

**POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) COMO SOLUCIÓN DE ACCESO A
INTERNET PARA EL ÁREA METROPOLITANA**

**JULIO CESAR ALARCÓN RIOS
YOVANI MUÑOZ NARVÁEZ**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS
CARTAGENA DE INDIAS**

2004

**POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC) COMO SOLUCIÓN DE ACCESO A
INTERNET PARA EL ÁREA METROPOLITANA**

Autores

JULIO CESAR ALARCÓN RIOS

YOVANI MUÑOZ NARVÁEZ

Monografía presentada como requisito para optar al título de Ingenieros de Sistemas

Director

Ing. ISAAC ZÚÑIGA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

FACULTAD DE INGENIERÍA DE SISTEMAS

CARTAGENA DE INDIAS

2004

Cartagena, Noviembre de 2004

Señores

COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR

Escuela de ingeniería

La ciudad

Estimados señores:

A petición de los estudiantes **Julio Cesar Alarcón Ríos** y **Yovani Muñoz Narváez**, he aceptado participar como director los en la monografía titulada “PowerLine Communication PLC como solución de acceso a Internet para el área metropolitana”, presentado como requisito para optar el título de Ingeniero de Sistemas.

Cordialmente,

ISAAC ZÚÑIGA SILGADO

Ingeniero de Sistemas

Cartagena, Noviembre de 2004

Señores

**COMITÉ DE PROYECTOS DE GRADO
UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR**

Escuela de ingeniería

La ciudad

Estimados señores:

La presente tiene como objeto presentarles la monografía titulada “**PowerLine Communication PLC como solución de acceso a Internet para el área metropolitana**”, como requisito para optar el título de Ingeniero de Sistemas.

Cordialmente,

JULIO CESAR ALARCÓN RÍOS

YOVANI MUÑOZ NARVÁEZ

AUTORIZACIÓN

Cartagena, D. T. y C., Noviembre de 2004.

Yo, **Julio Cesar Alarcón Rios**, identificado con el número de cedula 73.583.588 de Cartagena de Indias – Bolívar, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para ser uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el Catalogo Online de la biblioteca.

JULIO CESAR ALARCON RIOS.

AUTORIZACIÓN

Cartagena, D. T. y C., Noviembre de 2004.

Yo, **Yovani de los Santos Muñoz Narváez**, identificado con el número de cedula **92'129.186** de Majagual - Sucre, autorizo a la Universidad Tecnológica de Bolívar para ser uso de mi trabajo de monografía y publicarlo en el Catalogo Online de la biblioteca.

YOVANI MUÑOZ NARVÁEZ

Artículo 105

La Universitaria Tecnológica de Bolívar se reserva el derecho de propiedad intelectual de todos los trabajos de grado aprobados y no pueden ser explotados comercialmente sin su autorización.

Nota de aceptación

Presidente del jurado

Jurado

Jurado

DEDICATORIA

A mis padres que han dado todo por mí,
me han apoyado y brindado su amor
incondicional.

A mis amigos y mi familia
por su fe y apoyo moral.

A mis profesores por ser
Grandes maestros y guías

Julio Alarcón Ríos

DEDICATORIA

A todas las personas que me han apoyado
durante esta etapa de mi vida, a mi familia,
especialmente a mi tía Esilda por sus
consejos y apoyo incondicional.

Y a mi compañero de tesis, Julio, por su apoyo y paciencia.

Yovani Muñoz Narváez

AGRADECIMIENTOS

Queremos mostrar nuestro agradecimiento a las muchas personas que han contribuido al desarrollo de este trabajo de Monografía

En primer lugar a todas las personas que han colaborado con la realización de este trabajo, muy especialmente al Ingeniero Isaac Zúñiga, los cuales nos han sabido guiar y asesorar.

También queremos agradecer a la Universidad Tecnológica de Bolívar por brindarnos la oportunidad de poder presentar este trabajo de Monografía para optar por nuestro título de Ingenieros de Sistemas.

Gracias a todas las personas que han confiado en nosotros y nos han apoyado a lo largo de la consecución de todos nuestros logros y han ayudado en la elaboración de esta monografía.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
OBJETIVO GENERAL	2
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
JUSTIFICACIÓN	2
REVISIÓN DE ANTECEDENTES	3
CAPITULO I	5
TECNOLOGÍAS DE ACCESO A INTERNET	
1.1 LAS REDES DE ACCESO	6
1.2 RED TELEFÓNICA CONMUTADA (RTC)	7
1.3 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)	8
1.4 ESTÁNDAR DEL SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)	9
1.5 LÍNEA DIGITAL ASIMÉTRICA DE SUSCRIPCIÓN (ADSL)	11
1.6 CABLE TV (CATV)	12
1.7 SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS)	14
1.8 TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN SATELITAL (SAT)	14
1.9 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT)	16
1.10 WIRELESS LAN (WLAN)	17
1.12 ETHERNET DE LARGO ALCANCE (LRE)	19
1.13 POWERLINE COMMUNICATION (PLC)	20
CAPITULO II	21
LA TECNOLOGÍA POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC)	
1. HISTORIA DE PLC	22
2. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA POWERLINE COMMUNICATIONS	23
3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE PLC	25

3.1 Codificación De La Señal	25
DSSSM	25
OFDM	25
GMSK	26
3.2 Ámbito De PLC	26
3.3 Separación Entre Aplicaciones Indoor y Outdoor	28
3.4 La Capa Física y La De Datos	30
3.5 Funcionamiento de PLC	30
4. DISPOSITIVOS NECESARIOS PARA LA CONEXIÓN	31
4.1 Transformadores	32
4.2 Backbone	32
4.3 Cabecera PLC	33
4.4 Repetidor PLC (HG)	34
4.5 Módem PLC	36
4.6 Evolución De Los Dispositivos PLC	38
1ª Generación	38
2ª Generación	38
3ª Generación	38
5. ESQUEMAS DE SOLUCIONES PARA REDES PLC	39
5.1 Powerline Como Solución de Acceso a Internet en Edificios Comerciales	39
5.2 PowerLine Como Solución de Acceso a Internet para los Hoteles	40
5.3 PowerLine Como Solución de Acceso a Internet para centros educativos	42
5.4 Powerline Como Solución de Acceso a Internet para áreas residenciales	43
6. REQUISITOS DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA CONEXIÓN A INTERNET	45
7. APLICACIONES DE PLC	45
8. EXPECTATIVAS DE POWERLINE COMMUNICATIONS	46
8.1 Ventajas Para Los Hogares y Pymes	47
8.2 Factores Críticos De Éxito Para Que PLC Cumpla Las Expectativas	48
9. COMPARATIVO DE PLC Vs OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO	50

9.1 Comparativa Entre Tecnologías De Acceso De Banda Ancha	52
10. VENTAJAS DE PLC	54
11. DESVENTAJAS DE PLC	56
12. MATRIZ DOFA PARA LA TECNOLOGÍA PLC	57
13. PROVEEDORES PLC	57
14. FUTURO DE PLC	58
CONCLUSIONES	60
RECOMENDACIONES	62
BIBLIOGRAFÍA	64
GLOSARIO	66
ANEXOS	71
Anexo 1. Ficha técnica equipos Master PLC Indoor/Outdoor y adaptadores	72
Anexo 2. Ficha técnica equipos Gateway PLC	73
Anexo 3. CASO ESTUDIO INSTALACIÓN DE PLC EN ZONA RESIDENCIAL	74
Anexo 4. INDUSTRIAS PLC	79
Anexo 5. OPERADORES DE LA TECNOLOGÍA PLC A NIVEL MUNDIAL	80

FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1: Diferentes tecnologías para las Redes de Acceso	7
Figura 2.1: Sistema PLC	24
Figura 2.2: Frecuencias Powerline Equipos ASCOM	26
Figura 2.3: Red eléctrica – Tramos	27
Figura 2.4: Esquema Indoor y Outdoor PLC	29
Figura 2.5: Esquema de conexión de PLC	31
Figura 2.6: Head End	34

Figura 2.7: Home Gateway	35
Figura 2.8: Modem PLC	36
Figura 2.9: Esquema general para la conexión de equipos Ascom PLC	36
Figura 2.10: Arquitectura de protocolo de un Nodo PLC	37
Figura 2.11: Acceso a Internet en edificios comerciales	40
Figura 2.12: Solución de Acceso a Internet para los Hoteles	41
Figura 2.13: Solución de Acceso a Internet para centros educativos	42
Figura 2.14: Acceso a Internet para áreas residenciales	43
Figura 2.15: Esquema de conexión eléctrica PLC para un sector urbano	44
Figura 2.16: Administración de la energía	46
Figura 2.17: Administración de la seguridad	46
Figura 2.18: Control de la temperatura	46
Figura 2.19: Control de dispositivos	46
Figura 2.20: Comparativo del Costo Vs Velocidad de acceso otras tecnologías	51

TABLAS

	Pág.
Tabla 2.1: Comparativo de PLC Vs otras tecnologías de acceso	50
Tabla 2.2 Comparativa tecnológica por peso de accesos de banda ancha	51
Tabla 2.3 Canal de retorno para los tipos de Acceso a Internet	52
Tabla 2.4 Equipos necesarios del usuario para los tipos de acceso	53
Tabla 2.5 Despliegue para los tipos de acceso	53
Tabla 2.6: Matriz DOFA para la Tecnología PLC	57
Tabla A: Precios productos Ascom PLC	76
Tabla B: Individualización de clientes según vivienda	76
Tabla C: Inversión inicial en tecnología PLC	77
Tabla D: Gasto periódico mensual	78

RESUMEN

En el primer capítulo se describe de forma general las principales tecnologías de acceso a Internet entre estas: Las redes de acceso clásicas: RTC, RDSI, GSM y las nuevas tecnologías para el acceso: ADSL, CATV (Mediante TV por cable, LMDS (Acceso inalámbrico), SAT (Acceso satelital), TDT (Televisión digital terrestre), WLAN (Vía Radio Local), Etherloop, LRE (Ethernet de largo alcance), PLC (Internet a través del cable de la luz).

En el segundo capítulo se describe de forma detallada la tecnología PowerLine Communication (PLC): su historia, descripción, modo de funcionamiento, equipos necesarios para la conexión, ventajas, desventajas, comparativos con otras tecnologías de acceso a Internet, proveedores, y el futuro que le depara a PLC. También se explican algunos esquemas que se pueden implementar para esta tecnología.

Se incluye un video que muestra el funcionamiento de PLC.

INTRODUCCIÓN

La presente Monografía, da a conocer el estudio de una investigación de tecnología de acceso a Internet, que concierne el interés educativo de las personas de la Universidad Tecnológica de Bolívar y todos aquellos que deseen indagar sobre esta. En especial a los estudiantes de Minor de Redes y Comunicaciones.

En esta monografía se expone de forma general una descripción de las diferentes tecnologías que se ofrecen como solución de acceso a Internet y se explica de forma detallada la tecnología PowerLine Communication que utiliza el cable del tendido eléctrico para que podamos acceder a Internet a una alta velocidad (entre 2 y 135 Mbps). Siendo esta una tecnología de gran impacto, más aun si tomamos en cuenta que el 90% de las redes que existen en el mundo la conforma la red eléctrica.

La motivación de realizar este estudio, corresponde a la necesidad de indagar y proyectar la capacidad de la tecnología Powerline Communications para expandir las redes de telecomunicaciones, y como ésta puede ofrecer más y mejores oportunidades de desarrollo en el área metropolitana en Colombia a través del uso de Internet.

OBJETIVO GENERAL

Presentar un estudio detallado acerca de Powerline Communications (PLC) como una solución de acceso a Internet para el área metropolitana.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Realizar una descripción general de diferentes tecnologías de red que se presentan como soluciones de acceso a Internet para el área metropolitana.
- ✓ Mostrar diferentes esquemas de red que permitan la conexión a Internet en las áreas metropolitanas.
- ✓ Investigar funcionamiento, requerimientos técnicos, ventajas y desventajas de la nueva tecnología Powerline Communications (PLC), la cual utiliza como canales de comunicación las redes de electricidad de baja tensión de una ciudad para brindar servicio acceso a Internet.
- ✓ Demostrar la importancia y beneficios de la tecnología de red PLC como solución óptima para el área metropolitana.
- ✓ Describir las aplicaciones de esta tecnología PLC en Cartagena, la región caribe colombiana, Colombia y a nivel mundial. Además quienes proveen el servicio en estos sectores.
- ✓ Describir la tendencia; historia, presente y futuro de PLC.

JUSTIFICACIÓN

La importancia de este trabajo radica en poder brindar una herramienta de estudio a los estudiantes de la Universidad Tecnológica De Bolívar con la descripción de una tecnología novedosa (capaz de reutilizar las amplias redes de electricidad existentes), que no diferencia entre sectores geográficos ni sociales, y técnicamente ha demostrado ser factible.

Se presentarán las expectativas que se han forjado en torno a la tecnología PLC, y como estas serán ventajas significativas para los hogares y empresas en especial las PYMES.

REVISIÓN DE ANTECEDENTES

Gracias al sistema PLC, cualquier enchufe de una vivienda se puede transformar en una conexión a los servicios usuales de navegación por Internet. Pero el sistema incorpora otras ventajas; puede igualar o superar a un servicio ADSL, permite estar siempre conectado (evitando cualquier discado y cobro por Servicio Local Medido), no requiere engorrosos trabajos de cableado ni extensión de líneas hacia dónde se encuentra el computador, y las velocidades de acceso estarán limitadas por el ancho de banda asignado a cada módem PLC. Por consiguiente, si es necesario aumentar el ancho de banda de un sector, basta con aumentar la capacidad de la fibra óptica, y no es necesario cambiar equipos de Cabecera, Repetidor ni módem del cliente.

Esta plataforma ya se ha probado con éxito en Alemania, España, Hong Kong y Singapur. En Alemania está siendo explotada comercialmente en las ciudades de Mannheim y Essen.¹

De acuerdo a Pyramid Research² y el centro de investigaciones de las telecomunicaciones (Cintel), las ciudades también pueden sacar partido a este sistema debido a la alta tasa de conectividad de empalmes de electricidad. Hoy la red eléctrica tiene mayor cobertura que la red de telefonía. Es decir, con el sistema PLC la mayoría de la gente tendrá la posibilidad de conectarse a Internet. Debido a que la plataforma ocupa la red que ya existe en oficinas y hogares, los mercados que más se beneficiarán será el residencial y el de las Pymes. Esto, porque las grandes empresas y corporaciones ya están cubiertas con las posibilidades de conexión que entrega la fibra óptica y los enlaces privados. Los servicios que hoy ofrece el sistema PLC incluyen los de Internet tradicional, tales como navegación y correo

¹ *Montserrat Collado Rodríguez* (Colaboradora del equipo de MaxiTrucos.com) Fecha: 11 de Enero de 2004

² Empresa internacional de análisis y consultaría de Telecomunicaciones

electrónico, transferencia de archivos, video conferencia, juegos en red. La particularidad es que el enlace se hace a alta velocidad y está siempre disponible.

La implementación de PLC, permitiría establecer comunicaciones telefónicas IP. Para ello basta con enchufar los equipos de telefonía tradicionales al módem PLC. Esto beneficiaría enormemente las comunicaciones de larga distancia nacionales e internacionales, ya que simplemente no serían cobradas como tal, y estarían dentro del costo del servicio de Internet, como tráfico de datos.

PLC hará posible incorporar servicios como video en demanda y videoconferencias por el televisor. La transmisión de formatos como Real Audio se hace en tiempo real. Al tener acceso a todos los enchufes de una casa, dentro de poco tiempo será posible crear redes locales lo que permitirá interconectar todas las computadoras de un hogar con los electrodomésticos. Esto permitiría por ejemplo, programar la lavadora desde el televisor y manejar a distancia luces, calefacción o cámaras de seguridad. Esto es una implementación real de la tecnología Domótica.

Se puede demostrar que PLC puede ser una tecnología real de acceso de última milla, posibilitando el acceso de compañías de telecomunicaciones a los usuarios finales, ofreciendo mejores servicios, a precios altamente competitivos.

CAPITULO I

TECNOLOGÍAS DE ACCESO A INTERNET

TECNOLOGÍAS DE ACCESO A INTERNET

1.1 LAS REDES DE ACCESO

En este capítulo se describirán de forma general algunas de las principales tecnologías de acceso a Internet con el objetivo de dar a conocer las numerosas formas en que podemos conectar nuestros computadores o redes y cual es la que más se adapta a nuestras necesidades.

Se describen las redes de acceso clásicas:

- RTC (Red Telefónica Conmutada),
- RDSI (Acceso mediante Red digital de servicios integrados),
- GSM (acceso mediante Red Celular),

y las nuevas tecnologías para el acceso:

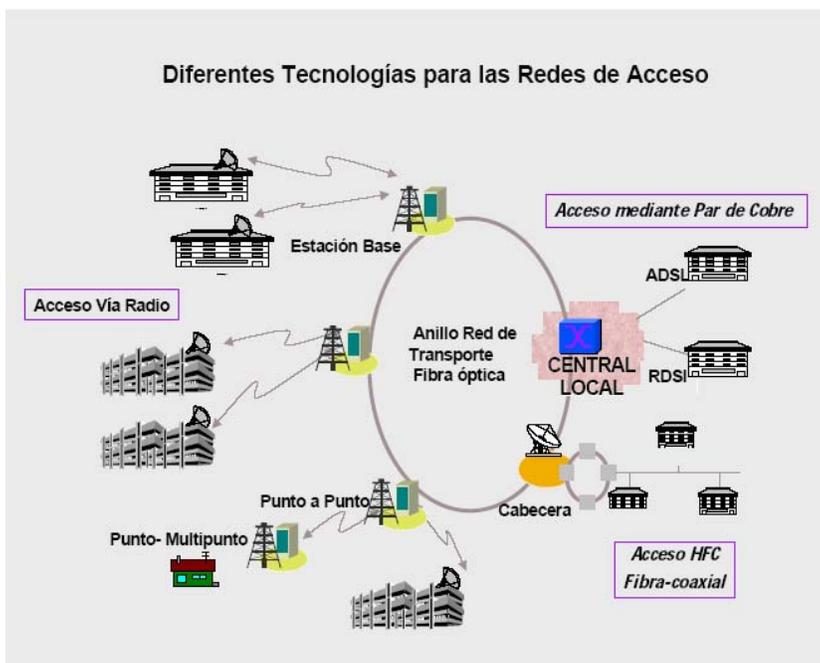
- ADSL (Línea digital asimétrica de suscripción),
- CATV (Mediante TV por cable),
- LMDS (Acceso inalámbrico),
- SAT (Acceso satelital),
- TDT (Televisión digital terrestre),
- WLAN (Vía Radio Local),
- LRE(Ethernet de largo alcance),
- PLC (Internet a través del cable de la luz)³

³ Información obtenida de tesis Doctoral: Andreu Veà Baró 2002

Las distintas tecnologías empleadas para el acceso a Internet, son una de las partes más cambiantes dentro de la cadena de valor que se forma para la provisión del servicio al cliente.

Los rápidos avances de estas tecnologías y el rápido despliegue de algunas de ellas, han provocado cambios radicales en la forma de comunicarse que tienen empresas y usuarios.

Figura 1.1 Diferentes tecnologías para las Redes de Acceso



1.2 RED TELEFÓNICA CONMUTADA (RTC)

Se trata de acceso conmutado a Internet a través de la línea telefónica.

Los primeros accesos a Internet comerciales se ofrecieron utilizando la RTC o lo que es lo mismo, haciendo uso del par de cobre. Puesto que la red está pensada para transmitir la voz

y ésta es de naturaleza analógica. Los datos al ser digitales tendrán que ser modulados y transmitidos mediante un módem que se coloca entre el equipo informático (fuente de los datos) y la red telefónica. La especificación V.90 logra velocidades de hasta 56.000bps de bajada (red-usuario) con una velocidad máxima de subida de 33.600bps.

