

ACCESO A INTERNET MEDIANTE LA RED ELÉCTRICA DOMICILIARIA

CARLOS FRANCISCO TOLEDO FLÓREZ

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA

2005

ACCESO A INTERNET MEDIANTE LA RED ELÉCTRICA DOMICILIARIA

CARLOS FRANCISCO TOLEDO FLÓREZ

Monografía para optar el título de Especialista en Telecomunicaciones

Director

PEDRO JAVIER TRUJILLO TARAZONA

Magíster en Informática

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER  
ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y  
TELECOMUNICACIONES  
ESPECIALIZACIÓN EN TELECOMUNICACIONES  
BUCARAMANGA

2005

A DIOS, por ser el ser que lo hace todo posible  
A mi madre por se la inspiradora de todo mi proyecto de vida.  
A mi padre por ser el motor del más halla que me brinda energía  
en momentos difíciles. Gracias

**TOLEDO**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a

Pedro Javier Trujillo por su compromiso como director de ésta monografía, así como su apoyo constante a lo largo de éste trabajo.

A la UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS por darme el honor de obtener un título más en tan respetable institución.

A la ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES por darme la oportunidad de permanecer en sus aulas y obtener el mayor conocimiento.

A todos los profesores de la especialización que se esmeraron al máximo por compartir sus conocimientos y solucionar nuestras dudas.

A mis amigos que hacen parte de mi construcción personal y profesional.

## CONTENIDO

<b>1 INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>1.1 OBJETIVO GENERAL</b>	<b>3</b>
<b>1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS</b>	<b>3</b>
<b>2 ORIGEN E HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA PLC</b>	<b>4</b>
<b>2 CARACTERÍSTICAS DE POWER LINE COMMUNICATIONS</b>	<b>9</b>
<b>2.1 VENTAJAS DE PLC</b>	<b>10</b>
<b>2.2 DESVENTAJAS DE PLC</b>	<b>12</b>
<b>3 FUNCIONAMIENTO DE PLC</b>	<b>16</b>
<b>3.1 ARQUITECTURA PLC</b>	<b>18</b>
<b>3.1.1 CABECERA (HEAD END)</b>	<b>20</b>
<b>3.1.1.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LA HE O CABECERA</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2 EI MODEM O CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT (CPE)</b>	<b>22</b>
<b>3.1.2.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS MÓDEMS</b>	<b>23</b>
<b>3.1.3 REPETIDOR O HOME GATEWAY</b>	<b>27</b>
<b>3.1.4 ACOPLADOR</b>	<b>28</b>
<b>3.1.5 LA UNIDAD DE ACONDICIONAMIENTO HFCPN</b>	<b>29</b>
<b>3.2 NORMALIZACIÓN</b>	<b>30</b>
<b>4 TECNOLOGÍAS PLC DE BANDA ANCHA</b>	<b>34</b>
<b>4.1 TECNOLOGÍA DS2</b>	<b>34</b>
<b>4.1.1 MÓDEM PLC</b>	<b>34</b>
<b>4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA DS2</b>	<b>35</b>
<b>4.2 TECNOLOGÍA INTELLON</b>	<b>35</b>
<b>4.2.1 CARACTERÍSTICAS DE INTELLON</b>	<b>37</b>
<b>4.2.2 ENRUTADOR RD51X1-RTR</b>	<b>37</b>
<b>4.3 TECNOLOGÍA SUMITOMO</b>	<b>39</b>
<b>4.4 TECNOLOGÍA XELINE</b>	<b>40</b>
<b>4.4.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE XELINE</b>	<b>40</b>
<b>4.5 MAIN.NET POWER LINE COMMUNICATIONS</b>	<b>42</b>

<b>4.5.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE MAIN.NET</b>	<b>43</b>
<b>4.5.2 NTPLUS (NETWORK TERMINATION)</b>	<b>43</b>
<b>4.5.3 RPPLUS (REPEATER)</b>	<b>43</b>
<b>4.5.4 CUPLUS (CONCENTRATOR)</b>	<b>44</b>
<b>4.5.5 NMPLUS (NETWORK MANAGEMENT)</b>	<b>44</b>
<b>4.6 YITRAN COMMUNICATIONS</b>	<b>44</b>
<b>4.6.1 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE YITRAN</b>	<b>45</b>
<b>5 SERVICIOS QUE OFRECE PLC</b>	<b>47</b>
<b>6 EJEMPLOS DE PLC EN EL MUNDO</b>	<b>49</b>
<b>6.1 AMERICA LATINA</b>	<b>49</b>
<b>6.2 ESPAÑA</b>	<b>51</b>
<b>6.3 ESTADOS UNIDOS</b>	<b>53</b>
<b>6.4 EUROPA</b>	<b>54</b>
<b>CONCLUSIONES</b>	<b>55</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>56</b>

## LISTA DE TABLAS

<b>TABLA 1 COMPARACIÓN CON OTRAS TECNOLOGÍAS</b>	<b>14</b>
<b>TABLA 2 CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LOS CIRCUITOS INTEGRADOS U-530 Y U-540</b>	<b>38</b>
<b>TABLA 3 CARACTERÍSTICAS DE LOS EQUIPOS DE CABECERA Y REPETIDORES UMINOTO</b>	<b>39</b>
<b>TABLA 4 DESCRIPCIÓN DE LOS PINES DEL ITM1</b>	<b>46</b>
<b>TABLA 5 PRUEBAS REALIZADAS EN EUROPA</b>	<b>54</b>

## **LISTA DE FIGURAS**

<b>FIGURA 1 ARQUITECTURA DE TECNOLOGÍAS DE ACCESO A INTERNET</b>	<b>14</b>
<b>FIGURA 2 ESQUEMA GENERAL DE UN SISTEMA ELÉCTRICO INTERACTUANDO CON PLC</b>	<b>17</b>
<b>FIGURA 3 ARQUITECTURA DE UNA RED PLC</b>	<b>20</b>
<b>FIGURA 4 CONEXIÓN DE LA CABECERA</b>	<b>21</b>
<b>FIGURA 5 CONEXIÓN DE UN MODEM PARA VARIOS USUARIOS</b>	<b>23</b>
<b>FIGURA 6 CONEXIÓN DE UN MODEM EN EL HOGAR U OFICINA</b>	<b>24</b>
<b>FIGURA 7 VISTA FRONTAL DE UN MODEM PLC</b>	<b>25</b>
<b>FIGURA 8 VISTA POSTERIOR DEL MODEM</b>	<b>26</b>
<b>FIGURA 9 CONEXIÓN DE UN MODEM A UN PC Y A UN TELÉFONO RESPECTIVAMENTE</b>	<b>27</b>
<b>FIGURA 10 CONEXIÓN DE UN REPETIDOR O HOME GATEWAY</b>	<b>28</b>
<b>FIGURA 11 ESTRUCTURA DE LA UNIDAD DE ACOUPLE</b>	<b>29</b>
<b>FIGURA 12 ESTAMENTOS REGULADORES DE PLC</b>	<b>33</b>
<b>FIGURA 13 ARQUITECTURA DE CIRCUITO INTEGRADO INT51X1</b>	<b>36</b>
<b>FIGURA 14 ARQUITECTURA XPLC21A</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 15 OTROS DISPOSITIVOS DE LA RED PLC</b>	<b>41</b>
<b>FIGURA 16 DIAGRAMA DEL MODEM ITM1</b>	<b>45</b>
<b>FIGURA 17 SERVICIOS QUE OFRECE PLC</b>	<b>47</b>

## GLOSARIO

**ARQ (Automatic Repeat Request):** Protocolo utilizado en enlaces para la detección de errores, que utiliza medidores de tiempo, mensajes de recepción y retransmisiones. Estos esquemas permiten saber si una trama ha sido recibida correctamente, y en caso de existir alguna anomalía se procede a Repetir Automáticamente el Envío.

**Backbone:** Parte de la red que soporta la mayor parte del tráfico de datos. También conocida como troncal, conecta redes más pequeñas o nodos, para crear redes de mayor tamaño. Normalmente transmite los datos a una velocidad más elevada que el resto de la red. En redes muy grandes, como Internet, puede haber varias troncales, cada una de las cuales cubre grandes zonas de la red. En redes pequeñas, la troncal se puede llamar bus. Literalmente, backbone significa columna vertebral.

**DES (Data Encryption Standard):** (Estándar de Encriptación de Datos) Un algoritmo simétrico que codifica los textos haciendo bloques de datos de 64 bits y utilizando una clave de 56 bits.

**DMT (Discrete MultiTone):** Es la solución elegida en el estándar ADSL para la modulación. Consiste básicamente en el empleo de varias subportadoras, cada una de las cuales se modula en QAM por parte de la información a transmitir. La modulación y la demodulación consisten en la IFFT (Transformada Rápida de Fourier Inversa) y la FFT (Transformada Rápida de Fourier), respectivamente, de la secuencia de símbolos a transmitir. Estas operaciones son efectuadas por el DSP del módem.

**FEC (Forward Error Correction):** Corrección de errores adelantada, cuando se detecta un error, el receptor intenta por sí solo recuperar la información original. Por tanto sólo es necesario un enlace unidireccional. Se contrapone al ARQ donde

cuando se detecta un error, el receptor pide al transmisor que repita de nuevo la información enviada y necesita de un enlace bidireccional.

**GPSI (General Purpose Serial Interface):** Interfaz de serie para diversos fines. Permite acceder directamente al medio de transmisión si se desea una pauta externa de codificación/decodificación.

**HMAC (Hierarchical Medium Access Control):** Control de acceso al medio jerárquico basado en CSMA\CA para comunicaciones por línea de potencia.

**IEEE 802.1Q:** Estándar desarrollado para solucionar el problema de segmentar grandes redes en pequeñas redes, para que el broadcast y el multicast no genere más tráfico que el necesario.

**MAC (Medium Access Control):** Control de acceso al medio, especifica el mecanismo utilizado para que distintas estaciones puedan utilizar un único medio compartido para transmitir sus datos.

**SNMP (Simple Network Management Protocol):** Protocolo simple de gestión de red, es un protocolo diseñado para dar al usuario capacidad de manejar remotamente los dispositivos de una red, mediante la monitorización de eventos que ocurren. Está compuesto del MIB, del gestor y del agente gestionado. SNMP funciona sobre TCP/IP en su nivel de aplicación.

**SNR (Signal to Noise Ratio):** Relación señal a ruido, medida de la potencia de la señal respecto al ruido y determina la calidad con la que llega al receptor.

**TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol):** Lenguaje que rige las comunicaciones en Internet. Conjunto de instrucciones de cómo se deben enviar los paquetes de información por distintas redes. También tiene como función la verificación de errores para verificar que los paquetes lleguen a su destino final en el orden adecuado.

**Throughput:** Cantidad real de datos que son transmitidos a algún punto de la red.

**UL (Underwriters Laboratories Inc.):** Organización independiente sin fines de lucro que se encarga de probar la calidad y seguridad de productos que salen al mercado, esta entidad fue fundada en 1894, cada año certifica alrededor de 16 billones de productos a nivel mundial.

**Última milla:** Acceso inicial de la puerta de un cliente a un backbone, último tramo de una línea de comunicación que da el servicio al usuario.

**Wireless (Inalámbrico):** Es un sistema de comunicación que utiliza ondas de radiofrecuencia, ultrasonido o rayos infrarrojos (IR) para intercambiar datos entre dispositivos. En Internet, este término es utilizado para indicar que la transmisión de información se efectúa prescindiendo de cables

TITULO: ACCESO A INTERNET MEDIANTE LA RED ELÉCTRICA DOMICILIARIA \*.

AUTOR: CARLOS FRANCISCO TOLEDO FLOREZ \*\*

PALABRAS CLAVES: PORTADORA POR LÍNEA DE POTENCIA  
MÓDEM  
BANDA ANCHA  
ALTA VELOCIDAD  
RED ELÉCTRICA  
ACCESO A INTERNET

#### DESCRIPCIÓN

El concepto de portadora por línea de potencia es muy antiguo y aplicado a bajas velocidades en los sistemas de control de empresas energéticas, pero en esta monografía se da una descripción de cómo acceder a Internet utilizando la tecnología PLC de banda ancha y de gran velocidad, explicando su evolución a lo largo del tiempo y de cómo paso de utilizarse para contadores eléctricos a brindar una solución de última milla muy adecuada para acceder a Internet.

La presente monografía tiene como fin describir los principales elementos y dispositivos que constituyen una red PLC, así como su estructura y arquitectura para poder tener un parámetro de comparación con otras tecnologías de acceso a Internet. También se menciona alguna normalización existente que es utilizada.

Además se pretende abarcar las tecnologías más importantes y representativas de acceso a Internet mediante portadora por línea de potencia que hay en la actualidad y establecer la situación actual de esta tecnología a nivel mundial, regional y local, así como conocer sus ventajas y desventajas más importantes que presenta frente a otras tecnologías ampliamente implementadas. En la última sección se describen los casos más exitosos y pruebas pilotos de implementación de esta tecnología alrededor del mundo y sus conclusiones.

---

\* MONOGRAFÍA

\*\* ESCUELA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA Y DE TELECOMUNICACIONES  
PEDRO JAVIER TRUJILLO TARAZONA

TITLE: ACCESS TO INTERNET BY POWER LINE CARRIER<sup>\*</sup>

AUTHOR: CARLOS FRANCISCO TOLEDO FLÓREZ<sup>\*\*</sup>

KEY WORDS: POWER LINE CARRIER  
MODEM  
BROADBAND  
HIGH SPEED  
ELECTRICAL NETWORK  
ACCESS TO INTERNET

#### DESCRIPTION

The concept of power line carrier is not very new and it is applied at low speeds in control systems of electrical companies, but in this monograph a description of how acceding to internet using technology PLC of broadband and great speed occurs, explaining its evolution throughout the time and of how step to be used to measure electrical accountants to offer a solution of last mile very adapted to access to internet.

The present monograph has the object to describe the main elements and devices that constitute a PLC network, also its structure and architecture network and to compare with other technologies to access internet; in this item some used standardization is mentioned.

In addition it is tried to include the most important and representative technologies of access internet by power line carrier that there is at the present time and to establish the present situation of this technology at world wide, regional and local level; as well as to know its more important advantages and disadvantages, with respect to other technologies widely implemented. In the last section the most successful cases and tests of implementation of this technology around the world are described and its conclusions are in the last part.

---

<sup>\*</sup> MONOGRAPH

<sup>\*\*</sup> ELECTRIC, ELECTRONIC AND TELECOMMUNICATIONS SCHOOL  
PEDRO JAVIER TRUJILLO TARAZONA

## INTRODUCCIÓN

Desde el principio de los tiempos el ser humano ha buscado la forma de comunicarse, su necesidad de transmitir y recibir información, ha tenido un incremento muy notorio en los últimos años debido a las grandes velocidades y al aumento de la capacidad del canal en nuevas tecnologías, popularizándose aún más con el acercamiento de Internet al usuario. Este acercamiento ha convertido a Internet en el medio de acceso a la información más utilizado y más eficaz en el ámbito familiar y empresarial.

Observando estas y otras características del creciente desarrollo y penetración de Internet en los hogares universales, el propósito de éste trabajo es describir y exponer una nueva forma de acceso no muy difundida; pero con muchas ventajas en comparación con tecnologías existentes y ampliamente conocidas a nivel mundial.

El tema a tratar en la presente monografía se centra en la utilización de la tecnología PLC que en el contexto de este trabajo tiene dos significados (Power Line Carrier y Power Line Communication). El primero de ellos se refiere a la tecnología como tal y el segundo es el nombre comercial que se le da a los sistemas que utilizan los cables eléctricos para transmisión de datos y se basa en la tecnología Power Line Carrier.

El siguiente trabajo se encuentra dividido en 6 capítulos que enmarcan el desarrollo de la tecnología PLC desde sus comienzos hasta su implementación en pruebas piloto en diversos países, a continuación se dará una breve introducción del contenido principal de cada capítulo para familiarizarnos más con el tema.

En la primera sección se recopila información del marco teórico, origen y una breve historia de la aparición de la tecnología PLC desde sus comienzos. En el siguiente capítulo se explicara las ventajas y algunos inconvenientes que presenta esta tecnología, en el tercer numeral se explica el modo de operación y como está

constituido; así como su arquitectura de red, con una visión de los dispositivos que la conforman. En la cuarta sección se detallan las características de los más importantes fabricantes de tecnología PLC de alta velocidad para acceso a Internet. En el capítulo cinco se mostrarán los tipos de servicios que podemos acceder utilizando esta tecnología y en el último capítulo se mencionarán algunas pruebas piloto y ejemplos exitosos implementados alrededor del mundo. Finalmente se presentarán las conclusiones que sintetizan el trabajo desarrollado para obtener el título de especialista en telecomunicaciones.

## **1.1 OBJETIVO GENERAL**

Establecer las principales características de un acceso a Internet de alta velocidad mediante la utilización de la tecnología portadora por línea de potencia (PLC Power Line Carrier).

