



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

SISTEMA DE POSTGRADO

MAESTRÍA EN TELECOMUNICACIONES

TÍTULO:

**“FUNDAMENTACIÓN DE LA PERTINENCIA Y FACTIBILIDAD DE LA
APLICACIÓN DOMÓTICA MEDIANTE LA TECNOLOGÍA *POWER LINE
COMMUNICATIONS* PLC PARA REDES DOMÉSTICAS EN EL ECUADOR”.**

**Previa a la obtención del Grado Académico de Magíster en
Telecomunicaciones**

AUTOR:

Ing. Diego Suárez Ramos

TUTOR:

MSc. Manuel Romero Paz

Guayaquil, Ecuador

2015



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo, fue realizado en su totalidad por el Magíster Diego Fernando Suárez Ramos, como requerimiento parcial para la obtención del Grado Académico de Magíster en Telecomunicaciones.

Guayaquil, Julio de 2015

DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACION

MSc. Manuel Romero Paz

REVISORES:

MSc. Edwin Palacios Meléndez.

MSc. Luis Córdova Rivadeneira

DIRECTOR DEL PROGRAMA

MSc. Manuel Romero Paz.



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

YO, DIEGO FERNANDO SUÁREZ RAMOS

DECLARO QUE:

El caso de estudio “**Fundamentación de la Pertinencia y Factibilidad de la Aplicación Domótica Mediante la Tecnología *Power Line Communications* PLC para Redes Domésticas en el Ecuador**”, previa a la obtención del grado Académico de Magíster, ha sido desarrollado en base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan al pie de las páginas correspondientes. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance científico del caso de estudio del Grado Académico en mención.

Guayaquil, Julio de 2015

EL AUTOR

Ing. Diego Fernando Suárez Ramos



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

SISTEMA DE POSGRADO

AUTORIZACIÓN

YO, DIEGO FERNANDO SUÁREZ RAMOS

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, la publicación, en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación versado en el caso de estudio titulado: **“Fundamentación de la Pertinencia y Factibilidad de la Aplicación Domótica Mediante la Tecnología *Power Line Communications* PLC para Redes Domésticas en el Ecuador”**, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, Julio de 2015

EL AUTOR

Ing. Diego Fernando Suárez Ramos

AGRADECIMIENTOS

Agradecido a todos los que contribuyeron a formar mi criterio, a mis padres por darme el amor y mis bases morales para guía de la vida.

A mis profesores en especial al MSc. Manuel Romero, quien ha sido un guía y apoyo a lo largo de mis estudios profesionales, en función de contribuir a la sociedad.

DEDICATORIA

A mis padres por su esfuerzo, a mi esposa por el amor, paciencia y apoyo incondicional y a mi pequeña Victoria por quien me propongo lograr mis metas profesionales.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT	xvi

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN.....	001
1.1. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA.....	003
1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	003
1.3. OBJETIVOS	004
1.3.1. Objetivo general	004
1.3.2. Objetivos específicos.....	005
1.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN	005
1.5. ALCANCE	005
1.6. HIPÓTESIS	006
1.7. VARIABLES DE ANÁLISIS.....	006

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC *POWER LINE COMMUNICATION*

2.1. DEFINICIÓN.....	007
2.2. LA RED ELÉCTRICA Y SU INFRAESTRUCTURA GESTIÓN DE FRECUENCIAS PLC	008
2.3. GESTIÓN DE FRECUENCIAS PLC	009
2.4. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN.....	010
2.5. FUNCIONAMIENTO	012
2.5.1. Ventajas	012
2.5.2. Desventajas.....	013
2.6. TIPOS DE MODULACIÓN EMPLEADA EN PLC.....	014
2.7. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS ORTOGONALES OFDM (<i>ORTHOGONAL FREQUENCY-</i> <i>DIVISION MULTIPLEXING</i>).....	018
2.8. COMPONENTES DE LA RED PLC	023
2.8.1. Componentes Activos.....	024
2.8.1.1. Nodo cabecera o HE (<i>Head End</i>)	024

2.8.1.2. Nodo Repetidor o IR (<i>Intermediate Repeater</i>)	025
2.8.1.3. Nodo Usuario o CPE (<i>Customer Premises Equipment</i>)	026
2.8.2. Componentes Pasivos.....	027
2.8.2.1. Acopladores para líneas eléctricas	027
2.9. PLC Y EL MODELO OSI	028
2.9.1. Capa Física	029
2.9.2. Capa Enlace.....	029
2.9.3. Capa de Red	031
2.9.4. Capa Transporte.....	031
2.9.5. Capas de Aplicación.....	032
2.10. CAPACIDAD DEL CANAL DE POWERLINE	032
2.11. ARQUITECTURA DE LA RED PLC.....	034
2.11.1. Topología de una red PLC.....	035
2.11.2. La red PLC de acceso	036
2.12. CLASIFICACIÓN DE PLC	038

CAPÍTULO III

APLICACIONES DOMÓTICAS MEDIANTE PLC PARA REDES DOMÉSTICAS

3.1. REDES DOMÉSTICAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS.....	039
3.2. REDES DOMÉSTICAS Y AUTOMATIZACIÓN.....	039
3.3. DESAFÍOS PARA LAS REDES DOMÉSTICAS.....	040
3.4. TECNOLOGÍAS DE REDES DOMÉSTICAS	041
3.4.1. Tecnologías de cableado estructurado	043
3.4.2. Tecnologías de cableado existentes.....	043
3.4.3. Redes Inalámbricas.....	045
3.5. APLICACION DOMÓTICA CON TECNOLOGÍA PLC.....	046
3.6. CARACTERÍSTICAS DE RUIDO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO RESIDENCIAL.....	050
3.6.1. Propuestas, para minimizar el impacto de las categorías de Ruido.....	053
3.7. ATENUACIÓN DE LA SEÑAL	053
3.8. RELACIÓN SEÑAL RUIDO	054
3.9. ACOPLAR LA SEÑAL EN EL CANAL.....	054
3.10. TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO DE LA LÍNEA ELÉCTRICA	055
3.11. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN PLC.....	056
3.11.1. <i>LonWorks</i> (Operación de Redes Locales - <i>Local Operation</i>)	

<i>Networks</i>).....	056
3.11.1.1. Tecnología <i>LonWorks</i>	058
3.11.1.2. Componentes del sistema <i>LonWorks</i>	061
3.11.2. Bus Electrónico de Consumidor - <i>Consumer Electronic Bus</i> (<i>CEBus</i>).....	064
3.11.2.1. Tecnología <i>CEBus</i>	066
3.11.2.2. Protocolo <i>CEBus</i>	066
3.11.2.3. Estructura del paquete <i>CEBus</i>	068
3.11.2.4. Portadora de Espectro Ensanchado - <i>Spread</i> <i>Spectrum Carrier</i>	069
3.11.3. Pasaporte y Plug-in PLX.....	071
3.11.4. Estándar X10.....	073
3.11.4.1. Teoría de la transmisión X-10	074
3.11.5. Paquetes de energía – <i>Power Packet</i>	077
3.11.5.1. Tecnología <i>Power Packet</i>	077
3.11.6. <i>Cogency HomePlug</i>	081
3.11.7. <i>Universal Poweline Bus</i> UPB.....	083
3.11.8. Descripción de la tecnología UPB.....	084
3.11.8.1. Funcionamiento de UPB	084
3.11.8.2. Fiabilidad UPB	086
3.11.8.3. Protocolo UPB.....	088

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UNA RED PLC PARA APLICACIÓN DOMÓTICA

4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA PLC EN EL ECUADOR	091
4.2. SITUACIÓN REGULATORIA DE LA TECNOLOGÍA PLC EN EL ECUADOR	092
4.3. DISEÑO DE UNA RED DOMÓTICA CON TECNOLOGÍA PLC	093
4.3.1. Elección de la tecnología para el diseño.....	093
4.3.2. Necesidades del diseño.....	094
4.3.3. Selección de los equipos	096
4.3.4. Puesta a prueba de la Red Domótica con PLC.....	105
4.3.5. Comparación económica con otras soluciones.....	117

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES..... 118

5.2. RESULTADOS OBTENIDOS 119

5.2. RECOMENDACIONES..... 120

BIBLIOGRAFÍA..... 121

GLOSARIO 128

ANEXOS 131

ÍNDICE DE FIGURAS

CAPÍTULO II

INTRODUCCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC *POWER LINE COMMUNICATION*

Figura 2.1: Estructura de la red de distribución de energía eléctrica.....	009
Figura 2.2: Rangos de trabajo de las redes eléctricas y PLC.....	010
Figura 2.3: Gestión de frecuencias PLC.....	010
Figura 2.4: Usos y velocidades en PLC.....	011
Figura 2.5: Estructura de funcionamiento PLC.....	012
Figura 2.6: Evolución de las modulaciones empleadas.....	017
Figura 2.7: Comparación entre transmisión portadora simple y multiportadora (OFDM).....	019
Figura 2.8: Orden de los datos en los canales de frecuencias ortogonales contiguos en OFDM.....	021
Figura 2.9: Modulador OFDM.....	022
Figura 2.10: Esquema general OFDM.....	023
Figura 2.11: Componentes PLC.....	024
Figura 2.12: Equipo Nodo Cabecera PLC.....	024
Figura 2.13: Equipo Nodo Repetido PLC.....	025
Figura 2.14: Unidad CPE PLC.....	026
Figura 2.15: Acoplador capacitivo de PLC.....	027
Figura 2.16: Acoplador inductivo de PLC.....	028
Figura 2.17: Modelo OSI.....	028
Figura 2.18: Trama BPL, control de acceso al medio.....	030
Figura 2.19: Trama de la subcapa de control de enlace lógico.....	030
Figura 2.20: Encabezados de los protocolos de la capa de transporte.....	031
Figura 2.21: Diagrama de Arquitectura de una Red de Acceso PLC.....	034
Figura 2.22: Topología de una Red de Acceso PLC.....	035
Figura 2.23: Red de distribución con PLC de Media Tensión y Fibra Óptica.....	037
Figura 2.24: Ambiente PLC, con dispositivos “ <i>outdoor / indoor</i> ”.....	038

CAPÍTULO III

APLICACIONES DOMÓTICAS MEDIANTE PLC PARA REDES DOMÉSTICAS

Figura 3.1: Típica Red Home PNA.....	044
Figura 3.2: Definición teórica de Domótica mediante la disponibilidad de un bus doméstico multimedia.....	047
Figura 3.3: Posibles servicios ofrecidos por la domótica.....	048

Figura 3.4: Red PLC doméstica	050
Figura 3.5: Mecanismo de acoplamiento de fases	055
Figura 3.6: Modelo Arquitectura de Control Centralizado.....	057
Figura 3.7: Distribución de la Arquitectura <i>LonWorks</i>	058
Figura 3.8: Anatomía de algunos dispositivos <i>LonWorks</i>	063
Figura 3.9: “Pila” Protocolo <i>CEBus</i>	067
Figura 3.10: Estructura del paquete <i>CEBus</i>	068
Figura 3.11: Chirrido en portadora de espectro ensanchado.....	070
Figura 3.12: Equipos PLC <i>Passport</i> de Intelogis	072
Figura 3.12: Relación de temporización de señales X-10	075
Figura 3.13: Ciclos de la línea de poder para la transmisión de código X-10.....	076
Figura 3.14: Capacidades de control de X-10	076
Figura 3.15: Modulación diferencial <i>PowerPacket</i>	078
Figura 3.16: Creación Símbolo por TIF	078
Figura 3.17: Formato de trama <i>PowerPacket</i>	080
Figura 3.18: Método de comunicación de pulso UPB.....	084
Figura 3.19: Pulso típico UPB.....	085
Figura 3.20: Energía Impulso vs. Energía Sostenida	086
Figura 3.21: La atenuación como una función de la frecuencia.....	087
Figura 3.22: Frecuencia de contenido de métodos de comunicación.....	087
Figura 3.23: Porcentaje de confiabilidad - en nodos de comunicación sin acoplamiento	088
Figura 3.24: Estructura del mensaje UPB	090

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UNA RED PLC PARA APLICACIÓN DOMÓTICA

Figura 4.1: Planos de Vivienda con Red Domótica mediante PLC.....	095
Figura 4.2: Esquemático de Vivienda con Red Domótica mediante PLC	096
Figura 4.3: Acoplador de fases 39A00-1	097
Figura 4.4: Diagrama de cableado del acoplador de fase de línea de energía	098
Figura 4.5: Atenuador/Interruptor UPB 35A00-1	098
Figura 4.6: Conexión Atenuadores UPB 35A00-1	099
Figura 4.7: Módulo de y de lámparas UPB.....	099
Figura 4.8: Conexión de Módulo de y de lámparas UPB.....	100
Figura 4.9: Botonera para escenas de iluminación UPB	101

Figura 4.10: Conexión de Botonera para escenas de iluminación UPB	102
Figura 4.11: Módulo Interfaz UPB	102
Figura 4.12: Módulo Interfaz UPB	103
Figura 4.13: Software <i>UPStart</i>	104
Figura 4.14: Identificación de la interfaz UPB	105
Figura 4.15: Prueba de la ruta de comunicación PIM.....	106
Figura 4.16: Fallo de la prueba de la ruta de comunicación PIM.....	106
Figura 4.17: Supervisión del ruido de línea eléctrica con el PIM	107
Figura 4.18: Diseño de la red con Software <i>UPStart</i> (Paso 1).....	108
Figura 4.19: Diseño de la red con Software <i>UPStart</i> (Paso 2).....	109
Figura 4.20: Diseño de la red con Software <i>UPStart</i> (Paso 3).....	110
Figura 4.21: Dispositivos cargados en Software <i>UPStart</i> para la red PLC ...	111
Figura 4.22: Red de circuito PLC según escena programada	111
Figura 4.23: Comando de pasos.....	112
Figura 4.24: Lectura y escritura de datos por la red eléctrica.....	113
Figura 4.25: Lectura y escritura de datos fallida.....	113
Figura 4.26: Red doméstica PLC sobre cableado existente PB	114
Figura 4.27: Red doméstica PLC sobre cableado existente primer piso	115

ÍNDICE DE TABLAS

CAPÍTULO III

APLICACIONES DOMÓTICAS MEDIANTE PLC PARA REDES DOMÉSTICAS

Tabla 3.1. Banda ancha para redes domésticas por medio físico 042

Tabla 3.2. Comparación de las tecnologías de cableado existentes 044

Tabla 3.3. Tecnologías de redes domésticas inalámbricas 046

Tabla 3.4. Características de los canales 062

Tabla 3.5. Memoria del dispositivo UPB, título de sección..... 090

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UNA RED PLC PARA APLICACIÓN DOMÓTICA

Tabla 4.1. Costo de implementación PLC..... 116

Tabla 4.2. Comparación entre tecnologías de comunicación PLC 117

RESUMEN

En el presente trabajo se fundamenta la pertinencia y factibilidad de la aplicación domótica mediante la tecnología *Power Line Communications* PLC, para redes domésticas en el Ecuador. Demostrando que es posible utilizar esta tecnología en los hogares ecuatorianos como una alternativa en los sistemas domóticos existentes.

Se presenta como ejemplo el diseño para el control de un sistema de iluminación, integrándolo junto con un panel domótico en un domicilio la red eléctrica existente.

Palabras claves: *Power Line Communication* PLC; domótica; Multiplexión por División de Frecuencias Ortogonales OFDM; Bus Universal de Líneas de Potencia UPB, Leviton.

ABSTRACT

The present paper is based at the relevance and feasibility to the application of the domotic to through technology Power Line Communications PLC, for domestic networks in Ecuador. Demonstrating that is possible to use technology in the Ecuadorian homes as an alternative to the existing automation systems.

This is presented as an example of the Lighting Control System, integrated with a domotic panel at home with the existing electrical network.

Keywords: Power Line Communication PLC, automation, Orthogonal Frequency Division Multiplexing OFDM, Universal Power Line Bus UPB, Leviton.

CAPÍTULO 1

INTRODUCCIÓN

En los últimos veinte años, las redes de datos han pasado de ser una tecnología experimental a convertirse en una herramienta clave para los negocios y el entretenimiento utilizado por las empresas y los hogares en todo el mundo. Las empresas utilizan las redes para transferir archivos de datos y compartir aplicaciones entre equipos, así como para compartir el acceso a los dispositivos de red, tales como impresoras y estaciones de trabajo. Esta demanda de las empresas es grande, pero la demanda de comunicación de datos en el hogar está en crecimiento. Los usuarios domésticos, que suelen tener más de un computador, están buscando redes de comunicación de datos para compartir información entre dispositivos electrónicos. También se busca redes para la automatización del hogar, incluyendo aplicaciones tales como sistemas de alarmas de seguridad electrónica, sistemas de video vigilancia, juegos en red, control de calefacción, aire acondicionado entre otros sistemas. Debido a lo anteriormente señalado, el diseño de una red debe tener en cuenta varios factores, de los cuales se predicen que los dos más importantes son:

- El tráfico de red
- El costo de instalación.

La naturaleza del tráfico generado por aplicaciones como correo electrónico, *streaming* de audio o video, transferencia de archivos, sistemas de control, aplicación o recurso compartido, etc. Pronostica el servicio preciso. Los diversos tipos de tráfico pueden tener diferente rendimiento, integridad de los datos, latencia, y otros requisitos. Una red simple de sistema de control que lleva a cabo funciones tales como encender, apagar y regular la iluminación, abrir y cerrar la puerta del garaje y el control del aire acondicionado no requiere altas velocidades. Una red de alta velocidad sería mejor aprovechada por múltiples redes informáticas, donde hay una gran cantidad de archivos para compartir, aplicaciones o vídeo.

El factor de costo se refiere al costo de la instalación de una red. Redes de alta velocidad a menudo requieren equipos más costosos que las redes de baja velocidad, por lo que para las redes de baja velocidad no es económicamente

inteligente instalar equipos de alta velocidad. El costo de instalación se ve afectado por la configuración específica de la red. Los equipos inalámbricos se están haciendo populares debido a que son fáciles de configurar y proporciona alta velocidad y alta movilidad (computadores que pueden acceder a la red, siempre y cuando estén dentro de una cierta distancia del punto de acceso). Sin embargo, el equipo de telefonía móvil puede ser demasiado costoso para los de menor velocidad. Otra solución es el uso de cableado de la red dedicada, pero esto también resulta en una solución económica alta, porque la reconversión de una casa con el cableado necesario significa un alto costo con un tiempo largo de trabajo. Además, una vez que el cableado de la red se instala en una vivienda u oficina, no se presta fácilmente a la reconfiguración. Resultando en el tiempo una mala inversión en cuanto a la ubicación de los equipos o reconfiguración de la red.

De este modo se presenta el siguiente caso de estudio; en el cual se aborda la fundamentación de la pertinencia y factibilidad de la aplicación Domótica mediante la tecnología *Power Line Communications* PLC para redes domésticas en el Ecuador.

1.1. ANTECEDENTES DE LA PROPUESTA

La comunicación de la línea eléctrica, también conocido como PLC, usa las instalaciones de distribución de energía existentes para comunicar datos. No obstante esta es una idea que viene desde hace tiempo atrás. En 1838, apareció la primera fuente de medición de electricidad a distancia y en 1897 se emitió la primera patente sobre la señalización de línea de energía en el Reino Unido (Niovi Pavlidou, 2003). En la década de 1920 dos patentes fueron emitidas a la americana *Telephone and Telegraph Company* en el campo de la transmisión sobre circuitos con líneas de energía. Uno podría pensar que la idea de hace mucho tiempo concebida en las comunicaciones por línea eléctrica estarían bien desarrollados por ahora. Sin embargo, este no es el caso porque la línea de alimentación eléctrica ha presentado varios desafíos para la comunicación de datos.

1.2. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

Existen dos aplicaciones principales para la comunicación de la línea eléctrica. Una para la banda ancha de acceso a Internet en el hogar y otro para el control de dispositivos y sistemas en el hogar, mediante la creación de redes PLC. Este trabajo se centra en la utilización de la tecnología PLC, para la creación de redes de control y automatización de dispositivos eléctricos y electrónicos en el hogar y oficina mediante las líneas de energía existentes. Lo cual representa una novedad tecnológica ya que al momento en el Ecuador se conoce a esta tecnología solo para la aplicación en el uso sistemas de Internet de banda ancha.

En la actualidad, redes domésticas suelen utilizar dispositivos Ethernet o inalámbricos. Ethernet proporciona la creación de redes de alta velocidad, pero requiere de un cableado dedicado mínimo de categoría 5 (CAT5) que debería estar instalado en el hogar. Los dispositivos móviles son cada vez más populares y funcionan bien, pero proporcionan velocidades que son excesivas para aplicaciones sencillas además que el rendimiento de las redes inalámbricas se ve afectado también por la línea de obstrucciones visuales tales como paredes.

Uno de los atractivos principales de comunicación por línea de energía es la alta disponibilidad de tomas de corriente en el hogar. El hogar promedio en el Ecuador tiene al menos dos tomas de corriente por habitación resultando en la elección adecuada en cuanto a la ubicación y la movilidad. "Donde hay un toma de corriente, hay una conexión a la red". La alta disponibilidad de nodos es la razón por la cual esta tecnología tiene un enorme potencial de mercado.

La tecnología PLC ha tardado en desarrollarse porque las líneas estaban diseñadas únicamente con el propósito principal de distribución de energía de 60 Hz. desafortunadamente, las líneas de poder son un medio bastante hostil para la transmisión de datos. El medio tiene diferentes impedancias, mucho ruido y una alta atenuación, lo que puede cambiar a medida que diferentes tipos de dispositivos sean conectados a la red eléctrica.

Esta situación conlleva a las siguientes preguntas de investigación:

- ¿En qué medida es factible la aplicación domótica mediante la tecnología PLC en redes domésticas en el Ecuador?
- ¿Qué beneficios supondría la aplicación domótica mediante la tecnología PLC en redes domésticas en el Ecuador?
- ¿Qué requerimientos deberían tomarse en consideración en cuanto al cumplimiento de las normas técnicas para la implementación de esta tecnología?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Demostrar la pertinencia y factibilidad de la aplicación Domótica mediante la tecnología *Power Line Communications* PLC para redes domésticas en el Ecuador, con el fin que llegue a implementarse utilizando las redes de líneas de energía existentes en los hogares.

1.3.2. Objetivos específicos

- Identificar las necesidades del medio en cuanto al uso de la tecnología PLC.
- Analizar las características de la tecnología PLC aplicables en los hogares.
- Establecer la factibilidad de la implementación de la aplicación Domótica mediante la tecnología *Power Line Communications* PLC en los hogares del país.

1.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN

La metodología de investigación será **teórica** porque se demostrará la hipótesis desde el punto de vista de la modelación tecnológica.

El enfoque metodológico es **cuantitativo** debido a sus variables en cuanto a necesidades, características y de factibilidad de esta tecnología pues se apoyan en el dato cuantitativo.

Como instrumento de investigación se utilizará la modelación teórica.

1.5. ALCANCE

El alcance de la propuesta es **exploratorio** en una primera fase, debido a que el tema en el país, es aún poco estudiado y **correlacional** debido a las variables que posee en cuanto a las necesidades del medio, características de la tecnología y la factibilidad de la implementación de aplicaciones domóticas utilizando la tecnología PLC en las redes domésticas.

Con esta fundamentación se quiere brindar un apoyo en cuanto a todas las aplicaciones domóticas que se pueden utilizar mediante esta tecnología, teniendo en cuenta el desarrollo tecnológico en el país.

1.6. HIPÓTESIS

Es factible y pertinente la aplicación de la tecnología PLC para la implementación domótica en las redes domésticas en el Ecuador.

1.7. VARIABLES DE ANÁLISIS

- Necesidades del medio.
- Particularidades de la tecnología.
- Factibilidad de la implementación.

CAPÍTULO II

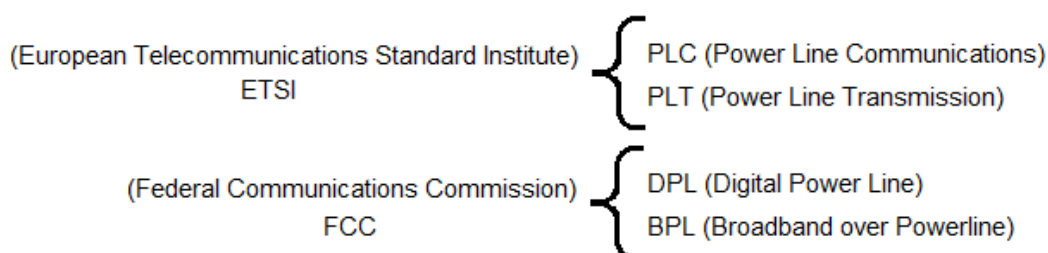
INTRODUCCIÓN DE LA TECNOLOGÍA PLC *POWER LINE COMMUNICATION*

2.1. DEFINICIÓN

Power Line Communications (PLC), es una tecnología que permite la comunicación de voz, datos y video mediante las redes eléctricas. Una de las ventajas de usar las líneas eléctricas como medio de transmisión de datos es que cada casa y edificio se encuentran ya equipados con suministros eléctricos y conectados a la red eléctrica. Los sistemas de comunicación de línea eléctrica (PLC) utilizan el cableado eléctrico existente de corriente alterna, como medio de red para proporcionar puntos de acceso a la red de alta velocidad desde casi cualquier lugar donde exista una toma de corriente. Los servicios que ofrece esta tecnología son:

- Internet a alta velocidad
- Domótica
- Integración de servicios de Internet
- Telefonía integrada con datos
- Televisión participativa
- Radio
- Juegos en red
- VPN

En la actualidad esta tecnología ofrece nuevos servicios a los usuarios finales de las empresas del sector eléctrico permitiendo implementar nuevas aplicaciones que hacen referencia a esta tecnología. Dependiendo del país y el organismo que estudie la tecnología PLC, se menciona en forma diferente:



2.2. LA RED ELÉCTRICA Y SU INFRAESTRUCTURA

Debido a que la red eléctrica es una red heterogénea, se encuentra formada por diferentes trayectos. La Figura 2.1, muestra la estructura de la red eléctrica la cual cumple tareas específicas.

- **Trayecto de Media Tensión (15kV - 50kV):** Este trayecto está comprendido entre la central generadora y el primer transformador elevador. La central generadora utiliza una fuente de energía principal y por medio de proceso mecánico, químico, luminoso, etc. mueve un motor u otro dispositivo el cual transforma la energía a energía eléctrica. Posteriormente se transmite esta energía utilizando el tendido eléctrico de media tensión hasta el primer transformador el cual eleva el voltaje, obteniendo una óptima transferencia.
- **Trayecto de Transporte - Alta Tensión (220kV – 400kV):** Este trayecto representa un medio físico que conduce la energía eléctrica hacia la subestación de transporte. En este recorrido la energía generada viaja hacia las áreas de consumo. Para un determinado nivel de potencia, es necesario elevar el voltaje lo cual disminuirá la corriente que circula reduciendo las pérdidas por el efecto Joule lo cual beneficia en dimensionar adecuadamente el conductor facilitando el transporte y luego su distribución. Se requiere de la interconexión entre las líneas de transporte, conformando una red tipo anillo, permitiendo llegar a lugares distantes, en cualquier sentido y mínimas pérdidas.
- **Trayecto de Media Tensión (66kV - 132kV):** Este trayecto está comprendido a partir de la subestación de transporte hacia la subestación de distribución. Las subestaciones de transporte son conformadas por circuitos de transmisión y transformadores que disminuyen el nivel de voltaje a un nivel de media tensión. Esta energía se dispensa, utilizando una topología tipo anillo, rodeando los centros de consumo, hasta alcanzar a las subestaciones de distribución (Catoira , Fullana , & Maidana , 2010).
- **Trayecto de Media Tensión (20kV - 50kV):** Este trayecto se encuentra entre la subestación de distribución al el centro de distribución. Enlaza las

subestaciones de distribución con los centros de distribución, utilizando una topología tipo malla. Las líneas de energía, utilizadas en este trayecto se encuentran en la última etapa del suministro de media tensión en donde se transforma la energía para una apropiada distribución hacia los clientes, a través de una red tipo estrella.

- **Red de Baja Tensión (220V - 380V):** En esta red se transporta niveles de baja tensión a cortas distancias, distribuyendo la energía a los centros urbanos (industrial, comercial y residencial). Realizando la interconexión entre transformadores instalados en postes de alumbrado público y los abonados finales.

La tecnología PLC utiliza los niveles de media y baja tensión para el envío de datos por redes eléctricas.

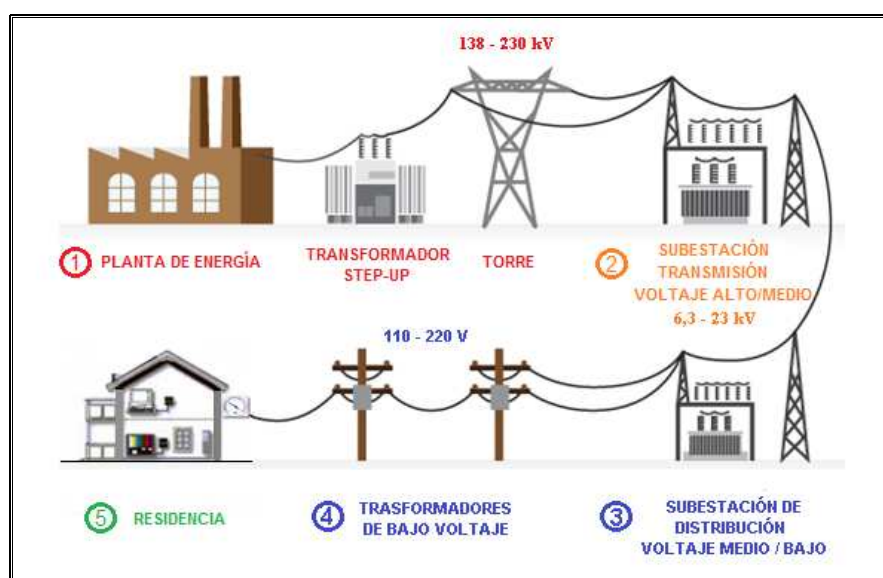


Figura 2.1: Estructura de la red de distribución de energía eléctrica

Fuente: Autor.

2.3. GESTIÓN DE FRECUENCIAS PLC

Mediante un correcto acondicionamiento de las instalaciones eléctricas, es posible que la señal de baja frecuencia (50 o 60 Hz) sea la encargada de transmitir energía mientras que la señal de datos utilice un rango de frecuencias más alto que se encuentra comprendido entre los 1.6 y los 30 MHz como se

aprecia en la Figura 2.2, hallándose en la banda de HF *high frequency*, logrando que las frecuencias no se vean afectadas una a otra.

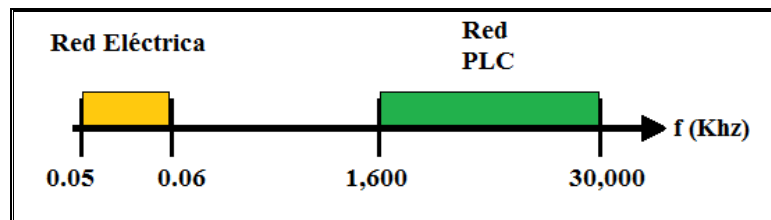


Figura 2.2: Rangos de trabajo de las redes eléctricas y PLC.

Fuente: Autor

Mediante componentes acondicionadores es posible la adecuación y filtrado de ambas señales, separando la electricidad de las señales de alta frecuencia, las cuales posteriormente son decodificadas en canales de datos.

La Figura 2.3, muestra los rangos de frecuencia que se asignan, según la recomendación ETSI TS 101 867:

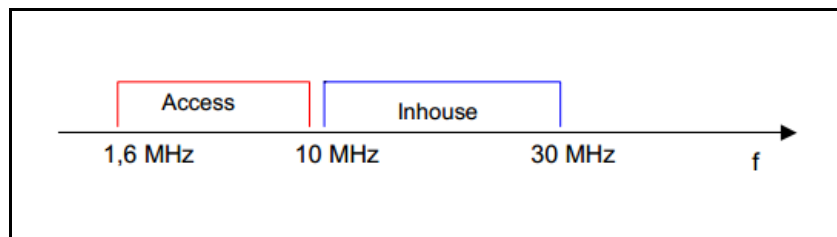


Figura 2.3: Gestión de frecuencias PLC.

Fuente: (European Telecommunications Standards Institute, 2000)

- De 1,6 MHz a 10 MHz.- Comprende el rango de frecuencia exclusiva para sistemas PLC de acceso en las instalaciones.
- De 10 MHz a 30 MHz.- Comprende el rango de frecuencia exclusiva para sistemas PLC domésticos cuyos dispositivos de acceso pueden ser instalados en el cableado del suscriptor.

2.4. VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN

La velocidad de transmisión de la tecnología PLC depende en gran parte de factores como:

- Tecnología PLC empleada
- Estado de las líneas eléctricas
- Fabricante de los dispositivos tecnológicos
- Números de usuarios conectados, etc.

Sin embargo suelen establecerse en velocidades de 45 Mb/s, distribuidos en:

- 27 Mb/s en el sentido red-usuario *Downstream*
- 18 Mb/s en el sentido usuario-red *Upstream*.

Según (Yanqui Ushiña, 2010) actualmente se construyen los equipos de comunicación que permiten obtener velocidades de 130 Mb/s y algunos consiguen los 200 Mb/s de ancho de banda simétricos a repartir, permitiendo competir entre sistemas de comunicación de banda ancha. No obstante, esta velocidad es compartida por los usuarios que se encuentren conectados, lo que varía la velocidad de cada usuario. Compartiendo el ancho de banda entre aquellos usuarios que se encuentren conectados en la misma red de distribución eléctrica. En la Figura 2.4, se puede observar los usos y velocidades según la aplicación en PLC.

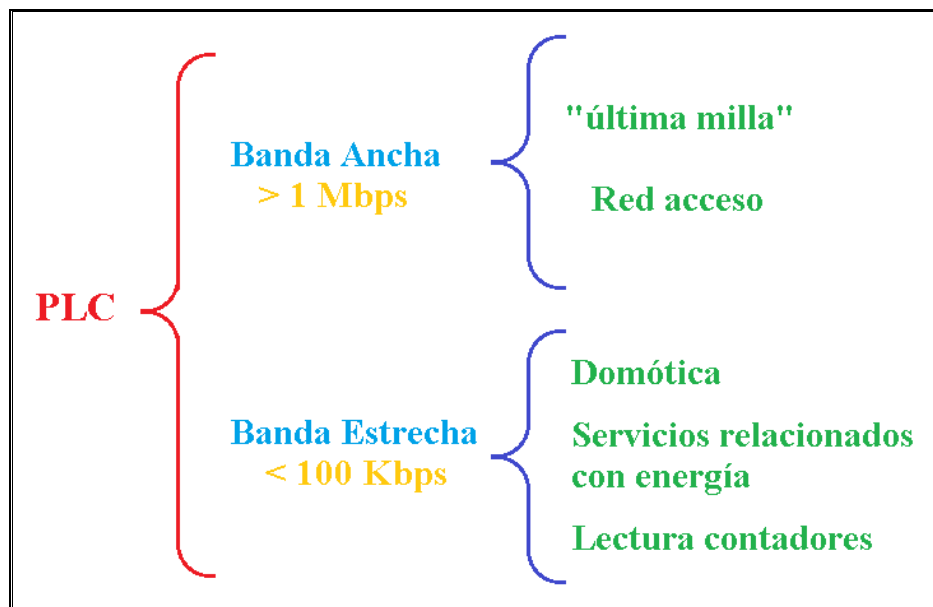


Figura 2.4: Usos y velocidades en PLC.

Fuente: (Gago, 2009).

2.5. FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de la tecnología PLC está basado en el uso de los cables eléctricos existentes. Brindando el servicio de transferencia de datos a través de la red de Baja Tensión la cual será utilizada como medio de transporte desde un centro de transformación hacia el abonado final. En la Figura 2.5, se puede apreciar dos circuitos que se encuentran conectados a la subestación eléctrica y utilizan el mismo regenerador y acoplador para comunicarse con los medidores de los abonados finales; mientras que el circuito restante requerirá de su propia plataforma de regeneradores y acopladores de la red PLC para realizar la comunicación con el abonado final.

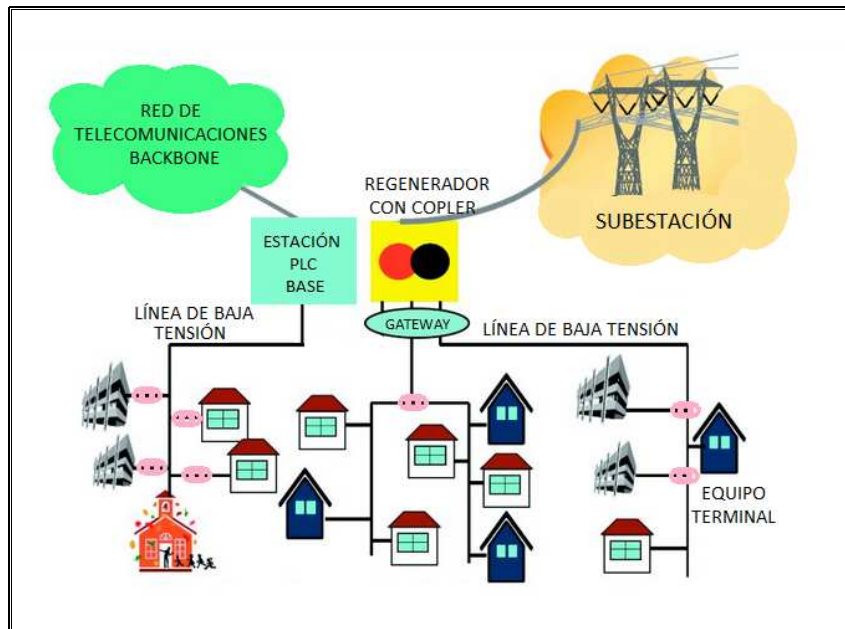


Figura 2.5: Estructura de funcionamiento PLC

Fuente: (Hrasnica, 2006)

2.5.1. Ventajas

- **Instalación ágil y sencilla.** Utiliza la red eléctrica existente sin requerir cableados adicionales.
- **Alta ubicuidad y capilaridad.** La penetración del sistema eléctrico es superior al sistema de telefonía por lo que se podrá llegar a más lugares sin tener que realizar inversiones de infraestructura adicional.
- **Variedad de servicios y aplicaciones.** Permite el acceso a múltiples servicios, entre los más significativos:

- Acceso a Internet de banda ancha.
- Telefonía IP, Videoconferencia
- Control de aplicaciones en el hogar, como electrodomésticos, sistemas de seguridad y alarmas.
- Redes de Área Local
- Redes privadas virtuales (VPN)
- Teletrabajo y monitoreo remoto.
- Servicios para Pymes
- Domótica
- **Facilidad de conexión del abonado.** Fácil instalación por parte del abonado final pues requerirá tan solo de un modem o controlador PLC conectado hacia un tomacorriente por el cual se distribuirá la red PLC para la comunicación con otros dispositivos PLC.
- **Movilidad.** Cualquier tomacorriente eléctrico es un potencial punto de conexión a la red por lo que permite la movilidad por su hogar. Teniendo en cuenta que un hogar promedio cuenta con tres tomacorrientes por habitación.
- **Evolución de la tecnología y proliferación de productos.** En la actualidad se han mejorado las versiones de los equipos y sistemas PLC permitiendo ser compatibles con varias aplicaciones y equipos de video, audio, seguridad, electrodomésticos, multimedia, etc. Denominándose en la actualidad, como servicios para viviendas y edificios inteligentes.
- **Servicios de gestión para la empresa de servicio eléctrico.** En la actualidad, las compañías eléctricas realizan controles, mediciones, detección de fallos, etc. Desde las centrales de distribución eléctrica hacia cada uno de los medidores de los abonados utilizando esta tecnología.

2.5.2. Desventajas

- **Estandarización.** En la actualidad varios entes como ETSI, FCC y el IEEE, entre otros, buscan estandarizar esta tecnología de modo que resguarde importantes aspectos de la tecnología BPL como son:
 - Seguridad
 - Compatibilidad electromagnética
 - Medios
 - Coexistencia

- Interoperabilidad
- **Infraestructura variable de la red eléctrica.** Las redes eléctricas actuales difieren en cuanto a su ubicación, tiempo de servicio, etc. Por lo que el buen funcionamiento del servicio PLC dependerá del estado de las redes y de existir una red en mal estado será necesario el mantenimiento de la misma a fin de posibilitar la implementación con sistemas PLC.
- **Distancia.** La transmisión de datos se basa en distancias cortas comprendidas entre los 100 metros y 400 metros; caso contrario se requerirá de repetidores cada cierto tramo para distancias que superen la distancia aproximada de 400 metros de modo que regeneren la señal transmitida.
- **Número de viviendas por transformador.** La inversión será directamente proporcional al número de abonados conectados al transformador que acopla el trayecto de media tensión y baja tensión, provistos de estaciones base PLC, la cual inyectará la señal de datos a los abonados conectado a este transformador.
- **Seguridad.** Debido a que el medio de transmisión no fue diseñado para la transmisión de datos, parte de la información puede irradiarse en el espacio siendo violentada la privacidad y confidencialidad de los datos por lo que varios equipos PLC actualmente encriptan la información enviada, creando un protocolo de seguridad. Al momento este protocolo depende del fabricante de los equipos PLC.
- **Múltiples fuentes de interferencia.** La existencia de ciertos aparatos eléctricos de pueden afectar la comunicación creando ruido e interferencia en la comunicación transmitida. Por lo que se utilizan filtros que permiten separar la señal de datos de la señal eléctrica. Sin embargo esto representa un costo adicional en los equipos para sistemas PLC.

2.6. TIPOS DE MODULACIÓN EMPLEADA EN PLC

Las características que presentan las líneas de corriente utilizadas para canal de comunicaciones difieren mucho de otros medios de transmisión, especialmente por el ruido que se presentan en las mismas. Debido a esto es necesaria la utilización de una técnica de modulación, que aproveche al máximo el ancho de banda de los sistemas PLC manteniendo la confiabilidad de las transmisiones frente al ruido presente en el medio.

Por los cambios asiduos de las propiedades existentes en las líneas eléctricas se requiere de una técnica de modulación que realice automáticamente la actualización de la red de modo que se logre una transmisión de datos confiable. Los cambios pueden producirse tanto en el transmisor como en el receptor o ambos a la vez, dentro de la red de comunicaciones. En el caso de adaptación en el transmisor, se debe seleccionar bandas de frecuencia cuyo nivel de atenuación e interferencia sea bajo para obtener mejores tasas de transferencia. Esta adaptación es viable para conexiones punto a multipunto, obteniendo mejores resultados para conexiones punto a punto.

Una desventaja que se presenta en las líneas eléctricas es que los parámetros de la red, deberán mantenerse de forma individual por cada enlace dentro del sistema de comunicación, dificultando el manejo de la información. Por lo que para elegir una correcta técnica de modulación en los sistemas de comunicaciones PLC, es necesario tener en cuenta factores como:

- El desvanecimiento de frecuencia selectiva y del canal de comunicaciones.
- Las interferencias presentes de banda angosta y ruido impulsivo.
- La plataforma multiusuario para acceder paralelamente al medio físico.
- Considerar la compatibilidad electromagnética que confina la densidad espectral de potencia de la señal transmitida.

Debido a que las transmisiones de PLC son realizadas por el cable eléctrico la transmisión se ve afectada por múltiples formas de interferencia. Lo que hace que este medio sea poco confiable para mantener una óptima comunicación. Por lo que se han considerado varias técnicas de modulación que presenten características de robustez y cuya asignación de frecuencias evite factores como las interferencias provocadas en el medio de transmisión.

Los tipos de modulación más favorables para PLC son:

- **Modulación de Espectro Ensanchado por Secuencia Directa - *Direct Sequence Spread Spectrum Modulation (DSSSM)***: La modulación de espectro ensanchado por secuencia directa, concibe un patrón de bits reiterados para cada uno de los bits que forman la señal, lo cual amplía el

ancho de banda y disminuye la potencia de la señal en cada componente espectral. AL utilizar un gran patrón de bits, mejor será la resistencia de la señal a las interferencias en el canal, tanto externas como internas. El estándar IEEE 802.11 recomienda un tamaño de 11 bits para el código pseudo-aleatorio. El sistema posee un comportamiento lineal.

La modulación por secuencia directa con espectro expandido DSSS no resulta ser tan dispendiosa como otras modulaciones, dado que su complejidad está relacionada con el sincronismo necesario entre el transmisor y el receptor, al momento de multiplicar la secuencia pseudo-aleatoria con la señal de información (Agudelo Ramírez, Bernal Gallo, & Quintero Salazar, Fundación Dialnet, 2011).

- **Modulación por Desplazamiento Mínimo Gaussiano - *Gaussian Minimum Shift Keying (GMSK)***: La técnica de modulación GMSK, derivada de MSK, es una representación de modulación continua en fase. Refiere a una técnica que logra suavizar las transiciones de fase entre estados de la señal, alcanzando reducir los requerimientos de ancho de banda. Con GMSK, los bits de entrada representados de forma rectangular (+1;-1) son transformados en pulsos Gaussianos (señales de forma acampanada) mediante un filtro Gaussiano, para posteriormente ser suavizados por un modulador de frecuencia (Universidad Tecnológica de Pereira, 2010)

Esta modulación se convierte en idónea para implementar en aplicaciones PLC; ya que realiza una transmisión estable omitiendo las variaciones causadas por frecuencias instantáneas. Sin embargo, posee limitantes en cuanto a zonas de baja potencia y presenta un problema de circuito, consistente en la implementación del filtro Gaussiano de pre-modulación. (Agudelo R., Bernal G., & Quintero, 2010).

- **Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales - *Orthogonal Frequency Division Multiplex (OFDM)***: Es una de las técnicas más utilizadas consiste en modular un gran número de portadoras de banda estrecha distribuidas en el ancho de banda, por lo cual es factible poseer un sistema con alta eficiencia espectral y robusta

ante permutaciones de impedancia, ruido y reflexiones por las diversas vías que recorre la señal (Held , 2006)

Esta técnica emplea un método adaptativo que es capaz de medir los niveles de atenuación e interferencia. Cuyo proceso es el siguiente:

- a. El transmisor envía al receptor una señal de prueba.
- b. El receptor estima la atenuación y la interferencia del canal basándose en la señal recibida.
- c. Se establece un período de tiempo en el que el transmisor no transmite para que el receptor evalúe las características de la interferencia.
- d. Toda la información se envía al transmisor para que haga una adaptación tomando en cuenta las características del canal.

La Figura 2.6, muestra la evolución de la modulación empleada en PLC cuya primera generación emprendió con las modulaciones GMSK y DSSS las cuales planteaban velocidades entre 1 y 4 Mb/s. Seguido de esta se introdujo la modulación OFDM al cual presento las siguientes características:

- Adaptable tasa de transferencia según la relación señal / ruido, con más de 8 bits por portadora.
- 1280 portadoras
- Eficiencia en la modulación de 7,25 b/s sobre Hz
- Tasa de transferencia: Sobre los 27 Mb/s en la bajada y sobre los 18Mb/s en la subida.

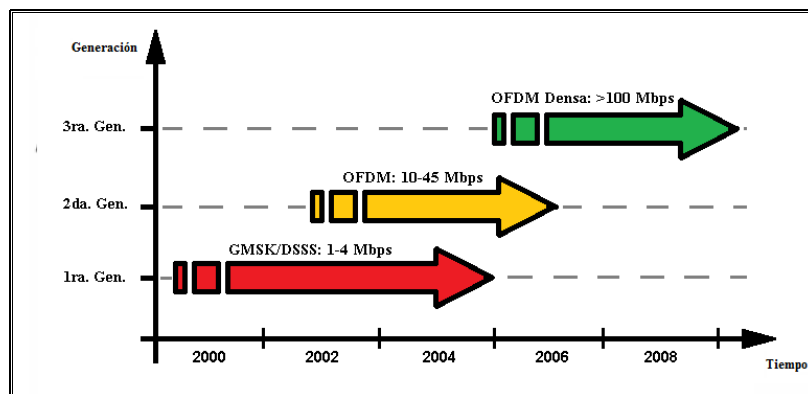


Figura 2.6: Evolución de las modulaciones empleadas

Fuente: (Álvarez Valle, y otros, 2005).

