

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



## **RED ELECTRICA UN MEDIO ALTERNATIVO PARA LA TRANSMISION DE DATOS**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELÉCTRICISTA**

**PRESENTADO POR:**

**RICHARD CARLOS GUTIERREZ VALIENTE**

**PROMOCIÓN**

**2008 - II**

**LIMA – PERU**

**2013**

**RED ELECTRICA UN MEDIO ALTERNATIVO PARA LA  
TRANSMISION DE DATOS**

**Agradecimiento:**

**A Dios, a Jesus, al Espiritu Santo, a mi esposa Marilyn, a mi hija Abigail y a mis padres Alejandro y Mercedes**

## SUMARIO

El presente informe de suficiencia da a conocer que la red eléctrica es un medio de acceso para la transmisión de voz y datos, esto es poder transmitir datos a través de la red eléctrica aprovechando toda la infraestructura desplegada, es una idea que data desde los primeros días de las redes eléctricas, esto dio como resultado una tecnología llamada BPL.

BPL son las siglas de Broadband Power Line Communications, utilizado para redes de banda ancha según el estándar de la IEEE 1901 publicado el 30 de Diciembre del 2010. Esta tecnología posibilita la transmisión de voz y datos a través de una infraestructura ya desplegada, los cables eléctricos, permitiendo convertir los enchufes convencionales en conexiones a los servicios de telecomunicaciones más avanzados, como voz, datos, video, Internet de alta velocidad, demótica, entre otros.

Esta tecnología se basa en la utilización de los cables eléctricos de baja y media tensión como un medio de transporte desde un centro transformador hasta el cliente. El equipo necesario para la implementación de esta tecnología es un módem BPL (Customer Premises Equipment) por cada conexión particular, domicilio o empresa, al que se conectarán los distintos dispositivos: ordenadores, teléfonos, alarmas. Asimismo se requiere de un módem de cabecera (Head End) que tiene como función principal interconectar la red troncal de transmisión de datos con la red eléctrica. Y en algunos casos cuando la señal es transmitida a grandes distancias o donde existe excesiva atenuación se debe utilizar un repetidor BPL (Home Gateway) para amplificar la señal transmitida. Incluso este repetidor se puede utilizar también como un router para implementar una LAN doméstica.

## INDICE

<b>INTRODUCCIÓN</b>	1
<b>CAPITULO I</b>	
<b>PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD DE ESTA TECNOLOGIA</b>	3
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO TEORICO</b>	
<b>2.1 Definición</b>	7
<b>2.1.1 Historia</b>	7
<b>2.1.2 Características</b>	8
<b>2.2 Funcionamiento</b>	8
<b>2.2.1 Red eléctrica</b>	8
<b>2.2.2 Tecnología BPL</b>	9
<b>2.2.3 Velocidades de Transmisión</b>	13
<b>2.2.4 Componentes básicos de la tecnología BPL</b>	14
<b>2.2.5 Topologías de las redes BPL</b>	18
<b>2.2.6 Características del Canal</b>	19
<b>2.2.7 Técnicas de Modulación</b>	20
<b>2.3 Tipos de BPL</b>	21
<b>2.3.1 Red BPL de Acceso</b>	22
<b>2.3.2 Red BPL de Domestica</b>	22
<b>2.3.3 Red BPL de Media Tensión</b>	23
<b>CAPITULO III</b>	
<b>OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO</b>	
<b>3.1 Tipos de Tecnologías</b>	24
<b>3.1.1 Bucle digital de abonado (xDSL)</b>	24
<b>3.1.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)</b>	33
<b>3.1.3 Redes locales inalámbricas (WLAN)</b>	34
<b>3.1.4 Comparación entre Tecnologías de Acceso</b>	37
<b>CAPITULO IV</b>	

<b>VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGIA BPL</b>	
<b>4.1 Ventajas de BPL</b>	39
<b>4.2 Desventajas de BPL</b>	40
<b>CAPITULO V</b>	
<b>ANALISIS ECONOMICO</b>	
<b>5.1 Costo</b>	42
<b>5.2 Beneficio</b>	43
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	44
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	46

## INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es prioritario ofrecer nuevas tecnologías y avances en las telecomunicaciones, ya que los consumidores demandan calidad de servicio, precios accesibles, una buena cobertura del servicio y tiempos de instalación cortos.