## **1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Establecer un marco histórico de la tecnología PLC.
- Enunciar las principales ventajas y desventajas que presenta PLC como tecnología alterna de acceso a Internet.
- Recopilar información de diferentes fabricantes de PLC de banda ancha.
- Establecer la arquitectura que utiliza PLC de banda ancha y su funcionamiento.
- Exponer algunos ejemplos de implantación de PLC en el mundo.
- Determinar la situación de desarrollo e implantación de tecnología PLC en Latinoamérica y Colombia.

## 1. ORIGEN E HISTORIA DE LA TECNOLOGÍA PLC

Tras más de un siglo de uso parece ser que los cables eléctricos que en principio sólo servían para transmitir energía, van a brindarnos nuevos servicios en el área de telecomunicaciones como: Internet, telefonía, videoconferencia, vídeo, seguridad, control de contadores eléctricos, domótica y teleasistencia entre otros. Es así como el cable para energización cumple ahora una función adicional, muy distinta a la que fue creado, siendo objeto de varias investigaciones y aplicaciones que han descubierto su capacidad para transmitir datos a baja y alta velocidad.

La primera aplicación que utilizó la tecnología portadora por línea de potencia PLC fue en los mensajes de control, éstos mensajes usaban un método de control llamado "Ripple"; proceso que se caracteriza por la utilización de muy bajas frecuencias en el orden de 100Hz a 900Hz, generando una baja tasa de transmisión de bits y una gran demanda de energía en el transmisor de 10KW, éste método inserta tonos de audio frecuencia superpuestos sobre la señal de voltaje para transmitir instrucciones de On y Off (encendido y apagado). El principal inconveniente en este método, es que la modulación de estas señales requería equipos altamente costosos y necesitaba de un constante y costoso mantenimiento. Ripple control y todos sus sucesores han sido utilizados sobre redes en Europa por muchos años.

Para solucionar algunos inconvenientes de los métodos de control tradicionales, a mediados de los 80 en Europa y en Estados Unidos, se realizaron experimentos en más altas frecuencias, que permitieron analizar las propiedades y características de los cables eléctricos como medios de transporte de información. Frecuencias en el rango de 5Khz a 500Khz fueron utilizadas para medir los valores de la relación señal a ruido y atenuación de la señal a lo largo del cable. Ya a finales de la década algunas compañías eléctricas utilizaban la tecnología PLC para obtener datos de consumo y facturación; sin embargo, los equipos presentaban varios

inconvenientes que limitaban su desempeño: en primer lugar los equipos eran muy lentos, trabajaban con tasas de transmisión iguales o inferiores a 9600 bits por segundo, por otro lado funcionaban unidireccionalmente, transmitiendo datos de cargas en las líneas de potencia hacia las compañías. Es así como las empresas transportadoras de energía llevan mucho tiempo usando sus propias redes, para transmisión de datos a nivel interno y para el control y monitoreo de dispositivos a grandes distancias.

Todo este gran desarrollo en la industria de control de las empresas eléctricas generaron cambios significativos en la implementación de estándares y comercialización en el mercado eléctrico, y es cuando en 1897 fue patentado en Reino Unido el primer modelo de señalización por línea de potencia, en 1905 algunas aplicaciones comerciales fueron patentadas en Estados Unidos y en 1913 la primera producción comercial de medidores y repetidores electromecánicos se llevo a cabo.

La idea de utilizar líneas de energía como medio de transporte de información tuvo su gran desarrollo en 1920, cuando los cables de alto voltaje fueron considerados como una posible alternativa para instalar pruebas piloto especialmente en áreas remotas, donde las distancias fueran superiores a cientos de kilómetros. La necesidad para el monitoreo y control remoto de las redes pudieron ser el motivo que impulso el desarrollo de esta tecnología sobre la red eléctrica.

En 1936 los laboratorios BELL comenzaron a investigar la posibilidad de utilizar las líneas de potencia como medio de transmisión de servicio telefónico en áreas rurales y apartadas, para los anteriores experimentos se trabajaron frecuencias en el rango de 150Khz a 455Khz; ya que frecuencias por debajo de este rango presentaban grandes problemas de acople y frecuencias mayores, generaban alta atenuación e interferencias con emisoras que limitaban su desempeño. Ya en 1946 el laboratorio BELL desarrolló un sistema telefónico a través de la red

eléctrica conocido como el M1 Carrier telephone system el cuál fue fabricado por la compañía Western Electric.

La compañía eléctrica norteamericana Wisconsin en la década de los 70, investigo la posibilidad de utilizar la portadora por línea de potencia sobre sus líneas de distribución para implementar un control de carga del sistema eléctrico. El sistema fue desarrollado no solo para lectura remota de medidores de luz sino también para medidores de agua y gas.

Los avances en la tecnología PLC en Europa y Estados Unidos permiten hoy en día mayores velocidades y comunicaciones de mayor ancho de banda sobre líneas de bajo y medio voltaje. A finales de los 80 la electrificadora más grande de Italia ENEL y el grupo IRI –STET desarrollaron una técnica para optimizar el uso de los recursos disponibles para generar corriente eléctrica y controlar el consumo final del usuario.

Todos los datos anteriormente mostrados nos llevan a la conclusión que desde hace mucho tiempo se ha utilizado el cable eléctrico para el transporte de señales de datos; pero con una muy baja velocidad, siendo el objeto de esta monografía el estudio de señales de altas frecuencias sobre la red eléctrica se verá ahora que sucede en el entorno de utilizar PLC a velocidades superiores, es decir para transmisión de video, música y multimedia.

Se hicieron muchos experimentos e intentos pero sin mucho éxito en países como Alemania o Reino Unido, sin embargo algunas empresas habían fijados sus intereses en la investigación de PLC como el caso de la compañía eléctrica israelí Nisko, desarrolladora del protocolo NISCOM de PLC. Otras empresas también se han puesto a la cabeza de la lucha por el mercado, como son las alemanas RWE y Polytrax y la japonesa Hitachi. Todos estos precursores del PLC creen tener buenas condiciones para conseguir un buen lugar en el mercado, pero antes deberán terminar de resolver algunos problemas técnicos intrínsecos de ésta tecnología, como son las interferencias electromagnéticas y el ruido eléctrico de la

red, evitando que éstos afecten la llegada de los datos en perfecto estado a los receptores.

En 1988 la compañía NORWEB comenzó a investigar la posibilidad de utilizar frecuencias mayores de 1Mhz sobre la red de bajo voltaje, debido a los grandes avances y pruebas exitosas, pudo montar la primera red de demostración en Manchester basada en tecnología CT2. Posteriormente en conjunto con la compañía NORTEL fijaron y desarrollaron un servicio de Internet de alta velocidad usando frecuencias mayores de 1 Mhz sobre la red eléctrica pero fue abandonado en 1999 ante la presencia de muchos inconvenientes. Es entonces cuando el precursor de la tecnología PLC en Reino unido, el ingeniero británico Paul Brown de 51 años desarrolló un sistema para transmitir voz y datos a través de la red eléctrica en la empresa Norweb Communications, obteniendo un resultado muy interesante al poder eliminar el principal problema de esta tecnología, el ruido eléctrico que se generaba con la conexión o desconexión de los distintos equipos y electrodomésticos instalados a la red eléctrica. La solución encontrada por Brown a este problema, consiste en utilizar varias frecuencias, enviando pequeños paquetes de información a través de cada una de ellas, para luego volver a integrarlos, previa corrección de errores. Este sistema es similar al de los paquetes TCP/IP de Internet, y de hecho también puede servir para conectarse a la Web.

En Estados Unidos, donde esta tecnología tiene las siglas BPL (Broadband Over Power Line), la Comisión Federal de Comunicaciones acaba de aprobar las normas que deben cumplir las empresas eléctricas que quieran iniciar su despliegue.

En el mundo moderno con el desarrollo de la domótica y los edificios inteligentes, la tecnología PLC puede proveer un medio de comunicación entre los dispositivos existentes en el hogar con sensores, alarmas e interruptores e implementando la tecnología PLC en un sistema residencial de bajo voltaje.

La tecnología utilizada en Power Line Communication posibilita la transmisión de información a través de los cables eléctricos de baja tensión que llegan a nuestros hogares, convirtiendo cualquier enchufe de la casa en una conexión a todos los servicios de telecomunicación.

Tras varios años de investigación, desarrollo y solución de algunos inconvenientes propios de PLC, esta tecnología salta ahora al mercado real de las telecomunicaciones como una solución de última milla, donde deberá competir con tecnologías utilizadas para el acceso a Internet como ADSL, cable e inalámbrica entre otras, ya sólo queda en manos del usuario final escoger la solución más adecuada basándose en parámetros como velocidad, costos, comodidad y ancho de banda requerido.

Para brindarle una mejor herramienta al cliente de porque utilizar PLC, en la siguiente sección se mencionarán algunas características importantes; así como sus desventajas frente a las tecnologías mencionadas anteriormente.

## 2. CARACTERÍSTICAS DE PLC POWER LINE COMMUNICATIONS

Después de dar una breve reseña del origen de la tecnología PLC se tiene que establecer las características de la tecnología así como sus ventajas e inconvenientes que presenta respecto a otras tecnologías ampliamente implementadas.

La tecnología PLC de banda ancha usa tres esquemas de modulación básicamente:

- **DSSSM** (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation), que se caracteriza porque puede operar con baja densidad espectral de potencia.
- **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying), que optimiza el uso del ancho de banda.
- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex), que utiliza un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos.

De todos ellos, el sistema de modulación más utilizado es OFDM, aplicado también en estándares IEEE para redes de área metropolitana inalámbricas, e incluido dentro de las especificaciones para radiodifusión de televisión digital terrestre. Este sistema multiportadora es eficiente y flexible para trabajar en un medio como la red eléctrica, ya que el rango espectral queda dividido en slots, cuyo ajuste permite que los equipos se adapten dinámicamente a las condiciones del medio, potenciando aquellas frecuencias donde el ruido es menor y anulando el uso de frecuencias donde el ruido es elevado. Además la flexibilidad de este sistema facilita la posibilidad de reajustar el margen espectral de trabajo de los equipos para no interferir en otros servicios [15].

**OFDM** distribuye los datos sobre un gran número de portadoras que están espaciadas en frecuencias precisas. Este espacio proporciona la ortogonalidad,

esta técnica impide al demodulador ver frecuencias que no sean las propias. Entre los beneficios del OFDM están: una alta eficacia espectral, flexibilidad a la interferencia de RF y la más baja distorsión de multicamino. Esta modulación multiportadora ha sido optimizada para transmitir datos a mayores velocidades.

El hecho de que los servicios de energía eléctrica y de transmisión de información, operen en diferentes frecuencias, permite que estos puedan compartir el mismo medio de transmisión sin que uno interfiera en el otro. De esta manera, la tecnología PLC permite aprovechar una aplicación del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba poco utilizada, además de la no interferencia de las dos bandas de frecuencia (60Hz o 50Hz y la banda utilizada en OFDM), los equipos utilizados en PLC utilizan filtros para separar las dos frecuencias existentes brindando una mayor seguridad a los datos.

A continuación se describirán algunas importantes ventajas que hacen de la tecnología PLC una técnica atractiva para acceder a Internet; así como algunos inconvenientes que han rezagado su implementación.

## **2.1 Ventajas de PLC**

Sin lugar a dudas la principal ventaja de esta tecnología, es que la infraestructura de cableado ya se encuentra instalada y no es necesario de realizar ninguna obra adicional como rompimiento de muros o instalación de cable nuevo. Además el cable de la línea eléctrica queda convertido en un cable dual con funciones de transporte de energía y datos.

La cobertura de PLC de banda ancha es mucho mayor que los proveedores de acceso a Internet conmutado y ADSL, ya que las líneas eléctricas llegan a muchos más lugares que las tecnologías mencionadas.

Los servicios que presta son competitivos en calidad y servicio, además brinda al usuario final una reducción de precios para acceder a Internet. Los costos de

instalación son muy inferiores que sus contrapartes, lo anterior debido a la primera ventaja presentada. Por otra parte no necesita conexión telefónica ni de cable adicional ya que el acceso a Internet se realiza mediante las líneas eléctricas.

La velocidad de transmisión de PLC puede ser simétrica, es decir que se posee una velocidad equitativa tanto en recepción como en envío de información. Muy distinta a las velocidades asimétricas que presenta ADSL.

El servicio de acceso a Internet es continuo durante todo el día y se encuentra mientras esté energizada la línea y el proveedor de servicios a Internet se encuentre activo.

Las emisiones electromagnéticas que presenta PLC de banda ancha son similares a la de ADSL y muy inferiores a la telefonía móvil. Además presenta muy buena estabilidad frente a interferencias ya que utiliza frecuencias en el rango de 1-30Mhz para transmisión de datos, muy superiores a las de uso industrial y doméstico 50Hz y 60Hz.

Su forma de instalación es fácil y sencilla, se necesita solamente conectar el computador al modem y éste a cualquier enchufe de la casa u oficina sirviendo como punto de acceso a Internet.

Debido a la cantidad de enchufes que hay en una edificación se puede tener acceso a Internet desde cualquier lugar sin necesidad de limitarse a un punto determinado. Ya que todos los puntos eléctricos poseen tecnología Power Line Carrier.

Las redes basadas en tecnología Power Line Carrier tienen facilidad de expansión y crecimiento, ya que las diversas empresas y proveedores de esta tecnología están en continua investigación, desarrollo, innovación y realizando pruebas pilotos que mejoren la tecnología.

Por otro lado hay una serie de inconvenientes o aspectos negativos que se deben mencionar sobre la tecnología PLC para tener un punto de equilibrio y conocer también el lado negativo.

## **2.2 Desventajas de PLC**

Sin lugar a dudas el principal inconveniente de ésta tecnología de banda ancha es que todavía no existe ningún estándar global determinado y las industrias encargadas de desarrollar tecnología PLC tienen sus propios productos con reglas internas. Aunque lo anterior ayude a fomentar el desarrollo de nuevas mejoras por su fase de investigación, constituye un punto desfavorable en la implementación y funcionamiento global de PLC.

Para poder utilizar esta tecnología es indispensable que las líneas eléctricas se encuentren en muy buen estado y que no se presenten ninguna clase de empalmes ni fisuras, porque la continuidad en el servicio eléctrico no garantiza la continuidad en el servicio de telecomunicaciones.

La distancia también puede ser una gran limitación debido a que a mayores distancias, se hace necesario instalar repetidores para evitar la atenuación de la señal.

Es necesario colocar dispositivos adicionales como filtros para eliminar el ruido excesivo que produce los agentes eléctricos y electrónicos que insertan interferencias a la red eléctrica y perjudican la calidad de la señal.

La seguridad de la tecnología PLC no es tan robusta ya que pese a tener algoritmos de encriptación en los chips, las líneas eléctricas no son inmunes a interceptaciones.

La banda que utiliza PLC opera con las transmisiones de radioaficionados, lo que crea interferencias. El asunto es que diferentes comunidades de radioaficionados de todo el mundo se han movilizanado contra esta tecnología que contamina la banda de onda corta (de 1 a 30 Mhz), el problema es que la implantación a gran escala del PLC eliminará la operatividad de la onda corta que establece las comunicaciones internacionales debido a que los cables eléctricos debido a su gran longitud actúan como antenas. Con base a todo lo anterior la degradación producida por PLC llevaría a esta banda a pasar de ser una frecuencia de alcance internacional a ser una simple banda de uso local, pues ya no sería posible usarla para comunicaciones a larga distancia, es así, como las transmisiones de la BBC, voz de América, radio Europa libre y muchas otras no podrán ser recibidas, y esto supone un recorte a los derechos democráticos a la información, el principal problema en cuanto a limitaciones de este tipo es que en momento de alguna catástrofe o desastre natural las comunicaciones de emergencia pueden estar amenazadas, y no se podrá usar la onda corta para transmitir información vital para la salvaguardar la vida de las personas. Todo esto ha suscitado una gran protesta por empresas y personas que ven afectados sus intereses y el de los demás ante una eventual implementación de PLC en el mundo [28].