Según (Álvarez Valle, y otros, 2014), de la tercera generación que en la actualidad se encuentra en desarrollo se espera:

- Menor o igual costo a DSL/CABLE
- Velocidades mayores a 100Mb/s
- Conseguir una mayor eficiencia debido a una mayor densidad del *multi-carrier*
- Modulación OFDM densa
- Instalación factible y mejores elementos para la detección de errores

Considerando las características antes señaladas, la mejor modulación para PLC es OFDM debido a que al realizar la comunicación por un medio donde predominan las interferencias y el ruido, la señal de datos se atenúa, dependiendo del recorrido por lo cual es necesario cerciorarse de mantener una eficiente transmisión, independientemente de lo variante del medio de transmisión.

2.7. MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS ORTOGONALES OFDM (ORTHOGONAL FREQUENCY-DIVISION MULTIPLEXING)

La modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*) es una técnica de modulación multiportadora en la cual el espectro de frecuencia disponible es dividido en subportadoras ortogonales, cada una modulada por un flujo de datos de baja velocidad (Shieh & Djordjevic, 2010).

Entre las características de la ortogonalidad tenemos:

- Permite que las subportadoras sean distanciadas más cerca una de la otra, de manera que se logre una alta eficiencia espectral y se minimiza el ancho de banda empleado
- Permite operar para elevadas tasas de transmisión con robustez respecto a las peculiaridades de ruido en el canal de comunicaciones. OFDM es una composición de modulación y multiplexación por lo cual

es una técnica usada frecuentemente en comunicaciones inalámbricas.

Esta multiplexación es utilizada en una serie de señales independientes, creadas desde de una señal principal. En antítesis a las comunes comunicaciones, *single carrier* (SC) o monoportadora, donde cada símbolo se transmite en serie (uno por uno) dominando todo el ancho de banda aprovechable, en una modulación multiportadora se remiten los símbolos simultáneamente en subportadoras adyacentes, empleando cierto tipo de multiplexación por división en frecuencia (FDM) (Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2014). En la Figura 2.7, se puede apreciar una representación gráfica.

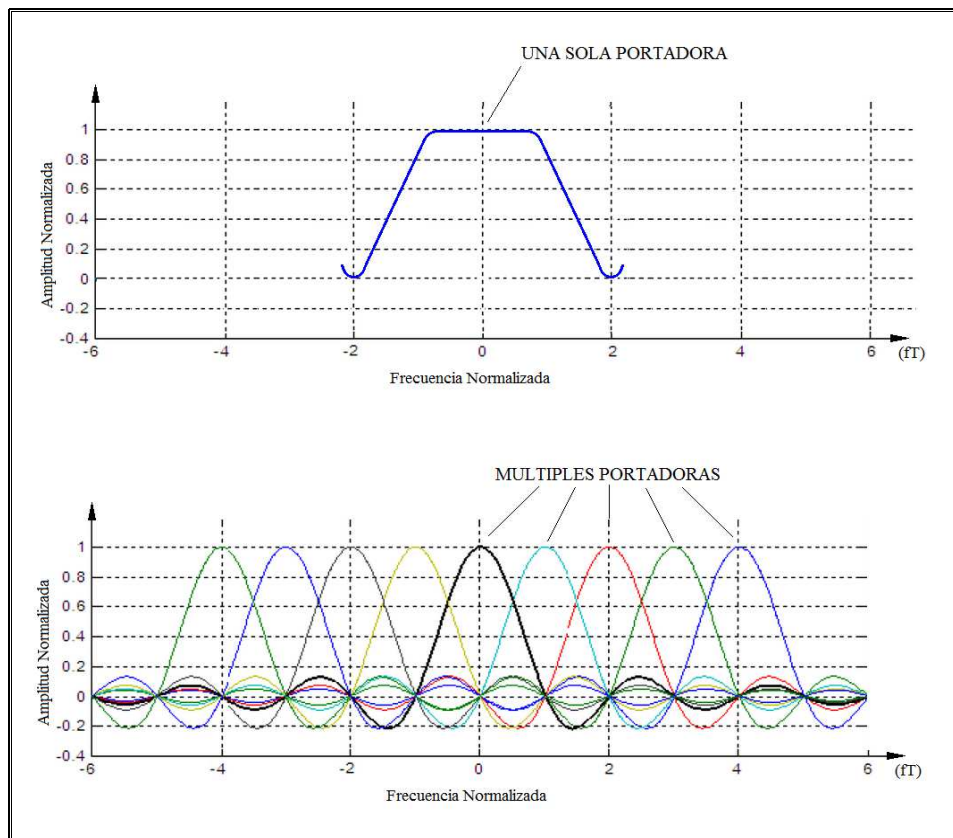


Figura 2.7: Comparación entre transmisión portadora simple y multiportadora (OFDM)

Fuente: Autor

Los sistemas de transmisión-recepción digitales basados en OFDM realizan la modulación/demodulación multiportadora por medio del empleo de la Transformada Inversa Discreta de Fourier (IDFT) y la Transformada Discreta de Fourier (DFT), respectivamente (Hanzo & Keller, 2006).

Según la publicación de (Ingeniería Investigación y Tecnología, 2014) en 1971 Weinstein y Ebert implantaron la iFFT/FFT para OFDM junto con el concepto de intervalo de guardia para evitar la interferencia intersimbólica (ISI) y la interferencia intercanal (ICI).

Teóricamente, se conoce que la FFT (como una implementación de la DFT), tiene su inversa, la iFFT, que funciona exactamente con el mismo algoritmo. Para lo cual se toma un número definido de muestras NFFT en el tiempo lo que resulta en el mismo número NFFT de muestras en el dominio de la frecuencia.

Debido a que OFDM requiere de una señal compuesta por la suma de señales, el dominio de la frecuencia pertenece a frecuencias adyacentes, con una disgregación constante. Esta disposición coincide con la utilizada en la información del contenido espectral que tiene la FFT. Por lo cual para la generación y transmisión de OFDM, se utiliza la transformada inversa iFFT, debido a que previamente el esquema de transmisión radica en realizar un mapeo del contenido de cada subportadora, posteriormente la transformada inversa convierte esta información en las muestras de una señal en tiempo. En el lado del receptor. Debido a esto, la transformación directa FFT se encarga de separar los datos entre subportadoras en el demodulador. La Figura 2.9, muestra el esquema general de un sistema OFDM. Asegurando que las subportadoras producidas sean ortogonales entre sí gracias a una forma sencilla y muy eficiente con la iFFT.

En OFDM, un gran número de subportadoras ortogonales superpuestas, de banda estrecha, comunican información en paralelo. Por lo que el ancho de banda total, se comparte entre ellas. Teóricamente, la separación de las subportadoras es mínima de manera tal que la utilización del espectro es bastante eficiente. Por lo cual entre las principales características y ventajas de la utilización de OFDM, se encuentran el manejo eficaz del receptor referente a la interferencia debida a la multitrayectoria.

De manera general, OFDM hace referencia a la transmisión de una trama digital que demanda una alta tasa de transferencia en subportadoras contiguas y ortogonales mediante NFFT líneas paralelas más lentas, que transportan símbolos independientes producto de otro tipo de modulación digital, como puede ser: QPSK, 16-QAM, 64-QAM, etc, dependiendo del sistema.

Como se muestra en (2.4), la operación con las señales discretas y sus transformadas, involucra el trabajo bajo el régimen de un tiempo de muestreo T_u , que fija las limitantes básicas de tiempo y de alguna de las primordiales características temporales del sistema. Por lo que el ancho de banda teórico W es igual a f_s y el espaciamiento entre subportadoras, similarmente al ancho de banda de subportadora, está representado por:

$$\Delta f = \frac{f_s}{N_{FFT}} = \frac{1}{T_u} \quad (2.4)$$

Señalado por T_u el tiempo útil del símbolo OFDM. Este valor se puede despejar de (2.4), reescribiéndola como:

$$T_u = \frac{N_{FFT}}{f_s} \quad (2.5)$$

En la Figura 2.8, se aprecia la disposición de las subportadoras dentro de un rango de frecuencias. La distribución de las subportadoras, se localiza en el rango $\left[d_{\frac{N_{FFT}}{2}} \dots d_{\frac{N_{FFT}}{2}-1} \right]$. Considerando f_k como la frecuencia correspondiente a la subportadora d_k , queda dada por: $f_k = \frac{k \cdot f_s}{N_{FFT}} + f_0, k \in \left[-\frac{N_{FFT}}{2}, \frac{N_{FFT}}{2} - 1 \right]$

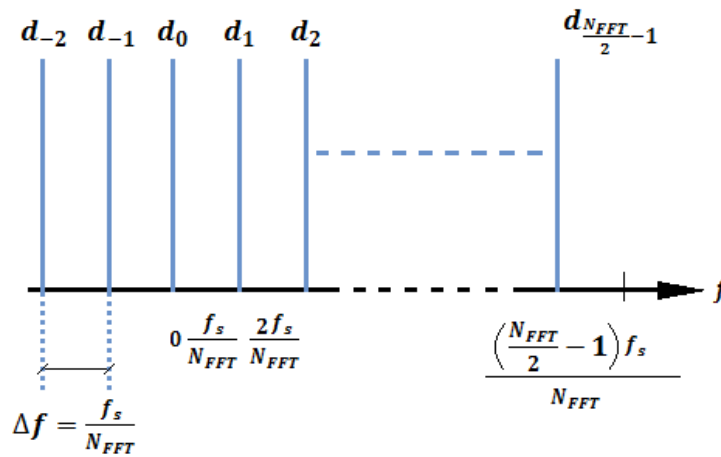


Figura 2.8: Orden de los datos en los canales de frecuencias ortogonales contiguos en OFDM

Fuente: (Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2014)

Al utilizar N subportadoras ortogonales en un sistema OFDM, estarán separadas en frecuencia por el valor correspondiente al inverso del tiempo útil del símbolo OFDM (T_u) y durante este periodo se transmitirán N símbolos

independientes codificados por alguna de las modulaciones en cuadratura I/Q como: QPSK, 16-QAM, 64-QAM, etcétera. Por lo que la señal modulada puede representarse mediante la siguiente expresión:

$$s(t) = \text{Re} \left[e^{j\omega_c t} \sum_{k=1}^N A_k e^{j\frac{2\pi kt}{T_u}} e^{j\theta_k} \right] = \sum_{k=1}^N A_k \cos \left[\left(\omega_c \frac{2\pi k}{T_u} \right) t + \theta_k \right] \quad (2.6)$$

Donde las amplitudes A_k y fases θ_k toman todos los valores posibles de acuerdo con el tamaño de la constelación correspondiente.

Si cada fase y amplitud se mantienen estables durante todo el periodo de símbolo, tal cual se indica en la teoría, es posible presentar la ortogonalidad que existe entre las subportadoras. Evidenciando que para diferentes valores de los índices m y n se cumple que el producto punto de dos señales cualesquiera, moduladas está dado por

$$\int_0^{T_u} A_m e^{j\left(\left(\omega_c \frac{2\pi m}{T_u}\right)t + \theta_m\right)} A_n e^{-j\left(\left(\omega_c \frac{2\pi n}{T_u}\right)t + \theta_n\right)} dt = 0 \quad (2.7)$$

Para este caso, las partes real e imaginaria corresponden a las partes en fase y en cuadratura de la señal. Por lo que deben multiplicarse por una senoide o una forma de onda coseno, para determinar la frecuencia de la señal OFDM. Las Figuras 2.9 y 2.10, muestran un diagrama a bloques de un modulador OFDM.

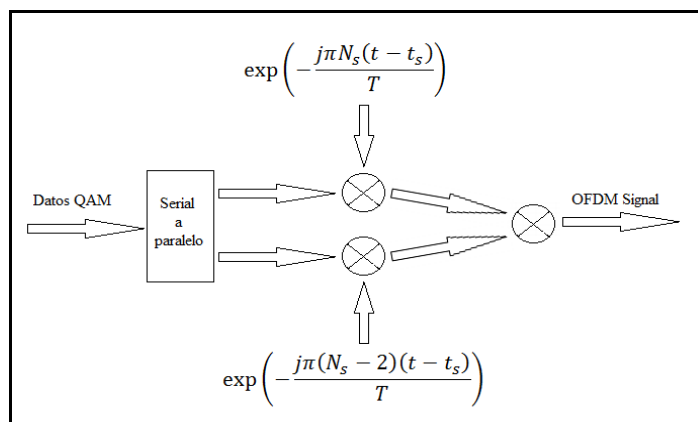


Figura 2.9: Modulador OFDM

Fuente: (Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2014)

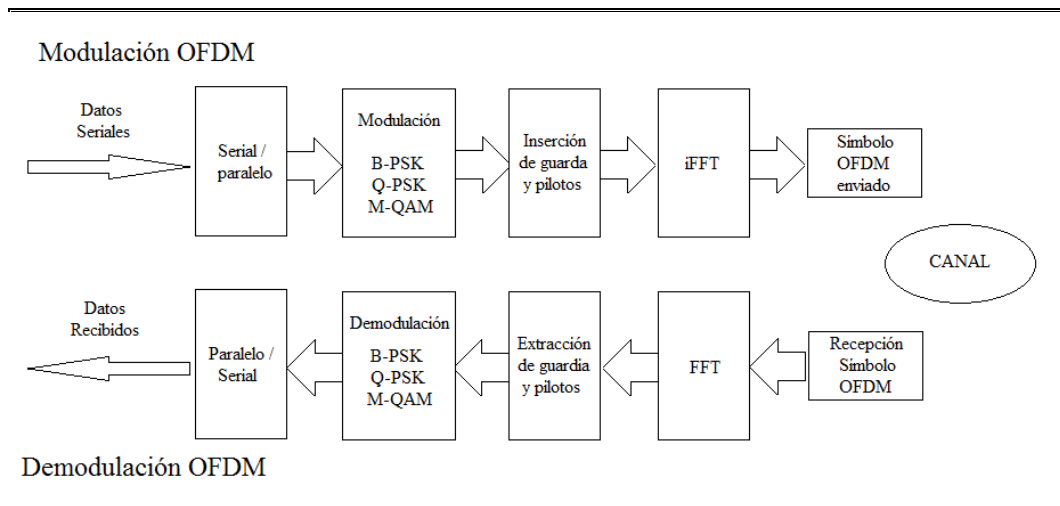


Figura 2.10: Esquema general OFDM

Fuente: (Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2014)

El tiempo de guardia o intervalo de guardia (GI), se refiere a aquel periodo que se deja entre símbolos OFDM contiguos. Aplicando esta técnica se evita la interferencia entre símbolos (ISI), e interferencia entre canales (ICI), en canales multitrayectoria. Según con la teoría, para cumplir con estos objetivos, su permanencia debe corresponder por lo menos a la misma duración del tiempo máximo de exceso de retardo (*maximum excess delay time*) (T_m) que caracteriza al canal.

En un sistema PLC, debido a las características del ruido de banda estrecha como a las de la respuesta en frecuencia del canal, en la transmisión de datos existen grandes variaciones de la atenuación en ciertas frecuencias o en rangos de ellas, teniendo en cuenta que la energía de la señal de OFDM se distribuye en un ancho de banda, es posible corregir errores, debido a que no toda la energía de la señal se ve afectada con la misma magnitud de la atenuación (Facultad de Ingeniería de la UNAM, 2014)

2.8. COMPONENTES DE LA RED PLC

La red PLC recurrir al cableado de media a baja tensión por lo que se encuentra conformada por elementos activos y pasivos los cuales se ubican en diferentes puntos de la red lo cual se evidencia en la Figura 2.11.

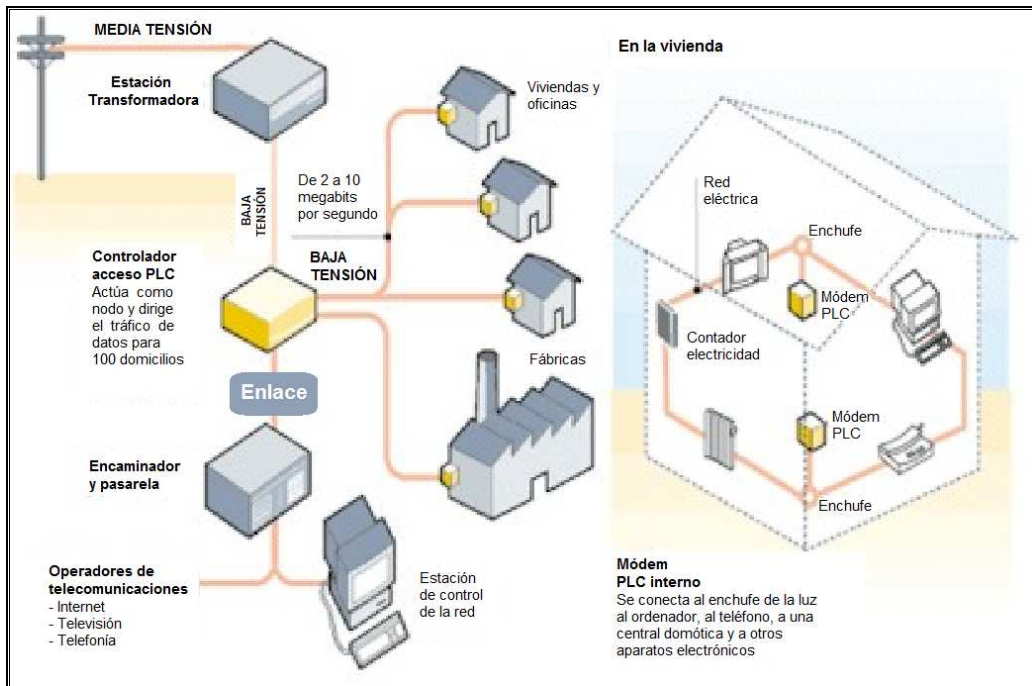


Figura 2.11: Componentes PLC

Fuente: (Cano, Organización de los Estados Americanos, 2009)

2.8.1. Componentes Activos

2.8.1.1. Nodo cabecera o HE (*Head End*)

La Figura 2.12 muestra el nodo cabecera HE o también como modem de cabecera, el cual es el componente principal de una red PLC.



Figura 2.12: Equipo Nodo Cabecera PLC

Fuente: (Corinex Communications Corp., 2015)

Las funciones del nodo cabecera son:

- Permite la conectividad del sistema PLC con redes externas (WAN, Internet, etc.) convirtiéndose en una interfaz ideal entre la red eléctrica y la red de datos.
- Regularizar la frecuencia y actividad de los equipos de la red PLC, conservando un flujo de datos constante a través de la línea eléctrica.

La instalación de este dispositivo se la realiza en las subestaciones de distribución o en el transformador de Media Tensión a Baja Tensión, proporcionando una amplia cobertura en la inyección de datos dentro de la red, dependiendo del sistema PLC que se implemente.

2.8.1.2. Nodo Repetidor o IR (*Intermediate Repeater*)

La Figura 2.13 muestra el nodo repetidor o IR permite ampliar la cobertura y alcance de la señal PLC transmitida.



Figura 2.13: Equipo Nodo Repetido PLC

Fuente: (Corinex Communications Corp., 2015)

Las funciones del nodo cabecera son:

- Permitir el flujo de datos entre las líneas eléctricas de Media Tensión y Baja Tensión.

- Extiende la cobertura del servicio prestado y consigue altas velocidades de transmisión en lugares distantes al modem de cabecera.
- Renueva la señal degradada por la atenuación de los cables eléctricos, consolidando la calidad en el enlace de datos.

La instalación de este dispositivo se la realiza en el centro de distribución o en el cuarto de contadores suministrando el servicio a una zona o lugar específico a su vez esta unidad se conecta con el módem del abonado final.

2.8.1.3. Nodo Usuario o CPE (*Customer Premises Equipment*)

El Nodo Usuario o unidad CPE mostrado en la Figura 2.14, es el equipo que funciona como interfaz hacia los servicios PLC en el abonado.

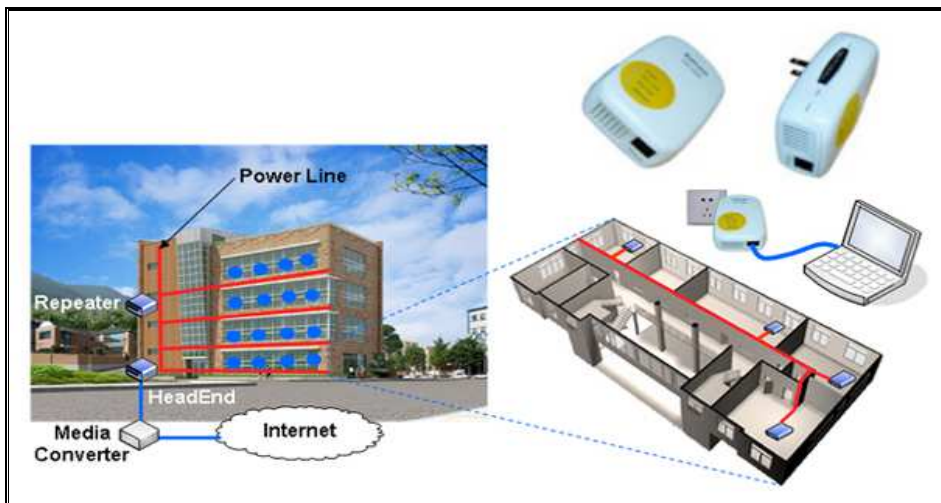


Figura 2.14: Unidad CPE PLC

Fuente: (KAICOM, 2015)

Las funciones del nodo cabecera son:

- Permitir la conexión al abonado final.
- Soporta contenidos como prioridad de tráfico y consiente la asignación de ancho de banda y QoS.
- Permite que cada toma eléctrica sea un punto de acceso a la red, al cual se puede conectar un equipo informático.

La instalación de este dispositivo se la realiza en el lugar de residencia del abonado final junto a los medidores eléctricos brindando conectividad a medidor que posea el abonado con licenciamiento de software propietario.

2.8.2. Componentes Pasivos

2.8.2.1. Acopladores para líneas eléctricas

Los acopladores para líneas eléctricas son dispositivos los cuales permiten suministrar una señal de alta frecuencia dentro de la red de distribución eléctrica. Estos acopladores se pueden clasificar en dos grupos:

- **Acopladores Capacitivos.-** Son dispositivos que se conectan por directamente en las líneas eléctricas aéreas, tienen una mínima pérdida que los inductivos. La Figura 2.15, hace referencia a este tipo de acopladores, los cuales pueden trabajar en condiciones de intemperie.

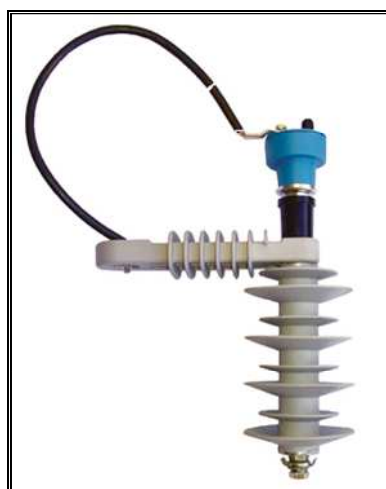


Figura 2.15: Acoplador capacitivo de PLC

Fuente: (GRUPO ARTECHE, 2015)

- **Acopladores Inductivos.** Generan un campo magnético alrededor del cable con el cual suministran la señal. La Figura 2.16, hace referencia a este tipo de acopladores que generalmente son instalados en líneas eléctricas subterráneas con la desventaja que presentan un mayor nivel de pérdida que los acopladores capacitivos.



Figura 2.16: Acoplador inductivo de PLC
Fuente: (GRUPO ARTECHE, 2015)

2.9. PLC Y EL MODELO OSI

Debido a que la tecnología PLC está considerada como un sistema de telecomunicaciones es posible emplear el modelo OSI *Open Systems Interconnection* de la Organización de Estándares Internacionales para comprender el funcionamiento de los equipos en una red PLC y evaluar cada una de las capas del modelo OSI en las cuales trabaja esta tecnología.

Según la Figura 2.17, podemos observar las capas que comprende el modelo OSI en las cuales la capa física y la capa de enlace se encargan de la transmisión de datos con la capacidad de canal apropiada para comunicaciones de datos.



Figura 2.17: Modelo OSI.
Fuente: (Moreno, 2003)

2.9.1. Capa Física

Es la encargada de las conexiones y estructuras físicas en cuanto al cableado e instalación para el trabajo de PLC. Debido a que la tecnología PLC trabaja sobre una infraestructura de líneas eléctricas ya existentes, representa un ahorro en cuanto a obras de infraestructura. Sin embargo como estas redes no fueron concebidas para el uso de sistemas de telecomunicaciones es necesaria la utilización de equipos que logren grandes velocidades de trabajo con un ancho de banda eficiente para una óptima transmisión de información.

Las condiciones que la capa física debe cumplir son:

- Eficiencia
- Estabilidad

Debido a que en esta capa se realiza la modulación, codificación y el formato de paquetes, precisando las instalaciones mecánicas, eléctricas y funcionales para activar el enlace físico entre elementos de PLC.

No obstante la red eléctrica presenta varias dificultades en cuanto al ruido, atenuación y distorsión que se suman a la señal transmitida; por lo que es necesario, considerar en esta capa varios aspectos como son:

- Las características del medio de transmisión
- El tratamiento de la señal
- La conexión a tierra de los equipos de comunicación
- La topología física de PLC
- La modulación a emplear
- Las frecuencias de operación
- Los niveles de radiación y potencia de la señal
- Las características físicas y eléctricas de los equipos

2.9.2. Capa Enlace

Dentro de la capa de enlace, es necesario tener en cuenta los siguientes aspectos:

- Las técnicas de control
- La corrección de errores
- La fragmentación de los paquetes

Para ofrecer una comunicación sólida, rápida y segura a través de la red eléctrica.

Por tal modo a través de la Subcapa de Control de Acceso al Medio MAC se ejecute la organización de los datos en paquetes lógicos los cuales subsiguientemente sean convertidos a señales binarias las cuales serán introducirlas al medio físico y viceversa. Identificando cada nodo en la red con su respectiva dirección MAC.

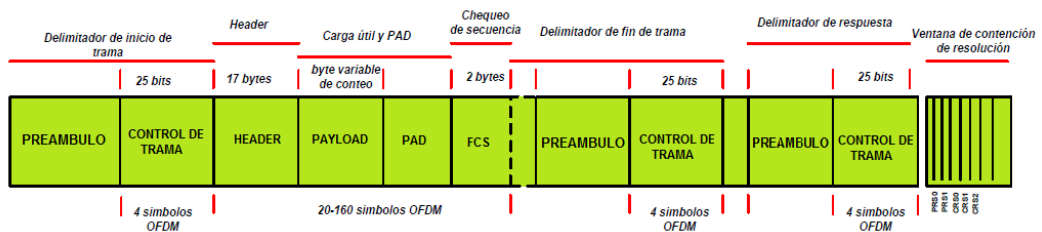


Figura 2.18: Trama BPL, control de acceso al medio.

Fuente: (Mena, 2009)

Mientras que en la Subcapa de Control de Enlace Lógico LLC contiene un delimitador de inicio y fin, un campo de control, un campo de direccionamiento lógico, un campo de datos y un campo de comprobación de errores (Navas Cajamarca & Sarmiento Pinos, 2012)

En la Figura 2.19, se muestra la trama de la subcapa de control de enlace lógico para la tecnología PLC.

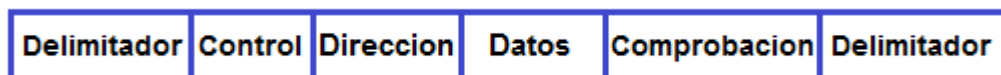


Figura 2.19: Trama de la subcapa de control de enlace lógico.

Fuente: Autor

2.9.3. Capa de Red

Esta capa se relaciona con la topología de las redes de Baja Tensión en los ambientes PLC *Outdoor* e *Indoor* la cual parte desde el *Head End*, generando tramas de capa de enlace y transmitiéndolas por una única ruta hasta llegar al repetidor mediante un direccionamiento IP para posteriormente alcanzar a los equipos locales del abonado final en donde cada equipo es reconocido mediante una dirección IP y su MAC

2.9.4. Capa Transporte

PLC utiliza los mismos protocolos TCP y UDP del servicio de Internet por lo que debe afirmarse el correcto encapsulamiento y desencapsulamiento de los segmentos TCP o UDP recordando que los datos que llegan al *Head End* proceden desde un ISP cuyos paquetes IP son de capa de red en los cuales el protocolo de transporte ya se encuentra encapsulado y el cual desencapsula únicamente en el equipo destino. Por ende es suficiente que en los nodos PLC tengan habilitados los protocolos TCP y UDP para que admitan el paso de los segmentos de la capa de transporte.

En la Figura 2.20, podemos observar los encabezados de los protocolos de la capa de transporte.



Figura 2.20: Encabezados de los protocolos de la capa de transporte.

Fuente: (Soluciones Infomatica, 2012)

2.9.5. Capas de Aplicación

Los servicios que PLC pueden prestar en las capas de aplicación pueden ser:

- Protocolo de transferencia de hipertexto (HTTP)
- Protocolo de transferencia de archivos (FTP)
- Protocolo de transferencia simple de correos (SMTP)
- Conexión con terminales virtuales (Telnet)

2.10. CAPACIDAD DEL CANAL DE POWERLINE

La capacidad del canal, está definida como la velocidad a la que se logran transmitir los datos en un canal de comunicación de datos, como es el caso de la tecnología PLC. Esta capacidad, se expresa en bits por segundo a la que se pueden transmitir los datos, limitándose por el ancho de banda y el ruido existente en el canal (Riffo Llancafilo, 2009).

Por otra parte las restricciones del ancho de banda no advierten limitaciones en la tasa máxima de información, ya que se posibilita que la señal asuma un número infinitamente grande de valores distintos de voltaje para cada pulso de símbolo, por lo cual cada nivel es levemente distinto del anterior, lo que representa un determinado significado o secuencia de bits. No obstante, las restricciones del ancho de banda combinadas junto con el ruido, causan que la cantidad de información que se puede transferir por una señal de potencia sea limitada. (Riffo Llancafilo, 2009)

Según la Ley de Shannon la cantidad máxima de información en b/s que es posible transferir en un canal con ruido se encuentra representada por la expresión matemática que resulta de la ecuación 2.1:

$$C = \omega * \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right) \quad (2.1)$$

Representando:

C = Máxima velocidad de transmisión de datos en b/s

ω = Ancho de banda de canal

$$\frac{S}{N} = \text{Relación señal ruido}$$

Esta fórmula no puede ser aplicable directamente a un canal PLC, debido a que la analogía señal - ruido referente al ancho de banda ω no es constante, debido a que puede variar sustancialmente. Sin embargo en la práctica la densidad de potencia de ruido $S_{nn}(f)$ y la densidad de potencia de señal transmitida $S_{rr}(f)$, dependen de la frecuencia.

Considerándose entre un rango, la formula puede ser modificada como se observa en la ecuación 2.2.

$$C = \int_{f_u}^{f_o} \omega * \log_2 \left(1 + \frac{S_{rr}(f)}{S_{nn}(f)} \right) df \quad \text{con} \quad \omega = f_o - f_u \quad (2.2)$$

Es preciso conocer el espectro de densidad de potencia de señal transmitida $S_{rr}(f)$, para obtener la expresión anteriormente citada. La cual variará por la conducta del canal, simbolizado por la función de transferencia $H(f)$ y la densidad de potencia de ruido $S_{nn}(f)$.

$$S_{rr}(f) = S_{nn}(f) * |H(f)|^2 \quad (2.3)$$

La densidad de potencia de ruido y la función transferencia, son tipologías fijas en un canal, debido a que son derivadas por cálculos efectuados sobre él. Consecuentemente, las únicas variables que resultan son la densidad de potencia transmitida, principalmente definida por el esquema de modulación aplicado.

Posteriormente es posible ultimar que se podrían obtener altas velocidades de datos aún en canales malos, si la densidad de potencia no fuera restringida. Sin embargo la compatibilidad electromagnética entre PLC y distintos servicios inalámbricos implantan limitaciones en las velocidades de interés.

Los cálculos en numerosos canales, a través de la evaluación de las formulas anteriores, demuestran que el ancho de banda disponible ω , representa el recurso más significativo para lograr altas velocidades. En la práctica, el ancho de banda está fraccionado, distribuyéndose en el rango de 1 MHz a 30 MHz, lo

cual exige un esquema de modulación que admita el máximo aprovechamiento. (Riffo Llancafilo, 2009)

2.11. ARQUITECTURA DE LA RED PLC

La Figura 2.21, ilustra que mediante equipos PLC es posible la interacción de redes de datos con redes eléctricas, creando una red de acceso de gran alcance la cual permite a los abonados (hogares o empresas) el acceso a la información que recorre por la red eléctrica dentro de la red de baja tensión.

Las características de una arquitectura de red PLC son:

- o La topología de la red es en bus.
- o Cualquier enchufe eléctrico de la vivienda será un puerto de comunicaciones.
- o Existen limitaciones de distancia de 400 metros para el tramo de acceso y de 50 metros para el tramo interno del hogar.
- o El controlador de acceso o modem de cabecera PLC, se encarga de interconectar las diferentes redes de servicio (Internet, televisión, telefonía) con la línea de baja tensión.

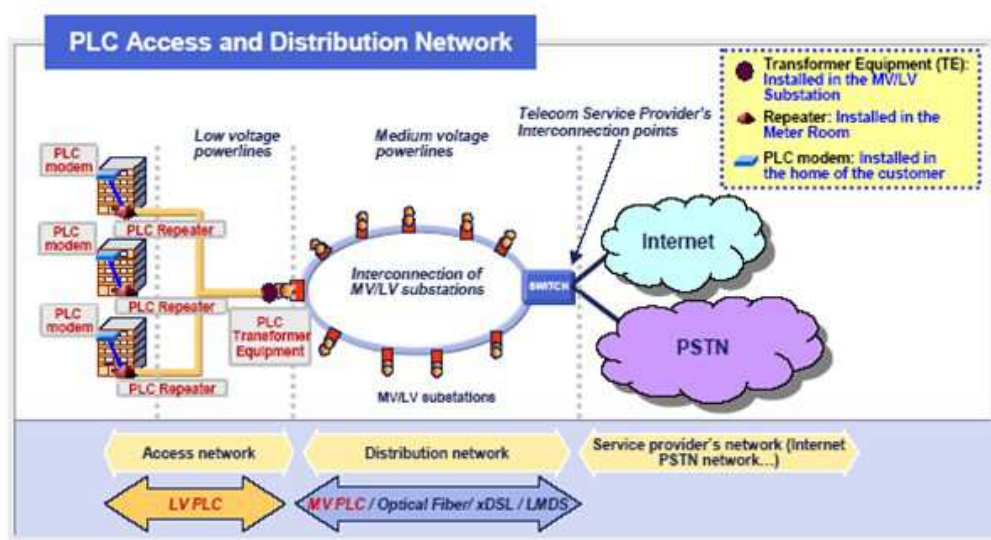


Figura 2.21: Diagrama de Arquitectura de una Red de Acceso PLC

Fuente: (Cano, Organización de los Estados Americanos - Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, 2009)

Es de importancia indicar que la tecnología PLC no sustituye a otras tecnologías ya que la mencionada es complementaria a otras que se encuentran instaladas tanto en los tramos de acceso del hogar como en pequeñas oficinas.

2.11.1. Topología de una red PLC

Según la Figura 2.22 la topología del sistema PLC refiere a la red de suministro eléctrico que es utilizada como medio de transmisión y dependerá de factores como:

- Ubicación.- Refiere al tipo de sector que comprenda el sistema PLC, sea comercial, residencial o industrial lo cual depende del tipo de requerimientos de los abonados.
- Densidad de uso.- Refiere al número de abonados de la red. Para lo cual se debe tener en cuenta la cantidad de viviendas, oficinas o comercios.
- Longitud.- Refiere a la distancia existente entre el transformador y el abonador, depende de la clase de red o zona (urbana o rural) en que se brinde el servicio.

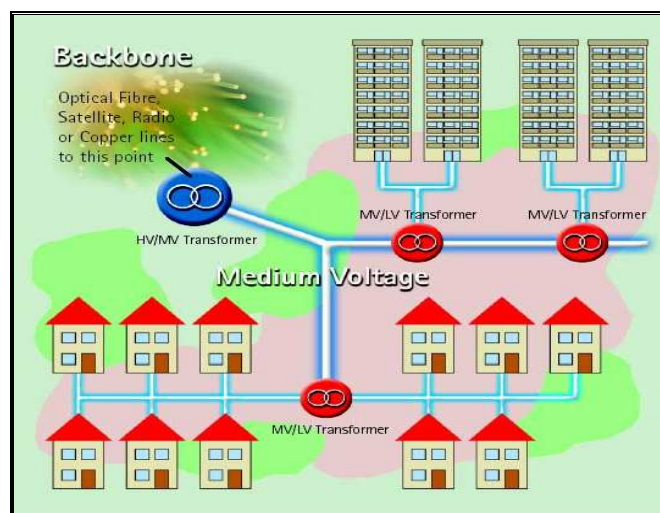


Figura 2.22: Topología de una Red de Acceso PLC

Fuente: (Mariano, 2015)

Se utiliza la red de baja tensión como red de acceso para los domicilios e industrias, entre tanto la red de media tensión se utiliza como red de distribución, transportando los datos hasta el *backbone* de la red. La presencia de la tecnología PLC en media tensión convierte esta parte de la red en anillos

metropolitanos, consolidando como una alternativa real de banda ancha y solución de acceso a PLC (Cano, Organización de los Estados Americanos - Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, 2009)

2.11.2. La red PLC de acceso.

La red PLC de acceso se vale del tendido eléctrico de baja tensión y se extiende desde el transformador situado en el centro de distribución hasta el punto eléctrico que se encuentra en el domicilio u oficina del abonado.

Esta red realiza la interconexión entre el modem PLC o CPE *Customer Premises Equipment* – Equipo de Cliente Local y el modem *Head End* – Fin de Cabecera. Los CPE están localizados en el domicilio u oficina del abonado final y el *Head End* en la subestación (o transformador) de MV/LV que es parte de la red de acceso (Cano, Organización de los Estados Americanos - Comisión Interamericana de Telecomunicaciones, 2009).

El modem HE y el CPE ostentan varios elementos que filtran las frecuencias de 50 o 60 Hz de las señales de alta frecuencia quienes toleran los servicios de voz, datos, video, etc.

A continuación se señalan, los dispositivos con los que cuenta una red de acceso:

- Elemento ubicado en el domicilio u oficina del abonado. Está compuesta por un CPE maestro, el cual recogerá la información externa. Estos elementos administraran en el cableado eléctrico del abonado la señal de datos, con la finalidad de brindar conectividad y gestionar los dispositivos PLC existentes.
- Elemento ubicado entre el CPE maestro o repetidor y el *Head End*. El cual ofrece servicio a la zona de cobertura donde se encuentra instalada o de ser el caso a un repetidor que se encuentre conectado al *Head End*.

La distancia entre cada equipo se encuentra entre los 150 metros y los 400 metros sin ser necesarios generadores intermedios. En casos donde la distancia

supera los 400 metros se requiere utilizar repetidores intermedios (IR) lo que permite extender el alcance de la red PLC.

Para PLC, múltiples redes de usuarios dispersos son conectados a través de la red de distribución como se aprecia en la Figura 2.23. Este diseño se basa en composiciones entre la tecnología PLC de Media Tensión y otra tecnología habitualmente utilizadas en anillos metropolitanos, como DWDM y SDH.

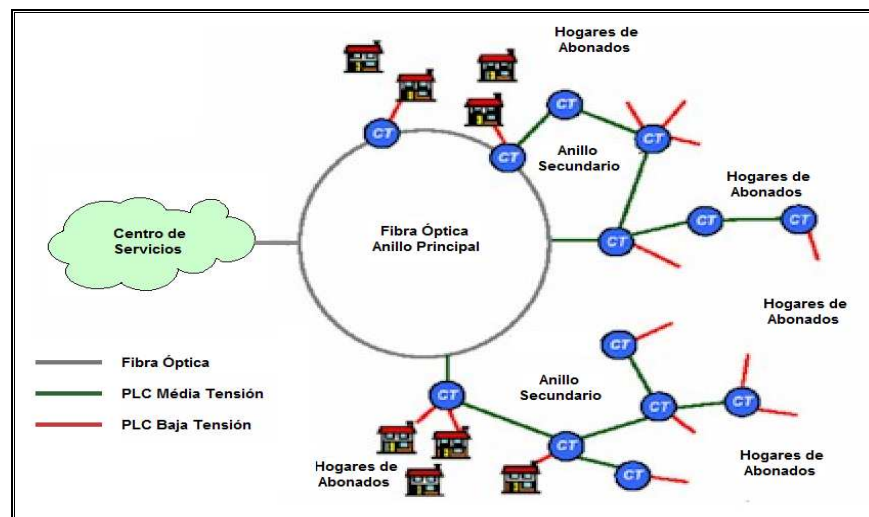


Figura 2.23: Red PLC de distribución de Media Tensión y Fibra Óptica

Una alternativa de la tecnología PLC en los actuales anillos metropolitanos de Fibra Óptica PLC es que se permite la utilización de la red eléctrica de Media Tensión para la transmisión de datos permitiendo una penetración en lugares con baja densidad poblacional en donde económicamente no es factible una inversión de fibra óptica para comunicar a los transformadores de Baja Tensión.

Es así que como principales ventajas de esta tecnología tenemos:

- No se requiere de obra civil para su expansión.
- Rápida expansión.
- Económicamente resulta rentable.
- Es considerablemente escalable.

En los equipos de Media Tensión la tecnología utilizada es similar a la tecnología de Baja Tensión realizando un ajuste para mejorar el rendimiento, fiabilidad y latencia.

Según Josefina Cano de la Comisión Interamericana de Telecomunicaciones 2009, el nodo de media tensión logra desempeñar diferentes funciones dependiendo de su ambiente en la red. De manera que el *Head End* opere como repetidor o como equipo final para la red de media tensión poseyendo o no derivaciones hacia la red de baja tensión, operando como equipo *Head End* de la mencionada red.

2.12. CLASIFICACIÓN DE PLC

Las señales de alta frecuencia atraviesan un transformador y por lo tanto, se enfrentan a la alta inductancia que se presenta; por lo tanto, el mismo actúa como un filtro pasa-bajos lo cual bloquea las señales de alta frecuencia. Requiriendo que en esta etapa se utilice dos clases de dispositivos manifestados en la Figura 2.24. Estos dispositivos se los puede clasificar en:

- a) Dispositivos fuera de la ubicación del usuario "*outdoor devices*".- Los cuales cumplen la función de armonizar las señales de voz y datos con corriente de bajo voltaje proporcionada en las estaciones transformadoras locales de la última milla.
- b) Dispositivos dentro de la ubicación del usuario "*indoor devices*".- Los cuales utilizan adaptadores para rescatar las señales de voz / datos y nutrir con ellas a las distintas aplicaciones como por ejemplo: Computador, teléfono, etc. (Catoira , Fullana , & Maidana , 2010)

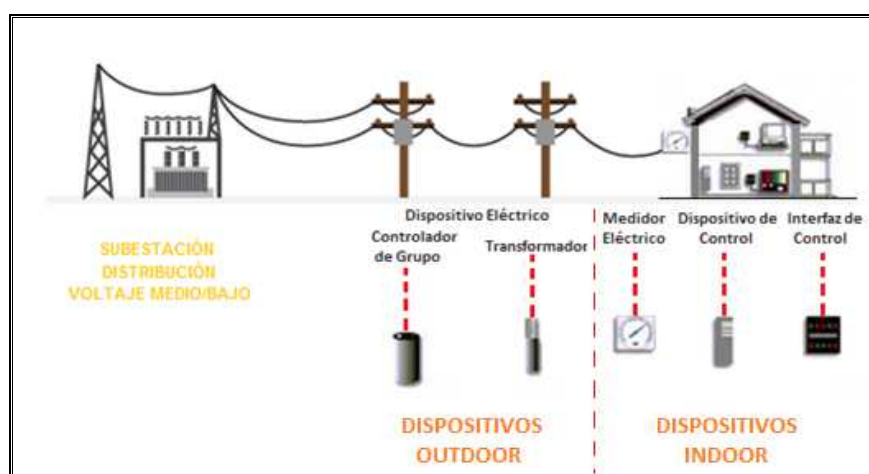


Figura 2.24: Ambiente PLC, con dispositivos "*outdoor / indoor*".

Fuente: Autor.

CAPÍTULO III

APLICACIONES DOMÓTICAS MEDIANTE PLC PARA REDES DOMÉSTICAS

3.1. REDES DOMÉSTICAS SOBRE LÍNEAS ELÉCTRICAS

En la presente era digital de la tecnología de la información y comunicación, la demanda para el envío digital de voz, vídeo y datos en los alrededores de un domicilio, oficina u otros se han visto incrementados continuamente.

La instalación un nuevo cableado para conseguir la interconectividad entre dispositivos actualmente es una tarea costosa, perturbadora y sobre todo es un proceso que lleva tiempo. En el contexto de un hogar, un entorno de red, "sin cables nuevos" es el término que se aplica a una demanda de tecnologías que utilizan el sistema de cableado existente para distribuir datos de alta velocidad y vídeo por toda la vivienda (o pequeña oficina).

Sistemas de líneas telefónicas y líneas de alta tensión son dos tecnologías que no requieren de cables nuevos. Los proveedores de servicios eléctricos, pueden clasificarse en tres tipos principales:

- Generación
- Transmisión
- Distribución local

Las empresas de servicios públicos pueden tomar ventaja de la infraestructura de cableado existente para la prestación de ciertos servicios. Operadores de telecomunicaciones, por ejemplo, están interesados en una forma confiable de transmitir sus contenidos y servicios a los distintos dispositivos en el hogar. Es aquí que las redes domésticas son una forma de lograrlo.

3.2. REDES DOMÉSTICAS Y AUTOMATIZACIÓN

Con las actuales redes de banda ancha, establecer nuevos puntos de referencia en términos de velocidad y fiabilidad, no representa un escenario de

rápido crecimiento en cuanto a las redes para domicilios o pequeñas oficinas, en donde un consumidor tiene dos o más computadores, impresoras, escáneres o dispositivos de entretenimiento digital para el hogar. La necesidad de permitir que todos estos dispositivos se comuniquen entre sí y que tengan acceso a Internet, junto con el control de aparatos electrodomésticos por los abonados son algunos de los factores que demandan una solución de redes domésticas. Internet ha brindado las soluciones y al mismo tiempo ha generado nuevos problemas para los requerimientos de los abonados. Nuevos contenidos y aplicaciones ambicionan justificar el despliegue de redes en el hogar.

3.3. DESAFÍOS PARA LAS REDES DOMÉSTICAS

Las redes comerciales están siendo diseñadas específicamente para transportar datos entre computadores. Por lo general, se utilizan medios de transmisión como fibra óptica, par trenzado o cables coaxiales a manera de minimizar el ruido y la interferencia sobre el medio de comunicación en la red. Sin embargo, en la mayoría de los hogares ecuatorianos no se han realizado diseños para implementaciones de redes de alta velocidad, debido a que los costos de un cableado dedicado y su implementación son elevados.

Es aquí, que el éxito de las redes domésticas se encuentra en soluciones en las cuales se puedan utilizar infraestructuras de cableado existente. Por lo tanto, los desafíos para las empresas que se encuentran creando tecnologías de redes domésticas se basan en los siguientes criterios:

- La tecnología a implementarse debe utilizar cableado existente
- Facilidad de instalación y mantenimiento.
- Facilidad de uso y la simplicidad (el uso de las normas existentes y plataformas de software).
- Calidad de servicio (QoS) proporcionando baja latencia para telefonía y otras aplicaciones de voz.
- Las velocidades de datos de 10 Mb/s o superiores deben ser respaldadas permitiendo a los abonados distribuir multimedia en tiempo real.
- Extensibilidad.
- Versatilidad en el tipo de datos (audio, vídeo, etc.)

