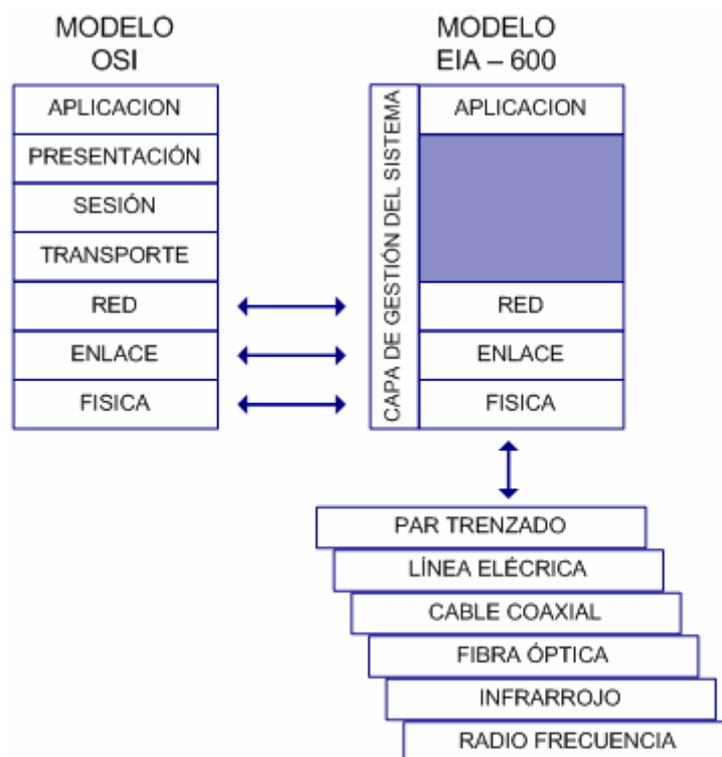


Figura 3.27. Arquitectura del modelo CEBus, tomando como referencia el modelo OSI

CEBus engloba varios canales de comunicación en cada uno de los medios definidos: uno de control y varios de datos. En el canal de control se intercambian mensajes y órdenes para el control de los dispositivos de la instalación domótica. La comunicación del canal de control está estandarizada para todos los medios, con un formato de paquete y una tasa de señalización consistente.

La tasa de datos de control efectiva varía debido al esquema de codificación de señal, el cual se explica más adelante y asigna a un bit “1” un tiempo de símbolo de unidad (UST) y a un bit “0” dos UST’s. Sin embargo, la velocidad de transmisión aproximada es de 7 kbps.

Los canales de datos se emplean para la transmisión de voz, música, TV, video etc., y se asignan por solicitud mediante el canal de control. Estos canales proveen anchos de banda elegibles. Las características del canal de datos pueden variar considerablemente dependiendo del medio y de los requerimientos de los dispositivos conectados.

El estándar CEBus especifica un protocolo de comunicaciones basado en la técnica de acceso múltiple por detección de portadora con detección y resolución de colisiones (CSMA/CD-CR), el cual es bastante difícil de implementar utilizando enfoques clásicos de espectro ensanchado. Por esta razón, CEBus emplea una tecnología de espectro ensanchado, desarrollada por Intellon, que emula una portadora y permite la implementación efectiva y eficiente de redes de comunicación CSMA/CD-CR.

Las transmisiones CEBus se realizan utilizando paquetes de datos cuya longitud varía de acuerdo a cuantos datos se incluyan en los mismos. Algunos paquetes pueden tener una longitud de cientos de bits. El tamaño mínimo de un paquete es de 64 bits. Cada paquete contiene un campo de dirección de dispositivo y un campo de datos. Las direcciones de los dispositivos son fijadas en fábrica e incluyen más de 4.000 millones de posibilidades.

3.6.2.1 Nivel Físico

CEBus ofrece siete medios físicos distintos para que los electrodomésticos y equipos eléctricos puedan comunicarse:

- Red eléctrica (PL).
- Par trenzado (TP).
- Infrarrojo (IR).
- Radio frecuencia (RF).
- Coaxial (CX).
- Fibra óptica (FO).
- Bus de Audio-Video (AV)

En una instalación pueden coexistir diversos medios, cada uno de los cuales constituiría una subred local (*Local Medium Network*). Las subredes locales se conectan mediante encaminadores (*routers*).

CEBus engloba varios canales de comunicación: uno de control y varios de datos. En el canal de control se intercambian mensajes y órdenes para el control de los dispositivos de la instalación domótica. Los canales de datos se emplean para la transmisión de voz, música, TV, video etc., y se asignan por solicitud mediante el canal de control.

Como ya se mencionó, el medio más empleado es el de corrientes portadoras sobre la red eléctrica. Para este medio el CEBus utiliza una modulación en espectro ensanchado, lo cual le permite un desempeño bastante robusto. La tecnología de espectro ensanchado es un método de modulación de señal donde la señal transmitida ocupa un ancho de banda considerablemente mayor que el mínimo necesario para enviar la información.

Básicamente, existen tres técnicas de espectro ensanchado que se han aplicado a sistemas PLC: secuencia directa, salto de frecuencia y “chirping”. Este último es el empleado en el estándar CEBus y utiliza una portadora que realiza un barrido sobre un cierto rango de frecuencias. En el estándar CEBus el “chirp” realiza el barrido desde 100 kHz. hasta 400 kHz. en un período de 100 μ s que representa el tiempo de símbolo de unidad (UST).

En el método chirping, una serie de chirps de frecuencia cortos y autosincronizables actúan como la portadora. Los chirps tienen siempre el mismo patrón conocido, que se indica en la figura 3.28, que les permite ser detectables por todos los nodos en la red.

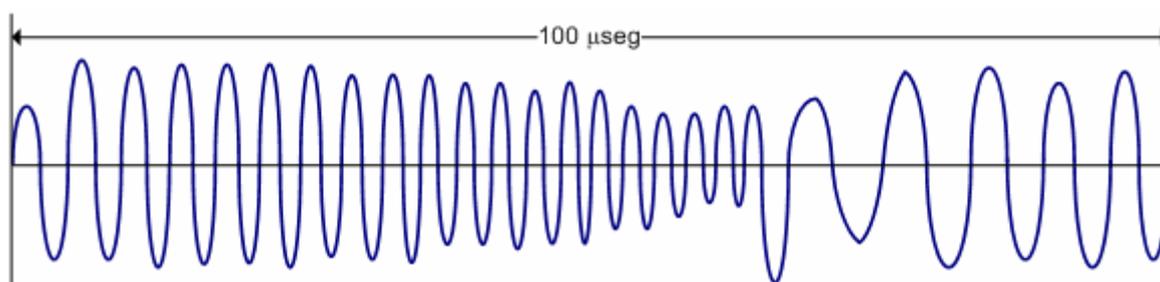


Figura 3.28. Chirp de portadora de espectro ensanchado

3.6.2.2 Codificación de señal

En el estándar CEBus los paquetes se transmiten y reciben como una cadena de símbolos codificados de acuerdo al protocolo EIA-600. La señal es codificada en ancho de pulso (pulse width coding) usando los símbolos “1”, “0”, “EOF” y “EOP”, cada uno de los cuales utiliza un número de UST como se muestra en la Tabla 3.5. Cada paquete está dividido en tres secciones: un preámbulo, el cuerpo del paquete y un test de redundancia cíclica (CRC). Las colisiones pueden ser detectadas mientras se está enviando la sección de preámbulo y la sincronización se lleva a cabo.

Símbolo	Preámbulo		Cuerpo del paquete	
	UST's	Duración	UST's	Duración
“1”	1	114 μ s	1	100 μ s
“0”	2	228 μ s	2	200 μ s
End Of Field (EOF)	8	800 μ s	3	300 μ s
End Of Packet (EOP)	N/A	N/A	4	400 μ s

Tabla 3.5 Codificación de símbolo en el protocolo CEBus

La sección de preámbulo utiliza un esquema de modulación ASK (Amplitude Shift Keying), la cual usa estados superior e inferior alternantes para codificar los símbolos. Un estado superior es representado por la presencia de chirp y un estado inferior por la ausencia del mismo. Dado que el transmisor no trabaja durante los estados inferiores, los estados superiores transmitidos por otros dispositivos, que están compitiendo por el canal, pueden ser detectados durante el preámbulo del paquete.

En la figura 3.29 se puede observar una sección de preámbulo cuya secuencia de chirps representa los símbolos “1101”, en la cual es posible apreciar que un bit “1” usa un UST y un bit “0” emplea dos. Además, se puede notar que la duración de un UST en el preámbulo es de 114 μ s, mientras que la del cuerpo del paquete es de 100 μ s. Sin embargo, la longitud del chirp siempre es de 100 μ s y en el caso del preámbulo el chirp es seguido por un silencio de 14 μ s. La capa física genera y reconoce los tiempos adecuados para estas UST's diferentes.

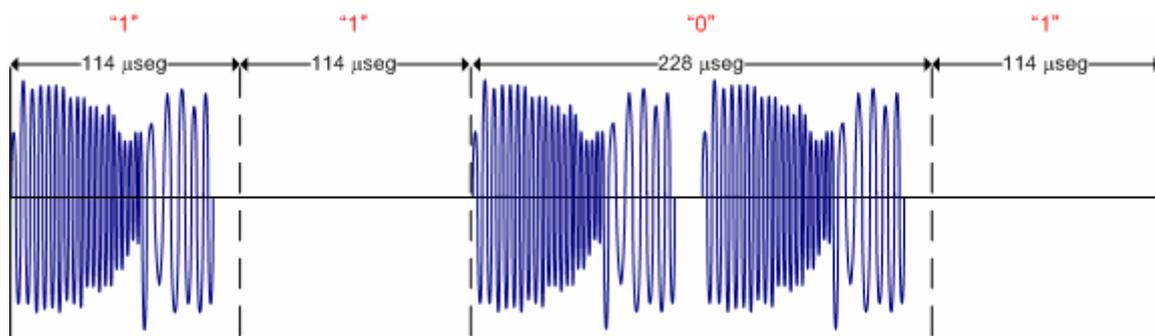


Figura 3.29. Patrón de datos del preámbulo

En el cuerpo del paquete de CEBus se usa una modulación PRK (Phase Reversal Keying), la misma que utiliza dos fases para el estado superior, las cuales están desfasadas 180°, para modular los datos codificados. Esta técnica de modulación es más robusta que la técnica ASK, puesto que le permite a la capa física correlacionar y rastrear cada UST en lugar de solo aquellas codificadas como estado superior. La figura 3.30 muestra un ejemplo de una secuencia de chirps del cuerpo del paquete.

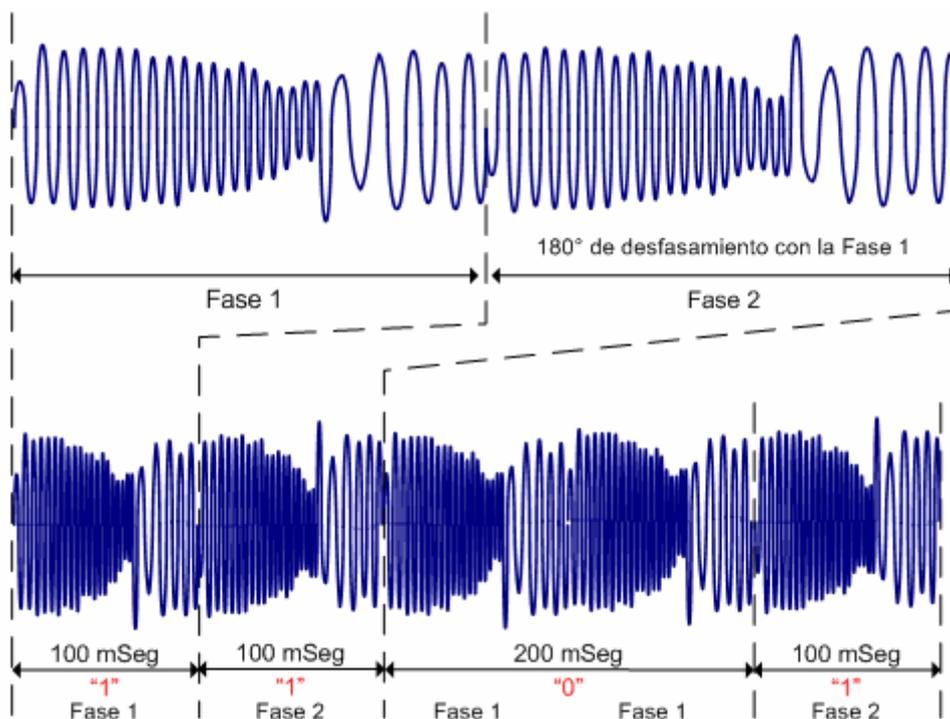


Figura 3.30. Patrón de datos del cuerpo del paquete

Una vez que se ha transmitido el símbolo EOF (End Of Field) del preámbulo, el resto del paquete es transmitido utilizando PRK. El estado superior de fase 1 estará en fase con el EOF del preámbulo. El primer símbolo a continuación del EOF del preámbulo estará codificado con el estado opuesto al del EOF. El paquete de datos terminará con un símbolo EOP (End Of Packet) que puede ser “1111” o “0000”.

Además del preámbulo y del cuerpo del paquete cada paquete transmitido incorpora un código de comprobación de redundancia cíclica (CRC) al final del mismo para mejorar la confiabilidad del enlace de comunicaciones. Toda la generación y detección de los CRC es realizada por la capa física.

3.6.3 CAL (Common Application Language)

CAL es un lenguaje de control de aplicación orientado a objetos que utilizan los dispositivos CEBus para comunicarse. Este lenguaje, que es un elemento de la capa de aplicación, permite controlar dispositivos CEBus y asignar recursos. Las funciones de asignación de recursos permiten pedir, usar y liberar recursos CEBus. Las funciones de control proporcionan la capacidad de enviar comandos CAL a dispositivos remotos, y responder a comandos CAL.

CAL se apoya en un modelo de contexto. Los diversos contextos son la base del CAL, y cada uno representa un dispositivo (como un interruptor) o una funcionalidad mayor que puede ser encontrada en los productos CEBus (como el tiempo). Hay varios grupos de contextos: el grupo de iluminación, el grupo ambiental, el grupo de seguridad, el grupo de utilidad / gestión de energía, el grupo de comunicación, el grupo de computador, el grupo de electrodomésticos y el grupo de comodidades.

Cada uno de estos grupos incluye un cierto número de contextos, llamados clases de contexto. Por ejemplo, en el grupo de iluminación, hay seis clases de contexto entre las que se incluyen una clase de contexto de sensor de iluminación, una de iluminación, una de escenas de iluminación, etc.

Además, cada una de estas clases de contexto está conformada por objetos, los cuales representan las características o recursos del producto. Por ejemplo, la clase de contexto de iluminación incluye un objeto de control de nivel de iluminación. Finalmente, cada uno de estos objetos contiene varias variables. Para el objeto del ejemplo anterior, algunas de las variables son: `step_size` IV (S), `current_value` IV (C), `default_value` IV (D), etc.

3.6.4 Ventajas

- Se encuentra gran cantidad y variedad de productos disponibles en el mercado domótico.
- Es aplicable a viviendas ya construidas, permitiendo mejorar la funcionalidad en las mismas.
- Muchos dispositivos pueden funcionar sin la necesidad de instalar en la vivienda un controlador central lo que posibilita la utilización del protocolo para solucionar gran variedad de pequeños problemas de automatización.
- Compatibilidad entre los productos elaborados por diferentes fabricantes.
- Permite la instalación un controlador central en la red de manera para obtener proyectos de automatización más grandes y complejos.
- La topología CEBus permite que los dispositivos sean situados en cualquier lugar de la red, independientemente del medio de transmisión utilizado, siempre que el dispositivo posea la interfaz apropiada para dicho medio.
- Capacidad de transmisión multimedia.
- Al ser un estándar abierto se beneficia del apoyo de importantes empresas.

3.6.5 Desventajas

- La técnica de transmisión empleada por CEBus fue diseñada únicamente para el mercado americano, lo que limita su aplicación en otros mercados como el europeo por no encontrarse aprobado por entes de regulación europeos.
- A pesar de ser un estándar EIA, CEBus es un protocolo diseñado específicamente para el mercado de automatización de hogares norteamericano.
- El costo de instalación así también como el costo de los dispositivos disponibles es bastante elevado.
- A pesar de que presenta varias mejoras sobre el protocolo X-10, la transmisión por corrientes portadoras de CEBus aún no posee la fiabilidad necesaria para diversas aplicaciones.
- La mayor cantidad de aplicaciones de CEBus en la actualidad han sido utilizando la línea eléctrica como medio de transmisión. Es por ello que las instalaciones enfrentan los mismos inconvenientes de ruido, desacoplamiento y atenuación de señales indicados para el protocolo X-10.

3.7 LONWORKS ⁽⁹⁾

El protocolo LONWORKS, también conocido como LonTalk es el corazón del sistema LONWORKS creado por Echelon, el cual al igual que Intellon provee un protocolo de comunicación punto a punto empleando técnicas de acceso múltiple por detección de portadora (CSMA). El protocolo LONWORKS es también un estándar ANSI/EIA, el 701.9.

En LONWORKS, la tecnología de redes de control va más allá de ser simplemente un protocolo de comunicación, puesto que provee una plataforma completa sobre la cual es posible construir sistemas de control. Es así, que el sistema LONWORKS está basado en los siguientes conceptos:

⁹ Especificaciones tomadas de la página Web www.echelon.com

- Los sistemas de control presentan muchos requerimientos comunes sin importar la aplicación.
- Un sistema de control en red es significativamente más poderoso, flexible y escalable que los sistemas de control que no están en red.
- A largo plazo, los negocios pueden ahorrar y producir más dinero con redes de control que con sistemas de control que no estén en red.

3.7.1 Historia

Mike Markkula, uno de los fundadores originales de Apple y además ex-directivo de Fairchild Semiconductor e Intel, fundó Echelon y fue el mentalizador de LONWORKS. Markkula formó, en 1986, un grupo de investigación que analizara la factibilidad de desarrollar una tecnología dirigida a permitir el trabajo en red de los dispositivos de uso diario. Aproximadamente dos años después, este grupo entró en la fase de desarrollo y se conformó Echelon. Echelon presentó la tecnología LonWorks en el año 1992

El modelo de negocios de Echelon no está enfocado a fabricar los productos sino más bien a licenciarlos y proveer los elementos necesarios para que las compañías entren al mercado con una red de control rápidamente.

Por esta razón, lo único que Echelon tenía para vender, inicialmente, era una herramienta de desarrollo y una promesa y, en cambio, licenció a Toshiba y Motorola como socios para la producción del Neuron Chip que constituyen el nodo básico de las redes de control LONWORKS.

Actualmente, los encargados la producción del Neuron Chip son Toshiba y Cypress Semiconductor, las cuales se suman a la lista de miles de empresas en el mundo desarrollando productos o usando la tecnología LONWORKS.

Uno de los principales argumentos en contra de LONWORKS era que el mismo era propietario, lo que implicaba que no era posible implementar el protocolo pero si utilizarlo. Actualmente, el protocolo LonTalk es oficialmente un estándar abierto, el EIA 709.

3.7.2 Tecnología

La tecnología LONWORKS comprende principalmente las “neuronas” (Neuron Chips), el protocolo LonTalk, los diferentes medios sobre los cuales se comunica el protocolo, los transceptores LONWORKS y el software de gestión de red y de aplicación.

El protocolo de comunicación empleado, LonTalk, es un protocolo de comunicaciones punto a punto basado en el modelo de referencia OSI de ISO e implementa todos los niveles del mismo, al contrario de la mayoría de redes de control (que implementan solo 4 capas).

Las características principales de las diferentes capas del protocolo LonTalk se presentan en la Tabla 3.6.

Nivel	Características principales
Físico	Puede utilizar: PL, TP, IR, RF, CX y/o FO
Enlace	Predictive p-persistent CSMA/CA (con prioridad opcional) y opcional detección de colisiones (CD). La codificación es Manchester diferencial
Red	Servicio de entrega de mensaje: acknowledged, repeated y un acknowledged. Transmisión “mono“, “multi” y difusión. Servicios de direccionamiento, etc.
Transporte	Servicios de mensajes hacia el exterior, desde el exterior, detección de duplicidades, posibilidad de autenticación, etc. Servicio de transportes tanto “mono“ como difusión; repetición si UNACK, etc.
Sesión	Pregunta - Respuesta
Presentación / Aplicación	Propagación de variables de redes, mensajes genéricos de paso, mensajes de gestión de la red, mensajes de diagnósticos de la red, transmisión de tramas externas, etc.

Tabla 3.6 Capas del modelo OSI del protocolo LonTalk

3.7.2.1 *Neuron Chip*

Las neuronas (Neuron Chip) son en realidad un completo sistema implementado en un chip, está compuesto de múltiples CPUs, memoria, interfaces de entrada / salida, puerto de comunicaciones, firmware y sistema operativo. El elemento fundamental para cualquier Neuron Chip es que el mismo debe implementar la pila completa del protocolo LonTalk.

El Neuron Chip contiene tres procesadores en línea de 8 bits. El primero es el procesador de acceso al medio y es el encargado de enviar y recibir los mensajes en la red, además de verificar el código de redundancia cíclica CRC. El segundo es el procesador de red, el cual es responsable de las capas medias del protocolo, es decir que se encarga de actividades como el enrutamiento de paquetes, el direccionamiento, los reconocimientos de punto a punto, la detección de mensajes duplicados, etc. El tercer procesador es el de aplicación, y es el que ejecuta la aplicación propia del usuario.

Los tres procesadores le permiten al Neuron Chip separar los efectos de la red de la aplicación. Es así, que si la aplicación se satura, los procesadores de acceso al medio y de red pueden continuar enviando y recibiendo mensajes, y por el contrario, si la red se satura, la aplicación puede seguir procesando los algoritmos de control locales.

Además el Neuron Chip posee un identificador único, el Neuron ID, que permite direccionar cualquier nodo de forma unívoca dentro de una red de control Lonworks. Este identificador, con 48 bits de ancho, se graba en la memoria EEPROM durante la fabricación del circuito.

El firmware que implementa el protocolo LonTalk, proporciona servicios de transporte y enrutamiento punto a punto. Está incluido en el sistema operativo que ejecuta y planifica la aplicación distribuida y que maneja las estructuras de datos que intercambian los nodos.

3.7.2.2 Nivel Físico

El protocolo LONWORKS es independiente del medio, lo que permite que los dispositivos se comuniquen sobre cualquier medio físico. El Neuron Chip proporciona un puerto específico de cinco pines que puede ser configurado para actuar como interfaz de diversos transceptores de línea y funcionar a diferentes velocidades binarias. Lonworks puede funcionar sobre diferentes tipos de medio, incluyendo: par trenzado, cable coaxial, corrientes portadoras, fibra óptica y radio frecuencia.

En el protocolo LONWORKS se habla de canales para identificar los medios físicos a los cuales se encuentran conectados un grupo de dispositivos LONWORKS por medio de un transceptor. El transceptor es el encargado de adaptar las señales del Neuron Chip a los niveles que necesita cada medio físico. En la Tabla 3.7 se resumen las características más importantes de cuatro tipos de canal muy usados actualmente.

Tipo de Canal	Medio Físico	Velocidad binaria	Transceptores compatibles	Número máximo de dispositivos	Distancia máxima (metros)
TP/FP-10	Par Trenzado con topología libre o de bus	78 Kbps	FTT-10 FTT-10A LPT-10	64 – 128	500 (libre) 2200 (bus)
TP/ XF-1250	Par Trenzado con topología de bus	1.25 Mbps	TPT/ XF-1250	64	125
PL-20	Línea eléctrica	5,4 Kbps	PLT-20 PLT-21 PLT-22	Depende del ambiente	Depende del ambiente
IP-10	LonWorks sobre IP	Determinado por la red IP	Determinado por la red IP	Determinado por la red IP	Determinado por la red IP

Tabla 3.7 Tipos de Canal de LonWorks más utilizados

3.7.2.3 *Direccionamiento*

El protocolo LONWORKS soporta varios tipos de direcciones, desde simples direcciones físicas hasta direcciones que designan colecciones de varios dispositivos. A continuación se presentan los tipos de direcciones del protocolo:

- **Dirección Física.** Como ya se mencionó antes todos los dispositivos LONWORKS incluyen el Neuron ID, que es un identificador de 48 bits único. Este identificador se asigna al momento de fabricación del dispositivo.
- **Dirección de dispositivo.** Se asigna en el momento de instalación del dispositivo en una red. Estas direcciones se utilizan en lugar de las direcciones físicas debido a que soportan más eficientemente el enrutamiento de mensajes y simplifican el reemplazo de dispositivos que presentan problemas. Las direcciones de dispositivos se dividen en tres subniveles establecidos jerárquicamente, que pueden observarse en el ejemplo de la figura 3.31:

Nivel de dominio: Identifica un grupo de dispositivos (hasta 32385) que pueden interoperar. Los dispositivos deben estar en el mismo dominio para intercambiar paquetes. La dirección de un dominio no puede ocupar más de 6 bytes.

Nivel de subred: Abarca hasta 127 nodos dentro de un dominio. Puede haber un máximo de 255 subredes dentro de un dominio. La dirección de subred se usa para el enrutamiento eficiente de paquetes en redes grandes.

Nivel de nodo: La dirección de nodo identifica un dispositivo individual dentro de una subred. Un nodo puede pertenecer como máximo a 2 dominios. Cada nodo tiene una dirección de subred y una dirección de nodo para cada dominio al que pertenezca. Asimismo, un nodo puede pertenecer a 15 grupos como máximo en cualquier dominio en el que esté.

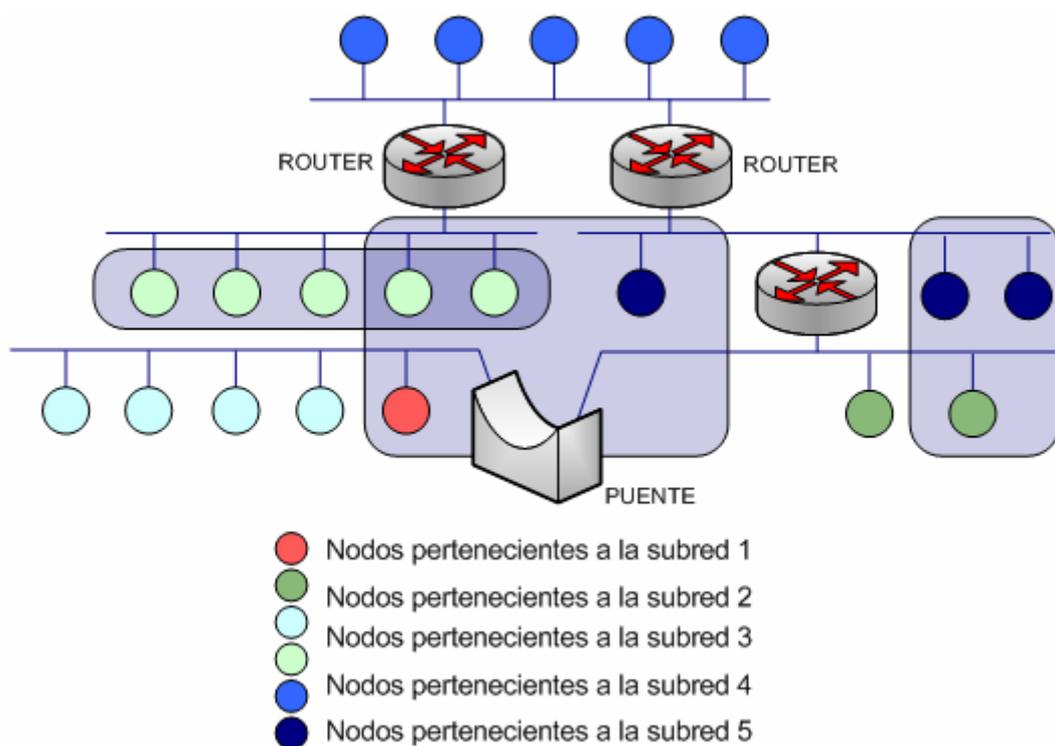


Figura 3.31. Dominio LONWORKS

- **Dirección de grupo.** Un grupo es una colección de dispositivos dentro de un dominio. A diferencia de las subredes, los dispositivos se agrupan sin importar su ubicación física dentro del dominio. El número de dispositivos que pueden agruparse depende del servicio de mensajes que se utilice. Así, para el servicio de mensajes sin reconocimiento (unacknowledged messaging) puede haber cualquier cantidad de dispositivos en un grupo y para el servicio de mensajes con reconocimiento (acknowledged messaging) el número se limita a 64.

Los grupos son una forma eficiente de optimizar el ancho de banda de la red para paquetes dirigidos a varios dispositivos. Dentro de un dominio puede haber hasta 256 grupos.

- **Dirección de broadcast.** Identifica a todos los dispositivos dentro de una subred o un dominio.

3.7.2.4 Tipos de Mensajes

En el protocolo LonTalk existen dos tipos de mensajes básicos: variables de red y explícitos. Las variables de red son los que presentan mayor interoperabilidad, facilidad de uso y aceptación en el mercado.

Una variable de red es cualquier objeto de datos (temperatura, estado de interruptores, etc.) que un programa de aplicación de un dispositivo espera obtener de otros dispositivos presentes en la red o espera poner a disposición de otros dispositivos en la red. El programa de aplicación de un dispositivo no necesita conocer nada acerca de donde vienen o hacia donde van las variables de red, simplemente cuando la aplicación detecta el cambio de un dato lo envía al firmware del dispositivo.

El firmware es configurado para conocer la dirección lógica de otros dispositivos o grupos de dispositivos en la red. Un proceso similar ocurre cuando el programa de aplicación requiere un dato de otro dispositivo. Los mensajes explícitos, en cambio, requieren que la aplicación construya el paquete, especificando la dirección de destino, el mecanismo de entrega, etc. Esta técnica requiere una cantidad de programación significativamente mayor.

3.7.2.5 Estructura de la trama

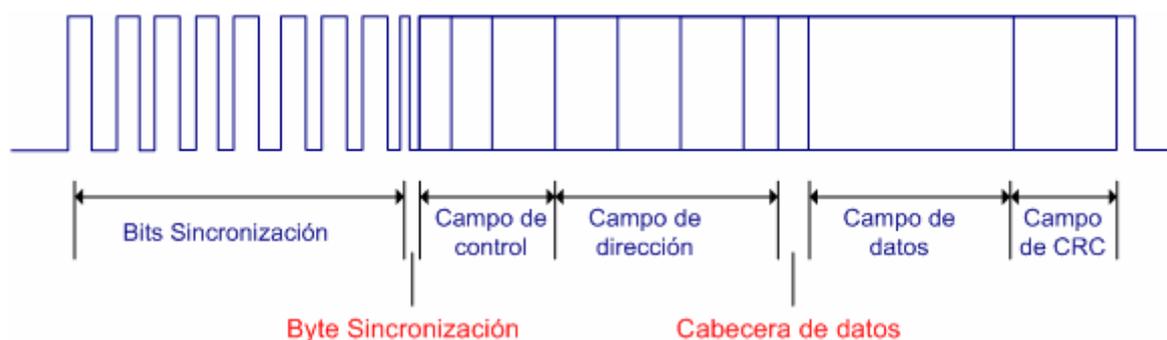


Figura 3.32. Formato de Trama LONWORKS

El formato de las tramas se muestra en la figura 3.32 y posee los siguientes campos: un campo de control, la dirección de nodo, la dirección de dominio, los datos de usuario y un campo de CRC (código de redundancia cíclica). El tamaño máximo del campo de datos es de 228 bytes.

3.7.3 LonMark

LonMark es una asociación de fabricantes que desarrollan productos o servicios basados en redes de control Lonworks. La LonMark Interoperability Association fue fundada en mayo 1994 por 36 compañías y actualmente tiene más de 300 miembros.

La tarea de la asociación LonMark es facilitar la integración de sistemas suministradas por múltiples compañías en base de redes LonWorks. Hoy en día más de 3.500 compañías usan redes de control LonWorks para proveer sistemas y soluciones para edificios, hogares, industria, telecomunicación, transporte y otras áreas industriales. La asociación provee un foro abierto para sus miembros para trabajar juntos en el marketing y en programas técnicos para promover la disposición de productos de control abiertos e interoperativos. Esta asociación especifica y publica las recomendaciones e implementaciones que mejor se adaptan a cada uno de los dispositivos típicos de las redes de control, para ello se basan en objetos y perfiles funcionales. Sin embargo, hay que señalar que aunque existen cientos de productos Lonworks no todos tienen la certificación LonMark.

Los objetos LonMark forman las variables que intercambia la red de control a nivel de aplicación (nivel 7 de la torre OSI). Estos objetos describen los formatos de los datos que se intercambian los nodos y la semántica que se usa para relacionarlos con otros objetos de la aplicación distribuida. Hay tres objetos que son básicos, el actuador, el sensor y el controlador.