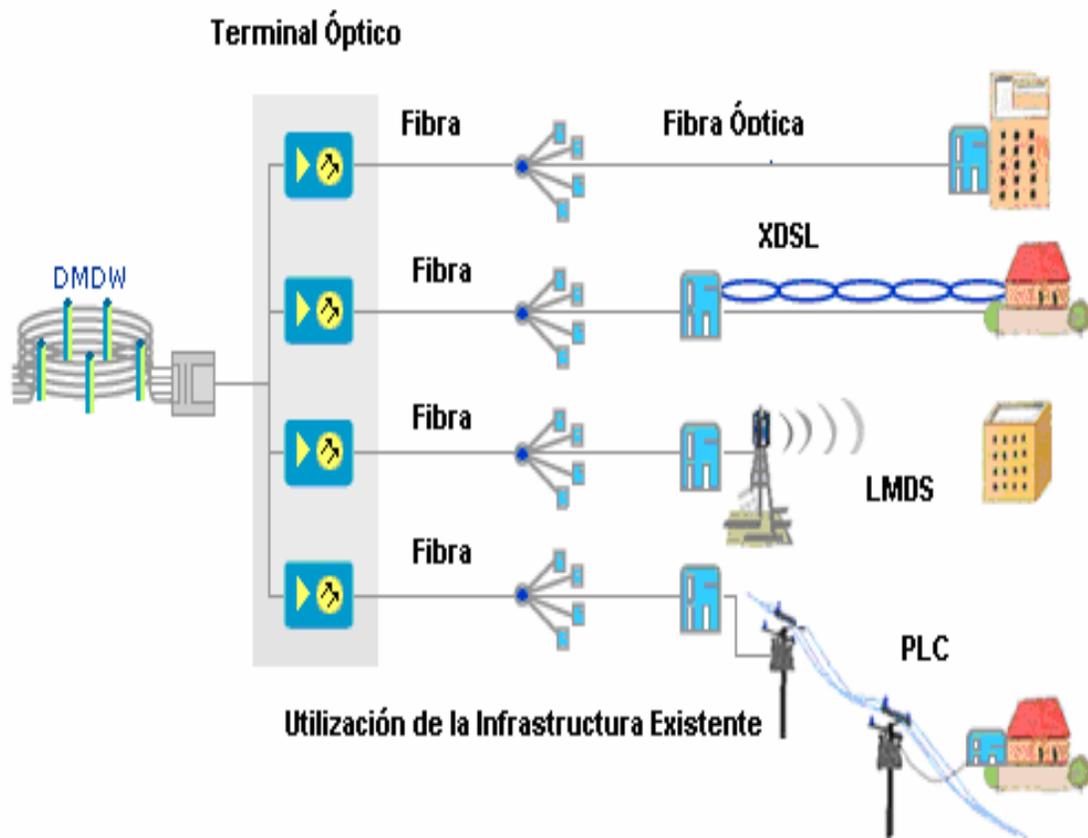
Otro de los problemas reside en el número máximo de hogares por transformador, ya que aparentemente en Europa y América Latina será una tecnología muy atractiva debido a la gran cantidad de clientes que existen por transformador, cosa que no sucede en Estados Unidos, debido a que la cantidad de usuarios por transformador es mínima.

En comparación con la tecnología inalámbrica, PLC limita a estar continuamente conectados a un enchufe y no disponer de la libertad de movilidad que nos ofrece una red inalámbrica, a pesar que por medio de un dispositivo de compuerta se pueda permitir interoperabilidad ente los dos sistemas (ver figura 1 y tabla 1).

**Tabla 1. Comparación con otras tecnologías.**

Tecnología	Costo del sistema	Instalación de Cableado
Fibra óptica	Alto	Necesita
XDSL	Alto	No
Cable Modem	Medio	Necesita
LMDS	Alto	No
PLC	Bajo	No

**Figura 1. Arquitectura de Tecnologías de acceso a Internet.**



Después de observar las grandes ventajas; así como los inconvenientes que ofrece PLC para el transporte de información, se hace evidente la pregunta ¿ por qué si ésta tecnología tiene un sin número de cualidades y características que la hacen muy atractivas, se ha demorado tanto su implementación?, la respuesta es la siguiente, dado que el sistema eléctrico tiene una gran cantidad de flujos de corrientes y campos magnéticos y además una gran cantidad de dispositivos como electrodomésticos y motores conectados que genera un ambiente muy hostil para las comunicaciones electrónicas a altas velocidades. Es por esto que las compañías y gobiernos interesados en el tema se han tomado su tiempo para diseñar equipos que permiten un adecuado acople entre la señal eléctrica y la de comunicaciones, y han realizado múltiples pruebas piloto para detectar y corregir los inconvenientes que se presenten.

### 3. FUNCIONAMIENTO DE PLC

Antes de describir el funcionamiento de PLC debemos establecer su entorno, la configuración general del sistema de distribución de energía y explicar como se transmite la energía eléctrica hasta el hogar u oficina, para tener una idea clara y precisa de su funcionamiento, daremos un vistazo general a la red eléctrica, que en últimas es el medio dónde se desarrolla la tecnología PLC.

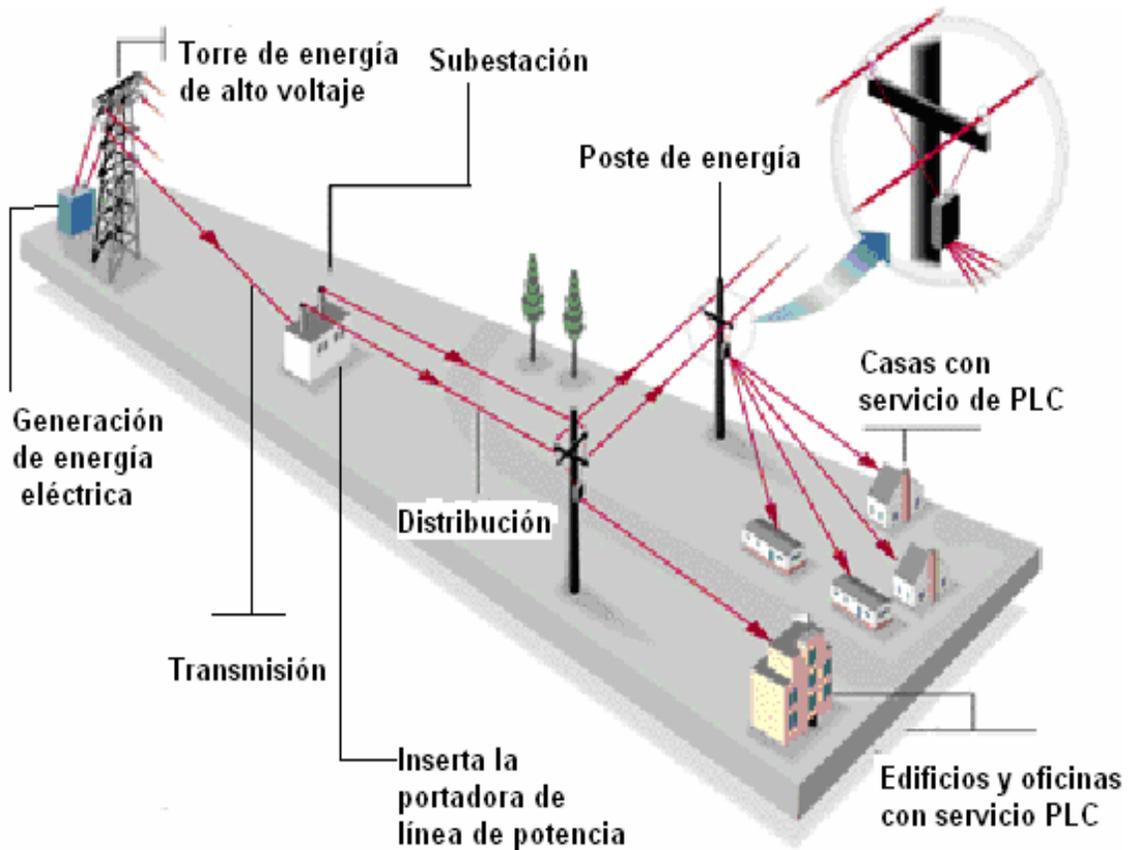
El sistema eléctrico de energía, es el conjunto de centrales generadoras, de líneas de transmisión y de sistemas de distribución esenciales para el consumo de energía eléctrica (Figura 2). Este sistema está formado por tres subsistemas: generación, transmisión y distribución siendo esta última dónde se desarrolla PLC; a continuación se explica brevemente cada una de las etapas de un sistema eléctrico de potencia para ubicarnos en cada una de ellas y establecer hasta que punto pueden participar los equipos con tecnología Power Line Carrier [1].

**GENERACIÓN:** Lugar dónde se produce la energía eléctrica a través de la transformación de otro tipo de energía (mecánica, química, potencial, eólica, nuclear) utilizando para ello las denominadas centrales eléctricas (termoeléctricas, hidroeléctricas, eólicas, nucleares, etc).

**TRANSMISIÓN:** Es el proceso que consiste en enviar o mover electricidad de un punto a otro; se define como la parte de las líneas de alta tensión de una empresa pública de electricidad desde la barra colectora de la central eléctrica hasta el último transformador anterior a la conexión del cliente.

**DISTRIBUCIÓN:** Proceso que consiste en repartir la electricidad; suele definir la porción de las líneas de tensión de una empresa de servicios eléctricos situada entre el poste y el transformador de energía de la empresa y un punto de conexión o medidor del cliente.

**Figura 2. Esquema general de un sistema eléctrico interactuando con PLC.**



La energía eléctrica llega al usuario final en forma de corriente alterna de baja frecuencia 50Hz y 60Hz según la ubicación geográfica, es por eso que la tecnología PLC no puede usar este rango de bajas frecuencias; por que causaría interferencia con la señal eléctrica, por tal razón la banda de operación se encuentra en el rango de altas frecuencias (1MHz a 30MHz) que es utilizada para transporte de información.

El principal obstáculo para la implementación de PLC en los hogares es el transformador de distribución; es decir el que se encuentra antes de llegar a los hogares y que abarca una gran cantidad de usuarios, ya que éste elemento actúa como un circuito abierto para las altas frecuencias (datos) y deja solo pasar las bajas frecuencias (50Hz a 60Hz), para solucionar éste problema se hace necesario emplear un método de puenteo o bypass que provee a los usuarios de

un sistema de telecomunicaciones. Éste puenteo se realiza con la ayuda de fibra óptica o microondas, permitiendo inyectar la señal de información a la parte de baja tensión del transformador. Éste tipo de instalación es ideal para los países Europeos y Latinoamericanos, debido a que cada transformador alberga alrededor de 250 clientes, contrario a los transformadores americanos que solo distribuyen a cerca de 20 usuarios; incrementando el costo de implementación de la tecnología.

Lo anterior fue una introducción y conceptualización de la parte eléctrica, en el dominio de PLC, ya que el medio de transmisión compartido, electricidad y comunicaciones, tiene unas características técnicas inherentes muy diferentes a aquellos canales que solo fueron creados para la transmisión de datos.

Existen dos etapas en la implementación de una red con tecnología PLC:

- **PLOC** (Power Line Outdoors Telecommunications o comunicaciones exteriores utilizando la red eléctrica). Esto es, la comunicación entre la subestación eléctrica (denominada media tensión) y la red doméstica (denominada baja tensión). Es decir la unidad de uso exterior de nuestra casa u oficina.
- **PLIC** (Power Line Indoors Telecommunications o comunicaciones interiores utilizando la red eléctrica). Esto es, utilizando la red eléctrica interna de la casa, para establecer comunicaciones internas. PLIC es una de las vías utilizadas en domótica (otra que se suele utilizar también es la comunicación vía radio).

### 3.1 Arquitectura PLC

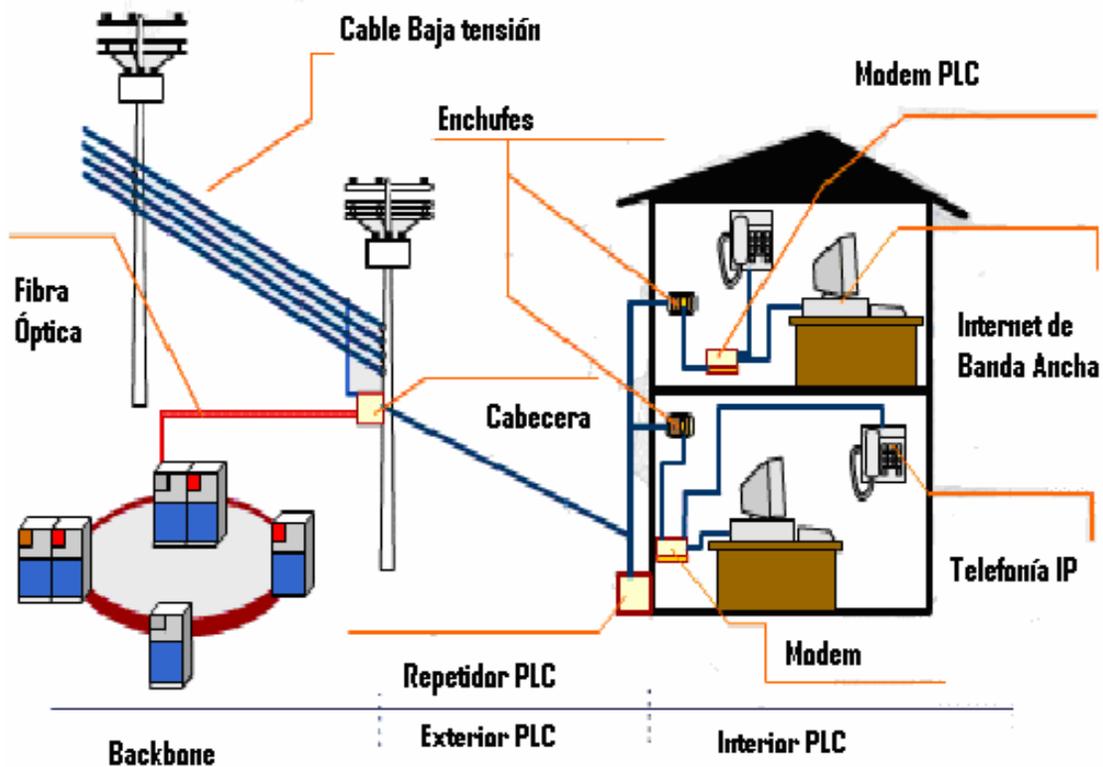
La arquitectura de red, de un sistema PLC consta principalmente de dos unidades o sistemas vistos anteriormente y constituidos por tres elementos, el primero de ellos se denomina unidad outdoor (aire libre) que cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce como última milla, y que para el caso de PLC comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador

de distribución hasta la casa o edificación. El sistema de outdoor es administrado por un equipo de cabecera (Head End, **HE**) quién recibe la señal de comunicaciones por su puerto Ethernet e inyecta a la red eléctrica la señal de datos a través de una unidad de acople (Figura 3).

El segundo sistema se denomina Indoor o de interior, y cubre el tramo que va desde el contador de energía del abonado hasta los toma corrientes ubicados en los hogares u oficinas, utilizando como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

Tanto la unidad outdoor como la indoor se comunican con un equipo repetidor o regenerador (home Gateway), que normalmente se instala en el entorno del contador de energía eléctrica y está compuesto de un modem y un equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor. Vale la pena mencionar que el repetidor no es indispensable en todas las instalaciones de PLC y solo lo es cuando existen problemas de distancia o atenuación de la señal.

**Figura 3. Arquitectura de una red PLC.**



Después de conocer la arquitectura de red PLC y ver las generalidades propias de los elementos que la forman, es indispensable detallar cada uno de los equipos que están presentes en la red y describir sus características técnicas y funciones en la arquitectura de PLC.

### **3.1.1 CABECERA (HEAD END)**

La señal de Internet proviene de un proveedor de servicio de Internet (ISP), quien recibe la señal y la envía a través de un enlace de fibra óptica o de cualquier otra tecnología a un punto de distribución en la red de baja tensión, donde se encuentra instalada la cabecera PLC.

El equipo de cabecera se sitúa por lo general junto a los transformadores de media a baja tensión y se comunica con los repetidores y/o módems, el HE es un módem digital de alta velocidad, generalmente propiedad de la compañía eléctrica quién lo alquila o lo vende, éste dispositivo consiste en un enrutador (router) que contiene una tarjeta módem con tecnología Power Line Carrier, que emite señales

de baja potencia de alrededor de 50mW, en un rango de frecuencias que van desde 1Mhz hasta los 30 Mhz.