Este tipo de red basada en la conmutación de circuitos⁴ fue diseñada para ofrecer el servicio telefónico de manera óptima, pero no para la transmisión de datos, puesto que el ancho de banda es muy limitado

1.3 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (RDSI)

La RDSI debe su nombre a la integración de una multitud de servicios, en único acceso de abonado que permite la comunicación digital a mayor velocidad entre los terminales conectados a ella, como teléfono, fax, ordenador, etc. gracias a la digitalización extremo a extremo incluyendo el bucle de abonado.

La integración de los servicios en una única línea se realiza a través de un interfaz estándar independiente del servicio, permitiendo disponer de un amplio rango de capacidades en los terminales y mejorar las prestaciones del terminal sin cambiar el interfaz de la línea de acceso.

La Red Digital de Servicios Integrados proporciona al usuario en su acceso básico, 2 canales de comunicación digitales de 64Kbps (denominados canales B) y uno de control o señalización de llamada de 16Kbps (canal D), sobre las líneas telefónicas convencionales.

⁴ En los servicios conmutados en modo circuito el intercambio de información se realiza mediante una conexión física establecida entre el origen y el destino de la información. En este tipo de comunicaciones hay siempre un establecimiento, un intercambio de información y una liberación de la comunicación.

Los dos canales de comunicación B (para el transporte de voz, datos y acceso a Internet a 64Kbps) desde el terminal del usuario pueden utilizarse independientemente, a efectos prácticos es como si se dispusiera de dos líneas independientes. Por lo que el operador las va a facturar también como si fueran dos líneas.

El acceso primario ofrece 30 canales B (de 64Kbps cada uno) y un canal D (de 64Kbps) y confiere al usuario una capacidad total de 2Mbps. Orientado a empresas que necesiten de una mayor capacidad de transmisión, como pueden ser oficinas con una centralita digital o una LAN.

El cableado externo que utiliza RDSI es el convencional de la línea telefónica: un par de cobre. Únicamente el cableado desde el PTR (punto de terminación de red) dentro del domicilio del cliente hasta los equipos deberá tener 4 hilos: 2 para emisión y 2 para recepción.

1.4 ESTÁNDAR DEL SISTEMA GLOBAL PARA COMUNICACIONES MÓVILES (GSM)

Al igual que en los dos esquemas anteriormente mencionados, se podría sustituir la red telefónica de conmutación de circuitos por una red telefónica cuya parte final de acceso de usuario fuese inalámbrica.

La red móvil GSM (*Global System for Mobile Communications*, Estándar del Sistema Global Para Comunicaciones Móviles) añade a las características de los sistemas anteriores una componente de movilidad. Allí donde se tiene cobertura de nuestro móvil se puede acceder a Internet.

Ciertas características técnicas del diseño del protocolo GSM, su estructura de red pensada para voz, y su altísimo costo hacen que el acceso mediante esta red, No sea una alternativa comercialmente práctica.

Para el acceso a Internet, se puede asimilar la topología necesaria para una conexión, a la que se utiliza en un acceso telefónico convencional. El PC, portátil o dispositivo PDA, requerirá de un Adaptador hacia la red GSM que hará las veces de módem. Aunque en este caso como el sistema de transmisión GSM es un medio digital nativo, no deberán realizarse las conversiones digital-analógica y viceversa por lo que la calidad y eficiencia de la transmisión será mejor.

Se Puede conectar un equipo al teléfono, mediante un cable serie del PC al teléfono, aunque la solución que se adopta generalmente es una conexión inalámbrica por infrarrojos o mediante el estándar *Bluetooth*⁵.

Para la conexión a Internet utilizando un sistema móvil GSM, se necesitan los siguientes dispositivos:

- Cuenta de Acceso a Internet provista por un ISP
- Ordenador o Dispositivo PDA
- Módem GSM
- Terminal Móvil GSM (que permita18 transmisión de datos).

La velocidad máxima a alcanzar a diferencia de la red telefónica convencional son los únicamente 9.600 bps.

⁵ Estándar vía Radio que puede alcanzar velocidades de hasta 2Mbps (siempre en un muy corto radio de alcance).

1.5 LÍNEA DIGITAL ASIMÉTRICA DE SUSCRIPCIÓN (ADSL)

Fundamentalmente el ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) es una nueva técnica de modulación que se diferencia de las usadas en los módems convencionales por la banda de frecuencias en las que trabaja. Los de banda vocal (V.32 a V.90), se centran en la banda de frecuencias destinada a telefonía (300Hz-3.400Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio (24KHz-1.104KHz, aproximadamente).

El hecho de que voz y datos puedan coexistir simultáneamente en el mismo par se consigue modulando en frecuencia los datos en una banda superior. Utilizando un sistema de filtraje en el origen y en el destino, que permita separar las dos señales.

La tecnología DSL, Digital Subscriber Line, (Línea de Abonados Digitales) suministra el ancho de banda suficiente para numerosas aplicaciones, incluyendo además un rápido acceso a Internet utilizando las líneas telefónicas; acceso remoto a las diferentes redes de área local (LAN), videoconferencia, y Sistemas de Redes Privadas Virtuales (VPN).

El ADSL ha dado lugar a toda una serie de mejoras y adaptaciones de la idea original, creándose lo que se denomina la familia xDSL. xDSL no es nada más que el acrónimo utilizado para referirse a toda una serie de tecnologías digitales que funcionan sobre el par de cobre (Digital Subscriber Line), donde la x indica el tipo de tecnología. Está formada, además del ADSL, por el SDSL (Symmetric DSL), HDSL (High-Bit-Rate DSL) y el VDSL (Very-High-Bit-Rate DSL). Donde ésta última es la más rápida de las tecnologías. Puesto que puede alcanzar velocidades de entre 13-52 Mbps desde la red al abonado y de 1,2-2,3 Mbps en sentido contrario, por lo que se trata de una conexión asimétrica como ADSL. En cambio, la tecnología HDSL es simétrica (es decir, idénticas velocidades entre Red-Usuario y Usuario-Red); la velocidad que puede llegar a alcanzar es de 1,544 Mbps sobre dos pares de cobre y 2,048 Mbps sobre tres pares. Por último, la variante SDSL es similar a HDSL, ya que soporta transmisiones simétricas, pero utiliza un solo par de cobre.

xDSL esta formado por un conjunto de tecnologías que proveen un gran ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores ni repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo de la red. xDSL son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red pública, que permiten un flujo de información tanto simétrico como asimétrico y de alta velocidad sobre el bucle de abonado(ultima milla).

Las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales en digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha en el domicilio de los abonados, similares a los de las redes de cable o las inalámbricas, aprovechando los pares de cobre existentes, siempre que estos reúnan un mínimo de requisitos en cuanto a la calidad del circuito y distancia.

El factor común de todas las tecnologías DSL (Digital Subscriber Line) es que funcionan sobre par trenzado y usan la modulación para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. Las diferentes tecnologías se caracterizan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico de descendente (el que va desde la central hasta el usuario) y el ascendente (en sentido contrario). Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem DSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones.

1.6 CABLE TV (CATV)

La vulgarmente llamada tecnología “cable” es de las que mejor se adaptan para el acceso a Internet. Por sus altísimas prestaciones como medio de transporte digital, por su idoneidad en el diseño de red (puesto que se trata de una red de nueva implantación) pensada para el transporte masivo de datos y por su capacidad de integrar telefonía, televisión e Internet.

Inicialmente las primeras redes de distribución de TV por cable coaxial, tenían una topología en árbol. Con lo que requerían de decenas de derivaciones y reamplificadores intermedios. Como es lógico, los últimos de la cadena recibían una señal mucho peor a los que por suerte residían cerca de la cabecera desde la que se emitía la señal. Más tarde (y a partir de principios de los 80) aparecieron las redes híbridas entre fibra y coaxial. La topología varió hacia una combinación entre estrella y árbol. Llevando la señal de manera óptica desde la cabecera hasta los nodos intermedios en donde se realiza la conversión óptico-eléctrica y a partir de allí se realiza la distribución mediante cable coaxial hasta los hogares, pudiendo así disminuir el número de repetidores y amplificadores intermedios y permitiendo que el usuario tenga un canal de retorno para servicios interactivos como Internet. La anterior topología únicamente permitía la difusión de la señal de TV.

La estructura básica de este tipo de redes ha variado sustancialmente respecto a las originales. Se componen básicamente de una cabecera (que ha evolucionado hacia un centro de control y emisión), la red troncal de fibra óptica que distribuye las señales hacia los nodos primarios (o hubs), la red secundaria que une éstos con los nodos finales que reparten mediante la red de distribución (coaxial) la señal a los clientes.

En aras a una mayor disponibilidad del sistema, la red troncal de fibra óptica se construye en un doble anillo. Puesto que no se puede permitir que haya un corte en esta zona de la red, pues es donde circula toda la información. Estas troncales suelen instalarse en canalizaciones ya existentes en las ciudades como son la red de Metro o bien la infraestructura de alcantarillado, o galerías de servicio. A través de los llamados nodos ópticos principales reparten las señales hacia los anillos secundarios, en donde a la vez se ubican otros nodos que realizan la conversión óptico-eléctrica de la señal, enviándola a la red de distribución coaxial. En las redes bidireccionales, estas conversiones también se realizan a la inversa (eléctrico-ópticas), para que la señal del usuario pueda llegar hasta la cabecera.

Cada nodo soporta aproximadamente a 500 hogares y la red final se estructura en una topología en árbol a la que se conectan los diferentes hogares.

1.7 SERVICIO DE DISTRIBUCIÓN LOCAL MULTIPUNTO (LMDS)

El sistema LMDS (Local Multipoint Distribution Service) lo utilizan los operadores alternativos para proporcionar la conexión directa de sus clientes con los nodos de sus redes de comunicaciones. La conocida “última milla” o tramo final. Es una forma más rápida y versátil en el despliegue de las nuevas redes, que complementa a los accesos por cable o fibra óptica.

La idea es sencilla, se instalan una serie de Estaciones Base desde donde se ofrece cobertura a un determinado barrio o zona geográfica. Con la salvedad de que tengan visión directa (puesto que los haces de onda a tan alta frecuencia son muy directivos), y por lo tanto si existen edificios altos intermedios, pueden provocar zonas sin cobertura.

Este tipo de sistemas están orientados a la transferencia de datos entre las unidades remotas y Centros de Procesos (host) conectados al Hub.

Son además apropiados para la distribución de señales de vídeo y en algunos casos para servicios de telefonía entre estaciones remotas y el Hub. Son utilizados en redes de datos para aplicaciones financieras, redes de servicios públicos (agua, gas, oleoductos remotos que atraviesan desiertos, etc.) con lo que se hacen actualmente indispensables para la supervisión de infraestructuras. Son sistemas destinados a aplicaciones transaccionales de bajo ancho de banda para puntos de alta dispersión geográfica y de difícil acceso.

1.8 TECNOLOGÍA DE COMUNICACIÓN SATELITAL (SAT)

SAT(Satellite Communication Technology): Los sistemas vía satélite son ideales para la radio y video-difusión en una topología punto multipunto, en la que un emisor inyecte una

señal a multitud de receptores. La cobertura está garantizada (a menos que haya algún obstáculo insalvable), desde el primer día que se instala el satélite. Por lo que podremos enviar datos, como se envía la señal televisiva actualmente.

La transmisión de datos, tiene un perfil diametralmente distinto a la radiodifusión. Puesto que suele ser bidireccional e interactiva. Es aquí donde se deberán realizar adaptaciones a la concepción del satélite tradicional.

Los servicios interactivos asociados a la radiodifusión de datos suelen ser asimétricos, es decir, con gran demanda de capacidad en el sentido radiodifusor-usuario y poca capacidad en el opuesto. Para estos servicios se ajustan las comunicaciones por satélite, bien a través de su implementación con terminales tipo VSAT o para ser implementados conjuntamente con otras redes terrestres como la red telefónica pública o la red de servicios digitales integrados.

Los escenarios clásicos de una comunicación satelital, podemos clasificarlos en cuatro grandes grupos según el origen y el destino de la información:

- **PaP** Comunicación entre 2 puntos cualesquiera.
- **Difusión** desde un punto a toda la cobertura.
- **Multidifusión** : Desde un punto a varios grupos en cobertura.
- **Bidireccional** : Topologías de red en estrella

Los servicios de Internet por satélite se pueden clasificar en dos grandes grupos, en función que sean en modo *pull* o modo *push*. El primero no requiere canal de retorno. Puesto que los contenidos se lanzan al “aire” como si de “emisiones web” se tratase. Es la técnica llamada *carrusel* en la que van emitiéndose los contenidos más visitados de la red de forma cíclica, y a velocidades muy elevadas de manera que el usuario puede filtrar y bajarse automáticamente a su PC el contenido que le interese. Aunque no puede hacer peticiones en el caso de que lo que busca no esté en el carrusel. Los servicios *pull* requieren que el usuario formule una petición al servidor. Esta petición se puede encaminar por un canal de

retorno convencional (habitualmente por vía telefónica con un módem convencional) o por un canal de retorno vía satélite.

Las velocidades de transmisión nominales son de 2Mbps en el descenso (si el retorno es vía módem telefónico) pueden llegar a alcanzar el orden de los 400-500Kbps, aunque valores medios se sitúan en los 250Kbps dependiendo de la información solicitada y la concurrencia de usuarios en ese momento.

1.9 TELEVISIÓN DIGITAL TERRESTRE (TDT)

Se trata de una conexión a Internet utilizando el televisor digital (con canal de retorno a través de la red telefónica conmutada) no se entiende como un sustitutivo del resto de accesos, sino que es un servicio complementario que aprovecha las principales ventajas de TDT (cobertura, sencillez de uso). Aunque se encuentra con numerosas limitaciones (capacidad compartida por todos los usuarios y necesidad de un canal de retorno adicional).

Aunque por el momento no tenga un notable impacto en la sociedad, se prevé que con el Apagón Analógico, la TDT se convierta en algo masivo con la consiguiente introducción de servicios de Internet a aquellos ámbitos sociales que aún no han entrado en la red.

Una de las grandes ventajas, que permite el rápido despliegue es que la TDT utiliza la misma banda de frecuencias UHF que las transmisiones analógicas o sea los canales 21 a 65, por lo que se aprovechan los mismos receptores en el cliente.

Gracias a la compresión cada canal digital UHF contiene varios programas. Estos canales comparten adecuadamente el espectro con los canales analógicos, de forma que pueden coexistir las dos tecnologías.

En este tipo de sistemas, y debido a que el usuario no tiene una estación “emisora” en su casa, se asume que sus peticiones (Lo que constituye el canal de retorno. Sentido usuario a red) a Internet se enviarán a través de la red Telefónica (RTC). Puesto que al ser la TDT un sistema orientado a la difusión es unidireccional.

La capacidad de transmisión que se pueda dedicar a la transmisión de datos queda limitada por el legislador (situándose en un máximo de 3Mbps por canal), de los 20Mbps totales que se difunden. Este ancho de banda deberá además ser compartido por todos los usuarios que lo utilicen simultáneamente.

Fundamentalmente, para la utilización de la TDT como canal de comunicación entre Internet y el usuario, se deber disponer en la Cabecera del operador de TDT de una conexión a Internet permanente (proporcionada por un ISP u operador de datos cualquiera).

1.10 WIRELESS LAN (WLAN)

Esta tecnología utilizan ondas electromagnéticas (de radio o infrarrojas) para transmitir la información de un punto a otro sin necesitar de un medio físico.

A este tipo de señales de radio, se les suele llamar portadoras, porque su función es únicamente entregar energía a un receptor remoto. La información se envía mediante un proceso de modulación, que consiste en superponer los datos a enviar sobre esta portadora, de forma que puedan recuperarse a su llegada.

En las WLAN, los emisores-receptores, se les denomina Puntos de Acceso (AP) y se conectan a la red fija mediante un cableado estándar. El AP recibe y envía la información entre la red inalámbrica y la fija. Un único AP soporta a un pequeño grupo de usuarios con

un alcance de entre 30 y 300 metros. Su antena se suele instalar en el techo de la oficina para ofrecer una mayor cobertura.

Los usuarios, acceden a esta red inalámbrica mediante Adaptadores. Cuyo formato físico, es equivalente al de una tarjeta de red para los PC. O una PCMCIA, que se puede colocar en los portátiles o en las agendas electrónicas (PDAs). Estos adaptadores de red, proporcionan una interfaz entre el sistema operativo de red del ordenador cliente y el medio físico (radio) mediante una antena. Para el sistema operativo, el hecho que la transmisión sea inalámbrica le va a ser transparente gracias a este adaptador.

Las Redes Inalámbricas facilitan la operación en lugares donde el ordenador no puede permanecer en un solo lugar, como en almacenes, en oficinas que se encuentren en varios pisos, o en estands de ferias que duran 4 días.

Existen dos categorías básicas de Redes Inalámbricas, las que sustituyen el enlace físico por:

- Un radio-enlace a determinada frecuencia.
- Y las que lo hacen mediante luz infrarroja.

Los fabricantes de redes inalámbricas, pueden escoger entre varias tecnologías para realizar el diseño de una solución WLAN. Cada una como siempre, tiene sus ventajas e inconvenientes. Entre estas tenemos:

- **Tecnología de Banda Estrecha:** Un sistema de radio de banda estrecha, envía y recibe la información a una determinada frecuencia. Intentando ocupar el mínimo ancho de banda del espectro para transmitir la información. Las interferencias se evitan, coordinando adecuadamente que cada usuario tenga su canal en distintas frecuencias. Con lo que cada receptor filtrará las señales excepto las que vayan a su frecuencia designada, para asegurar la privacidad de las comunicaciones.

- **Tecnología de Espectro Ensanchado:** La mayoría de sistemas WLAN utilizan esta técnica de radiofrecuencia de banda ancha. Que en su día fue desarrollada para aplicaciones militares.
- **Tecnología Infrarroja:** Una tercera tecnología (aunque poco utilizada en aplicaciones comerciales de WLAN) es la infrarroja. Los sistemas de transmisión por infrarrojos utilizan altísimas frecuencias¹¹ para transportar los datos.

1.12 ETHERNET DE LARGO ALCANCE (LRE)

LRE (Long Reach Ethernet) de Cisco, es una solución de última milla que alcanza velocidades entre 5 y 15 Mbps sobre el cableado existente Categoría 1/2/3. Con un rendimiento de tipo Ethernet, el LRE trae voz, video y tráfico de datos en simultáneo, para servicios como la alta velocidad de acceso a Internet, video streaming y telefonía IP, utilizando cableados existentes.

LRE aumenta significativamente las posibilidades de implementación de la tecnología Ethernet. La tecnología LRE encapsula los paquetes Ethernet para una transmisión robusta y de alta frecuencia a través de líneas telefónicas, extendiendo su alcance de los 100 metros tradicionales para enlaces de Ethernet sobre cables de cobre hasta 1,500 metros. Todo esto ofrece valiosas oportunidades para que los proveedores de servicio ofrezcan acceso de alta velocidad con tecnología Ethernet y efectividad en sus costos. LRE habilita los servicios de amplio ancho de banda que requieren los usuarios sobre una línea telefónica convencional, lo que además le ofrece significativos ahorros en costos y tiempo a los proveedores de servicio.

Se caracteriza por su *bajo costo*: Ethernet es reconocida generalmente como la tecnología de redes disponible más eficiente en costos; *Alta velocidad*: La solución Cisco LRE es muy flexible y sus variables incluyen velocidades de 5 Mbps, 10 Mbps y 15 Mbps (dependiendo

de la distancia de acceso); *Capacidades robustas*: LRE permite la transmisión simultánea en tiempo real de datos, voz y video para aplicaciones integradas como telefonía IP, streaming de video y multicasting.