Los perfiles funcionales detallan en profundidad la interfaz de la aplicación distribuida con la red Lonworks (variables de red y las propiedades de configuración) y el comportamiento que tendrán las funciones implementadas. Los perfiles funcionales estandarizan las funciones, pero no los productos de forma que permite que diversos

fabricantes ofrezcan el mismo producto a nivel funcional pero desde el punto de vista de hardware no tenga nada que ver un diseño con otro. Los perfiles LonMark aseguran la compatibilidad total entre productos Lonworks.

3.7.4 Ventajas

- Interoperabilidad entre los dispositivos de diversos fabricantes.
- Bajos costos de instalación y reconfiguración del sistema.
- La ampliación del sistema es sencilla
- Disponibilidad de herramientas de desarrollo y documentación.
- Se encuentran disponibles componentes de transceptores a bajos costos.
- Varios productos comerciales ya se encuentran en el mercado domótico mundial.
- Las capacidades integradas en el chip Neuron brindan un inmenso rango de funciones inteligentes y de procesamiento.
- Los dispositivos pueden ser conectados a cualquier medio físico debido a que LonWorks es un protocolo completamente independiente del medio.
- Los datos pueden ser transmitidos a diferentes velocidades dentro de la red.
- Capacidad de transmisión multimedia.
- Elimina la necesidad de utilización de dispositivos como gateways.

3.7.5 Desventajas

- La documentación existente es de difícil entendimiento, lo que dificulta de gran manera el aprendizaje del funcionamiento de este tipo de redes.
- Las herramientas de desarrollo (como por ejemplo el software) son bastante costosas.
- La configuración del sistema no es dinámica.

CAPÍTULO 4

DISEÑO DEL SISTEMA

Para la consecución de los objetivos del presente proyecto ha sido necesaria la recopilación de información de interés que permita desarrollar una vivienda que brinde seguridad, autonomía y comodidad a todos sus usuarios, y que sea a la vez flexible a los cambios, tanto del entorno como de los habitantes.

La Domótica es una tecnología que permite la implementación de todas estas prestaciones, pero para alcanzar un verdadero beneficio se requiere de un correcto diseño del sistema. Es preciso poner especial atención en esta fase del proyecto pues de esta manera se puede asegurar que cualquier desarrollo posterior estará debidamente previsto y a la vez se evitará en lo posible problemas que puedan derivarse en un incremento del costo y el tiempo.

Un adecuado diseño implica un completo análisis de los sistemas, tecnologías y dispositivos disponibles en el mercado así también como las características arquitectónicas y funcionales de la vivienda. Por otro lado el diseño del sistema debe involucrar las necesidades y deseos de los propietarios de la residencia.

Las personas por lo general buscan sistemas que cumplan con su labor teórica, que en el caso de la instalación domótica es el aumento del confort, la seguridad, el ahorro energético y mayores prestaciones de comunicación en el hogar, con sistemas sencillos que garanticen su funcionamiento sin mayores esfuerzos en el uso.

Además debe tomarse muy en cuenta que existen aplicaciones de carácter opcional, es decir que son más apropiadas para cierto tipo de usuarios. Este es el caso de la alerta médica que ha sido ideada primordialmente para el uso de ancianos y personas discapacitadas.

Todas las consideraciones de hardware, así también como las necesidades de los usuarios de la vivienda donde se realizará la instalación y las características de la misma se detallan a continuación.

4.1 CONSIDERACIONES INICIALES

4.1.1 Características de la Vivienda



Figura 4.1. Vista Frontal de la Vivienda

La vivienda donde se realizará la instalación (Figura 4.1) se encuentra ubicada en la Urbanización Rancho San Francisco situado en el Valle de Cumbayá en la ciudad de Quito. Se trata de una construcción de 450 m² distribuidos en tres plantas en 600 m² de terreno como indican las figuras 4.2, 4.3 y 4.4. En la Tabla 4.1 se enlista la distribución de las diferentes estancias de la residencia.

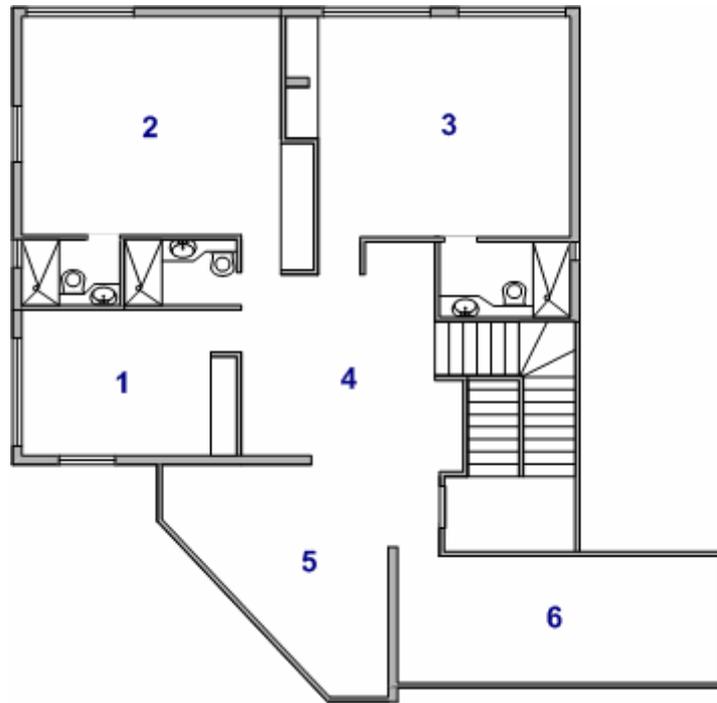


Figura 4.2.Planta Alta

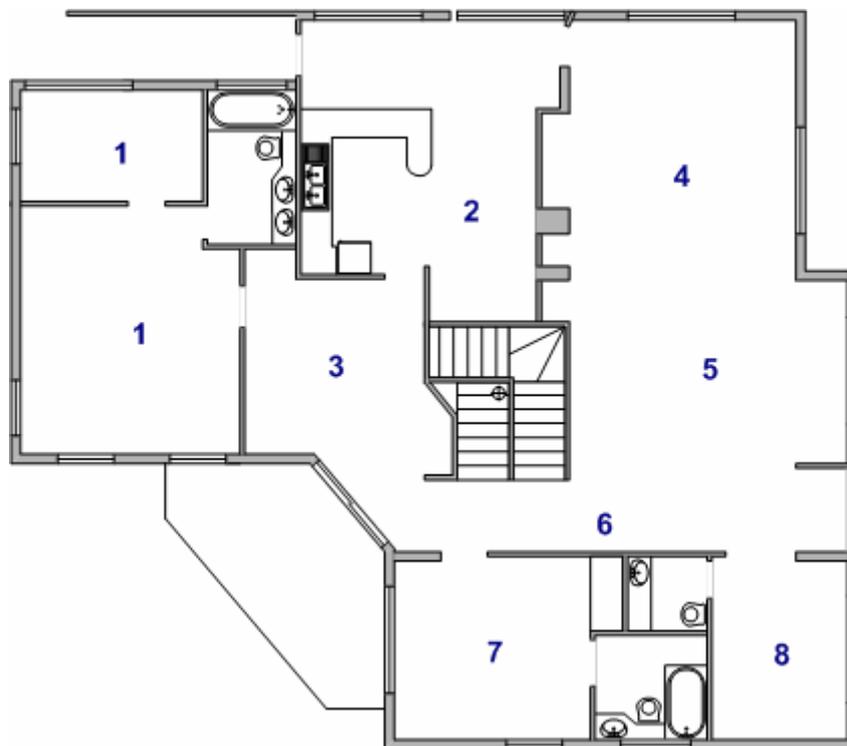


Figura 4.3. Planta Baja

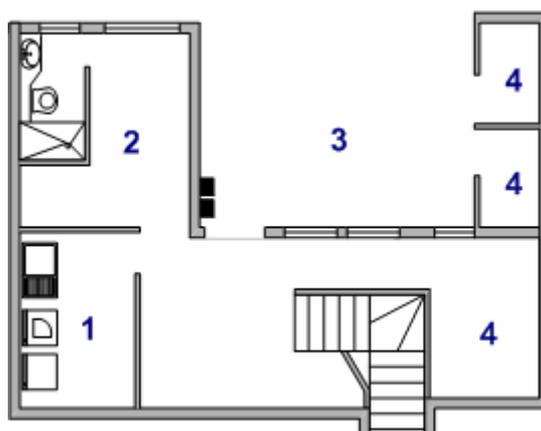


Figura 4.4. Subsuelo

Planta	Numero	Descripción
Planta Alta	1	Cuarto de Huéspedes
	2	Dormitorio A
	3	Dormitorio B
	4	Sala de Estar
	5	Terraza
	6	Bodega
Planta Baja	1	Dormitorio Master
	2	Cocina
	3	Sala de Estar
	4	Sala
	5	Comedor
	6	Pasillo
	7	Dormitorio
	8	Sala de Estar
Subsuelo	1	Cuarto de Máquinas
	2	Dormitorio del servicio
	3	Garaje
	4	Bodegas

Tabla 4.1. Distribución de las Estancias de la Vivienda

La vivienda además cuenta con un amplio espacio de jardines y una pequeña edificación situada en el jardín posterior, como indica la figura 4.5 destinada a actividades como parrilladas, BBQ's, etc.

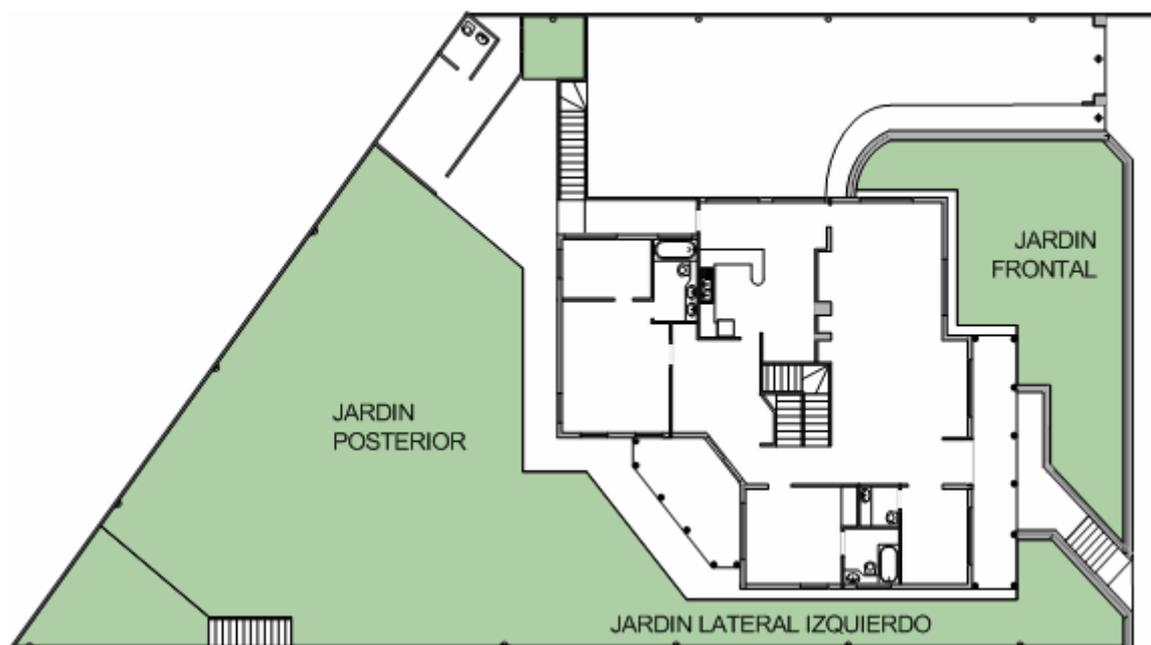


Figura 4.5. Espacios verdes de la Vivienda

Cabe anotar además que, al iniciar el diseño del proyecto, la obra negra u obra muerta de la construcción (losas, teja, paredes, columnas, etc.) se encontraba prácticamente concluida, faltando colocar en la misma únicamente los acabados (ventanas, puertas, pisos, azulejos, etc.). Asimismo las canalizaciones y parte del cableado eléctrico habían sido instalados, limitando en parte el proceso de diseño.

4.1.2 Necesidades y Requerimientos del Usuario

Dado que la Domótica en nuestro medio es una tecnología nueva y prácticamente desconocida, ha sido necesario en primera instancia orientar al usuario sobre la realidad de la Domótica, las posibles aplicaciones, servicios y funcionalidades y las posibilidades de control y monitoreo.

El correcto entendimiento y la apreciación por parte de los usuarios acerca de las aplicaciones y los beneficios de los servicios domóticos que es posible instalar en su vivienda es de elevada importancia, pues en ocasiones esto supone para las personas un cambio en la forma de actuar en su propia vivienda o en la forma de utilizar algunos equipos, hasta el momento con funciones tradicionales.

Una vez percibidas las potencialidades del sistema, el propietario de la vivienda solicitó que fueran implementadas las siguientes funciones:

- Control de luces interiores y exteriores del hogar por horario, presencia y tipo de actividad a realizarse en las estancias para aumentar tanto la comodidad como la seguridad de los habitantes.
- Debido a que la urbanización donde se encuentra ubicada la vivienda cuenta con un servicio de guardianía, el propietario de la residencia decidió que fuera instalado un sistema de alarma anti – intrusión inalámbrico básico que interactuará con un servicio de simulación de presencia que utilizara el sistema de iluminación.
- Riego automático en los jardines de la residencia (figura 4.5)
- Gestión y supervisión local y remota de los subsistemas instalados.

Cabe anotar además que una de las exigencias primordiales del usuario fue que dentro de lo posible no fueran realizados mayores cambios en la construcción.

4.2 ELECCIÓN DEL ESTÁNDAR DOMÓTICO

La elección del estándar domótico se realizó en base a los siguientes criterios:

4.2.1 Criterios de usuario

- Facilidad de ampliación e incorporación de nuevas funciones

- Simplicidad de uso
- Grado de estandarización e implantación del sistema
- Variedad de elementos de control y funcionalidades disponibles

4.2.2 Criterios técnicos

- Tipo de arquitectura
- Medio de transmisión
- Topología
- Precableado
- Velocidad de transmisión
- Seguridad y fiabilidad en los datos transmitidos
- Tipo de protocolo

4.2.3 Otros criterios

- Correspondencia con las características de la vivienda
- Facilidad de instalación de los dispositivos
- Disponibilidad en el mercado
- Costo del sistema.

Gracias al análisis de algunos estándares domóticos, explicado en el capítulo tres, es posible apreciar que algunos sistemas, como EIB (especialmente cuando utiliza cables dedicados para la red de control), constituyen tecnologías con mayores y mejores

funcionalidades que el protocolo X10, que utiliza corrientes portadoras. Además, ofrecen mayor fiabilidad en la transmisión de datos, permitiendo que sean interconectados mayor cantidad de dispositivos.

Por otro lado la instalación de los dispositivos con los que operan los sistemas con cable dedicado es de mayor complejidad que la instalación en los sistemas por corrientes portadoras. Esto, sumado al hecho de que un sistema cableado supone la necesidad de dotar a la vivienda de una infraestructura que asegure la conexión de los distintos elementos que conformarán la red doméstica, deriva en el aumento del costo de la implementación de este tipo de sistemas.

En cambio, la utilización de corrientes portadoras es una buena alternativa en cuanto al costo, pues al emplear la propia red de distribución eléctrica de la vivienda se disminuye los gastos de instalación además de hacer más sencilla la conexión de los diferentes aparatos. La funcionalidad comparada con el costo de los sistemas EIB o LonWorks y el sistema X10 por corrientes portadoras se ilustra en la figura 4.6.

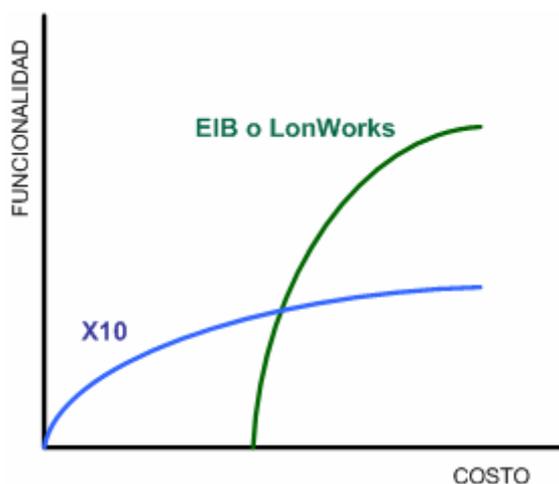


Figura 4.6. Comparación entre Sistemas EIB y LonWorks y el sistema X10 ⁽¹⁰⁾

¹⁰ Figura tomada de “The Process of Designing Appropriate Smart Homes: Including the User in the Design” de Guy Dewsbury, Bruce Taylor y Martin Edge, Universidad Robert Gordon – Escocia

Por otro lado debe tomarse en cuenta que la construcción de la vivienda donde se realizará la instalación, como se anotó anteriormente, ya había iniciado, surgiendo otra de las posibles dificultades de los sistemas con cable dedicado. Dicha dificultad recae en la necesidad de modificar las paredes y techos de las distintas estancias de la vivienda de manera que sea posible colocar las canalizaciones adicionales para el paso del cable dedicado para la transmisión de las señales de control.

Además al comparar las funciones escogidas por el usuario con el extenso campo de aplicaciones que brinda la Domótica, es posible apreciar que el sistema a implementarse es relativamente simple, es decir de no muy alta funcionalidad. Estándares como EIB y LonWorks no son apropiados para el tipo de instalación que se realizará en el presente proyecto pues involucraría una inversión demasiado elevada, que no se justifica por la existencia de sistemas más económicos que se ajustan de igual manera a los requerimientos del usuario.

Por todo lo anterior se ha escogido al estándar domótico X10 como base del sistema a implementarse, pues se trata de un protocolo que, a más de ajustarse a la mayoría de los criterios anteriormente mencionados, presenta diversas ventajas, entre las cuales las más relevantes para el sistema a diseñarse son:

- Es una tecnología madura y con gran acogida sobretodo en el mercado estadounidense por lo cual existe gran número de dispositivos, cableados e inalámbricos, que dan la posibilidad de adaptarse a cualquier necesidad.
- Simplicidad en la instalación y en la configuración de todo el sistema. Los dispositivos tales como interruptores y controladores se instalan tal como si se tratara de aparatos tradicionales.
- Desde el punto de vista del usuario, se trata de una solución sencilla, eficiente y más económica.
- Aplicabilidad a viviendas ya construidas, como es el caso del presente proyecto, sin necesidad de realizar cambios significativos en la arquitectura de la vivienda.

- Posibilidad de expansión y reconfiguración del sistema.

4.3 DISEÑO DE LOS SUBSISTEMAS

4.3.1 Subsistema de Control de Iluminación

Un diseño completo del control domótico de iluminación implicaría, en primer lugar, el análisis del aprovechamiento de la cantidad de luz natural presente en las distintas estancias, la determinación de circuitos de iluminación y la cantidad de luminarias para cada zona de la vivienda y, posteriormente, la determinación del tipo, cantidad y modelo de interruptores que controlaran cada grupo de luces (interruptor simple, interruptor conmutado, interruptor doble o triple, interruptor con detector de presencia, etc.)

En la vivienda, sin embargo, ya habían sido determinados los circuitos y por tanto las canalizaciones para el cableado de iluminación se encontraban instaladas. Asimismo habían sido montados los espacios tanto para luminarias, (general, localizada y decorativa) como para sus respectivos interruptores, lo que imposibilitaba en gran medida el adecuado diseño del subsistema de control de iluminación.

Es por esto que el diseño de este subsistema se limitó a determinar el tipo de dispositivos a emplearse y su adecuación tanto a las instalaciones ya existentes como a los requisitos del usuario. Dentro de estos requisitos se indicaba que debía existir control en las principales estancias de la vivienda (dormitorios, salas de estar, cocina, sala, comedor, jardines).

No obstante surgieron dos limitantes significativas, a más de la mencionada anteriormente, las cuales eran la inexistencia en el mercado de interruptores X10 dobles o triples que controlen directamente la carga y la exigencia del usuario de realizar la menor cantidad de cambios en las paredes de la vivienda.

En la configuración inicial de las instalaciones de iluminación había sido determinada la utilización de gran cantidad de interruptores dobles y triples para poder controlar, desde un mismo lugar, diferentes grupos de lámparas de una o varias estancias⁽¹¹⁾. En los productos domóticos, este tipo de interruptores, conocidos como keypads, envían comandos de encendido a diferentes módulos más no conmutan directamente a la carga.

Por otro lado, como se indicó en el capítulo anterior, para poder controlar luces u otros aparatos es necesario conferir a los mismos una dirección a través de los interruptores o los módulos X10 disponibles. Esto implica que cada lámpara debe estar asociada a un interruptor individual, para lo cual es necesario separar los interruptores dobles o triples en interruptores simples. Existieron estancias, ubicadas en la planta baja y el subsuelo de la vivienda, donde sería posible realizar estas variaciones, mientras que en las instalaciones de las habitaciones de la planta alta no se produjeron cambios y por tanto las luces no podrán ser controladas⁽¹¹⁾.

Una vez aclaradas al propietario las variaciones efectuadas en la configuración de las instalaciones de iluminación (lo cual determinaba las habitaciones que podían ser controladas) se expusieron nuevos requerimientos por parte del mismo.

El primer punto implicaba el control de estado y la variación de la luminosidad de las luces del perímetro frontal y posterior de la vivienda, los dormitorios y sala de estar de la planta baja, el pasillo, la cocina, el acceso a la cocina y las escaleras interiores de la vivienda, tanto de la de la planta baja como de la planta alta. Para cumplir este requisito se utilizarán los siguientes dispositivos

- **Decorator Dimmer Switch.** Interruptor maestro diseñado para controlar local y remotamente el estado y el nivel de luminosidad de lámparas. Las especificaciones se detallan en la Tabla 4.2:

¹¹ Ver en los anexos los planos de la Configuración Inicial y Final del Sistema de Iluminación.

	Tipo de lámpara	: Incandescente
	Alimentación	: 120V, 60Hz
	Potencia Mínima	: 40W
	Potencia Máxima	: 500W
	Comunicación	: Unidireccional
	Conmutación	: SI, hasta tres posiciones
	Responde a los Comandos	: ALL LIGHTS ON/OFF, ON, OFF, DIM, BRIGHT.
Color	: Blanco	

Tabla 4.2. Especificaciones de Decorator Dimmer Switch

- **Companion Switch.** Interruptor esclavo que permite la conmutación del estado de las lámparas conectadas a un Decorator Dimmer Switch desde uno o dos lugares (Figura 4.7). Utiliza la dirección del interruptor master. La corriente máxima que soporta es de 100mA y trabaja con un voltaje de 120V, 60Hz.



Figura 4.7. Companion Switch

El segundo punto mostraba el interés del usuario por obtener el control del estado, la variación de luminosidad y la creación de escenas de todas las luces ubicadas dentro y alrededor de la sala y el comedor de la vivienda. Para ello se seleccionaron los interruptores indicados a continuación:

- **Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver.** Interruptor diseñado para controlar local y remotamente el estado y el nivel de luminosidad de lámparas. Permite además la creación de escenas. Las especificaciones se detallan en la Tabla 4.3:

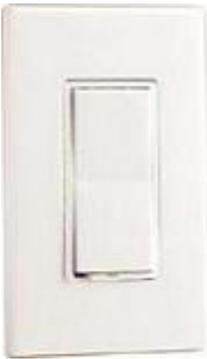
	Tipo de lámpara	: Incandescente, Magnéticas de Bajo Voltaje
	Alimentación	: 120V, 60Hz
	Potencia Máxima	: 500W
	Comunicación	: Bidireccional
	Conmutación	: NO
	Responde a los comandos	: ALL LIGHTS ON/OFF, ON, OFF, BRIGHT, DIM, SCENE LIGHTING
	Color	: Blanco
	Otros	: Capacidad de Escenas

Tabla 4.3 Especificaciones de Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver

- **Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller.** Dispositivo diseñado para la creación de siete escenas al transmitir comandos de encendido, en diferentes niveles de iluminación, a 12 interruptores con direcciones consecutivas. Las especificaciones se detallan en la Tabla 4.4:

	Permite controlar	: Doce interruptores con direcciones consecutivas
	Alimentación	: 120V, 60Hz
	Botones	: <u>Scene 1-7</u> : Botones de encendido de escenas <u>OFF</u> : Botón de apagado de las escenas <u>Otros</u> : Botones para variar la intensidad de iluminación de las escenas
	Comunicación	: Bidireccional
	Envía los comandos	: ON, OFF, DIM, BRIGHT, SCENE LIGHTING
	Color	: Blanco

Tabla 4.4. Especificaciones de Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller

Fueron escogidos además ciertos dispositivos que permitirían obtener funciones como el control remoto y la conmutación de luces desde diferentes lugares, así también como para no desaprovechar algunos espacios que habían sido dispuestos para la instalación de interruptores y triples:

- **Universal 5-in-1 Learning Remote.** Control Remoto Universal (Figura 4.8) que permite el mando a distancia de TV, VHS, decodificadores de TV por cable, SAT y además permite la transmisión de comandos X10 para el control de interruptores y otros módulos X10. Debe ser utilizado junto con un Transceiver Module.



Figura 4.8. Universal 5-in-1 Learning Remote

- **Transceiver Module.** Transforma señales de Radio Frecuencia transmitidas por dispositivos tales como mandos a distancia y keypads o sensores inalámbricos de un solo código de casa (A – P), en señales de control X10. Además permite controlar manual y remotamente ciertas cargas conectadas a un tomacorriente instalado en este dispositivo. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.5:

	Permite controlar : Cargas Incandescentes con potencias hasta 500W TV/Stereo con potencias hasta 400W Cargas Resistivas con corrientes hasta 15 A Motores de 1/3 HP
	Alimentación : 120V 60Hz
	Comunicación : Unidireccional

Tabla 4.5. Especificaciones de Transceiver Module

- **Slimline Wireless RF Wall Switch.** Keypad inalámbrico diseñado para controlar remotamente el estado y el nivel de luminosidad de tres lámparas conectadas a módulos o interruptores con direcciones consecutivas. Debe ser utilizado junto con un Transceiver Module. Las especificaciones se detallan en la Tabla 4.6:

	Permite controlar	: Tres módulos o interruptores con direcciones consecutivas
	Alimentación	: Batería de Litio, 3 V
	Botones	: <u>Botón 1 – 3</u> : ON/OFF Interruptor o Módulo 1 – 3. <u>Botón 4</u> : BRIGHT / DIM
	Comunicación	: Unidireccional
	Envía los comandos	: ON, OFF, BRIGHT, DIM
	Color	: Blanco

Tabla 4.6. Especificaciones Slimline Wireless RF Wall Switch

- **XPD4 Four Button Dimming Keypad.** Keypad cableado diseñado para controlar remotamente el estado y el nivel de luminosidad de tres lámparas conectadas a módulos o interruptores con direcciones consecutivas. Debe ser conectado a un Standard Transmitter Base. Las especificaciones se detallan en la Tabla 4.7:

	Permite controlar	: Tres módulos o interruptores con direcciones consecutivas
	Botones	: <u>Botón 1 – 3</u> : ON/OFF Módulo o Interruptor 1 – 3. <u>Botón 4</u> : BRIGHT / DIM
	Comunicación	: Unidireccional
	Envía los comandos	: ON, OFF, BRIGHT, DIM
	Color	: Ivory (Marfil)

Tabla 4.7. Especificaciones de XPD4 Four Button Dimming Keypad

- **XPT Standard Transmitter Base.** Dispositivo que permite la conexión de 7 diferentes Keypads para la transmisión de comandos de control X10. **No debe ser usado para conmutar directamente la carga (luz) sino únicamente como transmisor.** Las especificaciones se detallan en la Tabla 4.8:

	Permite controlar :	Hasta cuatro módulos o interruptores con direcciones consecutivas
	Alimentación :	120V 60Hz
	Keypads con los que puede trabajar :	XP1: 1 Button Keypad XP1A: 1 Button Keypad All lights (ON/OFF) XP2: Two Button Keypad XP2D: Two Button Keypad with Dimming XP4: Four Button Keypad XP4A: Four Button Keypad with All Lights XP4D: Four Button Keypad with Dimming
Comunicación :	Unidireccional	
Envía los comandos :	ALL LIGHTS ON/OFF, ON, OFF, BRIGHT, DIM	

Tabla 4.8. Especificaciones de XPT Standard Transmitter Base

El paso posterior comprendió la asignación de una dirección de control para cada uno de los interruptores, las cuales se indican en la Tabla 4.9 ⁽¹²⁾:

Planta	Descripción	Tipo de interruptor	Dirección
Planta Alta	Escalera	Decorator Dimmer Switch	B7
Planta Baja	Dormitorio Máster	Decorator Dimmer Switch	B1
		Companion Switch	—
	Dormitorio	Decorator Dimmer Switch	B5
	Jardín Lateral	Decorator Dimmer Switch	B6
	Jardín Posterior	Decorator Dimmer Switch	B10
	Sala de Estar	Decorator Dimmer Switch	B4
	Pasillo - Escalera	4 Button Dimming Keypad	B4
4 Button Dimming Keypad		B7	

¹² Ver en los anexos la disposición de los interruptores X10 (Configuración Final del Sistema de Iluminación)

Planta	Descripción	Tipo de interruptor	Dirección
Planta Baja	Vestíbulo	4 Button Dimming Keypad	C7
		Decorator Dimmer Switch	C8
	Pasillo – Puerta de Entrada	Decorator Dimmer Switch	C7
	Puerta Exterior	Decorator Dimmer Switch	C9
	Cocina	Slimline RF Wall Switch	C10
		Decorator Dimmer Switch	C10
	Cocina - Pasillo	Decorator Dimmer Switch	C11
	Garage – Entrada	Decorator Dimmer Switch	C12
	Comedor	Seven-Scene Switch	C1
		Scene-Capable Switch	C1
	Dicroicos Comedor	Scene-Capable Switch	C3
	Sala	Scene-Capable Switch	C2
	Dicroicos Sala	Scene-Capable Switch	C4
	Dicroicos Pasillo	Scene-Capable Switch	C5
Lámparas Pasillo	Scene-Capable Switch	C6	
Subsuelo	Escaleras	Decorator Dimmer Switch	B8
	Garaje	Decorator Dimmer Switch	B12
		Companion Switch	—

Tabla 4.9. Direcciones Asignadas a los Interruptores que serán controlados

Por otra parte, se resolvió utilizar módulos X10 de manera que fuera posible conseguir algún tipo de control en dispositivos instalados en los dormitorios de la planta alta de la residencia, tales como lámparas, radio grabadoras, televisores, etc.

- **Wall Receptacle Module.** Módulo que posee 2 tomacorrientes, uno con funcionamiento normal y otro que responde a comandos de encendido enviadas por controladores X10. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.10:

	Tipo de Carga	: Lámparas o dispositivos con corrientes de hasta 15A
	Alimentación	: 120V, 60Hz
	Comunicación	: Unidireccional
	Responde a los comandos	: ALL LIGHTS OFF, ON, OFF,
	No responde a los comandos	: ALL LIGHTS ON, BRIGHT, DIM

Tabla 4.10. Especificaciones de Wall Receptacle Module

Las direcciones asignadas a estos módulos así como sus ubicaciones se indican en la Tabla 4.11:

Planta	Descripción	Tipo de Tomacorriente	Dirección
Planta Alta	Dormitorio A	Wall Receptacle Module	B2
	Dormitorio B	Wall Receptacle Module	B3
Planta Baja	Cocina	Wall Receptacle Module	C13
Subsuelo	Cuarto de Máquinas	Wall Receptacle Module	C14

Tabla 4.11. Direcciones Asignadas a los Tomacorrientes Wall Receptacle Module

De igual forma se determinó la utilización de sensores de movimiento para obtener en la noche el encendido automático de las luces del garaje, el jardín posterior y la puerta de entrada frontal ⁽¹³⁾.

Cabe anotar además que estos dispositivos interactuarán con el sistema de seguridad, de manera que sea posible la detección de presencia en las zonas de la vivienda mencionadas anteriormente y la activación de alarma en ciertos casos previamente determinados.

¹³ Ver en Anexos los Planos de la Disposición de sensores del Sistema de Seguridad

- **Outdoor Motion Sensor.** Sensor de movimiento para utilizar al aire libre que, al detectar desplazamiento, permite encender luces, aparatos o sirenas conectadas a módulos X10. Debe ser utilizado junto con un Transceiver Module. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.12:

	Tipo	: Sensor de Movimiento Inalámbrico Outdoor
	Alimentación	: 4 Baterías Alcalina AA, 6V
	Vida de la batería	: 3-4 años
	Dimensiones	: 64mm x 76mm x 51mm
	Color	: Blanco

Tabla 4.12. Especificaciones de Outdoor Motion Sensor

4.3.2 Subsistema de Control de Seguridad

A pesar de que el protocolo de corrientes portadoras X10 provee muchos beneficios, uno de sus principales inconvenientes son los potenciales problemas de fiabilidad en la transmisión de señales. Entre estas complicaciones se encuentran:

- El ruido eléctrico que interfiere con la transmisión de señales.
- Señales que no se acoplan a través de dos fases de la línea eléctrica.
- Dispositivos que atenúan la señal en ciertas áreas del hogar.
- Largas distancias entre el transmisor y el receptor que debilitan la señal.