- Proporcionar seguridad automática para protegerse de intrusiones y filtrado de datos.
- La tecnología debe ser relativamente económica, respecto a otras soluciones existentes.

En el pasado, han existido ciertos enfoques insatisfactorios a la redes para el hogar. Durante mucho tiempo a los abonados se les ha ofrecido un hogar en red, pero tan solo pocos proveedores han intentado proporcionar esto. Los enfoques adoptados hasta el momento han sido por partes o demasiado complejos. Dos computadores compartiendo archivos no es la visión de un hogar totalmente en red; lo cual ha sido la solución que los abonados han presentado en los últimos años. Es entonces que sistemas que requieran que el consumidor sea administrador de la red va a captar un mayor interés. No obstante, las disputas sobre las normas de interconectividad dentro de la industria electrónica han sido limitantes en el desarrollo de soluciones de redes domésticas utilizables.

Numerosas potencias comerciales, conducen a la creación de redes de negocios cuyas características se ven enfocadas a la optimización de:

- La utilización de los recursos
- La disponibilidad de datos distribuida
- La cooperación
- La copia de seguridad
- La administración centralizada

Por lo que un impulso hacia las redes domésticas se puede ver en los sofisticados componentes computacionales que se están construyendo para el hogar de manera que se logre una integración en más de la totalidad de la suma de las partes.

3.4. TECNOLOGÍAS DE REDES DOMÉSTICAS

Existen muchos tipos de redes domésticas de banda ancha que actualmente se encuentran disponibles. Sin embargo ninguna ha sido lo suficientemente amplia como para satisfacer la necesidad de las aplicaciones que las nuevas

tecnologías están construyendo constantemente para responder mejor a las necesidades. Prácticamente la solución ideal sería una combinación de tecnologías que se utilizan en muchos hogares.

Broadband Home Networks (BHN) o Redes Domésticas de Banda Ancha, pueden funcionar en diversos medios físicos. Estas redes se dividen en tres categorías principales:

- **Cableado estructurado.**- Requiere de la instalación de un nuevo cableado en las paredes. Tanto el cableado el par trenzado (UTP) o fibra y sus instalaciones están definidos por las normas.
- **El cableado existente.**- Hace uso de electricidad, teléfono, o cableado coaxial ya instalado en el paredes.
- **Inalámbrico.**- Evita el uso de cables mediante la transmisión a través del aire.

La Tabla 3.1, muestra una comparación de estos enfoques.

Diferenciador	Cableado Estructurado	Cableado Existente	Inalámbrico
Mejores usos	Nueva construcción y remodelación	Interconectividad de aparatos fijos	Los dispositivos móviles tales como computadores portátiles, de bolsillo.
Tiempo de vida útil	Muy largo	Relativamente corto	Corto
Número y ubicación de los "puntos de salida"	Siempre que sea necesario	Múltiples tomas de alimentación eléctrica en todas las habitaciones; muchas habitaciones con tomas de teléfono; pocas habitaciones con salidas coaxiales	Idealmente en todo el hogar
Velocidad de datos actual (Mb/s)	100	10-14	Sobre 10
Velocidad de datos Futuro (Mb/s)	1000 o más	30-250	25-100
Seguridad	Alta seguridad	Menos seguro	Menos seguro
Normalización	Normas mundiales bien definidas	Compiten normas	Compiten normas

Tabla 3.1. Banda ancha para redes domésticas por medio físico

Fuente: Autor.

3.4.1. Tecnologías de cableado estructurado

El cableado estructurado proporciona un alto ancho de banda y una excelente seguridad. Para hacer frente a toda la gama de aplicaciones, hoy en día una instalación completa requiere de varios tipos de cableado, incluyendo UTP para teléfono - datos y coaxial para vídeo. El Ethernet de alta velocidad a 100 Mb/s a través de UTP es ampliamente utilizado para aplicaciones de datos. Si bien tener suficiente ancho de banda para vídeo, no incluye el soporte de la calidad de servicio QoS. Con la introducción de vídeo de alta definición a la casa, se cree que la red troncal casera requeriría de cableado estructurado para interconectar secciones de la casa. La Administración de Información Energética - EIA y la Asociación de Electrónica de Consumo CEA están desarrollando la normativa (VHN) *Home Network Specification* – Especificaciones de Redes Domésticas, para este propósito.

3.4.2. Tecnologías de cableado existentes

A medida que la instalación de cableado estructurado en vivienda existentes es relativamente costoso, varias compañías desarrollan tecnologías basadas en el cableado existente en las paredes de la casa.

- **Tecnologías de líneas telefónicas.-** Utilizan el cableado telefónico existente. La *Home Phoneline Networking Alliance* (Home PNA) – Alianza de Redes de Líneas Telefónicas Domésticas ha definido recientemente una especificación que alcanza una velocidad de datos de 128 Mb/s con extensiones opcionales alcanzando los 240 Mb/s. A medida que la industria de las redes domésticas se está desarrollando, esta se encuentra en condiciones de alcanzar velocidades por sobre los 100 Mb/s con Calidad de Servicio (QoS), la tecnología *HomePNA* complementa las tecnologías de redes inalámbricas proporcionando un alto ideal de velocidad en una red doméstica multimedia que requiere de un canal rápido y fiable para distribuir múltiples aplicaciones de audio y video, con múltiples funciones digitales en toda una casa. La Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT), ha adoptado estándares mundiales de Redes de Líneas Telefónicas como: G.989.1, G989.2 G989.3 y basado en la especificación 2.0 *HomePNA*, ya se encuentran

trabajando juntos empresas miembros *HomePNA* y muy pronto se presentarán recomendaciones basadas en la versión 3.0 a la UIT-T. Una típica red *HomePNA* es mostrada en la Figura 3.1.

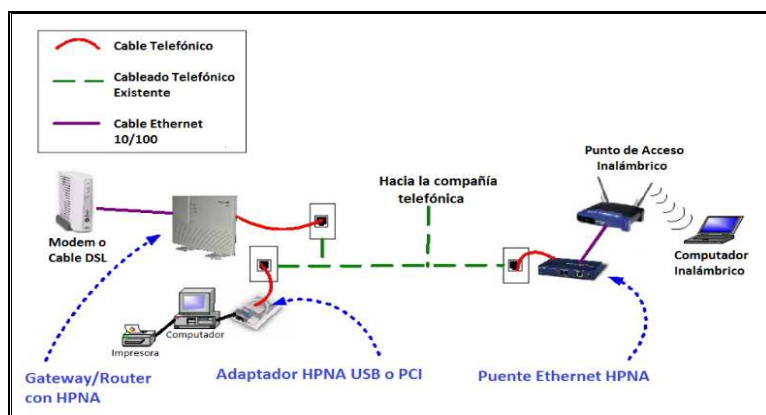


Figura 3.1: Típica Red Home PNA.

Fuente: (Dynamix, 2015)

- **Tecnologías Powerline.-** Utilizan el cableado eléctrico existente. Alianza de Líneas de Poder *HomePlug - HomePlug Powerline Alliance* ha definido varios estándares para la línea eléctrica. La Asociación de Electrónica de Consumo CEA trabaja también para asegurar que las redes domésticas actuales y futuras puedan coexistir y compartir información dentro de casa a través de la utilización de interfaces estándar de la industria.
- **Tecnologías coaxiales.-** Utilizan el cableado coaxial. La Alianza de Red por Cable Domestico - *Home Cable Network Alliance (HomeCNA)* trabaja en la definición de una especificación.

La Tabla 3.2, compara las tecnologías de cableado existentes.

	Líneas Telefónica	Líneas de Poder	Coaxial
Velocidad de datos actual	1-10 Mb/s	1-14 Mb/s	Aún no definido
Velocidad de datos futura	30-100 Mb/s	30-250 Mb/s	Aún no definido
Soporte de Calidad de Servicio	Si	Si	Aún no definido
Estandarización	Estable	En proceso de cambio ~ Estable	En proceso de cambio

Tabla 3.2. Comparación de las tecnologías de cableado existentes

Fuente: Autor.

3.4.3. Redes Inalámbricas

La Red de Área Local Inalámbrica - *Wireless Local Area Networking* (WLAN) no pertenece a la trayectoria de evolución de redes móviles, ya que sus inicios fueron como una extensión inalámbrica para las redes LAN empresariales. Confinado a un segundo plano nivel durante mucho tiempo, su postura original se ha visto afectada recientemente hacia su aplicación en el espacio público y los hogares en donde aparece como una tecnología de punta debido a su costo indiscutible en la relación de prestaciones.

Algunos ven a WLAN como un reemplazo de las redes móviles, no obstante esta tecnología debería ser observada por sus puntos fuertes, como complemento a la red de área amplia de tercera generación (3G), que ofrece asegurar una correcta entrega de los servicios de acuerdo con la red de acceso disponible y más adecuada. Las redes inalámbricas evitan el costo de tender nuevos cables y los retos que conlleva el utilizar el cableado existente.

Existen muchas tecnologías que compiten con sus correspondientes normas y grupos de apoyo en esta área:

- **IEEE 802.11.-** Es una familia de evolución de los estándares, diseñado originalmente para las redes empresariales y ahora introducidas en redes domésticas. 802.11ac conocida como WiFi 5G o WiFi Gigabit a 5 GHz es la versión actual. Cuyo estándar mejora las tasas de transferencia hasta 433 Mbit/s por flujo de datos, logrando hipotéticamente tasas de 1.3 Gbit/s mediante el empleo de 3 antenas.
- **HomeRF.-** Fue una familia de tecnologías LAN inalámbricas diseñadas específicamente para el hogar. Con sus incompatibilidades con 802.11b, el grupo parecía favorecer 802.11a en la próxima generación. El grupo de trabajo de *HomeRF* se disolvió en enero de 2003. La revisión de *HomeRF 2.01*, ofrece soporte para la comunicación de voz y datos en un ambiente de hogar utilizando la banda ISM de 2,4 GHz sin licencia (Umar, 2004).
- **Bluetooth.-** La tecnología de radio de corto alcance, desarrollada por Ericsson y otros, hace que sea posible transmitir señales entre teléfonos, computadoras y otros dispositivos en distancias cortas. Bluetooth fue

diseñado para corto alcance de redes personales y se está ampliando para distancias más largas (Bluetooth SIG, Inc., 2015).

- **HIPERLAN.**- Es una familia de estándares ETSI para redes LAN inalámbricas. Las normas son similares a la familia IEEE 802,11, e incluyen también QoS para apoyar el modo de transferencia asíncrono (ATM), así como Ethernet (Rune, 2015)
- **Ultra banda ancha.**- Está basada en la técnica de espectro ensanchado de baja potencia (ETSI, 2015)

Una visión general de los sistemas de acceso inalámbrico de banda ancha (BWA) se puede observar en la Tabla 3.3, donde se muestra un resumen de lo anteriormente mencionado basados en las tecnologías de acceso inalámbrico.

	IEEE 802.11	HomeRF	Bluetooth	HIPERLAN	Ultra Banda Ancha
Espectro de frecuencias	2.4 GHz ahora 5 GHz futuro	2.4 GHz	2.4 GHz	2.4 GHz ahora 5 GHz futuro	3.6 GHz
Velocidad de datos actual (Mb/s)	Alrededor del 10	Alrededor del 10	Acerca de 1	Alrededor del 10	N / A
Velocidad de datos Futuro (Mb/s)	54	N / A	Aún no definido	54	100
Soporte de QoS	No; prevista para el futuro	Si	Si	Si	Planificado

Tabla 3.3. Tecnologías de redes domésticas inalámbricas

Fuente: Autor.

3.5. APLICACION DOMÓTICA CON TECNOLOGÍA PLC

Se ha definido por domótica a la integración entre todos los sistemas y equipos domésticos. Sin embargo, una mejor definición estaría dada como: Aquella en la que existen agrupaciones automatizadas de equipos, normalmente asociados por funciones, que disponen de la capacidad de comunicarse interactivamente entre ellas, a través de un bus doméstico multimedia que las integre. Siendo de gran importancia la inclusión de las TIC (Junestrand, Passaret, & Vázquez, 2005).

La Figura 3.2, muestra la definición teórica de Domótica mediante la disponibilidad de un bus doméstico multimedia, portando servicios de gestión energética, seguridad, bienestar y comunicación.

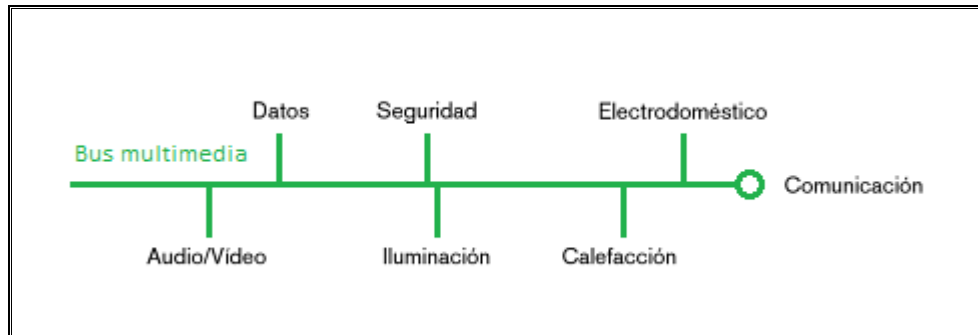


Figura 3.2: Definición teórica de Domótica mediante la disponibilidad de un bus doméstico multimedia.

Fuente: (Junestrand, Passaret, & Vázquez, 2005)

Un sistema domótico consta de una central controladora la cual transmite datos de control por medio de un bus de datos o red de datos, hacia cada uno de los subsistemas que conforman la red domótica. Debido a esto, una de las principales complicaciones de la domótica y de la administración remota de dispositivos eléctricos y electrónicos se debe a la instalación del cableado de red o bus de comunicación central. Para lo cual se debe realizar fuertes inversiones en cuanto al montaje de la red o bus de datos.

Cuando se ha considerado la instalación de un sistema domótico desde el inicio de un proyecto de construcción es suficiente el planificar el diseño e instalación de la red domótica para llevarlo a cabo. Sin embargo se torna en un serio problema, cuando en una vivienda ya construida, se desea implementar un sistema domótico. Esto debido a que los costos que representan la inversión de las obras y los perjuicios que producen, desaniman a varios propietarios que desean implementar esta tecnología. Es en este caso en concreto, donde la tecnología PLC resulta ser una opción viable para la implementación de un hogar digital; debido a que cada toma corriente de la vivienda, se convierte en un punto de acceso hacia la Red de Área Domiciliaria - *Home Area Network* (HAN) por los cuales se puede realizar la transmisión de los datos del sistema y a su vez puede interconectarse con otras redes como Internet con lo cual tendremos salida hacia todo el mundo.

Es así, que los sistemas de automatización o domóticos pueden implementarse sin la necesidad de crear redes adicionales a las existentes reduciendo significativamente los costos de implementación de PLC en viviendas ya existentes o viviendas antiguas. Siendo la domótica la mayor de las aplicaciones que posee PLC. La Figura 3.3, muestra los posibles servicios que ofrece la domótica.

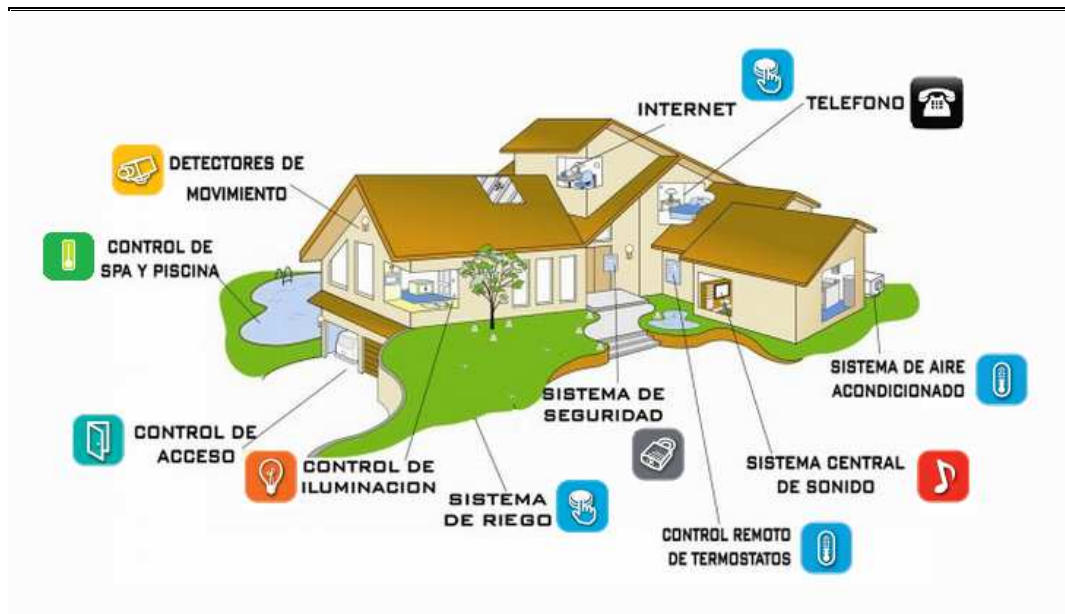


Figura 3.3: Posibles servicios ofrecidos por la domótica

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

Según Catoira , Fullana , & Maidana , 2015. Dentro de los principales servicios que ofrece la domótica se pueden citar los siguientes:

- Ahorro energético.- El ahorro energético es un concepto que se puede abordar de distintas maneras. En la mayoría de los casos no es necesario sustituir los aparatos o sistemas del hogar por otros que consuman menos sino realizar una gestión eficiente de los mismos.
 - Climatización: programación y zonificación.
 - Gestión eléctrica:
 - Racionalización de cargas eléctricas: desconexión de equipos de uso no prioritario en función del consumo eléctrico en un momento dado.
 - Gestión de tarifas, derivando el funcionamiento de algunos aparatos a horas de tarifa reducida.

- Uso de energías renovables
- Confort.- Mediante acciones que pueden ser de carácter pasivo, activo o mixto como:
 - Gestión multimedia y del ocio electrónico.
 - Automatización del apagado / encendido en cada punto de iluminación.
 - Regulación de la iluminación según el nivel de luminosidad ambiente.
 - Integración del portero al teléfono, o del video-portero al televisor.
 - Automatización los distintos sistemas, instalaciones y equipos, dotándolos de control eficiente y de fácil manejo.
 - Control vía Internet.
 - Apagado general de las luces de la vivienda Generación de macros y programas de forma sencilla para el usuario.
- Seguridad.- Radica en una red de seguridad la cual se encarga de proteger tanto los bienes materiales como de la seguridad personal.
 - Alarmas de detección de incendio, fugas de gas, escapes de agua, concentración de monóxido en garajes, etc.
 - Simulación de presencia.
 - Acceso a cámaras IP.
 - Cerramiento de aberturas puntual y seguro.
 - Alerta médica.
- Comunicaciones.- Compuesto por los sistemas o infraestructuras de comunicaciones que posee el hogar.
 - Intercomunicaciones.
 - Ubicuidad en el control tanto externo como interno, control remoto desde Internet, PC, mandos inalámbricos, etc.
 - Transmisión de alarmas.
- Telegestión y Accesibilidad.- Diseño para todos, un diseño accesible para la diversidad humana, la inclusión social y la igualdad. Donde las personas con discapacidad reducida puedan acceder a estas tecnologías sin temor a un obstáculo del tipo de tecnología o arquitectura (Catoira , Fullana , & Maidana , 2010)

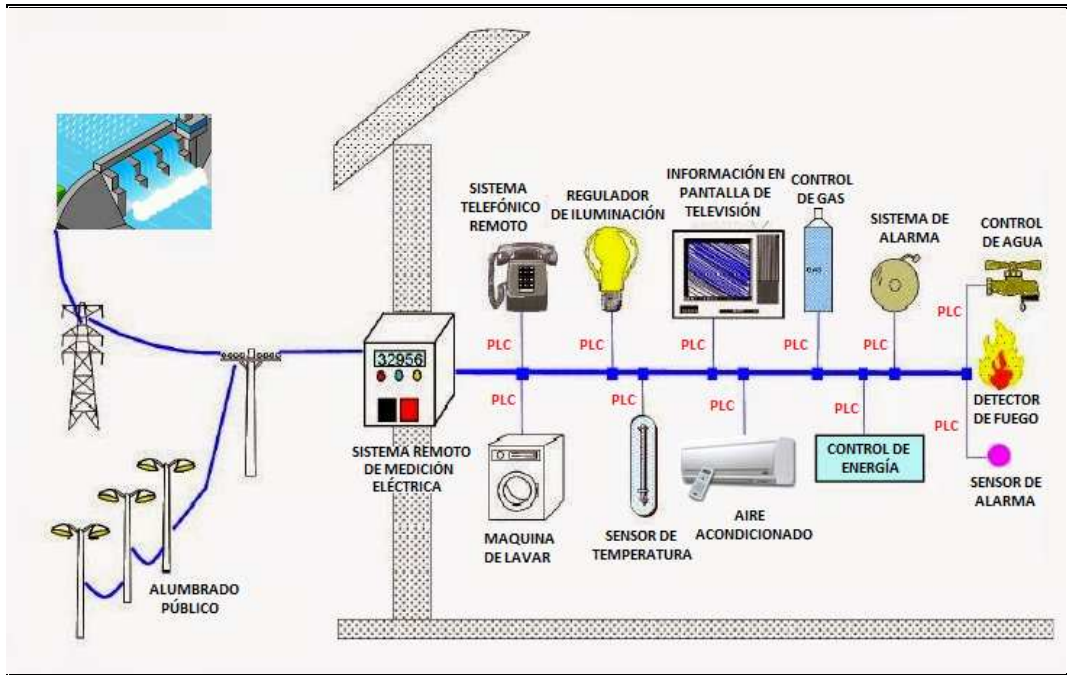


Figura 3.4: Red PLC doméstica

Fuente: (Microcarsil, 2015)

PLC permite que los equipos eléctricos y electrónicos de una vivienda pasen a formar parte en una red doméstica tal como se puede observar en la Figura 3.4, de modo que cada equipo se encuentre monitoreado y cumpliendo funciones eficientes e independientemente de la disposición del abonado final. Estas funciones junto con una conexión activa a Internet permitirán por ejemplo conocer las provisiones que se encuentren escasas en la refrigeradora de la vivienda o controlar los electrodomésticos desde el celular en un momento de tráfico.

3.6. CARACTERÍSTICAS DE RUIDO DEL CIRCUITO ELÉCTRICO RESIDENCIAL

Según (IEEE Electromagnetic Compatibility Society, 1981) las perturbaciones de voltaje en la línea de poder se pueden clasificar de la siguiente manera:

1. Perturbaciones en la forma de onda (en líneas de tensión de 50/60 Hz)
 - a) Los sobre-voltajes o aumentos de tensión
 - persistentes (> 2 segundos)
 - aumento (<2 segundos)

- b) Los bajo-voltajes o caídas de tensión
 - persistentes (> 2 segundos)
 - aumento (<2 segundos)
- c) Interrupción
- d) Variaciones de frecuencia
- e) La distorsión armónica

2. Los disturbios superpuestos

- a) Oscilaciones persistentes
 - coherente
 - aleatoria (estacionario / no estacionario)
- b) Transientes
 - impulsos
 - oscilaciones amortiguadas

En términos generales, los trastornos clasificados como "disturbios superpuestos" califican para los términos de "ruido" o "perturbación" y por lo tanto se consideran expresiones intercambiables.

Según (Vines, Trissell, Gale, & Ben O'neal, 1984) el ruido causado por una amplia variedad de aparatos de consumo puede ser clasificado en cuatro categorías principales:

1) El ruido sincrónico a 50 o 60 Hz, frecuencia del sistema eléctrico

Las principales fuentes para este tipo de ruido son todos los tipos de dispositivos, por ejemplo el cambio de ciertas fuentes de alimentación y rectificadores controlados de silicio (SCR), que casi siempre se encuentran en los reguladores de luz en forma de triacs. Desde estos interruptores el cambiar de un estado a otro (por lo general una o dos veces) los ciclos de frecuencia del equipo, producen distorsión armónica en el sistema eléctrico. El espectro de este ruido consiste en una serie de armónicos de los componentes fundamentales a 100 Hz.

Las Fotocopiadoras también generan fuertes impulsos de ruido al doble de la frecuencia del sistema eléctrico. Este tipo de ruido puede ser clasificado como

tipo perturbación. Sin embargo, el carácter transitorio de los impulsos de ruido causados por conmutación hace posible clasificar este tipo de ruido como las perturbaciones transitorias superpuestas.

2) Ruido con un espectro sin problemas

Las principales fuentes para este tipo de ruido son los aparatos que no funcionan sincrónicamente con la frecuencia de la línea eléctrica, por ejemplo, motores universales (es decir, relativamente pequeños motores con varios bobinados) como taladro eléctrico, etc. El ruido real se origina a partir de las escobillas en el interior del motor que causan la conmutación de la corriente a intervalos que dependen de la velocidad del motor. Este ruido puede modelarse como ruido blanco categorizado también como oscilaciones persistentes, es decir al azar (IEEE Electromagnetic Compatibility Society, 1981).

3) Ruido de impulso de un solo evento

La razón principal para este tipo de ruido, son todos los tipos de fenómenos de conmutación. La conmutación de encendido / apagado de dispositivos equipados con un condensador para la corrección del factor de potencia, hace que de repente este condensador se conecte o desconecte del controlador de potencia remoto - *remote power controller* (RPC). Esto causa grandes tensiones transitorias en la RPC, dependiendo del tamaño del condensador.

La mayoría de estos ruidos impulsos se consideran como impulsos transitorios. Sin embargo, la conexión de los grandes bancos de condensadores a la RPC conduce a oscilaciones amortiguadas (Hooijen, 1998).

4) El ruido periódico, no sincrónico a la frecuencia del sistema eléctrico

Este tipo de ruido exhibe líneas espectrales a frecuencias no correlacionadas a la frecuencia del sistema eléctrico. Como fuentes más comunes de este ruido se encuentran la iluminación fluorescente, receptores de televisión, monitores de computadores. Este tipo de ruido se encuentra en la categoría de persistentes oscilaciones coherentes.

3.6.1. Propuestas, para minimizar el impacto de las categorías de ruido

Se pueden realizar algunas sugerencias, para minimizar el impacto de las diferentes categorías de ruido indicadas anteriormente. Entre las cuales se pueden mencionar:

- Con el fin de combatir el ruido de la categoría 1, se puede realizar la Instalación de filtros a la entrada de los receptores, con controles espectrales en la frecuencia del sistema eléctrico.
- Para hacer frente a ruido de las categorías 1, 2 y 3. Se pueden implementar una Corrección de Códigos de Errores - *Forward Error Correction* (FEC) combinados con intercalación (para proporcionar diversidad de tiempo).
- La frecuencia de la línea de televisión y sus armónicos deben evitarse en la modulación de la señal en el canal.
- Para combatir el ruido generado en el punto 4. Es posible generar algún tipo de diversidad de frecuencia (por ejemplo, saltos de frecuencia) combinado con la Corrección de Códigos de Errores FEC.

3.7. ATENUACIÓN DE LA SEÑAL

La atenuación de la señal para redes de baja tensión asciende a 100 dB/km, y para redes de media tensión a 10 dB/km. Debido a la gran atenuación en las redes de baja tensión puede ser necesario la utilización de repetidores a una distancia inferior a 1 kilómetro. Según (Selander, 2015) un número de factores que determinan la atenuación de la señal, son:

- Dependiendo del tiempo: Hay una fuerte sensibilidad de día / noche.
- Dependiendo de la frecuencia: Para frecuencias superiores a 100 kHz, con un incremento de 0,25 dB/kHz. Debido a los efectos de transmisión de línea en distancias (> 400 m) de cable, la atenuación de la señal puede ser muy alta a ciertas frecuencias. Se ha encontrado que la atenuación aumenta con la frecuencia. Por encima de 10 MHz es difícil distinguir la señal recibida desde el ruido de fondo, lo que limita la

distancia de comunicación. La magnitud de la respuesta de frecuencia del canal es no es plano, excepto de descomposición al aumentar la frecuencia, la degradación en ciertas bandas de frecuencias se produce, por lo tanto el canal es selectivo en frecuencia.

- Dependiendo de la distancia: Para situaciones prácticas, una atenuación de la señal de 100 dB/km es a menudo considerado.
- Atenuación de señal sobre la red de fases: La atenuación entre las fases puede ser alta como de 40 dB. La atenuación de la señal para los canales de RPC a través de fase es considerablemente más alto que para los canales correspondientes en fase (Hooijen, 1998).

3.8. RELACIÓN SEÑAL RUIDO

La relación señal a ruido – *Signal to Noise Ratio* (SNR) es un parámetro clave en la estimación del rendimiento de una sistema de comunicaciones. La SNR se la puede definir como la proporción existente entre la potencia de la señal transmitida y la potencia del ruido que la corrompe cuya unidad de medida es el decibelio; cuya fórmula se encuentra expresada en 3.1.

$$SNR = \frac{\text{Potencia recibida}}{\text{Potencia de ruido}} \quad (3.1)$$

Este parámetro, está relacionado con el rendimiento de un sistema de comunicaciones. Cuanto mayor sea la SNR, mejor es la comunicación.

El uso de filtros puede mejorar la relación señal-ruido. Al colocar el filtro en cada hogar, bloqueando el ruido generado en la entrada de la red eléctrica, disminuyendo el nivel de ruido en la red, sin embargo, el costo de implementar este sistema de filtros es muy caro.

3.9. ACOPLAR LA SEÑAL EN EL CANAL

Existen dos formas de conectar la unidad de PLC a la red:

- **Acoplamiento capacitivo:** Un condensador es responsable del acoplamiento real y la señal en la red es modulada en forma de onda de voltaje.
- **Acoplamiento inductivo:** Un inductor es utilizado para acoplar la señal en la red la cual, es modulada en forma de onda de corriente. El acoplamiento inductivo es conocido por sus pérdidas. Sin embargo, no debe realizarse ninguna conexión física a la red, lo que hace que sea más segura para instalar que el acoplamiento capacitivo.

CEBus es un mecanismo de acoplamiento de fase entre las comunicaciones de la línea eléctrica con la señal de la línea de alimentación cuyo ejemplo se ilustra en la Figura 3.5. La homogeneidad en la línea de alimentación de la red y los diferentes números de alimentadoras en las subestaciones y puntos de acceso en los domicilios tienen una gran influencia en la pérdida de acoplamiento.



Figura 3.5: Mecanismo de acoplamiento de fases

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

3.10. TÉCNICAS DE ACCESO AL MEDIO DE LA LÍNEA ELÉCTRICA

Varios algoritmos de acceso al canal se han demostrado para el cableado dedicado. Los algoritmos están generalmente basados en virtud de una técnica de detección de portadora o mecanismo de paso de muestra. Sin embargo, los resultados de otros medios de transmisión no son transferibles a la red eléctrica debido a las razones resaltadas por (Roos, 2000):

- En la línea eléctrica no existe suficiente fiabilidad de las comunicaciones para distinguir entre la señal y el ruido, lo cual dificulta excepcionalmente la detección de la portadora. Los nodos pueden retirarse cuando no contienen dispositivos de transmisión sobre la línea eléctrica.
- Dado que las características de la red eléctrica pueden ser notablemente diferente para cada nodo, hay una fuerte posibilidad que un nodo no perciba necesariamente toda la transmisión en la línea eléctrica. En la detección de portadora, un nodo puede erróneamente percibir el canal y empezar a transmitir en medio de otra transmisión.

Los dos argumentos anteriores realzan la detección de portadora de acceso múltiple con detección de colisiones (CSMA / CD) difíciles de implementar para el entorno de la línea eléctrica. Las otras dos técnicas de acceso de canal principalmente de sondeo y de paso de muestra, son mucho más fáciles y confiables para implementar en el entorno de la línea eléctrica. Estas dos técnicas no requieren la detección de colisiones y sólo el maestro o el nodo que tiene la muestra puede transmitir datos a través del medio.

3.11. TECNOLOGÍAS DE COMUNICACIÓN PLC

Son varias las tecnologías y estándares utilizados actualmente para las comunicaciones sobre la línea eléctrica, entre las cuales destacan *LonWorks*, *X-10*, *OFDM*, *Passport*, *CEBus* y el estándar *HomePlug*. Estas tecnologías se están desplegando en base a normas, considerando la calidad del servicio, las tasas de transmisión de datos, las limitaciones, los inconvenientes y otros factores importantes.

3.11.1. *LonWorks* (Operación de Redes Locales - *Local Operation Networks*)

La tecnología *LonWorks*, desarrollada por Echelon, está disponible como un estándar abierto para todos los fabricantes, desplazando los sistemas centralizados abiertos y propietarios altamente comercializados, estos sistemas son interoperables en las arquitecturas de sistemas de control. Cada sistema de control automático (industrial o de aplicación) está compuesto de los mismos dispositivos básicos: sensores, actuadores, programas de aplicación, redes de

comunicación, interfaces hombre-máquina y herramientas de gestión de red. Los rápidos avances en la tecnología, exigen cambios en todos los tipos de arquitecturas, incluidos los sistemas de control. La tecnología *LonWorks* viabiliza los sistemas de control basados en información, en lugar de los sistemas de control basados en comandos de estilo antiguo.

La Figura 3.6, muestra la arquitectura centralizada que hasta hace poco ha sido típica en la mayoría de los sistemas de control tanto en aplicaciones comerciales como industriales. La figura muestra típica decenas de miles de sensores y actuadores (puntos de entrada / salida) que están conectados a un sub-panel, que a su vez está conectado al panel de control a través de un bus de comunicación maestro / esclavo propietario. El panel de control contiene un microprocesador de alto rendimiento que ejecuta un programa de aplicación personalizada que implementa la lógica de control para todos los puertos de entrada / salida conectados a ella. El sistema puede tener un interfaz hombre máquina – *human machine interface* (HMI) patentada y una interfaz que reconozca herramientas HMI estándar para conectarse al sistema. El sistema normalmente se asemeja a los mainframes y sistemas antiguos minicomputador de épocas pasadas (Echelon Corporation, 1999).

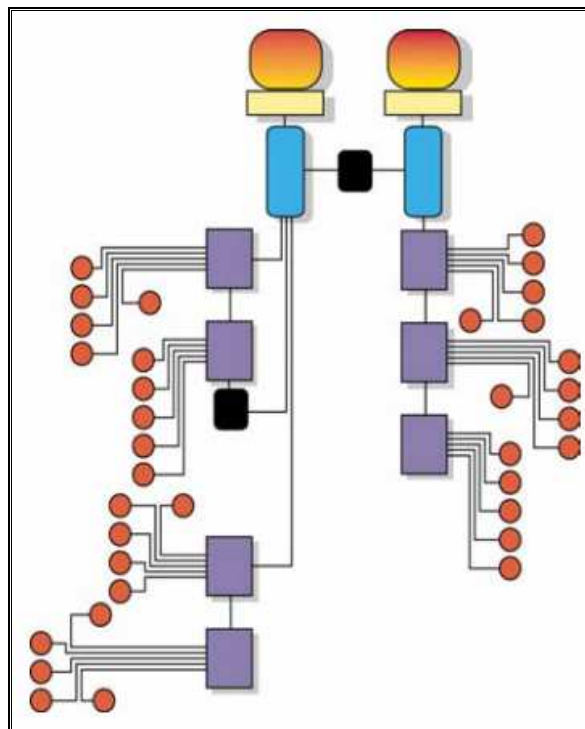


Figura 3.6: Modelo de Arquitectura de Control Centralizado

Fuente: (Echelon Corporation, 1999)

La distribución de la arquitectura punto a punto, concebida por la tecnología *LonWorks* se muestra en la Figura 3.7. No existen controladores centralizados o paneles de cableado en este sistema. Los dispositivos *LonWorks* (también llamados nodos), se comunican con cualquier otro nodo en el sistema utilizando un protocolo estándar de comunicación mediante cualquier medio físico como:

- Par trenzado UTP
- Línea eléctrica PLC
- Radiofrecuencia
- Fibra óptica
- Infrarrojo

Cada nodo tiene su propio programa de aplicación, el control lógico se distribuye en todo el sistema. La aplicación de los nodos se tipifica mediante el establecimiento de parámetros de configuración en lugar de una programación personalizada. Cada sensor o actuador en el sistema puede ser un nodo. Herramientas HMI y la gestión de la red están disponibles para múltiples proveedores y pueden tener acceso a todos los puntos en el sistema a través de un protocolo de comunicación común.

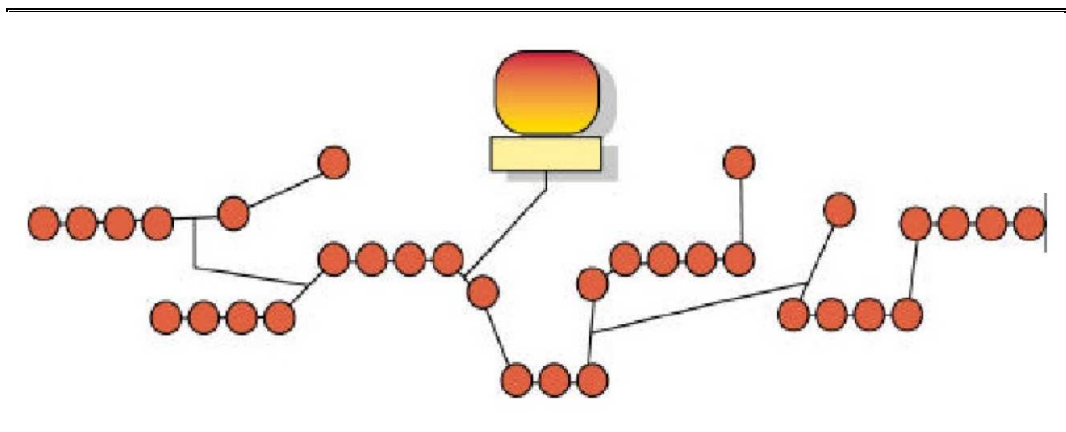


Figura 3.7: Distribución de la Arquitectura *LonWorks*

Fuente: (Echelon Corporation, 1999)

3.11.1.1. Tecnología *LonWorks*

En esta sección se destacan los elementos claves de la tecnología *LonWorks* y los componentes que integran este sistema, siguiendo una descripción de las

principales características de protocolo de comunicaciones *LonTalk* y una discusión de los servicios de red *LonWorks* (LNS).

La tecnología *LonWorks*, se compone de los siguientes elementos principales:

- Procesadores y transceptores de Control de Chip Neurona
- Protocolo de comunicación *LonTalk*
- Procesador de servicios de red *LonWorks* (LNS)

El Control de Chip Neurona es el núcleo físico de todos los dispositivos *LonWorks*. Es un sistema en chip con múltiples microprocesadores, memoria (RAM y ROM) de lectura - escritura y solo de lectura, puertos de comunicación e interfaz de E/S. La ROM contiene un sistema operativo, el protocolo de comunicaciones *LonTalk* y una biblioteca de funciones de E/S. El chip tiene una memoria RAM no volátil, para los datos de configuración y para la aplicación del programa; los cuales se descargan sobre la red de comunicación. Cada Chip Neurona contiene un código único de 48 bits, llamada Neurona ID. Disponible en una gran familia con diferentes velocidades, tipos de memoria y capacidades. Las interfaces de los Chips Neuronas están diseñadas conjuntamente por Echelon y sus socios de semiconductores Motorola y Toshiba.

Un transceptor es un módulo electrónico que proporciona la interfaz entre el puerto de comunicaciones físico del Chip Neurona y el medio físico llamado canal; el cual transporta los paquetes digitales de comunicación a otros dispositivos. Todos los dispositivos conectados a un canal específico deben tener transceptores compatibles que funcionen a la misma velocidad de bits.

Los Transceptores están disponibles por Echelon y otros fabricantes para una variedad de medios incluyendo par trenzado, línea eléctrica, RF, infrarrojos, fibra óptica y coaxial. Las velocidades de los bits dependen de los medios de comunicación y del diseño del transceptor; se pueden transmitir hasta a 1.25 Mb/s en un solo par trenzado (Echelon Corporation, 1993). El procesador de control y los transceptores comprenden los componentes de hardware utilizados en dispositivos *LonWorks* los cuales permiten ofrecer la solución más rentable y disponible para la red. Permitiendo de esta forma, la aplicación de inteligencia en los dispositivos para el control del hogar (Dhi & Mousavi, 2001).

El protocolo de comunicaciones *LonTalk* es un protocolo de capas basada en paquetes de comunicaciones punto a punto. Al cumplir con los requisitos de la capa de arquitectura de la Organización Internacional de Normalización (ISO), el protocolo *LonTalk* está diseñado para las necesidades específicas de los sistemas de control, en lugar de los sistemas de procesamiento de datos. Los dispositivos en un canal, se turnan para la transmisión de paquetes. Cada paquete es un número de bytes variable en cuanto a su longitud y contiene la información del nivel de aplicación, junto con el direccionamiento y otra información de red. Cada dispositivo ve en el canal cada paquete transmitido, para determinar si se trata de un destinatario. Si es así, procesa el paquete para ver si contiene datos para el programa de aplicación del nodo o si es un paquete de gestión de red. Los datos en un paquete de solicitud se proporcionan al programa de aplicación y si es el caso, un mensaje de acuse de recibo se envía al dispositivo de envío. Un paquete de gestión de red se procesa adecuadamente sin la requerida participación del protocolo de aplicación. El protocolo *LonTalk* es independiente del medio, permitiendo que los sistemas *LonWorks* se comuniquen a través de cualquier medio físico de transporte. La ejecución de los programas del protocolo llamado firmware *LonTalk* está contenida en la ROM de cada Chip Neurona el cual proporciona un número de parámetros de configuración modificables, para establecer el equilibrio deseado en el rendimiento, la seguridad y fiabilidad para una aplicación en particular. Una parte de la memoria RAM no volátil en el Chip Neurona, está reservada para estos parámetros (Echelon Corporation, 1993). El protocolo de comunicación *LonTalk* está embebido permanentemente en cada dispositivo *LonWorks*. *LonTalk* y ha sido aprobado como un estándar abierto de la industria por el *American National Standards Institute (ANSI) -EIA 709,1* (Dhi & Mousavi, 2001).

Servicios de red *LonWorks* - *LonWorks Network Services (LNS)* es una arquitectura cliente-servidor que proporciona la base para herramientas de red *LonWorks* interoperables. LNS permite el diseño de software basado en componentes de una nueva generación de herramientas que pueden trabajar juntos para instalar, mantener, monitorear y controlar redes *LonWorks*. También hace que sea fácil el integrar sistemas de control con otros sistemas de información. La arquitectura, soporta clientes basados en cualquier plataforma.

El LNS, es la base para un uso fácil de la gestión de la red interoperable y herramientas HMI proporcionando una gama de servicios de red a los aparatos que están conectados al sistema de control.

3.11.1.2. Componentes del sistema *LonWorks*

Un típico sistema *LonWorks*, consta de tres tipos de componentes:

- Dispositivos *LonWorks*
- Canales
- Herramientas de red

Cada dispositivo *LonWorks* o nodo conectado a la red. Contiene al menos un Chip Neurona y un transceptor en un paquete mecánico apropiado, generalmente con una fuente de alimentación adecuada. Dependiendo de la funcionalidad del dispositivo, también pueden ser embebidos sensores, actuadores e interfaces de E/S a sensores y actuadores externos heredados o interfaces que hospeden procesadores existentes como computadores. Para dar cabida a aplicaciones más complejas, algunas versiones de la neurona contienen una interfaz paralela de alta velocidad que permite a cualquier microprocesador ejecutar el programa de aplicación, mientras se utiliza el Chip Neurona con una aplicación de interfaz de microprocesador especial, esto como procesador de comunicaciones de red. Alternativamente, el protocolo abierto *LonTalk* puede ser ejecutado directamente en cualquier procesador y en ese caso el Chip Neurona no es requerido por todos los dispositivos, en su lugar a todos estos dispositivos se les asigna una única neurona ID.

Un canal es un medio de comunicación físico específico a la que un grupo de dispositivos *LonWorks* está unido por transceptores específicos para ese canal. Cada tipo de canal tiene diferentes características en términos de número máximo de dispositivos conectados, velocidades de bits de comunicación y los límites de la distancia física. La Tabla 3.4, resume las características de varios tipos de canales ampliamente utilizados:

Tipo de Canal	Medio de transmisión	Velocidad de Datos	Dispositivos Máximo	Dispositivos Mínimo
TP/XF-1250	Bus, par trenzado	1,25 Mb/s	64	125 m (a lo largo del bus)
TP/XF-78	Bus, par trenzado	78 Kb/s	64	1330 m (a lo largo del bus)
TP/FT-10	Bus, par trenzado, topología flexible	78 Kb/s	64 (escalable a 128)	500 m (a lo largo del bus)
PL-20	Línea de poder	5 Kb/s	Sin límite	Determinado por la atenuación

Tabla 3.4. Características de los canales

Fuente: (Echelon Corporation, 1993)

Las herramientas de red son programas de software para la instalación de red, configuración, monitorización, control de supervisión y mantenimiento. Estas pueden residir en un Chip Neurona o cualquier otra plataforma, como un computador o PC portátil.

En la Figura 3.8, se pueden apreciar los componentes de un sistema *LonWorks*. La figura ilustra la anatomía de varias categorías de dispositivos

LonWorks con ejemplos específicos de productos. En la figura, los Chip Neuronas y Transceptores se etiquetan como N y T, respectivamente.

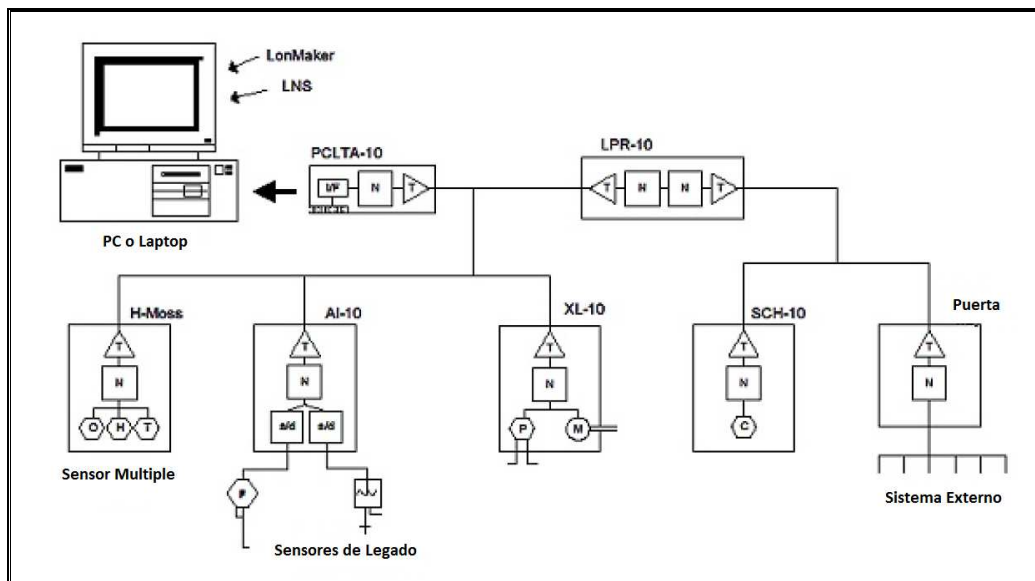


Figura 3.8: Anatomía de algunos dispositivos *LonWorks*

Fuente: (Echelon Corporation, 1999)

El papel de los dispositivos de control *LonWorks* es detectar y controlar el estado de los componentes que conforman el sistema físico que está siendo controlado. Los dispositivos de control pueden tener cualquier combinación de sensores y actuadores o interfaces de entrada/salida (E/S) a sensores externos heredados y actuadores integrados. El programa de aplicación en el dispositivo no sólo puede enviar y recibir valores en la red, sino que pueden también ser un control de bucle PID, registro de datos y de programación. Según (Echelon Corporation, 1993), los dispositivos de control mostrados en la Figura 3.8, son los siguientes:

- Módulo Echelon *LonPoint* AI-10, tiene dos convertidores A/D que permiten hasta dos dispositivos heredados de entrada analógica (4-20 mAmp. o de interfaz 0-10 voltios) que se conectarán a la red.
- Módulo sensor múltiple *Hubbell H-Moss*, es una unidad montada en la pared que contiene tres sensores embebidos para monitorear la temperatura (T), la ocupación (O), y la humedad (H).
- Controlador XL-10 VAV de Honeywell, contiene e implanta un motor actuador de compuerta (M) y un sensor de presión diferencial (P). Obtiene la temperatura ambiente y los valores de consigna en la red e

implementa el control de un solo lazo PID para mantener la comodidad de la habitación.