1.13 POWERLINE COMMUNICATION (PLC)

La tecnología PLC es simplemente un conjunto de elementos y sistemas de transmisión que, basándose en una infraestructura de transporte y distribución eléctrica clásica, permite ofrecer a los clientes servicios clásicos de un operador de telecomunicaciones.

Se pueden alcanzar entre 2 y 135 Mbps por usuario particular. Con lo que se hace posible ofrecer servicios de Internet, transmisión de datos a alta velocidad y hasta telefonía IP.

La idea es sencilla: basta acondicionar las actuales infraestructuras eléctricas para que puedan transmitir los dos tipos de señal simultáneamente: Las de baja frecuencia (a 50 o 60Hz) para la transmisión de energía, y las de alta frecuencia (entre 1.6 y 30 Mhz) para la transmisión de datos, circulando ambas a través del hilo de cobre.

Esta tecnología es el tema principal de esta monografía por lo que se describirá de forma detallada en el capítulo II.

CAPITULO II

TECNOLOGÍA POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC)

TECNOLOGÍA POWERLINE COMMUNICATIONS (PLC)

1. HISTORIA DE PLC

La idea de comunicarse a través de la red eléctrica, surgió ya hacia 1920, año del que datan al menos dos patentes relacionadas con las comunicaciones PowerLine (como se conocen mundialmente las comunicaciones por la red eléctrica). Hacia 1922, empezó a operar el primer sistema de frecuencia portadora (CFS) en las líneas de alta tensión, en el rango de frecuencias que va de 15 hasta 500 Khz. Entonces, e incluso hasta la actualidad, la principal utilidad de estos sistemas era la de mantener la operatividad de las redes de suministro de potencia. Hacia 1930, los sistemas de onda portadora (RCS) ya eran operativos tanto para medio como para bajo voltaje. Las propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos de modo interno. La compañía británica United Utilities, y el fabricante de telecomunicaciones canadiense Nortel, anunciaron en 1997, que eran capaces de transmitir señales de datos a 1 Mbps a través del segmento de baja tensión de las redes eléctricas con una tecnología propia llamada Digital Powerline. Posteriormente ambas empresas crearon un joint venture, llamado NorWeb para continuar desarrollando la tecnología. El 23 Marzo del 2001, el holding alemán RWE AG presentó en la feria informática CeBit de Hannover Alemania, la tecnología llamada POWERNET para acceder a Internet por el circuito eléctrico doméstico.⁶ Alemania fue el primer país en ofrecer PLC comercial. La empresa pionera RWE ofrecía servicios por unos 35 euros al mes, alcanzando en el 2001 los 20.000 abonados. Esta revolucionaria tecnología ha tomado cada vez más fuerza, y la posibilidad de utilizar este medio como última milla, para el acceso a los usuarios finales.

⁶ Ambient Corporation: www.ambientcorp.com/plc_story.html

2. DESCRIPCIÓN DE LA TECNOLOGÍA POWERLINE COMMUNICATIONS

PowerLine Communications (PLC), también conocida por DPL (Digital Powerline) o bien como BPL (Broadband Powerline) es una tecnología que permite ofrecer servicios de telecomunicación a través de la red eléctrica doméstica o de media y baja tensión. Se trata por lo tanto de transmisión bifilar usando como línea de transmisión el coloquialmente conocido “cable de la luz” que ha sido pensado para transportar energía en vez de información.⁷ Ver video anexo sobre BPL.

Esta tecnología hace posible que conectando un módem PLC a cualquier enchufe de nuestra casa, podamos acceder a Internet a una velocidad entre 2 hasta 135 Mbps, aunque en las pruebas que se han realizado recientemente han llegado a alcanzar los 205 Mbps de subida. Se utiliza un (HFCPN) Red condicionada de alta frecuencia de energía, para transmitir datos y señales eléctricas. Un HFCPN utiliza una serie de unidades de condicionamiento (UC) para filtrar esas señales separadas.

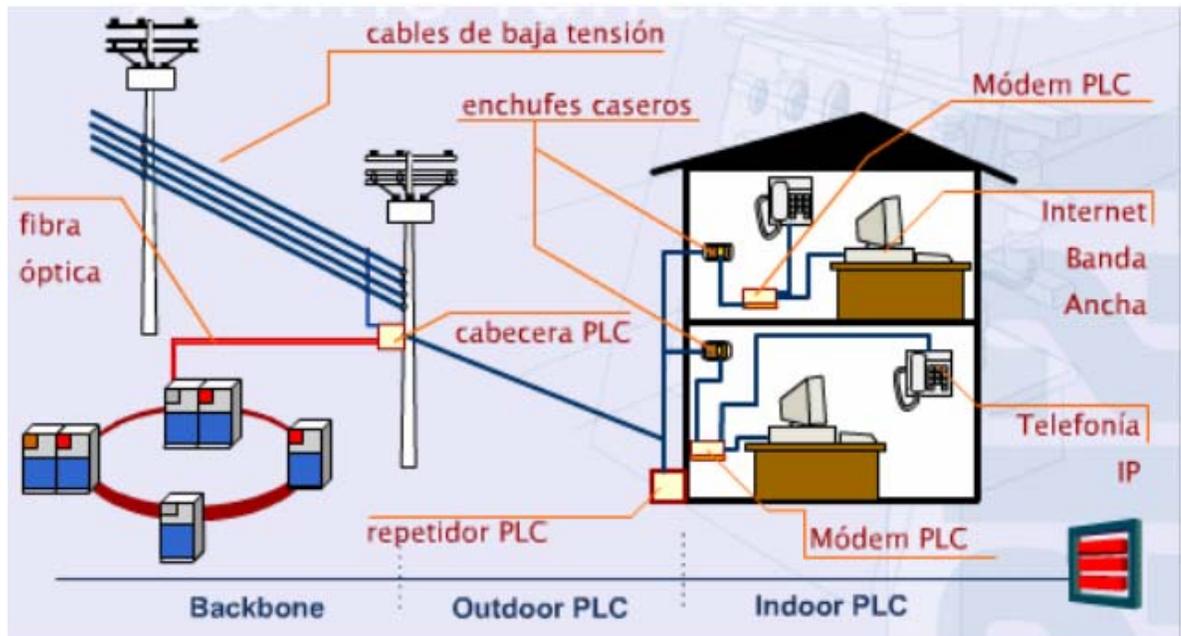
Esta tecnología permite ofrecer servicios de banda ancha basados en tecnología IP (Internet Protocol), accediendo el usuario final a los contenidos a través de la red eléctrica de baja tensión mediante un módem PLC, es decir “Internet en el enchufe de la luz”.

El sistema PLC solamente cubre la última milla del acceso de los usuarios ya sean residenciales, PYMEs o autónomos, por lo tanto necesita del soporte de una red de datos que permita acceder a los usuarios a los contenidos y servicios de Internet.

No existe ninguna regulación internacional uniforme para este tipo de redes. En principio, la autorización dependerá de cada país. Las empresas de suministro de energía eléctrica, como otros operadores más, deberían obtener licencias para la prestación de servicios de comunicaciones a través del tendido.

Figura 2.1: Sistema PLC

⁷ Definición otorgada por “Powerline World” : Comunidad PLC



En la figura 2.1 Se muestra el diagrama general de conexión del sistema PLC desde el usuario hasta los contenidos. En la residencia del usuario se instalan el MODEM PLC que realiza una conexión punto a punto con la pasarela PLC (Gateway), cerca del contador de la compañía eléctrica se instala un repetidor que realiza varias funciones en el proceso de conexión entre la pasarela el MODEM PLC. Por cada PC conectado sería necesario establecer una conexión punto a punto con un módem distinto (algunos MODEM PLC permiten hasta dos conexiones).

La tecnología PLC está enfocada a dos tipos de servicios independientes pero complementarios:

- **La red de acceso:** como método para dar servicio en el bucle final del usuario.
- **In-home:** para crear redes LAN a través de la red eléctrica de los hogares, lo que permitiría prestar servicios de domótica. Al llegar la tecnología PLC hasta el enchufe de las casas e industrias, Las empresas de suministro de energía eléctrica, tienen todas las cartas en sus manos para dominar, sin cavar una sola zanja, lo que en telecomunicaciones se llama la "última milla" o el acceso final al usuario.

3. ESQUEMA DE FUNCIONAMIENTO DE PLC

3.1 Codificación De La Señal

La señal PLC va modulada entre 1,6 y 30 Mhz dependiendo del sistema, actualmente no hay un estándar si no un grupo de sistemas diferentes; básicamente se usan 3 tipos de modulación: DSSSM, OFDM, OMSK.

- **DSSSM** (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation). Puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD), desde que la señal sea radiada sobre las frecuencias de banda ancha.
- **OFDM** (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Que usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos (p.e. Codengy y DS2). Multiplexación de división de frecuencia ortogonal es una tecnología que transmite señales múltiples simultáneamente por encima y en un solo camino de transmisión, como un cable o el sistema inalámbrico. Cada señal viaja dentro de su propio único rango de frecuencia (portadora) la cual es modulada por los datos (texto, sonido, video, etc.). La técnica OFDM de espectro disperso distribuye los datos por encima de un número grande de portadoras que se espacian separadamente a frecuencias precisas. Este espacio proporciona la ortogonalidad en esta técnica impide a los demoduladores ver frecuencias aparte de la suya. Los beneficios de OFDM son: la alta eficacia espectral, resistencia a la interferencia de RF(Radio frecuencias), y la baja distorsión del multipath. Esto es útil porque en una transmisión de la radiodifusión terrestre típica tiene canales multipaths (es decir la señal transmitida llega al receptor que usa varios caminos de longitud diferente). Desde las múltiples variantes de señal que intervienen entre sí (**inter symbol interference (ISI)**) esto hace muy difícil extraer la información original.

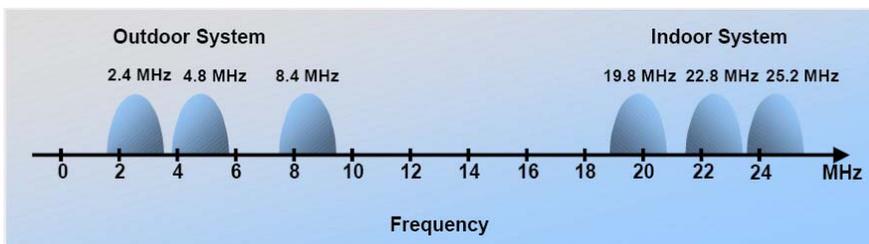
- **GMSK** (Gaussian Minimum Shift Keying). Es una forma especial de modulación en banda estrecha. Es un tipo de modulación usado típicamente en telefonía digital móvil. GMSK es un método de modulación digital derivado de la modulación por desplazamiento de fase y que se utiliza también en el sistema GSM de telefonía celular.⁸

3.2 Ámbito De PLC

La señal de Powerline Communications puede coexistir en el mismo medio del tendido eléctrico con la señal de energía, gracias a la diferencia de frecuencia por donde es enviada la señal de los equipos PLC y la energía eléctrica. Mientras que la energía eléctrica llega a los hogares en la frecuencia de entre los 50-60 Hz, la señal de los equipos PLC viaja en frecuencias muy superiores⁹ (ver figura 2.2), esto posibilita, que ninguna de ellas se interfiera. Sin embargo no se trata de una tarea fácil debido a la gran cantidad de problemas inherentes de un medio altamente “hostil” para las comunicaciones.

Entre los problemas para la comunicación en este medio tenemos: las fuertes interferencias de otras aplicaciones eléctricas, pérdidas de energía y efecto multipath debido a la inadaptación de impedancias; las características del medio cambian en el tiempo, según se conectan o desconectan aparatos eléctricos.

Figura 2.2: Frecuencias Powerline Equipos ASCOM



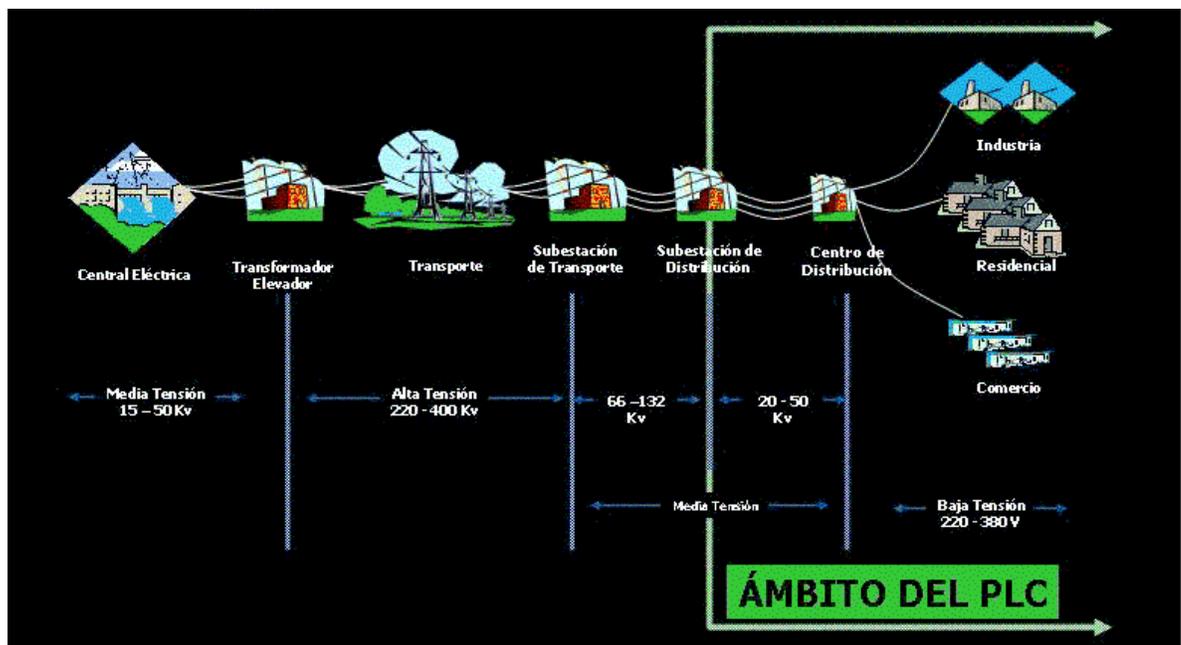
⁸ OFDM, Forum OFDM Receivers for Broadband-Transmission, Michael Speth, Communication Systems Design, Jim Geier, Spread Spectrum Scene, Telecommunications, Sean Buckley

⁹ La tecnología ASCOM PLC trabaja en la frecuencia de 1.6 a 12 Mhz -Outdoor y de 15 a 30 Mhz -Indoor (banda CELENEC).

El ámbito que alcanza PLC depende de la red eléctrica ya instalada. La red eléctrica consiste de tres niveles: alta, media y baja tensión. A continuación se comentan los distintos tipos de tramos:

- Tramo de Media Tensión (entre 15 y 50 Kilovoltios) que abarca desde la central generadora de energía hasta el primer transformador elevador.
- Tramo de Transporte o de Alta Tensión (entre 220 y 400 Kilovoltios) que conduce la energía hasta la subestación de transporte.
- Tramo de Media Tensión (de 66 a 132 Kilovoltios) entre la subestación de transporte y la subestación de distribución.
- Tramo de Media Tensión (entre 20 y 50 Kilovoltios) desde la subestación de distribución hasta el centro de distribución.
- Red de Baja Tensión (entre 220 y 380 Voltios) que distribuye la energía dentro de los centros urbanos para uso doméstico, comercial e industrial.

Figura 2.3: Red eléctrica - Tramos



El bucle de abonado, algunas veces llamado "Última milla", utilizaría la red de baja tensión, y en ocasiones incluso de media tensión, para transportar datos y brindar acceso de alta velocidad. La red de baja tensión se compone de los transformadores, las líneas, y los medidores de cada hogar. En general, un sistema PLC debería consistir en dos elementos básicos que envían y reciben datos, uno en el transformador y el otro en las instalaciones del usuario.

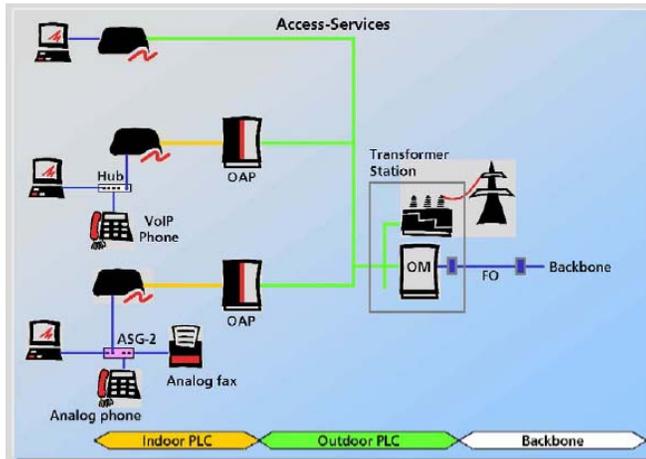
En el ámbito de PLC las redes que están involucradas en dar acceso a Internet y telefonía son:

- ✓ Red de transporte → Red IP
- ✓ Red de distribución → Red eléctrica de media tensión (transporte de datos)
- ✓ Red de acceso → Red eléctrica de baja tensión (Sustituto del bucle abonado).

3.3 Separación Entre Aplicaciones Indoor y Outdoor

El sistema PLC se divide en dos áreas (ver figura 2.4): procedimientos que se realizan fuera del hogar (Outdoor), y los procedimientos dentro del hogar (Indoor). En la zona Outdoor, la infraestructura de las telecomunicaciones convencionales se usa para conectar la estación de red local relevante con la red telefónica o a un específico backbone de Internet. Dependiendo de la distancia y las condiciones locales, la conexión es habilitada por radio, líneas de cobre o fibra óptica. La estación de red local combina datos y señales de la voz en la red eléctrica y los envía como un stream de datos a cualquier enchufe conectado en el hogar al usuario final a través de la red de baja tensión.

Figura 2.4: Esquema Indoor y Outdoor PLC



El punto de acceso (Access Point) reenvía el stream de datos entrante a la red interior (Indoor), y el Master Indoor en la vivienda controla y coordina todas (externamente y internamente) las señales de los datos que son transmitidas. Los adaptadores (MODEMs) separan los datos y la energía en el enchufe y reenvían los datos a las aplicaciones individuales.

El sistema PLC es dividido en dos sistemas graduales por buenas razones; la parte de red pública que va desde el transformador al punto de acceso es controlada por las empresas prestadoras de suministro eléctrico (Outdoor), mientras que el sistema eléctrico desde el punto de acceso hasta los tomacorrientes es responsabilidad de la vivienda. De la misma manera el tráfico de red dentro de un hogar no afecta la zona Outdoor. Las razones técnicas para la separación son:

- ✓ La señal de distribución del sistema eléctrico se comporta de forma diferente dentro de una edificación.
- ✓ Las frecuencias bajas son más convenientes para la zona outdoor y frecuencias más altas para la zona Indoor.

3.4 La Capa Física y La De Datos

Para facilitar el acceso de alta velocidad a Internet la utilización del PLC implica el desarrollo de la tecnología dentro de dos capas principales, la física o de energía eléctrica de consumo y la de datos o de comunicaciones.

La integración de la tecnología de la red y de la capa física o eléctrica permite que los datos de alta velocidad sean transmitidos sobre las líneas de energía para uso general existentes directamente a la premisa de los usuarios ininterrumpidamente, sin errores, intacto y asegurados (cifrado). Los productos principales dentro de la capa física son los acopladores. La tecnología propietaria del acoplador se utiliza para juntar señales del PLC entre las líneas bajas y medias del voltaje así como los dispositivos de puente (típicamente un transformador de la distribución) que prevendrían normalmente la transmisión de las señales del PLC en las líneas de energía.