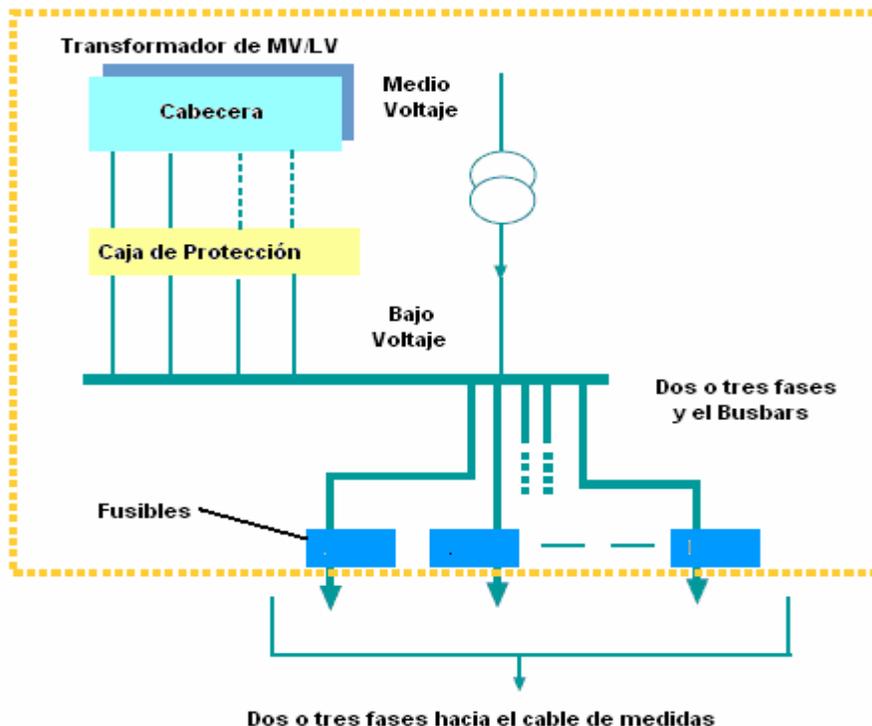
En la cabecera hay un dispositivo de acople llamado transceiver (transreceptor), que es un adaptador desarrollado especialmente para permitir la conversión de la señal de redes basado en hilos de fibra óptica a cables de hilos de cobre, y viceversa.

El HE es el dispositivo maestro de la red PLC y proporciona elevado ancho de banda a un máximo de 254 nodos. El HE se conecta a la estación transformadora a través de los barrajes (bus bars) en la subestación (ver figura 4).

### 3.1.1.1 Características técnicas de la HE o Cabecera

- Velocidad máxima de 45 Mbps de ancho de banda.
- Soporta hasta 254 usuarios.
- DHCP/DNS/FTP Server/ Cliente.
- Posee interface Ethernet 10/100 base T.

**Figura 4. Conexión de la cabecera.**



### **3.1.2 EL MODEM O CUSTOMER PREMISES EQUIPMENT (CPE)**

El modem es suministrado por la compañía eléctrica prestadora del servicio y se sitúa en la conexión eléctrica interna del usuario o directamente en un enchufe. Es éste dispositivo dónde se conectan los equipos de transmisión de voz y datos como computadores, teléfonos, impresoras y otros dispositivos para la automatización de la casa como alarmas, aire acondicionado y sensores.

Los datos enviados por el abonado son transmitidos desde el modem hasta la cabecera o al Repetidor si lo hay. Esta comunicación es protegida por algoritmos implementados en el hardware embebido que le brindan seguridad a los datos en el tramo de baja tensión.

El modem está conectado al computador a través de un puerto Ethernet, un concentrador/conmutador u otros medios como interfaces USB. También se puede utilizar un adaptador telefónico (TEL Gateway) que permite la conexión de un teléfono analógico a través de la red eléctrica (Figura 5).

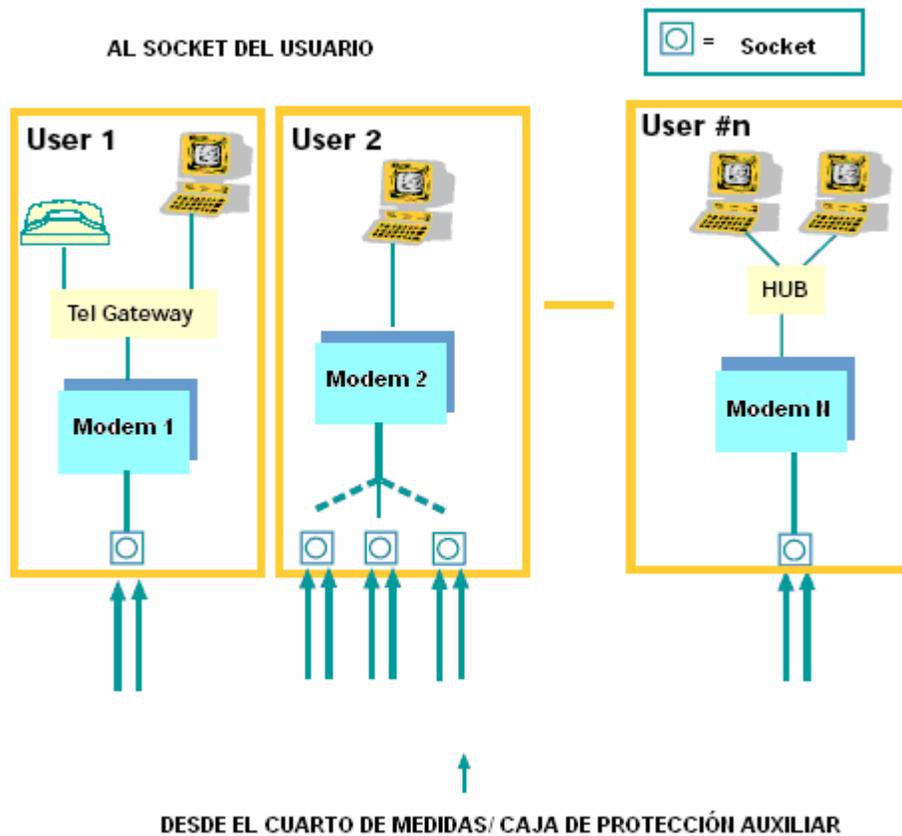
Este módem puede estar integrado en una caja decodificadora externa o bien como una tarjeta instalada en el computador del usuario, que se conecta directamente al enchufe eléctrico (Figura 6).

El modem es un nodo esclavo en la red, y su acceso ha debido ser autorizado previamente por la cabecera. El HE también asignará slots específicos, de frecuencia y tiempo, en el canal de comunicación, a diversos módems, para permitirles transmitir simultáneamente.

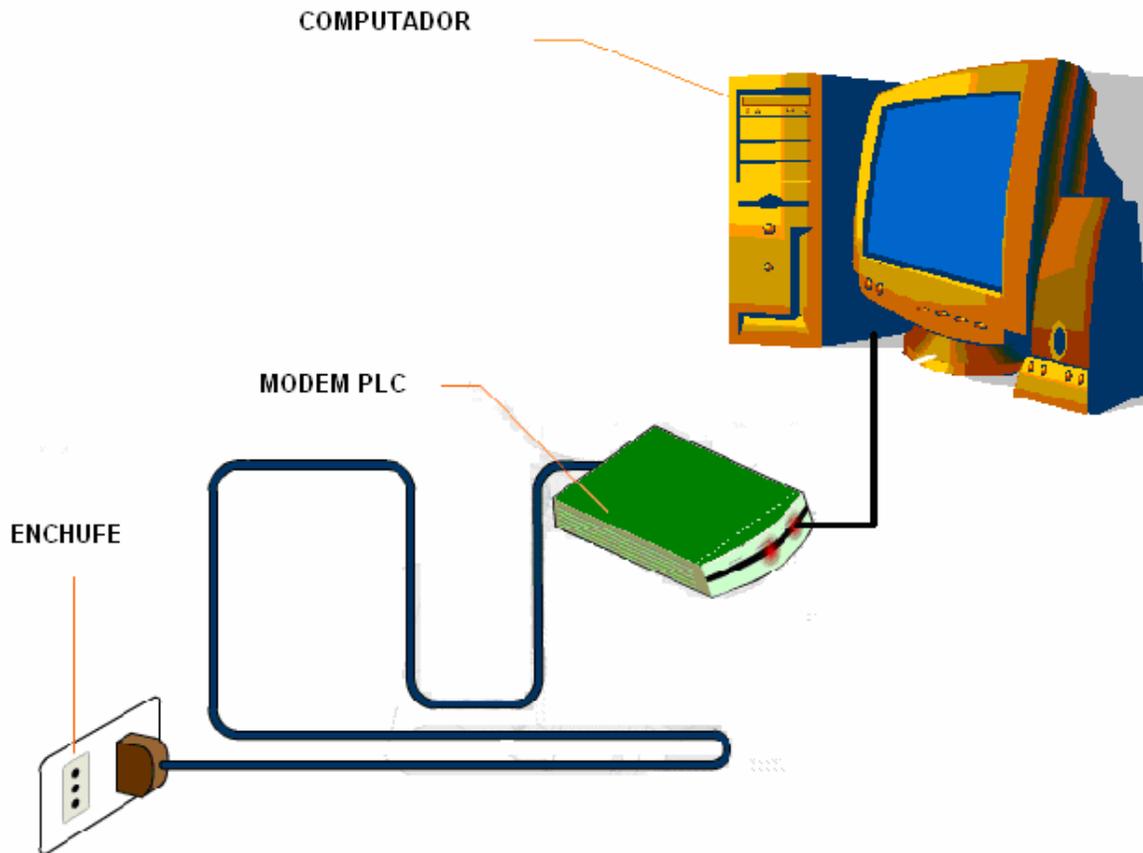
### 3.1.2.1 Características técnicas de los módems

- Conexiones Ethernet (RJ45), USB.
- Conexión analógica para teléfono RJ11
- Velocidad máxima de transferencia de datos de 45 Mbps.

Figura 5. Conexión de un modem para varios usuarios.



**Figura 6. Conexión de un modem en el hogar u oficina.**



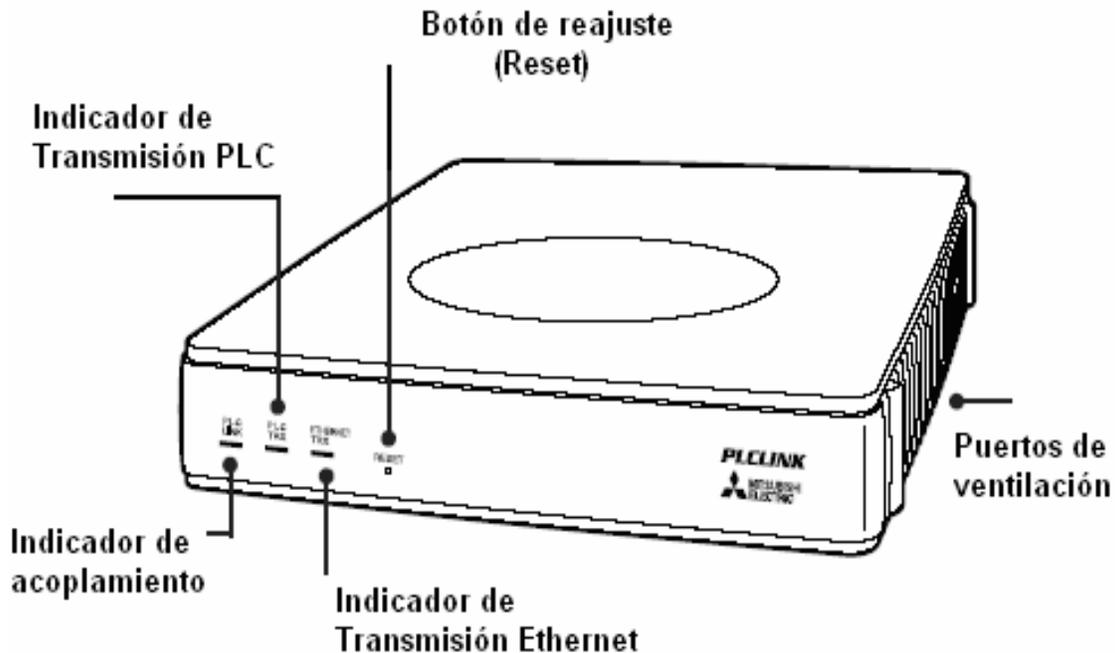
Es indispensable conocer las partes y puertos que conforman un modem en su estructura física, a continuación se ilustraran las figuras de la vista frontal y posterior respectivamente y se indicara el funcionamiento de cada parte.

La parte frontal está constituida por 4 elementos básicamente (ver figura 7):

- **Indicador de acoplamiento:** Muestra los dos estados de conexión a Internet, ON (conectado) y OFF (desconectado).
- **Indicador de Transmisión:** Dice el estado en que se encuentra la transmisión de datos, si el led se encuentra apagado quiere decir que no hay transmisión (ON) y si se encuentra intermitente quiere decir que hay transmisión de datos (titilando).
- **Reset:** Permite reiniciar el modem ante cualquier eventualidad.

- **Transmisión Ethernet:** Indica cuando hay conexión Ethernet (ON) y cuando no hay (OFF).
- **Ventilación:** Mecanismo que permite refrigerar los componentes electrónicos del modem.

Figura 7. Vista frontal de un modem PLC.

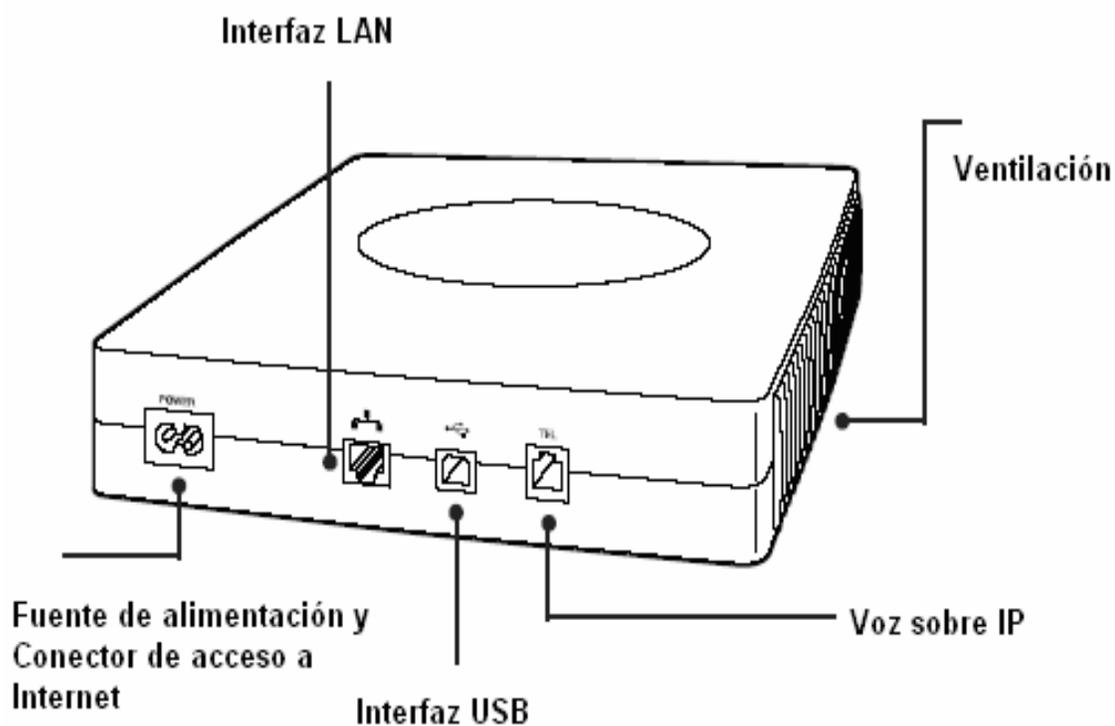


En su parte posterior el modem tiene los siguientes puertos e interfaces de comunicaciones que son ilustrados en la (figura 8):

- **Interfaz LAN:** Puerto que permite la conexión del dispositivo con la red de área local para la transmisión de datos.
- **Fuente de poder y acceso a Internet:** Puerto dual que permite la alimentación de c.a del dispositivo y el acceso a Internet.