En este informe se habla de un medio alternativo de acceso, robusto y escalable para la transmisión de datos en banda ancha a través de las redes eléctricas, esto es a través de la tecnología BPL (Broadband Power Line), la cual permite transmitir señales de voz, datos, internet, telefonía y video, usando como medio de transmisión las líneas de electricidad de media y baja tensión, además como posibilidad también de reemplazar el cableado estructurado convencional por el cableado eléctrico domiciliario.

La tecnología (Broadband Power Line) ha sido implementada ya en varios países del mundo, como España, EEUU, Canadá, Japón, entre otros, no dejándose de lado en Latinoamérica, para lo cual ya algunos países han empezado a realizar pruebas como Ecuador, Chile, Argentina, Brasil, Costa Rica y Mexico..

El propósito de este informe es explicar la necesidad de esta tecnología, luego definir los lineamientos técnicos y teóricos para la transmisión de datos a través de la red eléctrica, para lo cual lo podemos resumir en lo siguiente:

1. Planteamiento de la necesidad de esta tecnología.
2. Marco teórico de la tecnología BPL.
3. Identificar los tipos de redes de telecomunicaciones que son utilizadas actualmente para la transmisión de datos.
4. Ventajas y desventajas de la tecnología BPL.
5. Análisis Económico.

### **Objetivo General**

El objetivo de este informe es dar a conocer que las redes eléctricas convencionales pueden ser utilizadas como un medio de transmisión de voz y datos empleando la tecnología BPL, la cual sería una alternativa interesante y de rápido crecimiento similar a la tecnología ADSL, siendo esta ultima la más usada en el País.

**Objetivo Especifico**

El primer objetivo es dar a conocer que empleando las redes eléctricas de media y baja tensión se puede llegar a reducir el problema de acceso y cobertura a nivel nacional a las telecomunicaciones de forma rápida y con costos moderados.

El segundo objetivo es dar a conocer que el cableado eléctrico domiciliario convencional es un medio alternativo mas para la transmisión de voz y datos o para la comunicación entre computadoras



## CAPITULO I

### PLANTEAMIENTO DE LA NECESIDAD DE ESTA TECNOLOGIA

La importancia de la banda ancha ha ido creciendo a medida que las diversas aplicaciones y beneficios de la misma se han ido descubriendo, permitiendo acceder a una amplia variedad de recursos, servicios y productos como educación, cultura y entretenimiento, telesalud y telemedicina, desarrollo económico/comercio electrónico, gobierno electrónico, seguridad pública, entre otros, recordando que las telecomunicaciones tienen un factor importante para el desarrollo y contribuye al crecimiento económico y social del país, en ese sentido, merece un rol central en las estrategias de desarrollo del Estado.

Actualmente existen varias tecnologías o métodos de acceso a la banda ancha según el Ministerio de Transporte y Telecomunicaciones (MTC), las cuales se muestran en el siguiente cuadro:

**Tabla N° 1.1** Cuadro de Tecnologías de acceso más usadas

Tipo de Medio	Medio de Acceso	Tecnología mas usada en el Peru	Velocidades Típicas en el Peru	Infraestructura necesaria
Alambrico	Fibra Optica	Lineas dedicadas: Ethernet IP	Hasta 1 Gbps	Ductos Subterranos o postes aereos
	Par de cobre	ADSL	Hasta 5 Mbps	Postes aereos
Inalambrico	Redes Terrestres	Lineas dedicadas: Wimax	Hasta 2 Mbps	Torres y antenas
		Lineas dedicadas: Microondas (TDM)	Hasta 20 Mbps	Torres y antenas
	Redes Satelitales	VSAT	Hasta 2 Mbps	Pararrayos, energia, Base de concreto
		SCCP	Hasta 4 Mbps	Pararrayos, energia, Base de concreto