3.5 Funcionamiento de PLC

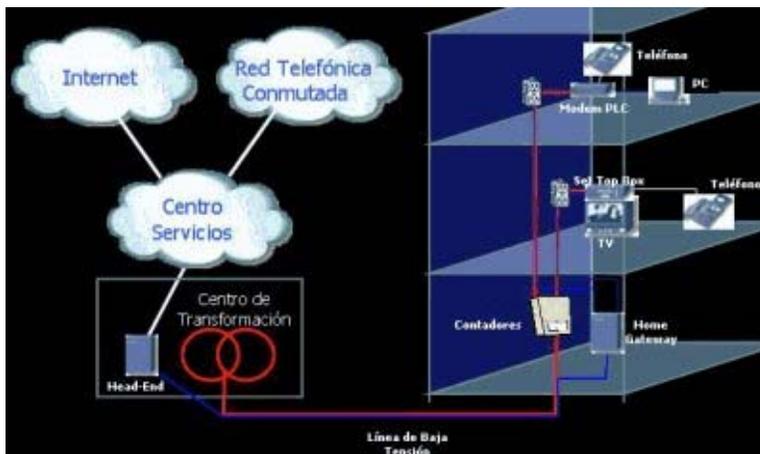
El usuario final simplemente enchufa su módem PLC a la red eléctrica. El Módem establece comunicación con el Repetidor de dicho edificio o manzana situado en el cuarto de contadores. Esta comunicación es protegida por algoritmos implementados en hardware y transcurre en el tramo de baja tensión.

El ancho de banda es de 45 Mbps aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 135 Mbps y en breve se llegará a 200 Mbps¹⁰. La velocidad en este tramo es de 45 Mbps¹¹, Estos 45 Mbps son realmente 27 Mbps en sentido descendente (bajada) y 18 en sentido ascendente (subida), con la que la comunicación es asimétrica y se comparten entre todos los usuarios que se colgarán de dicho Repetidor, con un máximo de 256 usuarios.

¹⁰ Para el año 2005 Ascom lanzará al mercado sus equipos PLC que alcanza velocidades de 205 Mbps

¹¹ Este factor depende de la tecnología utilizada en este caso se trata de los equipos ASCOM.

Figura 2.5: Esquema de conexión de PLC



El siguiente tramo de la red transcurre entre el Repetidor y su Head End correspondiente. Después, tal y como se puede ver en la figura 2.5, se pasa a un nivel en el que los equipos Head End se comunican entre sí. Este nivel corresponde a la red de Media Tensión. Aquí, las velocidades actuales son de 135 Mbps.

Para dar salida a Internet uno o varios de los “Head End” se conecta(n) a una red de transporte clásica. Esta red de transporte suele ser SDH/Sonet o Gigabit Ethernet, que últimamente está teniendo una enorme adopción. Esta red de transporte proporciona la salida a Internet.

4. DISPOSITIVOS NECESARIOS PARA LA CONEXIÓN

Antes que nada, debemos conocer que las redes eléctricas convierten (mediante los transformadores situados en las subestaciones), los voltajes de media tensión (utilizados para el transporte de la energía) a la línea de baja tensión 220V lo más cerca posible de los usuarios en aras de evitar las pérdidas que se producen a baja potencia.

Para que el envío y recepción de las señales operen de forma óptima, se debe contar con una serie de dispositivos a lo largo del tendido eléctrico que mantengan la señal viva, no sufra grandes interferencias ni interrupciones, y pueda viajar en ambos sentidos por grandes distancias. Para ello es requerido que existan cuatro (4) componentes en la red PLC:

1. Transformadores
2. Backbone
3. Cabecera PLC (Head-End)
4. Repetidor PLC (Home Gateway), y
5. Módem PLC (CPE)

4.1 Transformadores

Cada transformador distribuye típicamente entre 3 y 6 líneas de baja tensión con una longitud media de 250 metros cada una de ellas proporciona suministro eléctrico a unos 50¹² Hogares.

4.2 Backbone

Se denomina Backbone, a la infraestructura de una red de alta velocidad. El Backbone es una plataforma que permite brindar todo tipo de servicios, como transmisión de datos, voz, interconexión de redes de alta velocidad y aplicaciones multimedia que exijan calidad de servicio. De modo más simple de explicar, el Backbone será el proveedor de acceso a Internet, quien pondrá a disposición de la tecnología PLC, un enlace dedicado de fibra óptica, para que sea distribuido a través de la red de baja tensión a los usuarios que utilicen dicho servicio.

¹² Este valor depende del transformador y de las leyes que rijan en el país(Ejemplo en Estados unidos son 10 usuarios y en Europa de 100 a 300 usuarios por transformador)

4.3 Cabecera PLC

La señal de Internet, tiene como inicio a un proveedor de servicio de Internet (ISP) quien recibe la señal y la envía a un punto de distribución en la red de baja tensión, donde se encuentra instalada una cabecera PLC. La señal es enviada a este punto de distribución, a través de un enlace de fibra óptica. El punto de distribución, se encuentra físicamente instalado muy próximo a una unidad transformadora de energía eléctrica de media a baja tensión.

Junto a la cabecera PLC, se encuentra una unidad *Transceiver*, 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. Mediante la tecnología de fibra óptica se puede conectar dispositivos a distancias mínimas de 50 kilómetros en modo Full-duplex.

Una vez que la señal es convertida (desde la red de fibra óptica a red Ethernet) entra a la cabecera PLC, llamada HE (Head End)(existen dos tipos de equipos Head End, de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT) teniendo un alcance de 600m. MT y 300m. BT) a través de una puerta Ethernet. La señal es procesada en el interior del HE e inyectada a la red de baja tensión a través de un acoplador de señal. En este momento, la señal de Internet ha sido introducida a la red de baja tensión en una frecuencia llamada outdoor, con un ancho de banda que va desde los 1.6 a 12 Mhz. El HE es un Gateway de alta velocidad, que opera entre la red Powerline y la red de fibra óptica.

El modelo APM-45o del fabricante Ascom (ver figura 2.6 Head End)¹³, posee las siguientes características técnicas: Banda Outdoor 1.6 a 12 Mhz, Modulación GMSK, Velocidad máxima de 4.5 Mbps de ancho de banda, Cobertura Outdoor 300 m, DHCP/DNS/FTP Server/ Cliente, Posee interfase Ethernet 10/100 base T.

¹³ Ver anexo 1. Ficha técnica de equipo Ascom APM-45o

Figura 2.6: Head End



Master Powerline Outdoor
Ascom APM-45o

Dimensiones: H/W/D
295x150x55 mm

EL sistema ASCOM, utiliza la arquitectura maestro-esclavo, con utilización del protocolo de comunicación M.A.C (Control de Acceso al Medio). Un equipo HE, es el equipo maestro, mientras que un CPE (módem PLC) es un equipo esclavo. La transmisión de datos desde el equipo HE hacia el equipo CPE, es llamada transmisión downstream, mientras que la transmisión desde el equipo CPE hacia el equipo HE, es llamada transmisión upstream. La arquitectura Maestro-Esclavo proporciona un sistema de alta seguridad y eficacia de datos. Este sistema también permite que la QoS (Quality of Service, calidad de servicio) sea controlada, asegurando el ancho de banda y el estado latente de los servicios críticos, tales como transferencias de datos garantizadas, telefonía IP, vídeo a pedido. El sistema asegura en forma implícita la autenticación del usuario y permite solamente que los usuarios autorizados utilicen la red. A través del software administrador es posible, restringir, ampliar, fijar, modificar, el ancho de la banda que se ofrece y en forma remota. Estas operaciones se pueden hacer a través de Internet.

4.4 Repetidor PLC (HG)

El HG (Home Gateway), también llamado repetidor, es un dispositivo que regenera la señal PLC (ver figura 2.7 Home Gateway)¹⁴, en aquellos lugares donde ella se ha deteriorado por la distancia, para ello, cambia la frecuencia de la señal. La señal viene

¹⁴ Ver anexo 2. Ficha técnica de equipo Ascom APG-45B y APM-45i/ap

desde el HE en una frecuencia de 1,6 a 12 Mhz, el repetidor toma esta señal, y eleva la señal a la frecuencia de 15 a 30 Mhz. De esta forma, se establece una separación de frecuencias, para que los dispositivos conversen entre ellos. Es así como un HE se entiende con un HG en la frecuencia de outdoor, y un HG conversa con un módem PLC en la frecuencia indoor. En este caso, el sistema maestro esclavo se establece de la siguiente forma: HE es maestro, el HG es esclavo. HG es maestro, módem PLC es esclavo. Características técnicas de Gateway ASCOM.

Figura 2.7: Home Gateway



Home Gateway Powerline
Ascom APG-45B

Dimensiones: H/W/D
165x150x86 mm

Un HG, es instalado al interior de una vivienda, a continuación del medidor de energía eléctrica. Su utilización está relacionada con la cantidad de equipos módem PLC que estén instalados en el interior de la vivienda o edificio, como también la distancia que exista entre el HE y el módem PLC. El fabricante Ascom, señala que la distancia máxima requerida para utilizar un repetidor, es de 300 metros.

Un HG, puede ser utilizado para expandir la cobertura de la red PLC, o mejorar el ancho de banda disponible. Si se desea implementar una red LAN al interior de un hogar, es requisito disponer de un HG, para que este cumpla funciones de Router. El costo notoriamente más alto de un HG con respecto de un HE, está dado por su equipamiento de 2 chips DS2 PowerLine. Un chip cumple una función de esclavo del HE, y el otro cumple una función de maestro de los módem PLC que debe atender. Estos chips son los encargados de efectuar la modulación de los datos, para ser volcados a la red de baja tensión.

4.5 Módem PLC

Posteriormente, una vez que la señal ha entrado en el hogar, y para que pueda ser interpretada y utilizada por el computador después de haber sido transmitida a través del tendido eléctrico, es de vital requerimiento, que el usuario cuente con un módem PLC, aparato encargado de demodular los datos provenientes de la línea e incorporarlos al equipo. Ver figura 2.8.¹⁵

Figura 2.8: Módem PLC

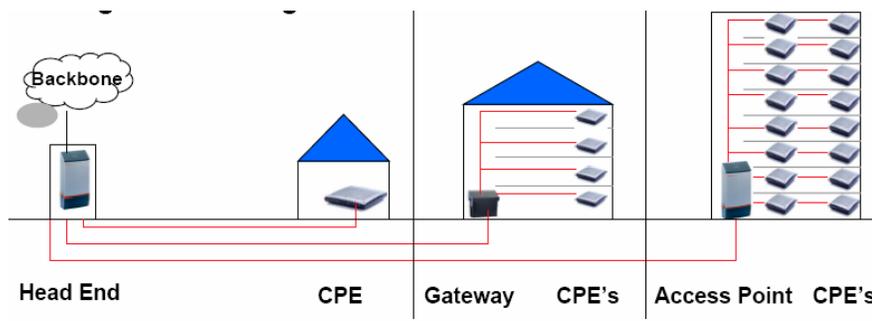


Adaptador PLC Ascom
APA-45A

Dimensiones: H/W/D
40x155x155 mm

El módem PLC, provee de conexiones Ethernet (RJ45), USB y una conexión análoga para teléfono (RJ11). La velocidad máxima de transferencia ofrecida por el sistema, es de 4.5 Mbps. Esto significa, que si dentro del hogar existen dos o más módem PLC, la red podría trabajar con un desempeño máximo de 4.5 Mbps utilizando la red de baja tensión. El desempeño de la conexión con el sistema outdoor, podría bajar, debido a la distancia de los puntos, la interferencia, y el tráfico. Cabe recordar, que cada HE, debe sincronizar a cuantos hogares, deseen utilizar el medio.

Figura 2.9: Esquema general para la conexión de equipos Ascom PLC



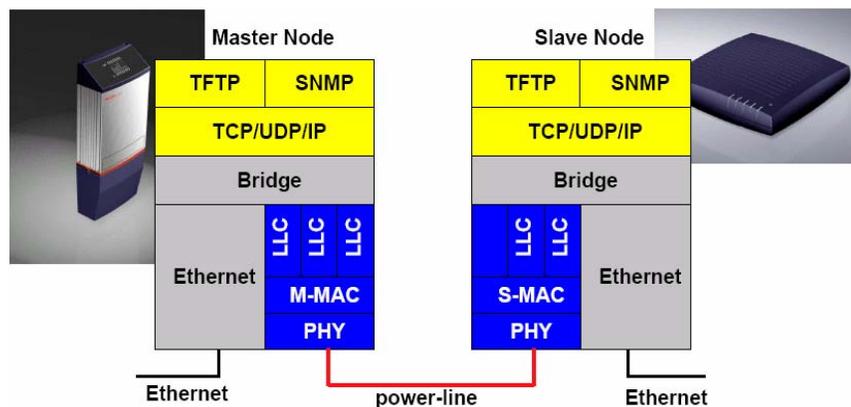
¹⁵ Ver anexo 1. Ficha técnica de equipo Ascom APA-45A

La función de doble conducción del cable eléctrico parte en el transformador. Es lo que se llama utilización de la última milla. Si se produjera un corte en el suministro de energía eléctrica, el sistema PLC podría seguir operando, ya que si se cuenta con la precaución de disponer de sistemas de respaldo de energía en el ISP, en la cabecera, y en el hogar, no debería haber una interrupción del servicio.

Los equipos PLC, se comunican a través de interfaces Ethernet y USB, con los usuarios, entregando una fácil y simple conexión entre el usuario final y los equipos de la central (Backbone).

La tecnología PLC comparte el medio, muchos usuarios están accedendo la red al mismo tiempo, por ello existe la necesidad de proteger la privacidad del tráfico individual. Los sistemas desarrollados por Ascom, 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. El sistema Powerline Communications, puede ser accesado desde cualquier toma de corriente, es por eso que los sistemas protegen los datos de los usuarios a través de mecanismos de encriptación. Todos los sistemas PLC, pueden ser manejados vía DHCP (*Dynamic Host Configuration Protocol*) y SNMP (*Simply Network Management Protocol*) (ver figura 2.10). 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.

Figura 2.10: Arquitectura de protocolo de un Nodo PLC



4.6 Evolución De Los Dispositivos PLC

A continuación se describe algunas características generales de las generaciones por las que han ido evolucionando los productos PLC. ¹⁶

1ª Generación

- ✓ Velocidades en el rango 1-4.5 Mbps
- ✓ Es basada en modulaciones de baja eficiencia:
 - Spread-Spectrum, GMSK, FSK
- ✓ Diseños conservadores basados en DSP(Procesamiento Digital de Señales)
 - Reducidos recursos en desarrollo
 - Costo unitario de producto es mayor que diseño basado en ASIC(Circuitos Integrados de Aplicación Específica)
 - Las capacidades de procesado son limitadas
- ✓ La 1ª generación de productos ha creado la demanda y demostrado que PLC es una tecnología de banda ancha factible.

2ª Generación

- ✓ Velocidades en el rango de 10-45 Mbps
- ✓ Basados en modulaciones OFDM de eficiencia media-alta
- ✓ Diseños agresivos basados en ASICs
 - Costo menor
 - Mayor capacidad de procesado que diseños DSP
- ✓ Ancho de banda permite redes PLC “puras” (media y baja tensión)
- ✓ Rendimiento competitivo (velocidad y latencia)

3ª Generación

- ✓ Velocidades superiores a 100 y 200 Mbps alcanzadas gracias a modulaciones OFDM de alta densidad y alta eficiencia
- ✓ Incremento velocidad de transmisión

¹⁶ Información brindada por DS2

- ✓ Incremento prestaciones (distancia cubierta, robustez)
- ✓ Integración de funciones en un solo chip
- ✓ Integración con IPv6
- ✓ Nuevas aplicaciones (Video bajo Demanda)

5. ESQUEMAS DE SOLUCIONES PARA REDES PLC

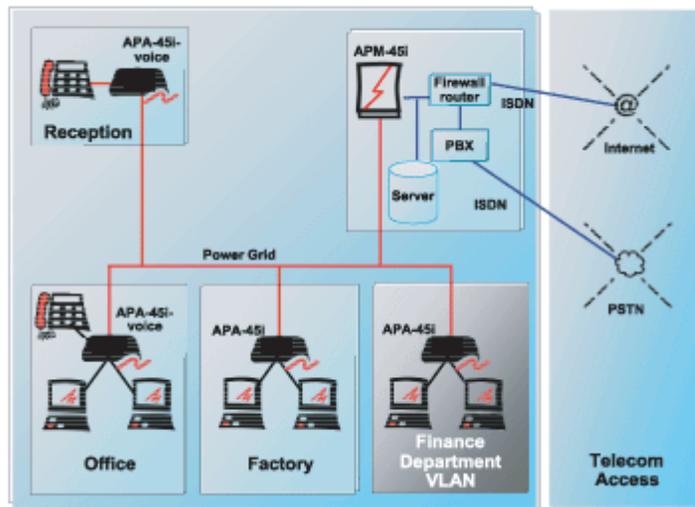
En este apartado se describen algunos esquemas utilizados en la implementación de la tecnología Powerline Communication propuestos por Ascom Powerline:

5.1 Powerline Como Solución de Acceso a Internet en Edificios Comerciales

En este esquema (ver figura 2.11), cualquier dispositivo puede ser conectado a través de Ethernet con un MODEM Powerline (APA 45i) para tener acceso a la red, también los microteléfonos pueden ser conectados con el mismo MODEM incluyéndole un puerto análogo(APA-45i-Voise), la red es controlada por el Indoor Master(APM-45i), instalado en el cuarto central eléctrico, para asegurar la información que viene de internet el Firewall puede se conectado a este, el enlace a Internet puede basarse en cualquier tecnología de acceso a Internet(Powerline, ADSL, Cable, ISDN), dentro de los edificios las diferentes VLANs pueden ser separadas, todos los dispositivos usan protocolos estándar y pueden ser manejados de forma remota.

El Indoor Master es conectado con los servidores a través de Ethernet y si se requiere comunicación por voz el PBX también puede ser conectado vía Ethernet con el Indoor Master para la telefonía interna y externa.

Figura 2.11: Acceso a Internet en edificios comerciales



Los beneficios que se obtendrían en este esquema son: Fácil acceso a Internet, Conectividad telefónica basada en PBX, Uso de servidores y firewall, Recursos compartidos, Encriptación de datos, Diferentes grupos de usuarios separados por VLANs, Comunicaciones basadas en IP, Interfaces Ethernet estándar para todos los dispositivos.

5.2 PowerLine Como Solución de Acceso a Internet para los Hoteles

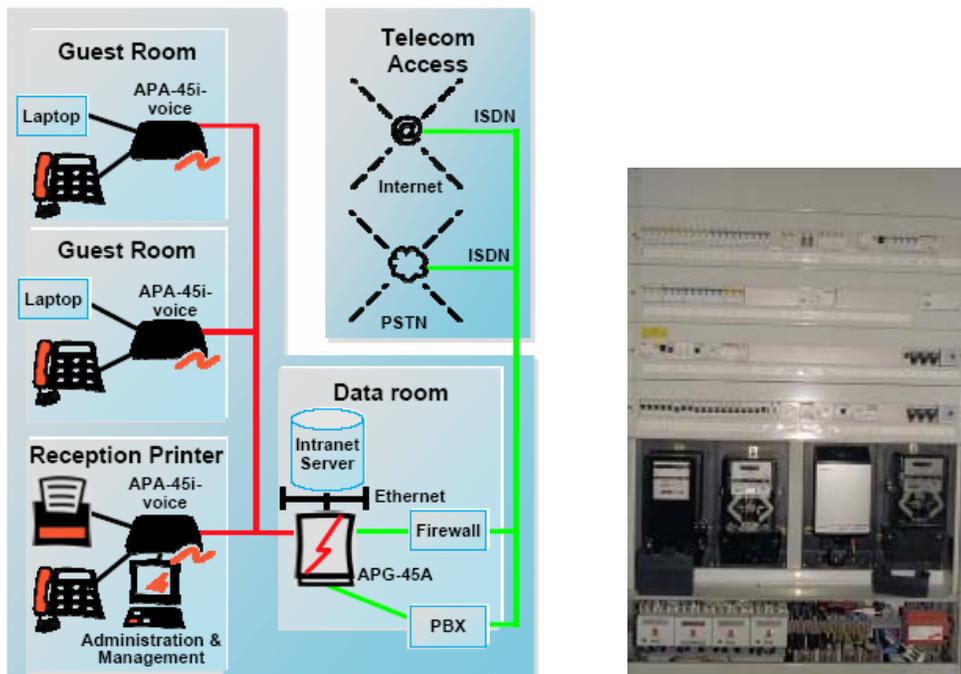
En este esquema (ver figura 2.12), todas las habitaciones están conectadas con acceso a Internet y telefonía sobre IP utilizando PLC. Dentro de cada habitación existe un MODEM (APA-45i) listo para proveer conectividad a los usuarios a través del estándar Ethernet. Opcionalmente cada teléfono puede ser conectado vía MODEM PLC (APA-45i-Voice).