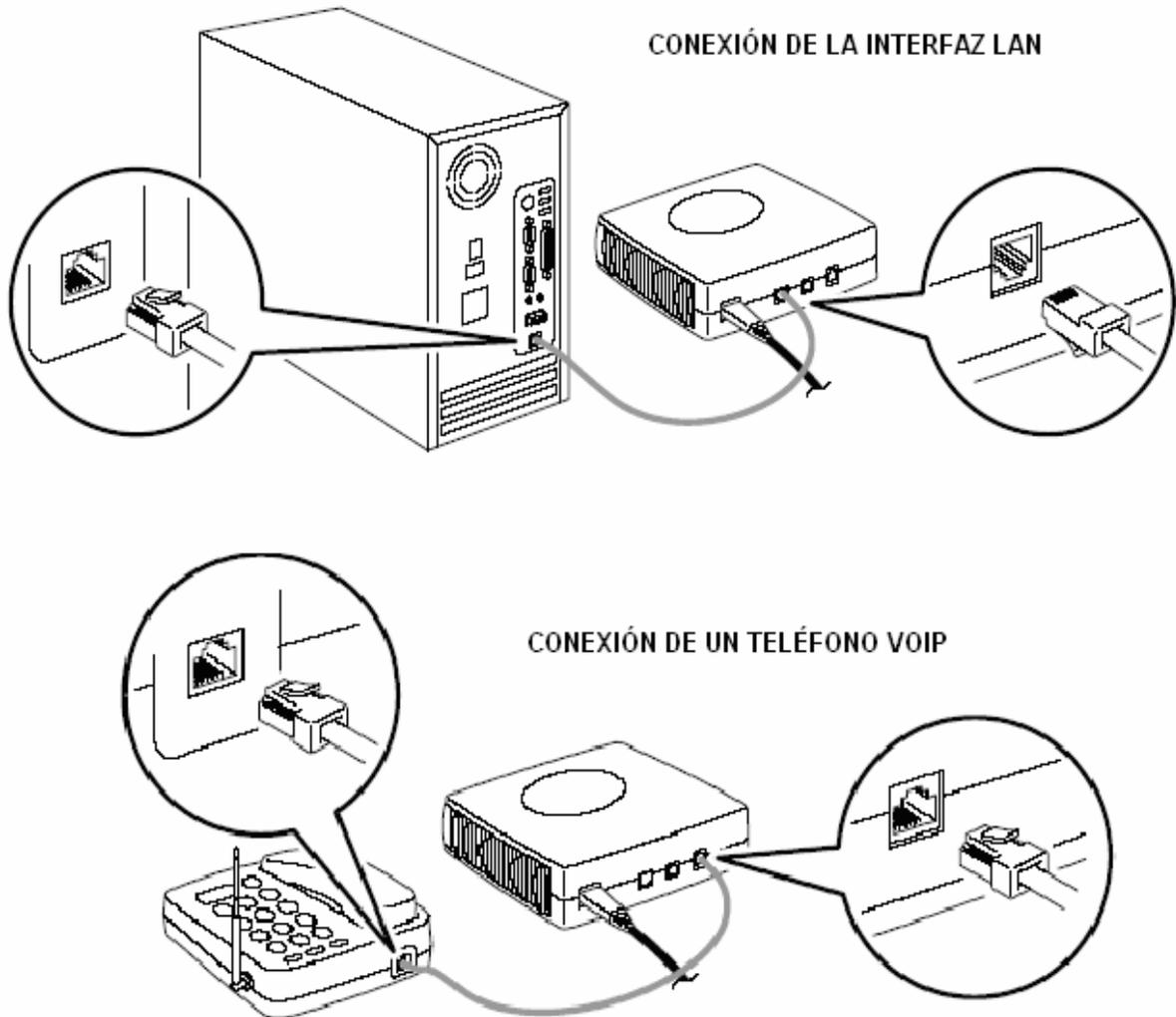
- **Puerto Voip:** Permite conectar el teléfono para obtener una conexión de voz sobre IP.
- **Interfaz USB:** Puerto para la transmisión de datos a través de un cable USB.

**Figura 8. Vista posterior del modem.**



En el siguiente gráfico de la figura 9 se muestra como se conecta un computador y un teléfono a un modem PLC para obtener conexión a Internet y voz sobre IP respectivamente.

**Figura 9. Conexión de un modem a un PC y a un teléfono respectivamente.**



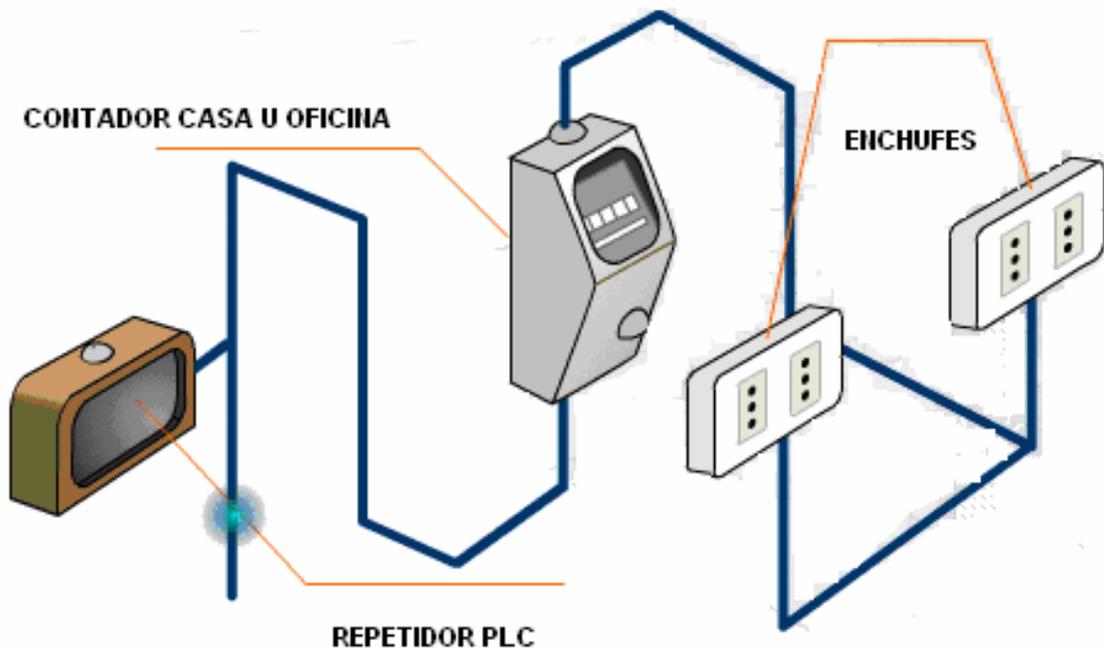
### **3.1.3 REPETIDOR O HOME GATEWAY**

Una compuerta para uso casero (home gateway), es un repetidor que se encarga de amplificar la señal transmitida a grandes distancias o donde exista excesiva atenuación, también se puede utilizar como enrutador para implementar una LAN doméstica. Si se requiere un gateway, por lo general se sitúa junto al punto de entrada de electricidad del edificio o vivienda, como el cuarto de contadores o la caja de protecciones (figura 10). Esto facilita que se convierta en un excelente sistema de distribución de acceso. Además, los repetidores pueden servir como

puntos de acceso a la red para redes locales corporativas (LANs), incluyendo interfaces para otras tecnologías como Ethernet y WLAN.

La funcionalidad de éste dispositivo es que aumenta la cobertura o mejora el ancho de banda, en ramificaciones complicadas de la red.

**Figura 10. Conexión de un repetidor o home gateway.**



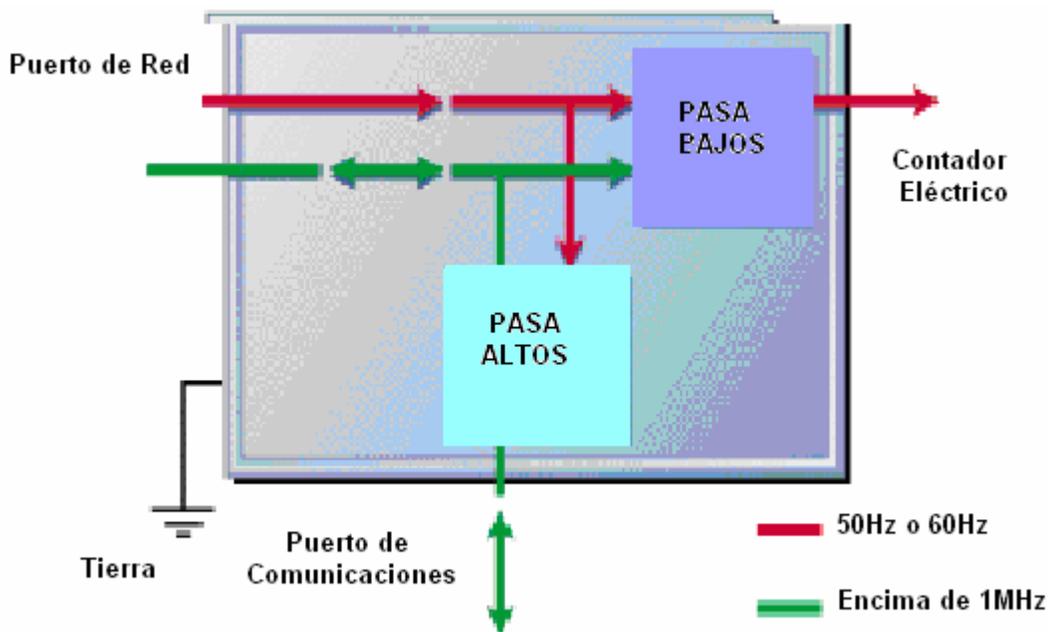
### 3.1.4 ACOPLADOR

La conexión de la señal de datos a una línea de medio voltaje se realiza por un dispositivo acoplador que básicamente es una impedancia capacitiva. Éste acoplador tiene que aislar los altos voltajes del equipo de datos de las estaciones PLC, y permitir que la señal inyectada circule por todos los clientes que cubre el transformador.

### 3.1.5 HFCPN (High Frequency Conditioned Power Network).

La tecnología PLC emplea una red conocida como High Frequency Conditioned Power Network (HFCPN) para transmitir simultáneamente energía e información, una serie de unidades acondicionadoras son las que se encargan del filtrado y separación de ambas señales; así pues estas unidades separaran la electricidad, que alimenta a los electrodomésticos, de las señales de alta frecuencia, que van a los computadores donde se reconvierten en canales de vídeo, datos, voz, etc. (ver figura 11). La CU (conditioniny unit) se ubica cerca de los medidores que indican el consumo de energía eléctrica, las aplicaciones del CU contienen dos filtros para segregar las señales de electricidad y de los datos, facilitando el acoplamiento entre los clientes y la subestación eléctrica. La señal de 50Hz o 60Hz fluye del filtro pasa bajos, además este filtro elimina el ruido provocado por las aplicaciones eléctricas en casa del cliente, ya que la suma de estos ruidos extraños provocaría distorsiones significativas en la red. El filtro pasa altos permite que las altas frecuencias circulen bidireccionalmente desde y hacia al computador impidiendo que las señales de bajas frecuencias averíen los dispositivos electrónicos.

**Figura 11. Estructura de la unidad de acople.**



## 3.2 NORMALIZACIÓN

Pese a la ausencia de estándares vigentes, en los últimos años la tecnología PLC ocupa la actividad de diversos grupos de trabajos en organismos como ETSI (<http://www.etsi.org/>) (European Telecommunications Standards Institute), que en 1999 aprobó la creación de un proyecto llamado EPPLT (European Project Powerline Telecommunications) con el objetivo fundamental de desarrollar estándares y especificaciones de alta calidad para proporcionar servicios de voz y datos a los usuarios finales a través de las redes eléctricas.

El EPPLT vela para que la cooperación y relación con otros organismos e iniciativas relacionados, como son los casos de ERM (ETSI Project for Electromagnetic Compatibility and Radio Spectrum Matters) (<http://portal.etsi.org/erm/Summary.asp>) y CENELEC (European Committee for Electrotechnical Standardization) (<http://www.cenelec.org/>), estén claramente definidos [13].

Es importante destacar que la normalización que se tiende en Europa pasa por contemplar desde el comienzo las dos vertientes de la tecnología PLC: acceso a Internet (outdoor), que es lo que se viene llamando Internet eléctrica, y una solución interior o LAN (indoor). Para que estas dos vertientes puedan coexistir, se divide el espectro PLC en dos rangos de frecuencias: el primero de ellos comprende desde los 3MHz hasta los 12 MHz y se dedica al acceso, mientras el rango espectral comprendido entre 13MHz y 30 MHz se asigna a las aplicaciones internas.

PLC Forum es una asociación internacional que representa los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de PLC en todas sus vertientes. A través de grupos de trabajo y la celebración de asambleas también tiene entre sus objetivos la creación de un marco normativo y regulatorio para el PLC [5].

La FCC (Federal Communications Commission) es una agencia gubernamental de los Estados Unidos y es la encargada de regular las comunicaciones internas e internacionales de radio, televisión, aire, satélite y cable de cincuenta estados [24]. Las últimas regulaciones de PLC promulgadas por ésta organización forman parte del objetivo de promover el acceso a los servicios de banda ancha para todos los americanos y desarrollar nuevas plataformas de banda ancha; por ello que la FCC adoptó cambios para el ingreso de la tecnología PLC de banda ancha. En la orden que incluye estos cambios, la comisión reconoce las preocupaciones significativas de las interferencias causadas por las operaciones de algunos usuarios de servicio de radio licenciados con respecto a los sistemas PLC de banda ancha; es por esto que la comisión indicó la intención de hacer cambios en el párrafo 15 y brindar una legislación que no perjudique los sistemas de radio licenciados y pueda establecer un medio conjunto dónde funcionen estos dos sistemas adecuadamente. La orden FCC 04-245 también dispone de requerimientos, para medir la energía de radiofrecuencia emitida por la red PLC, entre los requisitos fijados por esta norma se encuentran:

- Disponer de mecanismos técnicos que sean capaces de controlar la frecuencia utilizada por la red PLC y en caso de que éste sistema opere en una banda de frecuencia peligrosa o prohibida, disponer del medio para sacarlo de operación.
- Crear un continuo monitoreo de la red PLC en una base de datos pública para que ésta pueda ser administrada conjuntamente por un ente diferente al operador del servicio.
- Proveer de un adecuado sistema de medida de radiofrecuencia para los sistemas de PLC, que garantice las mínimas exigencias de los estándares internacionales.

Lo anterior es una síntesis de documentación de la comisión de la FCC encargada del estudio de la tecnología PLC de banda ancha estipulado en su artículo FCC 04-245 del 14 de octubre de 2004.

A continuación se muestran algunos de los requisitos aprobados por la FCC en sus artículos FCC-03-100A1 y FCC 04-29 [14], para acceder a Internet utilizando redes o equipos que utilicen portadora por línea de potencia.

- Todo el equipo electrónico que hace parte de una red PLC como: inyectores, acopladores, repetidores entre otros debe estar bajo prueba, así como las líneas de voltaje aéreas o subterráneas según el caso.
- Para realizar las medidas de radiofrecuencia se deben realizar máximo a 10 metros del aparato a probar para observar su nivel de radiación.
- El fabricante deberá incluir en cada equipo de PLC la siguiente información: tipo de modulación, número de portadoras, espaciamiento entre portadoras y ancho de banda del canal.
- Es obligación por parte del operador de PLC en el momento de la instalación realizar todas las pruebas y medidas pertinentes y llevar un archivo histórico relacionado con los niveles de emisión y de frecuencia utilizados.

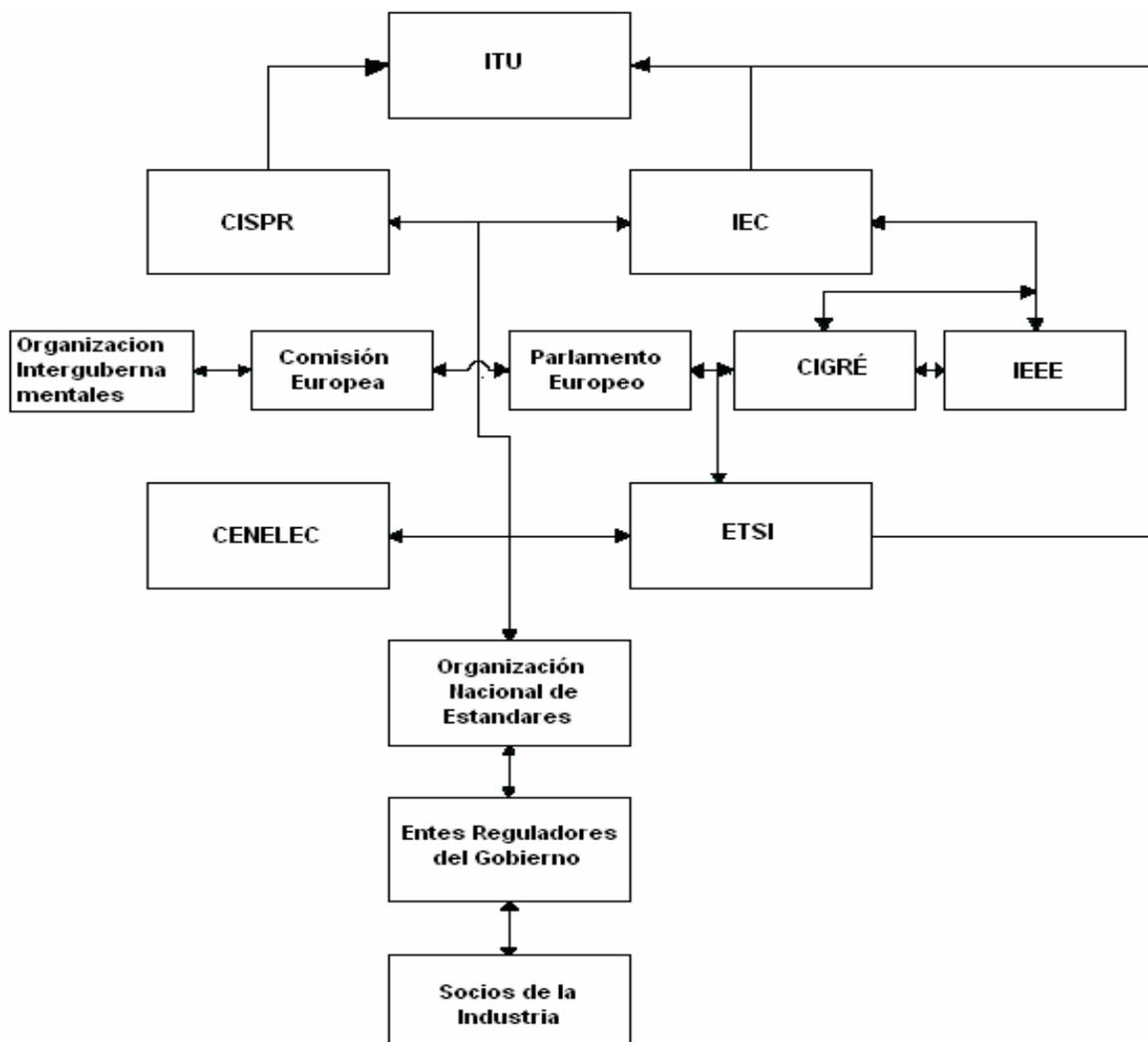
Para finalizar, conviene hablar de HomePlug, que es un estándar de facto que está desarrollándose en EEUU y es promovido por la HomePlug Powerline Alliance, organización compuesta por un grupo de empresas que han adquirido el compromiso de crear especificaciones que promuevan y aceleren la demanda de esta tecnología [4]. El espectro de trabajo de las especificaciones HomePlug está comprendido entre los 4,3 y los 20,9 MHz, con técnica de modulación OFDM, y capacidad de transmisión situada en el entorno de los 14 Mbps. El enfoque hacia la utilización interna completamente que ha estado siguiendo no contempla la separación de bandas de frecuencia, lo que aleja a HomePlug de la tendencia normativa que actualmente se promueve en Europa [1].