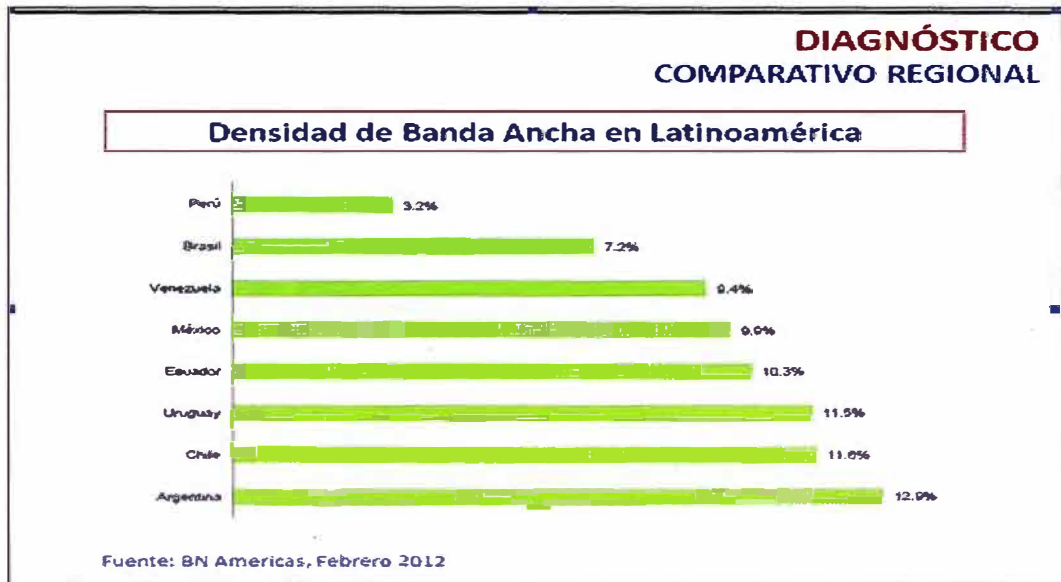
De acuerdo a nuestra realidad en el Perú, existen tres factores que se tiene que tener en cuenta antes de implementar cualquier tecnología de acceso de banda ancha, tal como se muestra en la tabla N° 1.2.

De acuerdo a la información del Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones respecto al Plan Nacional de Banda Ancha en el Perú 2011 – 2016 se indica:

- El Perú tiene un índice de penetración a nivel nacional por debajo del 4%, tal como muestra la figura 1.1.

**Tabla N° 1.2** Cuadro de Tecnologías y sus tres factores críticos a considerar

Tipo de Medio	Medio de Acceso	Tecnología mas usada en el Peru	Infraestructura necesaria	Cobertura actual (Pais)	Costo promedio de inversion (\$ dólares)	Tiempo de implementacion
Alambrico	Fibra Optica	Lineas dedicadas: Ethernet IP	Ductos Subterranos o postes aereos	Menor 15%	10000	45 dias
	Par de cobre	ADSL	Postes aereos	Menor 30%	400	45 dias
Inalambrico	Redes Terrestres	Lineas dedicadas: Wimax	Torres y antenas	Menor 15%	5000	10 dias
		Lineas dedicadas: Microondas (TDM)	Torres y antenas	Menor 10%	20000	10 dias
	Redes Satelitales	VSAT	Pararrayos, energia, Base de concreto	Menor 10%	15,000	15 dias
		SCCP	Pararrayos, energia, Base de concreto	Menor 10%	25,000	15 dias

**Fig. 1.1** Índice de penetración de banda ancha en Latinoamérica (información obtenida del MTC)

- Con un 10% de aumento de las conexiones de Banda Ancha, se incrementa el crecimiento económico de un país en 1.3% y la productividad en 1.5% por los próximos cinco años (información proporcionada por el Banco Mundial)
- Actualmente existen 142 provincias sin conexión a red dorsal de fibra óptica, tal como muestra la figura 1.2.
- Actualmente la tecnología más usada para la banda ancha es ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), tal como muestra la figura 1.3.
- La tasa de penetración de banda ancha móvil y fija por departamento representa el 8.8% en Lima y Callao y está por debajo del 5.13% en el resto de departamentos del Perú. Así mismo 7 departamentos, la tasa de penetración es menor del 1%, tal como muestra la figura 1.4.
- Se considera acceso a banda ancha para tasas o velocidades mayores a 2 Mbps.