La red está centralmente controlada por un Indoor Master (APM-45i) instalado en el cuarto de comunicaciones. Desde este lugar se accede a Internet a través de un Firewall. Adicionalmente se puede configurar otros servicios por ejemplo el servidor de Intranet del hotel, si la comunicación de voz es requerida, el PBX también es conectado vía Ethernet con el Indoor Master. Para la comunicación telefónica dentro del edificio y el mundo

exterior. Adicionalmente los servicios como impresión pueden ser provistos desde cualquier sitio en el edificio a través del Básico MODEM PLC (APA-45i).

Todos los dispositivos pueden ser manejados de forma remota con el estándar de manejo Herramientas. Dentro del edificio diferentes VLANs pueden ser separadas por ejemplo para el uso de la administración y el de los huéspedes. Ver figura 15.

Figura 2.12: Solución de Acceso a Internet para los Hoteles



Algunos beneficios de este esquema serían: Red Indoor de 4.5Mbps para cualquier habitación a través de la red eléctrica, Conectividad para la habitación de huéspedes, fácil acceso a Internet sobre cualquier acceso de red aplicable(Powerline, ADSL, Cable , ISDN), Conectividad telefónica basada en el estándar PBX, integración en las plataformas del estándar IT, Nuevos servicios: portal de intranet, impresión, escaneo; Internet de banda ancha por encima de los 4.5 Mbps, privacidad para cualquier huésped a través de la un mecanismos de encriptación, VLANs para separar diferentes grupos de usuarios(red de administración y huéspedes), manejo central para todos los dispositivos, conectividad para

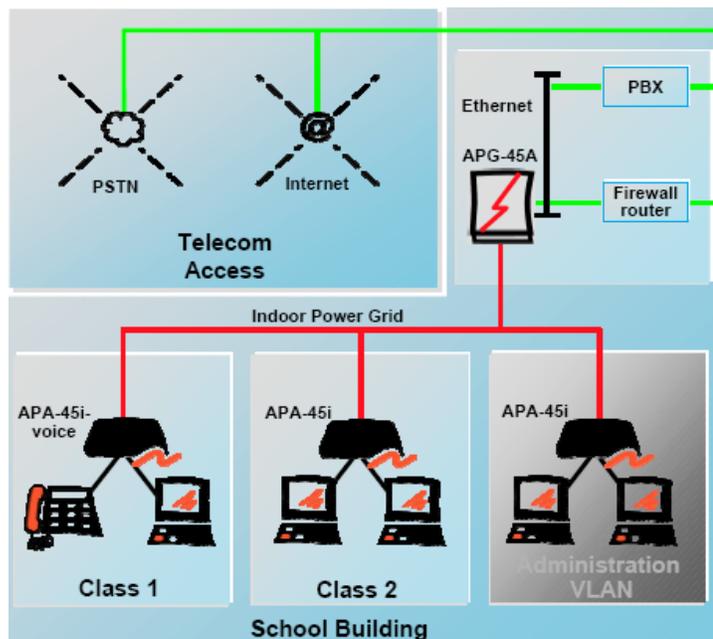
cualquier Laptop de los huéspedes a través del estándar Ethernet. Acceso a Internet a través de PLC o los tradicionales enlaces de banda ancha(ADSL, Cable, ISDN).

5.3 PowerLine Como Solución de Acceso a Internet para centros educativos

Para este esquema (ver figura 2.13), múltiples PCs acceden a Internet concurrentemente a través del adaptador Indoor (APA-45i). Para la comunicación interna diferentes grupos de usuarios puede ser creados y separados de los demás. Se puede crear VLANs para la seguridad y administración.

Todas la comunicación interna es controlada por Indoor Master(APM-45i) el cual también provee el acceso a Internet. Todos los dispositivos comparten el Internet de forma paralela, también las impresoras, escáneres pueden ser compartidos por cualquier PC en el centro educativo. Con el adaptador análogo (APA-45i-Voice) los teléfonos son conectados a través de PLC y habilitado en cada salón de clases.

Figura 2.13: Solución de Acceso a Internet para centros educativos

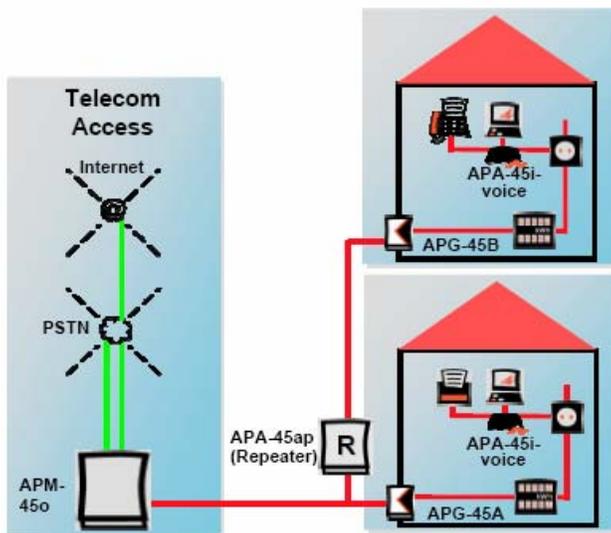


Los beneficios para este esquema de conexión son: acceso a Internet a 4.5 Mbps, acceso a Internet a través del cableado eléctrico, conexión telefónica en cualquier salón de clases, movilidad y flexibilidad por el uso de PCs entre varios salones de clases, total separación entre la administración y la información de los salones con la creación de VLANs, encriptación de datos, seguridad contra intrusiones externas, interfaces con el estándar Ethernet para PCs y recursos compartidos.

5.4 Powerline Como Solución de Acceso a Internet para áreas residenciales

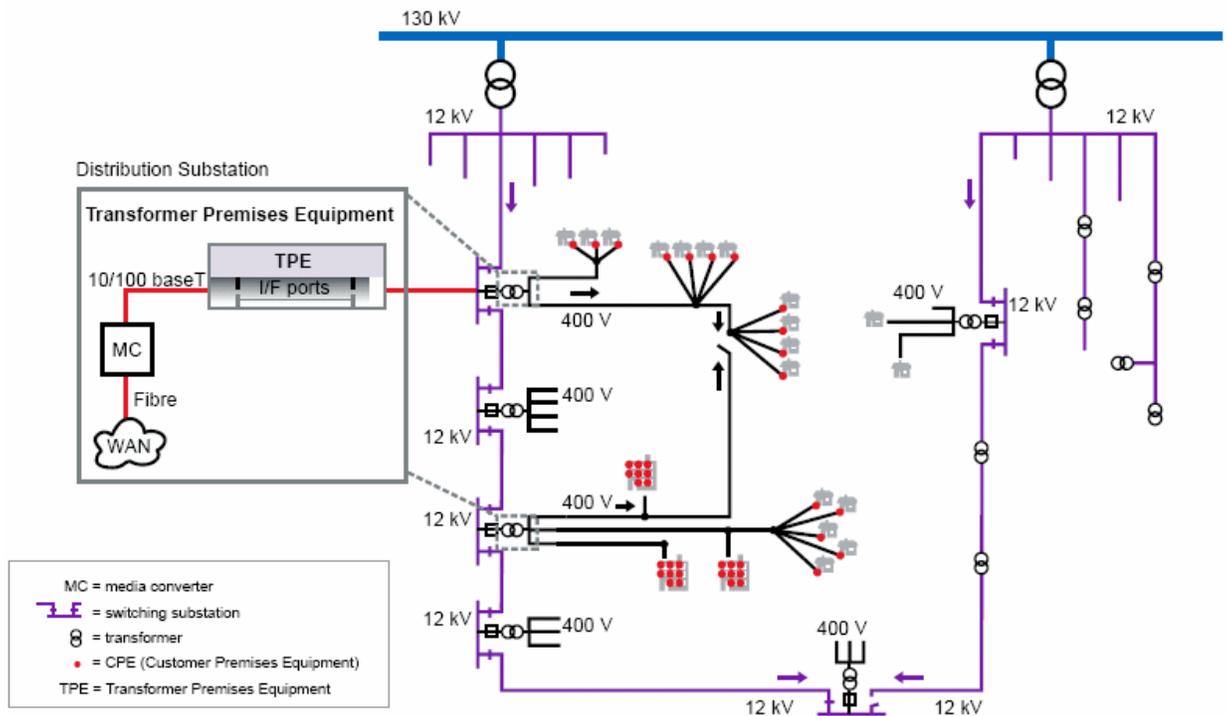
Cualquier vivienda puede ser equipada con un MODEM PLC (APA-45i/o) el cual puede comunicarse con el Outdoor Master (APM-45o) o con el repetidor Indoor (APR-30i). Outdoor Master provee conectividad backbone con Internet o con el Switch de red de telefonía pública y monitoreo de repetidores. El master puede ser localizado en la estación del transformador o en un sitio adecuado y puede ser extendida con repetidores para tener mayor cobertura. Dentro de un hogar, múltiples MODEMs pueden ser conectados, cualquiera de ellos puede ser capacitado para comunicación de voz y datos. (Ver figura 2.14)

Figura 2.14: Acceso a Internet para áreas residenciales



Los beneficios que este esquema ofrece son: Red indoor de 4.5 Mbps para cualquier hogar, acceso a Internet de banda ancha por encima de 2.5 Mbps, se apoya sobre en el concepto de repetidores para alcanzar mayor cobertura, facial punto de acceso para hogares individuales, soporte sobre todas las principales tecnologías de Backbone(Powerline, ADSL, Cable, ISDN, WLL, Fibra Óptica), conectividad telefónica basada en el estándar gateways, soporta cámaras Web para vigilancia y alarmas, protección de redes con encriptación y VLANs, manejo central de todos los dispositivos, no requiere cableado adicional.

Figura 2.15: Esquema de conexión eléctrica PLC para un sector urbano



6. REQUISITOS DE HARDWARE Y SOFTWARE PARA CONEXIÓN A INTERNET

Para que un computador pueda ser conectado a Internet utilizando la tecnología PLC, debe cumplir ciertos requisitos mínimos impuestos por la tecnología, estos son:

- Para equipos PC, 80486 de 33 Mhz o superior. Para equipos Apple, Power PC (603) o superior.
- Memoria Ram de 32 Mbytes.
- Sistema operativo Windows 3.1x, 95, 98, ME, 2000, XP, NT o superior. Para equipos Apple, MacOS 8.0 o superior.
- Sistema operativo Linux, en todas sus versiones.
- Tarjeta de red Ethernet 10/100 Base-T o puerto USB disponible

7. APLICACIONES DE PLC

La tecnología PLC provee una gran variedad de aplicaciones tanto para la banda ancha como para la angosta a través del tendido eléctrico. Entre las aplicaciones de banda angosta que se pueden proveer están: Administración de la energía a través de un contador PLC (Ver figura 2.16), implementación del servicio de seguridad (Ver figura 2.17), automatización y control del hogar por ejemplo el control de temperatura (Ver figura 2.18); Automatización y control a distancia de hogares a través de la tecnología domótica (ver figura 2.19). Tele-asistencia que posibilita la vigilancia de niños o enfermos a distancia.

Figura 2.16: Administración de la energía

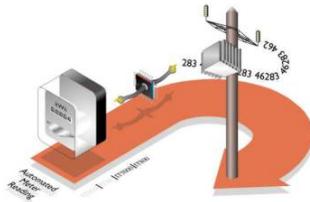


Figura 2.17: Administración de la seguridad

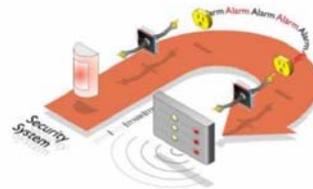


Figura 2.18: Control de la temperatura

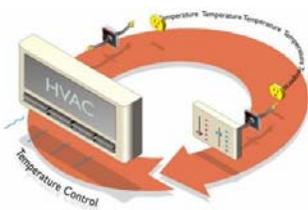


Figura 2.19: Control de dispositivos



Para la banda ancha se pueden proveer servicios de entretenimiento para el hogar como juegos en red, transporte de video y música; red de área local para el hogar o PYMES, video bajo demanda, telefonía (voz sobre IP), Internet de alta velocidad, VPNs, videoconferencia, y cualquier servicio basado en IP.

8. EXPECTATIVAS DE POWERLINE COMMUNICATIONS

Gracias al sistema PLC, cualquier enchufe de una vivienda se puede transformar en una conexión a los servicios usuales de navegación por Internet. Pero el sistema incorpora otras ventajas; puede igualar o superar a un servicio ADSL, permite estar siempre conectado (evitando cualquier discado y cobro por Servicio Local Medido), no requiere engorrosos trabajos de cableado ni extensión de líneas hacia dónde se encuentra el computador, y las velocidades de acceso estarán limitadas por el ancho de banda asignado a cada módem PLC. Por consiguiente, si es necesario aumentar el ancho de banda de un sector, basta con

aumentar la capacidad de la fibra óptica, y no es necesario cambiar equipos de Cabecera, Repetidor ni módem del cliente.

8.1 Ventajas Para Los Hogares y Pymes

La plataforma ya se ha probado con éxito en Alemania y España. En Alemania está siendo explotada comercialmente en las ciudades de Mannheim y Essen. Se puede sacar partido a este sistema debido a la alta tasa de conectividad de empalmes de electricidad. Hoy la red eléctrica tiene mayor cobertura que la red de telefonía. Es decir, con el sistema PLC la mayoría de la gente tendrá la posibilidad de conectarse a Internet. Debido a que la plataforma ocupa la red que ya existe en oficinas y hogares, los mercados que más se beneficiarán será el residencial y el de las Pymes. Esto, porque las grandes empresas y corporaciones ya están cubiertas con las posibilidades de conexión que entrega la fibra óptica y los enlaces privados. Los servicios que hoy ofrece el sistema PLC incluyen los de Internet tradicional, tales como navegación y correo electrónico, transferencia de archivos, video conferencia, juegos en red. La particularidad es que el enlace se hace a alta velocidad y está siempre disponible.

La implementación de PLC, permitiría establecer comunicaciones telefónicas IP. Para ello basta con enchufar los equipos de telefonía tradicionales al módem PLC. Esto beneficiaría enormemente las comunicaciones de larga distancia nacionales e internacionales, ya que simplemente no serían cobradas como tal, y estarían dentro del costo del servicio de Internet, como tráfico de datos.

PLC hará posible incorporar servicios como video en demanda y videoconferencias por el televisor. La transmisión de formatos como Real Audio se hace en tiempo real. Al tener acceso a todos los enchufes de una casa, dentro de poco tiempo será posible crear redes locales lo que permitirá interconectar todas las computadoras de un hogar con los electrodomésticos. Esto permitiría por ejemplo, programar la lavadora desde el televisor y

manejar a distancia luces, calefacción o cámaras de seguridad. Esto es una implementación real de la tecnología Domótica.

Se espera, que PLC demuestre en todo el mundo ser una tecnología real de acceso de ultima milla, posibilitando el acceso de compañías de telecomunicaciones a los usuarios finales, ofreciendo mejores servicios, a precios altamente competitivos. A la vez, que reduciría la falta de infraestructura de redes de telecomunicaciones que afecta el desarrollo de las personas, en especial aquellas que se encuentran en sectores rurales.

8.2 Factores Críticos De Éxito Para Que PLC Cumpla Las Expectativas

PLC, es una tecnología de última milla, gracias a su arquitectura, puede utilizar las redes de baja tensión, como también las redes de media tensión. Pero en este último caso, los equipos repetidores, deberían ser instalados cada 300 metros para mantener la señal viva. Debido a esto, se consideran los siguientes factores críticos:

- Que se cuente con disponibilidad de conexión de fibra óptica de al menos 5 Mbps, en cada empalme que se desee instalar.
- Que una compañía de telecomunicaciones que desee arrendar el medio, tenga presencia en el sector donde se instalará el servicio PLC, a través de un enlace de fibra óptica.
- Que el servicio sea igual o superior en calidad a los servicios ofrecidos por la competencia para que tenga entrada en el mercado.
- Que los precios sean iguales o inferiores de acuerdo al tipo de producto ofrecido por la competencia.
- Que a través de PLC, se ofrezca una gama de servicios adicionales más económicos que la competencia.

- Que cumpla las expectativas de lograr gran cobertura, dependiendo en gran medida de la capacidad de cobertura de las empresas de telecomunicaciones que deseen utilizar PLC como última milla.
- Que la adopción de la tecnología PLC, por parte de una compañía, no signifique una competencia interna entre sus productos.

Las expectativas que se han depositado entorno a la tecnología Powerline Communications son altas y muy variadas. Algunas de ellas, buscan explotar la tecnología desde un punto social (buscando la igualdad de acceso a las tecnologías de información para potenciar el desarrollo de las personas), como también desde un punto comercial. La implementación y expansión de Internet a sectores menos desarrollados, como también la creación de nuevas formas de negocio que se podrán lograr a través de la red, son algunas de las muchas visiones que se tienen de PLC.

Si bien es cierto que la capacidad de PLC de reutilizar las redes de electricidad son su característica más fuerte, las velocidades que se pueden lograr a través de ella también lo son. La promesa de cubrir sectores geográficos que son económicamente inviables, es la carta de presentación más social de esta tecnología. Las ventajas de la tecnología son amplias, lo cual potencia el desarrollo e impulsa a través de un gran canal de futuras oportunidades la integración de los hogares a la vida digital.

Pero, para dar cavidad a PLC, se deben cumplir una serie de factores técnicos y acuerdos comerciales, tales como disponibilidad de conexión de fibra óptica, número mínimo de clientes interesados, empresas de telecomunicaciones dispuestas en utilizar la tecnología PLC como acceso de última milla.