Vale la pena mencionar que Japón ha decidido no utilizar la tecnología PLC debido a un estudio realizado por Ministry of Public Management Home Affairs Post and Telecommunications (MPHPT), el cuál creo un grupo de estudio para

investigar las interferencias electromagnéticas generadas en las bandas HF y UHF y su influencia en las observaciones de radioastronomía dando resultados muy superiores a los permitidos; es así que el gobierno japonés decidió sacar la tecnología PLC del mercado, ya que una implementación a gran escala generaría mayor interferencia y causaría mayores problemas. Una posible solución para eliminar o reducir las interferencias sería la masiva colocación de filtros de radiofrecuencia, sin embargo, provocaría un encarecimiento del servicio y reduciría su rentabilidad.

En la siguiente gráfica (ver figura 12) se presenta una guía representativa de los distintos estamentos que intervienen en la regulación y estandarización de PLC.

**Figura 12. Estamentos reguladores de PLC**



## **4. TECNOLOGÍAS PLC DE BANDA ANCHA**

En el mercado actual existen algunas empresas encargadas de la fabricación de chips y de la implementación de redes con tecnología PLC, en éste capítulo se mencionaran las más importantes y se describirán las características técnicas que las hacen diferentes entre sí.

### **4.1 TECNOLOGÍA DS2**

La compañía Española Design of Systems on Silicon S.A. (DS2) es una empresa líder en desarrollo de chips y software PLC. EL sistema DS2, utiliza la arquitectura maestro-esclavo, siendo el equipo de cabecera el maestro, mientras que el modem es el esclavo. La transmisión de datos desde la cabecera hacia el modem, es llamada transmisión downstream (bajada), mientras que la comunicación en sentido inverso es llamada upstream (subida). Ésta arquitectura proporciona un sistema de alta seguridad y eficacia de datos. El sistema DS2 asegura en forma implícita la autenticación del usuario y permite solamente que los usuarios autorizados utilicen la red. A través de un software de gestión en forma remota es posible, restringir, ampliar, fijar, modificar, el ancho de la banda que se ofrece [11].

#### **4.1.1 MÓDEM PLC**

Los sistemas desarrollados por DS2, están basados en los estándares de redes VLAN IEEE 802.1Q para este propósito. Esto permite separar las especificaciones de usuarios de los simples datos, dando como resultado la protección de éstos. Todos los sistemas PLC, pueden ser manejados vía DHCP (Dynamic Host Configuration Protocol) y SNMP (Simple Network Management Protocol). Esto permite la integración estándar para la administración de sistemas de redes, otorgando un efectivo y seguro sistema de herramientas, para monitorear el tráfico y localizar de forma rápida los errores que se produzcan.

La tecnología DS2, está basada en la modulación OFDM y utiliza un rango de frecuencia establecido, habilitando 1280 subcanales para transferir datos. Antes de comenzar la transferencia chequea la integridad de cada canal, y el nivel de

ruido existente en el medio, una vez determinado qué canales puede ser utilizados a su mayor capacidad, y cuáles no, se da inicio al envío de los datos.

#### **4.1.2 CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA DS2**

- Tasa de transmisión 45 Mbps; 27 Mbps descendente y 18 Mbps ascendente.
- El nuevo chip DSS9010 tiene 200Mbps de rendimiento en bruto (throughput).
- Doble sentido simultáneamente (Full Duplex) y punto a multipunto.
- Cumple con los estándares de acceso y de Redes de Área Local LAN de ETSI y CENELEC.
- Supervisión continua del ruido en el canal.
- Utiliza aplicación maestro esclavo para el óptimo uso del ancho de banda disponible.
- Funciona por debajo de un nivel de -1 dB de SNR (Signal Noise Ratio).
- Optimiza tasa de errores para TCP/IP.
- SNMP y permite cifrado.
- Hasta 254 usuarios, se planea 512 en casos futuros.
- Se puede utilizar para máquinas que trabajen en ambiente Linux o Windows.
- Utiliza protocolo SNMP para gestión de redes.

#### **4.2 TECNOLOGÍA INTELLON**

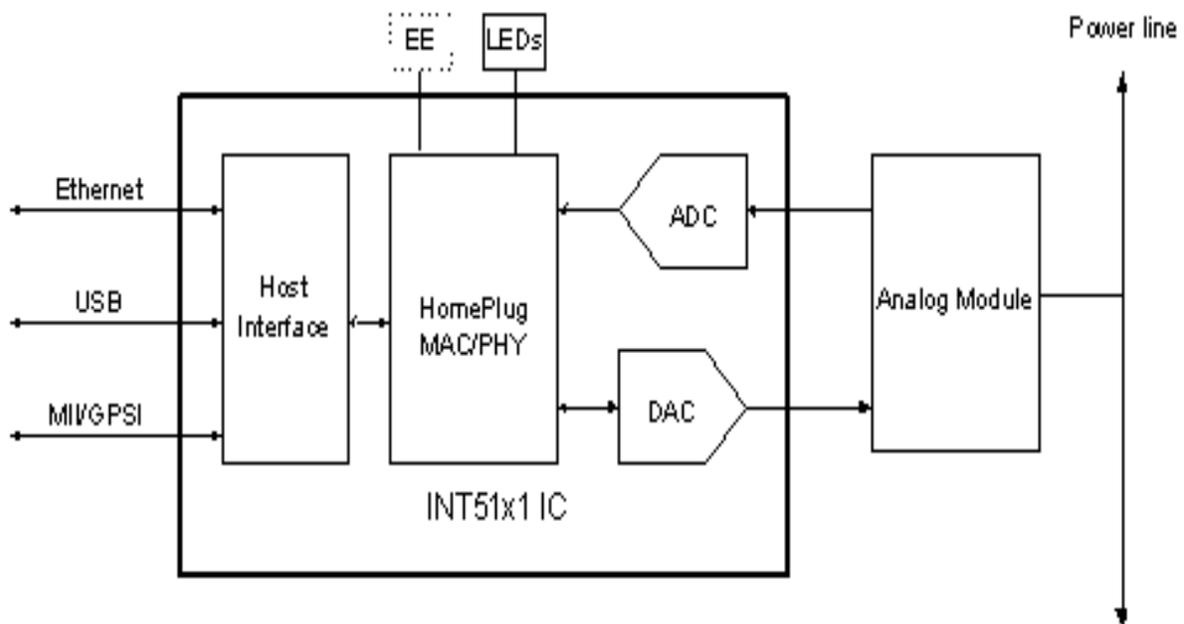
La bien compañía Intellon es una empresa americana situada en Ocala, Florida con más de diez años de experiencia en la tecnología PLC, se ha caracterizado por el desarrollo de chips de tecnología Powerline y es una de las pioneras en este desarrollo. El transmisor receptor integrado INT51X1 de Powerline es el primer circuito que integra todas las funciones digitales y análogas requeridas en una solución de HomePlug 1.0, este dispositivo tiene tres tipos de interfaces que flexibilizan las conexiones con diferentes sistemas (Ver figura 13):

- Una interfaz USB 1.1 para conexión con un puerto USB.
- Una interfaz MII PHY (IEEE 802.3u) / GPSI (General Purpose Serial Interface) para conexión con microcontroladores.
- Una interfaz MII Host / DTE (IEEE 802.3u) para conexión directa a Ethernet.

Este chip fue el primero en integrar un convertor Análogo digital (ADC) de 10 bits, un Conversor Digital Análogo (DAC) de 10 bits y un control automático de ganancia AGC. El INT51X1 está implementado con modulación OFDM que es la base de la tecnología Homeplug 1.0, trabaja a una velocidad de 14 Mbps sobre las líneas de potencia, además minimiza notoriamente el impacto de fuentes de ruidos y la sincronización se realiza en canales bajos de SNR sin el uso de portadoras pilotos.

El nivel MAC utiliza un esquema de CSMA/CA con priorización y pedido de repetición automática (ARQ) para entregar confiablemente los paquetes. El chip incorpora las características de calidad y servicio (QoS) proporcionando un ancho de banda adecuado para aplicaciones de multimedia incluyendo voz, datos, audio, y vídeo.

**Figura 13 Arquitectura de Circuito integrado INT51X1 (Tomado <http://www.intellon.com/products/powerpacket/int51x1.html>)**



Posteriormente la compañía lanzó al mercado el chip INT5200 que cuenta con características similares a su anterior modelo INT51X1 pero integrando filtros y amplificador de potencia.

La compañía Intellon anunció el pasado 24 de septiembre del 2004, el chip INT5500CS que hace parte de la nueva generación de PLC, este dispositivo tiene una velocidad de 85 Mbps y es compatible con los dispositivos de tecnología Homeplug 1.0 de 14 Mbps, además ofrece gran ancho de banda disponible para aplicaciones de video y audio. Estos chips están en pruebas finales de funcionamiento y serán comercializados en el segundo trimestre del 2005.

Entre las características técnicas de tecnología PLC de banda ancha de INTELLON se encuentra las siguientes [6]:

#### **4.2.1 Características de Intellon**

- Integración de la capa física y la capa de control de acceso al medio.
- Tasa de transmisión de datos hasta 14 Mbps.
- Rango de frecuencia utilizada de 4.3 MHz a 20.9 MHz.
- Modulación empleada OFDM que cuenta con 84 portadoras, adaptación automática del canal y corrección de errores del destino (FEC).
- Utiliza el método de CSMA/CA para acceso al medio.
- Comunicaciones encriptadas basadas en el protocolo DES (Data Encryption Standard).

#### **4.2.2 Enrutador RD51X1-RTR**

El enrutador de Intellon es compatible con el estándar homeplug 1.0 y ofrece las siguientes características técnicas:

- Un (1) puerto WAN 10-Base-T.
- Cuatro (4) puertos Ethernet 10/100 Base-T.
- Servidor DHCP y Firewall.

- Compatible con HomePlug 1.0.
- Circuito integrado EEPROM.
- Aprobado por la FCC y la UL (Underwriters Laboratories Inc.)
- Acoplador de corriente alterna.

**Tabla 2. Características Técnicas de los Circuitos Integrados U-530 Y U-540.**

Feature	U-530	U-540 80 pins	U-540 48 pins
Logical Network Topology	Master/ slave	Master/ slave	Master/ slave
Supported Media	AC/DC/ TP	AC/DC/ TP	AC/DC/ TP
PowerLink Router Service	✓	✓	✓
V-Logic Program Space	-	~1 KB	~1 KB
Local V <sup>2</sup> s	-	48	48
TRIAC Driver		✓	✓
Pulse Counter		✓	✓
PWM Outputs		Up to 2	Up to 2
Digital 1-bit I/O		Up to 35	Up to 15
Digital 8-bit I/O		Up to 3	
Digital 16-bit I/O		Up to 3	
SPI Interface to 8-bit ADC		✓	✓
PowerBus API	✓	✓	✓
Asynchronous Serial Interface (UART)	✓	✓	✓
SPI Slave	✓	✓	✓
SPI Master: Number of slaves	1	2 (including external ADC)	2 (including external ADC)
PB Security Service/ 80-bit Encryption Key	✓	✓	✓
Supported Roles	Master	Slave	Slave
Number of Logical Networks (LN)	Up to 1021	Up to 1021	Up to 1021
Number of Slaves in a Master/Slave LN	Up to 1021	Up to 1021	Up to 1021
I/O Voltage	3.3 V/5 V tolerant	3.3 V/5 V tolerant	3.3 V/5 V tolerant
Operating Temperature Range	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C	-40°C to +85°C

### 4.3 TECNOLOGÍA SUMITOMO

La compañía japonesa Sumitomo se ha caracterizado por la construcción de hardware de tecnología PLC, como módems de altas velocidades, equipos de cabecera y repetidores, en la tabla 3 se presentará las características técnicas de estos equipos [10]:

**Tabla 3 Características de los equipos de cabecera y repetidores Suminoto.**

Item	Specification
Modulation	OFDM
Number of carriers	Max. 1280 (programmable)
Frequency band	2.5 MHz to 11.8 MHz (Link1) 13.8 MHz to 22.8 MHz (Link2)
Bandwidth	6.3 MHz (Upstream: 2.5 MHz, downstream: 3.8 MHz)
Data rate	Max.45 Mbps (Upstream: 18 Mbps, Downstream: 27 Mbps)
Multi-access method	TDMA/FDD
Transmission power	Max. -40 dBm/Hz
LAN interface	100BASE-Tx/10BASE-T (HE: Gigabit-Ethernet is available (as option))
Console port	1 port (for maintenance)
Switch feature	Available (supporting L2 switch and spanning tree)
Operating temperature	0 to 55 °C
Allowable humidity	90% without condensation
AC input	AC 100-240 V 50/60 Hz
Power backup	Two hours (only HE, as option)
Remote management	Available with SNMPv2
Size	HE: W430×H400×D300 mm Battery box: W223×H301×D250 mm (as option) RE: W270×H386×D232 mm
Standard	CE mark (EN60950, EN55022, EN55024)

## **4.4 TECNOLOGÍA XELINE**

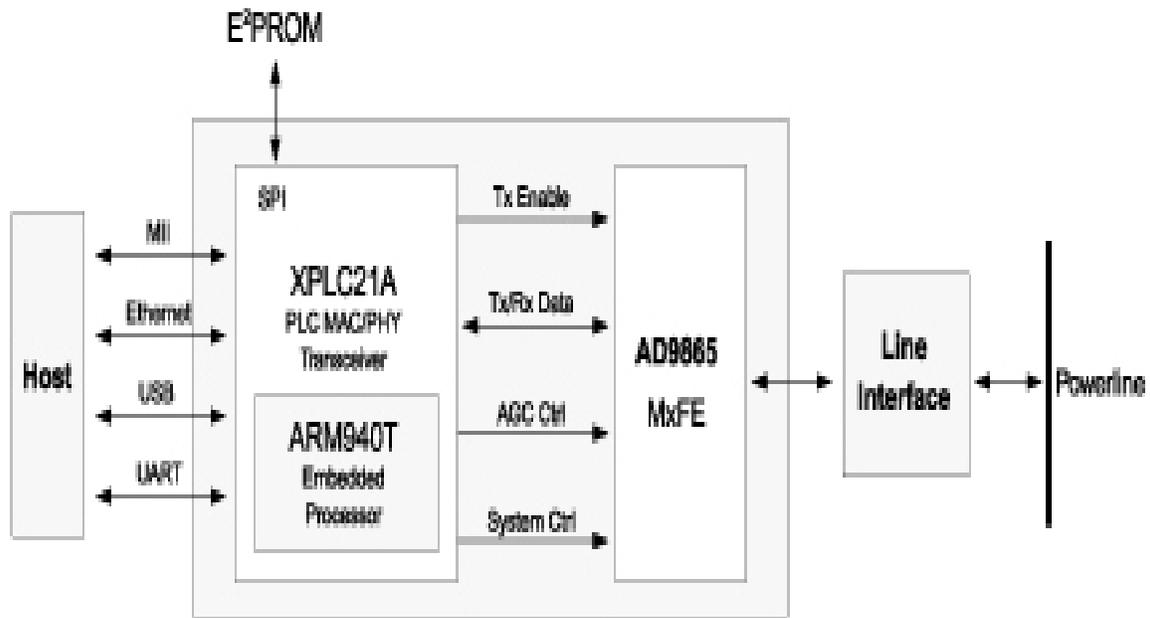
La compañía china Xeline con más de seis años de experiencia, desarrolló el chip XPLC21A de alto rendimiento basado en la tecnología PLC que soporta el acceso de banda ancha, así como redes caseras a través de las líneas de bajo y medio voltaje.