- Módulo de Programador SCH-10 de Echelon *LonPoint*, tiene implantado un reloj en tiempo real (C) y una lógica de máquina de estado altamente configurable para la implementación de la programación y de control de modo dirigido por eventos para la totalidad o una parte de un sistema de *LonWorks*.

3.11.2. Bus Electrónico de Consumidor - *Consumer Electronic Bus (CEBus)*

El Bus Electrónico de Consumidor - *Consumer Electronic Bus (CEBus)*, es un estándar abierto de la Asociación de la Industria Electrónica (EIA-600) que describe un método de comunicación entre los productos electrónicos en el hogar utilizando cinco diferentes medios de comunicación: Línea de potencia, par trenzado, coaxial, *Broadcast*, RF, e infrarrojo (House, 1996). Básicamente *CEBus* es una red de área local utilizada para la automatización del hogar. *CEBus* es un paquete completo orientado a conexión de red punto a punto, que utiliza Acceso Múltiple por Detección de Portadora / Detección de portadora Resolución de Contención - *Carrier Detect Contention Resolution (CSMA / CDCR)*. *CEBus* es un estándar de comunicación e interoperabilidad, diseñado principalmente para productos de consumo (Evans, 1996). La primera versión de *CEBus* fue lanzada como IS-60 (*Interim Standard 60*) en 1992 para la revisión de la industria y fue revisada en 1993 y 1994. Después de que fue lanzada como EIA estándar abierto (EIA-600).

Los productos a base de *CEBus* constan de dos componentes fundamentales:

- a) Un transceptor
- b) Un microcontrolador.

Los paquetes de datos son transmitidos por el transceptor en alrededor de 10 Kb/s (Dhi & Mousavi, 2001). El protocolo *CEBus*, utiliza un modelo de comunicaciones punto a punto de manera que cualquier nodo de la red tiene acceso a medios de comunicación en cualquier momento. El estándar *CEBus* incluye comandos como aumento de volumen, avance rápido, rebobinado,

pausa, saltar, y regular la temperatura. Estos comandos se basan en el lenguaje de comunicación de una aplicación a otra, denominada el *CEBus* Aplicación de lenguaje Común - *Common Language Aplicación (CAL)*.

La misión del Consejo de la Industria *CEBus* - *The CEBus Industry Council's (CIC)*, es proporcionar información para el diseño y la información de la comunidad sobre el desarrollo *CEBus* y *CEBus Home Plug & Play*. El Consejo involucra a todos los sectores pertinentes y organizaciones en el desarrollo de productos interoperables que ofrecen al propietario múltiples productos para elegir los cuales pueden comunicarse entre sí y trabajar como un sistema. Estos productos pueden hacerse preguntas, responder a las preguntas, y proporcionar informes de estado no solicitados sobre la base de lo que ven y saben sobre en el entorno del hogar. Estos mensajes pasan de ida y vuelta a través de líneas de alimentación de la casa, cables de teléfono, televisión por cable, señales de infrarrojos y señales de radio.

CEBus permite a sus productos compartir información como estado del tiempo, temperatura, estado de ocupación, estado del equipo y así sucesivamente. Los datos permiten funciones de productos redundantes para ser centralizados, la eliminación de la interfaz de usuario y la entrega rápida de información de fuera servicio directamente a los productos. Con equipos *CEBus*, puede simplemente buscar información en la red, donde esa información es recogida por otros dispositivos los cuales pueden utilizar la información para su beneficio. La información puede originarse de casa o de los proveedores de servicios, fuera del hogar.

En una red, dos ingredientes son básicos para una comunicación exitosa: El movimiento transparente de datos entre nodos y/o sistemas; y asegurar que los datos que llegan para el nodo y/o sistema de destino llegue en una forma significativa, que puede ser reconocida y procesada inmediatamente. El estándar *CEBus*, define únicamente las funciones necesarias para facilitar las comunicaciones; no describe la implementación específica, el diseño, o las tecnologías que se utilizarán. Sin embargo, una amplia gama de problemas de interoperabilidad de múltiples proveedores, son sin duda administrados por la norma, incluyendo elementos tales como los conectores y los formatos de señalización.

3.11.2.1. Tecnología CEBus

Para superar los obstáculos de comunicación que se encuentran dentro de la línea eléctrica del hogar, *CEBus* utiliza tecnología de espectro ensanchado. La señalización de espectro ensanchado trabaja en la difusión de una señal transmitida a través de una gama de frecuencias, en lugar de utilizar una sola frecuencia. *CEBus* extiende su señal a través de un rango de 100 Hz a 400 Hz durante cada bit en el paquete (Dhir & Mousavi, 2001). Para evitar la colisión de datos, *CEBus* utiliza el protocolo CSMA/CDCR. Similar a *HomePNA*, este protocolo de control de acceso al medio, requiere de un dispositivo de información que esperara hasta que la línea este desocupada, lo que significa que ningún otro paquete puede transmitirse antes que se pueda enviar un paquete.

Cada *CEBus* tiene dos canales: un canal de control para tiempo real, paquetes cortos, funciones orientadas al control y un canal de datos para la transferencia intensiva de datos. Para una comunicación a prueba de falsificaciones, privada y confiable, el estándar *CEBus* incluye características cruciales de protocolo de red como detección de error, remarcado automático, reconocimiento de extremo a extremo y el rechazo de paquetes duplicados, así como el servicio para evitar la manipulación y el cifrado autenticado para garantizar la privacidad. El control de canal de comunicación *CEBus* ha sido estandarizado en todos los medios, con tasas de señalización y formato de paquete consistente se utiliza exclusivamente para controlar dispositivos y recursos de la red, incluyendo asignaciones del canal de datos. Los canales de datos suelen ofrecer anchos de banda seleccionables que pueden soportar las altas tasas de datos y se utilizan para enviar datos tales como audio, vídeo o archivos de computadora por la red. La característica de un canal de datos puede variar mucho dependiendo de las necesidades a medio y dispositivo conectado. Todos los datos y funciones de canal son gestionados por mensajes de control *CEBus* enviados a través del canal de control.

3.11.2.2. Protocolo CEBus

CEBus utiliza un servicio de conexión punto a punto, protocolo de comunicación CSMA / CDCR Acceso Múltiple por Detección de Portadora /

Detección de portadora Resolución de Contención (Evans, 1996). La pila de protocolos OSI consiste en la capa física, la capa de enlace de datos, la capa de red y la capa de aplicación, como se muestra en la Figura 3.9.

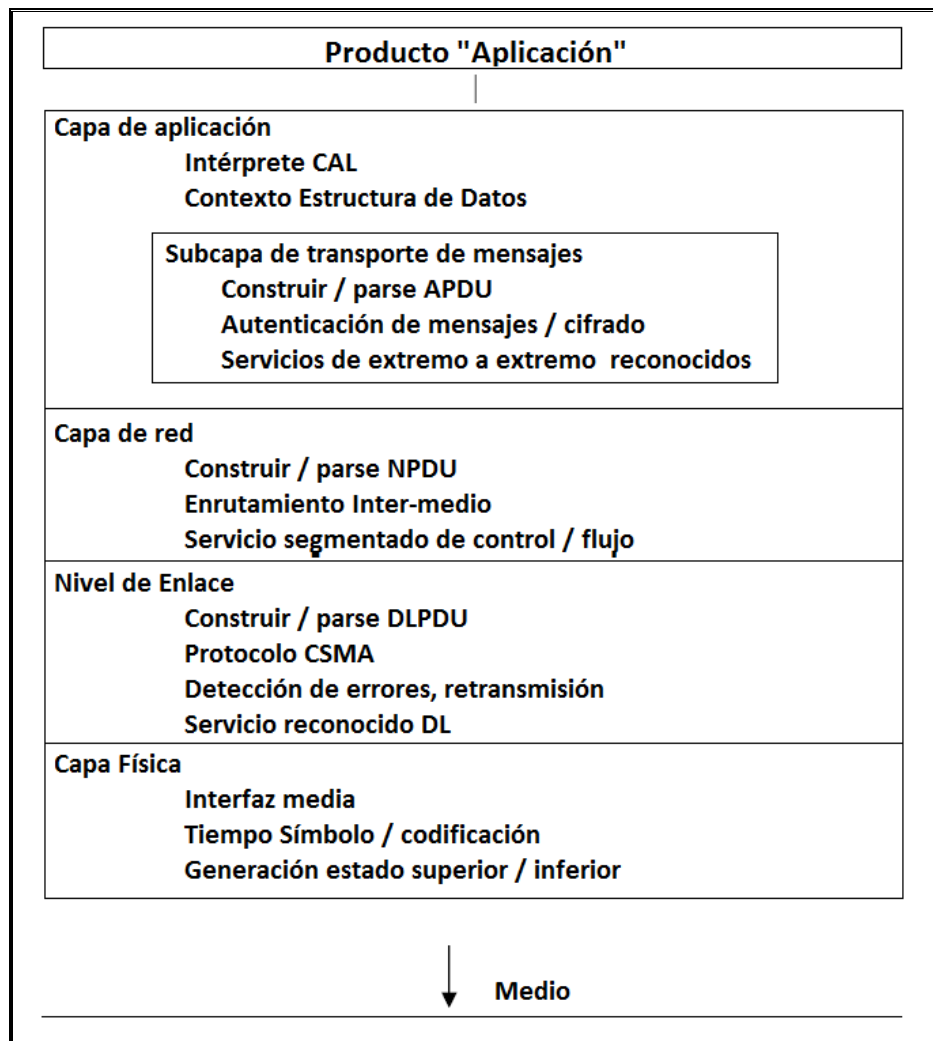


Figura 3.9: "Pila" Protocolo *CEBus*

Fuente: (House, 1996)

Muchas de las funciones de la capa de transporte (servicio segmentado, reconocimiento de extremo a extremo) se incorporan en las capas de aplicación y de red. A más de las funciones de protocolo definidos por el modelo OSI tradicional, el estándar *CEBus* define las características físicas de cada uno de los medios de comunicación permitidos y una aplicación intérprete de lenguaje. La aplicación *Common Language* (CAL) proporciona una estructura modelo de datos de cómo opera cada función de un producto. CAL también proporciona una gestión de los recursos de red, funciones de estado de nodo y configuración de la dirección.

3.11.2.3. Estructura del paquete *CEBus*

La Figura 3.10, ilustra la descomposición de elementos de un paquete *CEBus* en grupos lógicos con información de tamaño. Una trama de paquetes *CEBus* puede ser dividido en varias partes:

- La Unidad de Enlace de datos de protocolo (BPDU)
- La unidad de datos de protocolo de red (BPDU)
- La unidad de datos de protocolo de aplicación (APDU)
- El mensaje CAL.

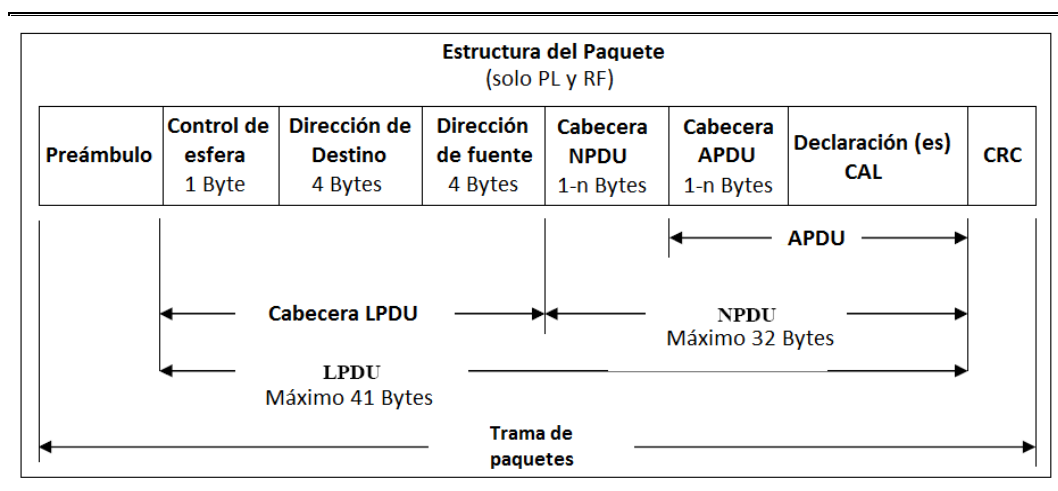


Figura 3.10: Estructura del paquete *CEBus*

Fuente: Autor

La estructura de paquete *CEBus* refleja la contribución de cada capa de protocolo. La APDU, generada por la subcapa de transporte de mensajes, contiene el mensaje CAL y la capa de aplicación necesaria para el servicio de reconocimiento, servicio de seguridad (autenticación y cifrado) y la información de cabecera. La NPDU, generada por la capa de red, contiene la APDU, el enrutamiento de red necesario y el mensaje de información de la cabecera de segmentación. La cabecera LPDU contiene el campo de control y fuente junto con las direcciones de destino. El campo de control especifica el tipo de paquete, la prioridad de paquetes y la clase de servicio en la capa de enlace de datos (DLL). Las partes restantes del paquete son el preámbulo y la verificación de la secuencia de trama (FCS) o la comprobación de redundancia cíclica (CRC). El CRC es una detección de errores a nivel de campo de paquetes, anexoado por la

capa de enlace de datos. Los paquetes varían en tamaño de aproximadamente 50 bits (el paquete más pequeño) y alrededor de 350 bits (el paquete más grande), dependiendo del tamaño del mensaje y de la CAL contenido de la capa de cabecera.

Todos los nodos *CEBus* tienen un par de direcciones únicas: una dirección de sistema y una dirección de nodo. La dirección del sistema es la misma para todos los nodos en el hogar, mientras que cada nodo la dirección en un sistema dado es única. El propósito de una dirección de sistema es aislar lógicamente los nodos en una casa de los nodos en otra casa, particularmente en las redes medianas que abarcan múltiples viviendas (Líneas de poder - *Power Line PL*, radiofrecuencia RF). Los mensajes de un nodo en una red del sistema no pueden ser recibidos por los nodos de otro sistema de la red.

La generación de un paquete *CEBus* es un proceso de dos pasos. En primer lugar los datos de recibidos se convierte en símbolos. Estos símbolos se convierten luego en formas de onda para ser transmitidos.

3.11.2.4. Portadora de Espectro Ensanchado - *Spread Spectrum Carrier*

Cada paquete *CEBus* consta de un preámbulo, cuerpo del paquete y CRC. Cada uno de estos componentes es analizado, en relación con la codificación de símbolos. Esta información llega a ser útil en la identificación de señales *CEBus* en la línea eléctrica.

Tecnología de la línea de alimentación de espectro ensanchado de Intellon fue elegido por la EIA, como resultado de una industria amplia selección competitiva. El Por su propia naturaleza el espectro ensanchado, tiene gran ancho de banda lo que lo hace inmune a una larga serie de deficiencias. Esto es debido al hecho que sólo se requiere una parte de la señal de espectro ensanchado de Intellon para la detección. La señal puede sufrir muchos tipos diferentes de deficiencias y proporcionar errores libres de la comunicación.

La tecnología de Portadora de Espectro Ensanchado - *Spread Spectrum Carrier* (SSC) es un método de comunicaciones de espectro ensanchado adecuado para la detección de portadora de redes de acceso múltiple (CSMA).

Históricamente se han utilizado sistemas de espectro ensanchado para comunicaciones seguras y/o para superar las deficiencias de banda estrecha en el medio de comunicación. El período de tiempo inicial necesario para la sincronización con la portadora, causa receptores de espectro ensanchado inapropiados para las redes CSMA. La tecnología de Portadora de Espectro Ensanchado es un método por el cual una serie de cortos, auto-sincronización, frecuencia de barrido "chirridos" actuar como portadores. Los chirridos (ruido blanco) son siempre del mismo patrón conocido y detectable por todos los nodos en la red. Los chirridos oscilan entre las frecuencias de 100 a 400 kHz con una duración de 100 μ S, por el *CEBus* Líneas de Potencia EIA-600 de la capa física. El barrido de chirrido es de aproximadamente 200 kHz a 400 kHz y luego de 100 kHz a 200 kHz. La Figura 3.11, ilustra el chirrido de la línea eléctrica en *CEBus*. Cada chirrido representa el menor símbolo en la comunicación, que se define como Unidad de Símbolo de Tiempo - *Unit Symbol Time* (UST) (Chen, 2003)

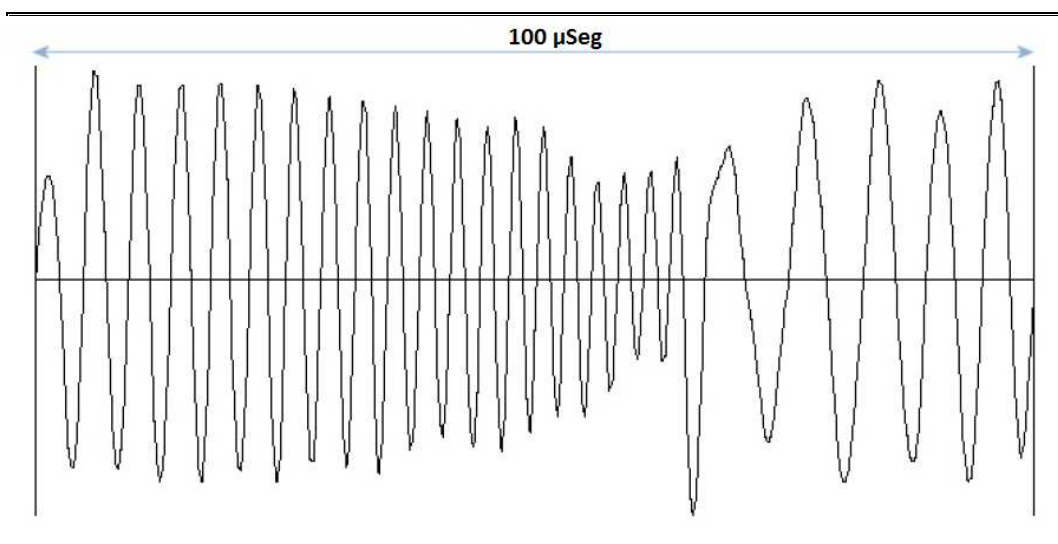


Figura 3.11: Chirrido en portadora de espectro ensanchado

Fuente: (Chen, 2003)

Según (Radford, 1997) en los sistemas tradicionales de secuencia directa, el chirrido se propaga eficazmente sobre la energía de señalización en un amplio rango de frecuencias. En el caso del estándar EIA *CEBus* la señal se extiende sobre un rango de frecuencia de 100 kHz a 400 kHz, con una tasa de bits efectiva de 10 Kb/s, mientras que los sistemas desarrollados en Europa se difunde la señal a través de un rango de frecuencia de 20 kHz a 80 kHz, al tiempo que se reduce la velocidad de bits de comunicación eficaz a 2 Kb/s, por lo tanto, se preserva la ganancia de procesamiento. Aunque teóricamente la señal

podría ser generada simplemente por realizar un barrido de la frecuencia de impulsos de 100 kHz a 400 kHz, o 20 kHz a 80 kHz, la aplicación práctica se ha desarrollado por la Corporación Intellon, en la cual el barrido de frecuencia comienza y termina a 200 kHz con una transición de 400 a 100 kHz en el centro. Las dos principales razones para realizar esto, eran simplificar el filtrado necesario para limitar la energía armónica generada por la señal y permitir una transición suave entre los bits de datos.

3.11.3. Pasaporte y Plug-in PLX

La Corporación Intelogis de Draper, Utah (fundada en 1997 y renombrada como Corporación Inari en el 2000) desarrolló una de las primeras tecnologías de línea eléctrica, llamada Pasaporte - *Passport*, es por ello que en ocasiones se refiere a esta tecnología como la tecnología original de línea eléctrica. Las páginas web de Intelogis o de Inari ya no se encuentran disponibles por lo que no se recopiló más información que la que se describe al momento de elaborar este trabajo. Esta sección se realiza como una referencia, para hablar de la tecnología de línea eléctrica Intelogis Passport. La mayoría de material de esta sección se basa en los resultados de (Tyson, 2015).

Pasaporte se basa en la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) para enviar datos de ida y vuelta sobre el cableado eléctrico en el hogar. FSK utiliza dos frecuencias, para enviar información digital entre los equipos de la red una frecuencia para los datos binarios "1" y otra para los datos binarios "0". Las frecuencias utilizadas se encuentran en banda estrecha por encima del nivel de ruido de línea. Un defecto de este método un tanto frágil, es que cualquier cosa que afecte a una de las frecuencias puede interrumpir el flujo de datos, causando que el equipo de transmisión tenga que volver a enviar los datos. Esto puede afectar el rendimiento de la red, incluyendo la desaceleración de la red.

Como se ilustra en la Figura 3.12, El kit Intelogis Pasaporte estaba integrado por equipos acondicionados que se conectaban a las tomas corrientes de la pared. El usuario conectaba uno de los módulos a un computador para ayudar a reducir la cantidad de ruido de línea eléctrica. Debido a que su diseño fue para el sistema de 110 voltios alternos, esta tecnología fue inadecuada a los países que no mantenían este voltaje en sus redes eléctricas. Intelogis utilizaba el puerto

paralelo de la computadora para las conexiones físicas. También requería de la instalación de un software para que sus módulos trabajen.



Figura 3.12: Equipos PLC Passport de Intelogis

Fuente: (eBay, 2015)

La tecnología Intelogis Passport utiliza una arquitectura de red cliente/servidor (el cual es un sistema administrativo centralizado que proporciona información a todos los dispositivos). El primer equipo en el que está instalado el software se convierte en el servidor de aplicaciones (en esencia es controlar el flujo de datos a través de la red y la dirección de cada dispositivo hacia la búsqueda de otros dispositivos). Entre algunas de las desventajas asociadas con la tecnología Intelogis Passport se destacan a continuación:

- Lentas velocidades de conexión (50 kb/s hasta 350 kb/s)
- El uso de energía Home afecta al rendimiento
- Las características de la impresora pueden quedar limitadas
- Sólo funciona con el sistema operativo Microsoft Windows
- El tamaño de los módulos *Powerline* son bastante grande
- Sólo funciona en líneas eléctricas de 110 V
- Todos los datos deben ser cifrados para una red segura
- En largos tramos de cableado se degrada el rendimiento

Tomando un camino diferente al de las comunicaciones de línea de poder, la tecnología Intelogis transmite datos en una banda de frecuencia por encima de la región de ruido. Bautizada como *plug-in* de la tecnología PLX, que utiliza una combinación de datagramas de detección de acceso múltiple - *datagram-sensing multiple access* (DSMA) y paso de símbolo centralizado - *centralized token passing* (CTP). DSMA actúa de una manera similar a la de resolución de

contención de múltiples nodos de una red Ethernet. Al entrar un nodo por primera vez en la red, detecta el portador de los otros paquetes en la línea, enviando su propio paquete, sólo si está habilitado para hacerlo. Una vez que todos los nodos se reconocen entre sí, el esquema de paso de símbolo o muestra dinámica centralizada evita la contención multi-nodo y la colisión de datos por lo tanto aumenta el rendimiento efectivo. Intelogis afirmó que su tecnología permite la transferencia simultánea de pequeños paquetes de control y datos de entretenimiento (por ejemplo, MP3), sin interferir entre sí. Según estudios de (Riezenman, 1999), Plug-in PLX se ajusta al CAL de *CEBus*.

3.11.4. Estándar X10

X-10 es un protocolo de comunicaciones que permite a los productos compatibles con redes domésticas comunicarse unos con otros a través del cableado eléctrico existente en el hogar. El formato del código X-10 fue introducido por primera vez en 1978 por X-10 Inc., por *Sear Home Control System* y *Radio Shack Plug 'n' Power System* (Rye, 2015). Inicialmente X-10, fue desarrollada para integrarse con dispositivos de control del aparato e iluminación de bajo costo.

X-10 permite a los dispositivos compatibles que sean componentes eléctricos conectados directamente a las tomas de corriente, comunicarse entre sí. Sin embargo, estos dispositivos son susceptibles a sufrir daños por picos de voltaje. Además, la señal de atenuación y de ruido de línea, generados por los aparatos domésticos o fuentes externas, pueden interferir transitoriamente con comunicaciones X-10. Con una subred de línea eléctrica que se comparte entre las casas vecinas, comandos X-10 de una casa pueden interferir con los dispositivos en otra casa. Como resultado, la fiabilidad sigue siendo un problema importante en redes PLC X-10. Fallas complejas e inesperadas son inevitables en redes X-10, y los fallos se manifiestan como comportamientos anómalos en la línea eléctrica, en términos de secuencias ilegales de comandos X-10. El protocolo X-10 es de baja, cuando los módulos se mueven de un estado sin dirección a un estado con dirección y viceversa). Sólo la experimentación con diferentes secuencias de instrucciones podría conducir a la formulación de las normas que rigen el direccionamiento de módulos X-10 y el desarrollo de un modelo legal para secuencias de comandos X-10. Según (Arora, Jagannathan, &

Wang, 2002) considera el protocolo de comunicación X-10 y define un sistema de detección de fallos basada en modelos que alcanza el grado de cobertura de fallos de X-10.

Originalmente X-10 comenzó solo como unidireccional; Sin embargo la capacidad para la comunicación bidireccional también se la añadido. La gran mayoría de la comunicaciones X-10 permanece solo unidireccional (Dhir & Mousavi, 2001).

Los controladores X-10, envían señales para para módulos receptores a través de cableado existente de CA. Los módulos X-10 son los adaptadores conectados a puntos de salida y control de dispositivos simples. La velocidad de transmisión de X-10, está limitada a sólo 60 b/s, que lo hace inadecuado para transportar el tráfico de tipo internet en el hogar. Mediante el uso de X-10 es posible controlar las luces y prácticamente cualquier otro dispositivo eléctrico desde cualquier parte de la casa sin cableado adicional.

Los diseños de tecnología X-10, recursos, desarrollo, fabricación y comercialización de productos están basados en la norma X-10 Ltd., que diseña sus propios chips para sus dispositivos, cuyos productos son fabricados para empresas como IBM, Thomson (GE y RCA), Philips (marca Magnavox), Radio Shack, Leviton, Honeywell, Stanley, Ademco, y ADT entre otros. De acuerdo con el grupo X-10, más de 100 millones de unidades han sido enviados por la empresa (Dhir & Mousavi, 2001). Estos dispositivos domóticos se llaman dispositivos "portadores de línea de poder" (PLC) y a menudo son instalados por los constructores que quieren ofrecer la automatización del hogar como una característica adicional de venta. La línea domótica consiste en "controladores" que envían automáticamente las señales a través del cableado eléctrico existente al módulo receptor y este a su vez al control de iluminación, electrodomésticos, calefacción, aire acondicionado, etc.

3.11.4.1. Teoría de la transmisión X-10

Las trasmisiones de X-10 se sincronizan con el punto de paso cero de la línea de corriente alterna. El objetivo de diseño debe ser para transmitir lo más cerca posible del punto de cruce cero, pero sin duda menos de 200 microsegundos del punto de cruce por cero. En X-10, la potencia línea eléctrica de los modelos de

interfaz PL513 y TW523 proporcionan una onda cuadrada de 60 Hz con un retardo máximo de 100 microsegundos desde el punto de cruce por cero de la línea de alimentación AC. El retardo máximo entre la entrada y la envolvente de la señal de salida con ráfagas 120 kHz es de 50 microsegundos. Por lo tanto, debe ser arreglado que las salidas a la PL513 y TW523 estén dentro de 50 microsegundos de los 60 Hz cruzando la referencia por cero de la onda cuadrada.

Un 1 binario está representado por un estallido de 1 milisegundo de 120 kHz en el punto de cruce por cero y un binario 0 por la ausencia de 120 kHz. El PL513 y TW523 modulan sus entradas con 120 kHz, por lo que sólo los 1 ms "envolvente" necesitan ser aplicadas a estas entradas. Estas ráfagas de 1 milisegundo en realidad deberían ser transmitidas tres veces para que coincidan con los puntos de cruce cero de las tres fases en un sistema de distribución trifásico. La Figura 3.12, muestra la relación de temporización de estas ráfagas en relación con cruce por cero.

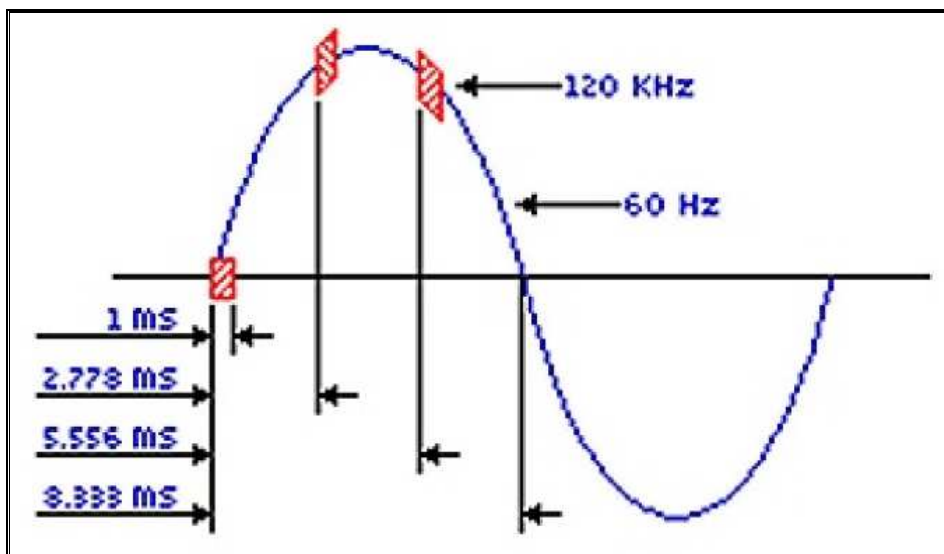


Figura 3.12: Relación de temporización de señales X-10

Fuente: (Rye, 2015)

Una completa transmisión de código abarca once ciclos de la línea de alimentación. Los dos primeros ciclos representan un Código de Inicio. Los próximos cuatro ciclos representan el Código de Vivienda y los últimos cinco ciclos representan ya sea el Código Clave (1-16) o un Código de Función (encendido, apagado, etc.). El bloque completo, (Código de Inicio, Código de

Vivienda, Código Clave) debe ser siempre transmitido en grupos de 2 con 3 ciclos de la línea eléctrica entre cada grupo de 2 códigos. El brillo y la atenuación son excepciones a esta regla, los que deberán ser enviados de forma continua (por lo menos dos veces) sin espacios entre los códigos. La Figura 3.13, explica este concepto.



Figura 3.13: Ciclos de la línea de poder para la transmisión de código X-10
Fuente: (Rye, 2015)

A continuación la Figura 3.14, ilustra las capacidades de control de X-10

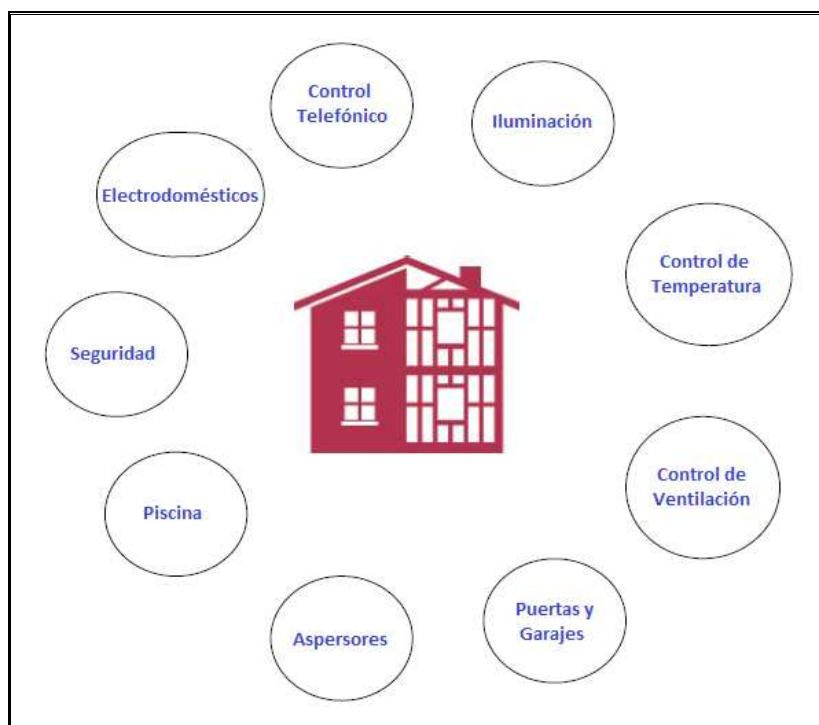


Figura 3.14: Capacidades de control de X-10
Fuente: (Rye, 2015)

3.11.5. Paquetes de energía - *PowerPacket*

La Corporación Intellon *PowerPacket*® basa su tecnología en las especificaciones de *HomePlug Powerline Alliance*; esta es una versión cuidadosamente elaborada de (OFDM). *PowerPacket* es el nombre comercial de la línea eléctrica de alta velocidad de Intellon, que ahora ofrece una tasa de 14 Mb/s sobre líneas eléctricas existentes en el hogar. *PowerPacket* es una solución completa que abarca las capas física (PHY) y acceso a los medios de comunicación (MAC) del modelo OSI de redes. Soporta servicios avanzados, como voz sobre IP (VoIP), calidad de servicio (QoS) y medios de transmisión, las cuales proporcionan nueva multimedia y aplicaciones de telefonía para el consumidor. OFDM es una técnica de modulación de espectro eficiente que permite transmisión de datos de muy altas velocidades en canales selectivos en frecuencia. Velocidades de datos de más de 100 Millones de bits por segundo (Mb/s) son posibles. *PowerPacket* es un sistema de portadoras múltiples con características que lo hacen adaptable a entornos con severos reflejos de trayectos múltiples sin ecualización. La modulación OFDM es esencialmente la transmisión simultánea de un gran número de portadoras de banda estrecha, a veces llamados subportadoras, cada modulación con una baja velocidad de datos, pero la suma de los productos totales da una alta velocidad de datos.

3.11.5.1. Tecnología *PowerPacket*

La capa física del modelo OSI (PHY) de *PowerPacket* utiliza la Multiplexación por División de Frecuencias Ortogonales (OFDM) como técnica de transmisión básica. En la actualidad la tecnología xDSL está siendo utilizada en la distribución terrestre señales de televisión inalámbricas y ha sido adoptado por el IEEE en el estándar (802.11a). *PowerPacket* utiliza también la tecnología concatenada *Viterbi* y *Reed Solomon* FEC con intercalación de datos de carga útil, y el producto turbo codificación (TPC) para los campos de control de marco.

El flujo de datos de alta velocidad a ser transmitido, es procesado como múltiples flujos de bits paralelos de OFDM, cada uno con baja velocidad de bits. Cada flujo de bits a continuación, modula una de una serie de portadoras espaciadas estrechamente. La separación de portadoras en OFDM se elige generalmente de manera que cada portador experimenta una respuesta plana

en el canal. La necesidad de ecualización en *PowerPacket* se elimina por completo mediante el uso de diferentes fases de modulación. La Figura 3.15, ilustra la modulación de fase diferencial donde los datos se codifican como la diferencia de fase entre el símbolo actual y anterior en el tiempo sobre la misma portadora.

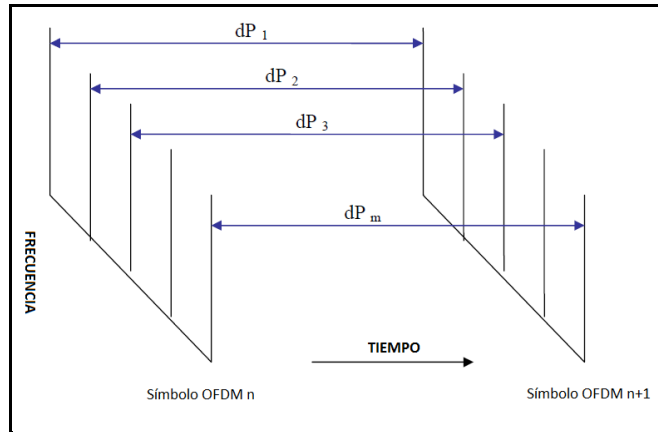


Figura 3.15: Modulación diferencial *PowerPacket*.

Fuente: Intellon

Las formas de onda de OFDM se generan normalmente usando la transformada inversa de Fourier (TIF) en los puntos de dominio de la frecuencia (de entrada a la transformación) consisten en el conjunto de símbolos complejos que modula cada portadora. La salida de la TIF es una señal en dominio de tiempo, llamada señal OFDM. Los datos pueden ser recuperados a través de una transformada de Fourier directa (TDF), convirtiendo a señal nuevamente al dominio de la frecuencia. La Figura 3.16, ilustra el proceso de conversión entre el dominio de la frecuencia y el tiempo de dominio.

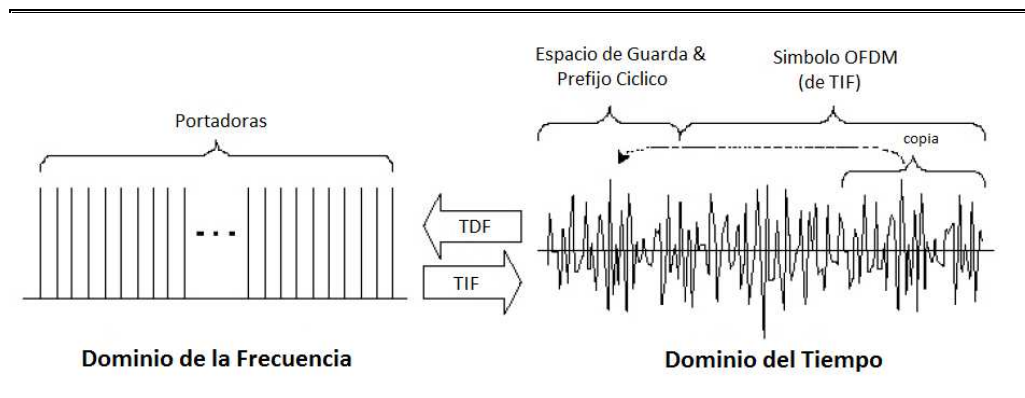


Figura 3.16: Creación Símbolo por TIF

Fuente: (Qualcomm Inc., 2015)

Durante el procesamiento de la señal, *PowerPacket* añade inteligentemente un prefijo cíclico que es esencialmente una replicación de los últimos microsegundos del símbolo OFDM. El prefijo cíclico es básicamente un "lanzar" la porción del símbolo transmitido que le permite ser corrompido por la interferencia entre símbolos. Sin el prefijo cíclico, algunas de las muestras contenidas en TDF sería llevar energía ya sea desde el anterior o a partir del siguiente símbolo OFDM.

Teniendo en cuenta el formato de trama, la trama de transmisión *PowerPacket* consiste en delimitador de inicio de trama, una carga útil y un delimitador de fin de trama, como se ilustra en la Figura 3.17. Los delimitadores de trama comprenden una secuencia de preámbulo seguido de un campo de control de trama codificada TPC. En la secuencia de preámbulo se elige un patrón conocido, para ser detectado fiablemente por todos los receptores independientemente de las condiciones del canal. Las transmisiones de unidifusión son reconocidas por la transmisión de una respuesta delimitadora. El inicio de trama, fin de trama y la respuesta de los delimitadores tienen la misma estructura símbolo pero contienen campos pertinentes a su función. La porción de carga útil de una trama es la tasa de adaptación de acuerdo a la calidad del canal entre el transmisor y el receptor.

La tasa de adaptación ocurre en tres formas:

- 1) Sin usar las mismas portadoras de transporte de datos
- 2) Cambiando la modulación de las portadoras entre DQPSK y DBPSK
- 3) Cambiando la velocidad de FEC convolucional entre $\frac{1}{2}$ y $\frac{3}{4}$.

Según (Gardner & Markwalter, 2004) *PowerPacket* (PHY) ocupa la banda de 4,5 a 21 MHz. El (PHY) *HomePlug* incluye una reducción de densidad espectral en la transmisor de potencia en las bandas de radioaficionados para minimizar el riesgo de interferencia desde la línea de potencia con estos sistemas. La velocidad de bits en bruto, utilizando la modulación DQPSK incluidas las portadoras activas es de 20 Mb/s. La velocidad de bits suministrada a la MAC por la capa PHY es de aproximadamente 14 Mb/s

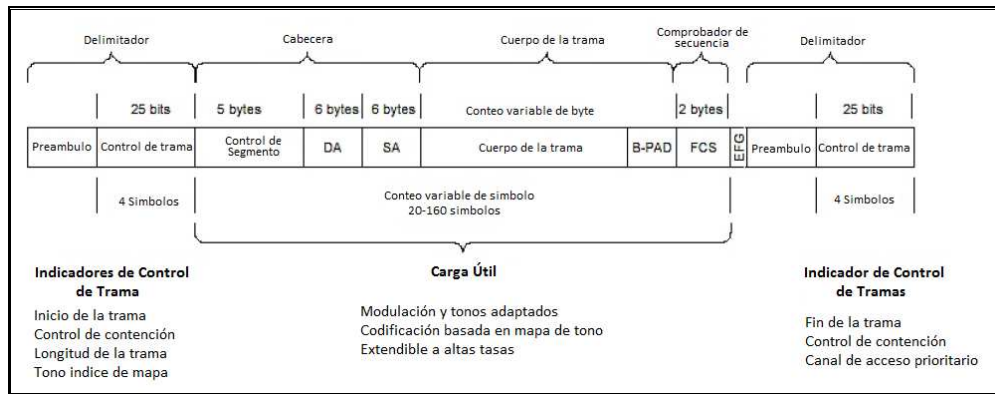


Figura 3.17: Formato de trama *PowerPacket*

Fuente: (Qualcomm Inc., 2015)

El protocolo MAC en la tecnología *PowerPacket* es una variante de la conocida portadora de acceso de sentido múltiple con el protocolo de evitación de colisión (CSMA / CA), similar a la especificación IEEE 802.11. La *PowerPacket* MAC protocolo utiliza un clásico, escuchar-charla antes de la estrategia y de la transmisión después de un seleccionados al azar de retardo para prevenir colisiones. Esta detección de portadora virtual (VCS) y mecanismo la resolución de disputas ayuda a minimizar el número de colisiones (Gardner & Markwalter, 2004). La adición de varias características permite al protocolo apoyar: Tipo de prioridad, proporcionar equidad y permite el control de la latencia.

Dado que la energía de paquetes es la tasa de adaptación, el tiempo de transmisión para un tamaño de paquete dado varía. Los largo tiempos de transmisión frustrar la capacidad de los protocolos para ofrecer calidad de servicio (QoS), ya que una trama de alta prioridad puede estar obligada a esperar durante mucho, terminando en una transmisión lenta. Para superar este problema, *PowerPacket* requiere la segmentación de las tramas que superan una cierta duración. Tramas de mayor prioridad pueden saltar entre los segmentos de la transmisión más lenta. Para reducir la probabilidad de colisión entre los miembros con igualdad de prioridad, *PowerPacket* utiliza el segmento de estallido, lo que permite que todos los segmentos de paquetes, transmitan espalda con espalda a menos que sea interrumpido por uno de mayor prioridad. Una extensión de esta capacidad es el acceso de contención libre en el que una estación transmite un número limitado de tramas a diferentes destinos sin interrupciones. El acceso libre de contención, mejora la calidad de servicio para

ciertos tipos de tráfico multimedia, tales como voz sobre IP (VoIP) o medios de transmisión (Gardner & Markwalter, 2004).

PowerPacket crea un mecanismo de privacidad de una red lógica con todos los nodos de la red, intercambiando una clave de cifrado común. El cifrado de todas las tramas se realiza en la capa MAC por un dato estándar de 56 bits de cifrado (DES) algoritmo mediante el encadenamiento de bloques de cifrado. Los sistemas de gestión de claves incluyen características que permiten la distribución de claves a los nodos que carecen de una capacidad de I/O.

3.11.6. Cogency HomePlug

Fundada en 1997 y con sede en Toronto, Canadá, la Corporación *Cogency Semiconductor*. Aborda desafíos técnicos para el uso de líneas de alta tensión para la comunicación de datos, proporcionando circuitos integrados, ofreciendo una solución robusta y rentable con tecnología de alta velocidad para redes, entretenimiento y productos informáticos. La tecnología *HomePlug* de *Cogency* combina OFDM con la codificación de la señal y técnicas de corrección de error.

La tecnología de *Cogency* para la creación de redes *PowerLine*, incluye la capa física (PHY) y la capa de Control de Acceso al Medio - *Medium Access Control* (MAC). La capa PHY aplica las técnicas de modulación, la codificación y formatos básicos de paquetes. La PHY se basa en paquetes OFDM como técnica de transmisión. El MAC utiliza un protocolo CSMA/CA, para mediar el acceso entre varios clientes (Cogency Semiconductor Inc., 2002).

La fuerza lógica “*Cogency*” MAC/PHY proporciona ecualización de paquetes y acceso eficiente al medio en la red eléctrica compartida. Además una resolución propia de esquema de señalización, permite aplicaciones de latencia sensible tales como voz sobre IP (VoIP) y juegos multijugador.

El *Cogency* MAC/PHY utiliza la tecnología OFDM para la transmisión de la señales a una alta tasa de datos con pocos bits de error. La modulación OFDM genera un conjunto de tonos en el dominio de frecuencia. La pérdida de pocos tonos puede ser compensada con la codificación de corrección de errores hacia

adelante - *Forward Error Correction* (FEC) que codifica los datos de forma redundante en todos los tonos de activos.

La adaptación automática de canales permite que el sistema responda a las condiciones actuales de la línea eléctrica. Los tonos se modulan utilizando el diferencial BPSK (76 bits por símbolo OFDM) o QPSK (152 bits por símbolo OFDM). Para los canales fuertes o cuando no se ha realizado la adaptación del canal, la carga útil de los datos se envía usando el modo *ROBust* OFDM. El modo ROBO utiliza todos los tonos disponibles con diferencial de modulación BPSK en cada tono, así como la corrección de errores y el intercalado. El modo ROBO es útil para canales muy fuertes o si se establece contacto inicial con otro dispositivo, para negociar un óptimo esquema de comunicación. La codificación *Reed-Solomon* o Convolutiva, se utiliza para los datos de carga útil. Las tasas de codificación convolutiva de $\frac{1}{2}$ pueden ser perforadas para lograr una tasa de $\frac{3}{4}$. Una combinación de velocidad de codificación y modulación se utiliza para ajustar a diferentes condiciones de canal. La codificación del producto se utiliza para los campos de control de trama, lo que garantiza que todos los dispositivos de la red sean capaces de detectar y decodificar esta información. La adaptación del canal se utiliza para especificar la modulación o esquemas de codificación para los datos de carga útil.

Si se produce la decoloración significativa, específicos tonos pueden ser lanzados desde la transmisión. Los paquetes de datos pueden ser transmitidos en dos modos: a todas las estaciones o a una estación específica. Cuando se transmiten símbolos de control de trama, los datos se codifican en todas las compañías. La fiabilidad de la transmisión está asegurada por la capa MAC/PHY de acuse de recibo de la transmisión de unidifusión, mediante el envío de un delimitador de respuesta (ACK) para indicar una transmisión exitosa. Una señal de NACK es enviada para indicar que el paquete fue recibido pero con errores.