9. COMPARATIVO DE PLC Vs OTRAS TECNOLOGÍAS DE ACCESO

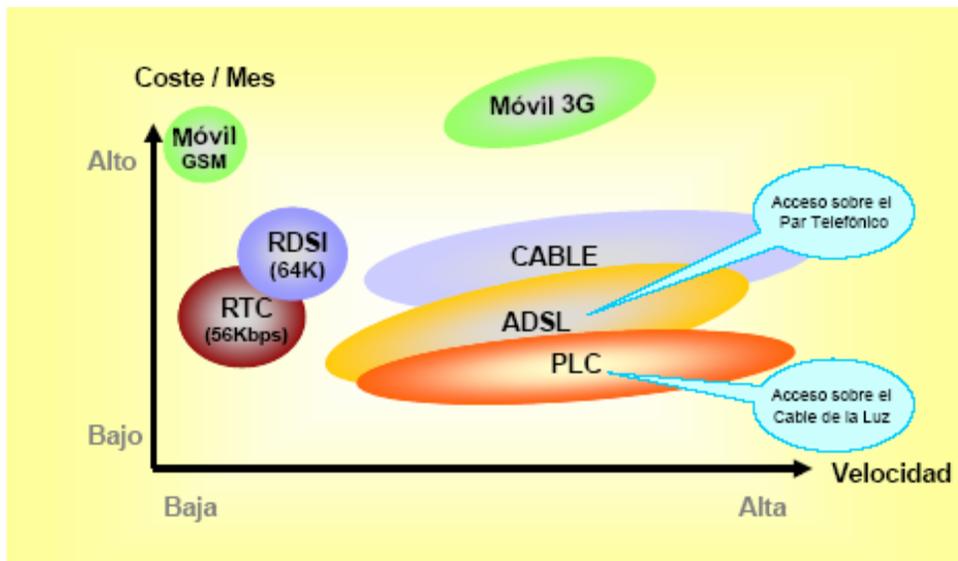
La tabla 2.1, muestra algunas características que inciden en el tipo de conexión y marcan algunas diferencias entre tecnologías de acceso a Internet.

Tabla 2.1: Comparativo de PLC Vs otras tecnologías de acceso

Características	Tipo de conexión				
	MODEM	RDSI	ADSL	CABLE	PLC
Tipo de Línea que la soporta	RTB	RTB	RTB	Línea propia fibra óptica	Línea eléctrica
Velocidad de conexión	56 Kbps (bajada)	128 Kbps	1,5-2 Mbps, 16- 640 Kbps	10-38 Mbps, 128 Kbps - 10 Mbps	Puede llegar a 135 Mbps
Calidad	Media	Alta (Digital)	Alta (Digital)	Alta (Óptica)	Alta
Distancia máxima a central	Ninguna	5,8 Km (Ampliable)	5,5 Km	48,3 Km (Ampliable)	No hay Limite. Entre 100 y 300 Metros
implantación de la tecnología	Completa	Completa	Completa con fallos continuos	Completa con fallos aislados	En proceso

A continuación se presenta un grafico comparativo de las diferentes tecnologías de acceso en España; se tomó este comparativo ya que esta tecnología para Colombia no ha sido implementada.

Figura 2.20: Comparativo del Costo Vs Velocidad de acceso otras tecnologías



Comparativa de costes versus velocidad de acceso de las tecnologías de Banda Ancha frente las tradicionales (RTC-RDSI y GSM). Fuente: Adaptación de un esquema realizado por la consultora Arthur D.Little. El coste se calcula para una transferencia de 250 Mbytes al mes.

Tabla 2.2 Comparativa tecnológica por peso de accesos de banda ancha

Tecnología	Mantenimiento	Costo de implantación	Velocidad (Usuario)	Cantidad en el retorno	Precio Final	Idoneidad Tecnología
PLC	4	3	3	4	4	3,6
Cable	4	1	4	3	3	3,3
WLAN	2	2	4	4	2	3,2
LMDS	2	2	4	4	2	3,2
ADSL	4	4	3	2	4	3,1
UMTS	3	2	2	3	2	2,5
TDT	3	4	2	1	4	2,3
Satélite	3	1	4	1	5	2,3

En la comparativa tecnológica realizada, es interesante destacar, que a largo plazo, por su menor mantenimiento, los accesos Cableados tienen un mejor rendimiento. El tiempo de vida útil de los equipos exteriores está entre los 7 y 10 años, por lo que deberá substituirse y tenerse en cuenta en las amortizaciones de los planes de negocio.

Si tenemos en cuenta el factor tiempo (que provoca un mantenimiento superior en los sistemas radioeléctricos) e incrementamos la ponderación de los factores de velocidad para el usuario y calidad en el retorno, el Factor de Idoneidad Tecnológica¹⁷, se decanta hacia los sistemas cableados.

En la tabla 2.2 se puede concluir que los accesos que más inversión requieren (y más cuestan de instalar), a la larga son los que mejor se adaptan para ofrecer acceso a Internet.

El acceso mediante Red Eléctrica es el que mejor se presenta desde el punto de vista de mantenimiento, velocidad para el usuario, y que permite el retorno por el mismo medio.

9.1 Comparativa Entre Tecnologías De Acceso De Banda Ancha

A continuación se presentan a modo de resumen, una comparativa de los diferentes sistemas de acceso descritos anteriormente en cuanto a servicios, velocidad máxima, topología del canal de retorno (Por canal de retorno se entienden las peticiones que se realizan en el canal ascendente: sentido usuario-red), equipamiento de usuario, infraestructura de la tecnología.

Tabla 2.3 Canal de retorno para los tipos de Acceso a Internet

Tipo de Acceso	Canal de Retorno
ADSL	El mismo medio
CABLE	El mismo medio
Red eléctrica	El mismo medio
LMDS	El mismo medio
Satélite Telefónico	Primeros desarrollos vía satélite
TDT	Requiere un canal Telefónico
WLAN	El mismo medio radio
UMTS	El mismo medio

¹⁷ Calculado como la media ponderada de todos los factores

Tabla 2.4 Equipos necesarios del usuario para los tipos de acceso

Tipo de Acceso	Equipos necesarios (para el usuario)
ADSL	Módem ADSL, Splitter o filtro en el domicilio
CABLE	Módem-cable, equipo telefónico, Set-top-box.
Red Eléctrica	Módem Powerline, contador eléctrico, controlador interfaz y controlador dispositivo
LMDS	Elemento exterior (Antena), elemento interior (multiplexor) Satélite Antena, Set-top-box, módem o transmisor (retorno)
TDT	Antena de TV tradicional, Set-top-box, o módem telefónico (retorno)
WLAN	Tarjeta Adaptadora Inalámbrica. Y Punto de Acceso

Tabla 2.5 Despliegue para los tipos de acceso

Tipo de Acceso	Despliegue
ADSL	Fácil despliegue, adaptando las centrales.
CABLE	Complejidad en permisos. Requiere obras menores
Red Eléctrica	Los transformadores no permiten pasar los datos, Deberá llegarse vía fibra hasta cada manzana.
LMDS	Alta complejidad en obtención de permisos. Satélite Una vez operativo, facilidad en incorporar usuarios.
TDT	Misma infraestructura que TV convencional existente, No requiere obras en interior del edificio.
WLAN	Operadores no han entrado aún. Existen nuevos ISPs antenas muy pequeñas con cobertura de unos 300m.

Aunque la tecnología que más se adapta a las necesidades actuales del usuario (coste, y velocidad de despliegue), el mercado se ha encargado de demostrarnos que es el ADSL, desde el punto de vista de idoneidad tecnológica (velocidad, y alta capacidad en el canal de retorno) el Cable y el PLC poseen mejores prestaciones.

La tecnología, queda claro que el ADSL únicamente lo pueden ofrecer los antiguos monopolios que poseen las plantas de cobre extendidas por sus respectivos países. El resto, se limitarán a revenderlo. Excepto en el caso de la desagregación del bucle de abonado, en la que el operador (habitualmente dominante) ofrece al resto el alquiler de esa línea física para su explotación total (tanto voz como acceso a Internet). Este sistema, pone en igualdad de condiciones a todos los operadores pero aunque a corto sea muy adecuado para favorecer la competencia, a largo plazo está evitando que se desplieguen nuevas redes de acceso.

10. VENTAJAS DE PLC

La gran ventaja competitiva del PLC radica en que se constituye como una alternativa a los cables telefónicos y por lo tanto la tecnología PLC se puede convertir en una alternativa real al resto de tecnologías.

El desarrollo e implementación de la tecnología PLC permitiría los siguientes beneficios a desarrollar:

- Ampliación de mercado de banda ancha.
- Utilización de infraestructura eléctrica existente.
- Ampliación de productos y servicios a través de PLC.
- Innovación al momento de implementar tecnología de punta por una empresa.
- Creación de conexiones cerradas y seguras entre el ISP y los usuarios.
- Optimización del uso de la infraestructura de fibra óptica.
- Creación de redes PLC con mayor cobertura que la red de telefonía.
- Implementación de redes PLC sin requerir desarrollo de obra civil para conseguir que cada toma de corriente sea un potencial nodo de conexión.

- Transmisión de voz, datos, imágenes y electricidad; todo al mismo tiempo y por un único conductor.
- Simplicidad y economía para el desarrollo del sistema.
- Conexión a Internet con canales dedicados
- Ejecución de aplicaciones multimedia a través de Internet.
- Explotación de telefonía IP.
- Creación y desarrollo de servicios de tele vigilancia y seguridad.
- Acciones como encender un electrodoméstico, luces, televisión, todo a distancia, será posible con la integración de Internet y artefactos inteligentes operados a través de software altamente especializado y muy amistoso.
- Integración de servicios. Los servicios técnicos de fabricantes de electrodomésticos, podrán conocer las averías y presupuestar las reparaciones, sin tener que desplazarse hasta el domicilio.
- Economía en la instalación de redes de telefonía y redes de computadores.
- Creación de redes virtuales para transmitir voz y datos al interior de la organización.
- Habilitación de trabajo en grupo.
- Implementación de vídeo conferencia, entre clientes y empresa.
- Rapidez y economía en el despliegue de PLC.
- Integración y cobertura a nivel regional.
- Ampliación, cobertura e integración de hogares sin diferenciación de sector geográfico ni social.
- Alternativa válida a las conexiones ADSL
- Cualquier lugar de la casa con un enchufe es suficiente para estar conectado.
- Instalación rápida.

11. DESVENTAJAS DE PLC

El cable eléctrico es una línea metálica recubierta de un aislante. Esto genera a su alrededor unas ondas electromagnéticas que pueden interferir en las frecuencias de otras ondas de radio. Así, existe un problema de radiación, bien por ruido hacia otras señales en la misma banda de frecuencias como de radiación de datos, por lo que será necesario aplicar algoritmos de cifrado. No obstante, la radiación que produce es mínima, la potencia de emisión es de 1mW, muy por debajo de los 2W de telefonía móvil, pero esta cumple con todas las normativas a nivel europeo, además de cumplir la estricta normativa alemana.

También existe problema es la estandarización de la tecnología PLC, ya que en el mundo existen alrededor de 40 empresas desarrollando dicha tecnología. Para solventar este problema, la organización internacional PLC Forum¹⁸ intenta conseguir un sistema estándar para lo cual está negociando una especificación para la coexistencia de distintos sistemas PLC.¹⁹

Otro de los problemas reside en el número máximo de hogares por transformador. Como las señales de datos de Powerline no pueden sobrevivir a su paso por un transformador, sólo se utilizan en la última milla. El modelo europeo de red eléctrica suele colocar un transformador cada 150 hogares aproximadamente. Si se juntan estos dos factores, se comprueba que es necesario que todos los transformadores vengan dotados de servidores de estación base Powerline. Y cuanto menor es el número de usuarios por cada transformador, más se elevan las inversiones necesarias. Es por eso que en Europa será más rentable que en Estados Unidos, donde el número de usuarios por transformador suele ser de 10.

¹⁸ Comunidad PLC que busca su estandarización.

¹⁹ Teleco24, Configurar Equipos.com (Ventajas y desventajas).

12. MATRIZ DOFA PARA LA TECNOLOGÍA PLC

A continuación se construye una tabla que muestra en resumen Debilidades, Oportunidades, fortalezas y Amenazas de la tecnología Powerline Communication.

Tabla 2.6: Matriz DOFA para la Tecnología PLC

FORTALEZAS	OPORTUNIDADES
<ul style="list-style-type: none"> • Medió físico ya desplegado • Ubicuidad de la red eléctrica • Posibilidad de crecimiento modular • Sin instalación en casa del usuario • Utilización óptima del ancho de banda 	<ul style="list-style-type: none"> • Gran demanda de acceso en banda ancha • Escasa competencia en las infraestructuras de acceso • Aplicaciones domesticas • Combinación con las otras tecnologías
<ul style="list-style-type: none"> • Escasa competencia tecnológica • Producción de equipos todavía limitada • Baja penetración de Internet en Colombia 6.9% en el 2003²⁰ • Limitación en número de usuarios por transformador 	<ul style="list-style-type: none"> • Limitaciones en el espectro electromagnético según se desarrolle la regulación. • Ausencia de estándares tecnológicos para la interoperatividad de los equipos
DEBILIDADES	AMENAZAS

13. PROVEEDORES PLC

En lo referente a compañías proveedoras de chips y servicios PLC, existe la empresa suiza Ascom que fabrica 24.000 módems mensuales con velocidades de 4.5 Mbps y también la empresa israelí Main.Net, proveedor de la empresa alemana MVV, con 600 clientes conectados y que ofrece velocidades de 1.5 Mbps. Otro fabricante es DS2 que para el año 2005 espera sacar al mercado dispositivos que trabaja a 200 Mbps. sí pues, la tecnología PLC se está desarrollando en distintas partes del mundo.

²⁰ Fuente ITU 2003

En cuanto a las compañías eléctricas, todas las grandes en Europa están planteándose la prestación de un futuro servicio PLC y muchas ya se encuentran en fase piloto. En España, la eléctrica Iberdrola Redes ha establecido una alianza con la empresa israelí Nams, mientras que Endesa está desarrollando experiencias piloto con diferentes tecnologías: la perteneciente a la empresa suiza Ascom y la perteneciente a la empresa valenciana Ds2.

Los servicios prestados por estas empresas proveedoras son los siguientes: telefonía sobre Protocolo de Internet (IP), acceso de alta velocidad a Internet y servicios de multimedia tales como vídeo y audio a la carta así como videoconferencia.

Si desea ver más empresas proveedoras del servicio PLC, Vea Anexo 4: “INDUSTRIAS PLC” , y 5 “OPERADORES DE LA TECNOLOGÍA PLC A NIVEL MUNDIAL”

14. FUTURO DE PLC

Se tienen grandes expectativas del futuro de PLC, por lo que se experimentado de esta tecnología, se espera que PLC será el claro competidor de ADSL para ofrecer servicios de banda ancha masivos (tanto en el ámbito residencial como en el empresarial). Dadas las características de la tecnología, probablemente acabe posicionándose como la tecnología líder en este segmento. Aunque hay que tener en cuenta algunos temas importantes, tales como que la producción de equipos es todavía limitada, que hay escasa competencia tecnológica o que no existen estándares tecnológicos para interoperabilidad de equipos. Pero estos factores se solucionarán fácilmente en un futuro a corto plazo.

No obstante hay que dejar claro que en nuestra opinión los factores que influirán de manera definitiva en el futuro de PLC no son exclusivamente tecnológicos sino también

económicos, administrativos, legales, etc. También tomemos en cuenta que las tecnologías xDSL y de acceso por Cable están sufriendo una evolución vertiginosa, hablando de cifras de decenas de Mbps en distancias crecientes que puede convertirse en un factor competitivo ante PLC.

Se espera tener dispositivos de PLC disponibles para el despliegue comercial a finales de y comienzos de 2006 en los que las utilidades estarán en una posición para instalar PLC en ciertas áreas donde el sistema sea lo apropiado. La posición de utilidades de negocio y servicio a la comunidad aumentará proporcionalmente.

Con la aparición de los dispositivos de tercera generación se espera tener gran competitividad con otros proveedores de servicio de última milla.

El advenimiento del sistema de distribución PLC-habilitado, las nuevas aplicaciones que aparezcan se desarrollarán rápidamente. Se esperan que en servicios de banda ancha comerciales ser los primeros y en la mayoría de las aplicaciones tener un gran éxito. Varias aplicaciones de utilidad para ínter-operaciones, como medición de lectura automatizada, supervisión remota, detección de pausa, tiempo real precisado, Control de carga directo y otras iniciativas de administración demanda-laterales. Además, se esperan numerosas aplicaciones para la industria y gobierno que incluyen supervisión remota, vigilancia, leva a tráfico y policía alarmas de incendio.

En el futuro, se espera también que PLC juegue un papel mayor en mercados internacionales, sobre todo en países en vía de desarrollo. Muchos países no tienen los fondos simplemente para construir infraestructura tanto en para fluido eléctrico como para telecomunicaciones, todavía la presencia de ambos es esencial para crecimiento social y económico. PLC proporciona una solución obvia que traerá nuevo potencial a muchas partes del mundo.

CONCLUSIONES

Las diferencias entre las redes de acceso existirán, al menos, durante un largo período en el que las tecnologías y las estrategias de negocio irán siendo probadas por el propio mercado. De esta forma, con un mercado tan competitivo en las redes de acceso y en los equipos terminales, los dispositivos de interfaz jugarán un papel fundamental en el permitir que una gran variedad de equipos terminales se conecten a diferentes tipos de redes de acceso.

Existe un muy rico espectro de tecnologías de acceso que pueden aplicarse para superar las limitaciones de la última milla en una red que se encarga de servir a usuarios finales. Ellas van desde las tecnologías xDSL a los sistemas basados en fibra; estructuras de distribución coaxial y tendido eléctrico a tecnologías inalámbricas.

Saber cual de estas tecnologías utilizar y donde implementarlas es el punto crítico para el éxito del negocio de un proveedor de servicios. De hecho, las demandas de servicios podrán ser cubiertas solo si la tecnología correcta esta disponible para aquellos clientes que demandan aplicaciones mas sofisticadas.

La brecha entre las capacidades actuales de la red y las necesidades de los usuarios finales, provee una oportunidad y desafía a los proveedores de servicios.

Por lo tanto, el foco en materia de tecnologías de acceso en los últimos años, ha sido la implementación de tecnologías sobre la infraestructura existente. Consecuentemente, las compañías de telecomunicaciones desarrollaron la tecnología xDSL, la cual transforma las líneas telefónicas ordinarias en líneas digitales de alta velocidad para servicios de Internet.

Las compañías de Cable han realizado del mismo modo un gran trabajo, tratando de aprovechar su infraestructura para proveer a sus clientes con una variedad de servicios de

banda ancha. La nueva era de TV digital, pone a estos proveedores de servicios en una oportunidad inmejorable para la distribución de nuevos servicios.

Los operadores Wireless también están buscando el modo de utilizar las tecnologías existentes (WLL, MMDS, LMDS, etc) para entregar anchos de banda importante a las casas de los usuarios.

Hoy día, algunas compañías de energía han implementado y otras compañías están explorando la posibilidad de utilizar sus cableados, para transportar telefonía, radio, video, o Internet utilizando tecnologías como PLC, que auguran una gran demanda debido a la reutilización de la infraestructura existente y como vemos en el desarrollo de esta monografía .

La implementación de la tecnología Powerline Communications se dará en gran medida, mientras que las empresas de telecomunicaciones e ISP, dispongan de enlaces de fibra óptica para enlazar sus servicios con la tecnología PLC, para explotar la última milla.

Cabe señalar, que el futuro de las redes de telecomunicaciones, su ampliación e integración en la sociedad, es de interés latente en Colombia, por lo que se debe promover el acceso de la ciudadanía a los servicios de telecomunicaciones en calidad y precios adecuados, contribuyendo a impulsar el desarrollo y mejorar la calidad de vida de la población.

RECOMENDACIONES

Esta monografía se puede utilizar como una herramienta de estudio para que los alumnos y docentes de la Universidad Tecnológica de Bolívar consulten acerca de las diferentes tecnologías de redes de acceso a Internet y en especial la Tecnología Powerline Communication.

Cabe anotar que PLC no se da a conocer en currículo universitario de redes, siendo esta una tecnología que a nivel mundial en especial en Europa ha tenido gran acogida y viene con un vertiginoso crecimiento.

El Capítulo II puede utilizarse como herramienta para realizar un comparativo más detallado y profundo con las diferentes tecnologías de acceso a Internet que se esbozan en el capítulo I.

Se recomienda mantenerse al día con la aparición de nuevos dispositivos (ya que esta PLC está aun evolucionando) que permitan el mejoramiento de esta tecnología o equipos funcionales que contribuyan a su evolución natural.