El XPLC21A es una solución Ethernet sobre portadora de línea de potencia basado en (HMAC). Este chip puede ser usado en todas las clases de transmisores y receptores, maestros, esclavo y repetidores del PLC (ver figura 14).

### **4.4.1 Características técnicas de XELINE**

- Tasa de datos hasta 24 Mbps.
- Rango de frecuencia de 2 a 23 Mhz.
- Modulación DMT.
- Tamaño 14x14 mm.
- Chip de 100 pines.
- Dos memorias de 64 KB (flash y RAM).
- Filtro notch (muesca o ranura) programable.
- Sistema de gestión basado en protocolo SNMP
- 56 bits para encriptar la información.
- Tres interfaces (USB, MII, Ethernet).

Figura 14. Arquitectura XPLC21A ([www.xeline.com/english/product/product](http://www.xeline.com/english/product/product)).



Además del chip XPLC21A hay otra serie de dispositivos, vistos en la sección anterior, que hacen parte de la red PLC y se describirán a continuación (ver figura 15).

Figura 15. Otros dispositivos de la red PLC.

	<p><b>Unidad maestro PLC (MM-202A)</b></p> <p>Unidad transmisora receptora que controla a todos los esclavos y repetidores en una red lógica, es el punto de acceso al backbone.</p>
	<p><b>Unidad esclava PLC (SU-200A)</b></p> <p>Es el modem o CPE. Este esclavo es manejado por el maestro o por el repetidor de la red.</p>

	<p><b>PLC Repeater Unit (RU-200A)</b></p> <p>Unidad transmisora y receptora que retransmite frames a otras unidades esclavos o a otros repetidores.</p>
	<p><b>PLC Coupler (CU-100A)</b></p> <p>Dispositivo pasivo que acopla la señal de comunicaciones a la línea de potencia.</p>

#### 4.5 MAIN.NET POWER LINE COMMUNICATIONS

Empresa americana líder en soluciones de última milla para acceso a Internet mediante la utilización de la tecnología PLC, Main.net Communications Ltd. es líder en el mercado de las soluciones para acceso de banda ancha a servicios de comunicación por línea eléctrica [18]. Gracias a su solución avanzada, PLUS, Main.net ofrece acceso de alta velocidad a Internet a través de cualquier conexión eléctrica ordinaria. La clientela de Main.net incluye más de 40 empresas del sector eléctrico de 15 países, incluyendo: Move (Alemania), ENEI (Italia), Vattenfall (Suecia), Unión Fenosa (España), Nuon (Holanda), EDF (Francia), Ameren Corp (EEUU), Southern Telecom, filial de Southern Co. (EEUU) y la ciudad de Manassas (EEUU). A continuación se presentarán algunas características de ésta tecnología de banda ancha.

#### 4.5.1 Características técnicas de Main.net

- Permite una interfaz eléctrica con protocolos como: 100BASET, xDSL, T1 y E1, como un paso intermedio en el Backbone.
- Se puede integrar con una cantidad de Backbone de IP, SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y ATM (Asynchronous Transfer Mode).
- Proporciona una tasa de transmisión de usuario de 2.5 Mbps y opera en ambientes con gran cantidad de ruido.
- Incorpora una tecnología patentada que permite la utilización de más de un modem y triplica el ancho de banda existente.
- Transfiere información segura sobre la línea eléctrica.
- Permite la configuración y el control remoto de todos sus dispositivos.

A continuación se detalla los elementos que forman ésta tecnología así como sus respectivos nombres y características.

#### 4.5.2 NTPLUS (Terminador de red)

Es el dispositivo terminal que se conecta al enchufe eléctrico de nuestro hogar u oficina y obtiene el servicio de datos, ésta unidad se puede comunicar directamente con el concentrador local o **CUPLUS**.

- Interfaz 10BASET para los computadores que no tienen una tarjeta PLC interna (estándar).
- Una interfaz RS-232 para aplicaciones de telemetría (opcional).
- Interfaz POTS para teléfono análogo (estándar).
- Puerto USB (opcional).

#### 4.5.3 RPPLUS (Repetidor)

Éste dispositivo sirve como repetidor y se encuentra ubicado entre el NtPlus, el CuPlus y el repetidor soporta las mismas interfaces descritas anteriormente.

#### **4.5.4 CUPLUS (Concentrador)**

El concentrador local se encuentra ubicado en el centro de una red PLC, éste dispositivo controla el acceso de todas las unidades NtPlus o módems domésticos. El concentrador soporta un tráfico máximo de 2 Mbps.

#### **4.5.5 NMPLUS (Administrador de red)**

Dispositivo del tipo software que maneja y administra toda la red PLC y proporciona todos los siguientes servicios:

- Activación y desactivación de todos los componentes del sistema.
- Control de actividades y fallas.
- Interfaz a los sistemas de facturación.
- Descargue remoto de software.
- Proporciona estadística para la correcta configuración del sistema.

#### **4.6 YITRAN COMMUNICATIONS**

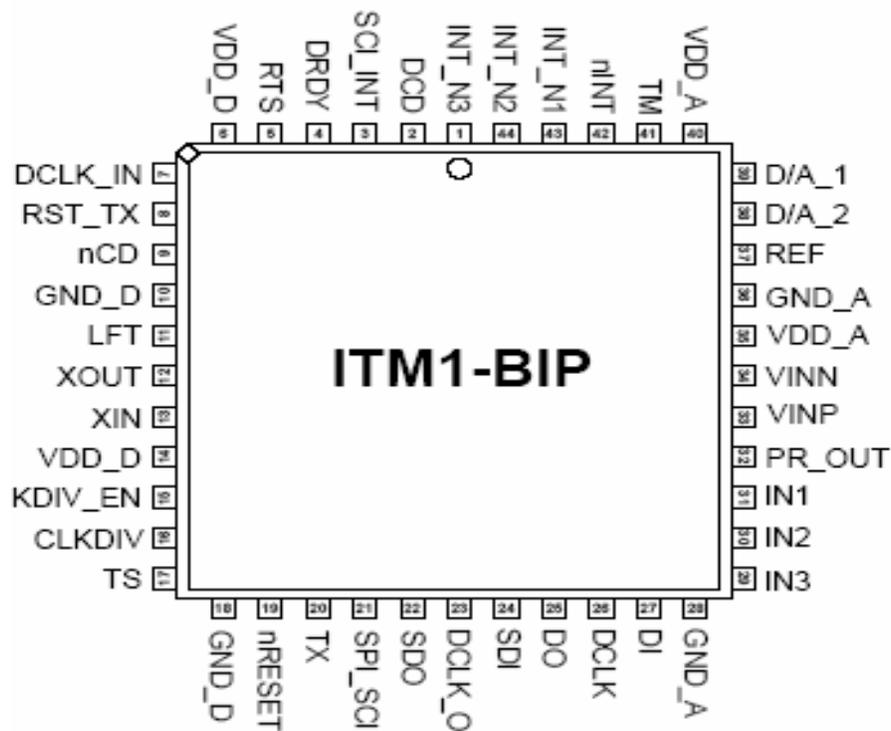
La compañía Israelí YITRAN fue fundada en 1996 y es una empresa líder en la manufactura de módems con tecnología PLC, esta compañía diseña, desarrolla y realiza el mercadeo de sus productos para redes locales, Power Line Communications, acceso y aplicaciones de automatización y control sobre la línea eléctrica.

YITRAN ofrece una cantidad de soluciones de banda angosta y banda ancha, como el objetivo principal de este libro es el acceso a Internet entonces se describirá los productos que ofrece ésta compañía para banda ancha. Además de todo esto, YITRAN maneja su propia modulación propietaria la cuál recibe el nombre de ACSK (Adaptive Code Shift Keying) que maneja velocidades superiores a los 2.5 Mbps. A continuación se mostrará las principales características de los Chip ITM1-ITM10 (figura 16).

#### 4.6.1 Características Técnicas de Yitran

- Control de acceso al medio CSMA/CA.
- ARQ.
- Transmisiones unicast y multicast.
- Modulación AFSK.
- Alta inmunidad al ruido e interferencias.
- CRC-8.
- 3 canales de diversidad de frecuencia.
- Temporizador de bajo costo con cristal externo.
- Código de detección de errores.

Figura 16. Diagrama del modem ITM1 (<http://www.yitran.com/itm1ic.htm>).



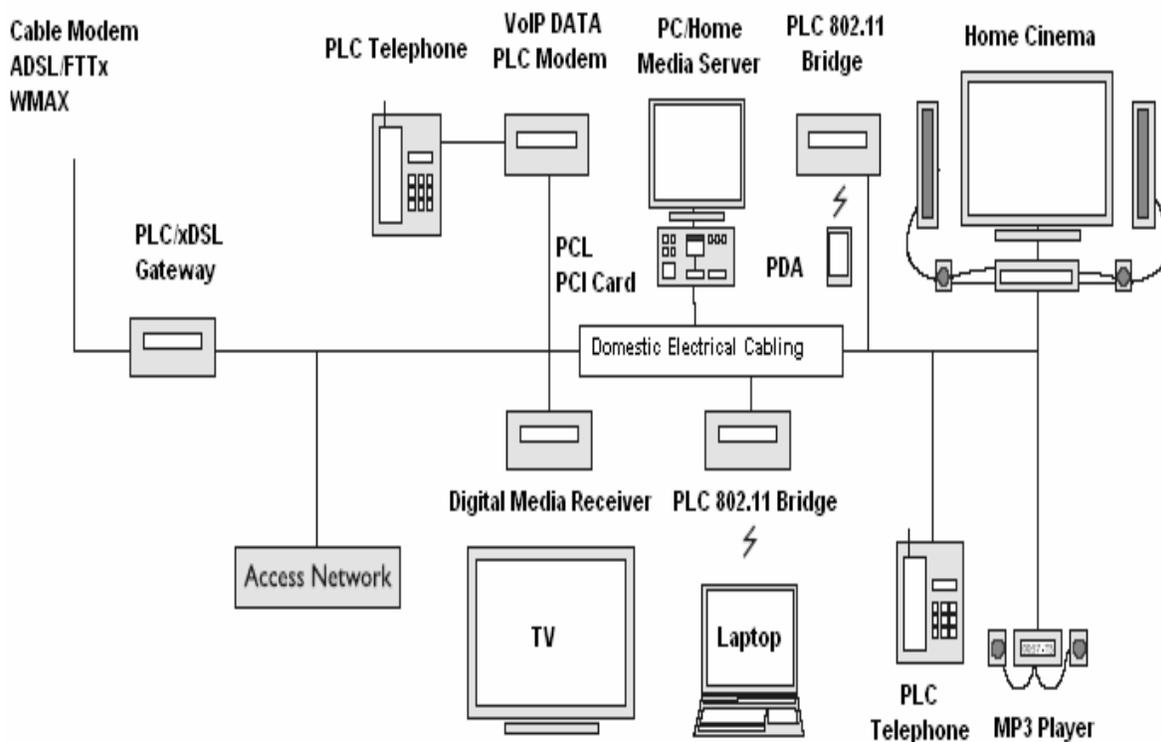
**Tabla 4. Descripción de los Pines del ITM1.**

Pin #	Pin Name	Type	Description
1	INT_N3	O	Interrupt number MSB
2	DCD	O	SCI flow control out
3	SCI_INT	O	SCI interrupt
4	DRDY	I	SCI data ready
5	RTS	I	SCI flow control in
6	VDD_D	PWS	Power supply voltage
7	DCLK_IN	I	SCI data clock in
8	RST_Tx	I	SCI reset Tx FIFO
9	nCD	O	Carrier detection/collision detection (active low)
10	GND_D	PWS	Ground
11	LFT	I	PLL low pass filter
12	XOUT	O	Crystal output
13	XIN	I	Crystal Input
14	VDD_D	PWS	Power supply voltage
15	CLKDIV_EN	I	Clock division out enable
16	CLKDIV	O	Clock division out
17	TS	O	Output amplifier tri-state control
18	GND_D	PWS	Ground
19	nRESET	I	Reset (active low)
20	TX	I	Host request to send
21	SPI_SCI	I	SCI/ SPI Selection
22	SDO	O	SCI serial data out
23	DCLK_O	O	SCI data clock out
24	SDI	I/O	SCI serial data in
25	DO	O	SPI serial data out
26	DCLK	O	SPI data clock
27	DI	I/O	SPI serial data in
28	GND_A	PWS	Ground
29	IN3	I	Channel 3 input
30	IN2	I	Channel 2 input
31	IN1	I	Channel 1 input
32	PR_OUT	O	Pre-amplifier Output
33	VINP	I	Differential positive input
34	VINN	I	Differential negative input
35	VDD_A	PWS	Power supply voltage
36	GND_A	PWS	Ground
37	REF	I	D/A reference current resistor
38	D/A_2	O	D/A Differential output
39	D/A_1	O	D/A Differential output
40	VDD_A	PWS	Power Supply
41	TM	I	This pin is reserved for vendor use and should be tied to GND
42	nINT	O	Interrupt output to host (active low)
43	INT_N1	O	Interrupt number LSB
44	INT_N2	O	Interrupt number ISB

## 5. SERVICIOS QUE OFRECE PLC

Con el desarrollo de la tecnología PLC se podrá disfrutar de innovadores servicios de comunicaciones con un gran ancho de banda y a un bajo costo, se podrá tener acceso a nuevos servicios a distancia para el hogar y la oficina. A continuación se describirán algunos ejemplos de los servicios que ofrece PLC (ver figura 17).

**Figura 17. Servicios que ofrece PLC.**



### Internet avanzado

Se podrá tener acceso a Internet y a todos sus servicios que ofrece como televisión, música y video a la carta.

### TV digital interactiva

Con la conexión a la televisión digital podrás realizar comercio electrónico, reservas, entradas, juegos, entretenimiento multimedia e Internet.

## **Juegos en línea**

Participar en los diferentes campeonatos de juegos en la red y con la más alta velocidad en tiempo real.

## **Automatización y domótica**

Controlar los electrodomésticos a distancia ya sea desde el trabajo o si se está de vacaciones: apagar la lavadora, encender el aire acondicionado, conectar el horno, grabar una película y alimentar a la mascota.

## **Seguridad a distancia**

Alarmas de intrusos e incendio que protegen la casa conectándola directamente con la central de emergencias.

## **Telefonía.**

Se podrá disponer de un servicio de telefonía sin necesidad de conectar un terminal a la línea telefónica convencional.

## **Teletrabajo**

Trabajar desde la casa a través de una conexión rápida, económica, segura y permanente, cuando por ciertas circunstancias no se pueda dirigirse a la oficina.

## **Redes privadas virtuales (VPN)**

Comunicar las oficinas para transmisión privada de voz y datos.

## **Videoconferencia**

Se podrá ver y hablar con clientes a muy bajo costo esté donde estén, además se citaran a juntas desde las diferentes ciudades de operación de la empresa sin necesidad de viajar.

## **6. EJEMPLOS DE INSTALACIONES DE PLC EN EL MUNDO**

La implementación de PLC se está desarrollando en forma lenta debido a que se encuentra en una fase de prueba, y no se ha establecido un estándar ni un manual de usuario general. Todas las expectativas de implementación global se esperan que comiencen a funcionar a partir del segundo semestre del 2005, es por esto que a continuación se mencionaran pruebas piloto y algunas implementaciones mínimas de la tecnología PLC a nivel mundial. El desarrollo e investigación de estas pruebas traerá como resultado el mejoramiento y corrección de algunos detalles técnicos que han estancado la utilización de la tecnología PLC en el mundo.

### **6.1 AMÉRICA LATINA**

En América Latina se han desarrollado algunas pruebas de acceso a Internet utilizando la tecnología PLC de banda ancha que mencionaremos a continuación:

El grupo Enersis de Chile implementó la tecnología PLC en su fase de prueba a mediados del 2002, en alrededor de 50 hogares de Santiago de Chile, prestando el servicio en forma gratuita para algunas oficinas, departamentos y locales en la comuna de Las Condes la tecnología de hardware utilizado fue DS2 y Ascom. Posteriormente este proyecto fue abandonado y desmantelado por el grupo Enersis socio de Endesa [16].

Por otro lado a finales del 2003 en Santiago, la escuela “Maestra Elsa Santibáñez” ha sido la pionera en un proyecto piloto llamado “Escuela iluminada” que pretende mejorar el acceso a Internet de los estudiantes, y constituye en la pionera de Latinoamérica en el acceso a Internet a través de la red eléctrica convencional.

Otro importante país suramericano que ha estado a la vanguardia de la tecnología PLC de banda ancha es Brasil y es ahí en donde a principios del 2002 la compañía CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) lanzo una prueba

para acceder a Internet de banda ancha en 40 hogares con una duración de seis meses.