Fig. 1.2 Provincias sin acceso a la red dorsal de fibra óptica actual (información obtenida del MTC)

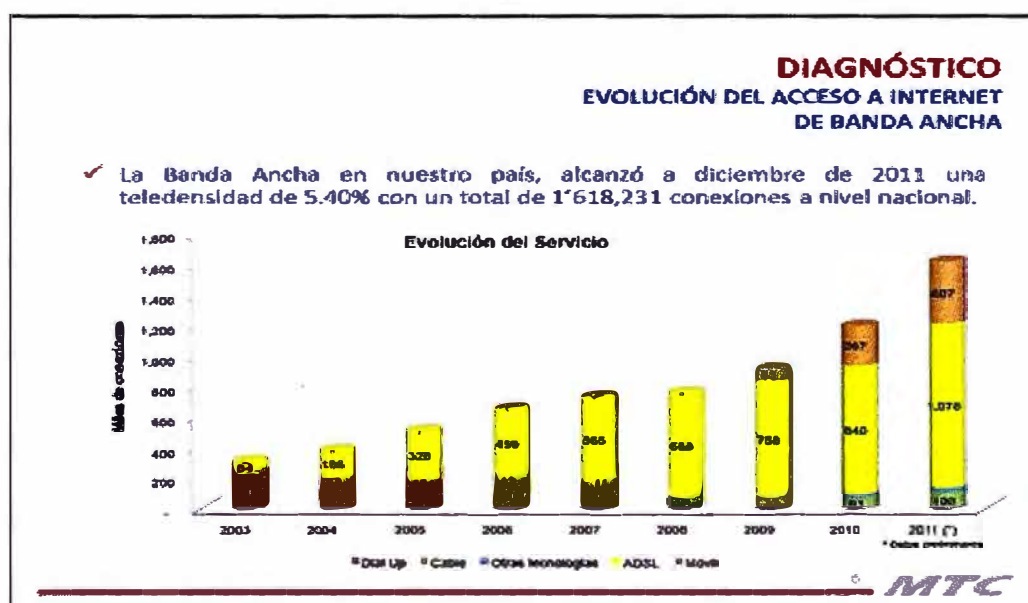


Fig. 1.3 Evolución del acceso a Internet de Banda Ancha (información obtenida del MTC)

Se puede concluir que el principal factor o limitante más sobresaliente para la expansión y desarrollo de la banda ancha es la cobertura a lo largo del territorio Peruano, esto debido a que la población se encuentra distribuida irregularmente; se aprecia una gran concentración poblacional en las zonas urbanas, principalmente en la costa, y en algunas localidades de la sierra; y una despoblación en las zonas rurales, tanto de la costa, sierra y selva. Se puede indicar también que la tecnología más sobresaliente es el ADSL, esto debido al aprovechamiento de la infraestructura actualmente instalada (penetración menos del 30%). Teniendo en cuenta estas consideraciones se concluye que la Tecnología BPL es la solución para la expansión de banda ancha, aprovechando la capilaridad de la red

eléctrica y su cobertura actual de más del 80% a nivel nacional, la cual fácilmente podríamos estar cubriendo el mayor problema de acceso o ultima milla hacia los usuarios o clientes finales.



Fig. 1.4 Nivel de penetración por departamento (información obtenida del MTC)

## **CAPITULO II**

### **MARCO TEORICO**

#### **2.1 Definición**

La tecnología BPL (Broadband over Power Lines) también conocido como PLC (Power Line Communications), es una tecnología basada en la transmisión de datos utilizando como infraestructura la red eléctrica, en donde esta tiene mayores prestaciones que el tradicional PLC empleado a la fecha.

Esta tecnología permite el uso de redes eléctricas para transmitir y recibir datos, permitiendo el uso de Internet, televisión, telefonía, videoconferencia, voz sobre IP, datos a alta velocidad, etc.