Dado que la seguridad es una de las principales preocupaciones de los propietarios de viviendas en todo el mundo, estas complicaciones obligaron a la elección de un sistema propietario para el control de seguridad de la vivienda. Este sistema, además, debía ser capaz de integrarse con el protocolo X10 y, de acuerdo con las necesidades del usuario, el mismo debía ser inalámbrico.

Todos estos argumentos condujeron a la elección del sistema de seguridad híbrido CaddX NetworX (cableado – inalámbrico), el mismo que reúne las características de robustez, integración y funcionamiento inalámbrico requeridas, además ofrecer una gran cantidad de las características presentes en los sistemas de seguridad tradicionales así también como nuevas funcionalidades.

El panel de control que mejor se ajusta a las dimensiones de la vivienda y a la cantidad de potenciales zonas problemáticas es el NetworX NX6, el mismo que es un sistema de seguridad de tamaño medio que permite alertar robos intrusiones y proteger a los habitantes y las pertenencias contra incendios. Una de las principales características del NX6, en lo que concierne a este diseño, es su capacidad de expansión hasta 16 zonas inalámbricas.

El panel de control, junto con los módulos de expansión (de los cuales se tratará más adelante), se ubicará dentro de un gabinete apropiado para sistemas de seguridad. Considerando los requisitos del usuario y las distancias recomendadas entre los sensores y el panel de control, este gabinete se montará en la cocina de la vivienda por tratarse de una zona central respecto a la disposición de los transmisores inalámbricos y por que a su vez permite el ocultamiento de los equipos en los varios muebles dispuestos en la estancia (Figura 4.9).

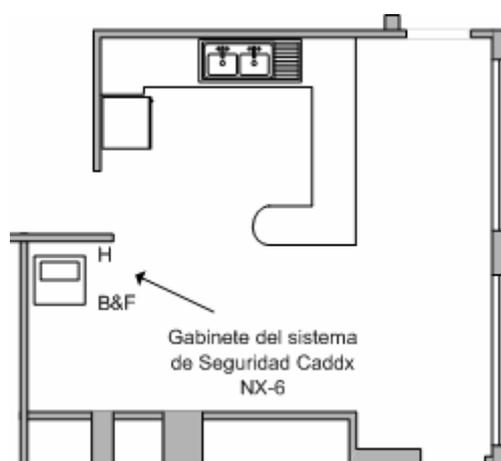


Figura 4.9. Ubicación del Gabinete del Sistema de Seguridad

- **CaddX Networkx NX-6 Control Panel.** Sistema de seguridad de tamaño medio que utiliza tecnología avanzada para detección de intrusión, fuego y ciertas características ambientales. Sus características más importantes se listan en la Tabla 4.13:

	Alimentación	: 16,5VAC Transformador de 25, 40 o 50 VA
	Temperatura de Operación	: 0°C a 49 °C
	Dimensiones del Gabinete	: 286mm x 286mm x 89mm
	Módulos	: Tarjetas deslizables de diseño modular
	Número de Particiones	: Dos cada una con diferentes códigos,
	Keypads	: Máximo 8 por partición
Zonas	:	Seis zonas cableadas programables Expansión hasta a 16 zonas inalámbricas
Salidas	:	Cuatro salidas con 47 eventos programables
Códigos de Usuario	:	Cuarenta códigos de usuario de 4 o 6 dígitos

Tabla 4.13. Especificaciones de CaddX Networkx NX-6 Control Panel

Conjuntamente con el panel de control fue escogido un keypad que permitirá programar el sistema y llevar a cabo varias funciones como el armado y desarmado del mismo.

El keypad seleccionado es el CaddX NetworkX 16-zone LED Keypad, el mismo que permite programar y monitorear un máximo de 16 zonas, número que coincide con el número máximo de zonas inalámbricas que maneja panel NX-6.

- **CaddX NetworkX 16-zone LED Keypad.** Teclado de 16 zonas utilizado para programar, armar o desarmar el sistema de seguridad al ingresar los correspondientes códigos de seguridad. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.14:

	Keypad Tipo	: LED
	Consumo de Corriente	: 55 – 130 mA
	Dimensiones	: 158mm x 135mm x 33mm
	Zonas	: Ocho
	Material	: Plástico ABS
	Color	: Blanco
Controles compatibles	: Todas las series NX	
Otros	: Puerta para cubrir las teclas que se abre hacia abajo	

Tabla 4.14. Especificaciones de CaddX NetworkX 16-zone LED Keypad

El panel de control NX6, al igual que todos los sistemas CaddX NetworkX, permite una expansión fácil y rápida mediante la adición de módulos de expansión. Es así, que varios de los requerimientos del sistema total se cumplirán con la instalación de algunos de estos módulos.

El primer módulo de expansión a utilizarse es el CaddX NetworkX NX-540E “OPERATOR II”, el cual es una interfaz telefónica que permite usar cualquier teléfono de tonos, situado dentro o fuera de la vivienda, para acceder a las funciones del sistema. Este módulo lleva a cabo parcialmente la gestión de una de las cuatro funciones básicas de la instalación domótica: las comunicaciones.

Como se mencionó en el capítulo I, mediante un adecuado sistema de comunicaciones, integrado con el sistema domótico, es posible establecer un intercambio de información. En este caso el intercambio toma lugar entre los habitantes y el sistema desde el interior o exterior de la vivienda hacia la misma. De esta manera, se cubre además una de las principales características generales en cualquier instalación Domótica como es el control remoto exterior.

- **CaddX NetworkX "Operator II" Telephone Interface Module.** Interfaz de voz que permite la interconexión del sistema telefónico con el sistema NX-6. Esto habilita a los usuarios autorizados la operación remota del sistema de seguridad

desde cualquier teléfono de marcado. Permite además el control de 32 salidas X10. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.15:

	Alimentación	: 12VDC (suministrada por el Panel)
	Consumo de Corriente	: Stand by: 55mA Activo: 130 mA
	Dimensiones	: 153mm x 81mm
	Salida a Relé	: 30V,1A
	Otros	: Control de hasta 32 salidas X10
	Controles compatibles	: Series NX-4 y NX-6

Tabla 4.15. Especificaciones de CaddX NetworkX "Operator II" Telephone Interface Module

Otro de los módulos a utilizarse es el CaddX NetworX NX-416E Wireless Expander Module, el cual agrega capacidades inalámbricas al sistema. Este módulo proporciona la compatibilidad entre el sistema y los transmisores inalámbricos y keyfobs que se emplearán en este diseño.

El NX-416E permite la adición de hasta 16 zonas inalámbricas. El término zonas, enmarcado dentro de la terminología de sistemas de seguridad, generalmente se refiere a uno o más sensores, que pueden estar ubicados en diferentes estancias, pero que poseen algún tipo de relación. Sin embargo, todos los módulos de expansión inalámbricos CaddX NetworX establecen a cada sensor como una zona. En el presente proyecto existe la necesidad de usar 14 sensores (la cual se explicará más adelante), esto hace que el NX-416E Wireless Expander Module se ajuste a este requisito al permitir la adición de hasta 16 transmisores inalámbricos.

El sistema de seguridad en sí, no es un sistema que vaya a ser objeto de una gran expansión en el futuro puesto que las principales zonas que deben ser monitoreadas ya están cubiertas por los sensores previstos en este diseño. Aún así, el módulo de 16 zonas inalámbricas deja un margen de crecimiento que permite la incorporación de 2 zonas o sensores inalámbricos.

- **CaddX NetworkX NX-416E Wireless Expander Module.** Módulo que permite la integración de tecnologías inalámbricas al sistema NX-6 con el aumento de hasta 16 zonas. Este módulo se instala dentro del gabinete del panel de control. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.16:

	Alimentación	: 12VDC (suministrada por el Panel)
	Corriente Máxima	: 20 mA
	Dimensiones	: 118mm x 81mm
	Zonas	: Hasta 16 zonas wireless
	Frecuencia	: 319.5 MHz
Humedad Máxima	: 90% Humedad relativa sin condensación	
Temperatura de Operación	: 0° a 49°C	
Temperatura de Almacenamiento	: -34° a 60°C	
Controles compatibles	: Series NX-4 y NX-6	

Tabla 4.16. Especificaciones de CaddX NetworkX Wireless Expander Module

4.3.2.1 Sensores

En cuanto a los sensores, las principales zonas de acceso a la vivienda fueron cubiertas primeramente mediante sensores de puerta ventana, y, a manera de redundancia en unos casos, y para proporcionar la vigilancia necesaria en varias ventanas al mismo tiempo, se dispuso sensores de movimiento en las áreas de la sala y el comedor, el dormitorio master y el vestidor ubicado junto al mismo y la puerta de salida al garage, como se muestra en las figuras 4.10 a, b, c respectivamente.

El sensor de movimiento escogido es el CaddX NetworkX SAW PIR Motion Sensor, el cual se detalla a continuación

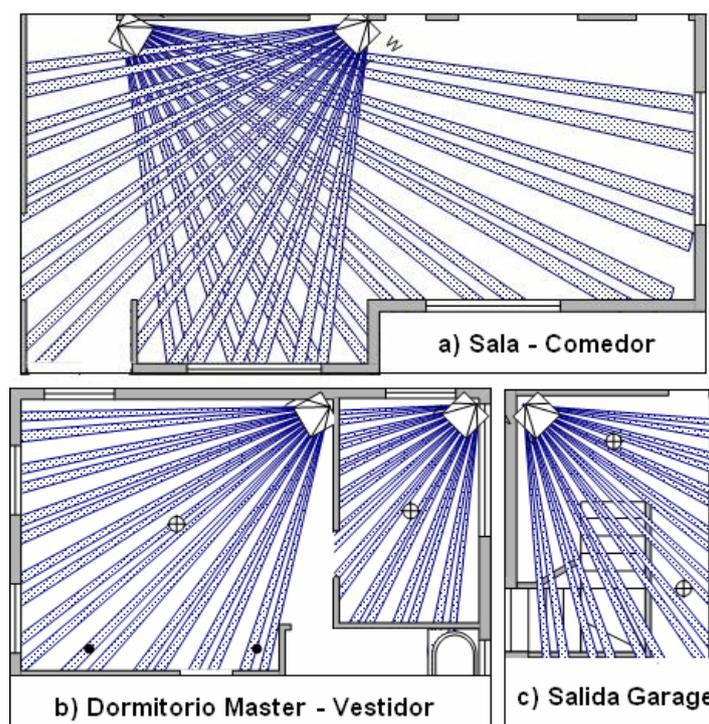


Figura 4.10. Ubicación de los Sensores de Movimiento

- CaddX NetworkX SAW PIR Motion Sensor.** Sensor Inalámbrico que permite la detección de movimiento dentro de una estructura cerrada. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.17:

	Tipo : Sensor de Movimiento Inalámbrico Passive Infrared
	Frecuencia RF : 319.5 MHz
	Alimentación : Batería Alcalina AA, 1.5V
	Vida de la batería : 3-4 años
	Humedad : 95% RH
Temperatura de Almacenamiento : -34° a 60°C	
Temperatura de Operación : 0° a 43°C	
Dimensiones : 73mm x 60mm x 50mm	
Color : Blanco	

Tabla 4.17. Especificaciones de CaddX NetworkX SAW PIR Motion Sensor

Ciertas puertas y ventanas de la vivienda, como es el caso de las ubicadas en las habitaciones de la planta alta, no presentan riesgos de intrusión debido a las características de la construcción, especialmente por la altura de la misma, por lo que no serán cubiertas.

La mayoría de puertas y ventanas restantes se cubrirán con sensores de puerta/ventana ⁽¹⁴⁾. En algunos casos, incluso se dispondrá de redundancia por la presencia de sensores de puerta/ventana y de movimiento (los mismos que actuarán como protección de respaldo) en la misma área.

Para este fin se eligieron los sensores CaddX NetworkX Micro Door/Window Sensor y CaddX NetworX NX-450 Door/Window Sensor.

- **CaddX NetworkX Micro Door/Window Sensor.** Sensor Inalámbrico que permite la detección de intrusión al sensar la apertura no autorizada de puertas o ventanas. Es 84% más pequeño que los sensores de seguridad puerta/ventana estándar. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.18:

	Tipo	: Sensor de Puerta/Ventana Inalámbrico
	Frecuencia RF	: 319.5 MHz
	Alimentación	: 3V Lithium coin – cell
	Vida de la batería	: 5-8 años
	Humedad Relativa	: 0 - 90% , sin condensación
Temperatura de Almacenamiento		: -34° a 60°C
Temperatura de Operación		: -12° a 49°C
Dimensiones		: 45mm x 22mm x 13mm
Color		: Blanco

Tabla 4.18. Especificaciones de CaddX NetworkX Micro Door/Window Sensor

¹⁴ Ver en Anexos los Planos de la Disposición de sensores del Sistema de Seguridad

- **CaddX NetworkX Wireless SAW Door/Window Sensor.** Sensor Inalámbrico que permite la detección de intrusión al sensar la apertura no autorizada de puertas o ventanas. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.19:

	Tipo	: Sensor de Puerta/Ventana Inalámbrico
	Frecuencia RF	: 319.5 MHz
	Alimentación	: 2 Baterías alcalinas AA
	Vida de la batería	: 4-6 años
	Humedad Relativa	: 0 - 90% , sin condensación
Temperatura de Almacenamiento		: -34° a 60°C
Temperatura de Operación		: -12° a 49°C
Dimensiones		: 112mm x 30mm x 24mm
Color		: Blanco

Tabla 4.19. Especificaciones de CaddX NetworkX NX-450_Door/Window Sensor

Dentro del aspecto de seguridad en las instalaciones domóticas se encuentran las funciones de alarmas técnicas, en cuanto a la seguridad de bienes se refiere, y alarmas personales, para la seguridad de los habitantes de la vivienda.

El primer sensor detallado a continuación se implementará para cubrir una de las principales alarmas técnicas, la detección de incendios y se lo ubicará en la cocina por ser la zona más propensa a igniciones. El siguiente equipo es un botón de pánico que notifica al sistema una alarma personal.

- **CaddX NetworkX Heat Sensor.** Sensor Inalámbrico que permite la detección de peligro en lugares donde puede existir calor elevado tales como cocinas o áticos. Detecta rápidos cambios de temperatura o calor excesivo. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.20:

	Tipo	: Sensor de Calor Inalámbrico
	Alimentación	: Batería Alcalina o de litio de 9V
	Vida de la batería	: 2 años
	Sensibilidad	: Detecta incrementos de 15°F/min
	Zona de detección	: En espacios de hasta 232 m ²
Zona de detección	: En espacios de hasta 232 m ²	
Dimensiones	: 114mm de diámetro x 57mm de prof.	
Otros	: Un sensor de temperatura fijo se activa a 135 °F (57°C)	
Color	: Blanco	

Tabla 4.20. Especificaciones de CaddX NetworkX Heat Sensor

- **CaddX NetworkX Water-Resistant Pendant Panic Sensor.** Botón de pánico que permite la activación inmediata de una alarma de emergencia (Figura 4.11). Puede ser montado en una pared o colgado en la ropa o alrededor del cuello. Funciona con una batería de litio de 3,5VDC.



Figura 4.11. Water-Resistant Pendant Panic Sensor

El sistema de alarma también puede ser armado y desarmado mediante un control remoto inalámbrico o keyfob. Este dispositivo posee además dos botones adicionales que se programarán para controlar, mediante el sistema de integración, el sistema de iluminación. Asimismo, puede activar una alarma de pánico.

- **CaddX NetworkX NX-470 KeyChain TouchPad.** Control remoto inalámbrico de cuatro botones que permite armar y desarmar remotamente la alarma. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.21:

	Tipo	: Control Remoto del sistema de alarma
	Frecuencia RF	: 319.5 MHz
	Alimentación	: 3V Lithium coin – cell
	Vida de la batería	: 5-8 años
	Temperatura de Operación	: -12° a 49°C
	Dimensiones	: 45mm x 22mm x 13mm

Tabla 4.21. Especificaciones de CaddX NetworkX NX-470 KeyChain TouchPad

La urbanización donde se encuentra ubicada la vivienda posee un adecuado sistema de alumbrado público que, sumado al servicio de guardianía privada, protege los accesos de la parte frontal de la vivienda. La parte posterior, por el contrario, es una zona más problemática. Por esta razón, se ubicará en esta zona una cámara inalámbrica que permita vigilar la misma.

- **XCam2 Wide – Eye Remote Surveillance.** Sistema de VideoVigilancia Inalámbrico que permite la visualización de imágenes a color tanto en la TV como en cualquier PC, lo que posibilita la monitorización local y remota del hogar. La descripción de sus componentes se detalla en la Tabla 4.22:

	Nombre del Equipo	: XCam2 Wide – Eye Camera
	Descripción	: Cámara Inalámbrica a colores que transforma las señales de video en señales de Radio Frecuencia (RF).
	Tipo de Iris	: Fijo
	Ángulo de Visión	: 120°
	Límites de Humedad	: 0 – 95 %
Temperatura de Operación	: -20 a 50 °C	
Longitud Focal	: 3mm ± 5%	
Longitud Focal Posterior	: 5.84mm ± 5%	
Extensión Focal	: Desde 20cm hasta infinito	
Dimensiones	: 32mm de diámetro x 32mm profundidad	

	Equipo :	Camera Video Receiver
	Descripción :	Dispositivo diseñado para recibir y convertir en video las señales RF emitidas por cámaras inalámbricas
	Recibe imágenes :	Hasta de 16 cámaras wireless
	Tipo de Antena :	Antena de Video de 2.4GHz
Puede conectarse a :	TV : Transmisión simultánea de las imágenes de todas las cámaras PC : Monitoreo remoto de imágenes VHS : Grabación de imágenes	
Distancia Máxima :	Hasta 30.5 m del lugar donde se ubican las cámaras	
	Equipo :	USB Video Capture Adapter
	Descripción :	Dispositivo que permite la conexión del Video Receiver a la computadora. Se conecta por un lado al puerto USB del PC y por el otro al cable RCA del Camera Video Receiver

Tabla 4.22. Descripción del Sistema XCam2 Wide – Eye Remote Surveillance

4.3.3 Subsistema de Control de Riego

El sistema de riego se pensó con el objetivo de ahorrar tiempo y trabajo en el regadío de los jardines, los mismos que ocupan gran parte del terreno donde se ubica la vivienda (Figura 4.5). Gracias a un adecuado montaje será posible conseguir una distribución uniforme del agua, obteniendo un buen cuidado del jardín y a la vez un menor consumo de agua. No obstante, es necesario anotar que existieron circunstancias que limitaron este diseño.

En primer lugar, debemos mencionar que en nuestro país, la práctica de implementar sistemas de riego en las residencias (los cuales por lo general no son de gran tamaño y utilizan bajas presiones de agua) no se encuentra tan arraigada como en otros países, como Estados Unidos. Es por ello que en el mercado nacional no es posible encontrar gran cantidad de componentes para sistemas de riego en viviendas, tanto en marcas como en variedad de modelos de los dispositivos (válvulas, aspersores, difusores, etc.).

El sistema a implementarse es relativamente de pequeño tamaño, a pesar de que la considerable extensión de los jardines. Adquirir los mismos equipos utilizados en grandes sistemas de riego implicaría una inversión demasiado elevada e injustificada.

Por otro lado, en el diseño de la vivienda había sido prevista la distribución de aspersores tradicionales, los cuales conformarían un sistema de riego manual. Por ello, dado que la construcción estaba avanzada, las tuberías para el paso del agua se encontraban ya instaladas en todos los espacios verdes de la residencia. Asimismo habían sido preparados los espacios donde se colocarían dos aspersores en el jardín posterior. (Figura 4.12).

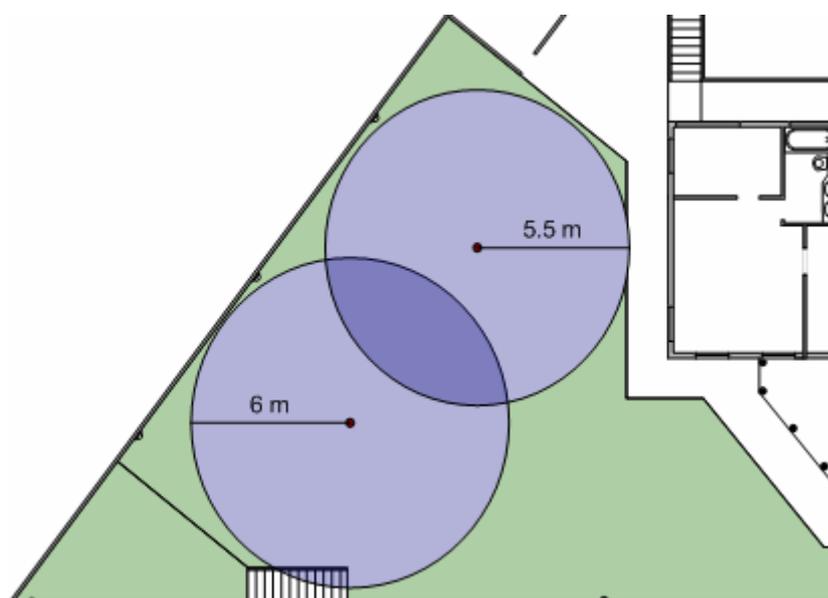


Figura 4.12. Ubicación de los Aspersores Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor Sprinklers

Para evitar gastos innecesarios, y en conformidad con los requisitos del usuario de evitar en lo posible alteraciones en las instalaciones, fue preciso disponer de los conductos instalados.

Acto seguido se procedió a buscar información acerca de los productos disponibles en el mercado que podían ajustarse a las características de la parte de la instalación que había sido realizada.

En esta parte de la instalación, la separación de los aspersores era de aproximadamente 8m, lo que implicaba que el radio mínimo de aspersión de los dispositivos debía ser igual a esta distancia. Por otra parte era conveniente que el aspersor sea de tipo emergente de manera que no constituyera un obstáculo y sea a la vez más agradable a la vista. El producto que se ajusta a estas consideraciones se detalla a continuación:

- **Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor Sprinklers.** Aspersor utilizado para sistemas de riego subterráneo. Trabaja con bajas presiones de agua. Útiles para trabajar con fluidos con alto contenido mineral (agua dura) pues no se corroe. Sus especificaciones se detallan en las Tablas 4.23 y 4.24:

Low Gallonage Sprinkler	Presión	Radio (m)	Espaciado Máximo (m)	Salida GPM	Rango de Precipitación (mm/Hora)
	20 PSI	10	11.9	1.9	8.64
	30 PSI	10.36	12.5	2	8.38
	40 PSI	11	13	2.3	8.64
	50 PSI	11	13	2.6	9.90

Tabla 4.23. Especificaciones de Desempeño del Aspersor Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor

	Angulo de riego ajustable
	El aspersor salta hasta 7,2 cm para regar sobre césped alto
	Posee un tornillo difusor que permite el riego uniforme
	Su control de orientación del brazo de aspersión Water Saver PJ previene la salpicadura lateral en edificios y veredas
	Su sello activado por presión asegura la salida y retracción del aspersor
	Dimensiones : 10,5 cm de diámetro x 22 cm de largo

Tabla 4.24. Especificaciones de Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor Sprinklers

Además debe anotarse que en el jardín lateral la tubería se encontraba instalada, mas no había sido decidida la ubicación de los aspersores. Esto permitió seleccionar el dispositivo que cubriera de mejor manera el riego de este jardín que es una zona estrecha y de gran longitud (aproximadamente 21m). El dispositivo que se indica a continuación ofrece un riego que se adapta a este espacio:

- **Sure-Pop Spray Head SP25–SST Side – Strip.** Aspersor utilizado para sistemas de riego subterráneo. Empleado para regar jardines laterales. Trabaja con bajas presiones de agua. Sus especificaciones se detallan en las Tablas 4.25 y 4.26:

SSP25 - SST Side – Strip	Presión	Largo x Ancho (m)	Flujo (GPM)	Rango de Precipitación (mm/Hora)
	15 psi	1.22 x 7.9	0.89	41.91
	20 psi	1.22 x 8.5	1	43.69
	25 psi	1.22 x 8.5	1.11	48.51
	30 psi	1.22 x 9.2	1.21	49.28

Tabla 4.25. Especificaciones de Desempeño del Aspersor Sure Pop SP25 – SST

	El aspersor salta hasta 6,35 cm para regar sobre césped alto
	Su control de orientación del brazo de aspersión Water Saver PJ previene la salpicadura lateral en edificios y veredas
	Su sello patentado impide el ingreso de escombros, previene la pérdida de presión y asegura la salida del aspersor a bajas presiones
	Dimensiones : 11.43 cm de largo

Tabla 4.26. Especificaciones de Válvula Sure Pop SP25 – SST

La determinación de la posición y espaciado de los aspersores SP25–SST en el jardín lateral se realizó siguiendo las especificaciones del dispositivo, de manera que se permita el solape del riego, lo cual asegurará una distribución uniforme de agua en la zona. La ubicación resultó como indica la figura 4.13:

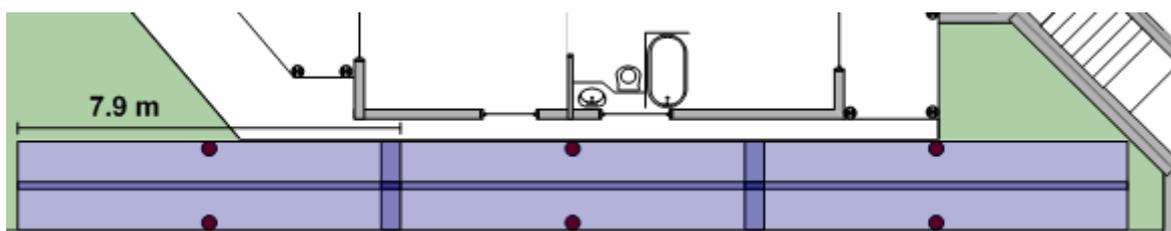


Figura 4.13. Ubicación de los Aspersores Sure-Pop Spray Head SP25-SST Side – Strip

Otro de los componentes necesarios en un sistema de riego automático son las electroválvulas, las mismas que permitirán el paso de agua dependiendo de las señales enviadas por el controlador. Además, la válvula determinará el caudal del agua en la zona a ser regada. Las especificaciones de la válvula a utilizarse en el proyecto se detallan a continuación:

- **APAS RainBird Automatic Anti-Siphon Valve.** Electroválvula diseñada para evitar el retorno del agua. Posee una pantalla de filtro interno que impide el ingreso de suciedades y escombros al pistón. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.27:

	Alimentación	: 24 VDC
	Corriente Máxima	: 20mA
	Control de Flujo	: Manual
	ON/OFF	: Manual y automático
	Otros	: Fácil traslado del actuador para realizar mantenimiento.

Tabla 4.27. Especificaciones de Válvula Automática APAS

Ahora, en cuanto al controlador, el cual se encargará de enviar las señales de apertura y cierre de la válvula, el dispositivo a utilizarse es el siguiente:

- **ELK Magic Module Programmable Controller.** Este dispositivo es un controlador lógico programable (PLC) de cuatro entradas y cuatro salidas. Permite la transmisión y recepción de comandos X10. Además puede ser interconectado con los sistemas NetworkX NX Security Controls. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.28:

	Alimentación	: 9.5 – 15 VDC
	Consumo de Corriente	: Nominal: 10 mA Máxima: 130 mA (Todos los relays activos)
	Entradas	: Cuatro Entradas A/D Análogicas: 0 – 13.6V
	Salidas	: Cuatro salidas a relé, 12A, 120VAC/28VDC
Temporizadores	: Cuatro de propósito general. Rango 1/10 seg. a 255 horas	
Contadores	: Cuatro de propósito general. Rango 0 – 255	
Bus de Datos	: RS-485	
Distancia Máx. del Bus	: 1219 m (Cable 22 AWG)	
Longitud del Programa	: 16.384 Bytes usando lenguaje de programación SIMPLE	
Interfaz para X10	: PL513 / PSC04 (Solo transmisión) TW523 / PSC05 (2 Vías: Transmisión/Recepción)	
Dimensiones del Gabinete	: 165mm x 111mm x 51	

Tabla 4.28. Especificaciones de ELK Magic Module Programmable Controller

Como se explicará más detalladamente en la siguiente sección, el ELK Magic Module Programmable Controller debía conectarse junto al sistema de seguridad, es decir en la cocina de la vivienda, para permitir la interconexión con los sistemas NetworkX y y la interfaz con el protocolo X10, lo que a su vez provee la integración de todos los subsistemas a instalarse.

Además, la ubicación de la válvula estuvo determinada por el deseo por parte del propietario de la vivienda de, en lo posible, no realizar cambios en la obra negra (como por ejemplo picar paredes para ubicar nuevos conductos), pues esto podía producir grietas y fallas en los muros que ya se encontraban terminados. Por ello, para extender los cables de conexión entre la electroválvula y el controlador, se utilizó de las tuberías que en un inicio habían sido colocadas para el traslado de cableado de iluminación pero que no fueron utilizadas. La ubicación final de la electroválvula y el controlador se indican en la figura 4.14:

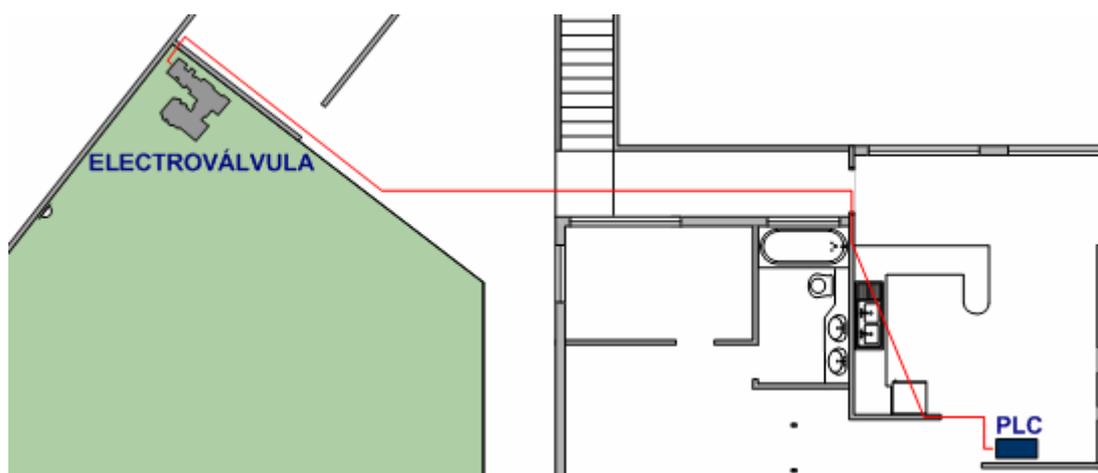


Figura 4.14. Ubicación de la Electroválvula del Sistema de Riego

4.3.4 Subsistema de Integración

La integración, como se mencionó en el capítulo I, es la principal característica de una instalación domótica. La misma permite unificar todos los diferentes subsistemas automatizados. Es decir, por ejemplo, un evento del subsistema de iluminación puede activar una función del subsistema de seguridad.

La unificación en el presente proyecto se llevará a cabo en dos partes. La primera consistirá en la integración entre el panel de control de seguridad NX6 y el ELK Magic Module; y entre este y el protocolo X10. Para cubrir estos requerimientos se utilizará el módulo ELK – ML8 Link Interface To NetworkX NX Controls, que funcionará como interfaz entre el controlador NetworX y el controlador, y el dispositivo PSC05 Two Way Powerline Interface Module, que transformará las señales de control del PLC al formato de codificación X10 y viceversa.

Mediante el primer equipo, el ELK Magic Module podrá recibir los datos enviados por los dispositivos de la familia de controles NX6 e incluso podrá enviar funciones simuladas de keypad. El segundo equipo, en cambio, permite al PLC enviar y recibir comandos X10 a través de la línea eléctrica. Finalmente, gracias a una adecuada

programación del controlador, ambos dispositivos permitirán la interacción total entre todos los equipos instalados en la vivienda.