Un proyecto piloto se llevo a cabo en el municipio brasilero Barreirinhas a final de 2004, donde un poco más de trece mil habitantes pudieron solicitar el servicio de PLC de banda ancha así como estamentos oficiales como hospitales, bibliotecas, puestos de salud y secretarias estarán interconectadas mediante ésta tecnología.

La compañía brasilera de telecomunicaciones COPEL de Paraná realizó una prueba piloto en 50 hogares de Curitiba; y en San Paulo la compañía Eletropaulo también ha realizado pruebas a finales del 2003 obteniendo excelentes resultados.

En octubre de 2004 en Venezuela el Hotel Continental Altamira situado en pleno centro de Caracas, ha puesto en marcha el servicio de Internet en habitaciones. Se convierte así en el primer Hotel de Venezuela en disponer de esta tecnología, y conectarse a Internet a través de la red eléctrica.

La Comisión Federal de la Electricidad CFE de México a principios del 2004 desarrolló un programa agresivo de prestación de servicios adicionales con la colaboración de las compañías Ascom Power Line Communication y Endesa, realizaron dos pruebas pilotos en las ciudades de Mérida y Monterrey en donde ya se han implementado los servicios de telefonía, televigilancia, videoconferencias, videos bajo demanda, acceso a Internet y telemedición, entre otros mediante la red eléctrica de media y baja tensión.

Ahora situémonos en nuestro entorno Colombia, ¿Cómo se encuentra ésta tecnología de banda ancha? se ésta aplicando o al menos estudiando, ante estas preguntas me contacte con el ministerio de comunicaciones máxima autoridad en normalización y regulación en el sector de las comunicaciones y ellos me contestaron lo siguiente: “Le informo que hasta el momento el país no cuenta con regulación específica para PLC, sin embargo para este año 2005 tenemos planeado estudiar dicha tecnología en todos sus aspectos, de tal forma que podamos determinar su impacto dentro del actual esquema normativo.

Hasta este momento se están realizando pruebas con PLC para la transmisión de ondas de radio, específicamente se está trabajando una emisora de radio con alcance restringido a un campus universitario. La normatividad al respecto está en proyecto y esperamos tener algo para este año. Para el caso de servicios de telecomunicaciones, aun no se tiene ningún tipo de aplicación comercial” [25].

## **6.2 ESPAÑA**

Sin lugar a dudas el país que más ha invertido en desarrollar la tecnología PLC de banda ancha es España, que con la Empresa Nacional de Electricidad S.A. (ENDESA), y gracias a la compañía japonesa Sumitomo, comercializó en marzo de 2003 el acceso a Internet y voz sobre IP VoIP utilizando las líneas eléctricas españolas. La compañía Sumitomo está trabajando en la siguiente generación de módems PLC de 200 Mbps, aunque en Japón por regulaciones legales no es posible utilizar PLC, esta compañía esta a la vanguardia de la fabricación de módems en las necesidades de otros países del mundo. Pero posteriormente ENDESA utilizo los módems desarrollados por DS2.

En octubre del 2000 en la ciudad de Barcelona se realizó una prueba piloto de 18 meses de duración, con un alcance de 25 usuarios finales entre corporativos y particulares, prestando los servicios de telefonía IP e Internet de banda ancha, utilizando equipos con tecnología Ascom cuyas velocidades oscilan entre 2 y 3 Mbps[13].

Posteriormente en enero del 2001 se realizo la misma prueba anterior, pero esta vez en la ciudad de Sevilla y utilizando equipos de la compañía DS2 que alcanzaron velocidades entre 6 y 12 Mbps, la duración total de la prueba duro hasta principios del 2002.

La mayor prueba masiva se realizo en Zaragoza a finales del 2001 con una duración de dos años y una muestra de 2100 usuarios. La anterior prueba determino la viabilidad técnica de PLC en condiciones de utilización real y en gran

parte de las topologías eléctricas. Un estudio realizado por la asociación española de usuarios de telecomunicaciones (AUTEL) sobre el despliegue del PLC en Zaragoza ratifica estos beneficios. El tiempo invertido en el despliegue de esta tecnología fue de 5 meses frente al año que hubiese requerido la fibra óptica, mientras que el costo por hogar fue tres veces menor al del cable. Además, la tasa de hogares que permitían la instalación del PLC era del 95%, frente al 80% en ADSL y muy superior al cable. Finalmente, la tasa de usuarios muy satisfechos con la calidad del servicio fue del 86%, frente al 73% del ADSL [7].

La compañía española Iberdrola ha llevado a cabo ocho pruebas piloto de acceso a Internet a través de la red eléctrica: tres en zonas costeras de Valencia, Castellón y Alicante, y cinco en zonas de interior, Segorbe (dos) Alcoy (dos) y Chelva (una). A raíz de los excelentes resultados obtenidos la compañía ya comercializa la tecnología PLC de acceso a Internet en varias zonas de Madrid, donde ofrece desde principios de 2004 una velocidad de acceso a la Red de 600 Kbps por 39 euros mensuales unos \$120000 pesos colombianos y otro de 100 Kbps por 24 euros unos \$ 72000 pesos colombianos, sin cuota de instalación y con el primer mes gratis.

El agosto de 2004 El hotel Princesa Yaiza, en las Islas Canarias, ha inaugurado el servicio de Internet de Alta Velocidad para clientes, tanto en habitaciones como en zonas comunes y salones, con los productos marca Cibersuite.

A partir el día 1 de Enero del 2005, el Hotel Holiday Inn de Madrid, de la prestigiosa cadena Intercontinental Hotels Group, dispone del sistema Cibersuite, proporcionando el acceso a Internet en habitaciones y áreas públicas, a través de Power Line Carrier y WI-FI (Gíreles Fidelity).

El hotel más nuevo de Gran Canaria, recientemente inaugurado, dispone a partir del 31 de enero de 2005 del Cibersuite Hotel en todo el complejo, proporcionando Internet a través de la red eléctrica en todas las habitaciones del Hotel, salones y zonas públicas, donde además dispone de cobertura WiFi. Toda la instalación

dispone de conectividad segura 100% garantizada por el sistema Cipersuite Hotel [12].

En julio de 2003 el hotel Puente Romano de Marbella ha inaugurado su servicio de Internet Alta Velocidad por la red eléctrica, siendo así uno de los pioneros en el mundo en usar esta tecnología a 10 Mbps.

### **6.3 ESTADOS UNIDOS**

En Estados Unidos donde esta tecnología es conocida como BPL también se han realizado pruebas muy importantes entre las que se encuentran:

El hotel Whitney de Bethesda es un complejo nuevo y lujoso que se encuentra situado en Maryland. Los residentes de éste hotel gozan de muchas comodidades y servicios de lujo como grandes y confortables habitaciones, una espectacular piscina y un acceso del Internet de alta velocidad. La compañía americana Telkonet implementó un programa piloto en estos 254 apartamentos utilizando la tecnología PLC, a finales de diciembre de 2003, obteniendo unos resultados muy superiores a sus competidores ADSL y cable modem.

Se recibieron comentarios muy positivos por parte de los residentes del hotel debido a que cualquier enchufe podía ser utilizado como un punto de acceso a Internet. Entre otros casos exitosos de implementación de acceso a Internet a través de PLC de TELKONET, se encuentra el complejo turístico de WyteStone en Fredericksburg, Virginia (Enero de 2004).

En el área residencial TELKONET implementó PLC, en la villa "The Villages at Welleby Park" de 9 edificaciones con 136 unidades habitacionales y 1000 metros cuadrados localizada en Sunrise, Florida [9].

La ciudad de Manassas en Virginia se ha convertido en la primera ciudad Estadounidense en utilizar PLC como tecnología de acceso a Internet de banda ancha a todos los usuarios en hogares u oficinas.

## 6.4 EUROPA

En Europa esta tecnología no se puede que dar atrás y veremos en la siguiente tabla algunos de los casos de implementación más importante que se han realizado:

**Tabla 5 Pruebas realizadas en Europa**

<b>DETALLE DE ALGUNAS PRUEBAS REALIZADAS EN EUROPA</b>			
<b>Operador</b>	<b>País</b>	<b>Tecnología</b>	<b>Observaciones</b>
RWE	Alemania	Ascom / Keyin	A mediados del 2000 la compañía termino la prueba piloto en 200 hogares de Essen, utilizando la tecnología Ascom en 150 hogares y Keyin en los 50 restantes.
VEBA/AvaconOnline	Alemania	Online/Enikia	Realizo con éxito una prueba piloto en 8 hogares.
EnBW/Tension	Alemania	Siemens/Norweb	Pruebas realizadas en agosto 1998 con 150 clientes.
MW	Alemania	ABB/Alcatel	En julio del 2000, 100 casas en Mannheim están conectadas por PLC:
EEF, diAX	República Checa	Ascom	Se realizo una prueba en 20 hogares
France Telecom	Francia	Ascom	
Enel	Italia	Ascom	Se encuentra un anillo de fibra desde la subestación al anillo y PLC hasta 100 hogares
Endesalberdrola	España	AscomDS2Nams	Se han realizado pruebas piloto en la villa olímpica del puerto de Barcelona, Sevilla y Madrid.
Elmu/Novaco	Hungría	Siemens	Lanzamiento de prueba en Budapest.
Evicom/Sydkraft	Suecia	Ascom	Se ha desarrollado un portal de banda ancha.
R-Kom	Dinamarca	Alcatel	
EDF	Francia	Ascom	
EDV	Austria	Ascom	
TiWAG	Austria	Ascom	
NESA	Dinamarca	Ascom	
Linanet	Islandia	Ascom	
VikentEnerginnett	Noruega	Ascom	

## CONCLUSIONES

PLC es una tecnología que con el transcurrir del tiempo y después de haber solucionado los principales problemas que ha presentado en las pruebas piloto (de interferencia y estandarización), tiene un gran potencial para ser una tecnología ampliamente difundida para acceder a Internet, brindando mayores beneficios a los usuarios y una nueva forma de ingreso a las electrificadoras.

Para poder implementar PLC a nivel mundial se deben solucionar algunos problemas que han limitado su desarrollo: establecer una banda de frecuencias de operación segura, establecer unas leyes claras y estandarizadas; de manera que se brinde a esta tecnología el entorno adecuado donde se pueda desarrollar y no interfiera con sistemas ya existentes de vital importancia.

Ya que en Colombia no se ha investigado nada en cuanto a PLC de banda ancha y el ministerio de comunicaciones tiene pendiente este estudio para el año en curso, el gobierno debe ver en esta tecnología una fuente importante para la vinculación de las comunidades rurales y apartadas con las tecnologías de la información (Internet, telefonía) y con este fin cumplir la labor social que tiene, con los sectores alejados y la población menos favorecida por el estado..

En tiempos de catástrofes y desastres las comunicaciones se interrumpen por completo y es en ese momento es donde los sistemas de onda corta (HF y VHF) no se ven afectados y operan de manera eficiente, valdría la pena analizar que pasaría si estuviera implementado un sistema PLC y éste afectara las comunicaciones de onda corta; las pérdidas de vida y de orden económico debidos a las dificultades logísticas asociadas a tales interferencias, podrían ser muy elevadas, por tal razón tras concluir las pruebas pilotos que se llevan a cabo alrededor del mundo se debe garantizar el normal funcionamiento de los equipos.

## **BIBLIOGRAFÍA**

### **LIBROS**

[1] CHECA, Luís María. Líneas de transporte de Energía tercera edición. Editorial Alfaomega Octubre de 2000.

### **ARTICULOS DE REVISTAS**

[2] Power Line Local Area Networking, IEEE Communications Magazine Abril 2003, volumen 41 N° 4.

### **TÉSIS O TRABAJOS DE GRADO**

[3] TRUJILLO TARAZONA Pedro Javier, Tecnologías PLC (Power Line Carrier) Bucaramanga 2 de Septiembre de 2003, 78 p. Reporte Parcial de tesis para optar el título de Magíster en informática. Universidad Industrial de Santander, Facultad de ingeniería de sistemas.

### **TOMADO DE INTERNET**

[4] <http://www.homeplug.org> Alianza estratégica de compañías que han desarrollado su propio estándar propietario de PLC.

[5] <http://www.plcforum.com> Asociación internacional que representa los intereses de los fabricantes, electrificadoras, universidades, consultores y otras asociaciones de PLC, fue creado en 2000 y la actualidad cuenta con más de 2000 socios.

[6] <http://www.comsoc.com/int-5200.html> Características técnicas del chip INT5200 de la compañía Intellon.

[7] [http://www.iese.edu/es/files/5\\_10512.pdf](http://www.iese.edu/es/files/5_10512.pdf). Carles Cabré, El acceso online a través de la red eléctrica a paso lento, 16 abril 2004 Septiembre 30 de 2004.

[8] <http://www.ambientcorp.com> Compañía Americana encargada investigar la tecnología PLC y dar soluciones.

[9] [http://www.telkonet.com/html/about\\_us.html](http://www.telkonet.com/html/about_us.html) Compañía telkonet que brinda acceso a Internet de banda ancha y es propietaria de la tecnología PlugPlus.

[10] [http://www.sei.co.jp/tr\\_e/t\\_technical\\_e\\_pdf/58-06.pdf](http://www.sei.co.jp/tr_e/t_technical_e_pdf/58-06.pdf) Desarrollo de módems de alta velocidad de la compañía Sumitomo así como sus características técnicas.

[11] <http://www.ds2.es> Desing of Systems of Silicon, compañía Española fabricante de chips para la tecnología PLC Octubre 3 de 2004.

[12] [http://www.cibersuite.com/index.asp?archivo\\_noticias.html](http://www.cibersuite.com/index.asp?archivo_noticias.html) Empresa especializada en instalar tecnología PLC de alta velocidad en diversos hoteles a nivel mundial.

[13] <http://www.plcendesa.com/> Endesa net Factory, Endesa Lanza comercialmente PLC. Septiembre 15 2004.

[14] [http://hraunfoss.fcc.gov/edocs\\_public/attachmatch/DOC-253125A1.pdf](http://hraunfoss.fcc.gov/edocs_public/attachmatch/DOC-253125A1.pdf) FCC adopts rules for broadband over power lines to increase competition and promote broadband service to all Americans. Octubre de 2004.

[15] <http://www.rediris.es/rediris/boletin/68-69/enfoque4.pdf> González Puyol J. R. y García Vieira F. J. "La tecnología PLC en los Programas de Fomento de la Sociedad de la Información de Red.es".

[16] <http://www.enersisplc.cl/> Grupo ENERSIS de Chile encargado de implementar PLC en algunos lugares de Santiago, la página muestra prueba piloto en Santiago.

[17] <http://www.cibersuite.com/index.asp?ire.html> Grupo español que se encarga de aplicar soluciones de PLC, utiliza una tecnología llamada IRE (Internet Red Eléctrica) a hoteles alrededor del mundo.

[18] <http://www.powerline-plc.com> Grupo main.net Power Line Communications especializado en el acceso a Internet de banda ancha a través del cable eléctrico.

[19] <http://www.enersearch.se/palas/D5.pdf> Hans Ottosson y Hans Akkermans "PALAS Power Line as an Alternative Local Access" Frecuencias permitidas y reglamentadas por diferentes estamentos reguladores para PLC.

[20] <http://www.itrancomm.com/> ITRAN Communications Ltd. Bringing Power to home networking Octubre 8 de 2004.

[21] <http://global.mitsubishielectric.com/bu/plc/index.html>. Mitsubishi electric Global website, Power Line Communications PLC, Broadband Internet via A.C Power Lines Octubre 9 de 2004.

[22] [http://www.ilevo.com/pages22\\_6.html](http://www.ilevo.com/pages22_6.html) Página de ILEVO con sus características técnicas y detalles de aplicaciones y diferentes usos de la PLC

[23] <http://www.cenelec.org> Página principal del Comité Europeo para la Estandarización Electrónica.

[24] <http://www.fcc.gov> Página principal de la Comisión Federal de las Comunicaciones de Norteamérica que se encarga de la normalización y regulación en el sector de las comunicaciones.

[25] <http://www.mincomunicaciones.gov.co/mincom/src/index.jsp> Página Ministerio de Comunicaciones de Colombia, información de PLC actual en el país.

[26] HC Ferreira, HM Grové, o Hooijen and AJ Han Vinck. Power Line communications: An overview, Base de datos IEEE.

[27] <http://www.ebapl.com> Welcome to world of broadband over power lines, PLC revealed, learn how this technology works. Octubre 10 de 2004

[28] [http://www.coitt.es/antena/pdf/158/07c\\_Reportajefectos\\_negati.pdf](http://www.coitt.es/antena/pdf/158/07c_Reportajefectos_negati.pdf) Efectos negativos de los PLC sobre los servicios de telecomunicación, Tomado en Febrero de 2005.