El MAC/PHY usa una petición de repetición automática (ARQ) para garantizar la fiabilidad. La recepción de un NAC, resulta en el paquete de ser reenviado. La capa MAC/PHY puede determinar el estado de *PowerLine* mediante el control de los delimitadores de trama. Esto se conoce como "detección de portadora". Para la reducción de colisiones que se producen con acceso aleatorio al canal, *Cogency* utiliza un Acceso Múltiple por Detección de Portadora protocolo con prevención de colisiones (CSMA/CA) el cual ha mejorado con la señalización de

prioridad. El priorizar el acceso al canal, se logra mediante el uso del período de resolución de prioridad.

La tecnología *HomePlug* de *Cogency* ofrece una solución robusta para la red de línea eléctrica, proporcionando transmisión de datos fiable para el entorno de red doméstica. La capa MAC/PHY *Cogency* se adapta automáticamente a las condiciones cambiantes en la línea eléctrica; lo que proporciona un canal fiable bajo las más ruidosas condiciones. Los efectos de distorsión de trayectoria múltiple son atendidos con la tecnología OFDM. La otorga la gestión de la privacidad mediante técnicas de cifrado de 56 bits, mientras que el control de contención garantiza prioridad al acceso oportuno para aplicaciones sensibles a la latencia. La tecnología *HomePlug* de *Cogency* ofrece la creación de redes y datos de clase Ethernet, soporta VoIP, QoS y aplicaciones de medios.

3.11.7. Universal *Poweline* Bus UPB

Desde 1997, *Powerline Control Systems* PCS se encuentra desarrollando una nueva tecnología *Powerline Communication* utilizando un método Modulación de Posición de Pulso - *Pulse Position Modulation* (PPM). El método de capa física es un esquema muy diferente de la técnica de RF moduladas / demoduladas utilizadas por X-10, Intellon, Echelon, Itron, Inari, o LiteTouch.

PCS ha emitido dos patentes sobre la tecnología UPB® y continuarán desarrollando una importante cartera de patentes y otra de propiedad intelectual como evolución de la tecnología UPB. El plan de negocio de PCS para el despliegue de esta tecnología es doble. Principalmente para licenciar la tecnología ubicua UPB en todos los mercados y aplicaciones propietarias. En segundo lugar, PCS ha introducido una línea completa de productos para el control residencial de iluminación bajo el nombre comercial de *PulseWorx*® que es similar a su línea de productos *SceneMaster* compatible con 10-X, pero incorporada a la tecnología ultra-fiable UPB.

Estos productos son aproximadamente 100 veces más fiables que productos basados en X-10 ya que pueden instalarse sin el uso de filtros o repetidores. El uso de filtros, acopladores y repetidores "reparadores" del medio o ambiente de

transmisión, es esencial para cualquier instalación basada en X10, *CEBus* o *LonWorks*.

3.11.8. Descripción de la tecnología UPB

La tecnología de comunicación de línea eléctrica UPB, consiste en transmitir información codificada digitalmente sobre la línea eléctrica, como una serie de pulsos eléctricos precisamente cronometrados (llamados Pulsos UPB) que se superpone en la parte superior de la forma de onda (onda sinusoidal) de alimentación de corriente alterna (CA) normal. El pulso UPB es capaz de viajar grandes distancias sobre la línea eléctrica y a través del transformador de potencia hasta el acoplamiento del otro lado en una práctica de alimentación de fase dividida. La recepción de dispositivos UPB, pueden detectar y analizar estos pulsos UPB a través del transformador de potencia y extraer la información digital codificada de ellos separándolas del ruido del medio como ilustra la Figura 3.18.

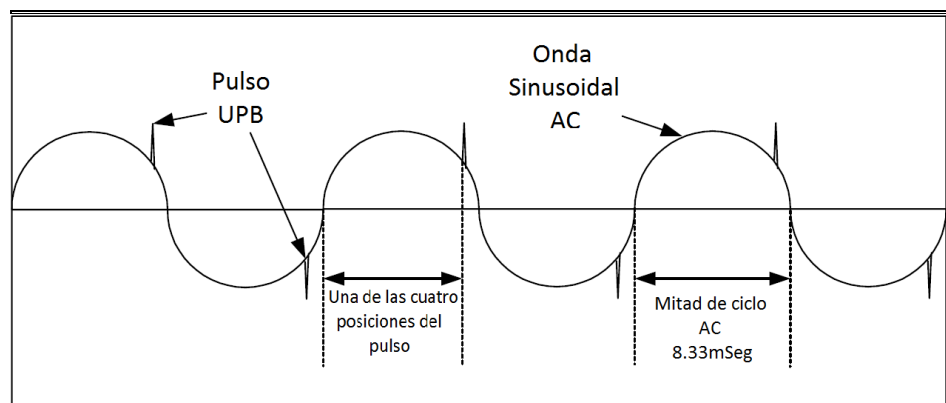


Figura 3.18: Método de comunicación de pulso UPB

Fuente: (Powerline Control Systems PCS, 2007)

3.11.8.1. Funcionamiento de UPB

Una serie de impulsos se producen en sincronización aproximada con la frecuencia de la tensión de línea principal. El pariente posición de cada pulso puede variar en un rango pequeño de tiempo o posición relativa a los pulsos anteriores. Dado que los datos se codifican en estas diferencias en la posición, el método de modulación se llama Pulse Position modulación o PPM. La función de

un transmisor UPB es producir una serie de pulsos de tiempo precisamente que codifican la información digital a transmitir. La función del receptor UPB es detectar los pulsos, determinar las posiciones, separar los pulsos de ruido y, finalmente, produce los datos decodificados. Se muestra una típica serie de pulsos UPB en la Figura 1, que se toma directamente de un osciloscopio de salida utilizando nuestro circuito de recepción.

Un circuito muy simple que descarga un pequeño condensador en la línea eléctrica produce el pulso UPB. El pulso que se produce es muy similar a un impulso producido por una lámpara atenuadora, cada medio ciclo que la lámpara está encendida. El transmisor UPB produce un pequeño número de impulsos sólo cuando se está transmitiendo un mensaje. Un atenuador de lámpara convencional, produce un pulso cada medio ciclo, siempre y cuando la lámpara está encendida.

Una manera simple de resumir este método de comunicación es: "El método físico de la comunicación UPB utiliza el equivalente de impulsos de ruido atenuadores a base de triac en combinación con una técnica de PPM para transmitir información digital a través de la línea eléctrica." Un pulso típico UPB es se muestra en la Figura 3.19.

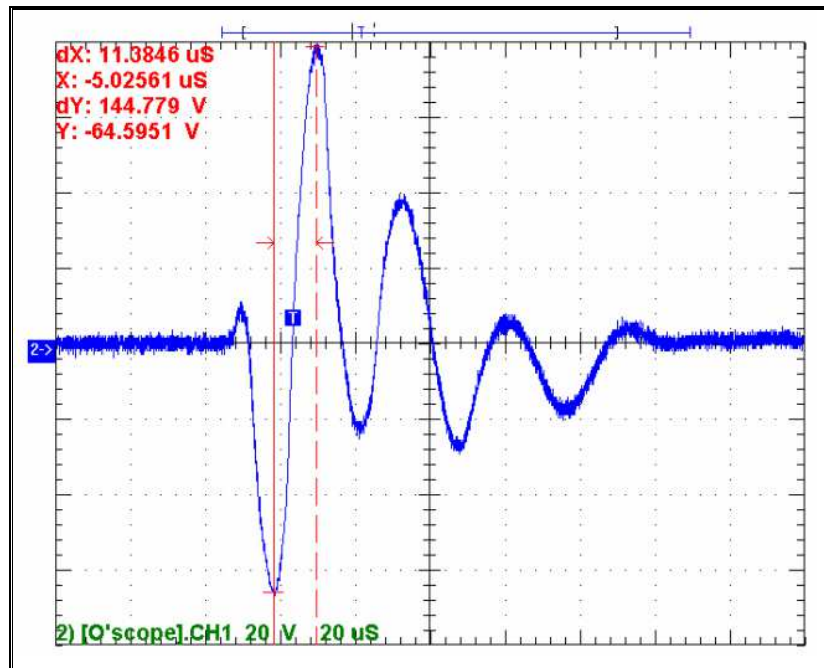


Figura 3.19: Pulso típico UPB

Fuente: (Powerline Control Systems PCS, 2007)

3.11.8.2. Fiabilidad UPB

Existen tres razones fundamentales por las que el método de comunicación de pulso UPB es mucho más fiable que otros métodos.

La primera razón es que el tiempo de energía por unidad de tiempo de pulsos de UPB generados es varios cientos de veces mayor que la energía en estado estacionario de las técnicas de RF modulada / demodulada. Una analogía que ilustra este concepto son los sonidos producidos por los instrumentos, platillos y un violín. La energía producida como los platillos se golpean juntos es muy diferente que el de un violín al producir una nota. El sonido producido por los platillos es muy corto pero ruidoso y se produce por la liberación rápida de la energía cinética almacenada cuando los dos platillos se juntan.

El sonido que el violín produce durante un período de tiempo relativamente largo introduce continuamente más energía. El violín podría liberar más energía en un segundo, pero el pico de energía es sólo una pequeña fracción de la energía del pico lanzado cuando chocan los platillos. Es mucho más fácil de detectar o de escuchar un choque de los platillos que una nota de violín a una gran distancia.

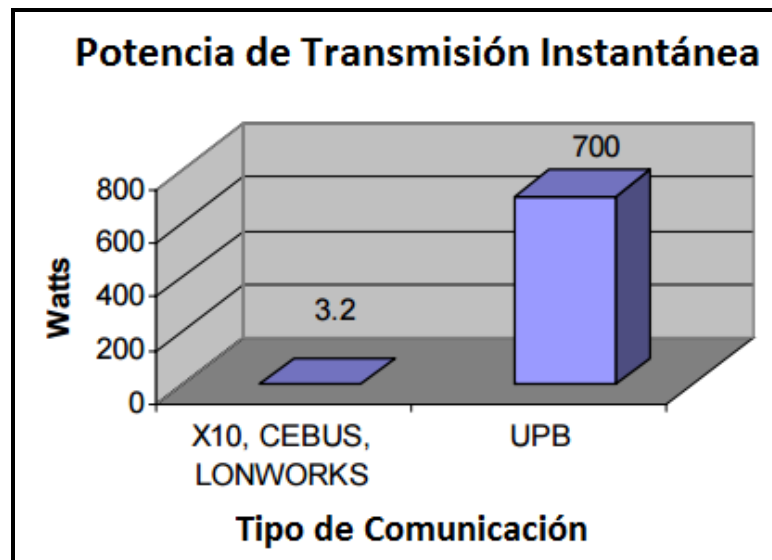


Figura 3.20: Energía Impulso vs. Energía Sostenida

Fuente: (Powerline Control Systems PCS, 2007)

La segunda razón es que la distribución natural de atenuación en una residencia disminuye a medida que la frecuencia disminuye. Las frecuencias

más bajas se encuentran alrededor de la casa y sobre todo llegan a través de las fases del transformador de utilidad, sin acoplamiento, mucho mejor que las frecuencias más altas. El contenido de energía de los pulsos UPB, varía en un rango de frecuencia de aproximadamente 4 kHz a 40 kHz, que es mucho menor que las frecuencias utilizadas por las otras tecnologías. Como se ilustra en las Figuras 3.20 y 3.21.

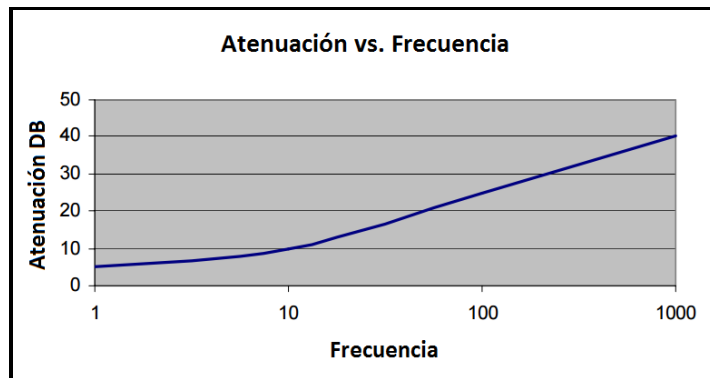


Figura 3.21: La atenuación como una función de la frecuencia

Fuente: (Powerline Control Systems PCS, 2007)

La tercera razón se relaciona también con el hecho que el contenido de energía de los impulsos de UPB varía en un rango de frecuencia de aproximadamente 4kHz a 40 kHz. Debido a que esta es una gama relativamente amplia, ya que es una década en variación de frecuencia, el pulso UPB prolifera como una señal de espectro ensanchado, de tipo banda ancha. Si parte del 4 kHz a 40 KHZ están muy atenuados, lo suficiente como para des-atenuar del ancho de banda por lo que el pulso UPB todavía se puede detectar fácilmente. Este es el método básico en el que se propagan las tecnologías de espectro para superar los efectos de atenuación de banda estrecha.

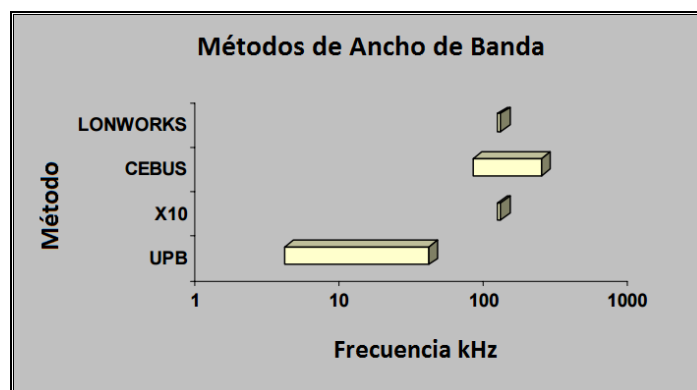


Figura 3.22: Frecuencia de contenido de métodos de comunicación

Fuente: (Powerline Control Systems PCS, 2007)

El protocolo UPB está diseñado específicamente para satisfacer las necesidades de bajo costo, alta fiabilidad de aplicaciones de baja velocidad, tales como el control de iluminación, HVAC, contadores de lectura automáticos (AMR) y comunicaciones de electrodomésticos. La tecnología de UPB se puede implementar por un valor menor a los \$60 por nodo, para los componentes de comunicación de dos vías. PCS cuenta actualmente con varias licencias ya sea en la fase de desarrollo conjunto o la evaluación de la tecnología UPB en la actualidad.

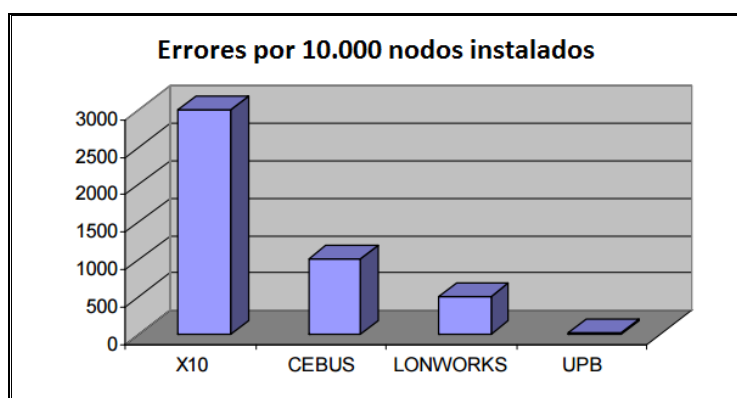


Figura 3.23: Porcentaje de confiabilidad - en nodos de comunicación sin acoplamiento

Fuente: (Powerline Control Systems PCS, 2007)

3.11.8.3. Protocolo UPB

El protocolo UPB puede transmitir información digital aproximadamente 38 veces más rápido que el protocolo X-10. El tiempo de respuesta de un mensaje simple UPB es de alrededor de 0,3 segundos, que es aproximadamente 3 veces más rápido que X-10. PCS se dirige específicamente a la zona residencial de gama alta, así como la fluorescente comercial e industrial y al mercado de los controles de iluminación. A medida que más productos UPB son introducidas por PCS existe un aumento en el número de productos que varían en precio y sofisticación. Debido al bajo costo de los componentes de transmisión y recepción de dos vías, no hay ninguna razón por la que los productos UPB no pueden introducirse en alto volumen en tiendas de ventas de equipos electrónicos y de computadora.

A cada dispositivo UPB se le asigna una identificación de red (NID) que puede variar de 001 a 250. Mediante la asignación de la misma Red ID a un grupo de dispositivos de UPB, formando una red virtual. A cada dispositivo UPB

también le puede ser asignado un ID de unidad única que puede ir de 001 a 250. La identificación de la unidad (UID) se utiliza para distinguir cada dispositivo de los otros dispositivos en la misma red UPB. Los dispositivos UPB rechazarán la comunicación directa de paquetes UPB que se dirigen a un ID de unidad que es diferente a la propia. Además de tener un ID de unidad única para identificar un dispositivo UPB, a cada dispositivo se le puede asignar identificadores adicionales, llamados identificadores de enlace, que se utilizan para agrupar dispositivos. Cada vez que un dispositivo UPB recibe un paquete de enlace se comprobará el ID de Destino (DID) de campo para ver si coincide con una de sus identificaciones de enlace válido en su lista de recepción de componentes. El paquete es aceptado si coincide con uno de los identificadores de enlace válido, de lo contrario se rechaza el paquete. Dos o más dispositivos que hayan sido asignados con el mismo ID de enlace se considera "vinculados" y juntos pueden ser controlados usando el enlace paquetes.

PCS está trabajando con varias empresas de software y controladores de hardware para integrar los controladores de dispositivos y configuración de herramientas necesarias para apoyar los dispositivos UPB y protocolos. Actualmente, PCS está trabajando con *HAI, Pulseworks, Elk Products, Leviton, Smart Systems Technologies, Residential Control Systems, Marrick Ltd., Home Automated Living*, entre otras. Implementando el protocolo UPB y para apoyar los productos de control de iluminación basados en PCS UPB. Además de los productos normales de control de iluminación, PCS proporciona interfaces *Plug-in* serie RS232 y USB para la conexión de la red eléctrica proporcionada por cualquier PC o controladores de hardware independientes.

La estructura de comando de registro basado UPB fue diseñado específicamente para simplificar la programación de control para programadores de software de aplicación. El protocolo de dos vías permite al mensaje el acuse de recibo y la capacidad descargar y almacenar toda la información pertinente de todos los dispositivos UPB.

La estructura del mensaje UPB tiene un formato sencillo muy simple de apoyo de paquetes de datos 0 a 18 bytes. Como lo ilustra la Figura 3.24. Una red de ocho bits de dirección (viviendas) permite hasta 250 viviendas posibles o apartamentos en un solo transformador de distribución de energía. Una dirección de equipo de ocho bits permite hasta 250 dispositivos en cada casa.

Campo	Sincron.	Bytes de Control	Dir. de Red	Dir. de Destino	Dir. de Fuente	Mensaje UPB	Byte Suma de comprobación
Bytes	1	2	1	1	1	0 - 18	1

Figura 3.24: Estructura del mensaje UPB

Fuente: Autor

Todos los dispositivos UPB contienen un conjunto de memoria no volátil para almacenar los registros de direcciones y la información de configuración según hace referencia la Tabla 3.5. Cada dispositivo UPB tiene tres campos de texto de 16 caracteres para su uso por el instalador. Esta información, junto con otros campos de configuración permite al instalador descargar y guardar toda la información de configuración correspondiente. Esto simplificará en gran medida las modificaciones y la solución de problemas futuros. El uso de software de interfaz de nivel superior permite al instalador analizar de forma remota o modificar los dispositivos de UPB.

Etiqueta	Bytes	Tipo	Localización	Dirección
ID de red	1	Hex	EEPROM	0
ID de unidad	1	Hex	EEPROM	1
Contraseña de red	2	Hex	EEPROM	02 - 03
Opciones UPB	1	Hex	EEPROM	4
Versión UPB	1	Hex	EEPROM	5
ID de fabricante	2	BCD	EEPROM	06 - 07
ID de producto del fabricante	2	BCD	EEPROM	08 - 09
Número de versión del fabricante	2	BCD	EEPROM	0A - 0B
Número de serie UPB del fabricante	3	BCD	EEPROM	0C - 0F
Texto #1 (Red)	16	ASCII	EEPROM	10 - 1F
Texto #2 (Habitación)	16	ASCII	EEPROM	20 - 2F
Texto #2 (Dispositivo)	16	ASCII	EEPROM	30 - 3F
Total	64			

Tabla 3.5. Memoria del dispositivo UPB, título de sección

Fuente: (Powerline Control Systems PCS)

CAPÍTULO IV

DISEÑO DE UNA RED PLC PARA APLICACIÓN DOMÓTICA

En el Ecuador ya se implementan equipos y sistemas inteligentes con conexión alámbrica e inalámbrica a internet. Sin embargo estos dispositivos se encuentran funcionando de forma independiente y las pocas redes que se han creado con este tipo de equipos tiene finalidades concretas según el mercado al que va dirigido un ejemplo de estos sistemas son:

- Alarmas de seguridad
- Sistemas de CCTV y CCTV IP
- Sistemas de climatización
- Redes *WiFi, Bluetooth*
- Electrodomésticos.
- Audio distribuido
- Control de motores, etc.

De este modo se demuestra que aún no se vive una verdadera experiencia de lo que significa Domótica y de los beneficios que puede traer a los sectores públicos y privados del país. Lo anteriormente señalado sumado a las medidas económicas que vive el país, la falta de producción nacional, entre otros factores, han restringido la penetración de esta tecnología. Lo que causa que los sistemas domóticos no se encuentren al alcance de todos los niveles económicos. Manteniéndose aún, como un privilegio asequible solo para ciertos sectores de la sociedad.

4.1. SITUACIÓN ACTUAL DE LA TECNOLOGÍA PLC EN EL ECUADOR

En el Ecuador la tecnología PLC, ha sido estudiada y presentada en un sin número de trabajos universitarios como una solución para proveer servicios de Internet o interconectar redes LAN. Sin embargo no se ha investigado sobre todas las aplicaciones adicionales que permite esta tecnología por lo que aún es un campo desconocido en cuanto a todas las ventajas de las aplicaciones que ofrece esta tecnología. Es por ello que esta investigación amplia el campo de acción que tiene PLC, presentando al lector la posibilidad de ampliar el estudio para la aplicación de esta tecnología en otros campos distintos al de Internet.

4.2. SITUACIÓN REGULATORIA DE LA TECNOLOGÍA PLC EN EL ECUADOR

En el Ecuador la Ley Orgánica de Telecomunicaciones y de Servicios Postales en el Artículo 2 literal 7, señala "Promover y controlar la competencia sana y leal entre los operadores de servicios de telecomunicaciones, en atención con el interés público y, colectivo o general y, las políticas públicas". Mientras que el Artículo 5. A los efectos de esta Ley, define a las telecomunicaciones como "Toda transmisión, emisión o recepción de signos, señales, textos, video, imágenes, sonidos o informaciones de cualquier naturaleza, por sistemas alámbricos o inalámbricos, inventados o por inventarse, incluidos los servicios de radiodifusión sonora y televisión. La presente definición no tiene carácter taxativo, en consecuencia, quedarán incluidos en la misma cualquier medio, modalidad o tipo de transmisión derivada de la evolución tecnológica o de la convergencia de servicios. La Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones emitirá los reglamentos o normas técnicas que considere convenientes para regular cualquier actividad o servicios derivados de adelantos tecnológicos en materia de telecomunicaciones" (PROYECTO DE LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES Y SERVICIOS POSTALES, 2011)

Sin embargo en el Ecuador no se ha creado aún una normativa o regulación para la tecnología PLC. Por lo que las empresas que poseen este tipo de equipos, ofrecen a sus consumidores equipos que se encuentran normados en el exterior y alineándose a lo indicado en el Art.10 de la Ley Especial de Telecomunicaciones la cual indica:

"Art. 10.- INTERCOMUNICACIONES INTERNAS.- No será necesaria autorización alguna para el establecimiento o utilización de instalaciones destinadas a intercomunicaciones dentro de residencias, edificaciones e inmuebles públicos o privados, siempre que para el efecto no se intercepten o interfieran los sistemas de telecomunicaciones públicos. Si lo hicieran, sus propietarios o usuarios estarán obligados a realizar, a su costo, las modificaciones necesarias para evitar dichas interferencias o interceptaciones, sin perjuicio de la aplicación de las sanciones previstas en esta Ley. En todo caso,

también estas instalaciones estarán sujetas a la regulación y control por parte del Estado.”

Por lo cual es posible la utilización de la tecnología PLC en redes domésticas en el Ecuador, siempre y cuando las mismas no causen interferencias o daños a los equipos eléctricos externos empezando desde el medidor de energía eléctrica hacia afuera; es decir hacia los equipos *outdoor* de la tecnología PLC.

La finalidad de este trabajo reside en demostrar la factibilidad de implementar este tipo de redes para aplicaciones domóticas utilizando la tecnología PLC en los diferentes tipos de vivienda del país sin que influyan factores como la región o ubicación geográfica, demostrando ser una tecnología flexible y de calidad para ser utilizada en el sector doméstico.

4.3. DISEÑO DE UNA RED DOMÓTICA CON TECNOLOGÍA PLC

El objetivo principal de este estudio es demostrar la pertinencia y factibilidad de la aplicación Domótica mediante la tecnología *Power Line Communications* PLC para redes domésticas en el Ecuador. Por lo cual se diseña una Red Domótica PLC, demostrando que esta tecnología puede introducirse en las redes domésticas del país coexistiendo e interactuando con los sistemas eléctricos y electrónicos como una solución de ahorro energético, comunicaciones, confort y seguridad en los hogares del país.

4.3.1. Elección de la tecnología para el diseño

Se ha determinado adoptar la tecnología *Universal Powerline Bus* UPB, debido a las ventajas que presenta esta tecnología respecto a otras en la actualidad. Entre estas ventajas tenemos:

- Comunicación segura
- Costos asequibles
- La infraestructura existente puede ser utilizado (sin cables adicionales)
- Comunicación bidireccional

Los dispositivos UPB utilizan el cableado eléctrico existente en las redes domésticas, para transferir datos entre sí. UPB utiliza la denominada modulación de pulso-posición que es un método bien conocido en la comunicación digital. Cada pulso UPB puede codificar dos bits de información digital sobre medios eléctricos de 110 VAC con una frecuencia de 60 Hertz. Estos impulsos eléctricos son precisamente cronometrados y pueden ser fácilmente detectados por otros dispositivos de UPB. Analizado la información digital codificada. UPB no requiere de un controlador central o host ya que soporta la comunicación de igual a igual.

4.3.2. Necesidades del diseño

Se procede al diseño de una solución en la cual está presente la tecnología PLC como una alternativa para aplicación de la Domótica mediante la red eléctrica de una vivienda. En este caso, como un ejemplo práctico, se cuenta con una vivienda de dos plantas, la cual posee equipos eléctricos y electrónicos como electrodomésticos, iluminación, climatización, audio, video vigilancia y alarma de seguridad de distintos fabricantes. La vivienda cuenta con una acometida eléctrica de dos fases.

El diseño comprende la solución de conectividad entre los diferentes equipos existentes en el hogar, esto debido a que se desea interactuar con estos sistemas de forma conjunta permitiendo obtener un ahorro significativo en cuanto a gasto energético, una mejora en el confort y en la seguridad de los bienes del hogar.

Debido a que es necesario el acceso vía remota, para monitorear o controlar los eventos que se presenten en la vivienda en cuanto a interconexión entre dispositivos, confort y seguridad a brindar en la vivienda, es necesario contar con el servicio de Internet para tener una salida hacia el mundo exterior. Se puede apreciar en la Figura 4.1, los planos de la vivienda y en la Figura 4.2, un esquemático de la vivienda en donde se simula el diseño de una Red Domótica mediante PLC.

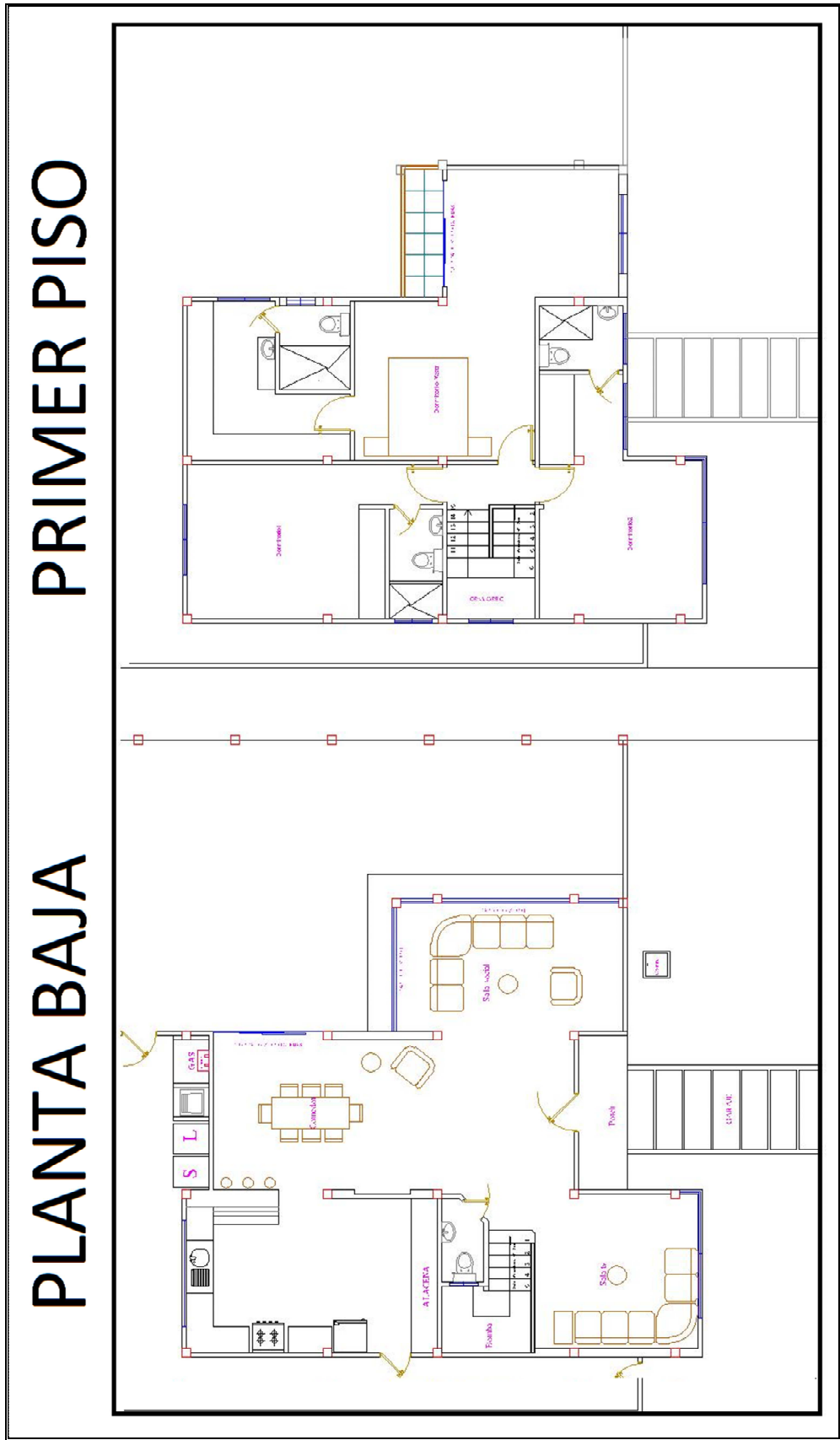


Figura 4.1: Planos de Vivienda con Red Domótica mediante PLC

Fuente: Autor



Figura 4.2: Esquemático de Vivienda con Red Domótica mediante PLC

Fuente: Autor

Las instalaciones eléctricas de la vivienda cumplen con la Norma Técnica Ecuatoriana RTE INEN 021:2008, la cual indica que se cumple con el tipo de conductor y alambre para uso eléctrico aislado con material termoplástico. Cumpliéndose la normativa técnica, se procede al diseño de la conexión de la red PLC. Para lo cual se toman en consideración los siguientes puntos:

- La vivienda poseerá una conexión de red alámbrica e inalámbrica la cual permita disponer del servicio de Internet en toda la vivienda.
- La vivienda deberá contar con un punto donde se tenga acceso a las dos fases eléctricas en la vivienda.
- Cada nodo que se conecte a la red deberá encontrarse dentro de la red de la vivienda.
- Se deberá identificar la potencia total en cada uno de los circuitos de iluminación a controlar. Esto para instalar un control de iluminación acorde a la potencia que va a controlar.

4.3.3. Selección de los equipos

Para la selección de equipos para la Red Domótica mediante PLC, los equipos deberán cumplir con un único requisito; el cual indica que el equipo debe trabajar con UPB. Estos equipos pueden ser de cualquier fabricante que haya adoptado

como base UPB para la fabricación de sus equipos. Entre los principales fabricantes se encuentran: HAI, Leviton, Pulseworkx, Simply, Ademco, Honeywell, entre otros.

Para el caso práctico referente al diseño del sistema Domótico mediante PLC se trabajará con la marca Leviton cuyos equipos básicos para construir una red domótica se encuentran libres para la venta y son fáciles de conseguir. Estos equipos pueden adquirirse de forma individual o en kits para automatización del hogar ya que al integrarlo a un sistema de control central es posible programarlos, controlarlos y monitorearlos de forma remota. Estos equipos son:

- **Acoplador de fases 39A00-1**



Figura 4.3: Acoplador de fases 39A00-1

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

Este equipo puede conectarse a redes eléctricas de 110Vac y 220 Vac, el acoplador de fases aumenta la velocidad y la fiabilidad del sistema UPB. Aunque el protocolo UPB es extremadamente robusto y menos susceptible a condiciones de la línea de potencia, es recomendable el uso de un acoplador de fases en cada instalación. La conexión de este equipo en la vivienda, se ilustra en la Figura 4.4.

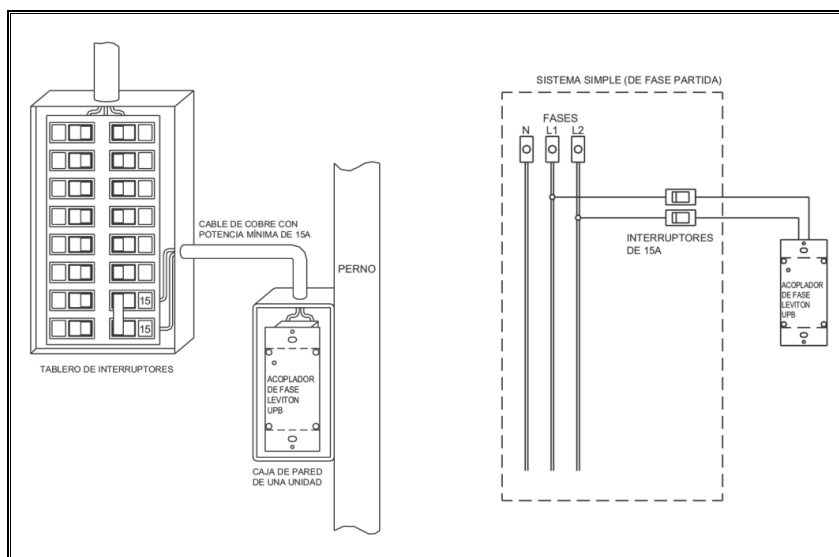


Figura 4.4: Diagrama de cableado del acoplador de fase de línea de energía

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

- **Atenuador/Interruptor de 600W UPB 35A00-1, auxiliar 37A00-1 y relé 40A00-1**



Figura 4.5: Atenuador/Interruptor UPB 35A00-1

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

El control de iluminación puede mejorar el confort, brindar mayor seguridad y contribuir en ahorros en la facturación de energía. Los controles de iluminación permiten percibir los beneficios de un sofisticado sistema de control de iluminación asequible y puede reacondicionarse. Dentro de la gama de estos productos puede encontrarse atenuadores, interruptores, controles remotos y módulos conectables. Los cuales pueden incorporarse fácilmente en habitaciones o luces en cualquier lugar de la vivienda según las necesidades de los abonados. Para el reacondicionamiento del sistema de iluminación o para

una expansión, simplemente se debe reemplazar los interruptores convencionales por un interruptor “inteligente”, ya que la comunicación se realiza mediante la línea de alimentación existente en el hogar.

Los sistemas de control de iluminación, pueden configurar automáticamente las luces a cualquier porcentaje de iluminación de tal manera que al encender una bombilla eléctrica la misma no encenderá al 100% de su capacidad lo que se verá reflejado en ahorro de dinero. Al configurar este sistema junto con otro sistema de control para el hogar es posible el programar el encendido y apagado automático de la iluminación, pudiendo controlarse también de forma remota sea por teléfono, teléfono inteligente, Internet, pantallas táctiles o televisión. La Figura 4.8, muestra la conexión de estos dispositivos en el hogar.

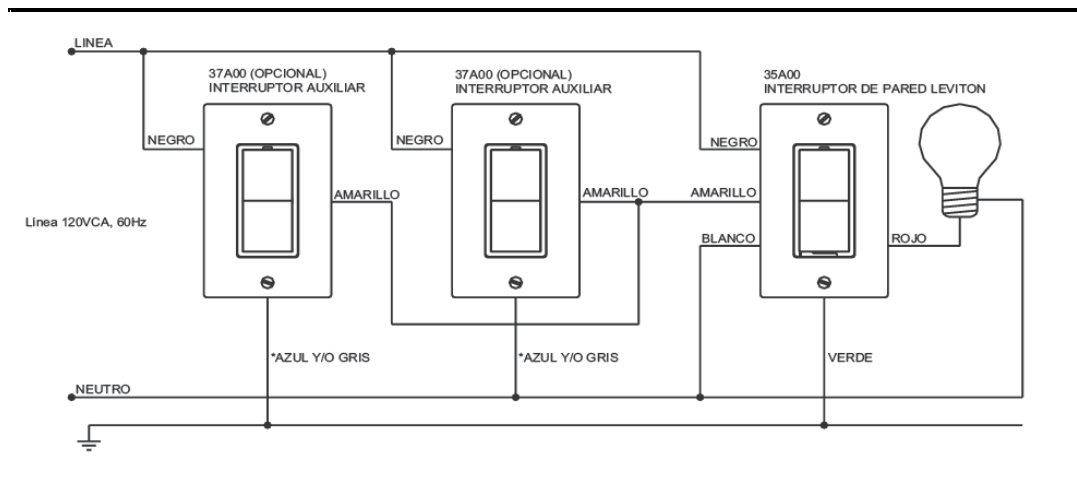


Figura 4.6: Conexión Atenuadores UPB 35A00-1

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

- **Módulo de aparatos 60A00-1 y de lámparas 59A00-1**



Figura 4.7: Módulo de y de lámparas UPB

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

El módulo de artefactos UPB es un módulo conectable que incorpora la tecnología de comunicación por línea de alimentación bidireccional UPB, lo que permite que sea controlado en forma remota por los controladores compatibles con UPB. El módulo de artefactos tiene un tomacorriente controlable UPB que puede detectar el interruptor de encendido/apagado local del artefacto para encender el artefacto incluso después de haber sido apagado con el control UPB. El módulo de artefactos UPB también puede transmitir mensajes UPB cuando el interruptor de carga local se utiliza para encender o apagar la carga. La Figura 4.8, muestra la conexión de estos dispositivos en el hogar.



Figura 4.8: Conexión de Módulo de y de lámparas UPB

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

Entre las características que presentan estos equipos se encuentran:

- ✓ Controla artefactos pequeños de hasta 15 amperios y medio caballo de fuerza.
- ✓ Se enchufa en un tomacorriente estándar de 120 V.
- ✓ El indicador LED de múltiples colores se enciende en color azul cuando la carga está apagada.
- ✓ El módulo de artefactos puede configurarse para que detecte el interruptor de encendido/apagado local del artefacto para encender el artefacto incluso después de haber sido apagado con el control UPB.

- **Botonera para escenas de iluminación 38A00-1**



Figura 4.9: Botonera para escenas de iluminación UPB

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

La principal tarea de la botonera de escenas es agrupar circuitos eléctricos controlados por atenuadores inteligentes y trabajar con estos dispositivos según una programación definida por el usuario. Esta programación puede ir de la mano con el sistema de seguridad de la vivienda y demás sistemas automatizados.

Las características y beneficios de estos equipos son:

- ✓ Controlar todas las luces de una habitación o de un área.
Permitiendo el encender, apagar, atenuar, aumentar el brillo de las luces o configurarlas en cuatro ambientes diferentes.
- ✓ Fácil configuración de ambientes.
- ✓ Posee un receptor infrarrojo para utilizarlo con un control remoto.
- ✓ Las carcazas son multicolor.
- ✓ Permite la conexión del equipo directamente desde cualquier tomacorriente sin perder su configuración al desconectar el equipo.
- ✓ No requiere de programación por software cuando se lo utiliza de forma independiente.

La Figura 4.10, muestra la conexión de estos dispositivos en el hogar.

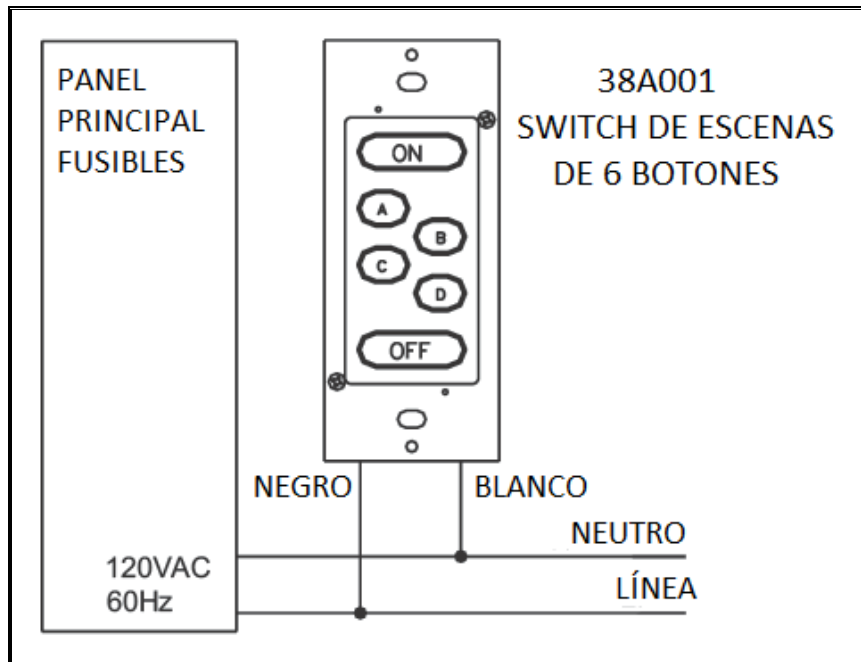


Figura 4.10: Conexión de Botonera para escenas de iluminación UPB
Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

- **Módulo Interfaz UPB 36A00-1**

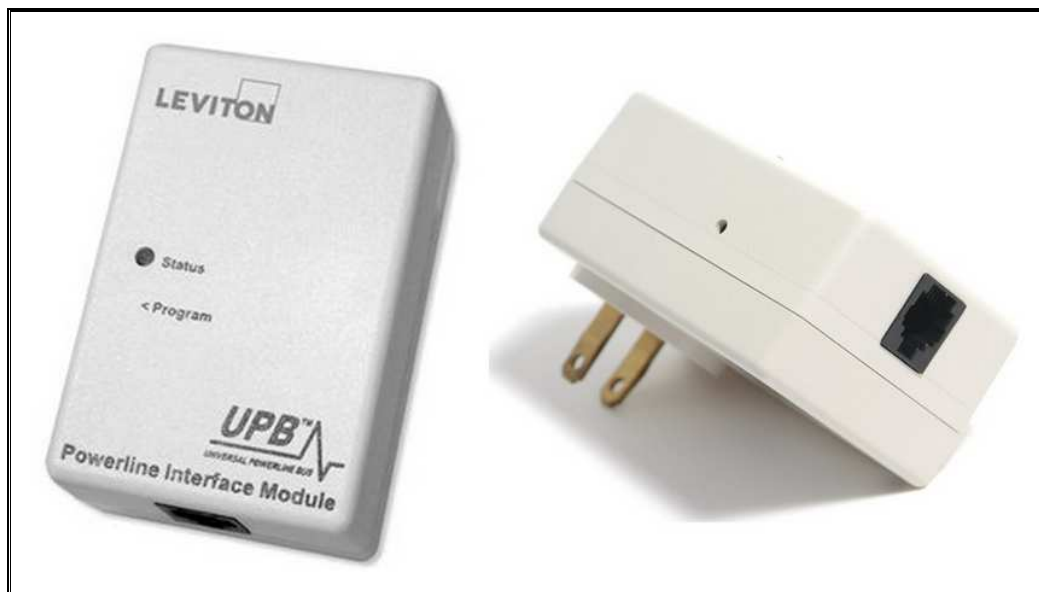


Figura 4.11: Módulo Interfaz UPB
Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

El módulo de interfaz *Powerline* de control de iluminación UPB sirve para conectar el sistema de iluminación a un sistema de control compatible con UPB o a un computador para realizar la programación de los dispositivos. La

comunicación se la realiza mediante un cable (PIM), hacia un puerto serial del panel central de control.

Las características y beneficios de estos equipos son:

- ✓ Posibilidad de controlar las luces en función del programa o el evento.
- ✓ Acceso a través de un equipo en red en el hogar o desde una ubicación remota por Internet.
- ✓ Compatibilidad con el sistema de seguridad, video vigilancia.

La Figura 4.12, muestra la conexión de este dispositivo en el hogar.

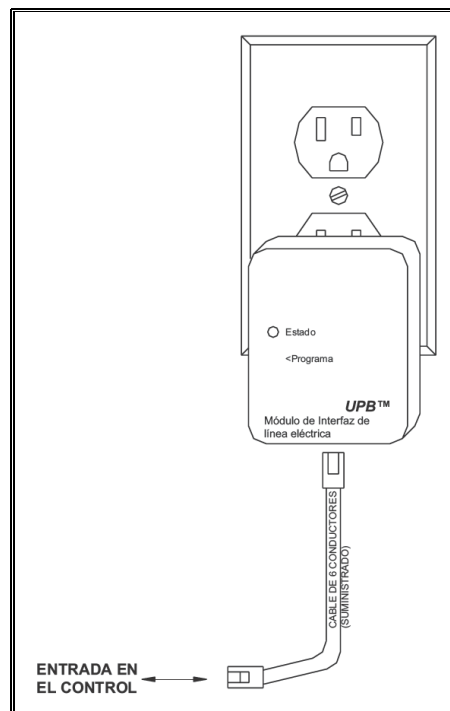


Figura 4.12: Módulo Interfaz UPB

Fuente: (Leviton Manufacturing Co., 2015)

- **Software *UPStart***

UPStart es una aplicación de software basado en Windows que le permite la capacidad de configurar y probar dispositivos de UPB. Utilizando *UPStart* es posible desbloquear el potencial oculto en el interior de los dispositivos PLC para diseñar una iluminación personalizada y que el sistema de control que se adapte a sus necesidades y deseos. El software permite medir los niveles de ruido existentes en la red PLC, medir intensidades de señal de comunicación.

UPStart está diseñado para conectarse a la red eléctrica a través de un dispositivo especial llamado módulo de interfaz *Powerline* (PIM). El PIM se conecta a cualquier enchufe estándar de corriente eléctrica y se conecta a una computadora PC o portátil ya sea a través de un cable serial o USB.

El software *UPStart* se ilustra en la Figura 4.13, el cual permite crear el diseño y la configuración de la red Domótica mediante PLC.