- **ELK – ML8 Link Interface To NetworkX NX Controls.** Módulo que actúa como un puente entre el bus de datos de los controladores NetworkX NX y el ELK Magic Module. Permite el uso compartido de entradas, salidas y el estado de los subsistemas de iluminación, seguridad, riego, etc. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.29:

	Alimentación	: 9.6 - 15 VDC derivado del Controlador NetworkX
	Corriente	: 30mA DC
	Dimensiones	: 102mm x 70mm
	Otros	: Reloj de Tiempo Real y funciones de eventos calendarios utilizando el reloj integrado del sistema NetworkX

Tabla 4.29. Especificaciones de ELK – ML8 Link Interface To NetworkX NX Controls

- **PSC05 Two Way Powerline Interface Module.** Mediante conexión RJ11 convierte las señales de control del ELK Magic Module a comandos X10. Asimismo permite transportar señales X10 de varios dispositivos al PLC. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.30:

	Alimentación	: 100 - 130V, 60Hz
	Voltaje Máximo entre terminales	: ± 50 V
	Dimensiones	: 153mm x 81mm
	Temperatura de Operación	: -10 a 50 °C
Temperatura de Almacenamiento		: -40 a 70 °C
Otros		: Led Indicador de recepción de señales

Tabla 4.30. Especificaciones de PSC05 Two Way Powerline Interface Module

La segunda parte de la integración permitirá la interacción entre el sistema y el usuario, para lo cuál se utilizará el dispositivo Active Home Pro USB 2-Way PC interface. Mediante este dispositivo y mediante el software Active Home Pro (que se explicará en el capítulo VI) los habitantes de la vivienda podrán enviar y recibir comandos X10 y, gracias a la primera parte de la integración, controlar todos los subsistemas presentes en la instalación. Así mismo, se podrá programar el envío de comandos por horarios, por datos recibidos, entre otros.

- **ActiveHome Pro USB 2-Way PC Interface.** Controlador X10 que se conecta al puerto USB del computador y permite enviar comandos dictaminados por el software ActiveHome Pro a cualquier módulo a través de la línea eléctrica. Puede almacenar en su memoria eventos temporizados y macros que se ejecutarán aún si la computadora se encuentra apagada o desconectada de la interfaz. Funciona además como Traseceiver, trasformando señales de Radio Frecuencia transmitidas por dispositivos inalámbricos en señales X10. envía y recibe cualquiera de las 256 direcciones X10 disponibles e incluso puede reemplazar el PC Transceiver CM19A. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.31:

	Permite controlar	: Transmisores inalámbricos con cualquier código de casa.
	Alimentación	: 120V 60Hz
	Potencia	: 3W
	Comunicación	: Bidireccional

Tabla 4.31. Especificaciones de ActiveHome Pro USB 2-Way PC Interface

4.3.5 Solución de problemas de transmisión X-10

El estudio del sistema X-10 realizado en el capítulo anterior expuso los problemas de fiabilidad en la transmisión de los comandos de esta tecnología. Algunos de estos problemas se acentúan conforme aumenta la dimensión de la vivienda. De acuerdo con la mayoría de fabricantes de productos X-10, las casas con superficies mayores a 250 m² son

más propensas a estas dificultades. Considerando que la vivienda del presente proyecto presenta una superficie de 450 m², se vio la necesidad de emplear un dispositivo que solucionara los posibles problemas como atenuación de la señal, ruido, desacoplamiento entre fases, entre otros. La elección de este equipo se realizó acorde a dos consideraciones básicas: funcionalidad del equipo y costo del mismo. El detalle del equipo seleccionado se presenta a continuación

- **Leviton DHC HCA02 System Coupler/Amplifier/Repeater.** Dispositivo que asegura la intensidad de las señales X10 para obtener un adecuado funcionamiento del sistema. Este módulo permite acoplar, repetir y amplificar las señales, solucionando así problemas de acoplamiento, ruido y atenuación de los comandos X10. Asimismo, genera . Trabaja con una alimentación de 120V, 60Hz y una potencia máxima de 5W. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 4.32:

	Tipo de lámpara	: Incandescente
	Alimentación	: 120V, 60Hz
	Potencia Mínima	: 40W
	Potencia Máxima	: 500W
	Comunicación	: Unidireccional
	Conmutación	: SI, hasta tres posiciones
	Responde a los Comandos	: ALL LIGHTS ON/OFF, ON, OFF, DIM, BRIGHT.
	Color	: Blanco

Tabla 4.32. Especificaciones de Leviton DHC HCA02 System Coupler/Amplifier/Repeater ⁽¹⁵⁾

¹⁵ Especificaciones obtenidas de los manuales de cada uno de los dispositivos

CAPÍTULO 5

CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN

El propósito fundamental del presente capítulo es documentar adecuada y detalladamente la instalación de los diferentes elementos y subsistemas que conformarán el sistema domótico en su totalidad, los mismos que pueden ser clasificados según se describe a continuación.

5.1 SUBISTEMA DE ILUMINACIÓN

Uno de los grandes beneficios de la tecnología X-10, como se había anotado en capítulos anteriores, reside en la facilidad de instalación de los módulos, siendo en ciertos casos muy similar al montaje de dispositivos tradicionales, mientras que en otros, se reduce a enchufar el módulo a cualquier tomacorriente de la vivienda.

En el caso de los interruptores, los modelos X10 Decorator Dimmer Switch, X10 Companion Switch y Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver se conectan de igual manera que un interruptor normal, siguiendo los diagramas de conexión indicados en las figuras 5.1, 5.2 y 5.3 ⁽¹⁶⁾.

¹⁶ Diagramas de Conexión obtenidas de los manuales de instalación de cada uno de los dispositivos

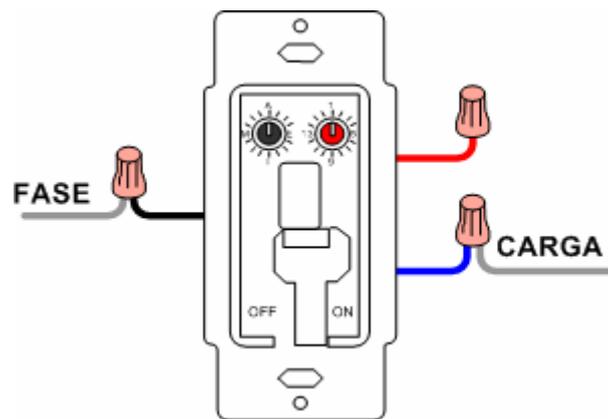


Figura 5.1. Conexión de X10 Decorator Dimmer Switch

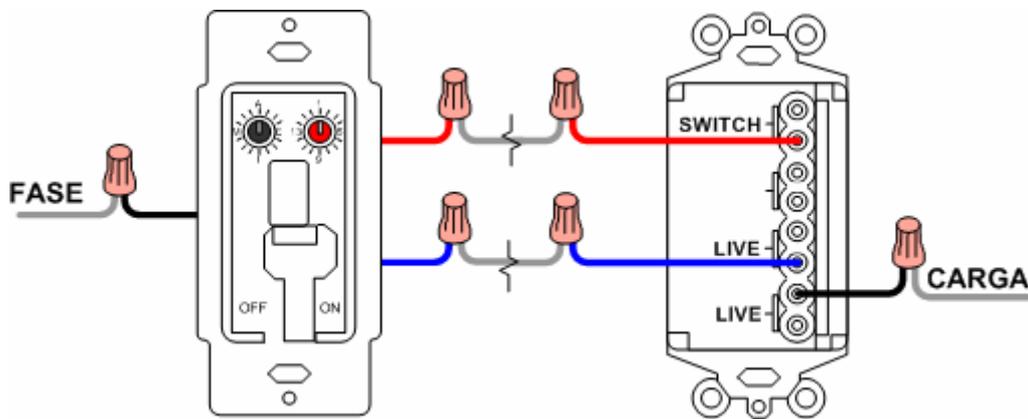


Figura 5.2. Conexión de X10 Decorator Dimmer Switch junto a X10 Companion Switch

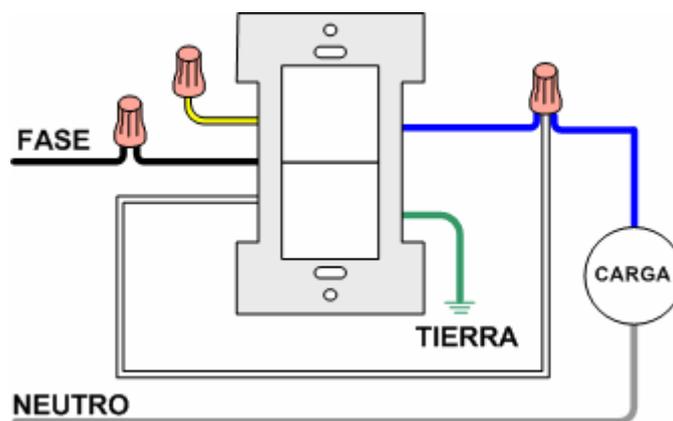


Figura 5.3. Conexión de Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver

Mientras tanto los modelos Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller y X10 XPT Standard Transmitter Base (que se conectará junto a un XPD4 Four Button Dimming Keypad) se instalan de forma similar a un tomacorriente tradicional, con una conexión a fase (110V) y otra a neutro (sin que la fase controle directamente ninguna carga) como se muestra en las figuras 5.4 y 5.5

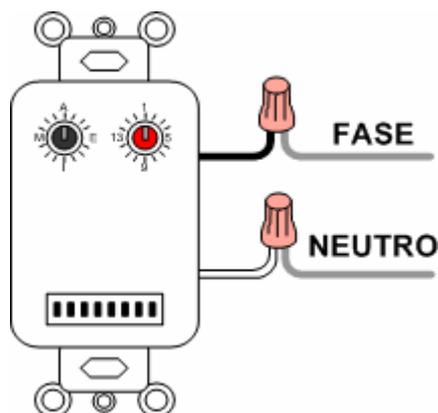


Figura 5.4. Conexión de X10 XPT Standard Transmitter Base

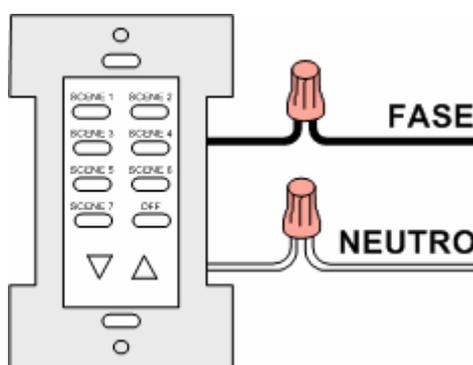


Figura 5.5. Conexión de Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller

En cuanto a los tomacorrientes X-10, el modelo Wall Receptacle Module requiere una conexión a fase (110V), una a neutro y otra a tierra, tal como se muestra a continuación en la figura 5.6:

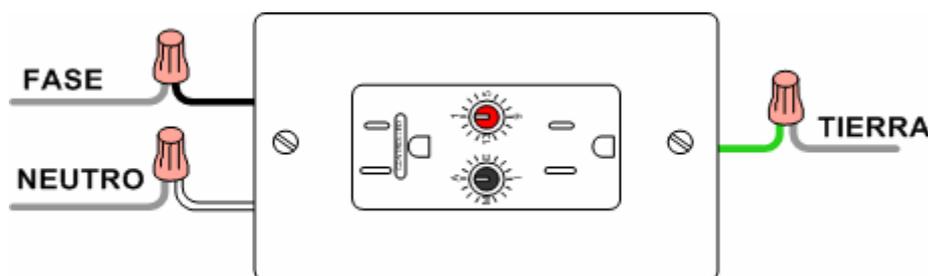


Figura 5.6. Conexión de Wall Receptacle Module

Una vez instalados todos los dispositivos en los lugares determinados, el siguiente paso consiste en la asignación de las direcciones establecidas en la fase de diseño, las cuales se indican en las Tablas 4.9 y 4.11. Esta asignación se lleva a cabo realizando las siguientes acciones:

- En los módulos X10, utilizando un destornillador, se selecciona el correspondiente código de casa (A – P) y de unidad (1 – 16) en los respectivos dip-switches circulares ubicados en cada uno de ellos, tal como indica la figura 5.7:



Figura 5.7. Selección de la dirección en un Módulo X10

- Los interruptores Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver, poseen una característica de programación mediante un solo botón. Es así que, utilizando un objeto puntiagudo, como por ejemplo un pequeño destornillador, se debe mantener presionado el botón de programación (Figura 5.8) hasta que el LED titile, lo cual implica que la unidad está lista para aceptar una dirección.

Empleando un controlador, tal como el Universal 5-in-1 Learning Remote, se enviará el código deseado. El momento en que la luz asociada a este interruptor se encienda indicará que la dirección ha sido captada.

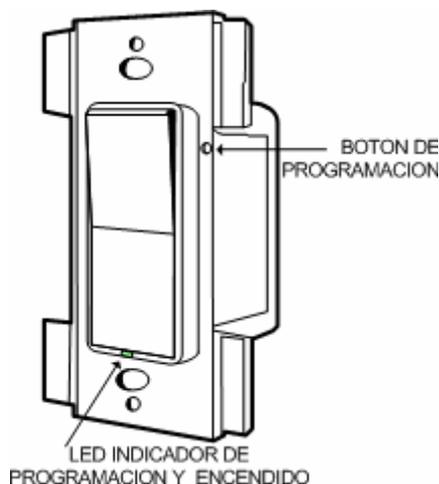


Figura 5.8. Programación de Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver

- En el controlador Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch se debe presionar una vez el botón de programación (el LED comenzará a titilar). A continuación se elegirá tanto el código de casa como el código de unidad siguiendo las tablas indicadas en la figura 5.9 para lo cual se utilizarán los botones de dirección para encender o apagar los respectivos LED's. Una vez realizado esto se presiona nuevamente el botón de programación.

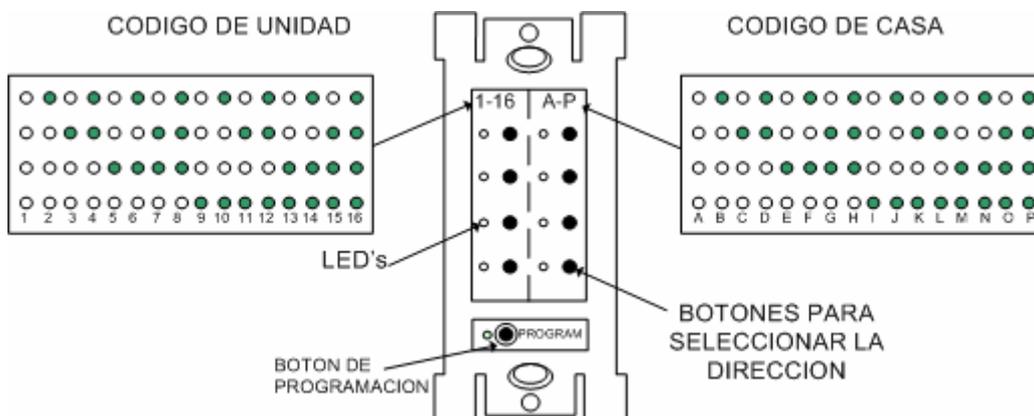


Figura 5.9. Programación de Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch

- Para cambiar el código de casa en el módulo Slimline Wireless RF Wall Switch, se debe mantener presionado el primer botón de encendido hasta que el led titile una vez. Tres segundos después el led indica el código asignado titilando el correspondiente número de veces, (1 vez=A, 2 veces=B, etc).

Entonces se deberá pulsar el primer botón de encendido un número de veces igual al código que se desee asignar al módulo teniendo la precaución de mantener presionado el botón en la última pulsación. Tres segundos después el led titilará de nuevo para indicar el nuevo código asignado. Para cambiar el código de unidad se sigue el mismo procedimiento pero esta vez pulsando el primer botón de apagado.

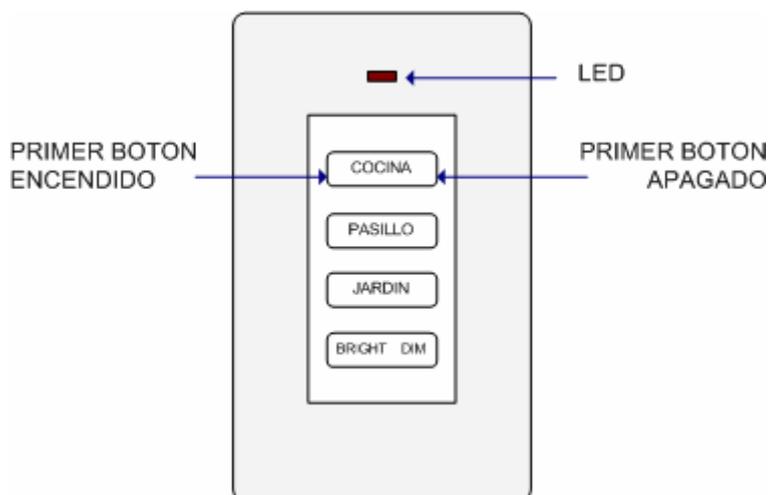


Figura 5.10. Selección de dirección del Módulo Slimline Wireless RF Wall Switch

5.1.1 Equipo Amplificador / Repetidor

El dispositivo acoplador / repetidor HCA02-10E, escogido en el capítulo de diseño, se instaló en el tablero de distribución utilizando dos breakers de 15A de acuerdo al diagrama presentado en la figura 5.11.

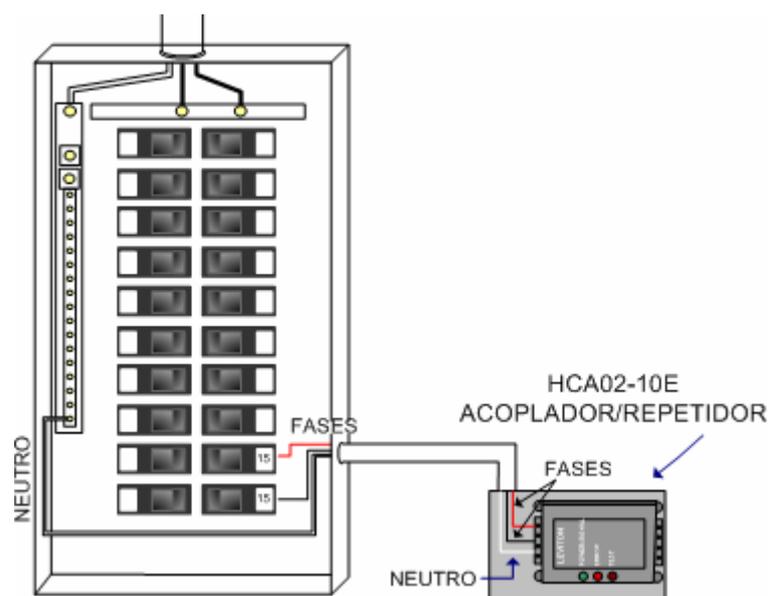


Figura 5.11 Diagrama de conexión del HCA02-10E

5.2 SUBSISTEMA DE SEGURIDAD

El panel de control NX-6, el módulo de expansión inalámbrico NX-416E, el módulo de interfaz de teléfono “Operator II” NX-540E y el módulo de interfaz de enlace ELK-ML8 se dispusieron dentro de un gabinete metálico propio de sistemas de seguridad, el mismo que a su vez se ubicó en la cocina, como estaba previsto en el diseño realizado en el capítulo anterior (figura 4.9).

El Keypad NX-1316E, siendo el único elemento cableado del sistema, que debía situarse en una locación distinta a la del gabinete, se colocó también en la cocina, pero en un lugar más accesible al usuario y los cables se extendieron por tuberías instaladas dentro de las paredes. Las diferentes conexiones realizadas entre los módulos, el keypad, la sirena, el transformador y la batería con el panel de control se muestran en la figura 5.12.

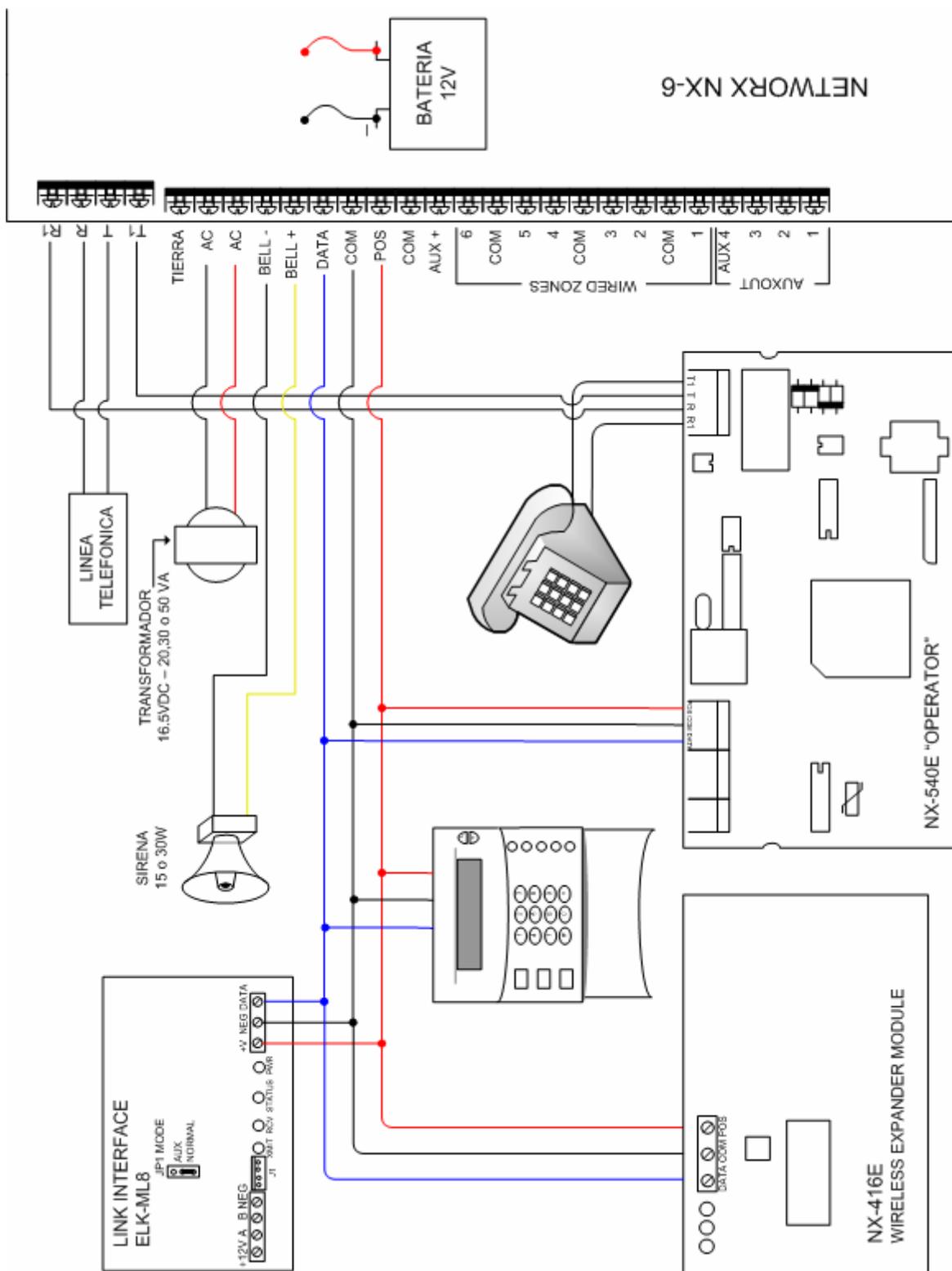


Figura 5.12. Conexión de los Módulos que componen el Sistema de Seguridad

5.2.1 Sensores

5.2.1.1 Sensores de Movimiento

Los detectores de movimiento fueron colocados en los lugares establecidos en la etapa de diseño de manera que se asegure una operación óptima y a la vez la máxima cobertura posible. Para cumplir estos objetivos se siguieron los siguientes lineamientos:

- Los sensores deben montarse en una superficie rígida, ligeramente inclinado, a una altura promedio de 2.3m.
- Es necesario que los sensores se ubiquen frente a un punto de referencia sólido y no frente a ventanas, chimeneas o lugares abiertos.
- Dentro de lo posible, los sensores de movimiento deben ubicarse a una distancia no mayor de 30,5m de panel de control, a pesar de que la separación máxima permitida es de 152m, de manera que se eviten interferencias.
- Los detectores deben situarse de manera que cubran un área por la que un intruso se vería en la obligación de caminar (Figura 5.13), reforzando la probabilidad de detección

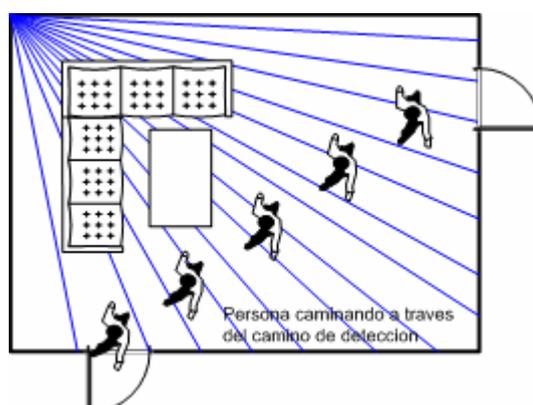


Figura 5.13. Camino de Detección

- La máxima superficie que es posible cubrir con un detector de movimiento es de 12m x 11m como se muestra en la figura 5.14:

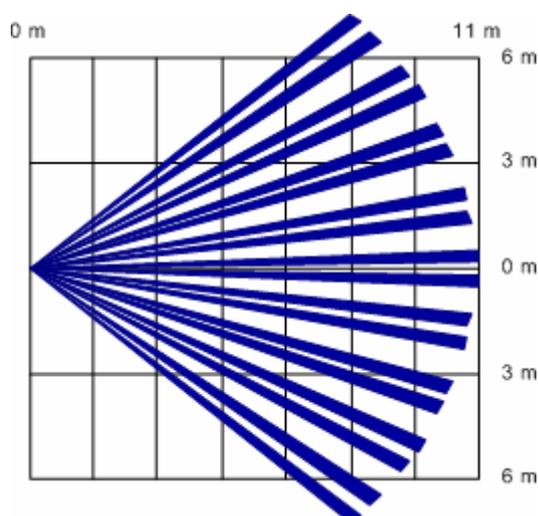


Figura 5.14. Área de Cobertura del Sensor de Movimiento

5.2.1.2 Sensores de Puerta/Ventana

Al igual que los detectores de movimiento, los sensores de Puerta/Ventana se instalaron siguiendo ciertas pautas, las mismas que aseguran un adecuado funcionamiento, y se indican a continuación:

- La distancia recomendable entre el panel de control y cualquier transmisor inalámbrico, incluidos los sensores de Puerta/Ventana es de 30.5m.
- El sensor en sí debe ser ubicado en la parte fija o de menor movimiento (puertas dobles) mientras que el magneto debe situarse en la parte móvil de la puerta o ventana.
- La distancia mínima entre el sensor y el piso debe ser de 13 cm. aproximadamente.
- Los detectores no deben ser montados sobre superficies metálicas, ya que podría reducirse el rango de transmisión de las señales RF.

5.2.1.3 Sensor de Variación de Calor

El detector de variación de calor se instaló, de acuerdo a lo planificado en el capítulo anterior, en la cocina de la vivienda siguiendo ciertos parámetros básicos que se detallan a continuación:

- Los sensores de variación de calor deben montarse en una posición central de la habitación o del área que se busca proteger. Asimismo, debe existir una distancia mínima de 10 cm. entre el sensor y cualquier pared.
- La máxima superficie que es posible cubrir con un detector de variación de calor es de 15m x 15m.
- Los sensores de variación de calor no deben situarse cerca de aparatos que cambien rápidamente de temperatura, como por ejemplo hornos y estufas.

5.2.2 Programación

Todos los módulos del sistema de seguridad, incluido el panel de control NX-6, poseen un número que los identifica, el mismo que permite la programación de sus características a través del teclado (keypad) NX-1316E (figura 5.15). El procedimiento tanto para seleccionar el módulo a programarse como para acceder a las diferentes direcciones de cada uno de ellos es igual para todos los dispositivos.

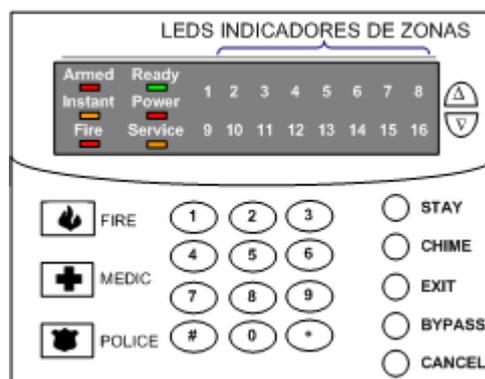


Figura 5.15. Botones del Keypad NX-1316E

Ingreso al modo de programación: Para ingresar al modo de programación, es preciso presionar [*]-[8]. En ese momento, los cinco leds de función del Keypad (**Stay, Chime, Exit, Bypass & Cancel**) comenzarán a titilar. A continuación, se ingresa el código “Ir a programación” (por defecto de fábrica: [9]-[7]-[1]-[3]). Si el código ingresado es válido, el led “**Service**” comenzará a titilar, y los cinco leds de función permanecerán encendidos para indicar que ya se ingresó al modo de programación y el sistema está listo para seleccionar el módulo a programar.

Selección del módulo a programar: Para escoger un módulo se ingresa el número asignado al mismo seguido de la tecla de entrada [#]. En la Tabla 5.1 se puede apreciar los números correspondientes a los módulos instalados en la vivienda:

Módulo	Código
Panel de control NX-6	0
Módulo de expansión inalámbrico NX-416E	35
Módulo de interfaz de teléfono “Operador II” NX-540E	40

Tabla 5.1. Número asignado a los Módulos para su programación

Programación de una dirección: Luego de haber ingresado el número de módulo, se encenderá el led “**Armed**”, indicando que el panel espera el ingreso de la dirección a programar. Se puede programar cualquier dirección de determinado módulo ingresando la misma seguida de la tecla [#]. Si la dirección ingresada es válida, se apagará el led “**Armed**”, se encenderá el led “**Ready**”, y los leds indicadores de las zonas mostrarán en código binario el contenido del primer segmento de la dirección ingresada. Cuando se ingrese un nuevo dato, el led “**Ready**” titilará indicando que el cambio del dato se encuentra en proceso. Dicho led continuará titilando hasta que el dato sea almacenado presionando la tecla [*]. Además, al presionar la tecla [*], se pasará al siguiente segmento de la dirección y nuevamente el teclado mostrará su dato. Este procedimiento se repetirá hasta llegar al último segmento. Si se presiona la tecla [#] se saldrá de esta dirección, encendiéndose nuevamente el led “**Armed**” en espera del ingreso de una nueva dirección a programar. Para programar la siguiente dirección a la ingresada se presiona la tecla

[POLICE], para la dirección anterior la tecla [FIRE] y la tecla [MEDIC] para la dirección actual. Para ver el dato asignado a cierta dirección se repite el procedimiento indicado arriba, presionando la tecla [*] sin ingresar ningún dato numérico. Cada vez que se presione la tecla [*], se visualizará el dato del próximo segmento.

Los datos a programar dentro de las diferentes direcciones pueden ser de dos tipos: **numéricos**, los cuales, dependiendo del segmento, pueden tomar valores de 0 a 15 o de 0 a 255 o **de selección de característica** para aquellos segmentos que habiliten o deshabiliten determinadas características.

Los datos numéricos se programan ingresando un número de 0 a 255 con las teclas numéricas del teclado del sistema. El dato ingresado en una dirección se visualiza en el teclado utilizando el sistema binario.

En el caso de los datos de selección, se pueden visualizar las características habilitadas y deshabilitadas por medio de los leds indicadores de zonas 1 a 8. Presionando la tecla numérica (de 1 a 8) que corresponda al número de la característica en dicho segmento, se podrá habilitar o deshabilitar dicha característica. En el teclado se encenderá o apagará el respectivo led para visualizar esta acción.

Salir de una dirección: Luego de programar el último segmento de una dirección, si se presiona nuevamente [*] se saldrá de la misma, apagándose el led “Ready” y encendiéndose el led “Armed”. De la misma manera que antes, se puede ahora ingresar otra dirección a programar. Si se intenta ingresar un dato no válido en determinado segmento, el teclado emitirá tres “beeps”, permaneciendo en ese segmento en espera de un dato válido.

Salir del modo de programación: Luego de realizar todos los cambios deseados, se deberá salir del modo de programación. Al presionar la tecla [Exit] se saldrá del nivel de programación de direcciones, regresando al nivel de “Selección del módulo a programar”. Si no se requiere programar otro módulo, se presiona nuevamente la tecla [Exit] para salir del modo de programación.

Carga de la programación de fábrica: En instalaciones nuevas es recomendable cargar inicialmente la programación por defecto de fábrica para eliminar cualquier tipo de información no deseada en la memoria. Para restituir los valores por defecto en cualquier módulo, es necesario ingresar al modo programación y luego presionar [9][1][0][#]. El teclado emitirá tres “beeps”, indicando que la carga de los valores de fábrica se encuentra en proceso. Esta carga demorará unos 6 segundos.

5.2.2.1 *Panel de Control NX-6*

Números telefónicos. El panel de control NX-6 permite reportar varios eventos, en especial cualquier tipo de alarma, a tres números telefónicos diferentes configurables en las direcciones 0 – 5 para el primer número telefónico, 6 – 11 para el segundo y 12 – 17 para el tercero. El formato de comunicación para transmitir estos reportes puede ser escogido, de manera que se asegure la compatibilidad con el formato del receptor de una estación central de monitoreo, en caso de que se contrate el servicio con cualquier compañía de seguridad. En la Tabla 5.2 se muestran los diferentes eventos que es posible reportar, los mismos que se programan en las direcciones 4, 10 y 16. Estas direcciones poseen dos segmentos cada una y el tipo de dato es de selección de característica.