Para la profundización y ampliación de este tema se pueden escoger los siguientes temas de investigación:

- Estudio sobre impacto (legislación del espectro electromagnético en Colombia) de la implementación masiva de PLC en Cartagena a nivel urbano y rural en Colombia.
- Estudio de factibilidad para el montaje de una empresa que desee prestar el servicio PLC, penetración de Internet en Colombia si se instala este servicio. Ver Anexo 3.
- PLC de banda angosta y sus aplicaciones sobre redes Domótica.

- Estudio económico de los diferentes esquemas PLC(sobre Hogares, sobre Escuelas, sobre edificios y PYMES)
- Voz sobre IP en PLC
- PLC sobre alta y media tensión; avances tecnológicos
- Integración de IPV6 a PLC
- Protocolos para redes Domóticas: X-10, CEBus(Consumer Electronics Bus), LonWorks y la implementación de PLC en este campo.
- Descripción y comparación de los sistemas actuales y futuros para acceder a Internet en Colombia y Sur América

BIBLIOGRAFÍA

Coded Modulation for Power Line Communications, AEÜ Journal, 2000, pp. 45-49, Enero 2000.

"Channel Model for the Residential Power Circuit used as a Digital Communications Medium", IEEE Trans. on EMC, vol. 40, no. 4, pp. 331-336, Noviembre 1998.

"On the Channel Capacity of the Residential Power Circuit used as a Digital Communication Medium", IEEE Comm. Letters, pp. 267-268, Octubre 1998.

"Power Line Communication", H. Ferreira, H. Grove, O. Hooijen and A.J. Han Vinck, Encyclopedia of Electrical and Electronics Engineering, Wiley, New York, Edited by John Webster, pp. 706-716, 1999.

ASCOM, <http://www.ascom.com/powerline/>: empresa suiza que desarrolla soluciones PLC.

EBAPLC CORPORATION, <http://www.ebaplc.com>, empresa dedicada a desarrollar soluciones PLC incorporando en sus productos chips DS2.

POWERLINK WORLD : <http://www.powerlinkworld.com> : Comunidad PLC.

URDE : <http://usuarios.lycos.es/urde/bpl/bpl.htm> : Comunidad Anti-PLC

CISCO SYSTEMS: www.cisco.com

ADSL, ¿cómo funciona?, <http://usuarios.lycos.es/bigsus>

ITU-T: www.itu.org

NOTICIAS 3D.COM: <http://www.noticias3d.com/>

ITRAN COMUNICACIONES LTDA.: <http://www.itrancomm.com/>

POWERLINECOMMUNICATIONS.NET: <http://www.PowerlineCommunications.net>

GLOSARIO

ADSL	Abreviación de Asymmetric Digital Subscriber Line. ADSL es un método de transmisión de datos a alta velocidad a través de las líneas telefónicas de cobre tradicionales. Es asincrónica, ya que el ancho de banda asignado para downstream es mucho mayor que el ancho de banda de upstream. Esta tecnología es adecuada para el web, ya que es mucho mayor la cantidad de datos que se envían desde el servidor a un computador personal que desde un computador personal a un servidor.
ALWAYS ON (DEDICADO)	Siempre conectado. Servicio de acceso a Internet que se caracteriza por brindar las 24 horas del día servicio de acceso a Internet. Este servicio ha sido impuesto por conexiones de banda ancha que a través de un único pago mensual, permite a sus clientes conectarse a Internet, sin restricciones de horario ni tiempo que dure la conexión.
ANCHO DE BANDA	Es la capacidad para transportar datos que posee un medio en particular. Normalmente se mide en Megabites por segundo (Mb/s) o en Gigabites por segundo (Gb/s). Un ejemplo de esto sería una manguera de jardín que transporta una cantidad determinada de litros de agua por segundo, pero cuanto mayor sea el diámetro de la manguera, más agua transportará. El ancho de banda se mide en Hertz ("ciclos por segundo") o en bits por segundo (bps), por eso, es uno de los factores más importantes que determinan la velocidad de la conexión a Internet.
ASIC	Application Specific Integrate Circuit (Circuitos Integrados de Aplicación Específica)
BACKONE	Un backbone es el enlace de gran caudal o una serie de nodos de conexión que forman un eje de conexión principal. Es la columna vertebral de una red.
BIT	Abreviación de binary digit, un bit es la unidad más pequeña de datos que un ordenador puede manejar. Los bits se utilizan en distintas combinaciones para representar distintos tipos de datos. Cada bit tiene un valor 0 ó 1.
BPS	Es la abreviación de bits per second (bits por segundo). BPS es una medida de velocidad, que registra el número de bits que son transmitidos en un segundo. Es utilizado para medir la velocidad de un módem o la velocidad de una conexión digital.
BYTE	Serie de 8 bits. Un Byte puede representar una letra, un número,

un símbolo.

CABLE COAXIAL	Es el tipo de cable usado por las compañías de televisión por cable para establecer la conexión entre la central emisora y el usuario. También se lo utiliza en las conexiones de redes de área local (L.A.N.). El cable coaxial esta conformado por un núcleo de cobre, aislado por plástico de un recubrimiento metálico y este a su vez envuelto en otra capa de plástico. Suelen emplearse dos tipos de cable coaxial para las redes locales: cable de 50 Ohms, para señales digitales, y cable de 75 Ohms, para señales analógicas y para señales de alta velocidad.
CABLE MÓDEM	Tecnología, que permite acceso a Internet a través de las redes de televisión por cable. Las velocidades de conexión ofrecidas en el mercado oscilan entre los 64 y 960 Kbps.
CEBIT	Feria de informática más grande de Europa. Se celebra en la ciudad alemana de Hannover. Suele atraer a las más importantes empresas del sector y a un gran número de visitantes. Se celebra anualmente en el mes de marzo.
DIRECCIÓN IP	La dirección del protocolo de Internet (IP) es la dirección numérica de una computadora en Internet. Cada dirección electrónica se asigna a una computadora conectada a Internet y por lo tanto es única. La dirección IP esta compuesta de cuatro octetos de bits. Un octeto se refiere a ocho bits que conforman un byte.
DNS	Sistema de nomenclatura de dominios (Domain Name System) Es un sistema que se establece en un servidor (que se encarga de un dominio) que traduce nombres de computadores (www.servidor.dgsca.unam.mx) a domicilios numéricos de Internet (132.248.10.1).
DOMÓTICA	Tecnología basada en el uso del protocolo de comunicación X10, el cual permite controlar y automatizar electrodomésticos tradicionales (televisores, lavadoras, microondas) y otros artefactos eléctricos (portones, luces, riego de jardín) a distancia.
DOWNSTREAM	Flujo de datos que es recibido por un computador. El flujo de datos es medido en bps.
DSP	Los sistemas DSP(Procesamiento Digital de Señales) procesan señales puramente digitales con sistemas digitales. Estos sistemas incluyen a menudo algoritmos de procesamiento de señales muy complejos tales como filtrado, y correlación. Estos sistemas también pueden contener varias frecuencias de muestreo diferentes.
ETHERNET	Tipo de red de área local desarrollada en forma conjunta por

	Xerox, Intel y Digital Equipment. Se apoya en la topología de bus, anillo, estrella. La red ethernet ofrece un ancho de banda de 10 y 100 Mbps siendo éstas las velocidades más populares.
FRECUENCIA	Número de ciclos o periodos completos de corriente producidos por un generador de corriente alterna por segundo. La unidad de frecuencia llamada ciclo por segundo, hoy es llamada hertzio. Cuando una frecuencia supera los 10.000 ciclos, es llamada alta frecuencia, cuando es inferior a este número, es llamada baja frecuencia.
FULL DUPLEX	Característica de una comunicación que permite transmitir información al mismo tiempo que la recibe, de manera similar a un teléfono convencional.
GATEWAY	Puente. Sistema de información que transfiere información entre sistemas o redes incompatibles.
HALF DUPLEX	Transmisión de información bidireccional sobre un medio común, por donde la información sólo puede viajar en una sola dirección en un tiempo. Esto permite transmitir o recibir información.
HERTZ	Hercio, unidad de frecuencia electromagnética. Equivale a un ciclo por segundo.
INDOOR	Es toda la estructura de la red eléctrica que se encuentra al interior de una vivienda, desde la puerta hacia adentro.
ISDN/RDSI	Siglas de Integrated Services Digital Network. Las líneas ISDN son conexiones realizadas por medio de líneas telefónicas ordinarias para transmitir señales digitales en lugar de analógicas, permitiendo que los datos sean transmitidos más rápidamente que con un módem tradicional.
ISP	Siglas de Internet Service Provider. Hace referencia al sistema informático remoto al cual se conecta un computador personal y a través del cual se accede a Internet.
MAN	Red de Área Metropolitana. Red que no supera los 100 kilómetros de cobertura. Computadores y equipos periféricos conectados en una ciudad o en varias ciudades conforman una M.A.N.
MÓDEM ANÁLOGO	Aparato que conecta dos o más computadores a través de una línea telefónica. Actúa transformando las señales digitales del computador (bits) en tonos que son transmitidos por la línea telefónica. Igualmente, recibe los tonos que vienen por la línea telefónica y los convierte en señales digitales. Su nombre viene de la abreviación de las palabras modulador - demodulador.
MÓDEM PLC	Su función es introducir la señal digital en el cable de electricidad

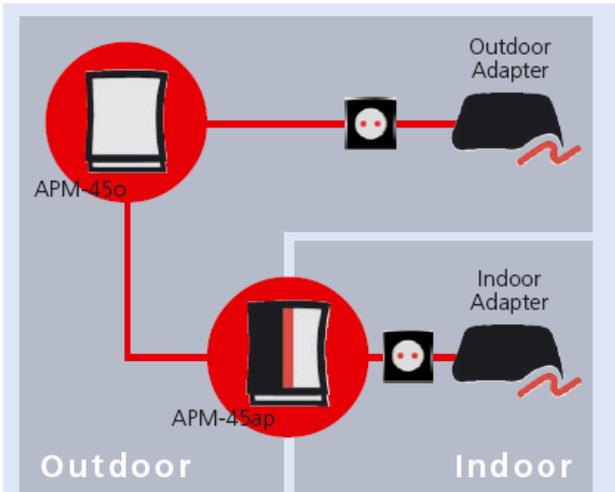
para que ésta viaje a través de él. También debe separar las señales de información de la señal eléctrica para que éstas ingresen al computador.

OUTDOOR	Es toda la instalación eléctrica que se encuentra desde la puerta de la vivienda hacia el exterior, esto incluye las líneas eléctricas desde el medidor hacia el poste de energía eléctrica, el transformador de energía, las redes de baja, media y alta tensión.
PC	Personal Computer. Se refiere a todos los computadores personales basados en la arquitectura del Personal Computer IBM presentado en 1981. El PC fue una máquina basada en un microprocesador Intel 8088.
PCMCIA	Personal Computer Memory Card International Association. Tarjetas de expansión que encajan en pequeñas ranuras, las cuales permiten aumentar las capacidades de computadores portátiles.
PLC	Véase Powerline Communications.
POWERLINE COMMUNICATIONS	PLC es una tecnología que utiliza los tendidos eléctricos de media y baja tensión de una ciudad como canales de comunicación para transmitir señales digitales de voz y datos. Las velocidades que se pueden lograr pueden variar entre 1 y 12 Mbps. La gran ventaja de un red PLC es la capacidad de convertir el cableado eléctrico de un hogar en una red de alta velocidad, convirtiendo cada enchufe disponible, en un potencial punto de conexión a Internet.
POWERNET	Nombre con el cual es comercializado en Alemania la tecnología Powerline Communications.
PPP	Siglas de Point-to-Point Protocol. Es un protocolo de comunicaciones utilizado para transmitir datos de la red a través de las líneas telefónicas. PPP permite comunicación directamente entre computadores de la red por medio de conexiones TCP/IP.
PYME	Pequeñas Y Medianas Empresas
PROTOCOLO	Un protocolo es una serie de reglas que utilizan dos computadores para comunicarse entre sí.
PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN	Conjunto de normas que definen cómo se realiza el intercambio de datos entre computadores o programas computacionales, organizando el desplazamiento de la información a través de la red e indicando cuál es el origen de los datos, el camino que deben recorrer y el destino final, es decir, es como un lenguaje adoptado convencionalmente entre los usuarios de una red para que puedan comunicarse y entenderse entre ellos.
RJ11	Conector de 4 contactos utilizado para conectar aparatos

	telefónicos.
RJ45	Conector de 8 contactos utilizado para interconectar redes de computadores basados en cable UTP.
ROUTER	Un router es una pieza de hardware o software que conecta dos o más redes. Asegura el encaminamiento de una comunicación a través de una red.
SPLITTER	Filtro utilizado en servicios de ADSL que permite diferenciar las frecuencias de voz y las frecuencias de datos.
SPREAD-SPECTRUM	Espectro Disperso: es una técnica de comunicación que codifica la información con una señal pseudo- aleatoria para obtener mayor amplitud de banda.
TRÁFICO DE ASCENDENTE	Trafico de datos que va a través un canal desde el usuario a la central.
TRÁFICO DESCENDENTE	Tráfico de datos que va a través de un canal desde la central hasta el usuario
TRANSCEIVER	Adaptador desarrollado especialmente para permitir la conversión de la señal
UNIDAD TRANSCEIVER	Transductor. Dispositivo que recibe la potencia de un sistema mecánico, óptico, electromagnético o acústico y lo transmite a otro, generalmente en forma distinta. El micrófono y el altavoz son ejemplos de transductores. En comunicaciones es un transmisor receptor de señales de radio frecuencia, ópticas o electromagnéticas.
UPSTREAM	Flujo de datos que es enviado desde un computador remoto a un servidor.
VOIP	Voz sobre IP. Se refiere a tecnologías usadas por las empresas de telecomunicaciones para prestar servicios de telefonía utilizando la red Internet.
WLL	Wireless Local Loop. Tecnología de acceso a Internet y telefonía mediante enlaces de radiofrecuencia por sobre los 3.400 Mhz. Permite velocidades desde los 128 Kbps.
XDSL	xDSL se refiere a un grupo similar de tecnologías que proveen ancho de banda sobre circuitos locales de cable de cobre, sin amplificadores o repetidores de señal a lo largo de la ruta del cableado, entre la conexión del cliente y el primer nodo en la red.

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica equipos Master PLC Indoor/Outdoor y adaptadores



Technical data Powerline masters

PLC signalling

Outdoor band	1.6 - 12 MHz
Indoor band	15 - 30 MHz
Carriers	3 in one band
Data rate	0.75 - 1.5 Mbps/carrier
Modulation	GMSK
Bandwidth	2 MHz/carrier
Coverage Outdoor	up to 300 m
Coverage Indoor	up to 100 m
Delay	< 25 ms

Physical

Dimensions (HxWxD)	295 x 150 x 85 mm
Weight	1.6 kg (APM-45o, APM-45i) 1.9 kg (APM-45ap)

Electrical

Voltage	90 - 264 VAC, 50/60 Hz
Power consumption	< 10 W (APM-45o, APM-45i) < 18 W (APM-45ap)

Environmental

Temperature	0 - 45 °C
Humidity	0 - 95 %, non condensing
Protection class	IP 20 (IP 42 option)

Interfaces

LAN	10/100 Mbps Ethernet
RS232	on RJ45 connector

Protocols

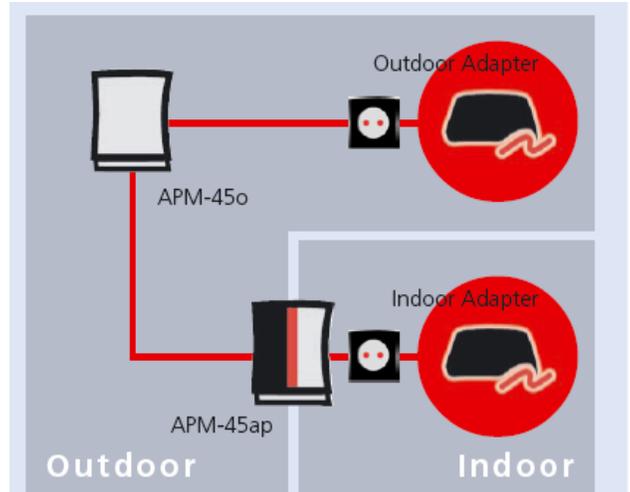
Network management	SNMP V2/V3 DHCP, FTP, VLAN
Network security & encryption	RC4, Diffie-Hellman key exchange (128 bit keys)

Standards

Safety	EN60950
Immunity	EN55024
Overtoltage protection	IEC664 CE 0682

Specifications are subject to change without notice

2002©Ascom PUB_02_0017_04



Technical data high-speed adapters

PLC signalling

Outdoor band	1.6 - 12 MHz
Indoor band	15 - 30 MHz
Carriers	3 in one band
Data rate	0.75 - 1.5 Mbps/carrier
Modulation	GMSK
Bandwidth	2 MHz/carrier
Coverage Outdoor	up to 300 m
Coverage Indoor	up to 100 m
Delay	< 25 ms

Physical

Dim. APA-45 (HxWxD)	40 x 155 x 155 mm
Dim. APA-45-voice	40 x 195 x 155 mm
Weight APA-45 (-voice)	310 g (390 g)

Electrical

Voltage (external power supply)	230V ± 10 % / 50 Hz, or 110V ± 10 % / 60 Hz
Power consumption	< 7 W

Environmental

Temperature	0 - 45 °C
Humidity	0 - 95 %, non condensing
Protection class	IP 20

Interfaces

LAN	10 Mbps Ethernet
USB	Version 1.1
a/b	analogue phone line

Protocols

Network management	SNMP V2/V3 DHCP, FTP, VLAN
Network security & encryption	RC4, Diffie-Hellman key exchange (128 bit keys)

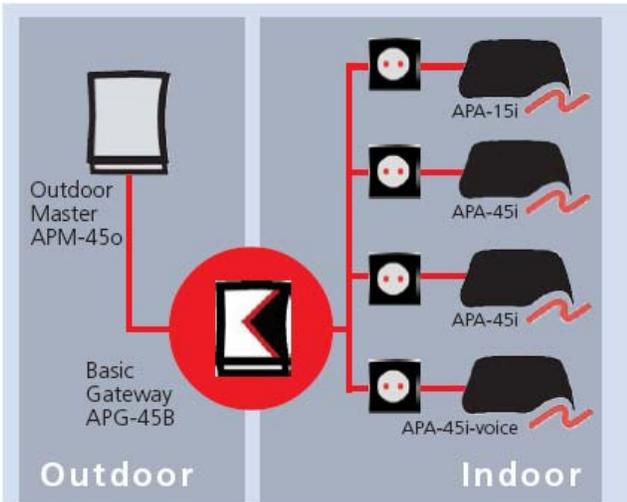
Standards

Safety	EN60950
Immunity	EN55024 CE 0682

Specifications are subject to change without notice

2002©Ascom PUB_02_0018_04

Anexo 2. Ficha técnica equipos Gateway PLC

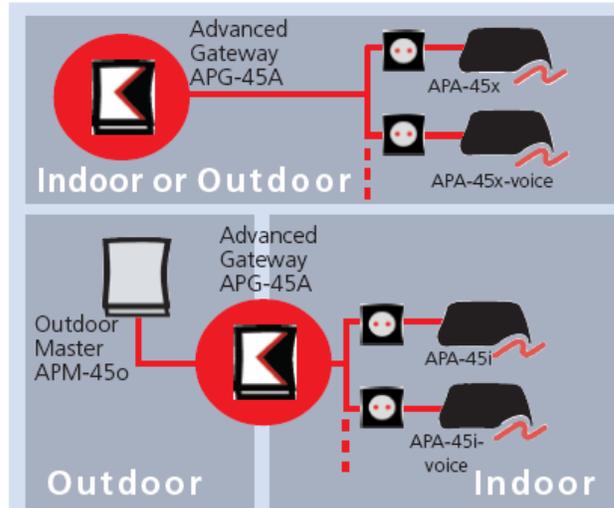


Technical data basic gateway

PLC signalling	
Outdoor band	1.6 - 12 MHz
Indoor band	15 - 30 MHz
Carriers	3 in one band
Data rate	up to 0.75 Mbps/carrier
Modulation	GMSK
Bandwidth	2 MHz/carrier
Coverage Outdoor	up to 300 m
Coverage Indoor	up to 100 m
Adapters supported	up to 4 indoor adapters
Physical	
Dimensions (HxWxD)	165 x 150 x 86 mm
Weight	600 g
Electrical	
Voltage	85 - 250 VAC, 50/60 Hz
Power consumption	< 10 W
Power socket	YC-13, Type 112
Environmental	
Temperature	5 - 40 °C
Humidity	0 - 95 %, non condensing
Protection class	IP 20
Interfaces	
Coupling outdoor signal	RJ45 connector
Coupling indoor signal	RJ45 connector
Service interface	RJ45 connector
Protocols	
Network management	SNMP V2/V3 DHCP, FTP, VLAN
Network security & encryption	RC4, Diffie-Hellman key exchange (128 bit keys)
Standards	
Safety	EN60950
Immunity	EN55024
Emission	EN55022
Overvoltage protection	IEC664 CE 0682