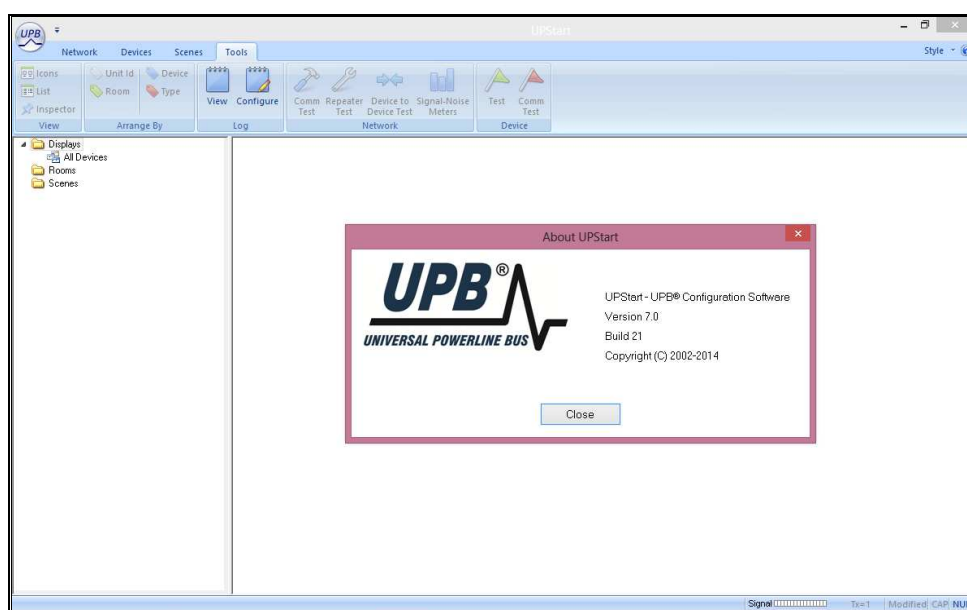


Figura 4.13: Software *UPStart*

Fuente: (HAI by Leviton, 2015)

Las características que tiene este software son:

- ✓ Adición y eliminación de dispositivos en una red UPB
- ✓ Edición de las propiedades del dispositivo
- ✓ Visualización de las propiedades del dispositivo
- ✓ Identificación de las unidades de programación
- ✓ Verificación y comparación de la memoria del dispositivo para presentar contenidos
- ✓ Trabajar con *UPStart* en el modo en línea y fuera de línea

Los requisitos mínimos del computador donde se cargará el software *UPStart* son:

- ✓ Procesador Intel Pentium 233 MHz (o equivalente AMD)
- ✓ 64 MB de RAM (se recomiendan 128 MB)

- ✓ 10 MB de espacio libre en el disco duro
- ✓ Microsoft® Windows® 98 o superior
- ✓ Puerto serial (COM) o puerto USB.
- ✓ Módulo de interfaz de *Powerline* (PIM) - ya sea serial o USB
- ✓ Cable serial o USB

4.3.4. Puesta a prueba de la Red Domótica con PLC

Para realizar la puesta a prueba de la Red Domótica utilizando la tecnología PLC es necesario realizar el enlace entre el software de la red eléctrica; para lo cual se deben realizar tres pasos:

- **Paso 1:** Especificar la interfaz y puerto de comunicaciones UPB en el cuadro de diálogo “Configuración de Interfaz UPB” especificar el tipo de PIM (serial o USB) que ha conectado. Si se seleccionó un PIM serial entonces también debe especificar el puerto de comunicaciones (Comm1, Comm2, etc.) que se tenga conectado al PIM serial. Si se selecciona un PIM USB entonces el puerto cambia automáticamente a USB. La Figura 4.14, muestra el paso uno de la interfaz UPB

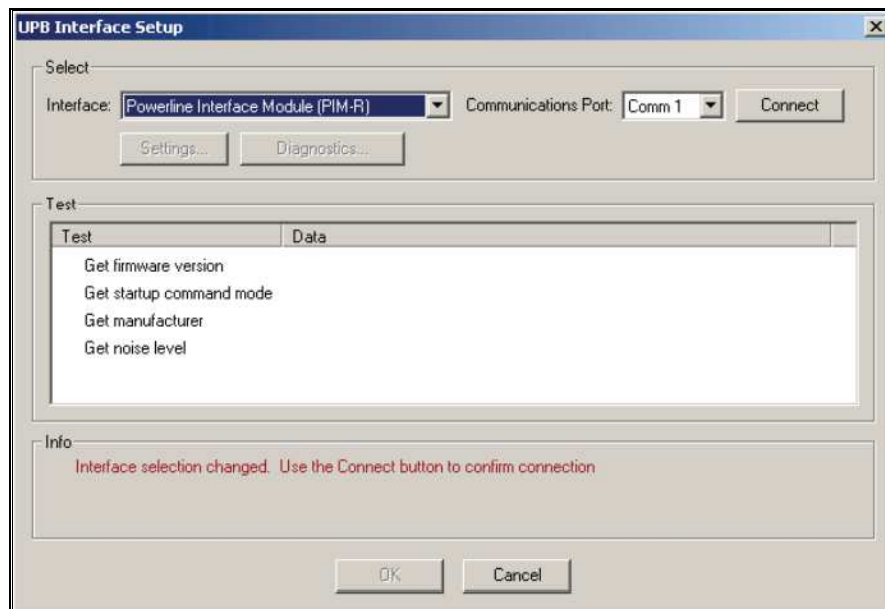


Figura 4.14: Identificación de la interfaz UPB

Fuente: Autor

- Paso 2:** La Figura 4.15, muestra la prueba de la ruta de comunicación PIM. A través del ícono conectar se prueba la ruta de comunicación entre *UPStart* y el PIM. Si la vía de comunicación se encuentra operativa luego *UPStart* lee la versión de firmware y otros artículos de su PIM y muestra lo leído. La Figura 4.15, muestra el paso uno de la interfaz UPB

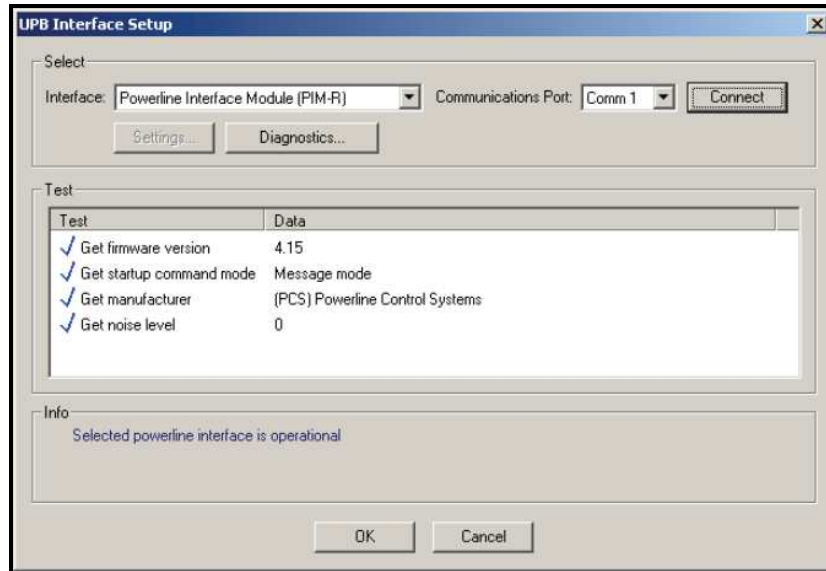


Figura 4.15: Prueba de la ruta de comunicación PIM

Fuente: Autor

Sin embargo, si el PIN no está conectado o no se encuentra trabajando, se muestra una pantalla como la que ilustra la Figura 4.16.

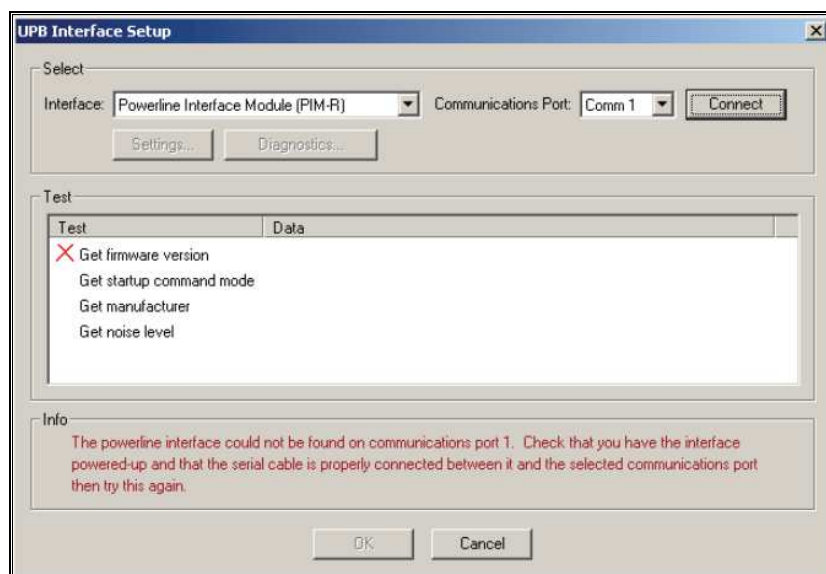


Figura 4.16: Fallo de la prueba de la ruta de comunicación PIM

Fuente: Autor

En este caso se debe comprobar que PIM se encuentra encendido y que el cable serial o USB está bien conectado entre éste y el puerto de comunicaciones. Una vez conectado y verificado la operación del PIM, se cierra el cuadro de diálogo de selección de interfaz con OK.

- **Paso 3:** Supervisar el ruido de línea eléctrica en el PIM. Esta es una de las principales ventajas de UPB sobre otras tecnologías de línea eléctrica. Ya que el PIM funciona también como un medidor de señal y el ruido, además de enviar y recibir órdenes. La Figura 4.17, muestra la supervisión del ruido de línea eléctrica mediante el PIM.

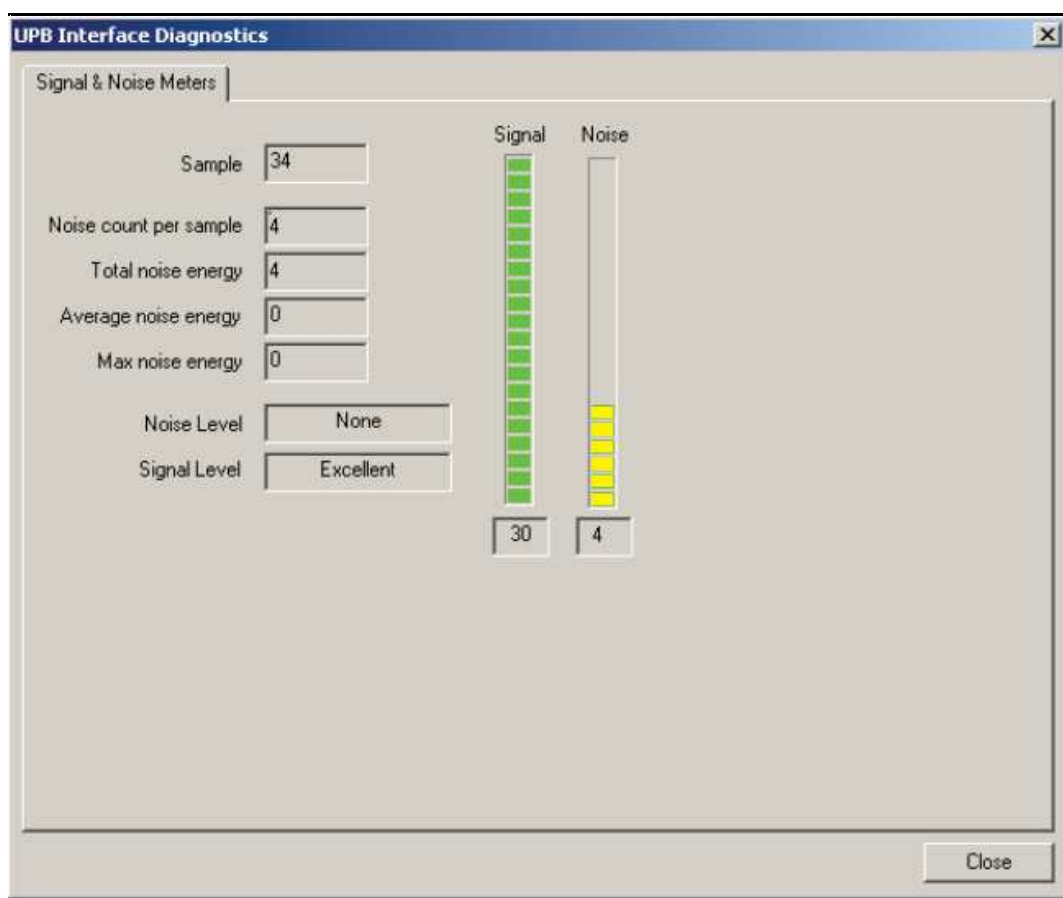


Figura 4.17: Supervisión del ruido de línea eléctrica con el PIM

Fuente: Autor

Este diálogo muestra la señal de línea eléctrica y los niveles de ruido en los medidores. También califica el ruido de la línea de energía, ya sea como ninguno, bajo, medio, alto o severo.

La función del software es cargar todos los dispositivos PLC que se encuentren disponibles dentro de la red doméstica y configurarlos dependiendo de la necesidad de cada abonado; enlazando los dispositivos disponibles entre sí. Esta configuración consta de tres pasos:

- 1) **Diseño de sistema de red (Paso 1).**- Se ingresa la información perteneciente al abonado, el instalador que realiza el diseño y principalmente los datos de la red donde se identifica el número de la red y una contraseña para que los dispositivos se reconozcan entre sí. Esto en caso que dentro de una red existan más de una vivienda con dispositivos PLC. Adicionalmente permite borrar cualquier configuración previa que tengan los dispositivos que se encuentran dentro de la red a conformar como se observa en la Figura 4.18.

System Designer: Network (Step 1 of 3)

Client

Name: DIEGO SUAREZ

Address: UCSG

Phone: 1234567890 Email: alguien@dominio.com

Installer

Company: UCSG

Contact: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Address: XXXXXXXXXXXXXXXXXXXX

Phone: 1234567890 Email: alguien@dominio.com

Network

Network Name: CASO DE ESTUDIO

Network ID: 1

Network Password: 1234

Options

Erase existing configuration of devices as they are added

Default fade rate for dimmers: 1.6 seconds

< Back > Next Finish Cancel

Figura 4.18: Diseño de la red con Software *UPStart* (Paso 1)

Fuente: Autor

2) Diseño de sistema de red (Paso 2).- Se ingresa la información de las áreas en donde se van agrupar cada uno de los dispositivos. Esta agrupación indica que circuitos van a controlarse por cada área de la vivienda. La Figura 4.19, muestra las áreas para el diseño. En este caso para diseñar la red correspondiente al modelo de la vivienda indicada en la Figura 4.1 y 4.2, se han tomado las áreas en donde se automatizarán los equipos PLC mediante la red eléctrica.

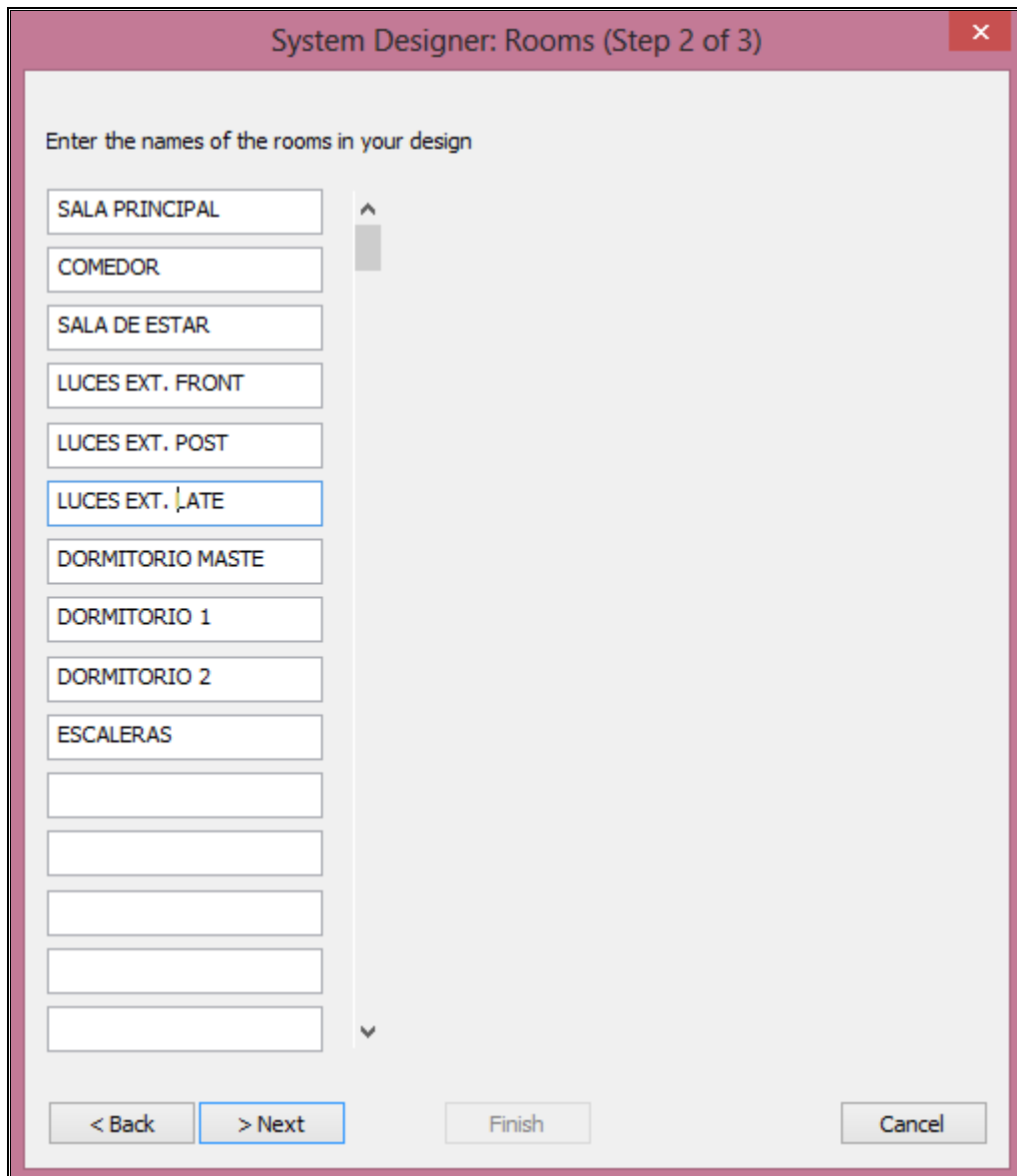


Figura 4.19: Diseño de la red con Software *UPStart* (Paso 2)

Fuente: Autor

3) **Diseño de sistema de red (Paso 3).**- En este paso se encuentra la configuración que se le va a dar a cada uno de los dispositivos y cuales dispositivos de control van a interactuar entre los diferentes equipos PLC de la red tal como se puede apreciar en la Figura 4.20.

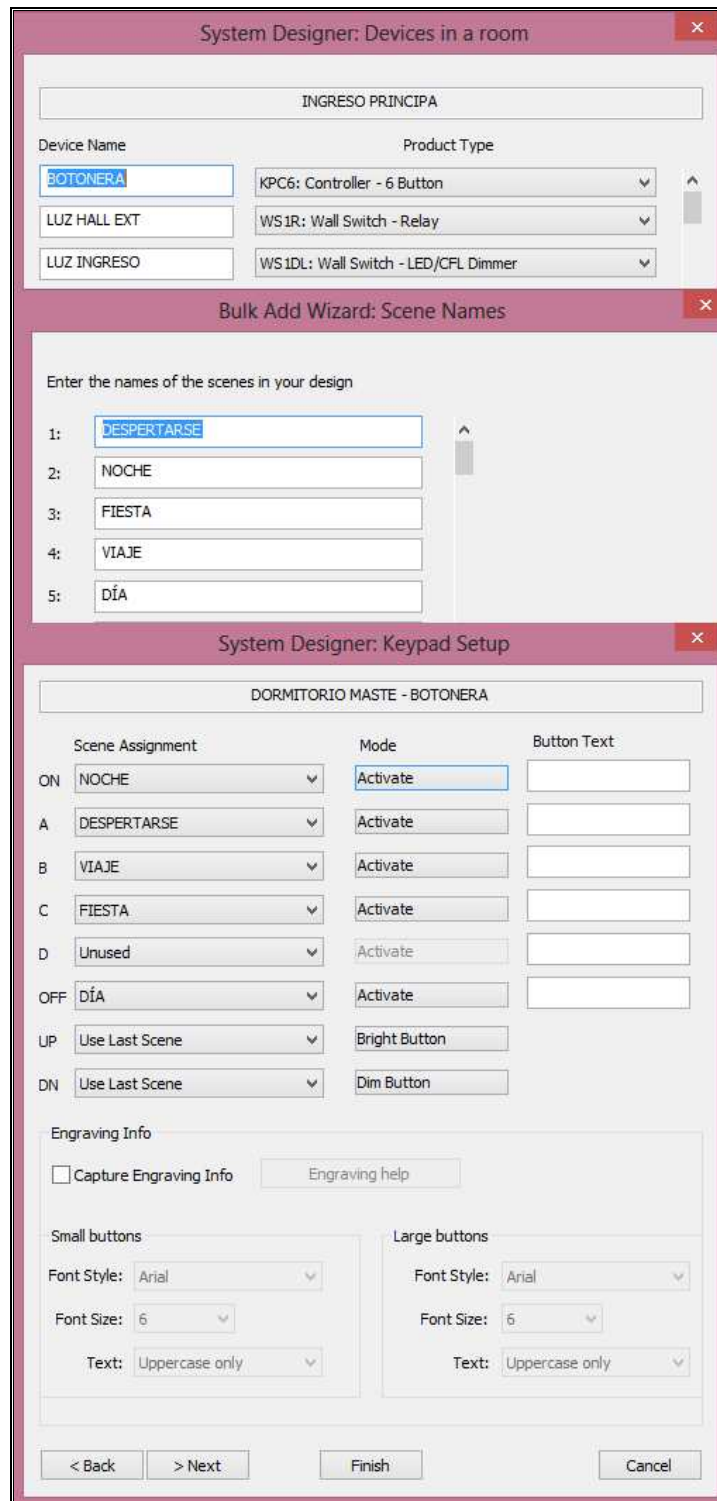


Figura 4.20: Diseño de la red con Software *UPStart* (Paso 3)

Fuente: Autor

Ingresados todos los dispositivos que conformarán la red PLC, según el requerimiento del abonado. Se procede a realizar la carga de la información según el diseño realizado. Cada uno de los circuitos eléctricos a ser controlados, utiliza como medio de comunicación el cableado eléctrico existente en la vivienda. Las Figuras 4.21 y 4.22, muestran los dispositivos que se encuentran en la red y las escenas creadas con los circuitos conformados por cada dispositivo PLC como atenuadores, botoneras, módulo de aparatos, etc.

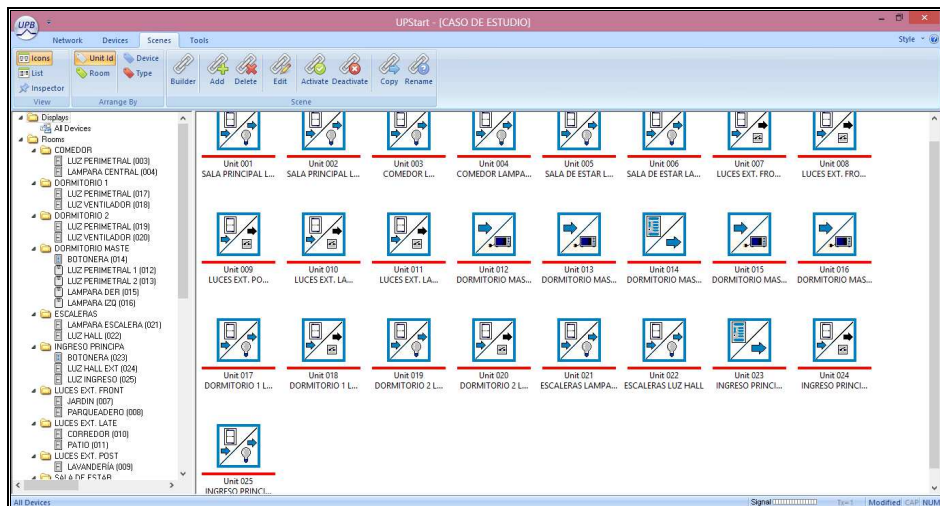


Figura 4.21: Dispositivos cargados en Software *UPStart* para la red PLC

Fuente: Autor

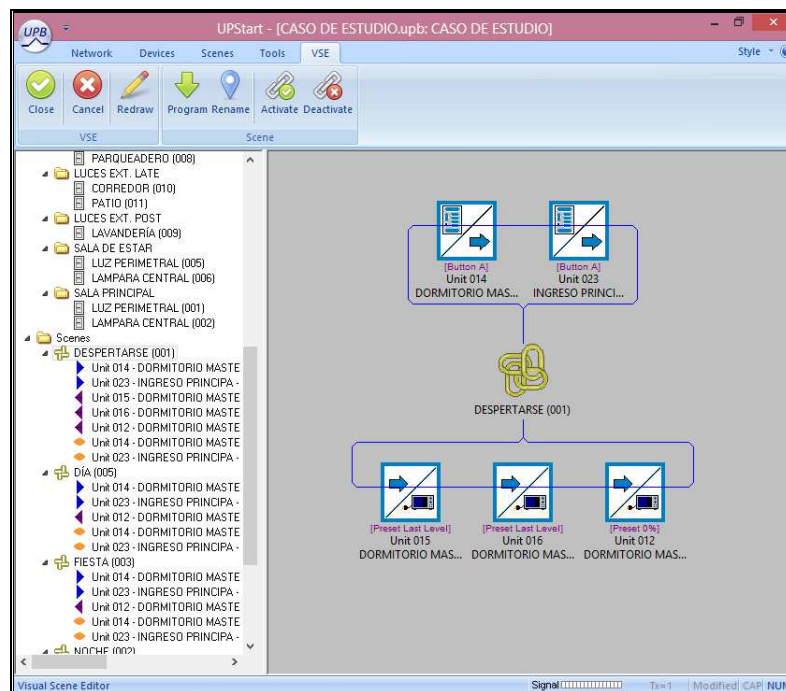


Figura 4.22: Red de circuito PLC según escena programada

Fuente: Autor

Como paso final para programación e integración de los dispositivos se realiza el envío de la información por la red eléctrica de la vivienda. *UPStart* permite ver la actividad mediante la visualización de una lista de verificación, denominada Comando de Pasos como se ilustra en la Figura 4.23.

El Comando de Pasos se asegura de que la interfaz de la línea eléctrica está conectada y que no hay demasiado ruido para proceder con la carga de la información. Luego comprueba la parte de ID de la memoria del dispositivo para asegurarse de que está trabajando con el dispositivo de la red esperada.

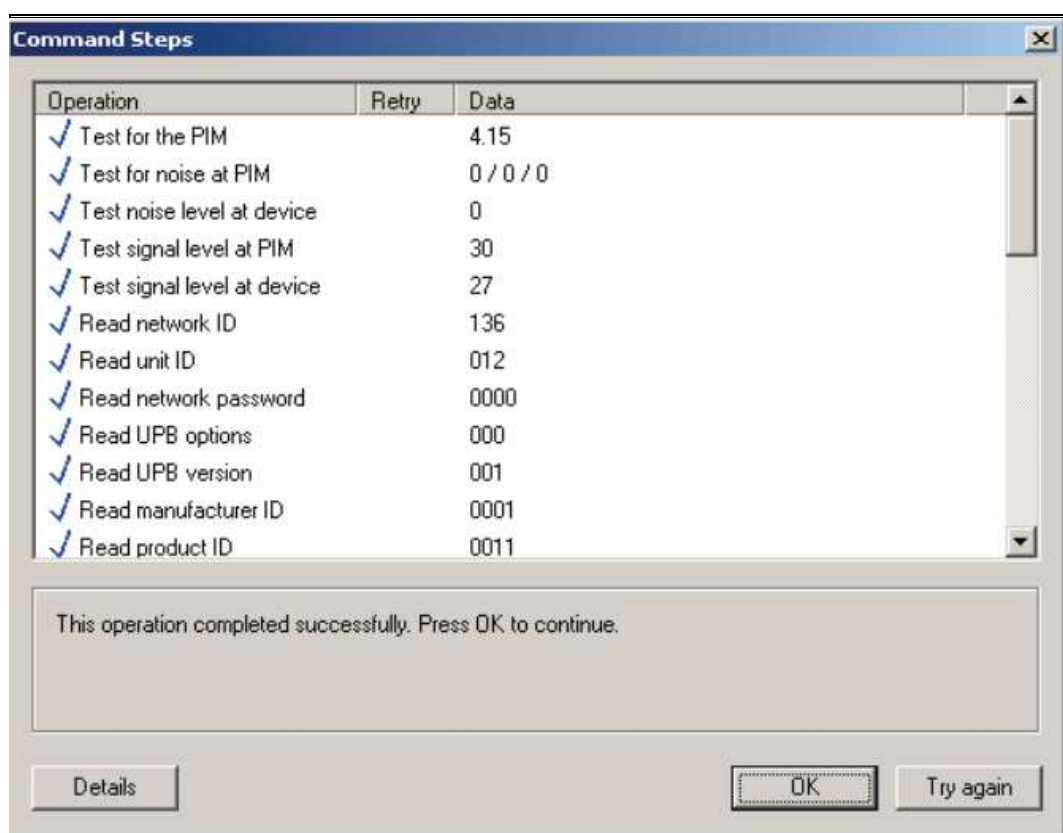


Figura 4.23: Comando de pasos

Fuente: Autor

Posteriormente, la operación continúa con la lectura y escritura en la memoria de cada dispositivo como se aprecia en la Figura 4.24. Cuando se escriben los datos, *UPStart* realiza previamente una lectura de cada dispositivo para asegurarse de que no exista información que altere a los nuevos datos que se van a escribir en la memoria del dispositivo.

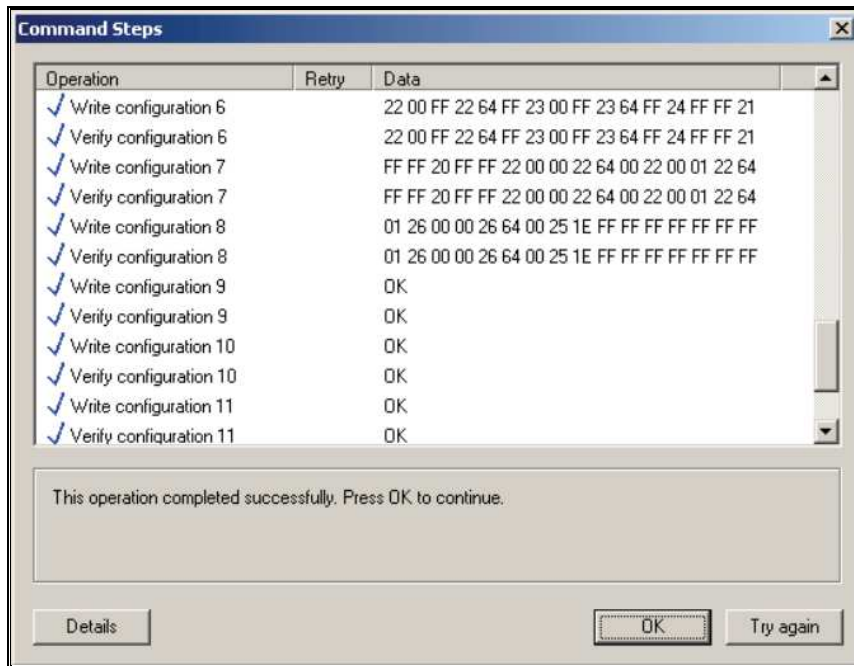


Figura 4.24: Lectura y escritura de datos por la red eléctrica

Fuente: Autor

Si en la carga de los datos por *UPStart* falla uno de estos pasos de comando se coloca una "X" roja junto al dato fallido y la carga se detiene para preguntar al programador sobre las instrucciones referente a qué hacer a continuación, como se aprecia en la Figura 4.25. Si *UPStart* completa con éxito la carga de todos sus pasos, coloca una marca de verificación azul junto a cada paso y muestra un mensaje de que la operación se ha completado con éxito.

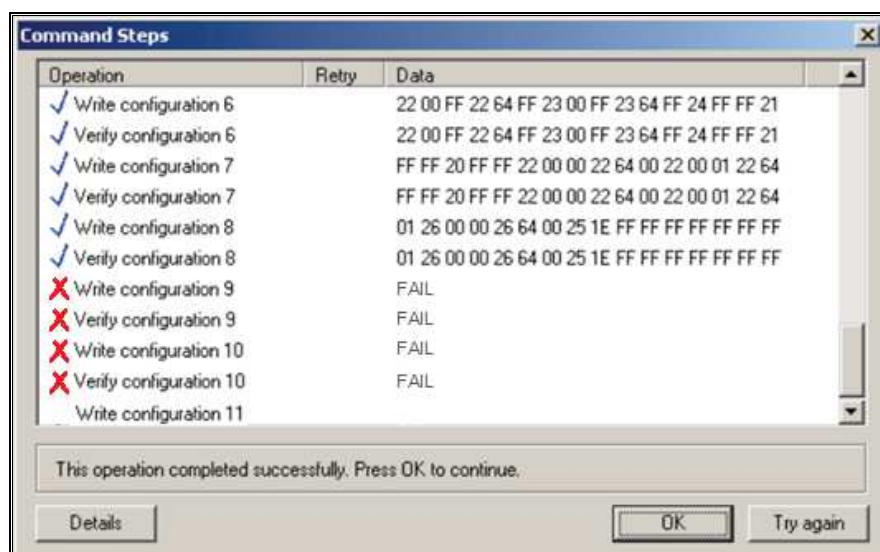


Figura 4.25: Lectura y escritura de datos fallida

Fuente: Autor

Una vez configurados cada uno de los dispositivos tenemos una red doméstica mixta como la ilustrada en las Figuras 4.26 y 4.27 correspondientes a la plata baja y primer piso de la vivienda.

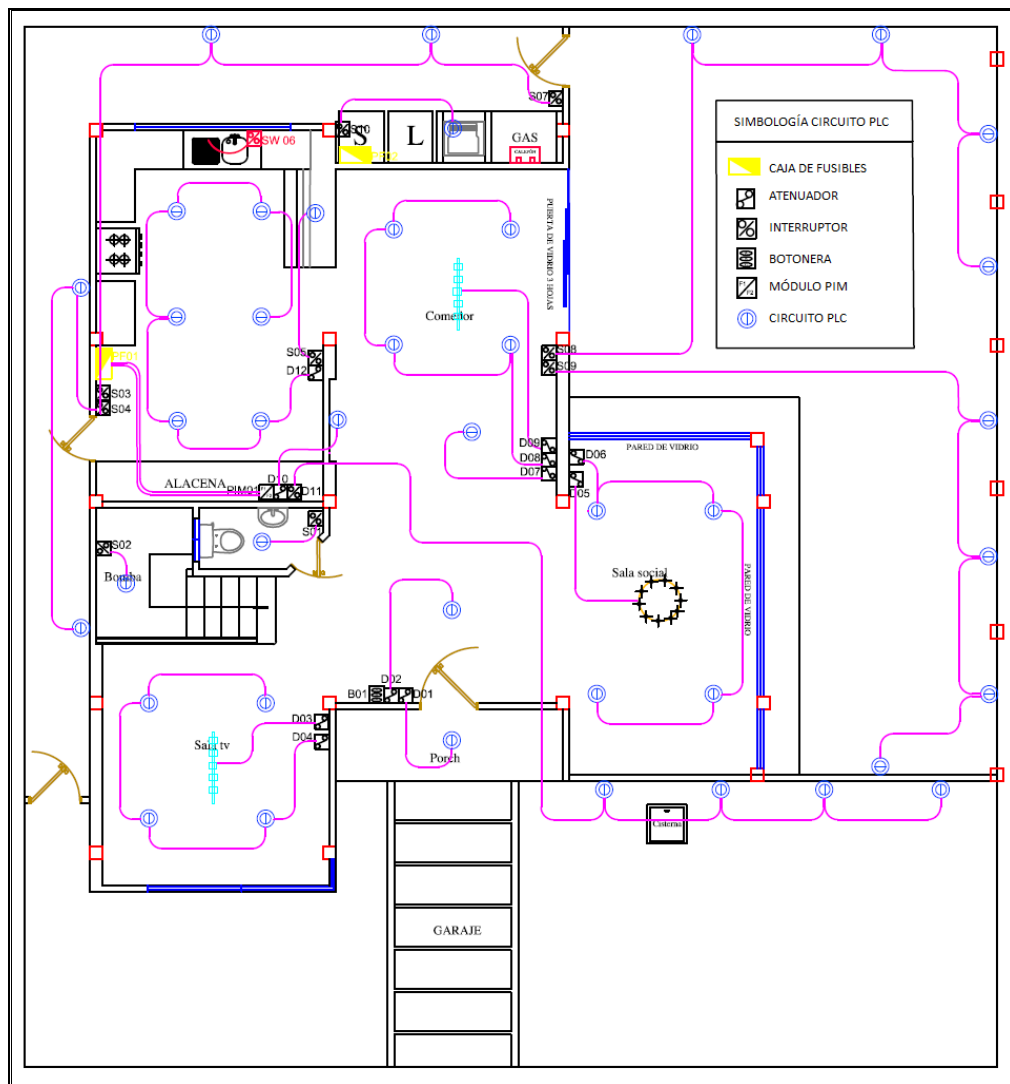


Figura 4.26: Red doméstica PLC sobre cableado existente PB

Fuente: Autor

En la vivienda se crea una red mixta compuesta por elementos comunes y elementos PLC los cuales utilizan el mismo cableado eléctrico para su funcionamiento.

Planta Baja:

- 12 Atenuadores UPB - PLC identificados como “D”
- 01 Botonera UPB - PLC identificada como “B”
- 01 Acoplador de Fases identificado como “PIM”
- 10 Interruptores comunes identificados como “S”

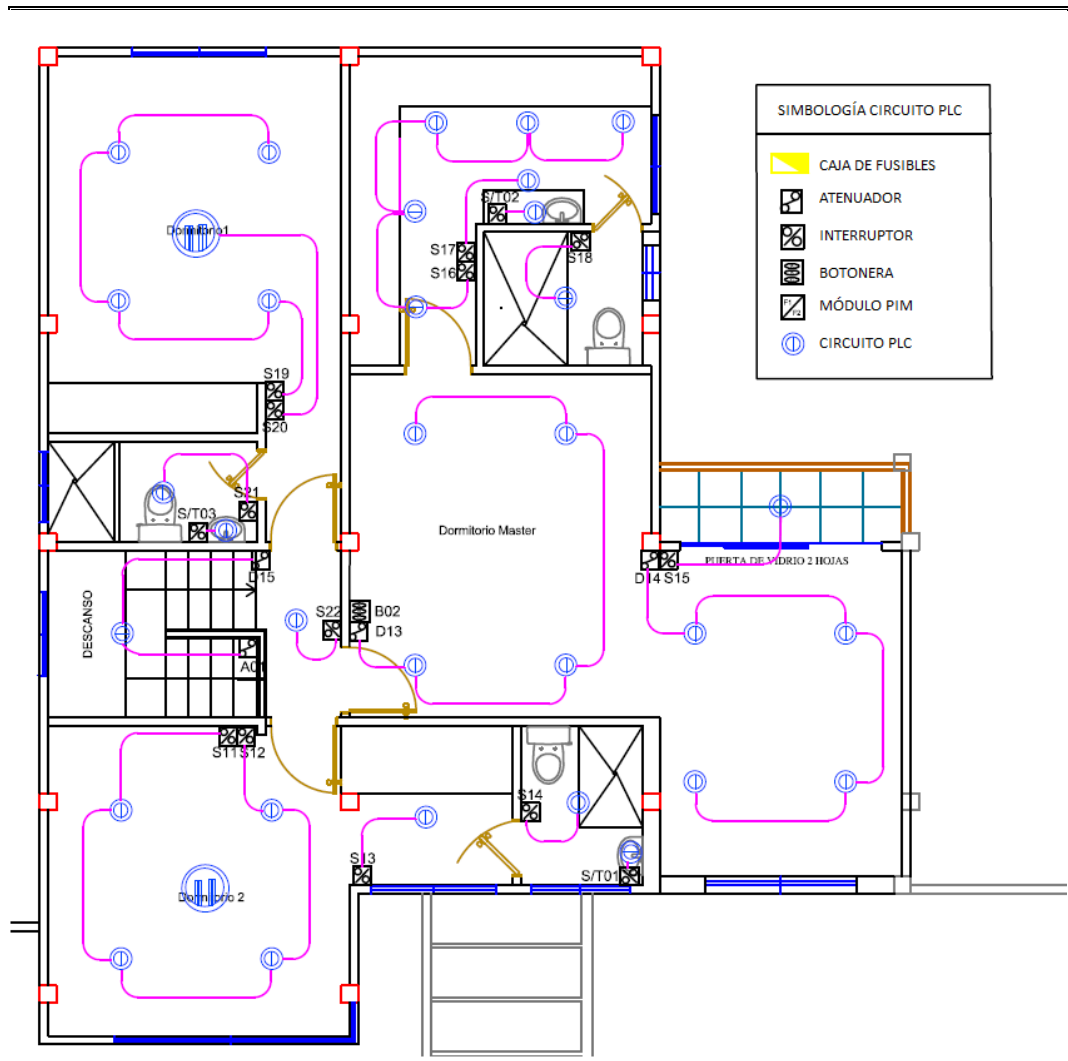


Figura 4.27: Red doméstica PLC sobre cableado existente primer piso

Fuente: Autor

Primera Planta:

- 03 Atenuadores UPB - PLC identificados como "D"
- 01 Botonera UPB - PLC identificada como "B"
- 01 Auxiliar de atenuador UPB - PLC identificados como "A"
- 10 Interruptores comunes identificados como "S"
- 03 Interruptor/Tomacorriente comunes identificados como "S/T"
- 02 Módulos de aparatos y lámparas identificados como "M"

Es importante destacar que por cada circuito de la vivienda, se pueden instalar varias luminarias; cuya suma de potencia de consumo no supere los 600 watts de potencia.

El costo de la inversión para la implementación de esta tecnología se detalla en la tabla 4.1.

SISTEMA DOMÓTICO PLC					
ITEM	ARTÍCULO	DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT.	V. TOTAL
1		Botonera Leviton 38A00-1 UPB 6 botones, blanco	2	\$ 127,37	\$ 254,74
2		Acoplador de fases Leviton 39A00-1, blanco	1	\$ 74,46	\$ 74,46
3		Switch auxiliar de atenuador Leviton 37A00-1, blanco	1	\$ 28,76	\$ 28,76
4		Atenuador Leviton 35A00-1CFL, blanco	15	\$ 67,38	\$ 1.010,70
5		Módulo de aparatos Leviton 59A00-1 Módulo de aparatos, blanco	2	\$ 66,35	\$ 132,70
6		Módulo Interfaz <i>Powerline</i> con cable Leviton 36A00-1 UPB	1	\$ 69,84	\$ 69,84
				TOTAL*	\$ 1.571,20

*Datos actuales en dólares, para el mercado Norteamericano.

Tabla 4.1. Costo de implementación PLC

Fuente: Autor

4.3.5. Comparación con otras soluciones

La comparación para este tipo de implementación se basa en el tipo de tecnología a utilizar. La tabla 4.2, presenta una comparación de las tecnologías utilizadas con equipos PLC para redes domóticas domésticas.

	X-10	CEBus	LonWorks	LeGrand CAD	Lutron Radio RA	Lutron Radio RA	PCS UPB de Leviton
Tipo de Sistema	PLC Frecuencia fija 120kHz	PLC espectro ensanchado 100 a 140 kHz	PLC Doble frecuencia 120, 140kHz	PLC 97.6kHz	RF	Bajo Voltaje	Tecnología UPB
Factibilidad de renovación o modernización	Si	Si	Si	Si	Si	No	Si
Velocidad bits/seg.	60 bits/seg.	-	-	600 bits/seg.	-	-	480 bits/seg.
Velocidad, comandos/seg.	5 a 10 por segundo	1 a 100 por segundo	1 a 100 por segundos	?	?	?	5 por segundo
Dos vías	si	si	si	si	Si	No	si
Confiabilidad	Muy baja 70% a 80%	Media 90%	Alta 95%	?	Alta	Muy alta 100%	Muy alta >99.9%
Costo de componentes Tx/Rx	\$1 a \$2	\$15 a \$20	\$30 a \$40	?	\$ 30	\$ 2	\$3 a \$5
Costo del interruptor para distribuidores	\$20 a \$70	\$ 70	No disponible	-	\$ 200	\$ 300	\$ 70
Requiere Control Central	Si	No	No	?	Si (Repetidor)	Si	No
Cargas Máximas	256	Numerosas	Numerosas	?	32	Numero sas	64000

Tabla 4.2. Comparación entre tecnologías de comunicación PLC

Fuente: (Powerline Control Systems PCS)

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

En el Ecuador la tecnología PLC, se ha venido investigando desde hace ya tiempo atrás. Múltiples trabajos de investigación por parte de estudiantes universitarios, tratan este tema con un fin específico; el cual presenta a esta tecnología como una alternativa para ofrecer servicios de transmisión de datos con un considerable ancho de banda como por ejemplo Internet de alta velocidad. Sin embargo en el país, el desarrollo de esta tecnología para competir con otros medios de transmisión, se ha visto truncado debido a las mejoras y nuevas presentaciones de los medios tradicionales, utilizados para la comunicación.

No obstante, la tecnología PLC presenta una posibilidad variada de aplicaciones para las cuales puede ser explotada. Una de las aplicaciones que se estudia en este trabajo es la Domótica que trata sobre la integración y automatización de múltiples sistemas que trabajan de forma independiente en el hogar. *Powerline* se presenta como un posible candidato para convertir el cableado eléctrico del hogar en redes de comunicación y escenarios de automatización.

En la actualidad se ha registrado que el medio de transmisión eléctrico en una vivienda, es utilizado únicamente para el paso de energía que encienda y apague equipos. Las necesidades que tiene el medio de transmisión eléctrico, para la aplicación domótica se corrigieron mediante la aplicación del protocolo UPB el cual permite a dispositivos PLC comunicarse entre sí utilizando las líneas eléctricas como vías de transporte de información para los equipos PLC pertenecientes a la red.

Se concluyó además que el proceso de instalación para formar una red PLC que permita llevar acabo aplicaciones domóticas, tiene como características que su instalación es sencilla y rápido para el usuario final ya que cualquier tomacorriente del hogar se convierte en un puerto de comunicación, sin

necesidad de obras ni cableados adicionales. Permitiendo una conexión activa y permanente.

Se demostró mediante el diseño y puesta en marcha de una red PLC, que es posible el funcionamiento de una aplicación domótica utilizando la tecnología PLC, en una vivienda común. Por lo cual se puede afirmar que es factible implementar todas las aplicaciones domóticas que permitan los equipos PLC, creando un sistema interconectado o de redes PLC que brinden comodidad, regocijo, seguridad y ahorro energético a los hogares del país.

5.2. RESULTADOS OBTENIDOS

Entre los resultados fundamentales y obtenidos posteriormente a esta investigación se encuentran los siguientes:

- La aplicación domótica es factible a nivel residencial e incluso comercial para oficinas permitiendo utilizar y controlar equipos eléctricos y electrónicos creando sistemas inteligentes de iluminación, seguridad, audio, climatización, entretenimiento, etc.
- Como beneficios de la aplicación domótica mediante la tecnología PLC en redes domésticas del país podemos encontrar: Ahorro de costos mediante el uso de cableado e infraestructura existente, escalabilidad ya que las redes se pueden ampliar fácilmente con dispositivos PLC que son muy fáciles de programar, ahorro en el consumo eléctrico ya que los equipos inteligentes conectados a la red PLC residencial controlan el consumo de energía y al trabajar junto con otros sistemas es capaz de tomar decisiones según se presente un evento en la vivienda.
- En cuanto a los requerimientos que deben tomarse en cuenta según la normativa internacional es mantener una red segura mediante una contraseña de red propia del sistema, trabajar sobre los segmentos de red dentro de la vivienda; de modo tal que no afecten a otros equipos conectados a la red eléctrica.