EVENTOS A REPORTAR	
Segmento 1	
1	Alarmas y restauración a estado normal de alarmas
2	Aperturas y cierres
3	Anulación de zonas y su restauración a estado normal
4	Zonas con problemas y su restauración a estado normal
5	Falla alimentación eléctrica, batería baja, y restauración de alimentación y de batería
6	Desconexión de la sirena, corte línea telefónica, y sus restauraciones a estado normal
7	Reportes de pruebas
8	Comienzo y finalización de programación

Segmento 2	
1	“Támpér” de zona y su restauración a estado normal
2	Corriente excesiva en alimentación auxiliar y su restauración a estado normal
3	Sensor inalámbrico perdido y su restauración a estado normal
4	Sensor inalámbrico con batería baja y su restauración a estado normal
5	Problemas con módulos de expansión y su restauración a estado normal
6	Falla en la comunicación

Tabla 5.2 Eventos a ser reportados en los Números Telefónicos

Características y supervisión del sistema. Ciertas características que pueden ser visualizadas o accedidas por el usuario, como por ejemplo el armado rápido del sistema, fueron habilitadas en la dirección 23. Asimismo, otras características, principalmente de supervisión del sistema y de la sirena, se habilitaron en la dirección 37. La función de la dirección 17 más relevante a la implementación realizada en el presente proyecto es la inhabilitación de todas las zonas cableadas para dar paso, de esta manera, al funcionamiento de un sistema totalmente inalámbrico (segmento 5, característica 3).

Tipos de zonas. Existen veinte tipos estándares de zonas (Tabla 5.3), las cuáles pueden asignarse a cualquiera de las diferentes zonas del sistema. Ciertas características de cada tipo de zonas pueden personalizarse en las direcciones 110-149. La configuración del tipo de zonas, conjuntamente con ciertos parámetros necesarios para su adecuado funcionamiento, fue realizada utilizando las direcciones 24-28.

TIPOS DE ZONA ESTÁNDARES	
1	<u>Zona de día.</u> Instantánea con sistema armado, zona de falla con sistema desarmado.
2	<u>24 horas audible.</u> Genera una alarma con sirena pulsante aún con panel desarmado.
3	<u>Entrada / salida 1.</u> Un disparo iniciará el tiempo de entrada 1. La falta de disparo durante el tiempo de salida habilitará los modos de anulación automática o armado instantáneo si así fue programado.

TIPOS DE ZONA ESTÁNDARES	
4	<u>Seguidor interior sin anulación automática.</u> La zona se comportará como instantánea si el sistema está armado y no se inició ningún tiempo de entrada o salida. Será temporizada si se inició algún tiempo de entrada o salida. La zona no se anulará automáticamente aunque la anulación automática se haya habilitado en el segmento 1 de la dirección 23.
5	<u>Seguidor interior con anulación automática.</u> La zona se comportará como instantánea si el sistema está armado y no se inició ningún tiempo de entrada o salida. Será temporizada si se inició algún tiempo de entrada o salida. La zona se anulará automáticamente si la anulación automática fue habilitada en el segmento 1 de la dirección 23.
6	<u>Instantánea.</u> La zona generará una alarma instantánea ante un disparo con el sistema armado.
7	<u>24 horas silenciosa.</u> Generará una alarma silenciosa aún con panel desarmado. Esta no será indicada en el teclado.
8	<u>Fuego.</u> Si se cierra un contacto sobre la zona, se encenderá el led “Fuego” y generará una alarma con sirena pulsante. Si la zona se abre, destellará el led “Fuego” indicando falla en la zona.
9	<u>Entrada / salida 2.</u> Un disparo iniciará el tiempo de entrada 2. La falta de disparo durante el tiempo de salida habilitará los modos de anulación automática o armado instantáneo si así fue programado.
10	<u>24 horas silenciosa supervisada.</u> Generará una alarma silenciosa aún con panel desarmado. Esta será indicada en el teclado.
11	<u>Zona de activación.</u> Cada vez que se cierre un contacto sobre la zona, armará o desarmará la partición a la que pertenece. Este armado o desarmado será reportado como usuario 99.
12	<u>Seguidor interior con zona de cruce habilitada.</u> La zona se comportará como instantánea si el sistema está armado y no se inició ningún tiempo de entrada o salida. Será temporizada si se inició algún tiempo de entrada o salida. Si no se inició el tiempo de “zona de cruce”, comenzará a contar este tiempo. Si este tiempo ya se encuentra iniciado, generará una alarma instantáneamente. Esta será una zona de anulación automática si esta característica se habilitó en segmento 1 de la dirección 23.
13	<u>Guardia de entrada instantánea.</u> Con el sistema armado y el led “Perimetral” apagado, generará una alarma instantánea. Con el sistema armado y el led “Perimetral” encendido, iniciará el tiempo de entrada / salida 2.
14	<u>Entrada / salida 1 con anulación por grupo habilitada.</u> Un disparo comenzará el tiempo de entrada / salida 1. La zona será anulada si se ingresa por teclado el comando de anulación por grupo. La falta de un disparo durante el tiempo de salida habilitará la anulación automática o el armado instantáneo si así fue programado.

TIPOS DE ZONA ESTÁNDARES	
15	<u>Seguidor interior con anulación por grupo habilitada.</u> La zona se comportará como instantánea si el sistema está armado y no se inició ningún tiempo de entrada o salida. Será temporizada si se inició algún tiempo de entrada o salida. La zona será anulada si se ingresa por teclado el comando de anulación por grupo. La zona se anulará de forma automática si así fue programado en el segmento 1 de la dirección 23.
16	<u>Instantánea con anulación por grupo habilitada.</u> La zona generará una alarma instantánea si se produce un disparo cuando el led “Conectado” esté encendido. La zona será anulada si se ingresa por teclado el comando de anulación por grupo.
17	<u>Entrada / salida 1 con támara habilitado.</u> Un disparo comenzará el tiempo de entrada / salida 1. La falta de un disparo durante el tiempo de salida habilitará la anulación automática o el armado instantáneo si así fue programado. Con este tipo de zona se puede habilitar el támara para un transmisor inalámbrico.
18	<u>Seguidor interior con támara y anulación automática habilitados.</u> La zona se comportará como instantánea si el sistema está armado y no se inició ningún tiempo de entrada o salida. Será temporizada si se inició algún tiempo de entrada o salida. La zona se anulará automáticamente si la anulación automática fue habilitada en el segmento 1 de la dirección 23. Con este tipo de zona se puede habilitar el támara para un transmisor inalámbrico.
19	<u>Instantánea con támara habilitado.</u> La zona generará una alarma instantánea ante un disparo con el sistema armado. Con este tipo de zona se puede habilitar el támara para un transmisor inalámbrico.
20	<u>Entrada / salida 2 con támara habilitado.</u> Un disparo comenzará el tiempo de entrada / salida 2. La falta de un disparo durante el tiempo de salida habilitará la anulación automática o el armado instantáneo si así fue programado. Con este tipo de zona se puede habilitar el támara para un transmisor inalámbrico.

Tabla 5.3 Descripción de los tipos de zonas estándares ⁽¹⁷⁾

5.2.2.2 Módulo de expansión inalámbrico NX-416E

Ingreso de sensores. Los transmisores inalámbricos fueron programados en la memoria del sistema en la dirección 0. Dentro de la dirección 0 se debe ingresar un número de zona (1-192) al cual será asignado el sensor, seguido de la tecla de entrada [*]. Posteriormente, en un período de tiempo menor a 250ms, se debe accionar el transmisor de acuerdo a la Tabla 5.4 de manera que el mismo sea reconocido por el sistema.

¹⁷ Tabla obtenida del manual de instalación y configuración del Panel de Control NX-6

TRANSMISOR	ACCIÓN
SAW Door/Window Sensor	Remueva la cubierta
Micro Door/Window Sensor	Deslice la batería hacia afuera hasta la mitad y luego regrésela a su posición original
SAW PIR Motion Sensor	Remueva la cubierta posterior
Heat Sensor	Presione el pulsador “támper”
Botón de pánico	Pulse y mantenga presionado el botón
Keyfob	Pulse y mantenga presionados los botones de armado y desarmado al mismo tiempo

Tabla 5.4 Accionamiento de los Transmisores Inalámbricos

Características de sensores. Ciertas características, como por ejemplo la habilitación del sensor o la supervisión del mismo fueron habilitadas en la dirección correspondiente a cada transmisor, es decir, en la dirección que fue asignada al momento del ingreso del sensor en el sistema.

5.2.2.3 Módulo de interfaz de teléfono “Operator II” NX-540E

Características básicas. El número de timbres que el módulo de interfaz de teléfono “Operator II” NX-540E esperará antes de contestar la llamada fue programado en la dirección 0. Cada una de las diferentes zonas del sistema tiene asignado un mensaje de voz de máximo ocho palabras que la identifica, lo cual se configuró en las direcciones 1 – 16. Las claves que el usuario utilizará para acceder a las funciones del sistema desde dentro o fuera de la vivienda se programaron en las direcciones 177 y 178 respectivamente.

X-10. El módulo NX-540E puede controlar hasta 32 direcciones X-10 diferentes. La descripción, el evento que activa la salida, las funciones especiales y la dirección X-10 de la primera salida X-10 se configuró en las direcciones 49, 50, 51 y 52 respectivamente. De igual manera, se usaron las direcciones 53-176 para programar las salidas X-10 restantes (2-32).

5.2.3 Cámara de video vigilancia

La instalación de la cámara de video vigilancia, dado que la misma es inalámbrica, requirió únicamente la conexión de la cámara a un tomacorriente que suministrara la alimentación y su adecuada ubicación. Como se tenía previsto en el diseño realizado en el capítulo anterior, la cámara se colocó en el jardín posterior, específicamente en la edificación destinada a parrilladas y BBQ's puesto que este lugar protegía la cámara de la intemperie a la vez que permitía esconder la misma.

El equipo receptor de video se conectó a un computador en el cuál se había instalado previamente el software original de la cámara. Para esto, se utilizó el dispositivo adaptador descrito en la Tabla 4.22 del capítulo anterior, que conecta por un lado al puerto USB del computador y por otro al cable RCA del Camera Video Receiver.

5.3 SUBSISTEMA DE RIEGO

5.3.1.1 Válvula

De manera que fuera posible disponer adecuadamente de las funciones ofrecidas por la válvula APAS Rain Bird fue necesario seguir los siguientes requisitos de instalación:

- La válvula no debe ser utilizada como válvula maestra pues no fue diseñada para soportar presión constante a ambos lados. Una válvula maestra de corte deberá ser instalada de manera que pueda cortarse el suministro de agua con facilidad.
- Se debe hacer circular abundante agua a través de las tuberías de manera que al momento de conectar la válvula se asegure que los conductos estén limpios para evitar la inmersión de desechos en el solenoide.
- Para asegurar que la conexión sea hermética al agua debe utilizarse cinta de teflón en las conexiones roscadas de válvula a tubería, sin apretar excesivamente

- La distancia vertical entre la válvula y la tubería de salida hacia los aspersores debe ser de al menos 16cm (Figura 5.16).

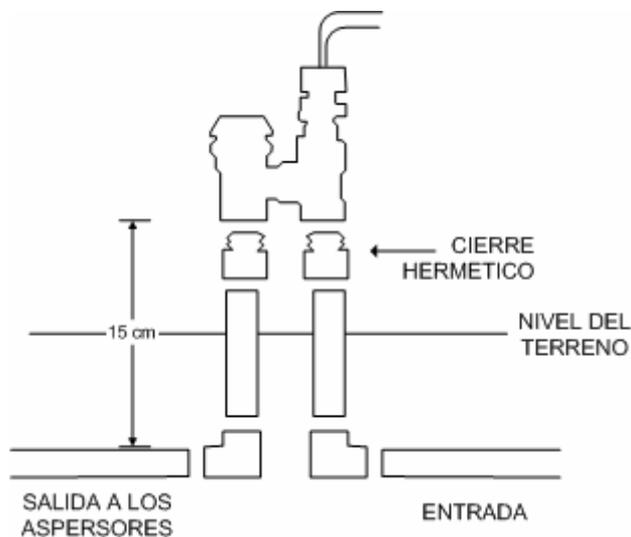


Figura 5.16. Requisitos de Instalación de la válvula APAS Rain Bird

En cuanto a la conexión de cableado desde el ELK-MM443 Magic Module a la válvula, debido a que el actuador de la misma funciona con 24VAC, se utilizó un transformador de 110VAC a 24VAC, siguiendo los acoplamientos indicados en la figura 5.17:

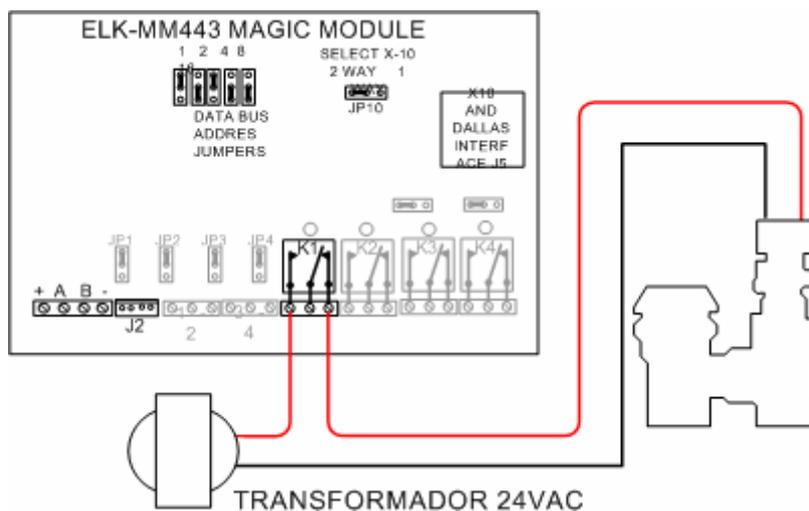


Figura 5.17. Conexión entre la Válvula y el Controlador

5.3.1.2 *Aspersores*

Cada uno de los aspersores fue ubicado en los lugares previamente establecidos en la fase de diseño del subsistema de riego (Figuras 4.12, 4.13).

Una consideración que debe ser tomada en cuenta, de forma similar a la colocación de la válvula, es que al momento de la instalación de los aspersores debe asegurarse que las tuberías se encuentren limpias, para lo cual es necesario hacer circular abundante agua a través de las mismas.

Además, en el caso de los aspersores Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor Sprinklers, dado que brindan la posibilidad de ajustar el ángulo de riego, es necesario subir o bajar la palanca de ajuste indicada en la figura 5.18. Por ejemplo, para permitir que la cabeza del aspersor gire en un círculo completo es necesario subir completamente la palanca.

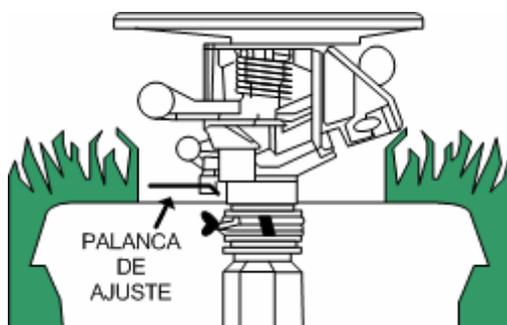


Figura 5.18. Ajuste del Angulo de Riego

5.3.1.3 *Controlador*

El controlador del sistema de riego, el ELK-MM443 Magic Module Controller, se instaló en la cocina de la vivienda junto al gabinete del subsistema de seguridad, como había sido previsto en el diseño del sistema, de manera que fuera posible conectarlo al módulo de interfaz de enlace ELK-ML8, el mismo que permitirá la interacción con el sistema de seguridad.

El código de programación que determinará el horario del riego (fecha, día y hora) a realizarse en los jardines así también como el tiempo de duración del mismo se explicará en la sección siguiente, ya que dicho código formará parte del programa de integración del sistema total.

5.4 SUBSISTEMA DE INTEGRACIÓN

El subsistema de integración permitirá la interacción de los diferentes subsistemas instalados en la vivienda. Con este propósito, el controlador ELK Magic Module realizará dos funciones básicas. En primera instancia este dispositivo junto con el módulo ELK-ML8 y la interfaz PSC05, actuará como puente o enlace entre el sistema de seguridad Caddx NetworX y la tecnología X-10. Al mismo tiempo, el ELK Magic Module junto al módulo PSC05 permitirán la interacción del subsistema de riego y la tecnología X-10. Las conexiones realizadas entre los módulos mencionados se muestran en la figura 5.19:

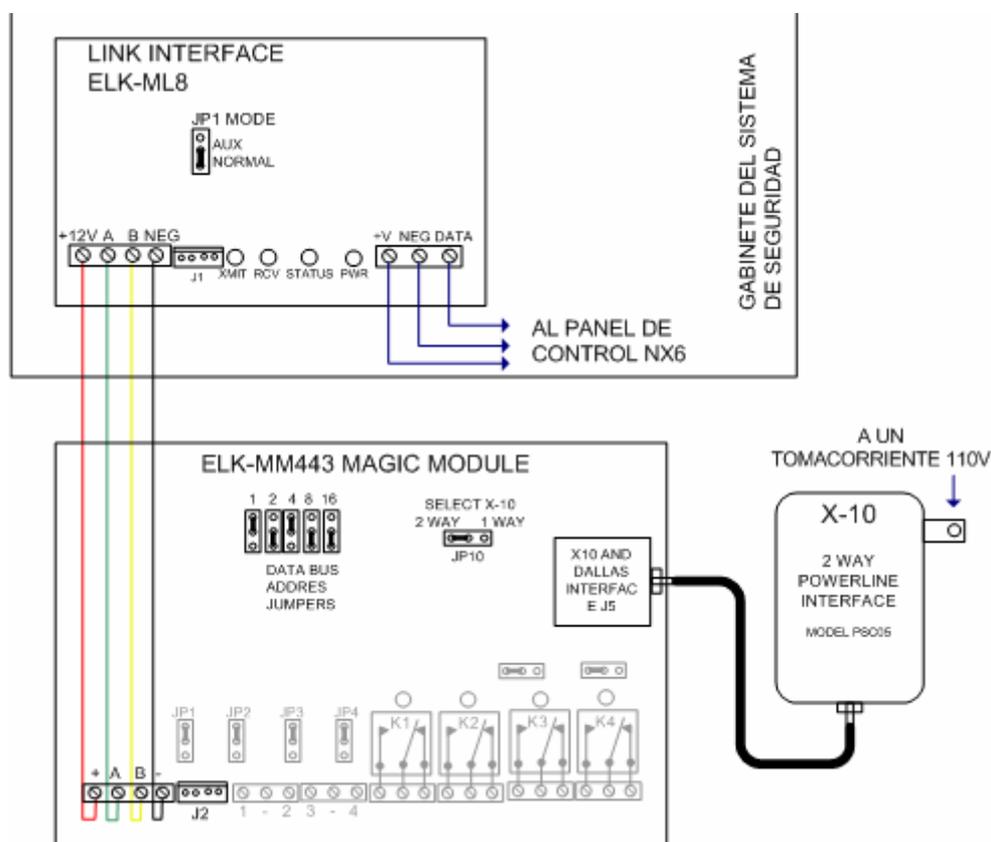


Figura 5.19. Conexiones entre ELK Magic Module, ELK-ML8 y X-10 PSC05

5.4.1 Programación

El código que establecerá el funcionamiento tanto del subsistema de integración como el subsistema de riego se desarrolló con el programa ELK Code Development Software (Figura 5.20), el mismo que posee una gran cantidad de funcionalidades tales como Editor de código (Code Editor), Ventana de simulación (Simulation Debugger), Control Remoto del ELK Magic Module (Transmit/Remote Control), entre otras.

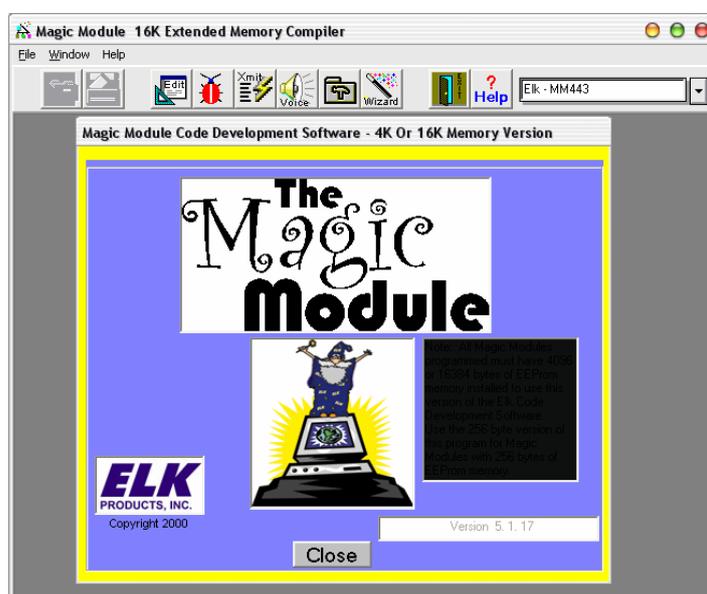


Figura 5.20. Magic Module Code Development Software

Una de las principales ventajas que ofrece este software es una aplicación conocida como **Application Writer**, la cual tiene la particularidad de permitir al programador crear muchas funciones básicas de automatización del controlador ELK-MM443 de manera fácil y rápida, simplemente pulsando los botones que se presentan en las diferentes pantallas de la aplicación. Posteriormente el Application Writer genera el código correspondiente a los botones escogidos en un archivo de extensión .src, el mismo que puede ser abierto posteriormente en el Editor de Código para aumentar funciones de automatización más avanzadas, como por ejemplo la transmisión de comandos al sistema Caddx NetworX. A continuación se detalla las funciones implementadas en el programa de control del ELK-MM443 Magic Module:

5.4.1.1 Control del subsistema de Riego

- **Función:** El controlador activará la electroválvula de manera que el riego en los jardines se realice todos los días a las 11:00 p.m. por veinte minutos.

Procedimiento: En la ventana Scenes del Application Writer se creó una escena llamada Riego que encenderá por temporizador, de lunes a domingo a las 23:00, la primera salida a relé del controlador (al cual está conectada la electroválvula y el transformador). El temporizador fue configurado en 20 minutos (Figuras 5.21 y 5.22)

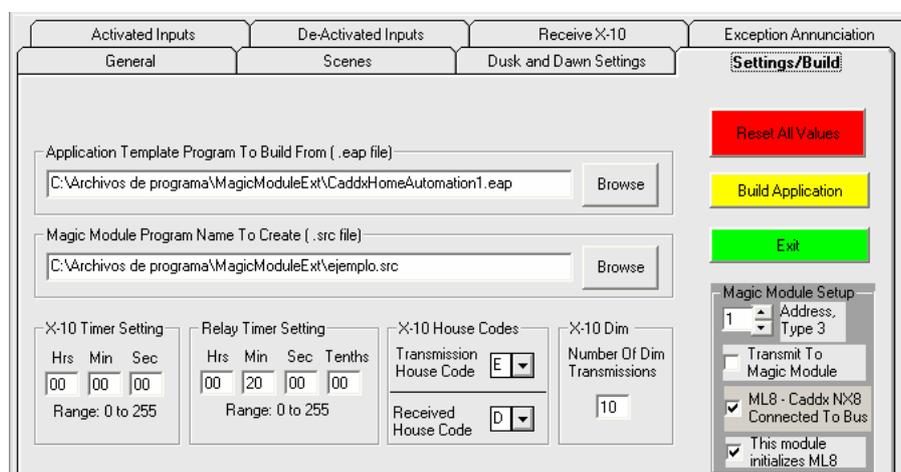


Figura 5.21. Configuración de la Ventana Settings/Build del Application Writer

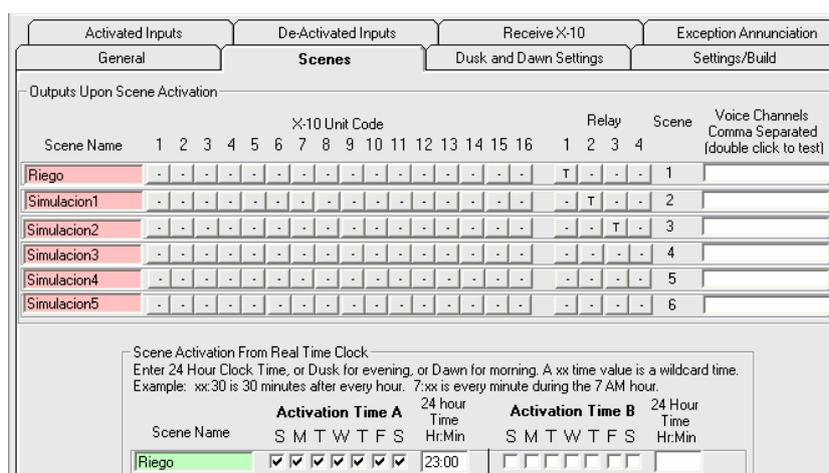


Figura 5.22. Configuración de la Ventana Scenes del Application Writer

- **Función:** Mediante la utilización de los comandos X-10 **D3 ON** y **D3 OFF** será posible prender o apagar el riego de los jardines de forma remota mediante llamadas telefónicas, Internet o control remoto.

Procedimiento: En la ventana Receive X-10 del Application Writer se seleccionó el código de Unidad 3 y los códigos de Función ON y OFF para dicha unidad, para prender por temporizador o apagar respectivamente la primera salida a relé del controlador (figura 5.23)

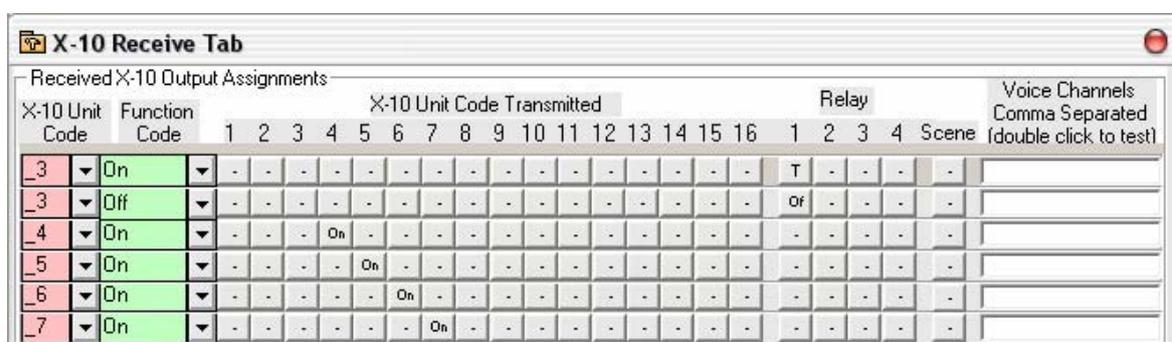


Figura 5.23. Configuración de la Ventana Receive X-10 del Application Writer para el Sistema de Riego y los Sensores de Movimiento

5.4.1.2 Sensores de Movimiento X10: Outdoor Motion Sensor

- **Función:** Si a cualquier sensor de movimiento X10 se le asigna la misma dirección de alguna luz de la vivienda, dicha luz se encenderá el momento que se detecte presencia. El problema de esta aplicación reside en que la luz se encendería a cualquier hora del día, incidiendo de esta manera en un malgasto de energía. Es por esto que, mediante código, se establecerá que las luces relacionadas al sensor se enciendan únicamente a partir de las 6 y media de la noche.

Procedimiento: En la ventana Receive X-10 del Application Writer, se seleccionaron los códigos de Unidad 4, 5, 6 y 7 de Recepción y los códigos de Función ON para cada uno de ellos, los cuales generan el comando de encendido a los códigos de unidad de Transmisión 4, 5, 6 y 7 respectivamente (Figura 5.23). Estos códigos transmitidos activarán macros (de las cuales se tratará más adelante)

que prenderán las luces relacionadas a cada sensor. Además, mediante la utilización del Editor de Código se implementaron las condiciones que permitirán el encendido de las luces solo en la noche.

Para cada Código de Unidad recibido el Application Writer genera la subrutina que se presenta a continuación:

```
X10Rec3 Null ;Receive X-10 Event Subroutine
; ;X10 Received Unit=_4,Function=On
if UVAL not= 153 X10Rec4 ;X10 Received Unit=_4
if FVAL not= 89 X10Rec4
call Xon4 ;Turn on X10 Unit
```

La condición añadida para que las luces se enciendan desde las 6 de la noche fue:

```
X10Rec3 null ;Receive X-10 Event Subroutine
; ;X10 Received Unit=_4,Function=On
if UVAL not= 153 X10Rec4 ;X10 Received Unit=_4
if FVAL not= 89 X10Rec4 ;X10 Received Function=On
if Rhrs< 18 X10Rec4 ;Hours >= 18
call Xon4 ;Turn on X-10 Unit
```

5.4.1.3 Interacción del Sistema de Seguridad y el Sistema X-10

- **Función:** Mediante la utilización de los comandos X-10 **D9 ON/OFF** y **D10 ON/OFF** será posible armar el sistema de seguridad en modo Away o Stay y desarmarlo de forma remota, utilizando Internet o control remoto.

Procedimiento: En la ventana Recieve X-10 del Application Writer fueron seleccionados los siguientes códigos y funciones: código de Unidad 9 – función ON, código de Unidad 9 – función OFF ,código de Unidad 10 – función ON y código de Unidad 10 – función OFF (Figura 5.24). Posteriormente, utilizando la aplicación **Code Writer** del editor de código (figura 5.25), se estableció que cada comando enviara las funciones **Arm Away**, **Disarm**, **Arm Stay** y **Disarm** respectivamente:

X-10 Receive Tab

Received X-10 Output Assignments

X-10 Unit Code	Function Code	X-10 Unit Code Transmitted																Relay				Voice Channels Comma Separated (double click to test)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	1	2	3	4	
3	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	T	-	-	-	-	
3	Off	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	Of	-	-	-	-	
4	On	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
5	On	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
6	On	-	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
7	On	-	-	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	On	-	-	-	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
8	Off	-	-	-	-	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
9	Off	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	On	-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figura 5.24. Configuración Total de la Ventana Receive X-10 del Application Writer

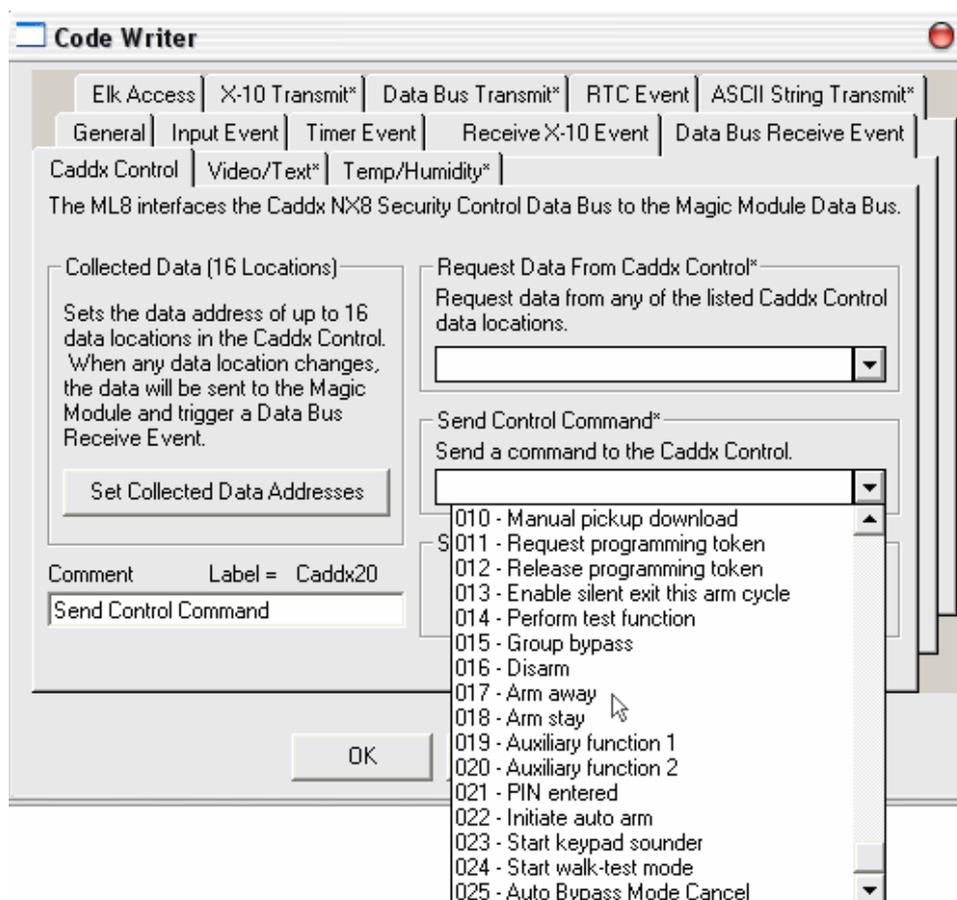


Figura 5.25. Aplicación Code Writer – Caddx Control

El código insertado se muestra a continuación:

```

X10Rec7 null
;
;X10 Received Unit=_8,Function=On
if UVAL not= 166 X10Rec8 ;X10 Received Unit=_8
if FVAL not= 89 X10Rec8
csub TXBUS Caddx17 ;Send Control Command 017-Arm Away
X10Rec8 null
;
;X10 Received Unit=_8,Function=Off
if UVAL not= 166 X10Rec9 ;X10 Received Unit=_8
if FVAL not= 90 X10Rec9
csub TXBUS Caddx18 ;Send Control Command 016-Disarm
X10Rec9 null
;
;X10 Received Unit=_9,Function=On
if UVAL not= 166 X10Rec10 ;X10 Received Unit=_9
if FVAL not= 90 X10Rec10
csub TXBUS Caddx19 ;Send Control Command 018-Arm Stay
X10Rec10 null
;
;X10 Received Unit=_9,Function=Off
if UVAL not= 106 X10Rec11 ;X10 Received Unit=_9
if FVAL not= 90 X10Rec11
csub TXBUS Caddx18 ;Send Control Command 016-Disarm

```

El código de las subrutinas Caddx17, Caddx18 y Caddx19, las cuales envían los datos necesarios para transmitir los comandos al sistema de seguridad, fue generado directamente por el Code Writer ¹⁸.