Specifications are subject to change without notice

200204Accom APLC-APG-45B Datasheet PUB_02.00.22.01



Technical data advanced gateway

PLC signalling	
Outdoor band	1.6 - 12 MHz
Indoor band	15 - 30 MHz
Carriers	3 in one band
Data rate	0.75 - 1.5 Mbps/carrier
Modulation	GMSK
Bandwidth	2 MHz/carrier
Coverage Outdoor	up to 300 m
Coverage Indoor	up to 100 m
Adapters supported	up to 10 indoor adapters (Gateway Mode) up to 63 indoor adapters (Master Mode)
Physical	
Dimensions (HxWxD)	165 x 150 x 86 mm
Weight	600 g
Electrical	
Voltage	85 - 250 VAC, 50/60 Hz
Power consumption	< 10 W
Power socket	YC-13, Type 112
Environmental	
Temperature	5 - 40 °C
Humidity	0 - 95 %, non condensing
Protection class	IP 20
Interfaces	
Coupling outdoor signal	RJ45 connector
Coupling indoor signal	RJ45 connector
Service interface	RJ45 connector
10Mbps Ethernet interface	RJ45 connector
Protocols	
Network management	SNMP V2/V3 DHCP, FTP, VLAN
Network security & encryption	RC4, Diffie-Hellman key exchange (128 bit keys)
Standards	
Safety	EN60950
Immunity	EN55024
Emission	EN55022
Overvoltage protection	IEC664 / Category 3 CE 0682

Specifications are subject to change without notice

200204Accom APLC-APG-45A Datasheet PUB_02.00.22.01

Anexo 3. CASO ESTUDIO INSTALACIÓN DE PLC EN ZONA RESIDENCIAL

A continuación se presenta un caso de estudio el cual futuros estudiantes podrían tomar como tema de investigación.

Para realizar caso estudio se tomo en cuenta la instalación del servicio PLC en una zona residencial que cuenta con cinco (5) transformadores y se desea atender un total de 130 hogares se un sector urbano.

De acuerdo a la información entregada por Iberdrola²¹, Cada transformador puede atender a un promedio de 130 usuarios(Este valor depende del transformado, en Colombia los transformadores más comunes en los barrios residenciales pueden atender un mundo de 40 usuarios). Estimaciones por parte del grupo de desarrollo del plan PLC, establecen un ideal de un 20%²² de penetración de mercado con la tecnología por cada transformador en un sector residencial. De acuerdo a esta información, podríamos establecer que por cada transformador se pueden asignar un universo de 26 clientes.

Para este estimativo económico, se ha partido del supuesto que el servicio de PLC sea prestado por:

Caso 1: Una empresa prestadora de servicio eléctrico y propietaria del sistema eléctrico metropolitano para la cual es necesario el alquiler de la fibra óptica hasta el punto de distribución; el valor de este alquiler dependerá del ancho de banda y número de usuarios por sector.

Caso 2: Una empresa prestadora de servicio de comunicación a través de fibra óptica, para la cual sería necesario el alquiler (convenio o tarifa de consumo) de la red eléctrica del sector al que se prestará el servicio. Entonces, se podría cobrar un pequeño peaje por cada cliente que se contrate. Esta forma de operar, es la que utilizan las compañías de telefonía con los ISP virtuales, quienes brindan acceso a

²¹ Empresa Eléctrica prestadora de servicio PLC en España.

²² Para el caso de Colombia el nivel de penetración de Internet es de año 2003 fue de 6.9%

sus clientes arrendando el medio de un tercero. ¿Cuánto cobrar por arrendar la última milla?. Las empresas ISP, cobran a un cliente que se conecta a Internet a través de la red de telefonía pública digital, un valor aproximado de U\$47²³ mensuales por un servicio ADSL de 128 Kbps. En el caso de las ISP virtuales, deben cancelar alrededor de un 20% por concepto de arriendo a la empresa dueña de la red eléctrica que les de acceso de última milla. Por lo tanto, se considera un valor más bajo, de un 18%²⁴ por concepto de arriendo de redes de última milla.

Caso 3: Una empresa particular que alquilaría tanto la red eléctrica como la fibra óptica.

Si una empresa desea vender un servicio de banda ancha que pueda competir en el mercado de Internet, como mínimo debe ofrecer un servicio de 128 Kbps, igualando a servicios ofrecidos por ADSL, cable módem y WLL.

Para habilitar un transformador y brindar servicio de acceso a Internet se requieren los siguientes componentes:

1. Punto de enlace de fibra óptica de 5 Mbps en cada transformador;
2. Cabecera PLC;
3. Repetidor PLC (optativo, se establece necesidad en terreno), y
4. Módem PLC en cada punto de acceso.

Una empresa, al vender un servicio de 128 Kbps, puede atender a un máximo de 40 clientes en forma simultánea garantizando el ancho de banda contratado (el enlace es de 5 Mbps, cada usuario recibe un ancho de banda de 128 Kbps lo que equivale a 0,125 Mbps. La división de $5 \text{ Mbps} / 0,125 \text{ Mbps} = 40$ usuarios). Ahora, no todos los usuarios estarán conectados al mismo tiempo, ni menos utilizando todo el ancho de banda asignado a cada uno. Es por ello que podría asignarse mayor cantidad de usuarios a los enlaces, explotando

²³ Según asesor de ventas EPM Cartagena

²⁴ Datos tomados de los convenios de algunas empresas europeas, como por ejemplo RME-Alemania

el medio hasta en un 50% más. En este caso, se podrían asignar hasta 60 usuarios por enlace.

En la Tabla A. *Precios Productos PLC*, se muestran los precios actuales (año 2004) de los equipos Ascom PLC.

En la Tabla B *Individualización de clientes según vivienda*, se lista en detalle el tipo de vivienda en el cual residen los clientes y a cual transformador de energía eléctrica están asignados.

La Tabla C *inversión inicial en tecnología PLC*, detalla la inversión requerida y los componentes necesarios (HE, HG, módem PLC) para habilitar la red Powerline Communications.

La Tabla D *Gasto periódico mensual*, señala los gastos que deben analizar y los cuales se verán enfrentados una empresa prestadora de este servicio (dependiendo del caso)

Tabla A: Precios productos Ascom PLC

Producto	Precio US\$
Head End (HE) APM-45°	525
Home Gateway(HG)-APG-45i	134
Adaptador PLC – APA-45i	150

Tabla B: Individualización de clientes según vivienda

Transformador 1	Nº Clientes
Clientes de un edificio	15
Clientes de casas	11
Total clientes transformador 1	26
Transformador 2	
Clientes de condominio	10
Clientes de edificio	10
Clientes de casas	6

Total clientes transformador 2	26
Transformador 3	
Clientes de casas	26
Total clientes transformador 3	26
Transformador 4	
Clientes de edificios	26
Total clientes transformador 4	26
Transformador 5	
Clientes de edificios	5
Clientes de condominio	10
Clientes de casas	11
Total clientes transformador 5	26
NÚMERO TOTAL DE CLIENTES	130

Tabla C: Inversión inicial en tecnología PLC

Transformador 1	US\$
1 HE	525
1 HG (clientes del edificio)	134
26 Adaptadores PLC (U\$150 c/u)	3900
Total inversión transformador 1	US\$ 4.559
Transformador 2	
1 HE	525
2 HG (1 HG para condominio/ 1 HG para edificio)	268
26 Adaptadores PLC	3900
Total inversión transformador 2	US\$ 4.693
Transformador 3	
1 HE	525
26 Adaptadores PLC	3900
Total inversión transformador 3	US\$ 4.425
Transformador 4	
1 HE	525
1 HG	134
26 Adaptadores PLC	3900
Total inversión transformador 4	US\$ 4.559
Transformador 5	
1 HE	525
2 HG (1 HG para condominio/ 1 HG para edificio)	268
26 Adaptadores PLC	3900
Total inversión transformador 5	US\$ 4.693
INVERSIÓN INICIAL EN TECNOLOGÍA PLC	US\$ 22.929

Con el sistema eléctrico la conexión es permanente. El consumidor pagará, como sucede con la factura de la luz, sólo por la cantidad que consume (forma en que RME en Alemania cobra a sus usuarios), o sea por la cantidad de datos transferidos.

Otro factor que hay que tener en cuenta sería el consumo eléctrico de los dispositivos con el cual que el usuario corre. En este caso cada MODEM y repetidor PLC (aproximadamente 40W durante un mes = **28,800 KWh/mes**)

Tabla D: Gasto periódico mensual

Detalle
Conexión e instalación fibra óptica dedicada de 15 Mbps (U\$ 534 por 5 Mbps). El número de clientes es de 130. Un enlace de 5 Mbps, puede soportar un máximo 40 usuarios simultáneamente. Aplicando una sobreestimación de un 50%, se puede asignar 60 usuarios por enlace de 5 Mbps. Por lo tanto, con un enlace de 15 Mbps, se pueden atender 180 usuarios. I
Gasto de arrendamiento de red eléctrica por sector
Gastos de mantenimiento (5 personas especializadas capacitadas y asignadas para la instalación y mantenimiento de red PLC)
Gasto periódico mensual Caso 1
Gasto periódico mensual Caso 2
Gasto periódico mensual Caso 3

Anexo 4. INDUSTRIAS PLC

	<p>CENELEC - European Committee for Electrotechnical Standardization - http://www.cenelec.org/</p> <p>CENELEC is the European Committee for Electrotechnical Standardization. It has been officially recognised as the European Standards Organization in its field by the European Commission. Its members have been working together in the interests of European harmonization since the late fifties, developing alongside the European Economic Community.</p>
	<p>ETSI - European Telecommunications Standards Institute - http://www.etsi.org/</p> <p>The European Telecommunications Standards Institute (ETSI) is a non-profit making organization whose mission is to determine and produce the telecommunications standards that will be used for decades to come. It is an open forum that unites 696 members from 50 countries, representing Administrations, network operators, manufacturers, service providers, and users.</p>
	<p>HomePlug - The HomePlug Powerline Alliance - http://www.homeplug.org/</p> <p>The HomePlug Powerline Alliance is a not-for-profit corporation formed to provide a forum for the creation of open specifications for high-speed home powerline networking products and services. It also seeks to accelerate the demand for these products and services through the sponsorship of market and user education programs.</p>
	<p>ISO - International Organization for Standardization - http://www.iso.ch/</p> <p>The International Organization for Standardization (ISO) is a worldwide federation of national standards bodies from some 130 countries, one from each country. ISO is a non-governmental organization established in 1947. The mission of ISO is to promote the development of standardization and related activities in the world with a view to facilitating the international exchange of goods and services, and to developing cooperation in the spheres of intellectual, scientific, technological and economic activity.</p>
	<p>ITU - International Telecommunication Union - http://www.itu.int/</p> <p>The ITU, headquartered in Geneva, Switzerland is an international organization within which governments and the private sector coordinate global telecom networks and services.</p>
	<p>OFTEL - http://www.ofcom.gov.uk/</p> <p>OFTEL is the regulator or watchdog for the UK telecoms industry. Broadcast transmission is also part of OFTEL's remit. Our aim is for customers to get the best possible deal in terms of quality, choice and value for money. OFTEL is a government department but independent of ministerial control. It is headed by the Director General of Telecommunications, who is appointed by the Secretary of State for Trade and Industry.</p>
	<p>PALAS - Powerline as an Alternative Local Access - palas.regiocom.net</p> <p>The PALAS project aims to develop and test a complete service and commercialization package to potential players in the PLC market. This package comprises technical simulation and consulting tools, initial business and turn-key service models as well as concrete roll-out strategies. In addition PALAS will provide a complex and coherent approach to reduce time to market and to increase certainty on market, technological, organizational and economic issues.</p>
	<p>PLCforum – http://www.plcforum.org/</p> <p>The PLCforum was formed with the aim of uniting and representing the interests of players engaged in Power Line Communications (PLC) from all over the world. The forum is targeted towards developing concepts for dedicated promotion of PLC and conducting preparation & research in terms of regulation, standardization and marketing at an international level. The forum are working on preparing the basis for business models of PLC technology and the services that can be offered.</p>

**Powerline Publishing** - <http://www.powerlinepublishing.com/>

Powerline Publishing connects you with information and analysis on critical issues affecting the development of residential broadband communications access, from a global perspective.

**RA - Radiocommunications Agency** - <http://www.radio.gov.uk/>

The Radiocommunications Agency is an Executive Agency of the DTI (Department of Trade & Industry). They are responsible for the allocation, maintenance and supervision of the UK Radio Spectrum.

**UPnP - The Universal Plug and Play Forum** - <http://www.upnp.org/>

UPnP Forum is an industry initiative designed to enable easy and robust connectivity among stand-alone devices and PCs from many different vendors. The Universal Plug and Play Forum is open to any company wanting to participate in driving the adoption of Universal Plug and Play. Companies with interests in particular device classes should become Universal Plug and Play Forum members and participate in the process to design schema templates for their device classes.

**UPLC - United Powerline Council** - <http://www.uplc.org/>

The future is now for power line in North America, and UTC has created the UPLC to help it along. PowerLine has emerged from the drawing board, and utilities and providers recognize the need to act quickly in bringing services and products to market. The UPLC will help to foster cooperation between its members in order to overcome technical, regulatory and business obstacles, and to educate the public on the potential to provide competitive and affordable alternative broadband last mile services over power lines.

Anexo 5. OPERADORES DE LA TECNOLOGÍA PLC A NIVEL MUNDIAL

Proveedor	Sitio Web
Actima	http://www.actima.de/
Ilevo	http://www.ilevo.com/
Phonex	http://www.phonex.com/
Amperion	http://www.amperion.com/
Intellon	http://www.intellon.co/
DIMAT	http://www.dimat.com/
Netergy Microelectronics	http://www.netergymicro.com/
Ambient Corporation	http://www.ambientcorp.com/
Analog Devices, Inc.	http://www.analog.com/
Ascom Powerline Communications AG	http://www.ascom.com/powerline/

CISCO Communications	http://www.cisco.com/
Clemessy	http://www.clemessy.fr/
CNET, France Telecom	http://www.cnet.fr/
Cogency	http://www.cogency.com/
Communications Netmanagement Bremen Gmbh	http://www.nordcom.net/
Aachen University RWTH	http://www.comnets.rwth-aachen.de/
Corinex Global Corp.	http://www.corinex.com/
DATUS elektronische Informations systeme	http://www.datus.de/
DeTeWe AG	http://www.detewe.de/
DS2 - Design of Systems on Silicon, S.L.	http://www.ds2.es/
E3G	http://www.e3g.pt/
EAM Kassel	http://www.eam.de/
ECI Telecom Ltd	http://www.ecitele.com/
EDF Electricite de France	http://www.edf.fr/
Electricity Association	http://www.electricity.org.uk/
Electricom	http://www.electricomconsulting.co.uk/
ENEL	http://www.enel.it/
EPCOS	http://www.epcos.com/
Energieversorgung Halle GmbH	http://www.evh.de/unternehmen/evh/
EnerSearch AB	http://www.enersearch.se/
Enikia	http://www.enikia.com/
Ericsson Austria AG	http://www.ericsson.at/
Eutelis Consult GmbH	http://www.eutelis.de/
EWE AG	http://www.ewe.de/
Fraunhofer Institute – ESK	http://www.fhg.de/german/profile/institute/esk/
GEW Köln AG	http://www.gewkoelnag.de/

GHMT	http://www.ghmt.com/
Görlitz Computerbau AG	http://www.goerlitz.com/
HEW AG	http://www.hew.de/
HSBC Investment Bank Plc	http://www.hsbcib.com/
I.C.COM Ltd.	http://www.iccomm.com/
Iberdrola, S.A.	http://www.iberdrola.es/
Inari	http://www.inari.com/
Institut für Industrielle Informationstechnik Uni Karlsruhe	http://www-iiit.etec.uni-karlsruhe.de/
Integrated Opportunities	http://www.io-group.com/
Jyvaskylan ENERGIA Oy	http://www.jenergia.fi/
Krone AG	http://www.krone.com
Lucent Technologies, Bell Labs	http://www.lucent.com
Main.net Communications	http://www.mainnet-plc.com/
Mason Communications	http://www.masoncom.co.uk/
Metricom Corp.	http://www.metricom-corp.com/
Mitsubishi Electric Corporation	http://www.melco.co.jp/index_e.htm
NAMS - Nisko Advanced Metering Solutions	http://www.nisko-metering.com/
Nortel Dasa	http://www.nortel-dasa.de/
Opten Limited	http://www.opten.ru/
OSI the management support agency	http://www.osi.co.uk/
Polytrax Information Technology	http://www.polytrax.com/
Power Line Networks, Inc.	http://www.plninc.com/
Quante AG	http://www.quante.de/
RWE Energie	http://www.rweenergie.de/
RWE Telliance	http://www.rwe-telliance.de/
S3 / Diamond Multimedia	http://www.diamondmm.com/
SAGEM SA	http://www.sagem.com/

Schlumberger SpA	http://www.schlumberger.com/
Siemens Metering	http://www.siemet.com/
SSS S. Siedle & Söhne	http://www.siedle.de/
Stadtwerke Düsseldorf AG	http://www.swd-ag.de/
Stadtwerke Karlsruhe GmbH	http://www.stadtwerke-karlsruhe.de/
Stadtwerke Solingen GmbH	http://www.sws-solingen.de/
Tadpole Software Solutions Limited	http://www.tadpole.com/
Teamcom as	http://www.teamcom.no/
TeleLev GmbH	http://www.telelev.de/
tesion Kommunikationsnetze Südwest GmbH	http://www.tesion.de/
Tokyo Electric Power Company	http://www.tepco.co.jp/index-e.html
TU Braunschweig - Institut für Nachrichtentechnik	http://ifn03.ifn.ing.tu-bs.de/ifn/Frame/
TU Dresden - Lehrstuhl Telekommunikation	http://www.ifn.et.tu-dresden.de/TK/english/tk.htm
Uni Paderborn - Fachgebiet Nachrichtentechnik	http://www.meschede.uni-paderborn.de/
Universiät Dortmund; Arbeitsgebiet Theorie der EMV&nbsp;	http://groo.e-technik.uni-dortmund.de/
Veba	http://www.veba.de/
WSW PowerCom Innovative Elektronik GmbH	http://www.wsw-group.com/
XEline Co.	http://www.xeline.com/