5.2. RECOMENDACIONES

Del estudio realizado y de la valoración de los resultados obtenidos se determinan las siguientes recomendaciones:

- Mediante mesas de trabajo conformadas por grupos especializados de intelectuales en telecomunicaciones, colegios de ingenieros, profesionales del derecho entre otros, se debe realizar un análisis de este tipo de tecnologías *indoor* a fin de normar, controlar y establecer parámetros de este tipo de sistemas a fin que se proteja la calidad del servicio, la seguridad de la información, evitar problemas de incompatibilidades con otros sistemas que se conecten a la red entre otros temas que podría considerarse para una reforma o anexo en la Ley de Telecomunicaciones.
- Fomentar la capacitación por parte de centros de educación técnica para formar técnicos con mano de obra calificada para el desarrollo y construcción de esta tecnología en el país.
- Incentivar a la empresa privada a fin de empezar a fabricar equipos PLC en Ecuador lo que permita desarrollar las múltiples aplicaciones que tiene esta tecnología.

BIBLIOGRAFÍA

1. Afinidad Eléctrica. (2007). *Afinidad Eléctrica*. Recuperado el 15 de enero de 2015, de <http://www.afinidadelectrica.com.ar/articulo.php?IdArticulo=114>
2. Agudelo R., A., Bernal G., P. C., & Quintero, E. A. (15 de Noviembre de 2010). *MODULACIÓN GMSK PARA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LÍNEAS*. Recuperado el 06 de febrero de 2015, de <http://www.redalyc.org/pdf/849/84920977017.pdf>
3. Agudelo Ramírez, A. M., & Bernal Gallo, P. C. (28 de julio de 2010). *Simulación Comparativa de Sistemas de Comunicaciones PLC en Baja Tensión*. Recuperado el 25 de enero de 2015, de Universidad Tecnológica de Pereira: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/1716/1/0046A282.pdf>
4. Agudelo Ramírez, A. M., Bernal Gallo, P. C., & Quintero Salazar, E. A. (26 de Abril de 2011). *Modulación DSSS para transmisión de información a través de líneas eléctricas de potencia*. Recuperado el 26 de Abril de 2011, de <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4517862>
5. Álvarez Valle, J., García Gonzáles, V., González Fernández, D., González, G., Hernández, M., Rodríguez Fernández, D., . . . Valencia Moragón, D. (2014). *Transmisión de datos por la red eléctrica*. Recuperado el 25 de noviembre de 2014, de <http://www.victorgarcia.org/files/PLC-v2.0RC.pdf>
6. Álvarez Valle, J., García González, V., González Fernández, D., González, G., Hernández, M., Rodríguez Fernández, D., . . . Valencia Moragón, D. (21 de enero de 2005). *Transmisión de datos por la red eléctrica*. Recuperado el 15 de noviembre de 2014, de <http://www.victorgarcia.org/files/PLC-v2.0RC.pdf>
7. Arora, A., Jagannathan, R., & Wang, Y.-K. (2002). *Model-based Fault Detection in Powerline Networking*. IEEE.
8. Augusto Maya, J., & Galarza, C. (7 de agosto de 2009). *Modulación Diferencial Para Sistemas de Comunicaciones OFDM-PLC*. Recuperado el 13 de enero de 2015, de http://www.iar.unlp.edu.ar/biblio/htdocs/artic/contri/modul_maya_09.pdf
9. Bluetooth SIG, Inc. (06 de enero de 2015). *Bluetooth*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://www.bluetooth.com/Pages/How-It-Works.aspx>
10. Cano, J. (Junio de 2009). *Organización de los Estados Americanos*. Recuperado el 15 de enero de 2015, de http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/junio/plc_e.asp

11. Cano, J. (junio de 2009). *Organización de los Estados Americanos - Comisión Interamericana de Telecomunicaciones*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de http://www.oas.org/en/citel/infocitel/2009/junio/plc_e.asp
12. Cárdenas Castiblanco, J. R. (agosto de 2013). *Red Residencial de Banda Ancha por Línea de Potencia Basada en Relevo para la Mitigación de la Interferencia*. Recuperado el 20 de diciembre de 2014, de Universidad Nacional de Colombia: <http://www.bdigital.unal.edu.co/11746/13/298277.2013.pdf>
13. Catoira , F., Fullana , P., & Maidana , M. (febrero de 2010). *POWER LINE COMMUNICATIONS - Descripción, características y funcionamiento*. Recuperado el 10 de enero de 2015, de https://freedomotica.files.wordpress.com/2011/09/2_plc-power-line-communications.pdf
14. Chen, W. Y. (2003). *Home Networking Basis: Transmission Environments and Wired/wireless Protocols*. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall Professional.
15. Cogency Semiconductor Inc. (20 de noviembre de 2002). *Data Communications over Power Lines*. Recuperado el 28 de marzo de 2015, de White Paper: <http://www.techonline.com/electrical-engineers/education-training/tech-papers/4134135/Data-Communications-over-Power-Lines>
16. Corinex Communications Corp.,. (06 de enero de 2015). *ANS Vietnam*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de http://thietbitudong.org/corinex-communications-corp-vietnam_ans-vietnam.aspx
17. Dhi, A., & Mousavi, S. (21 de marzo de 2001). *"Home Networking Using No New Wires Phonenumber and Powerline Interconnection Technologies"*. Recuperado el 15 de marzo de 2014, de Xilinx: https://www.google.com.ec/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=1&cad=rja&uact=8&ved=0CB8QFjAA&url=http%3A%2F%2Fapplication-notes.digchip.com%2F077%2F77-43390.pdf&ei=0K4yVfPyEtW0sQTc8lGwAg&usg=AFQjCNEj8PZ_GyqQtnG2y0R6hDPOBzj7xw
18. Dhir, A., & Mousavi, S. (2001). *Home Networking Using No New Wires Phonenumber and Powerline Interconnection Technologies*. White Paper.
19. Dynamix. (2015). *Dynamix*. Recuperado el 15 de febrero de 2015, de <http://godynamix.com/tech/hpna/hpna.htm>
20. eBay. (20 de marzo de 2015). *eBay Inc*. Recuperado el 20 de marzo de 2015, de http://www.ebay.ie/itm/Vintage-Passport-Powerline-networking-EoP-Intelogis-Inari-Complete-/271778282497?pt=LH_DefaultDomain_0&hash=item3f473f7c01

21. Echelon Corporation. (1993). *LonTalk Protocol*. Palo Alto: Echelon Engineering Bulletin.
22. Echelon Corporation. (1999). *Introduction to the LonWorks System*. Palo Alto: Echelon Corporation.
23. Engineering Europe. (11 de junio de 2009). *Microwave and RF*. Recuperado el 24 de noviembre de 2014, de http://www.microwave-eetimes.com/en/new-application-areas-are-driving-need-for-converters-with-higher-dynamic-range.html?cmp_id=7&news_id=218101262#
24. ETSI. (06 de enero de 2015). *ETSI*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://www.etsi.org/technologies-clusters/technologies/radio/ultra-wide-band>
25. European Telecommunications Standards Institute. (6 de noviembre de 2000). *Powerline Telecommunications (PLT); Coexistence of Access and In House Powerline Systems*. Recuperado el 18 de noviembre de 2014, de http://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/101800_101899/101867/01.01.01_60/ts_101867v010101p.pdf
26. Evans, G. (1996). *"The CEBus Communication Standard", Part 1 & 2*. Florida: Intellon Corporation.
27. Facultad de Ingeniería de la UNAM. (septiembre de 2014). *Ingeniería Investigación y Tecnología*. Recuperado el 25 de noviembre de 2014, de Rendimiento de un sistema de control de errores con turbo códigos para canales PLC: http://www.ingenieria.unam.mx/~revistafi/ejemplaresHTML/V15N3/V15N3_art04.php
28. FIEE/EPN. (Junio de 2009). DISEÑO DE UNA RED PLC (POWER LINE COMMUNICATION) PARA DAR UN SERVICIO DE TRANSPORTE DE VOZ, DATOS Y VIDEOS. Quito, Pichincha, Ecuador.
29. Frost & Sullivan. (25 de noviembre de 2003). *Power Line Communications: The Other PLC*. Recuperado el 12 de noviembre de 2014, de <https://www.frost.com/sublib/display-market-insight.do?id=8328821>
30. Gago, J. (17 de noviembre de 2009). *COMUNICACIONES PLC*. Recuperado el 20 de diciembre de 2014, de http://www.jcee.upc.edu/JCEE2009/pdf_ponencias/PDFs/Gago_17_11_09_M.pdf
31. Gardner, S., & Markwalter, B. (2004). "HomePlug Standard Brings Networking to the Home". *Comms Design*. Obtenido de <http://www.commsdesing.com/main/200/12/0012feat5.htm>

32. GRUPO ARTECHE. (06 de enero de 2015). *GRUPO ARTECHE*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://www.artech.com/es/productos/overcap-soluciones-de-acoplamiento-capacitivo>
33. HAI by Leviton. (28 de marzo de 2015). *HAI UPB™ Upstart Configuration Software*. Recuperado el 28 de marzo de 2015, de http://www.homeauto.com/Downloads/Products/HLC/UpStart_setup.zip
34. Hanzo , L. L., & Keller, T. (2006). *OFDM and MC-CDMA: A Primer*. Southampton, Inglaterra: Wiley-IEEE Press.
35. Held , G. (2006). *Understanding Broadband over Power Line*. New York: Auerbach Publications.
36. Hooijen, O. (1998). *Aspects of Residential Power Line Communications*. Alemania: Shaker Verlag.
37. House, P. (1996). "CEBus for the Masses", *Technical Article #0593*. Orlando: Intellon Corporation.
38. Hrasnica, H. (noviembre de 2006). *Eurescom*. Recuperado el 16 de febrero de 2015, de <http://archive.eurescom.eu/message/messageNov2006/Broadband-powerline-communications.asp>
39. Huidobro Moya, J. M., & Millán Tejedor, R. J. (2004). *Domótica: edificios inteligentes*. Madrid: Creaciones Copyright.
40. IEEE Electromagnetic Compatibility Society. (1981). IEEE International Symposium on Electromagnetic Compatibility. En L. M. Millanta et al., *A Classification of the Power-Line Voltage Disturbances for an Exhaustive Description and Measurement* (págs. 226-332). Denver, Colorado, USA: IEEE.
41. IEEE-SA. (06 de enero de 2015). *IEEE STANDARDS ASSOCIATION*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://standards.ieee.org/about/get/802/802.11.html>
42. Ingeniería Investigación y Tecnología. (26 de mayo de 2014). Rendimiento de un sistema de control de errores con turbo códigos para canales PLC. *Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XV (número 3) FI-UNAM*, 363-376.
43. Junestrand, S., Passaret, X., & Vázquez, D. (2005). *Domótica y hogar digital*. Madrid: Editorial Paraninfo.
44. KAICOM. (06 de enero de 2015). *KAICOM CO. LTD*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de http://www.kaicom.co.kr/ezsolutions.php?Lang_Type=eng&code=38&menu=2

45. Leviton Manufacturing Co. (18 de febrero de 2015). *Leviton*. Recuperado el 18 de febrero de 2015, de http://www.leviton.com/OA_HTML/ibcGetAttachment.jsp?cltemId=xu-r9o.-VmT2WbFvEe-94g&label=IBE&appName=IBE&minisite=10025
46. Mariano, O. (06 de enero de 2015). *Myslide*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://myslide.es/documents/1-plc-power-line-communications-2-objetivos-adquirir-una-idea-global-sobre-los-sistemas-plc-ventajas-y-problematicas-conocer-la-topologia-de-la-red.html>
47. MCCOY GROUP. (06 de enero de 2015). *McCoy*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://www.mccoyscomponents.com/enverv-2/>
48. Mena, A. (2009). *Diseño de una Red Multimedia Interuniversitaria e Implementación de Aulas Inteligentes usando tecnología Broadband Over Power Line (BPL)*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://biee.epn.edu.ec:8090/cgi-bin/koha/opacdetail>
49. Microcarsil. (16 de enero de 2015). *PRACTICA # 19 POWER LINE COMMUNICATIONS (PLC)*. Recuperado el 16 de enero de 2015, de <http://microcarsil.blogspot.com/>
50. Moreno, W. M. (10 de octubre de 2003). *El modelo OSI*. Recuperado el 02 de marzo de 2015, de http://www.ie.itcr.ac.cr/marin/telematica/trd/01_modelo_OSI_v2.pdf
51. Navas Cajamarca, C. F., & Sarmiento Pinos, R. E. (mayo de 2012). *Universidad Salesiana del Ecuador - Repositorio Digital*. Recuperado el 02 de marzo de 2015, de <http://www.dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/2308>
52. Niovi Pavlidou, A. J. (2003). "Power Line Communications: State of the Art and Future Trends". *IEEE Communications Magazine*, 41(4), 34-39.
53. Powerline Control Systems PCS. (16 de abril de 2007). *Simply Automated Incorporated*. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de <http://www.simply-automated.com/documents/UpbDescriptionV1.2a.pdf>
54. Powerline Control Systems PCS. (s.f.). *Universal Powerline Bus - UPB Technology Overview*. Recuperado el 25 de marzo de 2015, de <http://www.pcsighting.com/resources/PulseWorx/Installation/Documentation/UPBTechnologyOverview%20051216.pdf>
55. PROYECTO DE LEY ORGÁNICA DE TELECOMUNICACIONES Y SERVICIOS POSTALES, Oficio No. T. 5598-SNJ-11-1257 (PRESIDENCIA DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR 03 de octubre de 2011).
56. Qualcomm Inc. (26 de marzo de 2015). *Qualcomm Inc*. Recuperado el 26 de marzo de 2015, de <http://www.qca.qualcomm.com/>

57. Radford, D. (1997). New Spread Spectrum Technologies Enable Low Cost Control Applications For Residential And Commercial Use. *Intellon Corporation*, 109-114. Recuperado el 15 de marzo de 2015, de http://www.isplc.org/docsearch/Proceedings/1997/pdf/0552_001.pdf
58. Riezenman, M. J. (diciembre de 1999). Networks for Homes. *IEEE Spectrum*, 36.
59. Riffo Llancafilo, R. A. (2009). *TECNOLOGÍA PLC: PROPUESTA DE CONEXIÓN EN BANDA ANCHA PARA UN SECTOR RURAL*. Recuperado el 22 de diciembre de 2014, de Universidad Austral de Chile: <http://cybertesis.uach.cl/tesis/uach/2009/bmfcir564t/doc/bmfcir564t.pdf>
60. Roos, F. (2000). *Powerline Communication in Train Control Systems*. Stockholm: Master Thesis.
61. Rune, T. (06 de enero de 2015). *JPL's Wireless Communication Reference Website*. Recuperado el 06 de enero de 2015, de <http://www.wirelesscommunication.nl/reference/chaptr01/wrlslans/hiperlan.htm>
62. Rye, D. (05 de marzo de 2015). The X-10 POWERHOUSE Power Line Interface Model # PL513 and Two-Way Power Line Interface Model # TW523. *Note Técnica*. USA.
63. Selander, L. (26 de marzo de 2015). *Power Line Communications - Channel Properties and Communication Strategies*. Recuperado el 26 de marzo de 2015, de <http://www.enersearch.com/company/knowledgebase/publications/theses/PowerlineCom.pdf>
64. Shieh, W., & Djordjevic, I. (2010). *Orthogonal Frequency Division Multiplexing for Optical Communications*. San Diego, California, USA: ELSEVIER.
65. SILVA SALGADO, L. N., & NUÑEZ REA, M. A. (27 de noviembre de 2008). *ANÁLISIS DE LAS TÉCNICAS DE MODULACIÓN GMSK Y OFDM APLICADAS A LOS SISTEMAS DE COMUNICACIÓN SOBRE LAS LÍNEAS DE DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA O TECNOLOGÍA PLC*. Recuperado el 24 de noviembre de 2014, de <http://tesis.ipn.mx/xmlui/bitstream/handle/123456789/4966/ANALISISTECNICAS.pdf?sequence=1>
66. SlideShare. (14 de septiembre de 2014). *Espectro Electromagnético*. Recuperado el 14 de septiembre de 2014, de <http://es.slideshare.net/OA4CLO/espectro-39711925>
67. Soluciones Infomatica. (01 de octubre de 2012). *CAPA DE TRANSPORTE*. Recuperado el 24 de enero de 2015, de <https://solucionesinfomatica.wordpress.com/2012/10/01/capa-de-transporte/>

68. Tyson, J. (20 de marzo de 2015). *How Power-line Networking Works*. Recuperado el 20 de marzo de 2015, de <http://computer.howstuffworks.com/power-network.htm>
69. Umar, A. (2004). *Mobile Computing and Wireless Communications*. Pensilvania: NGE Solutions, Inc.
70. UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. (1976). *COMUNICACIÓN DE DATOS POR LA RED TELEFÓNICA*. Recuperado el 12 de febrero de 2015, de MÓDEMS PARA LA TRANSMISIÓN DE DATOS MÉDICOS ANALÓGICOS: http://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-V.16-198811-!!!PDF-S&type=items
71. Universidad Nacional Del Sur – Bahía Blanca – Argentina. (febrero de 2010). *POWER LINE COMMUNICATIONS. Descripción, características y funcionamiento*. Recuperado el 10 de octubre de 2014, de https://freedomotica.files.wordpress.com/2011/09/2_plc-power-line-communications.pdf
72. Universidad Tecnológica de Pereira. (diciembre de 2010). MODULACIÓN GMSK PARA TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN A TRAVÉS DE LÍNEAS ELÉCTRICAS. *Scientia et Technica*, 87. Recuperado el 16 de enero de 2015, de <http://revistas.utp.edu.co/index.php/revistaciencia/article/viewFile/203/45>
73. Vines, R. M., Trissell, H. J., Gale, L. J., & Ben O'neal, J. (1984). Noise on the residential power distribution circuits. En R. M. Vines, H. J. Trissell, L. J. Gale, & J. Ben O'neal, *IEEE Transactions on Electromagnetic Compatibility*, (págs. 161-168). New York: IEEE.
74. Yanqui Ushiña, V. E. (23 de junio de 2010). *Estudio y Diseño de una Red de Telemedición Utilizando Tecnología BPL para la Empresa Eléctrica Riobamba S.A., Subestación No. 4, Alimentador: No. 3*. Recuperado el 18 de noviembre de 2014, de Repositorio de Datos Escuela Superior Politecnica de Chimborazo: <http://dSPACE.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/387/1/38T00196.pdf>

GLOSARIO

ACK:	<i>Acknowledgement</i> , Acuse de Recibo
AMR:	<i>Adaptive Multi-Rate</i> , Contadores De Lectura Automáticos
APDU:	<i>Application Protocol Data Unit</i> , Unidad de Datos de Protocolo de Aplicación
ATM:	<i>Asynchronous Transfer Mode</i> , Modo de Transferencia Asíncrona
BHN:	<i>Broadband Home Networks</i> , Redes Domésticas de Banda Ancha
BPL:	<i>Broadband over Power Lines</i> , Banda Ancha sobre Línea de Energía
CAL:	<i>Common Language Application</i> , Aplicación de lenguaje Común
CAT5:	<i>Category 5</i> , Categoría 5
CDCR:	<i>Collision Detection and Resolution</i> , Detección de Colisiones y Resolución de Acceso
CEA:	<i>Consumer Electronics Association</i> , Asociación de Electrónica de Consumo
CIC:	<i>CEBus Industry Council's</i> , Consejo de la Industria CEBus
CPE:	<i>Customer Premises Equipment</i> , Equipo de Cliente Local
CPE:	<i>Customer Premises Equipment</i> , Equipo Local de Usuario
CRC:	<i>Cyclic Redundancy Check</i> , Comprobación De Redundancia Cíclica
CSMA/CA:	<i>Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance</i>
CTP:	<i>Centralized Token Passing</i> , Paso de Símbolo Centralizado
DFT:	<i>Discrete Fourier Transform</i> , Transformada Discreta de Fourier
DID:	<i>Destination Identification</i> , Identificador de Destino
DPL:	<i>Digital Power Lines</i> , Línea de Energía Digital
DSSS:	<i>Direct Sequence Spread Spectrum</i> , Espectro Ensanchado con Secuencia Directa
DSSSM:	<i>Direct Sequence Spread Spectrum Modulation</i> , Modulación de Espectro Ensanchado con Secuencia Directa
DWDM:	<i>Dense Wavelength Division Multiplexing</i> , Multiplexado Compacto por División en Longitudes de Onda
ETSI:	<i>European Telecommunications Standards Institute</i> , Instituto Europeo de Estandarización de Telecomunicaciones
FCC:	<i>Federal Communications Commission</i> , Comisión Federal de Comunicaciones

FCS:	Frame Check Sequence, verificación de la secuencia de trama
FDM:	<i>Frequency Division Multiplexing</i> , Multiplexión por División de Frecuencias
FEC:	<i>Forward Error Correction</i> , Corrección de Códigos de Errores
FFT:	<i>Fast Fourier Transform</i> , Transformada Rápida de Fourier
FTP:	<i>File Transfer Protocol</i> , Protocolo de transferencia de archivos
GI:	<i>Guard Interval</i> , Intervalo de Guardia
GSMK:	<i>Gaussian Shift Minimum Keying</i> , Codificación de Mínimos Gaussianos
HAN:	<i>Home Area Network</i> , Red de Área Domiciliaria
HE:	<i>Head End</i> , Fin de Cabecera
HF:	<i>High Frequency</i> , Alta Frecuencia
Home CNA:	<i>Home Cable Network Alliance</i> , Alianza de Red por Cable Doméstico
Home PNA:	<i>Home Phoneline Networking Alliance</i> , Alianza de Redes de Líneas Telefónicas Domésticas
HTTP:	<i>Hypertext Transfer Protocol</i> , Protocolo de transferencia de hipertexto
ICI:	<i>Intercanal Interference</i> , Interferencia Intercanal
IEEE:	<i>Institute of Electrical and Electronics Engineers</i> , Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos
iFFT:	<i>Inverse Fast Fourier Transform</i> , Transformada Rápida Inversa de Fourier
IIDFT:	<i>Inverse Discrete Fourier Transform</i> , Transformada Inversa Discreta de Fourier
IP:	<i>Internet Protocol</i> , Protocolo de Internet
IR:	<i>Intermediate Repeater</i> , Repetidor Intermedio
ISI:	<i>Intersymbolic Interference</i> , Interferencia Intersimbólica
ISP:	<i>Internet Service Provider</i> , Proveedor de Servicios de Internet
LLC:	<i>Logical Link Control</i> , Control de Enlace Lógico
LPDU:	Link Protocol Data Unit, Unidad de Datos de Protocolo de Enlace
MAC:	<i>Media Access Control</i> , Control de Acceso al Medio
NFFT:	<i>Nonuniform Fast Fourier Transform</i> , Transformada Rápida No Uniforme de Fourier
NPDU:	Network Protocol Data Unit, Unidad de Datos de Protocolo de Red
OFDM:	<i>Orthogonal Frequency Division Multiplexing</i> , Multiplexión por División de Frecuencias Ortogonales

OSI:	<i>Open System Interconnection</i> , Interconexión de Sistemas Abiertos
PCS:	<i>Powerline Control Systems</i> , Sistema de Control por Líneas de Potencia
PLC:	<i>Power Line Communications</i> , Comunicaciones por Líneas de Potencia
PLT:	<i>Power Line Transmission</i> , Comunicaciones por Líneas de Transmisión
PPM:	<i>Pulse Position Modulation</i> , Posición de Pulso
QAM:	<i>Quadrature Amplitude Modulation</i> , Modulación de Amplitud en Cuadratura
QoS:	<i>Quality of Service</i> , Calidad de Servicio
QPSK:	<i>Quaternary Phase Shift Keying</i> , Cuadrafásica Modulación por Desplazamiento de Fase
RPC:	<i>Remote Power Controller</i> , Controlador de Potencia Remoto
SC:	<i>Single Carrier</i> , Monoportadora
SDH:	<i>Synchronous Digital Hierarchy</i> , Jerarquía Digital Síncrona
SMTP:	<i>Simple Mail Transfer Protocol</i> , Protocolo de transferencia simple de correos
SNR:	Signal to Noise Relation, Relación Señal a Ruido
SSC:	<i>Spread Spectrum Carrier</i> , Portadora de Espectro Ensanchado
TCP:	<i>Transmission Control Protocol</i> , Protocolo de Control de la Transmisión
TIC:	Tecnologías de Información y Comunicación
UDP:	<i>User Datagram Protocol</i> , Protocolo de Datagrama de Usuario
UID:	<i>Unit Identification</i> , Identificador de Unidad
UPB:	<i>Universal Powerline Bus</i> , Bus Universal de Líneas de Potencia
UST:	<i>Unit Symbol Time</i> , Unidad de Símbolo de Tiempo
UTP:	<i>Unshielded Twisted Pair</i> , Par Trenzado No Blindado
VHN:	<i>Home Network Specification</i> , Especificaciones de Redes Domésticas
VoIP:	<i>Voice over Internet Protocol</i> , Voz sobre Protocolo de Internet
VPN:	<i>Virtual Private Network</i> , Redes Privadas Virtuales
WAN:	<i>World Area Network</i> , Red de Área Mundial
Wi-Fi:	<i>Wireless Fidelity</i> , Fidelidad Inalámbrica
WLAN:	<i>Wireless Local Area Network</i> , Red de Area Local Inalámbrica

ANEXOS

The OmniPro II Controller

The OmniPro II is the flagship security & automation controller. Designed for large residential and commercial installations, the OmniPro II provides enhanced comfort, safety, convenience, and energy savings by coordinating audio/video, lighting, heating and air, security, scenes, and messaging based on activities and schedules.

Safety & Security

OmniPro II controllers are UL Listed, CP-01 compliant security and fire systems for residential installations and UL Listed for security in commercial installations. They detect intrusion, smoke and fire, carbon monoxide, water, vehicles, motion, and other hazards with wired or wireless sensors.

Security zones are fully configurable and expandable. You may set the validity of user codes by time and authority. Security codes for the nanny, housekeeper, or contractor can be set by specific times. The OmniPro II supervises zones, battery, and bell circuits. Additionally, the OmniPro II permits true partitioning for security and control.

Leviton provides a line of supervised wireless security products which include motion and glassbreak detectors. Also available are wireless handheld remotes for control of many automation and security functions.

Surveillance

Add cameras to the OmniPro II system to view and/or record a nursery, pool area, or entrance. Automatically display live video on a Touchscreen or when the doorbell rings. View live or recorded video remotely online or from a mobile device such as a smartphone. Activate video to record when an alarm trips, and even send an alert to a cell phone or e-mail.

Access Control

Leviton's Access Control products limit admission to designated areas. Swiping an access reader with an access card or keytag can accomplish multiple functions such as

arming/disarming security, activating a door strike to open a door, turning on select lighting, and even playing a music source.

Lighting Control

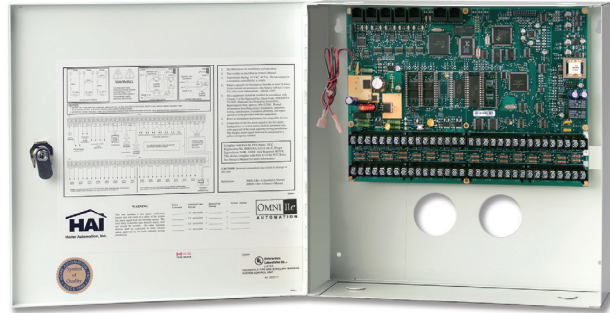
The OmniPro II can control lighting by schedule, motion detection, door openings, sunrise, sunset, alarm activation, and more. This advanced system provides the benefits of a sophisticated lighting control by setting scenes, fades, and dimming levels.

OmniPro II controllers have an astronomical clock and automatically adjust for daylight savings time in order to provide accurate dusk to dawn lighting control.

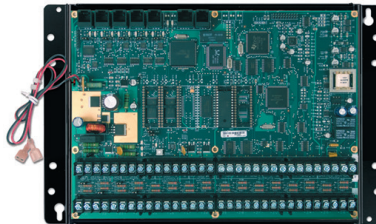
Energy Management

The OmniPro II system can manage your HVAC system through Omnistat2 Programmable Communicating Thermostats (PCTs). Use schedule or activity settings such as home, asleep, away, room occupancy, outdoor temperature, etc. Temperature sensors allow for setpoint-based programming of events in your OmniPro II. Setpoints can signal when to activate programs for controlling temperatures in attics, garages, greenhouses, basements, wine cellars, or coolers. ZigBee devices go further to control the power consumption for high wattage

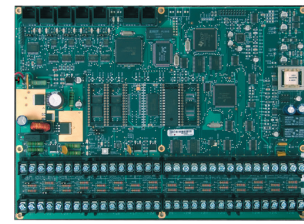
loads such as pool pumps and hot water heaters. LCMs also control fountains, ceiling/attic fans, fluorescent lights, motors, and exterior lights.



20A00-2 OmniPro II with enclosure



20A00-8 OmniPro II on mounting plate for Structured Wiring Enclosures



20A00-21 OmniPro II - Board Only

FEATURES
UL Listed, CP-01 compliant security and residential fire system
UL Listed for security in commercial installations.
Detects intrusion, smoke and fire, carbon monoxide, water, and other hazards via wired or wireless sensors
Built-in digital communicator for use with a central station
Dials up to eight additional phone numbers for voice notification
Utilizes IP-based Touchscreens (OmniTouch 7)
Access remotely via phone, computer, or mobile device

Technical Data Sheet

OmniPro II Controller

20A00-2 / 20A00-8 / 20A00-21



Entertainment

Interface the OmniPro II with a Hi-Fi 2 multi-room audio system or other audio distribution system from a Connectivity Partner including NuVo, Proficient, Russound, SpeakerCraft, and Xantech. The OmniPro II can control on/off, volume, muting, audio source, and many other functions for each audio zone.

The OmniPro II connects to Leviton's Home Theater Extender (HTX). Automate equipment based on schedule or push one button on your phone or Touchscreen to activate appropriate A/V equipment, lower a projection screen, close the window coverings, adjust the temperature, dim the lights, and lock all doors.

Interface Options

Add additional interface options, such as an in-wall OmniTouch Touchscreen. These colorful, easy-to-use Touchscreens allow complete control of a Leviton automation system. An OmniPro II installation must include at least one Omni Console in order to meet UL requirements. The OmniPro II may be controlled remotely from a PC, laptop, tablet, smartphone, or e-Reader. Choose from one of Leviton's award-winning software or app options to provide Internet access and control. ■

LANGUAGES		CODES
English	● ● ●	-
Latin American Spanish	● ● ●	SPA
European Spanish	● ●	SPE
Catalan	● ●	CAT
Italian	● ●	IT
French	● ●	FR
Traditional Chinese	● ●	CHT
Simplified Chinese	● ●	CHS
Arabic	● ●	AR
German	● ●	GER
Hebrew	● ●	HE
Portuguese	● ●	POR
Russian	● ●	RU

- Controller In Enclosure 20A00-2(CODE)
- Controller Board Only 20A00-21(CODE)
- Controller For Structured Wiring 20A00-8(CODE)

SPECIFICATIONS

HLC Lighting/Rooms	31
Lighting Scenes	128
Lighting Addresses	256
Zones	16
Zone Expansion Total	176
2 Wire Smoke Loops	4
4 Wire Smoke Loops	176
Thermostats	64
Consoles (Keypads)*	16
IP Touchscreens: OmniTouch 7 / OmniTouchPro	16
12 Volt Triggers (w/ expansions)	8 (136)
Audio Control	Hi-Fi/Conn.Prtnrs
Access Control Card Readers	16
Access Control Card/Keytag	99
Serial Ports	5
Serial Expansion Total	6
Ethernet Port	Yes
Flash Memory	Yes
User Codes	99
Programming Lines	1500
Vocabulary	550
Custom Vocabulary	Yes
Depluggable Terminal Strips	Yes
Format	Contact ID, 4/2,3/1
Transformer Required	24V (40VA)
Battery (Typical)	12V (7 Ah)
Aux Current Max	1A
Bell Current Max	1A
Total Expansion Boards (10A06-1)	2
Total Expansion Enclosures (17A00-X) / Wireless Receivers (45A00-1/42A00-1)**	8
110V/220V/240V	Yes
UL Listing	Res. Burglar & Fire/Comm. Burg
Warranty	3 years

* Systems must have one console to meet UL requirements.

** Each wireless receiver can support 64 transmitters which can report to 16, 32, 48, or 64 zones depending on your setup. Each group of 16 zones counts as one Expansion Enclosure.

Technical Data Sheet

OmniPro II Controller

20A00-2 / 20A00-8 / 20A00-21



Controller - In Enclosure

13.25" W x 13.375" H x 4.625" D
Approximate Weight: 13.30 lbs

Controller - Board Only

11.0" W x 8.0" H x 1.25" D
Approximate Weight: 1.6 lbs

SERIAL PORTS

HLC Lighting Control UPB PIM (#36A00-1)
Leviton Vizia RF + Z-Wave (#VRCOP)
ZigBee (#81A00-3)
Omni-Bus (#117A00-1)
Serial to PC Cable (#21A05-2)
Hi-Fi 2 (#95A00)
Access Control Readers (#75A00, #54A00)
Clipsal, Dynalite, Coolmaster, Serial Connectivity
Cable (#36A05-4)

AUDIO

Omni Console w/ Spkr/Mic (#33A00-4)
Surface Speaker/Mic (#28A00-1)
Flush Speaker/Mic (#28A00-2)
Two-Way Voice Module (#10A11-1)

ETHERNET PORT

Snap-Link, Snap-Link Mobile
for Android and iOS, PC Access, OmniTouch
Touchscreen, OmniTouch Pro, Omni-Bus

12V BATTERY

EARTH GROUND

TRANSFORMER 24V/40VA

Two-Way X-10

TELEPHONE INTERFACE

- Land line
- Cellular Communications Center (#70A00)
- PC Access

USER INTERFACE

Omni Consoles (#33A00)

EXPANSION

Wireless Receiver (#45A00-1)
Wireless Receiver for GE (#42A00-2)
Expansion Enclosure (#17A00)

SECURITY & ENERGY MANAGEMENT

Temperature Sensor (#31A00-7)
Temperature/Humidity Sensor (#31A00-8)
Standard Security/Fire/Environmental
Sensors

COMFORT & CONVENIENCE

Omnistat2 Thermostats

Visio stencils are available to our dealers.
Omni systems are designed for professional installation.
Licensing requirements vary by area.



California
Title 24
Compliant

CP-01
Compliant

Technical Data Sheet
OmniPro II Controller
20A00-2 / 20A00-8 / 20A00-21



20A00-2	OmniPro II Controller OmniPro II home control system with enclosure, lock set with two keys, UPB™ PIM, RJ31X cord and jack, and manuals. Foreign language versions: Arabic (AR), Catalan (CAT), Simplified Chinese (CHS), Traditional Chinese (CHT), French (FR), German (GER), Hebrew (HE), Italian (IT), Portuguese (POR), Russian (RU), Latin American Spanish (SPA), and European Spanish (SPE).
20A00-21	OmniPro II Board Only Foreign language versions: Arabic (AR), Catalan (CAT), Simplified Chinese (CHS), Traditional Chinese (CHT), French (FR), German (GER), Hebrew (HE), Italian (IT), Portuguese (POR), Russian (RU), Latin American Spanish (SPA), and European Spanish (SPE).
20A00-8	OmniPro II Controller for Structured Wiring Enclosures OmniPro II controller on structured wiring enclosure mounting plate, UPB™ PIM, RJ31X cord and jack, manuals, accessory kit, and a wiring diagram for the enclosure door. Foreign language versions: Arabic (AR), Catalan (CAT), Simplified Chinese (CHS), Traditional Chinese (CHT), French (FR), German (GER), Hebrew (HE), Italian (IT), Portuguese (POR), Russian (RU), Latin American Spanish (SPA), and European Spanish (SPE).

Leviton Manufacturing Co., Inc. Security & Automation

4330 Michoud Blvd, New Orleans, LA, 70129
Telephone: 1-800-229-7256 • Fax: 1-800-253-2955
Tech Line: 504-736-9810 x 1

Visit our Website at: www.leviton.com

© 2013 Leviton Manufacturing Co., Inc. All rights reserved.

MÓDULO DE INTERFAZ DE LÍNEA ELÉCTRICA UPB™
 No. de Cat. 36A00-1
Instrucciones de instalación y Guía del Usuario



DI-021-HL361-45AAR2283
 (36100-1)

INSTALACION

ESPAÑOL

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

- Lea y comprenda perfectamente todas las instrucciones. Siga todas las instrucciones y advertencias marcadas en el producto.
- No utilice estos producto cerca del agua, porejemplo, cerca de bañeras, tinas, lavaderos o lavabos, en sótanos húmedos o cerca de piscinas.
- Nunca introduzca objetos de ningún tipo a través de las aberturas de estos productos, ya que puedan hacer contacto con voltajes peligrosos.
- CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

- Nunca instale cableado con componentes de comunicaciones durante una tormenta eléctrica.
- Nunca instale componentes de comunicaciones en un local mojado, si los componentes no han sido diseñados específicamente para ser usados en locales mojados.
- Nunca toque alambres o terminales sin aislante, si el cableado no ha sido desconectado de la interfaz de la red.
- Tenga precaución cuando este instalando o modificando cableado o componentes de comunicaciones.

DESCRIPCION

El módulo de interfaz de línea eléctrica (PIM) modelo 36A00-1 UPB™ es un módulo enchufable diseñado para ser conectado a una entrada en el control OmniLT, Omni II, o OmniPro II para transmitir y recibir señales UPB™ a través de la línea eléctrica.

INSTALACION

Conecte el módulo de interfaz de línea eléctrica (PIM) modelo 36A00-1 UPB™ en un contacto de 120 VCA. Conecte un extremo del cable modular de 6 conductores suministrado a la entrada del control y conecte el otro extremo en el conector modular del Modelo 36A00-1.

Use el módulo 36A05-2 PIM para Cable y conector PC (se compra separado) para conectar el módulo 36A00-1 UPB™ de interfaz de línea eléctrica (PIM) a una entrada DB-9. El 36A05-2 se usa para conectar el PIM al 10A17-1 HAI Módulo de interfaz en serie para controlar los productos UPB™ a través de un control o a una PC para configurar productos UPB™ que usan software de configuración UPStart UPB™.

LED DE ESTADO

El LED de estado parpadeará rojo cuando transmite una señal UPB™ en la línea eléctrica y parpadeará verde cuando recibe una señal UPB™ válida sobre la línea eléctrica.

PROGRAMA DE BOTON

Los controles se comunican con el módulo de interfaz de línea eléctrica modelo 36A00-1 UPB™ en el modo de mensaje. Mientras que el modo de mensaje es el modo de fábrica del PIM, el software de configuración UPStart UPB™ usa el modo Pulso del PIM. Si el PIM está en el modo de pulso cuando está conectado a un control, el LED de "Recibir" en la entrada estará encendido. El botón de programa en el lado izquierdo del 36A00-1 se puede usar para fijar el PIM de fábrica (es decir, volver al modo de mensaje). Para establecer el 36A00-1 a los valores de fábrica, haga lo siguiente:

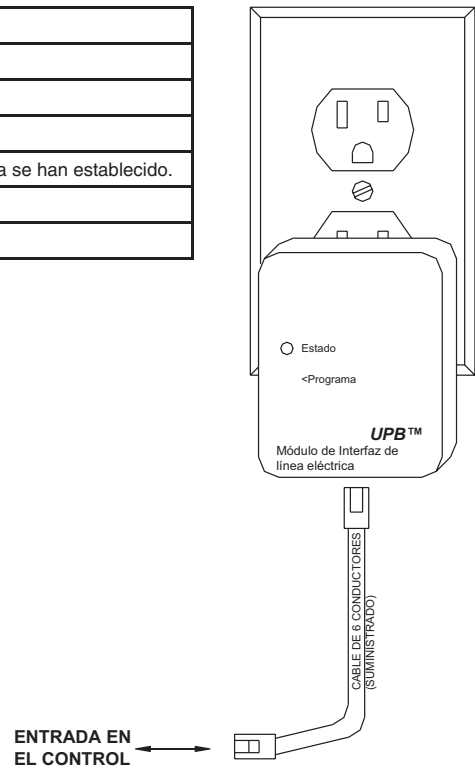
Paso	Operación
1	Presione el botón "Program" cinco (5) veces rápidamente en una fila.
2	El LED debe empezar a parpadear verde para indicar que está en modo de configuración.
3	Presione el botón "Program" diez (10) veces rápidamente en una fila.
4	El LED debe empezar a parpadear en rojo para indicar que los valores predeterminados de fábrica se han establecido.
5	Presione el botón de programación una (1) vez más.
6	El LED debe dejar de parpadear para indicar que está listo para una operación normal.

NOTA: Es normal que este módulo haga un leve zumbido durante la operación.

Declaracion de Conformidad con FCC

Este equipo ha sido probado y encontrado que cumple con los límites de un producto Digital Clase B, y cumple con el artículo 15 de las reglas FCC. Estos límites están diseñados para dar protección razonable contra interferencia dañina en instalaciones residenciales. Este equipo genera, usa y puede irradiar energía de radio frecuencia y si no se instala y usa de acuerdo con las instrucciones puede causar interferencia dañina a las comunicaciones de radio. Sin embargo, no hay garantía que no ocurra interferencia en una instalación particular. Si este equipo causa interferencia a la recepción de radio o televisión, la cual se puede determinar APAGANDO O ENCENDIENDO el equipo, el usuario puede tratar de corregir la interferencia con una o más de las siguientes medidas:

- Reoriente o reubique la antena de recepción
- Aumente la separación entre el equipo y el receptor
- Conecte el equipo en un contacto en un circuito diferente al del receptor
- Para ayuda consulte con el vendedor o técnico con experiencia en radio/ televisión



WEB VERSION

ACOPLADOR DE FASE DE LÍNEA DE ENERGÍA LEVITON UPB™

No. de Cat. 39A00-1

Instrucciones de instalación y Guía del Usuario

LEVITON®

DI-021-HL391-45AAR2283
(39100-1)

INSTALACIÓN

ESPAÑOL

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

- **ADVERTENCIA: PARA EVITAR FUEGO, DESCARGA ELÉCTRICA, O MUERTE, INTERRUMPA LA ENERGÍA MEDIANTE EL INTERRUPTOR DE CIRCUITO O FUSIBLE. ¡ASEGURESE QUE EL CIRCUITO NO ESTE ENERGIZADO ANTES DE INICIAR LA INSTALACION!**
- Si usted no está seguro acerca de alguna parte de estas instrucciones, consulte a un electricista calificado.

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

- Use este producto sólo con **cable de cobre o revestido de cobre**.
- Este producto es únicamente para uso en interiores.
- Para ser instalado y/o usado de acuerdo con los códigos eléctricos y normas apropiadas
- CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES

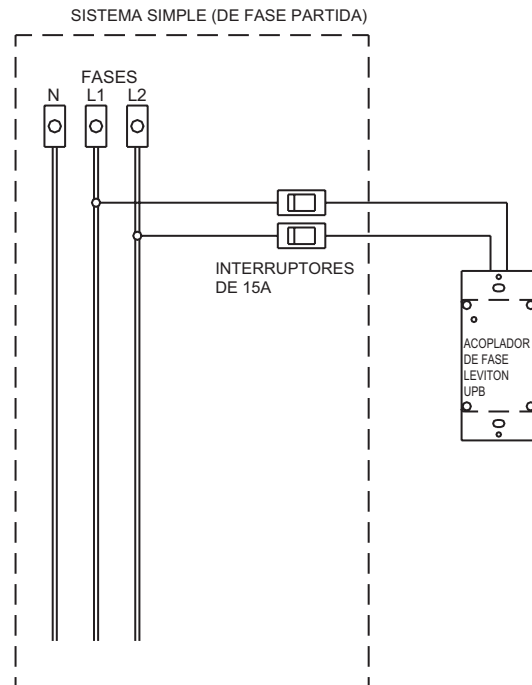
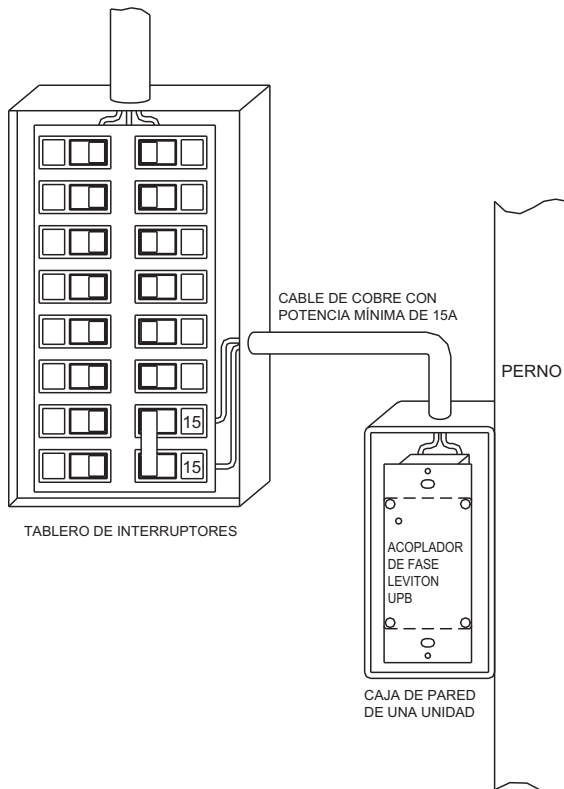
DESCRIPCIÓN

El Acoplador de Fase de Línea de Energía LEVITON UPB™ se utiliza para acoplar la señal de la línea de corriente de UPB™ de una fase a otra (por ej., Línea 1 a Línea 2) y garantizar la intensidad de la señal adecuada en casas más grandes. Aunque el protocolo de UPB™ es extremadamente sólido y menos susceptible a las condiciones de la línea de energía, LEVITON recomienda el uso del Acoplador de Fase de Línea de Energía de UPB™ en cada instalación.

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN

1. **APAGUE LA CORRIENTE DE ENERGÍA EN TABLERO PRINCIPAL DE INTERRUPTORES.**
2. Quite 0.6 cm (3/4") del aislamiento de cada uno de los cables negros del Acoplador de Fase de Línea de Energía LEVITON UPB™.
3. Instale una pastilla termo-magnética de 15A en el tablero de interruptores en la Línea 1 (fase 1) y conéctelo a uno de los cables negros del Acoplador de Fase de Línea de Energía LEVITON UPB™ utilizando cable de cobre con potencia mínima de 15A. Asegure la conexión con los conectores de cable incluidos.
4. Instale una pastilla termo-magnética de 15A en el tablero de interruptores de la Línea 2 (fase 2) y conéctelo al otro cable negro del Acoplador de Fase de Línea de Energía LEVITON UPB™ utilizando un cable de cobre con potencia mínima de 15A. Asegure la conexión con los conectores de cable incluidos.
5. Después de hacer todas las conexiones, asegúrese de que todos los conectores de cable estén firmemente unidos y que no queden partes de cobre expuestas.
6. Instale el Acoplador de Fase de Línea de Energía LEVITON UPB™ en una caja eléctrica estándar de pared, de una unidad con el LED en la parte superior, y fije en su lugar.
7. Antes de instalar la cubierta, restaure la energía en el tablero principal de interruptores.
8. Después de comprobar que el LED rojo está iluminado, instale una placa frontal ciega en la caja de pared.