- **Función:** Cuando se envíe a armar el sistema de seguridad, a partir de las seis y media de la noche se enviarán comandos al sistema de iluminación para que se activen escenas que permitirán realizar la simulación de presencia en la vivienda. Las escenas variarán dependiendo de los días de la semana.

Procedimiento: En la ventana Activated Inputs del Application Writer, se seleccionó la función **Armed** (Figura 5.26), la cual indica que el sistema Caddx NetworX ha sido armado. Posteriormente, dependiendo de la hora del día, se enviarán los comandos X-10 mencionados, para lo cual se utilizó la aplicación **Code Writer** del editor de código (figura 5.27), para generar eventos Real Time Clock que serán

¹⁸ Ver en anexos el código completo del programa grabado en el ELK-MM3 Magic Module

generados cada minuto del día, pero enviarán el comando únicamente cuando se llegue a determinada hora.

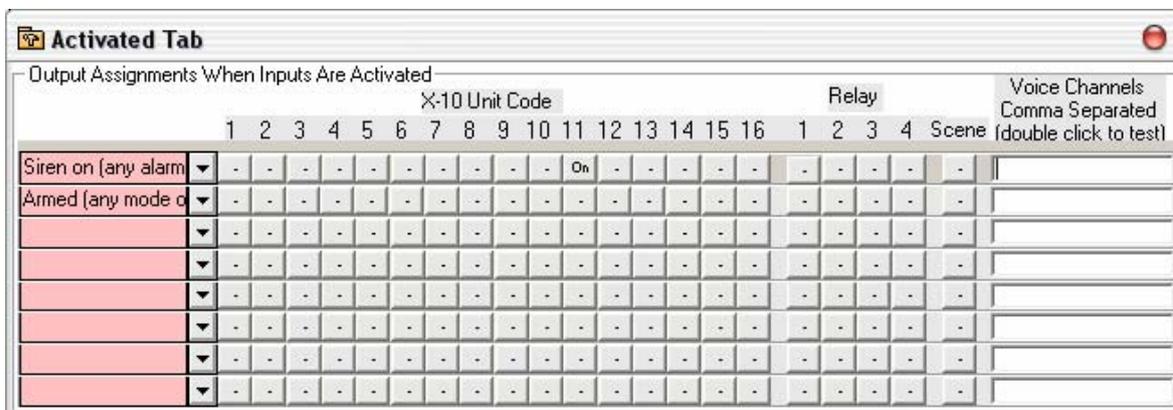


Figura 5.26. Configuración de la Ventana Activated Inputs del Application Writer

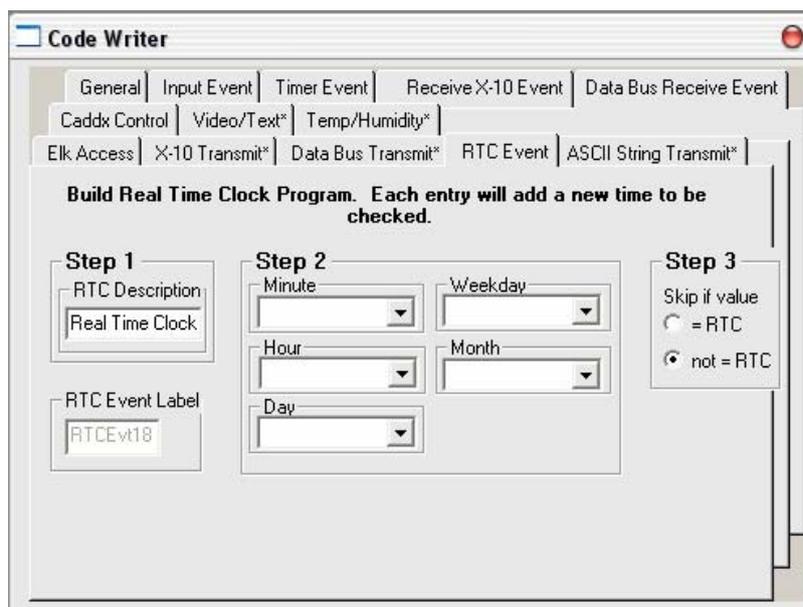


Figura 5.27 Aplicación Code Writer – RTC Event

Para cada hora escogida se genera la subrutina que se muestra a continuación, en la cual se envía el comando E12 OFF el momento que la hora igual a las 6:30 p.m. siempre y cuando el sistema de seguridad esté armado en modo Away:

```

RTCEvt1 if   Rwdy=   Tuesday   RTCEvt2 ;Weekday - Real Time Clock
        if   Rwdy=   Thursday  RTCEvt2 ;Weekday - Real Time Clock
        if   Rwdy=   Saturday  RTCEvt2 ;Weekday - Real Time Clock
        if   Rhrs not= 18       RTCEvt2 ;Hour - Real Time Clock
        if   Rmin not= 30       RTCEvt2 ;Minute - Real Time Clock
        if   flagclr   17       RTCEvt2 ; System is Armed
        if   flagclr   18       RTCEvt2 ; Away mode of armed
        call Xon12                ;Turn on X-10 Unit

```

- **Función:** El momento que se detecte una violación al sistema de seguridad (Activación de alarma), además de sonar la sirena, se solicitará que, en la noche, todas las luces de la vivienda titilen alrededor de 20 segundos, para después permanecer encendidas. Por otra parte se ordenará que suenen las sirenas X-10.

Procedimiento: En la ventana Activated Inputs del Application Writer, se seleccionó la función **Siren On** (Figura 5.25), la cual indica una activación de la alarma. Esta función enviará el comando de encendido a la dirección E12, la misma que activará una macro de alarma.

5.4.2 Desarrollo de Macros

El software ActiveHome Pro permite el control de los módulos X-10 desde el computador, así también como la creación de macros y eventos temporizados que pueden ser almacenados en la memoria de la interfaz ActiveHome Pro USB 2-Way PC, de manera que funcionen sin necesidad de que el computador se encuentre encendido.

Una macro es la agrupación de comandos que se envían a diferentes módulos X-10. Entre estos comandos se encuentran: ON, OFF, DIM, BRIGHT, ALL LIGHTS ON/OFF, entre otros. Además se debe asignar un comando (dirección X10 y función ON u OFF) que permitirá activar la macro.

Para la creación de las macros se utiliza la ventana Macro Designer y para agregar comandos a la macro se escoge el módulo o instrucción deseada de la lista que aparece al lado derecho de la ventana y se arrastra el icono hasta la línea de tiempo de la macro como se muestra en la figura 5.28.

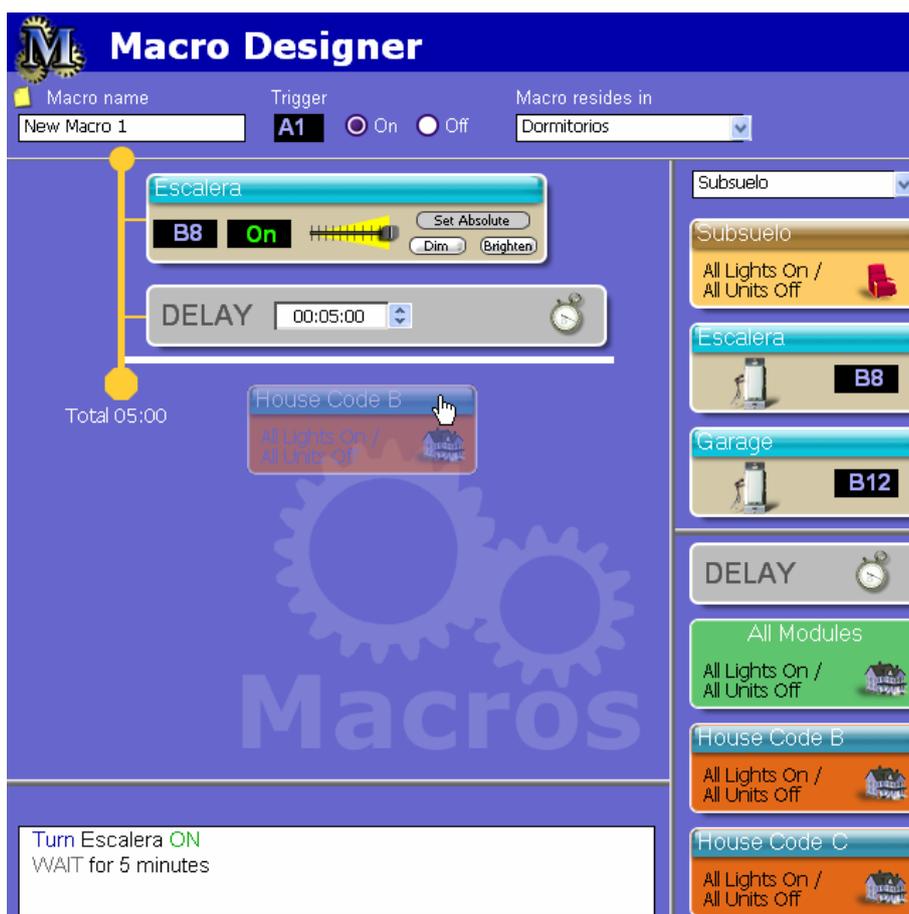


Figura 5.28. Creación de Macros

Una vez colocado el comando es posible configurar la acción que se desea realizar, como por ejemplo encender o apagar el módulo, el tiempo especificado para el delay, etc. En la parte inferior de la ventana se despliega un resumen de los comandos asignados a la macro.

A continuación se describirá las macros creadas utilizando el software ActiveHome Pro y que serán grabadas en la interfaz X-10 de manera que se posible la interacción con el programa grabado en el ELK-MM443 Magic Module.

- **Sensores de Movimiento.** Al recibir la señal de cualquier sensor de movimiento X-10, asignados a las direcciones E4, E5, E6 y E7 se encenderán las luces relacionadas al respectivo sensor por un espacio de tiempo determinado. Las macros creadas para este propósito se indican en las figuras 5.29, 5.30, 5.31 y 5.32

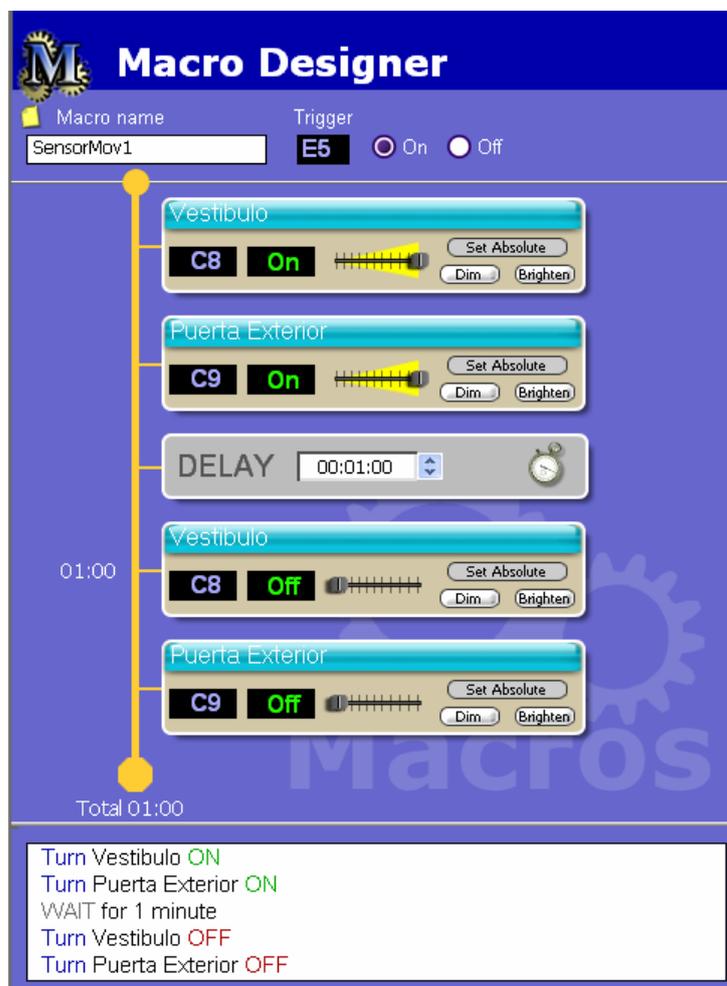


Figura 5.29. Macro Sensor de Movimiento Entrada a la Vivienda

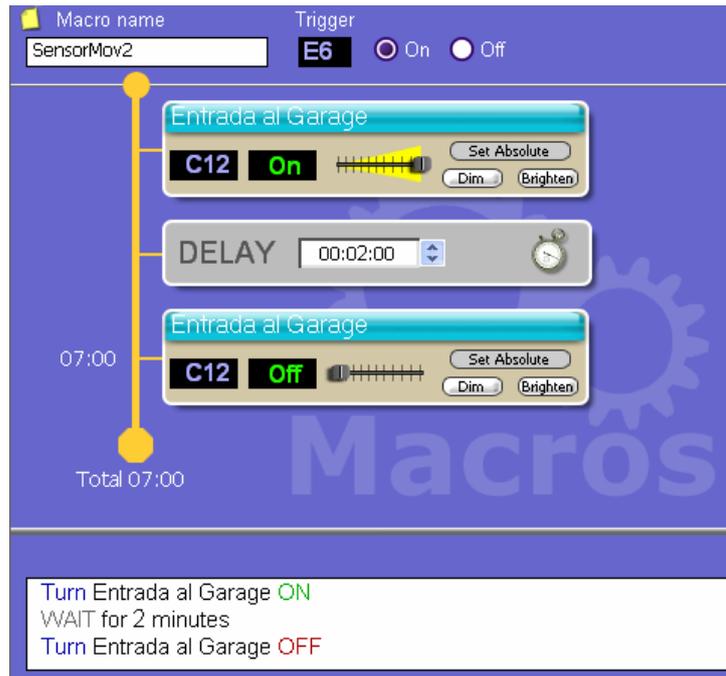


Figura 5.30. Macro Sensor de Movimiento Entrada del Carro

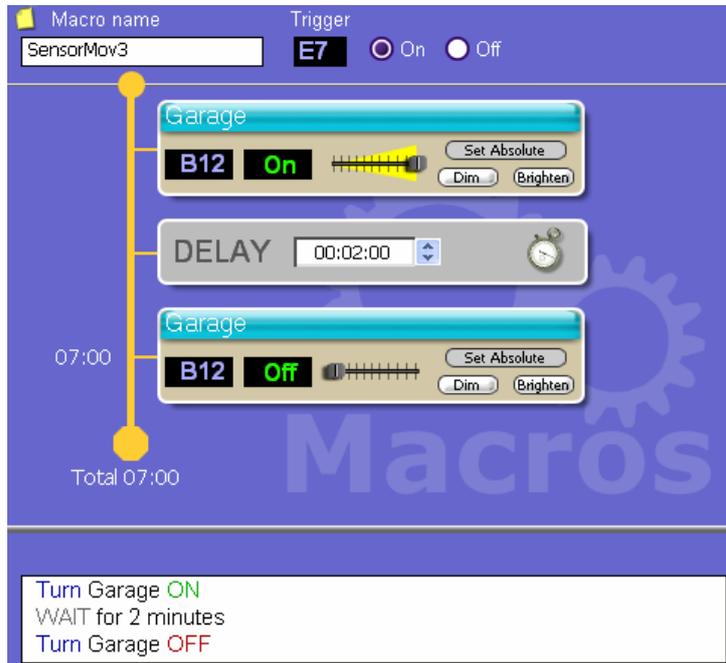


Figura 5.31. Macro Sensor de Movimiento Garage



Figura 5.32. Macro Sensor de Movimiento Patio Posterior

- **Simulación de Presencia.** Como se anotó anteriormente, siempre que el sistema de seguridad se encuentre armado en modo Away, el controlador enviará, a horas predeterminadas, comandos que activarán macros para crear escenas con el sistema de iluminación. El resumen de las macros creadas se muestran de la figura 5.33 a la figura 5.41.

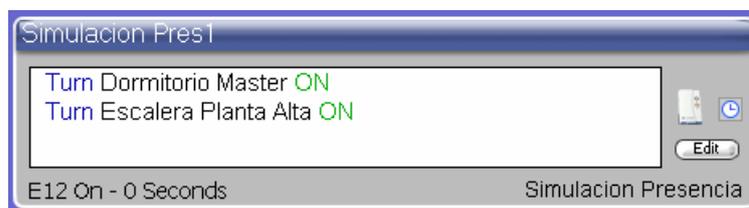


Figura 5.33. Macro 1 para simulación de Presencia



Figura 5.34. Macro 2 para simulación de Presencia



Figura 5.35. Macro 3 para simulación de Presencia



Figura 5.36. Macro 4 para simulación de Presencia



Figura 5.37. Macro 5 para simulación de Presencia

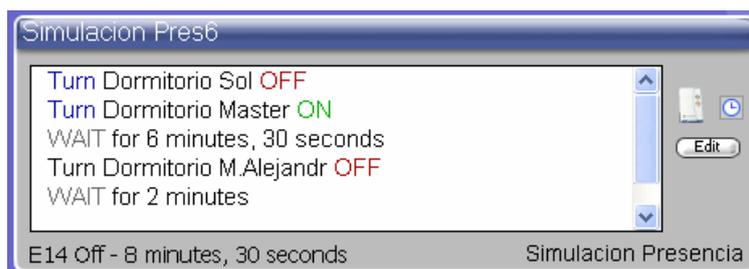


Figura 5.38. Macro 6 para simulación de Presencia

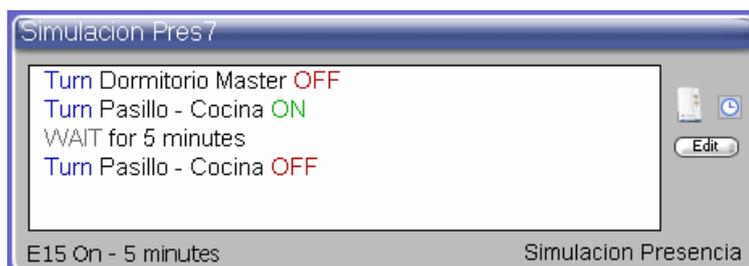


Figura 5.39. Macro 7 para simulación de Presencia

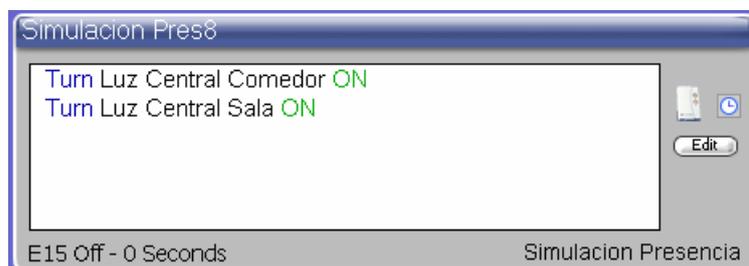


Figura 5.40. Macro 8 para Simulación de Presencia



Figura 5.41. Macro 9 para Simulación de Presencia

- **Alarma de Intrusión.** Al recibir el controlador un aviso de alarma (Siren On), envía el comando E11 para activar una macro, cuyo resumen se muestra en la figura 5.42, que tiene como objetivo avisar a los moradores de la vivienda que existe una intrusión en su hogar. Dicha macro hará titilar las luces de toda la casa por espacio de un minuto y hará sonar tres veces las sirenas X-10.

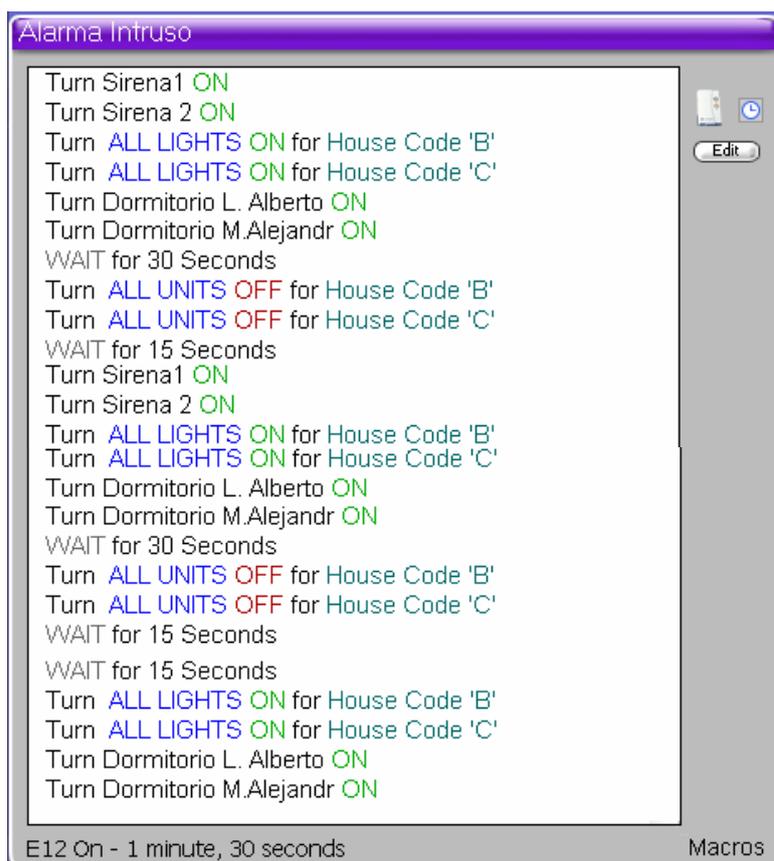


Figura 5.42. Resumen de la Macro Alarma de Intrusión

CAPÍTULO 6

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA INTERFAZ DE USUARIO DEL SISTEMA

La incorporación a los enfoques tradicionales de nuevas formas de transmitir información de control, mediante tecnologías de amplia difusión, se ha convertido en uno de los principales aspectos favorables al fortalecimiento de la Domótica. Esta incorporación ha alcanzado en la actualidad niveles considerablemente elevados, llegando incluso al punto de emplear en aplicaciones dómicas una gran cantidad de medios físicos y redes de acceso ya consolidadas, relacionadas con otras aplicaciones, como por ejemplo la red eléctrica, la red telefónica y las redes de área local. Así mismo, esta incorporación demanda el desarrollo de interfaces de usuario adecuadas para cada tecnología de acceso.

A continuación se presenta en primer lugar un breve análisis de algunas opciones tecnológicas para monitorear y controlar remotamente el sistema domótico y posteriormente se muestra el diseño de la interfaz de usuario para la opción más adecuada.

6.1 TECNOLOGÍAS DE ACCESO

6.1.1 Red telefónica

Dado que la telefonía es el sistema de telecomunicaciones con mayor difusión y aceptación por parte de la gran mayoría de usuarios, la red telefónica se ha convertido en uno de los sistemas de control domótico más utilizado, dentro y fuera de la vivienda. Además, la telefonía presenta un entorno bastante amigable para el usuario, principalmente para aquellos que no están familiarizados con otras opciones (como las que se presentan más adelante). La telefonía, así mismo, ha alcanzado un elevado nivel de estabilidad y madurez que asegura su presencia en el mercado.

En el mercado actual existe gran cantidad de interfaces que permiten la comunicación bidireccional entre el usuario y el sistema domótico instalado en la vivienda a través de la línea telefónica (Figura 6.1).



Figura 6.1. Modelos de Interfaces Telefónicas

Gracias a estas interfaces, el sistema domótico puede ser configurado de manera que genere llamadas de alarma o notificación de eventos hacia varios números telefónicos (usuario, empresas de seguridad, policía, hospitales, etc.) y, a la vez, responder llamadas realizadas desde fuera de la vivienda y, mediante la utilización de menús hablados, el usuario puede modificar y monitorear el estado de los dispositivos conectados a la red domótica.

Es claro que para ingresar a cualquiera de funciones implementadas en la interfaz telefónica será necesario ingresar un código de acceso, configurable por el usuario, de modo que sólo las personas autorizadas tengan acceso al sistema a través del teléfono.

6.1.2 Internet

El Internet es un sistema que ha evolucionado notablemente desde su creación, y este éxito se atribuye a su capacidad para soportar eficazmente el diseño de novedosas aplicaciones y la posibilidad que brinda para incorporar nuevas tecnologías de red de forma incremental, permitiendo al mismo tiempo que las aplicaciones existentes sigan funcionando.

La globalización de Internet ha contribuido al desarrollo de otras tecnologías, entre ellas la Domótica. Gracias al desarrollo de servicios interactivos, se ha permitido la creación de aplicaciones domóticas de acceso remoto ejecutadas en servidores accesibles a través del Internet, tal como se muestra en la figura 6.2

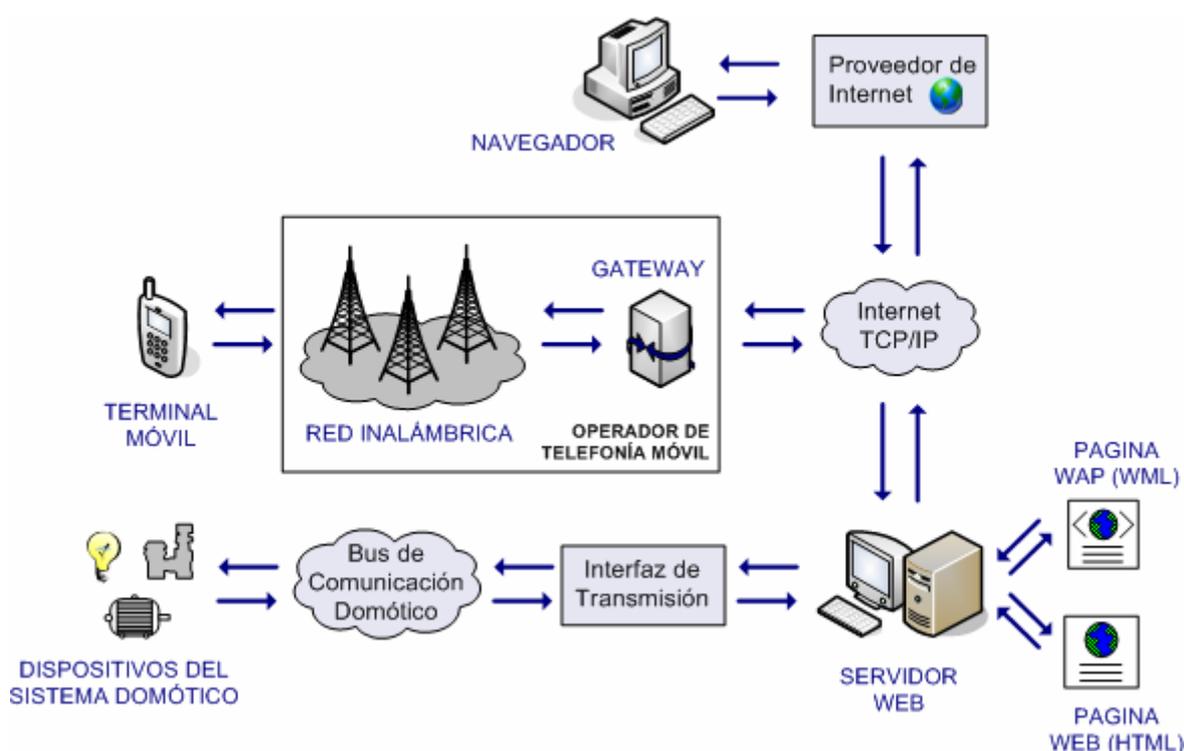


Figura 6.2. Diagrama Estructural del Acceso remoto vía WEB/ WAP

Para el control remoto de una vivienda domótica vía ordenador con conexión a Internet, el programa navegador (instalado en el ordenador) realiza la petición de la página Web editada en HTML (Hypertext Markup Language), la cual contiene la interfaz de control y monitoreo del sistema. El equipo se comunicará con el servidor Web instalado en la vivienda (el cual contiene la página HTML) y, gracias a la comunicación establecida luego del ingreso de la contraseña correspondiente, el usuario tiene la posibilidad de monitorear y enviar señales de control a los equipos que conforman la instalación domótica. Cabe anotar que, para poder acceder a este servicio, la vivienda debe contar con una conexión permanente a Internet.

6.1.3 WAP

El acceso a Internet a través de las redes de telefonía móvil de segunda y tercera generación es una alternativa de gran cobertura geográfica y de enormes posibilidades pues ha permitido el desarrollo de interesantes aplicaciones. El protocolo estandarizado WAP (Wireless Applications Protocol) permite a los teléfonos móviles, convertidos en terminales, acceder a servicios tales como, correo electrónico, videoconferencia, el envío y recepción de datos a alta velocidad, entre otros.

Estos servicios han facilitado el desarrollo de una nueva alternativa para el control remoto de instalaciones domóticas. Por medio de un teléfono móvil y mediante la utilización de una adecuada interfaz incorporada al dispositivo (Figura 6.3), el usuario puede transmitir comandos a los diferentes equipos que componen sistema inteligente, y a la vez supervisar el estado de los mismos.



Figura 6.3. Ejemplo de interfaz de control vía WAP

El terminal móvil incluye un **micro navegador**, el cual permite descargar una página editada en WML (Wireless Markup Languaje, una versión de HTML) y guardada en un servidor. A través del navegador se realizan las peticiones de información a una pasarela (*gateway*), las mismas que son adecuadamente tratadas y redirigidas al servidor de información correspondiente. Dicho servidor evalúa la solicitud de información y, una vez procesada, la envía de regreso a la pasarela que le da el formato adecuado para transmitir al terminal móvil. El proceso se ilustra en la figura 6.2.

6.1.4 SMS

El servicio de mensajes cortos, **SMS (Short Message Service)**, está teniendo un gran auge en nuestros días, y su utilización está superando en gran medida al uso para el que fue concebido inicialmente.

Utilizando el software apropiado y los dispositivos adecuados (módem GSM), mediante a una conexión similar a la mostrada en la figura 6.4 los usuarios obtienen la posibilidad de enviar y recibir información que les permitirá controlar y/o monitorear los distintos equipos instalados en su vivienda domótica a través del envío de mensajes SMS.

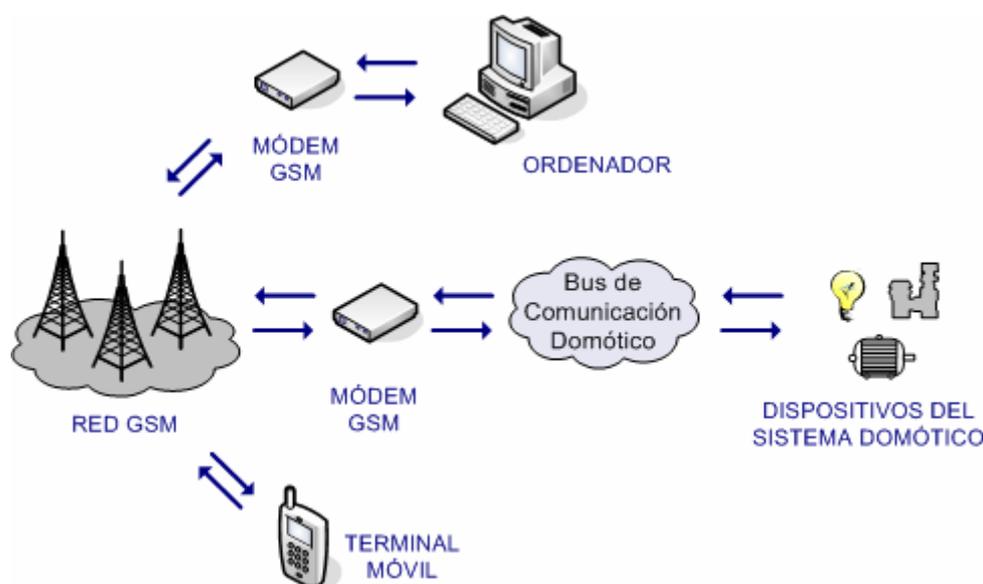


Figura 6.4. Diagrama Estructural del Acceso remoto vía SMS

Los módems GSM (Figura 6.5) se comportan de forma muy similar a un módem normal e incluyen nuevas características. Funcionan como teléfonos móviles, y permiten gestionar la base de datos de otros teléfonos (lista de los mensajes SMS recibidos) y enviar mensajes SMS. Además, diversos parámetros de estos módems pueden ser configurados de acuerdo a las necesidades de la aplicación y del usuario.



Figura 6.5. Módem GSM

6.2 SUBSISTEMA DE CONTROL REMOTO

El desarrollo del subsistema de control remoto se realizó siguiendo las propuestas de la tecnología Domótica, las cuales implican la gestión de las comunicaciones dentro y fuera de la vivienda para alcanzar una mejora en la calidad de vida de las personas, así también como el requisito del usuario (detallado en el Capítulo 4), el cual suponía la implementación de un sistema que permitiera principalmente la gestión y en menor medida la supervisión remota del sistema de seguridad instalado.

La selección de la opción tecnológica que será utilizada para el subsistema se realizó tomando en cuenta los siguientes aspectos: la difusión de la tecnología, facilidad de manejo para el usuario y la disponibilidad de los equipos en el mercado.

En el país, el mercado de los servicios WAP y SMS está empezando a expandirse, sin embargo aún no existe una completa aceptación y hábito de manejo por parte de los usuarios. Por otro lado, en el caso de SMS, los equipos (módems GSM) necesarios para implementar un servicio de este tipo no están disponibles en el mercado, y en cuanto a WAP, los usuarios prefieren conectarse a Internet mediante un ordenador que usando su teléfono celular.

Asimismo, la telefonía y el Internet se han convertido en servicios que presentan un elevado nivel de estabilidad y madurez, una gran cobertura y un uso masivo en el Ecuador, por lo que los usuarios se encuentran familiarizados con las mismas, razón por la cual se decidió utilizar estas tecnologías para la implementación del subsistema de acceso remoto.

6.2.1 Descripción del Control Remoto vía Teléfono

En cuanto al control desde el exterior de la vivienda, como se describió anteriormente en el Capítulo 4, gracias a la utilización del dispositivo CaddX NetworkX "Operator II" Telephone Interface Module, se puede acceder mediante un teléfono de marcado a varias funciones de operación y configuración del sistema de seguridad CaddX NetworkX, para lo cual se utilizan menús hablados que indicarán al usuario las opciones disponibles (armar sistema, desarmar sistema, cambiar clave, entre otras).

Esta interfaz permite además enviar señales de control a 32 salidas X-10, para lo cual es necesario conectar a la interfaz un módulo PSCO4 (Interfaz de Transmisión X-10 Unidireccional). En el caso del presente proyecto esta aplicación no se realizó, a pesar de tener todas las condiciones dadas para su implementación, debido a que el usuario de la vivienda no lo consideró necesario.

En lo que respecta al monitoreo de los dispositivos instalados en la vivienda se presenta un inconveniente. Como se ha analizado a lo largo del desarrollo del proyecto, X-10 es una tecnología que presenta varios problemas en cuando a la fiabilidad de transmisión de datos y, por otro lado, no es posible comprobar la correcta recepción de comandos por parte de los actuadores, a menos que se tratara de dispositivos bidireccionales ⁽¹⁹⁾. Sin embargo, la utilización de gran cantidad de este tipo de dispositivos, en cualquier vivienda, es contraproducente, debido a que puede producirse la saturación de la línea por el envío de gran cantidad de comandos X-10.

Es por ello que el usuario recibirá, mediante llamadas telefónicas, únicamente la información del estado del sistema de seguridad CaddX NetworkX, así también como el reporte de varios eventos de dicho sistema. El CaddX NetworkX NX-6 permite configuración de hasta tres números telefónicos. Para el caso del presente proyecto, el usuario decidió que las llamadas se dirigieran a su celular, a la central de guardianía de la Urbanización y a una compañía de seguridad cuyos servicios serían contratados.

¹⁹ La definición de este tipo de dispositivos se detalla en el Capítulo 3

6.2.2 Descripción del Control Remoto vía Web

La opción de control remoto vía Web fue diseñada para permitir al usuario gestionar las principales funciones de iluminación de la instalación domótica así como algunas funciones básicas de seguridad y riego, y acceder a las imágenes generadas por la cámara de videovigilancia en tiempo real, desde cualquier ordenador con acceso a Internet.

La supervisión de los demás dispositivos no se incluyó en esta opción de control debido a que todos los eventos, incluidos los del sistema de seguridad, debían ser transmitidos a la interfaz ActiveHome Pro (para poder ser visualizados en la interfaz de usuario) como comandos X-10 y la información desplegada no sería del todo confiable por las razones explicadas anteriormente y podría derivar en diversos problemas.

6.2.2.1 Comunicación entre la Interfaz de Usuario y el Sistema X-10

La interfaz de usuario, que permitirá el control remoto del sistema domótico a través de Internet, fue desarrollada utilizando el software Macromedia Flash MX, puesto que el mismo permitió realizar una interfaz gráfica más vistosa y agradable. Esta interfaz se incluyó en una página Web HTML para poder hacer uso del lenguaje de programación Javascript, el cuál permitirá llevar a cabo el envío de comandos X-10, como se explicará más adelante.

Dicha página deberá ser ingresada en un servidor Web instalado en un computador con conexión permanente a Internet ubicado en la vivienda del proyecto, de manera que pueda ser descargada desde el exterior de la residencia. Para efectos de prueba de la interfaz de usuario, en el presente proyecto se utilizó el servidor Web Apache puesto que el mismo no implicaba costos extra por ser de libre distribución.

Dado que la interfaz ActiveHome Pro transmite y recibe únicamente señales X-10, fue necesario aprovechar la característica de integración de la instalación domótica para

diseñar una interfaz de usuario que permitiera controlar todos los subsistemas presentes en la vivienda. Como se detalló en el capítulo 4 del present

te proyecto (Diseño del Sistema), el PLC ELK Magic Module será el encargado de convertir los comandos X-10 en señales de control de los subsistemas de seguridad y riego.

El proceso seguido para obtener la comunicación entre la interfaz de usuario y el sistema X-10 se ilustra en la figura 6.6:

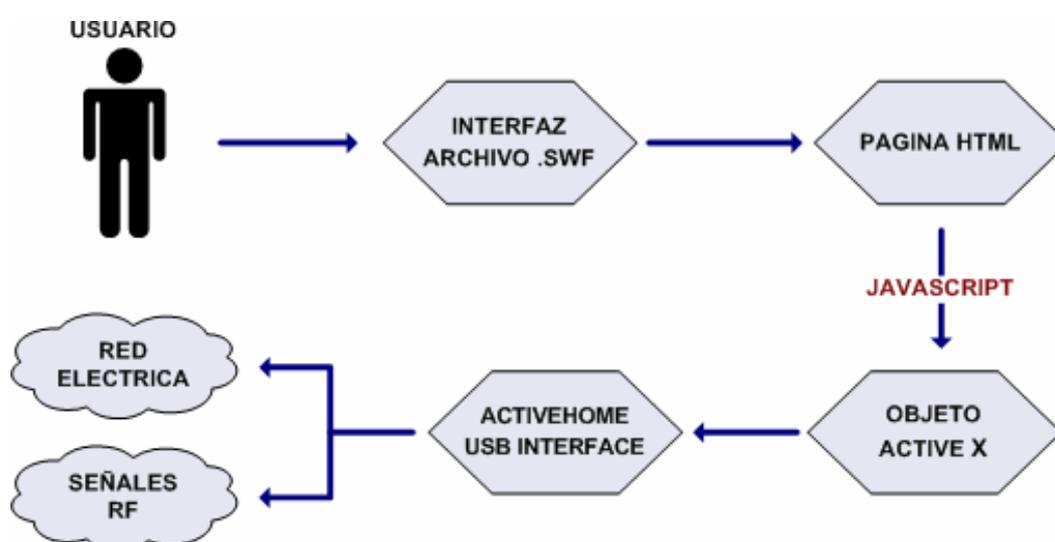


Figura 6.6. Comunicación entre la Interfaz de usuario y el Sistema X-10

La interfaz de usuario es un archivo con extensión .swf (extensión de aplicaciones Macromedia Flash), el mismo que está incluido en la página HTML que será guardada en el servidor. La interfaz se comunica con la página HTML mediante el comando (acción) `fscommand`, el mismo que se incluye en el código ActionScript de la interfaz. A continuación se explica el comando con mayor detalle:

- `fscommand` (“comando”, “parámetros”). Permite a una película Flash comunicarse con el reproductor Flash, o el programa que alberga al reproductor, como un navegador Web. Para enviar un mensaje a un lenguaje scripting como JavaScript en un navegador Web, es posible enviar dos parámetros cualesquiera en los argumento “comando” y “parámetros”.

Estos parámetros pueden ser cadenas de caracteres o expresiones que pueden ser usadas en una función JavaScript, la misma que maneja la acción `fscommand`. En un navegador Web, la acción `fscommand` llama a su vez a la función JavaScript `movienam_DoFSCommand` ubicada en la página HTML que contiene a la película Flash, donde `movienam` es el nombre asignado al reproductor Flash ⁽²⁰⁾.

Posteriormente, a través de código Javascript, el comando generado por la función escogida será transmitido a un objeto ActiveX incluido en la página Web, el cual es el encargado de recibir los comandos enviados desde la página HTML y enviarlos a la interfaz ActiveHome Pro, la misma que gestiona la conversión de estos comandos a señales X-10 y su subsiguiente envío por la red eléctrica o por radiofrecuencia a los actuadores necesarios.

La librería que permite generar el objeto ActiveX se instala en el computador como parte del paquete ActiveHome Pro Scripting Software Development Kit, el cual permite desarrollar software, páginas Web y otras herramientas que utilizan la interfaz ActiveHome Pro para controlar e interactuar con dispositivos X-10.

Para cargar el objeto ActiveX en la página Web se utiliza el scripting (comando Javascript) que se presenta a continuación:

```
<OBJECT ID="ActiveHomeObj" width=0 height=0 classid="CLSID:001000AF-2DEF-0208-10B6-DC5BA692C858" codebase="ahscript.dll" standby="Loading ActiveHome components..." type="application/x-oleobject"></OBJECT>
```

Una vez cargado el objeto ActiveX, el mismo puede enviar todos los comandos X-10, tanto por la red eléctrica como por radiofrecuencia, mediante una función básica: `SendAction`. Los parámetros enviados junto con esta función, especificados como cadenas de caracteres, son los que determinan el tipo de comando, la dirección, y datos adicionales

²⁰ Para mayor información referirse a la ayuda del software Macromedia Flash

La sintaxis del comando `SendAction` ²¹ se presenta a continuación:

```
ActiveHomeObj.SendAction("parámetro1", "parámetro2").
```

En donde *parámetro1* puede ser una de las siguientes cadenas:

- “sendplc”: envía comandos por la red eléctrica.
- “sendrf”: envía comandos por radiofrecuencia.
- “queryplc”: devuelve el estado que debería tener un determinado dispositivo según los comandos de entrada y salida registrados.

Mientras que *parametro2* establece la dirección, los comandos como ON, OFF, DIM, y BRIGHT y otros argumentos específicos de cada comando. A continuación se presenta un ejemplo de la función `SendAction` empleada en la interfaz de usuario, en el cual se envía un comando por la red eléctrica para disminuir a la mitad la intensidad de la luz de la habitación con la dirección *b1*.

```
ActiveHomeObj.SendAction("sendplc", "b1 dim 50");
```

6.2.2.2 Descripción de la Interfaz de Usuario

Dado que el control remoto vía Web permite gestionar sistemas de la vivienda, un aspecto importante de la interfaz de usuario debe ser su capacidad de restringir el acceso a la misma únicamente a personas autorizadas. Existen varias posibilidades de llevar a cabo esta restricción, entre las cuales se puede mencionar a las siguientes:

- Incluyendo la clave en el código `ActionScript` de la interfaz.
- Incluyendo la clave en un archivo de texto.

²¹ Para mayor información referirse a la ayuda del paquete `ActiveHome Pro Scripting Software Development Kit`.

- Incluyendo la clave en un archivo PHP.

Las dos primeras opciones, sin embargo, no presentan la seguridad necesaria para la aplicación en el presente proyecto, razón por la cuál se escogió implementar la protección de la interfaz encriptando la clave mediante el algoritmo MD5 en un archivo PHP. El algoritmo MD5 es una función de cifrado que acepta una cadena de texto como entrada, y devuelve un número de 128 bits. Las ventajas de este tipo de algoritmos son la imposibilidad (computacional) de reconstruir la cadena original a partir del resultado, y también la imposibilidad de encontrar dos cadenas de texto que generen el mismo resultado.

De acuerdo con los argumentos anteriores, al ingresar al sistema el usuario deberá ingresar una contraseña, como se indica en la figura 6.7:

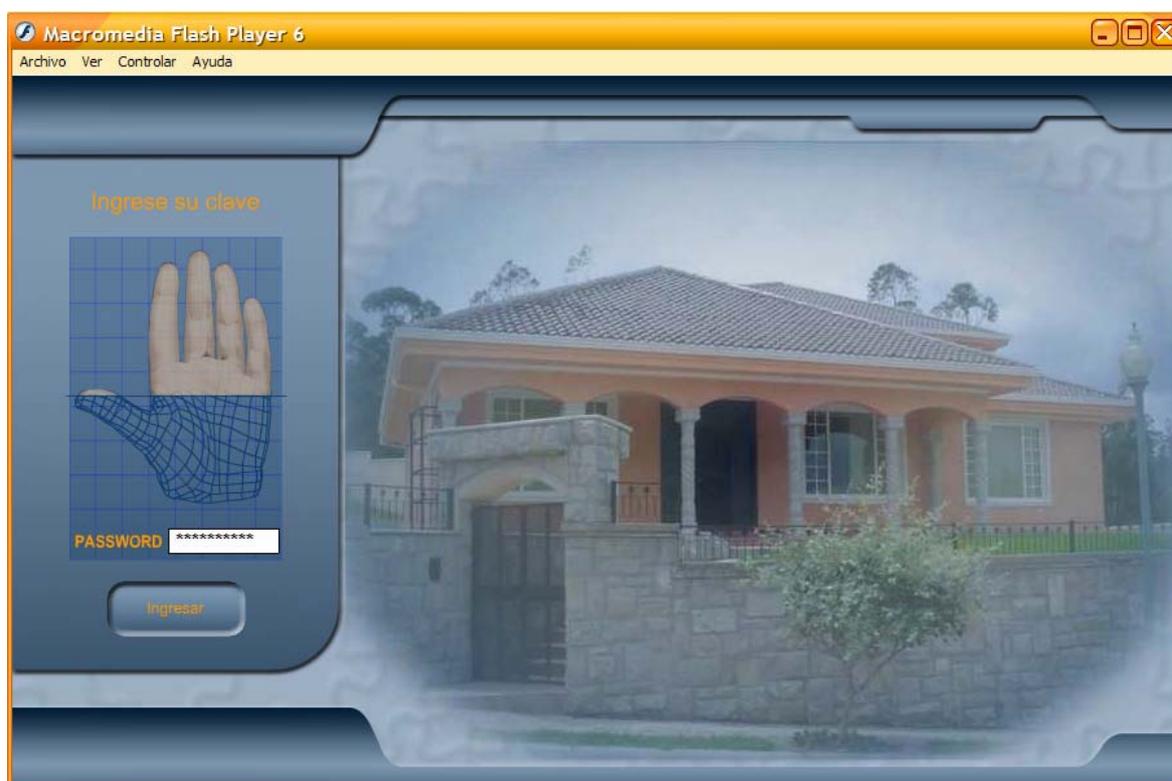


Figura 6.7. Ingreso de la Contraseña

A continuación, si la contraseña es correcta, se ingresa a la interfaz de usuario, la cual presenta un menú de tres botones, las funciones de los cuales se detallan a continuación:

- **Iluminación:** Al presionar esta opción del menú se despliega en la pantalla central los nombres de las estancias que pueden seleccionarse para ser controladas. El usuario, además, puede acceder a las mismas estancias, de manera gráfica, seleccionándola en los planos de cada una de las plantas que conforman la vivienda, los cuales se muestran en el sector izquierdo de la interfaz.

Una vez seleccionada la estancia, ya sea en el plano o en la lista desplegada, en la parte central de la pantalla se muestra una pequeña imagen de la habitación escogida y las opciones de control (figura 6.8) existentes en la misma, las cuales se resumen a encender, apagar y variar la intensidad de las luces controladas.



Figura 6.8. Opción Iluminación de la Interfaz de usuario

- **Herramientas:** Al escoger esta opción, en el centro de la pantalla se muestran las funciones básicas a las que puede acceder el usuario a través de la interfaz, correspondientes a los subsistemas de seguridad y riego.

Además se presentan las funciones relacionadas con agrupaciones de luces de la vivienda como se muestra en la figura 6.9. Las funciones que se despliegan se detallan en la tabla 6.1

FUNCIÓN	DESCRIPCIÓN
All lights On	Se encienden todas las luces de la vivienda
All lights Off	Se apagan todas las luces de la vivienda
Perímetro On	Se encienden las luces del perímetro (Vestíbulo, Patio Lateral y Patio Posterior)
Perímetro Off	Se apagan las luces del perímetro
Armar Stay	Se arma el sistema de seguridad en modo Stay
Armar Away	Se arma el sistema de seguridad en modo Away
Riego On	Se activa el sistema de riego por 15 minutos
Riego Off	Se desactiva el sistema de riego
Escena 1 On	Se encienden las luces correspondientes a una escena determinada por el usuario.
Escena 1 Off	Se apagan las luces correspondientes a una escena determinada por el usuario.
Escena 2 On	Se encienden las luces correspondientes a una escena determinada por el usuario.
Escena 2 Off	Se apagan las luces correspondientes a una escena determinada por el usuario

Tabla 6.1. Funciones de la opción Herramientas del Menú



Figura 6.9. Opción Herramientas de la Interfaz de usuario

- **Videovigilancia:** Para acceder a la cámara de videovigilancia desde la interfaz de usuario se hizo una distinción entre el monitoreo local y el remoto puesto que la transmisión de video en tiempo real a través de internet consumiría una gran cantidad de recursos del computador así como un elevado ancho de banda de la conexión a internet. Por esta razón, para observar localmente las imágenes enviadas por la cámara, se utilizó funciones ActionScript que permiten acceder a la cámara y mostrar el vídeo en la interfaz. Por otro lado, para observar las imágenes remotamente se empleó un software adicional que permite guardar instantáneas de la cámara en el ordenador (el cual actúa como servidor). El software utilizado es Active WebCam y cabe anotar que es posible utilizar cualquier otro programa de cámara Web que presente la característica de guardar instantáneas localmente. Las imágenes se refrescan cada cierto tiempo definido por el usuario y se cargan dinámicamente en la interfaz de usuario. El tiempo de refrescamiento de las imágenes así como el tiempo de carga dinámica de las mismas define la calidad de la transmisión así como el ancho de banda consumido. En la figura 6.10 se puede apreciar la disposición del visor de la cámara de videovigilancia en la interfaz de usuario.



Figura 6.10. Opción de Videovigilancia de la Interfaz de usuario

CAPÍTULO 7

PRUEBAS Y RESULTADOS

El presente capítulo tiene por objeto detallar las pruebas que se realizaron para comprobar el correcto funcionamiento de cada uno de los dispositivos que componen los diferentes sistemas instalados en la vivienda domótica. Asimismo se documentarán los resultados obtenidos en cada una de las pruebas realizadas, las cuales se especifican a continuación.

7.1 TECNOLOGÍA X-10

Como se anotó en capítulos anteriores, a pesar que tecnología X-10 ofrece varios beneficios a los usuarios, una de las mayores desventajas que presenta son los problemas de fiabilidad en la transmisión de datos, los mismos que pueden ser agrupados en dos categorías:

- Problemas mayores: La transmisión X-10 no funciona a ningún momento. Estos problemas pueden producirse por varias causas tales como: daños en la interfaz X-10 (como por ejemplo en el módulo PSC05), daños en los controladores o un grave problema de degradación de la señal X-10 en la vivienda
- Problemas intermitentes: La transmisión X-10 funciona solo por momentos. Estos problemas son los que más comúnmente se presentan en las instalaciones y son causados principalmente por una o varias de las siguientes razones: atenuación de la señal X-10, ruido eléctrico presente en la línea o desacoplamiento entre las fases de la línea eléctrica ⁽²²⁾.

²² Para mayores detalles referirse al manual técnico de Leviton DHC (www.leviton.com/pdfs/dhctechman.pdf)

Teniendo en cuenta estos inconvenientes, una vez conectados todos los módulos X-1 se realizaron las siguientes revisiones para comprobar el funcionamiento de los distintos dispositivos:

- Verificación del funcionamiento manual de todos los modelos de interruptores instalados (Decorador Dimmer Switch, Companion Switch, Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver, Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller, Slimline Wireless RF Wall Switch y XPD4 Four Button Dimming Keypad).
- Creación de escenas con los módulos receptores y el controlador de Leviton.
- Confirmación del encendido de las luces relacionadas a los sensores de movimiento X-10 al momento de detectar presencia (solo en la noche).
- Verificación de la recepción de señales de RF con todos los Transceivers ubicados en diferentes lugares de la vivienda.
- Comprobación de la respuesta de los receptores a los comandos enviados por los diferentes controladores (XPD4 Keypad, Slimline Wireless RF Wall Switch y Universal 5-in-1 Learning Remote).

Cabe destacar que estas pruebas se realizaron previamente a la conexión del dispositivo repetidor acoplador. Dichas pruebas permitieron observar que en la instalación se presentaban problemas de tipo intermitente, sobretodo en el funcionamiento de los XPD4 Four Button Dimming Keypad. Es por ello que fue necesario hacer una serie de pruebas para determinar las causas de dichos problemas. Para realizar dichas pruebas, las cuales se detallan más adelante, se utilizó el dispositivo ELK ESM1 X10.

ELK ESM1 X10 Signal Meter. Medidor de señales que permite verificar la presencia de señales X10. Además permite mostrar la intensidad de cualquier señal que transmita a la misma frecuencia que el protocolo X10, desplegando mediciones entre 100mV y 5V. Sus especificaciones se detallan en la Tabla 7.1:

	Alimentación	: 120V, 60Hz
	Sensibilidad	: 100mV a 5V, $\pm 10\%$
	Frecuencia detectada	: 120KHz $\pm 10\%$
	Comunicación	: Unidireccional
	Dimensiones	: Medidor: 64mm x 64mm x 25mm Transformador: 51mm x 64mm x 43mm
Indicadores	LED Anaranjado: Power LED Verde: ON: Señal X10 OFF: Ruido, Interferencia Barra de LED's Rojos: Nivel de intensidad de la señal	

Tabla 7.1. Especificaciones de ELK ESM1 X10 Signal Meter

7.1.1 Ruido Eléctrico

El ruido eléctrico es una de las causas más comunes de operación intermitente de los sistemas X-10. Como se ha anotado en capítulos anteriores, la señal X-10 se transmite generando un pulso de 120KHz en la línea de voltaje de 60Hz. Es por ello que cualquier señal que se transmita a la misma frecuencia interferirá con los comandos X-10 enviados.

Algunas de las principales fuentes de ruido eléctrico en una vivienda son: lámparas fluorescentes, halógenas o HID, dimmers que no sean de tecnología X-10, televisores, secadores de cabello, afeitadoras eléctricas, monitores de computador, impresoras a láser, aspiradoras, taladros, artefactos de cocina como cuchillos eléctricos y licuadoras, dispositivos inalámbricos que utilicen la red eléctrica como medio de transmisión tales como monitores para bebés y timbres de puerta, entre otros. Cabe anotar que no es necesario que los aparatos estén encendidos, basta con que estén conectados para que produzcan ruido y e incluso atenuación en la señal X-10 transmitida.

Una clara muestra de la existencia de este problema en una instalación es el hecho de que los receptores no funcionen como se les ordena, pues debido a las interferencias pueden perder o mal interpretar los comandos enviados por los diferentes controladores, lo

cual fue precisamente lo que sucedía a momentos en la vivienda del proyecto, sobretodo en el funcionamiento de los Keypads XPD4.

7.1.1.1 Pruebas y resultados

Para determinar la fuente del ruido en las instalaciones eléctricas de la vivienda se realizó la siguiente prueba: se colocó el ELK ESM1 X10 en varios interruptores situados en diferentes habitaciones de la vivienda, de manera que fuera posible determinar la cantidad de ruido presente en las diferentes estancias, verificando de esta manera en cual de ellas se presenta la mayor cantidad de ruido. Seguidamente se envió un comando X-10 para determinar además la intensidad de la señal en cada habitación.

Se practicó la misma prueba cuatro veces con las siguientes variaciones: En las dos primeras comprobaciones las mediciones fueron realizadas previo a la instalación del dispositivo Leviton DHC HCA02-10E System Coupler/Amplifier/Repeater en el tablero de distribución, la primera sin que ningún dispositivo estuviera conectado o encendido en la instalación y en la segunda con una aspiradora, un televisor, un taladro y un secador de cabello funcionando en diferentes estancias. Las dos veces restantes se evaluó la presencia de ruido y la intensidad de la señal luego de conectar el HCA02-10E, una sin dispositivos conectados y otra con presencia de electrodomésticos. Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 7.2 y 7.3:

Habitación	Sin dispositivos conectados		Con dispositivos conectados	
	Ruido	Señal X-10	Ruido	Señal X-10
Cocina	$\leq 0.7V$	$\leq 1.5V$	$\leq 1V$	$\leq 1.5V$
Cuarto de Máquinas	$\leq 0.5V$	$\leq 1.8V$	$\leq 1V$	$\leq 1.8V$
Planta Alta	$\leq 0.1V$	$\leq 3.1V$	$\leq 0.7V$	$\leq 3.1V$
Sala y Comedor	$\leq 0.1V$	$\leq 4V$	$\leq 0.3V$	$\leq 4V$
Otras Estancias	0V	$\leq 3.5V$	$\leq 0.5V$	$\leq 3.5V$

Tabla 7.2. Resultados de las pruebas realizadas para determinar la presencia de ruido (HCA02-10E No instalado).

Habitación	Sin dispositivos conectados		Con dispositivos conectados	
	Ruido	Señal X-10	Ruido	Señal X-10
Cocina	$\leq 0.7V$	$\geq 3.8V$	$\leq 1V$	$\geq 3.8V$
Cuarto de Máquinas	$\leq 0.5V$	$\geq 3.8V$	$\leq 1V$	$\geq 3.8V$
Planta Alta	$\leq 0.1V$	$\geq 4V$	$\leq 0.7V$	$\geq 4V$
Sala y Comedor	$\leq 0.1V$	5V	$\leq 0.3V$	$\leq 5V$
Otras Estancias	0V	$\geq 4.5V$	$\leq 0.5V$	$\geq 4.5V$

Tabla 7.3. Resultados de las pruebas realizadas para determinar la presencia de ruido (HCA02-10E instalado).

7.1.2 Atenuación de las señales X-10

Si se aumenta la cantidad de módulos X-10 instalados en la vivienda y mientras mayor sea distancia que la señal tiene que viajar a través de la línea eléctrica, la atenuación de la señal X-10 será cada vez más grande. Algunos estudios han demostrado que las casas con una superficie mayor a $250m^2$ de construcción normalmente experimentan este problema. Como se anotó anteriormente, la superficie de construcción de la vivienda del proyecto es de $450m^2$, por lo cual se creyó necesario realizar pruebas para confirmar la presencia de atenuación de las señales X-10.

7.1.2.1 Pruebas y resultados

La mejor manera de diagnosticar un problema de atenuación en la vivienda es utilizando un medidor de intensidad de señal, y el ELK ESM1 X-10 es ideal para este propósito. Entonces, utilizando un transmisor y sin moverlo de su posición inicial (XPD4 ubicado en la puerta de entrada al pasillo de la vivienda), se empezó a enviar continuamente comandos X-10 y se conectó el medidor en un tomacorriente cercano al transmisor.

Posteriormente, cada cierto tiempo se comenzó a enchufar el ELK ESM1 X-10 en tomacorrientes cada vez más alejados del punto de transmisión. Cabe anotar que dicho punto debe ser de preferencia, el lugar más alejado con respecto al tablero de distribución, y el punto final donde se coloque el medidor deberá estar situado lo más alejado posible al transmisor y en una fase diferente a donde se encuentre conectado el mismo.

De igual manera que en las pruebas para ruido, las pruebas para atenuación se realizaron en primera instancia sin ningún dispositivo conectado y posteriormente se conectaron los aparatos ya mencionados. Con estas pruebas se comprobó que, al alejarse del punto inicial, la señal X-10 transmitida paulatinamente iba disminuyendo en intensidad, verificándose de esta manera la presencia de atenuación en la instalación. En la Tabla 7.4 se muestran los resultados obtenidos:

Distancia aproximada del Punto Inicial	HCA02-10E no Instalado		HCA02-10E Instalado	
	Señal X-10 sin dispositivos conectados	Señal X-10 con dispositivos conectados	Señal X-10 sin dispositivos conectados	Señal X-10 con dispositivos conectados
1 m	4.0 V	3.5 V	5 V	4.8 V
5 m	3.7 V	3.0 V	5.0 V	4.8 V
10 m	3.5 V	2.5 V	4.8 V	4.2 V
15 m	2.5 V	1.5 V	4.5 V	4.0 V
20 m	1.5 V	1.0 V	4.0 V	3.5 V
25 m	1.0 V	0.5 V	3.8 V	3.5 V
30 m	0.5 V	0.1V – 0.2V	3.5 V	3.2 V

Tabla 7.4. Resultados de la prueba realizada para determinar la presencia de atenuación.

7.1.3 Desacoplamiento entre Fases

La mayoría de sistemas de distribución de energía eléctrica en las residencias es de tres cables: dos cables para fases de 110VAC cada una y un cable para neutro. Para circuitos de fuerza (220V) se utilizan ambas fases. Para que un módulo X-10 situado en

una de las fases pueda controlar un módulo X-10 colocado en una fase distinta, la señal deberá viajar hasta el tablero de distribución eléctrico y cruzar de una fase a otra. En caso de existir un mal acoplamiento entre fases, la potencia de la señal enviada será atenuada, imposibilitándose su llegada hasta el módulo receptor destinado. Algunos de los signos que indican la presencia de desacoplamiento entre fases son:

- Utilizando un controlador X-10 desde cierta habitación es posible controlar los módulos colocados en una estancia pero no los módulos de otra. Esto generalmente significa que la distribución eléctrica de cada habitación se encuentra en diferentes fases. Al situar el controlador en una habitación situada en la fase distinta ya es posible controlar los módulos que previamente no respondían.
- Todos los módulos X-10 funcionan bien un momento y luego dejan de funcionar nuevamente. Generalmente esto sucede cuando un electrodoméstico HVAC está encendido, puesto estos dispositivos trabajan con 220V y se crea un acoplamiento momentáneo entre las fases.

En el caso de la vivienda del presente proyecto, la distribución de la línea eléctrica es de cuatro cables: un cable para fase de 220VAC, dos cables para fase de 110VAC y un cable para neutro. La fase de 220VAC se utilizó exclusivamente para los circuitos de fuerza, en los cuales se conectarían los electrodomésticos, mientras que las dos fases de 110VAC restantes se utilizaron para los circuitos de iluminación y de interruptores. Esto implica que no era posible que el funcionamiento intermitente de los módulos X-10 se relacionara al encendido o apagado de los dispositivos HVAC. Es por ello que se realizó ciertas pruebas para identificar la existencia de un problema de desacoplamiento entre fases en la vivienda.

7.1.3.1 Pruebas y Resultados

Como primera prueba se asignó la misma dirección X-10 a varios módulos, tales como Interruptores Decorador Dimmer Switch, sirenas y transeptores, ubicados en diferentes estancias de la vivienda. A continuación, utilizando los controladores XPD4 Keypad, Slimline Wireless RF Wall Switch y Universal 5-in-1 Learning Remote, se envió

desde diferentes lugares de la casa el comando de encendido a la dirección asignada. Sin embargo, cada vez que se transmitía el comando, únicamente ciertos módulos respondían al comando mientras que otros continuaban apagados, lo que implicaba que existía desacoplamiento.

Para asegurar la presencia del problema se procedió a realizar una segunda prueba. Se colocó el ELK ESM1 X-10 en varios tomacorrientes de la vivienda y se enviaba comandos X-10 desde diferentes estancias utilizando los distintos controladores sin tener conectado o encendido ningún otro aparato eléctrico u electrodoméstico. Se pudo apreciar entonces que, si se enviaba el comando desde un controlador conectado a la misma fase en la que se encontraba conectado el ELK ESM1 X-10, la señal X-10 alcanzaba una intensidad de hasta 3V, mientras que la intensidad de la señal enviada por un controlador conectado a otra fase llegaba únicamente a 0.5V. Esto nuevamente indicaba la presencia de desacoplamiento. Una vez instalado el dispositivo HCA02-10E se realizó nuevamente las pruebas señaladas siendo posible apreciar que los problemas habían sido solucionados considerablemente.