DIAGRAMAS DE CABLEADO DEL ACOPLADOR DE FASE DE LÍNEA DE ENERGÍA LEVITON UPB™



WEB VERSION

INTERRUPTOR DE PARED Y INTERRUPTOR AUXILIAR UPB™

No. de Cat. 35A00-1

INSTRUCCIONES DE INSTALACIÓN Y OPERACIÓN

ESPAÑOL

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES:

- Para evitar descarga eléctrica, fuego, o muerte, interrumpa el paso de energía mediante el interruptor de circuito o fusible. ¡Asegúrese de que el circuito no este energizado antes de iniciar la instalación!
- Para instalarse y/o usarse de acuerdo con los códigos eléctricos y normas apropiadas.
- Si usted no está seguro acerca de alguna parte de estas instrucciones, consulte a un electricista.
- CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES.

Para los siguientes Modelos:

Interruptor atenuador 35A00-1 LEVITON 600W, atenuador CFL/LED 35A00-1CFL 600W, interruptor sin atenuador 35A00-3 LEVITON 600W (referido en este documento como Interruptor de Pared LEVITON UPB™) e Interruptor Auxiliar LEVITON 37A00-1.

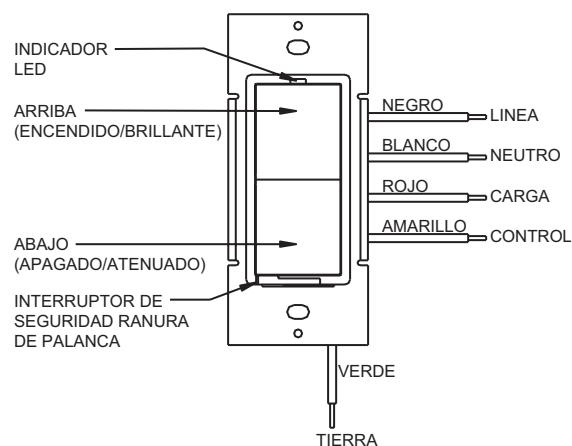
NOTA: Todos los Interruptores de Pared LEVITON UPB™ requieren conexión a neutro (blanco).

Descripción General del Interruptor de Pared LEVITON UPB™

El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ (Figura 1) le permite tener un control local de iluminación utilizando un interruptor de balancín. También incorpora la tecnología UPB™ de comunicación de línea de energía de dos vías, que le da la capacidad de ser controlado a distancia por controles UPB™ compatibles. El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ también es capaz de transmitir mensajes UPB™ (incluyendo el nivel actual de luz), cuando el interruptor de balancín está encendido, cuando está apagado, si está en máximo brillo o si la luz está atenuada.

Cada interruptor se puede configurar para acomodarse a la medida del estilo de vida y deseos de cada usuario. El Interruptor Atenuador LEVITON es capaz de almacenar hasta 16 configuraciones de niveles de luz y atenuaciones para crear ambientes de luz poderosas. El Interruptor LEVITON sin atenuación se usa para controlar cargas como luces fluorescentes y ventiladores de techo.

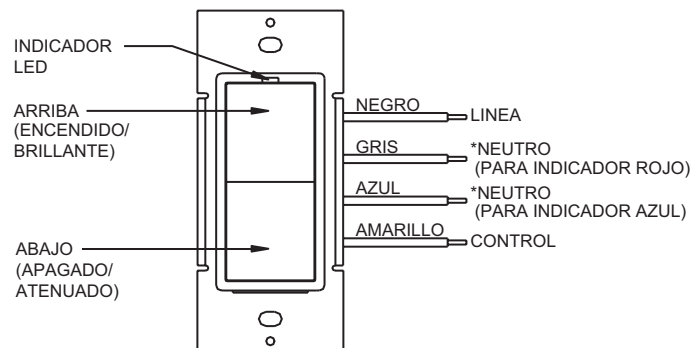
Figura 1 - Interruptor de Pared LEVITON UPB™



Descripción General del Interruptor Auxiliar LEVITON

El Interruptor Auxiliar 37A00-1 LEVITON (Figura 2) es un dispositivo complementario opcional que se utiliza con el Interruptor de Pared LEVITON UPB™ para circuitos de vías múltiples. El Interruptor auxiliar LEVITON tiene un interruptor balancín, que controla la carga de iluminación de la misma manera que el interruptor balancín en el Interruptor de Pared LEVITON UPB™.

Figura 2 - Interruptor Auxiliar LEVITON



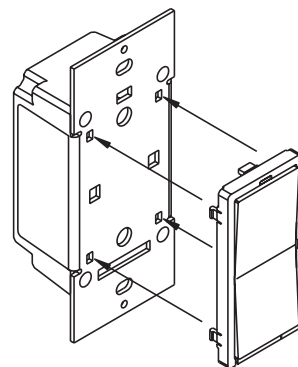
ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES:

- Para evitar sobrecalentamiento y posible daño a otro equipo, cuando se lo configura con capacidad de atenuación, NO LO instale para controlar un receptáculo, artefacto operado por motor o transformado.
- Use este producto **sólo con cable de cobre o revestido de cobre.**
- Diseñado sólo para uso en interiores.

Cambio de Color del Interruptor

El color del Interruptor de Pared e Interruptor Auxiliar LEVITON UPB™ se puede cambiar para que haga juego con la decoración interior. El Interruptor de Pared e Interruptor Auxiliar LEVITON UPB™ incluyen una placa de color blanco. Otros colores están disponibles, póngase en contacto con su distribuidor local LEVITON para más información. Cuando cambie la placa del interruptor, asegure que la energía esté desconectada y proceda de la siguiente manera:

Figura 3 - Cambio de Color del Interruptor



La placa del interruptor se sujeta al Interruptor de pared e Interruptor Auxiliar LEVITON UPB™ mediante dos pestañas a la derecha y dos a la izquierda. Con un destornillador plano pequeño, presione suavemente la pestaña superior e inferior en un lado mientras levanta la placa. Una vez que las pestañas son liberadas de un lado, retire la placa del interruptor desde el otro lado.

1. Alinee las pestañas de la nueva placa del interruptor con las aberturas de la placa de montaje y presione suavemente hasta asegurarlas.

INSTRUCCIONES DE INSTALACION

El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ está conectado directamente al circuito de iluminación y se puede controlar mediante la adición de uno o más interruptores auxiliares LEVITON produciendo circuitos de vías múltiples. Dichos circuitos hacen posible que un grupo de interruptores controle la misma luz o conjunto de luces. Esta sección ilustrará cómo hacer las conexiones.

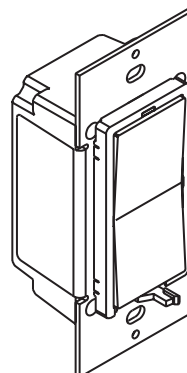
NOTAS:

1. Vea las figuras 1 y 2 para determinar los colores de los cables para cada conexión.
2. Todo Interruptor de Pared LEVITON UPB™ requiere una conexión a neutro (blanco).
3. El cable de línea (negro) debe quedar accesible para la instalación de todos los Interruptores Auxiliares LEVITON. Este cable puede estar conectado a cualquiera de las fases de alimentación 120/240V. El cable azul y/o gris en el Interruptor Auxiliar LEVITON se puede conectar a tierra o a neutro. El cable azul y/o gris sólo se utiliza para iluminar el LED del interruptor. Este LED indica que hay corriente eléctrica y sirve como luz de noche. Conecte el cable azul únicamente para encender el LED azul. Conecte el cable gris únicamente para encender el LED rojo. Conecte los cables de ambos colores para encender el LED magenta.

Palanca del Interruptor de Aire

Interruptor de Pared El Leviton UPB™ tiene un interruptor de aire que desconecta la energía de la carga para instalar interruptores de manera segura o para la sustituir focos. Para activar el interruptor de aire, usando su uña, abra la abertura de la palanca en la ranura (Figura 1). Mueva la palanca de modo que quede perpendicular al borde inferior (Figura 4). Después del servicio, empuje la palanca completamente hasta que quede paralela al borde inferior. La palanca debe quedar completamente cerrada para el funcionamiento normal.

Figura 4 - Palanca del Interruptor de aire



Installation Procedure

1. Asegúrese de que toda la energía haya sido desconectada desconectando el Interruptor de circuito.
2. Si aplica, saque la placa, frontal del interruptor de pared existente, retire el interruptor de pared de la caja de pared y desconecte los cables del interruptor de pared. Identifique los cables de "Línea", "Neutro", "Carga" y "Viajero" (si es el caso).
3. Asegúrese que la palanca del interruptor de aire del Interruptor de Pared LEVITON UPB™ esté completamente abierta.
4. Pele 2 cm. del aislante de cada uno de los cables en el Interruptor de Pared LEVITON UPB™. Instale el Interruptor de Pared LEVITON UPB™ conectando los cables de acuerdo a la configuración de cableado que se muestra en la Figura 5.
5. Instale los Interruptores Auxiliares LEVITON opcionales de acuerdo con la configuración de cableado que se muestra en la Figura 5.
6. Después de hacer todas las conexiones, asegúrese que todos los conectores de alambre estén sujetos firmemente y que no haya cobre expuesto.
7. Suavemente coloque los cables y el Interruptor de Pared dentro de la caja de la pared, con el LED en la parte superior del dispositivo. Usando los tornillos suministrados asegure el Interruptor de Pared LEVITON UPB™ en la caja de la pared.
8. Antes de instalar la placa, restablezca la energía en el circuito y luego cierre totalmente la palanca del interruptor de aire.
9. Después de probar que el Interruptor Atenuador de Pared LEVITON UPB™ funcione correctamente (según la Tabla 2 y 3), instale la placa sobre cada Interruptor.

Disminución de la Potencia del Interruptor de Pared LEVITON UPB™

En una instalación múltiples de dos, no es necesario disminuir la potencia del 35A00-1, 35A00-1CFL, 35A00-3. En una instalación múltiples de tres es necesario disminuir la potencia de 600W a 500W.

Tabla 1: Disminución de Potencia Interruptor de Pared

Modelo	Carga máxima por producto	Cerca de un atenuador	Cerca de dos atenuadores
35A00-1	600W	600W	500W
35A00-1CFL	600W	600W	500W
35A00-3	600W	600W	500W

Operación del Interruptor Atenuador LEVITON

El interruptor atenuador LEVITON 1 tiene varios elementos que se pueden configurar mediante el software de configuración UPStart UPB™. A continuación se describe el funcionamiento del interruptor atenuador LEVITON en su configuración de fábrica.

Operación del Interruptor Local Balancín

El Interruptor Atenuador de Pared LEVITON UPB™ tiene un interruptor balancín que se puede utilizar para controlar cargas de iluminación como sigue:

Tabla 2: Operación del Interruptor Local Balancín LEVITON UPB™

Interruptor Balancín	Botón Superior	Botón Inferior
1 Toque	Brilla la luz hasta al 100% (Encendido) en atenuado gradual y reinicia el cronómetro de apagado automático (si aplica)	Atenúa la luz hasta 0% (apagado) gradualmente
2 Toque	Enciende la luz de golpe al 100%.	Va la luz a 0% (apagado)
Mantener presionado	Enciende gradualmente la luz (brillo) hasta el 100% en atenuado gradual y reinicia el cronómetro de apagado automático (si aplica)	Apaga gradualmente la luz (atenuado) hasta 0% en la graduación de fábrica.
Soltar	Detiene la brillantez de la luz y reinicia el cronómetro de apagado automático (si aplica)	Detiene la atenuación de la luz.

Operación del Interruptor No Atenuador LEVITON

El interruptor no atenuador LEVITON 1 tiene varios elementos que se pueden configurar mediante el software de configuración UPStart UPB™. A continuación se describe el funcionamiento del interruptor no atenuador LEVITON en su configuración de fábrica.

Operación del Interruptor Local Balancín

El Interruptor Atenuador de Pared LEVITON UPB™ tiene un interruptor balancín que se puede utilizar para controlar cargas como sigue:

Tabla 3 - Operación del Interruptor No Atenuador LEVITON

Interruptor Balancín	Botón Superior	Botón Inferior
1 Toque	Enciende la CARGA y reinicia el cronómetro de apagado automático (si aplica)	Apaga la luz

WEB VERSION

LED Indicador

El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ viene equipado con un LED indicador multicolor que normalmente enciende azul cuando la carga está apagada. El LED se apaga cuando la carga está encendida o fijada a cualquier nivel mayor de 0%. El LED parpadeará magenta mientras el cronómetro de apagado automático está trabajando (si la opción del LED configurado siempre es apagado, el LED permanecerá apagado durante el periodo de tiempo de espera).

Si usa, el LED del interruptor auxiliar LEVITON está siempre encendido.

Operación del Interruptor Auxiliar LEVITON

El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ se puede conectar a uno o más Interruptores Auxiliares LEVITON produciendo circuitos de vías múltiples. Cada interruptor auxiliar LEVITON tiene un interruptor balancín que controla la carga exactamente igual que el interruptor balancín conectado en el interruptor de la pared LEVITON UPB™, como se ha descrito previamente. Una vez conectado, el LED permanece encendido todo el tiempo mientras se aplica energía.

Modo de Configuración

Para configurar interruptor de pared el LEVITON UPB™ utilizando un control LEVITON o una PC con la configuración del software UPStart UPB™ se lo debe poner en el modo de configuración de la siguiente manera:

Tabla 4 - Modo de Configuración del Interruptor de Pared LEVITON

Paso	Operación
1	Presione el interruptor balancín 5 veces rápidamente.
2	El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ destellará su carga luminosa una vez y su LED azul parpadeará para indicar que está en Modo Configuración. Nota: el interruptor saldrá automáticamente del modo de configuración después de 5 minutos.

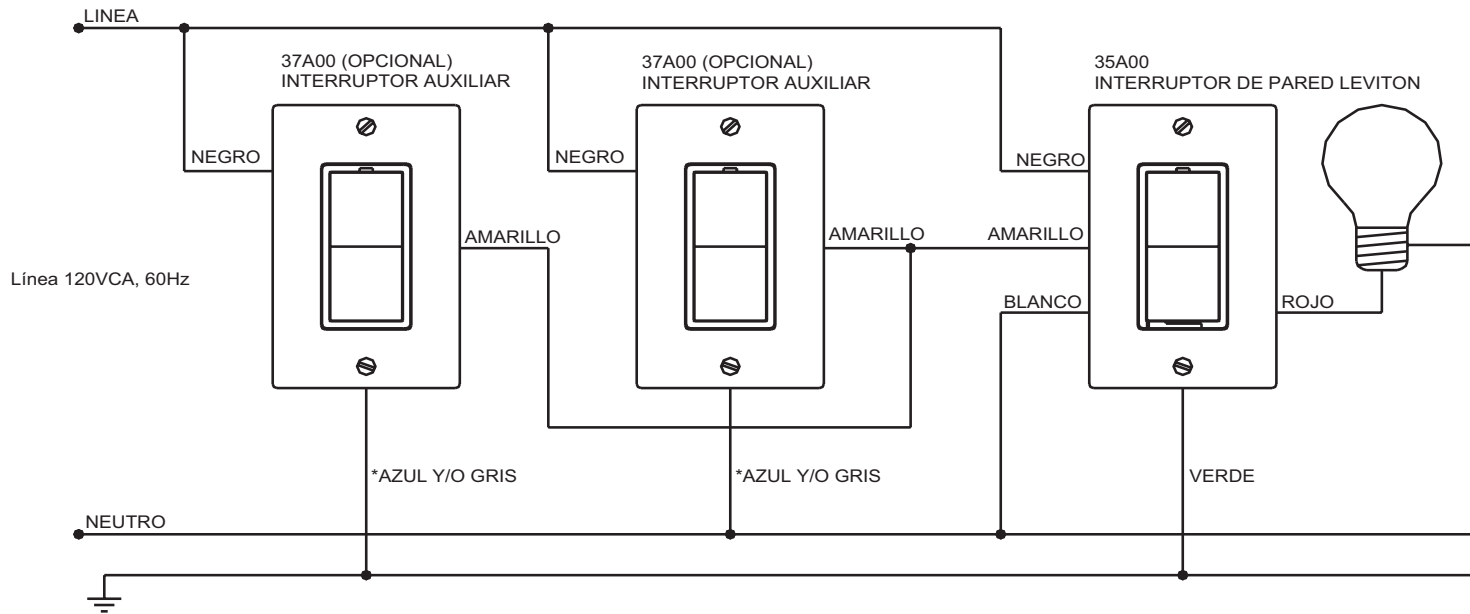
NOTA:

Modo de configuración y parpadeo prevalece sobre el apagado automático. Si el cronómetro de apagado automático está en marcha, y entonces se produce cualquiera de los modos de configuración o parpadeo, el cronómetro de apagado automático se restablecerá y desactivará hasta que el modo de configuración o parpadeo expire.

Restaurar la Configuración de Fábrica

Para restablecer el Interruptor de Pared LEVITON UPB™ a la configuración de fábrica:

Paso	Operación
1	En el Interruptor de Pared LEVITON UPB™ que desea restablecer su configuración de fábrica, toque el interruptor 5 veces rápidamente.
2	El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ destellará la carga luminosa una vez y su LED azul parpadeará indicando que está listo para ser restablecido.
3	Para restablecer las configuraciones de fábrica, presione 10 veces el interruptor rápidamente
4	El Interruptor de Pared LEVITON UPB™ destellará la carga luminosa una vez y su LED rojo parpadeará, indicando que ha sido restablecido.
5	Toque el balancín una vez más para que el LED deje de parpadear.



*CONECTANDO EL CABLE AZUL O/Y GRIS AL NEUTRO ESTABLECE EL COLOR DEL LED INDICADOR. CONECTE EL AZUL PARA EL INDICADOR AZUL, GRIS PARA EL INDICADOR ROJO, O AMBOS PARA EL INDICADOR MAGENTA. EL CABLE AZUL O/Y GRIS SE PUEDE CONECTAR AL NEUTRO O TIERRA, SE RECOMIENDA TIERRA.

ESPECIFICACIONES

Número del Modelo	35A00-1	35A00-1CFL	35A00-3
Atenúa cargas incandescentes	Sí	Sí	Sí (configurable)
Atenúa cargas inductivas	Sí	Sí	Sí (configurable)
No-atenúa cargas fluorescentes	Sí (configurable)	Sí (configurable)	Sí
Potencia máxima de atenuación	600W / 600VA	600W / 600VA	600W / 600VA
Corriente máxima no-atenuable	5A	5A	5A
Conexiones	18 GA	18 GA	18 GA
Indicador LED	Sí	Sí	Sí
Dimensiones	4.1 x 1.75 x 1.45	4.1 x 1.75 x 1.45	4.1 x 1.75 x 1.45
Peso	113 gr. (0.25) lb.	113 gr (0.25 lb.)	113 gr (0.25 lb.)
Montaje	Caja estándar "J"	Caja estándar "J"	Caja estándar "J"
Energía de entrada	120 ± 12 VAC	120 ± 12 V CA	120 ± 12 V CA
Frecuencia de entrada	60 ± 3 Hz	60 ± 3 Hz	60 ± 3 Hz
Temperatura de operación	-40 a 40 °C	(-40 °F a 104 °F)	-40 a 40 °C

NOTA: Es normal que el interruptor zumbe ligeramente durante su operación. También es normal que el interruptor y la placa de pared se sientan tibias al tacto.

DECLARACION DE CONFORMIDAD CON FCC

Este equipo ha sido probado y encontrado que cumple con los límites de un producto Digital Clase B, y cumple con el artículo 15 de las reglas FCC. Estos límites están diseñados para dar protección razonable contra interferencia dañina en instalaciones residenciales.

Este equipo genera, usa y puede irradiar energía de radio frecuencia y si no se instala y usa de acuerdo con las instrucciones puede causar interferencia dañina a las comunicaciones de radio. Sin embargo, no hay garantía que no ocurra interferencia en una instalación particular. Si este equipo causa interferencia a la recepción de radio o televisión, la cual se puede determinar APAGANDO O ENCENDIENDO el equipo, el usuario puede tratar de corregir la interferencia con una o más de las siguientes medidas:

- Reorientar o reubicar la antena de recepción.
- Aumentar la separación entre el equipo y el receptor.
- Conecte el equipo en un contacto en un circuito diferente al del receptor.
- Para ayuda consulte con el vendedor o técnico con experiencia en radio/ televisión.

Información de Derechos de Autor y Marcas Comerciales

Este documento y todo su contenido están sujetos y protegidos por derechos de autor internacionales y otros derechos de propiedad intelectual y son propiedad de Leviton Manufacturing Co., Inc., y sus subsidiarias, afiliadas y/o licenciatarios. © 2013 Leviton Manufacturing Co., Inc. Todos los derechos reservados.

Usar marcas comerciales de terceros, marcas de servicio, nombres comerciales, marcas y/o nombres de productos son sólo para fines informativos, otras marcas son/pueden ser marcas comerciales de sus propietarios respectivos, tal uso no pretende dar a entender afiliación, patrocinio o respaldo.

Otras marcas registradas aquí son propiedad de sus dueños respectivos.

Ninguna parte de este documento se puede reproducir, transmitir o transcribir sin el permiso expreso y por escrito de Leviton Manufacturing Co., Inc.

Vea la siguiente tabla para obtener fabricantes específicos y números de modelo de focos atenuables CFL y LED aprobados para usar con estos atenuadores:

CFL/LED	Fabricante de la Lámpara	Modelo de la Lámpara	Potencia de la Lámpara (W)
CFL	EcoSmart	2R3015DIM	15
CFL	EcoSmart	ES5CCDF052	5
CFL	EcoSmart	ES5M10123	23
CFL	EcoSmart	ES5R315DIM35K	15
CFL	EcoSmart	ES5R315DIM50K	15
CFL	Feit	BPESL15T/DIM	15
CFL	Feit	BPESL23T/DIM	23
CFL	GE / Energy Smart	FLE15/2/DV/R30	15
CFL	GE / Energy Smart	FLE15HT3/2/DV/SW	15
CFL	GE / Energy Smart	FLE26/2/DV/R40	26
CFL	GE / Energy Smart	FLE26HT3/2/DV	26
CFL	Litronics	16AE5L092725	27
CFL	Litronics	18185K085141	5
CFL	Litronics	18185K088141	8
CFL	Litronics	18505A10111	1
CFL	Litronics	18BR5E09152	15
CFL	Litronics / EarthMate	E05129LW	5
CFL	Litronics / EarthMate	E2752AJLW	27
CFL	Nepton	61920-ADIM	20
CFL	Nepton / EarthTronics	CF24SW1BDIM	24
CFL	Phillips	EL/A PAR38	20
CFL	Phillips	EL/A R30 DIM	16
CFL	Phillips	EL/A R40 DIM	20
CFL	Sylvania	CF5EL/A15/827/DIM/BL	5
CFL	Sylvania	CF5EL/B10/827/C/ADP/DIM/BL	5
CFL	Sylvania	CF14EL/R20/DIM	14
CFL	Sylvania	CF14EL/TWIST/DIM	14
CFL	Sylvania	CF19EL/BR40/DIM	19
CFL	Sylvania	CF24EL/TWIST/827/DIM/RP	24
CFL	TCP	2R2014DIM	14
CFL	TCP	40123	23
CFL	TCP	4R3016TD	16
CFL	TCP	CCA05	5
CFL	ULA	SDR23W2P-R30 DIM	23
LED	Cooper Lighting – HALO	ML706830	14
LED	Cree	CR6-0210E	12
LED	Cree	CR6-0323E	12
LED	EcoSmart	ECO-GU24-575L-YOW	12
LED	EcoSmart	G2510003-005	8
LED	EcoSmart	R2010010-013	8
LED	Lemnis Lighting	Pharox 300	6
LED	Phillips	12E26A60	12.5
LED	Phillips	3E12B1 1-E	3
LED	Phillips	6E26R20	6
LED	Phillips	7E26PAR20-E	7
LED	Phillips	8E26A60	8
LED	Sylvania	LED8PAR20/DIM/827/FL36	8
LED	Sylvania	LED8PAR20/DIM/827/NFL25	8
LED	Sylvania	LED8PAR20/DIM/830/NFL25/HVP	8
LED	Sylvania	LED10PAR30/DIM/SG830/WSP15	10
LED	Sylvania	LED11PAR30/DIM/SG/830/SP10	11
LED	TCP	LDA153WH30K	3
LED	Toshiba	218-50053	7.8
LED	Utilitech	0171150	2
LED	Utilitech	0338802	7.5
LED	Utilitech	0352280	3.5

CFL = Lámpara fluorescente compacta

LED = Diodo Emisor de Luz con balastro integrado

GARANTIA LIMITADA DE LEVITON

Leviton garantiza al comprador consumidor original de sus productos y no para beneficio de nadie más que los productos fabricados por Leviton bajo la marca Leviton ("Producto") estará libre de defectos en materiales y mano de obra durante los períodos indicados a continuación, el que sea más corto: • **OmniPro II y Lumina Pro:** tres (3) años a partir de la instalación ó 42 meses desde la fecha de fabricación. • **OmniLT, Omni IIe y Lumina:** dos (2) años a partir de la instalación ó 30 meses desde la fecha de fabricación. • **Termostatos, Accesorios:** dos (2) años a partir de la instalación ó 30 meses desde la fecha de fabricación. • **Baterías:** Las baterías recargables en los productos tienen una garantía de noventa (90) días desde la fecha de compra. **Nota:** Baterías primarias (no recargables) enviadas en los productos no están garantizadas. **Productos que funcionan con sistemas operativos Windows®:** Durante el período de garantía, Leviton restaurará sistemas operativos corrompidos a los valores de fábrica sin costo alguno, siempre y cuando el producto haya sido usado según lo previsto originalmente. Instalar software que no es de Leviton o modificar el sistema de operación anula esta garantía. La obligación de Leviton en esta garantía limitada está limitada a la reparación o reemplazo, a opción de Leviton, del producto que falle debido a un defecto de material o mano de obra. Leviton se reserva el derecho de reemplazar el Producto bajo esta Garantía Limitada con un producto nuevo o remanufacturado. Leviton no será responsable de los gastos de mano de obra por remover o reinstalar el producto. El producto reparado o reemplazado está bajo los términos de esta garantía limitada por el resto del tiempo que queda de la garantía limitada o noventa (90) días, el que sea mayor. Esta garantía limitada no cubre los productos de software en el PC. **Leviton no es responsable de las condiciones o aplicaciones fuera del control de Leviton. Leviton no es responsable de los problemas relacionados con la instalación inadecuada, incluso si no se siguen las instrucciones de instalación y de operación por escrito, uso y desgaste normal, catástrofe, falla o negligencia del usuario u otros problemas externos al producto.** Para ver todo sobre la garantía y las instrucciones para devolver el producto, por favor visítenos en www.leviton.com.

LEVITON UPB™ 6-BUTTON SCENE SWITCH WITH IR RECEIVER

Cat. No. 38A00-1

Installation Instructions and User's Guide

LEVITON®

DI-022-HL381-05AAR2243
(38100-1)

INSTALLATION

ENGLISH

WARNINGS AND CAUTIONS

- **TO AVOID FIRE, SHOCK, OR DEATH; TURN OFF POWER** at circuit breaker or fuse and test that power is off before wiring!
- To be installed and/or used in accordance with appropriate electrical codes and regulations.
- If you are unsure about any part of these instructions, consult an electrician.

WARNINGS AND CAUTIONS

- Use this device with **copper or copper-clad wire only**.
- For indoor use only.
- **SAVE THESE INSTRUCTIONS.**

Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch Overview

The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch (**Figure 1**) allows for lighting control of a room where Leviton UPB™ Wall Switches have been installed. It uses the UPB™ two-way powerline communication technology to communicate with Leviton controllers, UPB™ Wall Switches, and other UPB™ devices on the network.

The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch has six pushbuttons labeled ON, A, B, C, D, and OFF (although these buttons may be custom engraved). Each pushbutton is slightly backlit so that the buttons can be seen in a dark room. Depending on configuration of the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch, one or more of the six pushbuttons will be distinctly illuminated, indicating the pushbutton has been pressed or a scene has been selected. Each lighting scene pushbutton (A-D) can be configured to custom fit an individual's lifestyle and desires. UPB™ Wall Switch Dimmers are capable of storing preset light levels and fade rates to create powerful lighting scenes.

The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch is also equipped with an IR receiver. Using the Leviton 38A14-1 Scene Switch Remote Control, or any learning remote control, the pushbuttons on the Scene Switch can be activated. Point the remote control at the Scene Switch and the room can be turned on, turned off, dimmed, brightened, or set to a scene (A-D).

Figure 1 - Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch

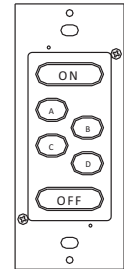
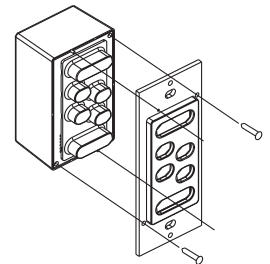


Figure 2 – Changing Switch Color



Changing Switch Color

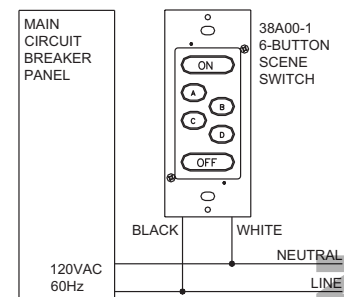
The color of the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch may be changed to complement the interior décor. The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch is supplied with a white bezel. Additional colors are available; contact your Leviton distributor for more information. When changing the bezel, make sure that the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch is disconnected from all power, and proceed as follows:

1. The bezel attaches to the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch with two small Phillips head screws: one on the upper-right corner and one on the lower-left corner (**Figure 2**).
2. Using a small-bladed Phillips screwdriver, unscrew each of the two screws. Remove the bezel from the back housing.
3. Install the new bezel by aligning the mounting holes on the bezel with the installation pins on the back housing. Secure bezel to back housing with the two Phillips screws that were removed in **Step 1**.

INSTALLATION INSTRUCTIONS

1. **TO AVOID FIRE, SHOCK, OR DEATH; TURN OFF POWER** at circuit breaker or fuse and test that power is off before wiring!
2. If applicable, remove the faceplate from the existing device, remove the existing device from the wall box, and disconnect the wires from the existing device. Identify the "Line" (black) and "Neutral" (white) wires.
3. Remove 3/4" of insulation from each of the wires on the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch. Install the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch by connecting wires per wiring configuration shown in **Figure 3**.
4. After all connections have been made, be certain that all wire connectors are firmly attached and there is no exposed copper.
5. Gently place the wires and Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch into the wall box with the ON pushbutton at the top of device. Using the supplied screws, attach the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch to the wall box.
6. Before installing the faceplate, restore power to the circuit for testing.
7. After testing the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch for proper local operation, install a Decora® faceplate over the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch.

Figure 3 – Wiring Diagram



Leviton UPB™ 6-BUTTON SCENE SWITCH OPERATION

The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch has many configurable items that can be set using the UPB™ UPStart configuration software. The following describes the operation of the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch in its factory default configuration.

The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch has six pushbuttons labeled ON, A, B, C, D, and OFF (although these buttons may be custom engraved), which are used to control six lighting scenes. When the pushbutton labeled "ON" is pressed, the LED behind the "ON" pushbutton is illuminated and any other is turned off. When the pushbutton labeled "OFF" is pressed, the LED behind the "OFF" pushbutton is illuminated and any other is turned off. When one of the pushbuttons labeled "A", "B", "C", or "D" is pressed, the LED behind the respective pushbutton is illuminated and any other is turned off. No more than one pushbutton is illuminated at a time.

Pushbutton Operation

In its factory default configuration, the "ON" pushbutton will brighten the UPB™ Wall Switch Dimmers to 100% at each switch's default fade rate when pressed. When the "ON" pushbutton is double-tapped, the UPB™ Wall Switch Dimmers will snap to 100%. When pressed or double-tapped, the "ON" pushbutton will illuminate and any others are turned off. The "ON" pushbutton is also used to brighten the last lighting scene that was turned on. When the "ON" pushbutton is pressed and held down, the UPB™ Wall Switch Dimmers will slowly brighten, and then stop brightening when the "ON" pushbutton is released.

In its factory default configuration, the "OFF" pushbutton will fade the UPB™ Wall Switch Dimmers to 0% (off) at each switch's default fade rate when pressed. When the "OFF" pushbutton is double-tapped, the UPB™ Wall Switch Dimmers will snap to 0%. When pressed or double-tapped, the "OFF" pushbutton will illuminate and any others are turned off. The "OFF" pushbutton is also used to dim the last lighting scene that was turned on. When the "OFF" pushbutton is pressed and held down, the UPB™ Wall Switch Dimmers will slowly dim, and then stop dimming when the "OFF" button is released.

In its factory default configuration, the "A" pushbutton will brighten the UPB™ Wall Switch Dimmers to 80% at each switch's default fade rate when pressed or double-tapped. When pressed, the "A" pushbutton will illuminate and any others are turned off.

In its factory default configuration, the "B" pushbutton will brighten the UPB™ Wall Switch Dimmers to 60% at each switch's default fade rate when pressed or double-tapped. When pressed, the "B" pushbutton will illuminate and any others are turned off.

In its factory default configuration, the "C" pushbutton will brighten the UPB™ Wall Switch Dimmers to 40% at each switch's default fade rate when pressed or double-tapped. When pressed, the "C" pushbutton will illuminate and any others are turned off.

In its factory default configuration, the "D" pushbutton will brighten the UPB™ Wall Switch Dimmers to 20% at each switch's default fade rate when pressed or double-tapped. When pressed, the "D" pushbutton will illuminate and any others are turned off.

CONFIGURING THE Leviton UPB™ 6-BUTTON SCENE SWITCH

The Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch is designed to control a room of lighting using Leviton Lighting Control (HLC) but also has several configuration options that can be enabled or modified using the UPB™ UPStart configuration software.

WEB VERSION

Option	Factory Default	Leviton Lighting Control (HLC)
"ON" Pushbutton	On Button / Link 001	Turns all lighting loads in the room on at their default fade rate.
"OFF" Pushbutton	Off Button / Link 002	Turns all lighting loads in the room off at their default fade rate.
"A", "B", "C", and "D" Pushbutton	Scene Activator / Links 003, 004, 005, 006 – respectively	Activates four different lighting scenes in the room.
"ON", "OFF", "A", "B", "C", and "D" LED Indicators	Each LED Indicator is assigned to its pushbutton's Link ID Each LED Indicator is mutually exclusive (only one LED is on at a time).	When any light in the room is turned on or the "On" pushbutton is pressed, the "ON" pushbutton is illuminated and any other is turned off. When all lights in the room are turned off or the "OFF" pushbutton is pressed, the "OFF" pushbutton is illuminated and any other is turned off. When pushbutton "A", "B", "C", or "D" is pressed, the respective pushbutton is illuminated and any other is turned off.
UPB Transmission Attempts	2	No change
UPB ID	NID = 255 UID = 080	Leviton controller configures Network ID (NID), Unit ID (UID), Network Password, Network Name, Room Name, Device Name, etc.
LED Brightness	High	No change.
LED Backlighting	Enabled	No change.

Configuring Lighting Scenes

Leviton UPB™ 6-Button Scene Switches are designed to work with UPB™ Wall Switch Dimmers to create custom lighting scenes. Each pushbutton on the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch can be easily configured for new lighting scenes as follows:

Step	Operation
1	Press the pushbutton on the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch to activate the current scene (preset lighting level) in each of the UPB™ Wall Switch Dimmers.
2	Use the local rocker switch on each UPB™ Wall Switch Dimmer(s) to set the desired lighting level(s).
3	Press the pushbutton on the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch five (5) times quickly.
4	Each UPB™ Wall Switch Dimmer will flash its lighting load one time to indicate that the new level has been configured.

Setup Mode

To configure the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch using an Leviton controller or a PC running the UPB™ UPStart configuration software, it must be put into Setup Mode as follows:

Step	Operation
1	Press and hold the "ON" and "OFF" pushbuttons simultaneously for at least 3 seconds.
2	All of the LED indicators will blink to indicate that the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch is in Setup Mode.

Reset to Factory Default Settings

To reset the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch to factory default settings:

Step	Operation
1	Press and hold the "ON" and "OFF" pushbuttons simultaneously for at least 3 seconds.
2	All of the LED indicators will blink to indicate that the Leviton UPB™ 6-Button Scene Switch is in Setup Mode.
3	Press and hold the "A" and "D" pushbuttons simultaneously for at least 3 seconds.
4	The LED indicators will stop blinking and the "A" and "D" pushbuttons will illuminate to indicate that it has been reset.

SPECIFICATIONS

Model Number	38A00-1
Number of Backlit Pushbuttons with LED Indicators	6
Connections	18 GA
Dimensions	4.1 x 1.7 x 1.5
Weight	0.25 lb.
Mounting	Standard J Box
Input Power	120 ± 12 VAC
Input Frequency	60 ± 3 Hz
Operating Temperature	-40 °F to 104 °F

NOTE: It is normal for this switch to make a slight buzzing sound during operation.

FCC Compliance

This equipment has been tested and found to comply with the limits for a Class B digital device, pursuant to part 15 of the FCC Rules. These limits are designed to provide reasonable protection against harmful interference in a residential installation. This equipment generates, uses and can radiate radio frequency energy and, if not installed and used in accordance with the instructions, may cause harmful interference to radio communications. However, there is no guarantee that interference will not occur in a particular installation. If this equipment does cause harmful interference to radio or television reception, which can be determined by turning the equipment off and on, the user is encouraged to try to correct the interference by one or more of the following measures:

- Reorient or relocate the receiving antenna.
- Connect the equipment into an outlet on a circuit different from that to which the receiver is connected.
- Increase the separation between the equipment and receiver.
- Consult the dealer or an experienced radio/TV technician for help.

FOR CANADA ONLY

For warranty information and/or product returns, residents of Canada should contact Leviton in writing at **Leviton Manufacturing of Canada Ltd to the attention of the Quality Assurance Department, 165 Hymus Blvd, Pointe-Claire (Quebec), Canada H9R 1E9** or by telephone at **1 800 405-5320**.

LEVITON LIMITED WARRANTY

Leviton warrants to the original consumer purchaser and not for the benefit of anyone else that products manufactured by Leviton under the Leviton brand name ("Product") will be free from defects in material and workmanship for the time periods indicated below, whichever is shorter: • **OmniPro II and Lumina Pro:** three (3) years from installation or 42 months from manufacture date. • **OmniLT, Omni IIe, and Lumina:** two (2) years from installation or 30 months from manufacture date. • **Thermostats, Accessories:** two (2) years from installation or 30 months from manufacture date. • **Batteries:** Rechargeable batteries in products are warranted for ninety (90) days from date of purchase. **Note:** Primary (non-rechargeable) batteries shipped in products are not warranted. **Products with Windows® Operating Systems:** During the warranty period, Leviton will restore corrupted operating systems to factory default at no charge, provided that the product has been used as originally intended. Installation of non-Leviton software or modification of the operating system voids this warranty. Leviton's obligation under this Limited Warranty is limited to the repair or replacement, at Leviton's option, of Product that fails due to defect in material or workmanship. Leviton reserves the right to replace product under this Limited Warranty with new or remanufactured product. **Leviton will not be responsible for labor costs of removal or reinstallation of Product.** The repaired or replaced product is then warranted under the terms of this Limited Warranty for the remainder of the Limited Warranty time period or ninety (90) days, whichever is longer. This Limited Warranty does not cover PC-based software products. **Leviton is not responsible for conditions or applications beyond Leviton's control. Leviton is not responsible for issues related to improper installation, including failure to follow written installation and operation instructions, normal wear and tear, catastrophe, fault or negligence of the user or other problems external to the Product.** To view complete warranty and instructions for returning product, please visit us at www.leviton.com.

Use herein of third party trademarks, service marks, trade names, brand names and/or product names are for informational purposes only, are/may be the trademarks of their respective owners; such use is not meant to imply affiliation, sponsorship, or endorsement.

MÓDULO PARA LÁMPARA UPB™

No. de Cat. 59A00-1

Instrucciones de Instalación

LEVITON®

DI-022-HL591-45A (59A00-1)

INSTALACION

ESPAÑOL

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

- **ADVERTENCIA: PARA EVITAR FUEGO, DESCARGA ELECTRICA, O MUERTE, INTERRUMPA LA ENERGIA** mediante el interruptor de circuito o fusible. ¡Asegúrese que el circuito no este energizado antes de iniciar la instalacion!
- Para ser instalado y/o usado de acuerdo con los códigos eléctricos y normas apropiadas.
- Si usted no esta seguro acerca de alguna parte de estas instrucciones, consulte a un electricista.
- El módulo para lámpara UPB™ es sólo para ser usado con cargas incandescentes o de tungsteno.

Descripción General del Módulo para Lámpara UPB™

El Módulo para Lámpara UPB™ (Figura 1) es un atenuador enchufable que incorpora la tecnología de comunicación de dos vías UPB™, lo que le da la capacidad de ser controlado remotamente por un control UPB™ compatible. El módulo tiene un contacto UPB™ controlable que puede detectar el interruptor local de encendido/apagado para encender la lámpara, incluso después de haber sido apagada utilizando un control UPB™. El Módulo para Lámpara UPB™ también es capaz de transmitir mensajes UPB™ (incluyendo nivel de luz actual) cuando el interruptor local de la lámpara se usa para encender la lámpara.

Cada módulo se puede configurar para que se ajuste a las necesidades y deseos particulares de cada persona. El módulo es capaz de almacenar hasta 16 niveles de luz prefijados y capacidad de atenuado para crear ambientes de iluminación de gran alcance. El módulo se puede ajustar en un modo no atenuable con el fin de controlar otras cargas como luces fluorescentes.

INSTRUCCIONES DE INSTALACION

El módulo para lámpara UPB™ simplemente se conecta a un contacto de corriente estándar de 120VCA.

Información de la Carga

La carga total conectada al contacto controlado UPB™ no debe exceder de 300 Watts.

OPERACION DEL MODULO PARA LAMPARA

El módulo tiene muchos elementos configurables que se pueden ajustar mediante el programa (software) UPStart UPB™. A continuación se describe el funcionamiento del módulo en su configuración predeterminada de fábrica.

Operación de Disparo del Interruptor de la Lámpara

El módulo se puede configurar para detectar el interruptor de encendido/apagado local para encender la lámpara, incluso después de haber sido apagada por un control UPB™. De fábrica, el módulo viene con el disparo del interruptor activada.

Nota: Esta función no trabaja con todos los tipos de carga (por ejemplo, cargas de iluminación fluorescente) y puede estar desactivada.

Indicador LED

El módulo para Lámpara UPB™ viene equipado con un indicador LED multicolor que normalmente se ilumina azul cuando la carga está apagada. El LED se apaga cuando se enciende la carga o cuando se ajusta en cualquier nivel entre 1-100%.

Modo Configuración

Para configurar el módulo para lámpara UPB™ usando un control o una PC corriendo el software UPStart UPB™, éste se debe poner en el Modo Configuración de la siguiente manera:

Paso	Operación
1	Presione el botón del interruptor 5 veces rápidamente.
2	El módulo para lámpara UPB™ destellará la carga luminosa iluminando la carga una vez y el LED azul parpadeará para indicar que está en Modo Configuración. Nota: el módulo de la lámpara saldrá del modo de configuración después de 5 minutos.

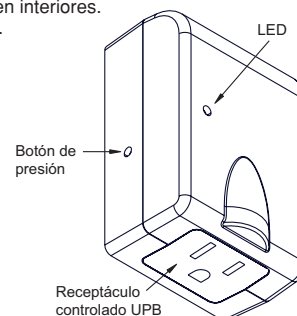
ESPECIFICACIONES

Atenuación de cargas incandescentes	Sí
Atenuación de cargas inductivas	No
No atenúa cargas fluorescentes	Sí (configurable)
Potencia máxima de atenuación	300W
Corriente máxima no atenuable	2.5A
Conexiones	Receptáculo estándar
Indicador LED	Sí
Dimensiones	7.62 cm x 5.08 cm x 3.30 cm (3" x 2" x 1.3")
Peso	113.39 gr. (0.25 lb.)
Montaje	Con clavija enchufablePágina 3 de 4
Energía de entrada	120 ± 12 V CA
Frecuencia de entrada	60 ± 3 Hz
Temperatura de operación	-40 °C a 40°C (-40 °F a 104 °F)

ADVERTENCIAS Y PRECAUCIONES

- Para reducir el riesgo de sobrecalentamiento y posible daño a este aparato u otro equipo, cuando es configurado como atenuador, no lo use para controlar un receptáculo, artefacto operado a motor, iluminación fluorescente, o aparato con transformador suministrado.
- Use este producto sólo con **cable de cobre o revestido de cobre**.
- Este producto es únicamente para uso en interiores.
- CONSERVE ESTAS INSTRUCCIONES.

FIGURA 1 – Módulo de Lámpara UPB™



Modo Prueba

El contacto controlado por el módulo para lámpara se puede probar usando el Modo de Prueba (Test Mode). El módulo se puede poner en el Modo de Prueba siguiendo los pasos:

Paso	Operación
1	Presione y sostenga el botón por lo menos 3 segundos para ingresar al Modo Prueba.
2	El LED del módulo para lámpara UPB™ parpadeará continuamente en color magenta para indicar que está en el Modo de Prueba. Nota: El módulo saldrá automáticamente del Modo Prueba después de 5 minutos.
3	Presione 1 vez el botón para encender y apagar el contacto del control UPB™.
4	Presione y sostenga el botón por lo menos 3 segundos para salir del Modo Prueba.

Restablecer los Ajustes de Fábrica

Para restablecer el Módulo para Lámpara UPB™ a su configuración inicial de fábrica:

Paso	Operación
1	En el módulo que quiera restablecer a sus valores de fábrica, presione el botón 5 veces rápidamente.
2	El módulo para lámpara UPB™ destellará la carga luminosa una vez y el LED parpadeará en azul para indicar que está listo para ser reiniciado a la configuración de fábrica.
3	Presione el botón 10 veces rápidamente para restablecer la configuración de fábrica.
4	El módulo para lámpara UPB™ destellará la carga luminosa una vez y el LED parpadeará en rojo para indicar que el dispositivo ha sido restablecido a los valores de fábrica.
5	Presione el botón una vez más para detener el parpadeo del LED.

New UPB/HLC solutions made simple!

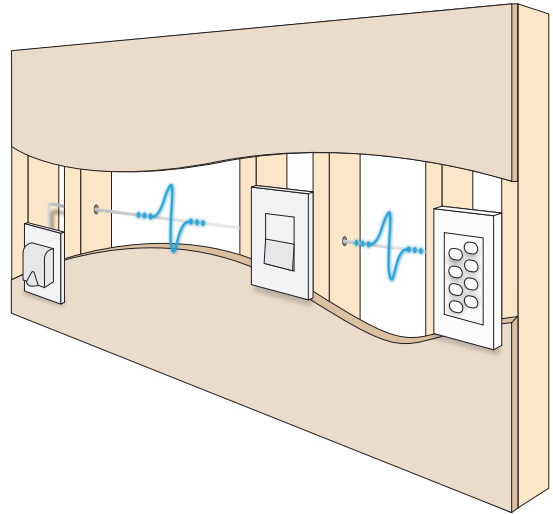
Leviton is introducing a new simple to install and easy to program lighting system based on UPB technology called HLC lighting.

What is UPB?

Universal Powerline Bus (UPB) uses existing electrical wire for communication using digital pulses.

Is UPB Reliable?

Yes! UPB signals are inherently reliable because of the high signal strength and lower frequency used to communicate over the power line. Signals can be sent over very long runs of cabling which increases the variety and scale of applications.



The HLC 6 button Scene Switch

Master, pre-programmed device that controls dimmers, plug-ins, 30 amp load control modules, etc.

- 6 lighting scenarios are pre-programmed
- Custom engraving available
- Reports scene status via LED's
- IR Control built in



Adjusting or configuring a new scene on the keypad

- Select desired scene button to learn new settings
- Adjust light levels on dimmers, etc.
- Tap scene button 5 times to learn new scene