7.2 SISTEMA DE SEGURIDAD

El sistema de Seguridad Caddx NetworX ofrece una mayor confiabilidad en la transmisión de datos, que en el caso de la presente instalación serán en su mayoría de Radio Frecuencia. Sin embargo para probar el estado global del sistema

El sistema de Seguridad Caddx NetworX, al ser un sistema propietario, ofrece una mayor confiabilidad en la transmisión de datos, que en el caso de la presente instalación serán en su mayoría de Radio Frecuencia. Sin embargo para probar el estado global del sistema se llevaron a cabo las siguientes acciones:

- Todos los módulos conectados dentro del gabinete de seguridad poseen leds que al encenderse indican el correcto funcionamiento de cada uno de ellos y una adecuada recepción de datos. Se comprobó que todos los leds operaran apropiadamente.

- Pruebas de armado (Away y Stay) y desarmado del sistema utilizando las diferentes posibilidades implementadas: por medio del keypad, pulsando el keyfob, utilizando el Universal 5-in-1 Learning Remote, por medio de llamadas telefónicas y enviando comandos desde el computador (Internet).
- Confirmación de la creación de escenas para simular presencia al armar el sistema de seguridad en modo Away.
- Verificación de la recepción de señales de todos los sensores instalados (movimiento, puerta/ventana, calor, etc) y el encendido de la señal de alarma al activar dichos sensores, mediante la utilización del modo Test del sistema de seguridad ⁽²³⁾.
- Se determinó el área de cobertura de los sensores de movimiento ⁽²³⁾.
- Se verificó la activación del detector de calor siguiendo las indicaciones detalladas en el manual del mismo ⁽²³⁾.

7.3 SISTEMA DE RIEGO

En el caso del sistema de riego, las pruebas que sirvieron para constatar el buen funcionamiento de los dispositivos (válvula, aspersores y controlador) se resumió a realizar las actividades que se detallan a continuación

- Verificación del encendido y apagado de la válvula de forma manual y automática. Esta última se realizó utilizando el controlador ELK-MM443 Magic Module, el Universal 5-in-1 Learning Remote y el computador (Internet).
- Confirmar que todos los aspersores funcionaran correctamente (salida y retracción normal del aspersor, ángulo de aspersion adecuado, radio de aspersion apropiado).
- Comprobar que la presión de agua existente en la vivienda sea necesaria para abastecer a todos los aspersores instalados.

²³ Para mayores detalles referirse al manual del sistema Caddx NetwokX y los manuales de usuario de los Sensores en los anexos

CAPÍTULO 8

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

8.1 CONCLUSIONES

- La Domótica no es una tecnología reciente, los desarrollos dentro de este campo iniciaron hace más de veinte años, no obstante, hasta hace poco la Domótica no poseía una gran aceptación por parte de la sociedad. Esta limitada aceptación tiene su origen en tres aspectos principales: la escasa divulgación de la Domótica y sus beneficios, la falta de estandarización y la errónea concepción de los costos que implica la misma. Los grandes avances tecnológicos de los últimos años, los esfuerzos por alcanzar una estandarización por parte de varias empresas y organizaciones y los cambios en la forma de vida de las personas han promovido en la actualidad un crecimiento considerable y constante de este mercado.

- La Domótica está orientada primordialmente a aumentar de forma considerable la calidad de vida de las personas, siendo las más beneficiadas aquellas con algún tipo de discapacidad o de avanzada edad. Para cumplir este propósito se encarga de gestionar cuatro aspectos fundamentales:
 - a) Ahorro energético
 - b) Confort de los usuarios
 - c) Seguridad (de los habitantes y los bienes)
 - d) Comunicaciones en la vivienda.

- La Domótica es una tecnología prácticamente desconocida en el Ecuador. Los proyectos de viviendas o edificios automatizados generalmente se realizan mediante la

implementación de automatismos independientes, sin que exista una comunicación o integración entre los diferentes sistemas. Este enfoque presenta varias desventajas relacionadas directamente con la centralización de la inteligencia del sistema (baja flexibilidad y adaptabilidad, limitada funcionalidad, elevados costos de instalación y mantenimiento, etc.).

- Contrario a la creencia de la mayoría de personas de nuestra sociedad, la Domótica es hoy en día una tecnología asequible a costos razonables. Así, por ejemplo, para viviendas de nueva construcción, la instalación de un sistema domótico supone un incremento aproximado de tan solo el 0.5 al 2.5% del costo total de la vivienda, dependiendo principalmente del protocolo, estándar o tecnología escogida y de las prestaciones que se requieran.
- La característica fundamental de una instalación domótica, así también como su mayor diferencia con los enfoques tradicionales de automatización, es la integración e interacción de los diferentes sistemas montados en la vivienda. Esta funcionalidad se logra mediante la inclusión de una red de comunicación que permite la interconexión de los distintos dispositivos y es gracias a la misma que ha sido posible ampliar y optimizar las aplicaciones y servicios ofrecidos a los usuarios.
- Actualmente, la Domótica permite automatizar prácticamente todas las tareas que se llevan a cabo dentro de la vivienda, las mismas que involucran sistemas de iluminación, climatización, seguridad, riego, motorización, multimedia, comunicaciones, entre otras. De igual manera, es posible implementar una gran cantidad de servicios no tradicionales en estas mismas áreas tales como la simulación de presencia, la motorización de persianas, la teleasistencia, entre otras.
- Las nuevas infraestructuras de acceso como ADSL, ISDN o Cable Módem proporcionan a los usuarios una conectividad permanente, lo que supone una revolución en la relación entre el usuario y las redes de comunicaciones, pues ya no se verá limitado a la conexión y navegación, sino que podrá contar con nuevos y mejores servicios como la teleeducación, la teleasistencia o el monitoreo en tiempo real.

- Los desarrollos en el mercado domótico han permitido que en la actualidad se pueda contar con una gran cantidad de protocolos y productos que ofrecen soluciones que se adaptan a las diferentes exigencias planteadas por los usuarios, pudiendo ser implementadas tanto en viviendas ya construidas como aquellas en planes de construcción.
- Los diferentes estándares y tecnologías domóticas presentan varias ventajas así también como ciertas desventajas, sin embargo prácticamente todos brindan la posibilidad de obtener los beneficios básicos que promulga la Domótica (ahorro energético, confort, seguridad y comunicaciones). Las nuevas prestaciones y ventajas desarrolladas por cada uno de estos protocolos para los usuarios hacen que cada uno de ellos sea más o menos adecuado para determinadas aplicaciones, dependiendo de los alcances y requisitos de las mismas.
- La gran mayoría de asociaciones y empresas dedicadas a establecer las especificaciones y estándares domóticos han enfocando gran parte de sus esfuerzos al desarrollo de protocolos que permitan obtener sistemas independientes del medio físico de transmisión para, de esta manera, alcanzar mayores funcionalidades y beneficios para los usuarios. Así, la mayoría de los diferentes estándares soportan en la actualidad una gran variedad de medios.
- La integración de los principales estándares europeos bajo Konnex muestra una clara iniciativa por lograr un afianzamiento en el mercado domótico. A futuro, se prevé la consolidación de uno o dos estándares dominantes en el mercado domótico, los cuales integrarán muchas de las ventajas y reducirán los problemas de los protocolos actuales. Esto generará el desarrollo de una mayor cantidad de dispositivos a un menor costo y la trabajo conjunto de varios fabricantes para producir sistemas integrados.
- La tecnología X-10, aplicada en el presente proyecto, no es precisamente el estándar con mayor número de funcionalidades. No obstante, su fácil instalación y uso, sus bajos costos y la disponibilidad de una gran cantidad de equipos compensan esta debilidad. Comparado con otros protocolos, las posibilidades de automatización que brinda X-10 son bastante limitadas. Sin embargo, es una tecnología que cumple adecuadamente con los

requerimientos para instalaciones de pequeñas o medianas dimensiones y/o moderada funcionalidad.

▪ La mayor dificultad que enfrenta la tecnología X-10 es la poca fiabilidad que presenta en la transmisión de los datos tal como pudo apreciarse en el desarrollo del proyecto. Este sistema domótico más que una modulación concreta define simplemente una sincronización de las señales de control con el punto de cruce por cero de la línea eléctrica, que es cuando existe menor cantidad de ruido. X-10 tampoco especifica ningún tipo de comprobación de los datos transmitidos, sino únicamente envía cada bit con su complemento y realiza una duplicación de cada trama. Estas particularidades de la tecnología X-10 acentúa la posibilidad de que las señales sean afectadas por los problemas en la red eléctrica, dentro de los cuales se puede detallar:

- a) Ruido e interferencia en las señales.
- b) Desacoplamiento de las señales a través de dos fases de la línea eléctrica.
- c) Atenuación de la señal en ciertas áreas del hogar debido al funcionamiento de electrodomésticos y otros dispositivos.
- d) Atenuación de la señal causada por la existencia de largas distancias entre el transmisor y el receptor.

▪ La red eléctrica no es un medio físico diseñado para la transmisión de datos, razón por la cual presenta varios problemas de interferencia y atenuación en las señales de control enviadas. Sin embargo, la gran mayoría de protocolos domóticos contempla la utilización de la red eléctrica como medio de transmisión, principalmente para viviendas ya construidas, puesto que brinda la posibilidad de implementar un sistema con costos de instalación más económicos y que exige una menor cantidad de cambios en la estructura de la vivienda. Es por ello que diversas asociaciones que definen las especificaciones de los estándares, como CEBus, Konnex y LonWorks, están esforzándose por desarrollar mejoras en la Tecnología de Corrientes Portadoras de manera que se minimicen los problemas de fiabilidad en la transmisión.

- El diseño de cualquier instalación domótica debe considerar diferentes aspectos entre los cuales se pueden enumerar:
 - a) Características arquitectónicas y técnicas de la vivienda
 - b) Necesidades, deseos y requerimientos de los usuarios
 - c) Disponibilidad y formas de utilización de recursos naturales (luz solar, agua, ventilación, etc.)
 - d) Características y disponibilidad de estándares y dispositivos.
 - e) Costos de implementación y mantenimiento.

- El diseño e implementación de una vivienda domótica exige la participación de profesionales de diferentes áreas tales como la arquitectura, la electricidad, la electrónica, las comunicaciones, entre otras. Una adecuada colaboración, sumada a una interacción óptima, permitirá desarrollar un proyecto en el que se aproveche todos los beneficios de la Domótica y las características de la vivienda para satisfacer de mejor manera los requisitos del usuario.

- Una instalación domótica debe ser altamente flexible, de modo que permita una fácil y rápida expansión, así como la realización de modificaciones o actualizaciones en el sistema de manera sencilla, sin exigir mayores variaciones en la estructura principal del mismo. Además, el diseño debe orientarse al aprovechamiento eficiente de todos los recursos de la vivienda.

- Si bien es cierto la implementación de un sistema domótico implica la utilización de dispositivos de una elevada complejidad, los cuales cuentan con mayores prestaciones y funcionalidades, así también como la aplicación de uno o varios estándares domóticos, la tecnología y técnicas empleadas en la instalación deben ser completamente transparentes para el usuario.

- Las tecnologías inalámbricas tales como Radio Frecuencia (RF), Microondas o Infrarrojo (IR), presentan varias ventajas sobre las transmisiones por medios guiados,

siendo esencialmente importante su facilidad de instalación, incluso en viviendas ya construidas. Otras ventajas de estas tecnologías son:

- a) Flexibilidad.
 - b) Facilidad en la instalación y modificación del sistema.
 - c) Fácil expansión.
 - d) Movilidad de los dispositivos.
 - e) Transparencia.
- En la actualidad existen varias opciones tecnológicas que permiten el control y la supervisión de la instalación domótica desde el exterior tales como WEB, WAP, SMS y la telefonía convencional. La elección de la opción a ser utilizada debe realizarse tomando en cuenta varios aspectos tales como la difusión de la tecnología en el medio donde se realiza la instalación, la facilidad de manejo para el usuario y la disponibilidad de los equipos en el mercado. Es por ello que en el presente proyecto el control remoto de la vivienda es realizado vía teléfono y vía Web, debido a que son servicios de gran cobertura y uso masivo en el Ecuador, mientras que los servicios WAP y SMS aún no poseen una completa aceptación y hábito de manejo por parte de los usuarios.
 - A pesar de la aparición de nuevas tecnologías de acceso, la telefonía tradicional es y seguirá siendo uno de los enlaces de telecomunicaciones más importantes, permitiendo en la actualidad, a más del intercambio de señales de voz, la transmisión de datos. Este hecho, sumado a la estabilidad, madurez y alcance de las redes de telefonía, conlleva a la utilización del teléfono como uno de los recursos para implementar servicios de monitoreo y control remoto de las instalaciones domóticas.
 - La interfaz de usuario es el componente de las viviendas dómicas en base al cual, desde el punto de vista del usuario, se juzgará el resto de sistemas instalados, así también como la totalidad del proyecto. Es así que, si el usuario encuentra a la interfaz confusa y mal diseñada, el sistema completo será calificado de igual manera. Mientras que las tecnologías empleadas pueden ser substancialmente bastante similares, la interfaz de usuario debe ser una herramienta adecuada a las necesidades especiales de cada usuario. Es

por esta razón que el diseño de una interfaz comprensible y de fácil manejo para el usuario y que a la vez abarque todas las funcionalidades del sistema es una tarea bastante compleja pero de gran importancia.

- Tomando en cuenta cada uno de los argumentos detallados anteriormente, fueron diseñados sistemas de iluminación, seguridad, riego y control remoto en una vivienda tipo. El proceso de diseño incluyó la elección de la tecnología domótica X10 y de equipos compatibles que garantizaran la integración de todos los subsistemas, aspecto que fue priorizado a lo largo del desarrollo del proyecto. Posterior a la implementación de dichos sistemas, se realizaron varias pruebas para verificar el correcto funcionamiento de cada uno de los dispositivos, así también como el funcionamiento global de los subsistemas y su integración, lo cual a su vez permitió comprobar los múltiples beneficios que brindan al usuario las diferentes funcionalidades que presenta la instalación domótica desarrollada.

8.2 RECOMENDACIONES

- Los diferentes avances tecnológicos, así como la moderna gama de dispositivos desarrollados permiten en la actualidad ofrecer a los usuarios una extensa variedad de aplicaciones y servicios en el campo de la Domótica. No obstante, las mismas no deben ser implementadas exclusivamente porque la tecnología lo permite, sino más bien deben ir acorde a las necesidades y realidades del usuario y su entorno para desarrollar de esta manera un proyecto útil y práctico y a la vez conseguir un mejor aprovechamiento de recursos. Por ejemplo, la implementación de un sistema de riego automático no se justificaría en una vivienda cuyos jardines no sean de gran extensión.

- La fase de diseño de cualquier instalación domótica constituye la etapa de mayor importancia para obtener un adecuado desarrollo del proyecto. Indiscutiblemente el diseño inicial estará sujeto a cambios, y en algunos casos incluso será modificado considerablemente. Sin embargo los cambios deberán ser realizados con la mayor brevedad posible y deberán terminar previo al inicio de los trabajos de instalación, pues esto permitirá alcanzar todas las funcionalidades deseadas y reducir futuros problemas que a su vez derivarán en un claro aumento en los costos.

- El usuario debe formar parte del proceso de diseño de una vivienda domótica, puesto que son sus necesidades, requisitos y deseos los que pondrán la pauta para determinar el alcance de la aplicación que se va a realizar, al igual que los productos y protocolos que deberán ser instalados.
- Debido que, como se concluyó anteriormente, la Domótica en nuestro medio es una tecnología nueva y prácticamente desconocida, incluso para profesionales en el sector de la automatización, es preciso explicar apropiadamente a los usuarios sobre los reales alcances de esta tecnología. De esta manera el usuario podrá comprender todos los beneficios, aplicaciones, servicios y funcionalidades de una instalación domótica, así también como las variadas posibilidades de control y monitoreo. Además podrá especificar con detalle cuales son sus necesidades y requisitos.
- La selección tanto del protocolo como de los dispositivos más adecuados para ser instalados en cualquier proyecto de instalación domótica debe incluir, en primera instancia, un análisis de todos los parámetros detallados anteriormente (características de la vivienda, necesidades del usuario, disponibilidad y características de estándares y dispositivos, costos, entre otros), y a continuación una comparación entre las funcionalidades que presenta cada equipo con el costo del mismo. Dicha comparación se debe a que la variedad de dispositivos disponibles hoy en día en el mercado domótico es muy extensa, y dependiendo de la marca del producto los costos pueden variar considerablemente, aún cuando los equipos brinden prestaciones similares.
- Ha sido puntualizado que una de las mayores ventajas de los dispositivos domóticos, desde el punto de vista tanto del usuario como de los instaladores, es la sencillez de instalación de los mismos, siendo en ciertos casos muy similar a la conexión de los dispositivos tradicionales. Sin embargo, debe tomarse en cuenta que, por el mismo hecho de ser equipos digitales que ofrecen mayores funcionalidades, son equipos que deben ser manipulados y colocados cuidadosamente, siguiendo a cabalidad todas las indicaciones especificadas en los respectivos manuales de instalación de cada dispositivo.
- Dado que se ha establecido claramente que existen varios problemas que afectan la transmisión de señales X-10 (ruido, desacoplamiento, atenuación, etc), es aconsejable

prevenir este tipo de situaciones y considerar, en la fase de diseño, la utilización de dispositivos que aseguren el buen funcionamiento de los módulos X-10, tales como amplificadores, repetidores, acopladores, etc. Sin embargo, es claro que será necesario realizar las respectivas pruebas que verifiquen la presencia de los problemas en la vivienda, de manera que se pueda determinar con precisión el dispositivo que permita resolver de mejor manera las dificultades encontradas.

- Previo a la aplicación de la tecnología X-10 debe considerarse la criticidad del sistema que será implementado, puesto que la utilización de X-10 no es recomendable en sistemas en los cuales un mal funcionamiento podría verse reflejado en un perjuicio al bienestar de los usuarios como es el caso del subsistema de seguridad y detección de incendios.
- Es conveniente que la vivienda donde se llevará a cabo la instalación domótica cuente con una conexión permanente con el exterior, mediante servicios tales como cable módem o una línea ADSL, de manera que el usuario tenga acceso a nuevas y ventajosas prestaciones, tales como el control remoto desde el exterior de la vivienda, telealarmas, teleasistencia, monitoreo y videovigilancia en tiempo real, entre otras.
- La interfaz de usuario en una instalación domótica debe ser una herramienta de fácil manejo para el usuario, que le permita obtener de manera rápida y sencilla el respectivo control y monitoreo de los sistemas instalados en su vivienda tanto desde el interior como del exterior del su hogar, convirtiéndose de esta forma en un elemento que brinda al usuario la posibilidad de interactuar con el sistema.
- Es necesario realizar diversas pruebas para cada uno de los dispositivos instalados, las cuales deberán ser efectuadas bajo diversas circunstancias de trabajo. Dichas pruebas permitirán detectar y realizar las correcciones y cambios que se precisen para asegurar el adecuado funcionamiento de los dispositivos en todo momento. Esto es principalmente importante en los equipos que forman parte de subsistemas cuyo adecuado funcionamiento garantiza el bienestar de los habitantes en la vivienda.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- www.casadomo.com, Domótica: Concepciones, Características y Funcionalidades
- www.domotica.net, Domótica: Concepciones, Características y Funcionalidades
- www.cedom.org, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.lacasadelfuturo.com, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.facilicimo.com, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.domotica.it, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.domoticaviva.com, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.domointel.com, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.domodesk.com, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.aldeadomotica.com, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.soloarquitectura.com/favoritos/domotica.html, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.camba.com/domo/domo.htm, Domótica: Características y Funcionalidades
- www.ict-facil.com, Sistemas de comunicaciones
- www.x10.com, Tecnología X-10 y Especificaciones de Dispositivos X-10
- www.eiba-es.com, Protocolo EIB
- www.batibus.com, Protocolo Batibus
- www.ehsa.com, Protocolo EHS
- www.konnex.org, Protocolo KONNEX

- www.echelon.com, Protocolo LonWorks
- www.cebus.org, Protocolo CEBus
- www.smarthomeusa.com, Especificaciones de Dispositivos
- casi-rusco.com, Funcionamiento del Sistema de Seguridad Especificaciones de Dispositivos del sistema
- www.rainbird.com, Diseño del Sistema de Riego y Especificaciones de los dispositivos del Sistema
- www.fundacion.telefonica.com, Redes de Acceso.

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.1 Vivienda domótica	1
Figura 1.2. Funciones básicas que gestiona un sistema domótico	9
Figura 1.3. Principales aplicaciones de Ahorro Energético	9
Figura 1.4. Principales aplicaciones de Confort	11
Figura 1.5. Control de Iluminación	11
Figura 1.6. Aplicaciones de Seguridad	12
Figura 1.7. Videovigilancia	13
Figura 1.8. Arquitectura Centralizada	18
Figura 1.9 Arquitectura Distribuida	19
Figura 1.10. Par Trenzado	22
Figura 1.11. Estructura del Cable Coaxial	22
Figura 1.12. Fibra Óptica	23
Figura 1.13 Tablero de Control	26
Figura 2.1. Interruptores Domóticos	32
Figura 2.2. Aparatos de calefacción y Aire Acondicionado	37
Figura 2.3. Actividades realizadas en los Jardines	40
Figura 2.4. Algunos elementos utilizados en la decoración de jardines	40
Figura 2.5. Sistema de riego a mano	42
Figura 2.6. Sistema de riego por goteo	42
Figura 2.7. Sistemas de Riego por Aspersión	43
Figura 2.8. Elementos decorativos del hogar	46
Figura 2.9. Toldos y persianas exteriores	48
Figura 2.10. Sistemas de Alarma	51
Figura 2.11. Topologías de Sistemas de Seguridad	51
Figura 2.12. Sistemas CCTV	52
Figura 2.13. Botones de Pánico Domótico	56
Figura 2.14. Medios de Comunicación	56
Figura 2.15. Dispositivos que permiten la Televisión Digital	58

Figura 2.16. Elementos de la Comunicación	62
Figura 3.1. Señal X-10 sobrepuesta en la línea de corriente alterna	69
Figura 3.2. Representación de bits	70
Figura 3.3. Señal X-10 en un sistema trifásico	70
Figura 3.4. Ventana de recepción	71
Figura 3.5. Código de Inicio	72
Figura 3.6. Código de Letras	72
Figura 3.7. Código numérico	73
Figura 3.8. Intervalo de silencio	73
Figura 3.9. Código de comando	74
Figura 3.10. Duración de una transmisión X-10 estándar	74
Figura 3.11. Secuencias de bit X-10 disponibles	75
Figura 3.12. Esquema general de una instalación descentralizada EIB	85
Figura 3.13. Sistema Completo EIB	86
Figura 3.14. Topología física	89
Figura 3.15. Codificación de datos	90
Figura 3.16. Ejemplo de direccionamiento físico	92
Figura 3.17. Niveles en las direcciones de grupo	93
Figura 3.18. Trama de mensaje	94
Figura 3.19. Campos del paquete de datos	94
Figura 3.20. Pirámide de interacción	96
Figura 3.21. Capas del modelo OSI implementadas en EHS.	100
Figura 3.22. Integración de distintas subredes en una red EHS.	102
Figura 3.23. Direccionamiento de subredes.	104
Figura 3.24. Estructura de la Trama EHS	106
Figura 3.25. Modelo KNX	115
Figura 3.26. Principales ventajas de los diferentes modos de configuración	117
Figura 3.27. Arquitectura del modelo CEBus, tomando como referencia el modelo OSI	121
Figura 3.28. Chirp de portadora de espectro ensanchado	123
Figura 3.29. Patrón de datos del preámbulo	125
Figura 3.30. Patrón de datos del cuerpo del paquete	125
Figura 3.31. Dominio LONWORKS	134

Figura 3.32. Formato de Trama LONWORKS	135
Figura 4.1. Vista Frontal de la Vivienda	139
Figura 4.2. Planta Alta	140
Figura 4.3. Planta Baja	140
Figura 4.4. Subsuelo	141
Figura 4.5. Espacios verdes de la Vivienda	142
Figura 4.6. Comparación entre Sistemas EIB y LonWorks y el sistema X10 ⁽¹⁰⁾	145
Figura 4.7. Companion Switch	149
Figura 4.8. Universal 5-in-1 Learning Remote	151
Figura 4.9. Ubicación del Gabinete del Sistema de Seguridad	157
Figura 4.10. Ubicación de los Sensores de Movimiento	162
Figura 4.11. Water-Resistant Pendant Panic Sensor	165
Figura 4.12. Ubicación de los Aspersores Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor Sprinklers	168
Figura 4.13. Ubicación de los Aspersores Sure-Pop Spray Head SP25-SST Side-Strip	171
Figura 4.14. Ubicación de la Electroválvula del Sistema de Riego	173
Figura 5.1. Conexión de X10 Decorator Dimmer Switch	178
Figura 5.2. Conexión de X10 Decorator Dimmer Switch junto a X10 Companion Switch	178
Figura 5.3. Conexión de Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver	178
Figura 5.4. Conexión de X10 XPT Standard Transmitter Base	179
Figura 5.5. Conexión de Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller	179
Figura 5.6. Conexión de Wall Receptacle Module	180
Figura 5.7. Selección de la dirección en un Módulo X10	180
Figura 5.8. Programación de Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver	181
Figura 5.9. Programación de Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch	181
Figura 5.10. Selección de dirección del Módulo Slimline Wireless RF Wall Switch	182
Figura 5.11 Diagrama de conexión del HCA02-10E	183
Figura 5.12. Conexión de los Módulos que componen el Sistema de Seguridad	184
Figura 5.13. Camino de Detección	185
Figura 5.14. Área de Cobertura del Sensor de Movimiento	186
Figura 5.15. Botones del Keypad NX-1316E	187

Figura 5.16. Requisitos de Instalación de la válvula APAS Rain Bird	196
Figura 5.17. Conexión entre la Válvula y el Controlador	196
Figura 5.18. Ajuste del Angulo de Riego	197
Figura 5.19. Conexiones entre ELK Magic Module, ELK-ML8 y X-10 PSC05	198
Figura 5.20. Magic Module Code Development Software	199
Figura 5.21. Configuración de la Ventana Settings/Build del Application Writer	200
Figura 5.22. Configuración de la Ventana Scenes del Application Writer	200
Figura 5.23. Configuración de la Ventana Receive X-10 del Application Writer para el Sistema de Riego y los Sensores de Movimiento	201
Figura 5.24. Configuración Total de la Ventana Receive X-10 del Application Writer	203
Figura 5.25. Aplicación Code Writer – Caddx Control	203
Figura 5.26. Configuración de la Ventana Activated Inputs del Application Writer	205
Figura 5.27 Aplicación Code Writer – RTC Event	205
Figura 5.28. Creación de Macros	207
Figura 5.29. Macro Sensor de Movimiento Entrada a la Vivienda	208
Figura 5.30. Macro Sensor de Movimiento Entrada del Carro	209
Figura 5.31. Macro Sensor de Movimiento Garage	209
Figura 5.32. Macro Sensor de Movimiento Patio Posterior	210
Figura 5.33. Macro 1 para simulación de Presencia	210
Figura 5.34. Macro 2 para simulación de Presencia	211
Figura 5.35. Macro 3 para simulación de Presencia	211
Figura 5.36. Macro 4 para simulación de Presencia	211
Figura 5.37. Macro 5 para simulación de Presencia	211
Figura 5.38. Macro 6 para simulación de Presencia	212
Figura 5.39. Macro 7 para simulación de Presencia	212
Figura 5.40. Macro 8 para Simulación de Presencia	212
Figura 5.41. Macro 9 para Simulación de Presencia	212
Figura 5.42. Resumen de la Macro Alarma de Intrusión	213
Figura 6.1. Modelos de Interfaces Telefónicas	215
Figura 6.2. Diagrama Estructural del Acceso remoto vía WEB/ WAP	216
Figura 6.3. Ejemplo de interfaz de control vía WAP	217
Figura 6.4. Diagrama Estructural del Acceso remoto vía SMS	218
Figura 6.5. Módem GSM	219

Figura 6.6. Comunicación entre la Interfaz de usuario y el Sistema X-10	222
Figura. 6.7. Ingreso de la Contraseña	225
Figura 6.8. Opción Iluminación de la Interfaz de usuario	226
Figura 6.9. Opción Herramientas de la Interfaz de usuario	228
Figura 6.10. Opción de Videovigilancia de la Interfaz de usuario	229

INDICE DE TABLAS

Tabla 3.1 Tipos definidos del byte Comando del Código Extendido 1	77
Tabla 3.2 Estándar EIS	97
Tabla 3.3 Características de los diferentes medios de transmisión en EHS.	101
Tabla 3.4 Longitudes de Red BatiBUS	110
Tabla 3.5 Codificación de símbolo en el protocolo CEBus	124
Tabla 3.6 Capas del modelo OSI del protocolo LonTalk	130
Tabla 3.7 Tipos de Canal de LonWorks más utilizados	132
Tabla 4.1. Distribución de las Estancias de la Vivienda	141
Tabla 4.2. Especificaciones de Decorator Dimmer Switch	149
Tabla 4.3 Especificaciones de Leviton DHC Scene-Capable Dimming Wall Switch Receiver	150
Tabla 4.4. Especificaciones de Leviton Seven-Scene Dimming Wall Switch Controller	150
Tabla 4.5. Especificaciones de Transceiver Module	151
Tabla 4.6. Especificaciones Slimline Wireless RF Wall Switch	152
Tabla 4.7. Especificaciones de XPD4 Four Button Dimming Keypad	152
Tabla 4.8. Especificaciones de XPT Standard Transmitter Base	153
Tabla 4.9. Direcciones Asignadas a los Interruptores que serán controlados	154
Tabla 4.10. Especificaciones de Wall Receptacle Module	155
Tabla 4.11. Direcciones Asignadas a los Tomacorrientes Wall Receptacle Module	155
Tabla 4.12. Especificaciones de Outdoor Motion Sensor	156
Tabla 4.13. Especificaciones de CaddX Networkx NX-6 Control Panel	158
Tabla 4.14. Especificaciones de CaddX NetworkX 16-zone LED Keypad	159
Tabla 4.15. Especificaciones de CaddX NetworkX "Operator II" Telephone Interface Module	160
Tabla 4.16. Especificaciones de CaddX NetworkX Wireless Expander Module	161
Tabla 4.17. Especificaciones de CaddX NetworkX SAW PIR Motion Sensor	162
Tabla 4.18. Especificaciones de CaddX NetworkX Micro Door/Window Sensor	163
Tabla 4.19. Especificaciones de CaddX NetworkX NX-450 Door/Window Sensor	164

Tabla 4.20. Especificaciones de CaddX NetworkX Heat Sensor	165
Tabla 4.21. Especificaciones de CaddX NetworkX NX-470 KeyChain TouchPad	166
Tabla 4.22. Descripción del Sistema XCam2 Wide – Eye Remote Surveillance	167
Tabla 4.23. Especificaciones de Desempeño del Aspersor Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor	169
Tabla 4.24. Especificaciones de Low Gallonage Pop-Up Impact Rotor Sprinklers	169
Tabla 4.25. Especificaciones de Desempeño del Aspersor Sure Pop SP25 – SST	170
Tabla 4.26. Especificaciones de Válvula Sure Pop SP25 – SST	170
Tabla 4.27. Especificaciones de Válvula Automática APAS	171
Tabla 4.28. Especificaciones de ELK Magic Module Programmable Controller	172
Tabla 4.29. Especificaciones de ELK – ML8 Link Interface To NetworkX NX Controls	174
Tabla 4.30. Especificaciones de PSC05 Two Way Powerline Interface Module	174
Tabla 4.31. Especificaciones de ActiveHome Pro USB 2-Way PC Interface	175
Tabla 4.32. Especificaciones de Leviton DHC HCA02 System Coupler/Amplifier/ Repeater	176
Tabla 5.1. Número asignado a los Módulos para su programación	188
Tabla 5.2 Eventos a ser reportados en los Números Telefónicos	191
Tabla 5.3 Descripción de los tipos de zonas estándares	193
Tabla 5.4 Accionamiento de los Transmisores Inalámbricos	194
Tabla 6.1. Funciones de la opción Herramientas del Menú	227
Tabla 7.1. Especificaciones de ELK ESM1 X10 Signal Meter	232
Tabla 7.2. Resultados de las pruebas realizadas para determinar la presencia de ruido (HCA02-10E No instalado).	233
Tabla 7.3. Resultados de las pruebas realizadas para determinar la presencia de ruido (HCA02-10E instalado).	234
Tabla 7.4. Resultados de la prueba realizada para determinar la presencia de atenuación.	235