Esta tecnología hace posible que conectando un módem BPL a la red eléctrica de una casa, se pueda transmitir y recibir datos.

##### **2.1.1 Historia**

La idea de utilizar el cable eléctrico para la transmisión de información no es nueva, el uso del PLC (Power Line Communications) en sus orígenes se limitaba al control de las líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de las lecturas de contadores. Más adelante, las propias empresas eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión de datos de modo interno.

En 1997, las compañías United Utilities de Canadá y Northern Telecom de Inglaterra, presentaron al mercado una tecnología que podía conseguir que Internet fuera accesible desde la red eléctrica: el PLC (Power Line Communications). Desde entonces, las compañías eléctricas empezaron a pensar que podían sacar un mayor rendimiento a sus redes y han sido numerosas las iniciativas en el sector para llevar a cabo un despliegue masivo de este servicio de comunicaciones. Luego fueron los alemanes los que se unieron a la carrera por desarrollar la tecnología Power Line Communications. A finales de 1999 y principios del 2000 España ingresó también en esta disputa a través de Endesa.

En la actualidad, en algunos países como España, EEUU, Austria o Suiza ofrecen servicios básicos a un número relativo de usuarios, hoy en día con la aparición del estándar

lanzado por la IEEE se conoce esta tecnología de banda ancho como BPL (Broadband Power Line).

### **2.1.2 Características**

La característica principal del sistema BPL es el hecho de poder transmitir datos a través de la red eléctrica, sin embargo podemos destacar otras características importantes:

- Tecnología de banda ancha.
- El ancho de banda es de 100 Mbps aunque actualmente ya se alcanzan velocidades de 200 Mbps y en breve se llegará a 1000 Mbps, permitiendo la distribución de datos, voz y vídeo de manera rápida y confiable.
- No es necesario realizar ningún tipo de obra adicional para poder usar esta tecnología de banda ancha, ya que utiliza la propia red eléctrica para la transmisión de datos y voz.
- Esta a diferencia de otras tecnologías puede llegar a cualquier parte ya que la instalación ya existe.
- Se dispone de una única toma a la cual se conecta un módem con tecnología BPL.
- La conexión es permanente durante las 24 horas del día.
- La instalación que ha de realizar el usuario es sencilla y rápida.
- A través de la línea se puede disfrutar de múltiples servicios como puede ser videoconferencias, voz sobre IP (VoIP), redes LAN, juegos en línea, comercio electrónico, etc.

## **2.2 Funcionamiento**

### **2.2.1 Red Eléctrica**

Es importante recordar que la red eléctrica es la más antigua y por ende la más extensa en el mundo entero. El Perú no es la excepción y aún en zonas remotas existe el tendido eléctrico para facilitar las actividades diarias de los habitantes. Antes de introducir conceptos relativos al BPL conviene describir brevemente lo que se conoce por redes eléctricas, las cuales se dividen en redes de alta, media y baja tensión.

La red de alta tensión es una red de transporte que hace llegar la energía desde los centros de producción hasta los de consumo (núcleos de población e industrias). La mayoría de los tendidos de alta tensión son aéreos, y los valores de tensión eléctrica que se manejan en estos tramos son del orden de los cientos de kilovoltios, al permitir estas elevadas tensiones un transporte de la energía más eficiente. El voltaje que se encuentra en las líneas de alta tensión, es superior a los 25 kV lo que significa un ambiente muy ruidoso

para los objetivos que se desean alcanzar con este informe, ya que la frecuencia a la que oscila el alto voltaje sobre esta línea es a ratos inconsistente y podría provocar toda clase de interferencias a la señal de datos que se desea transmitir.

En los puntos de consumo, como las ciudades, suele haber grandes centros de transformación que convierten esta energía eléctrica a unos valores de tensión inferiores, de forma que se origina una segunda red, con valores entre 13,2 y 33 kV. Ésta es la red eléctrica de media tensión. Las líneas de media tensión son alimentadas por las subestaciones eléctricas las cuales se encargan de cambiar las características en voltaje y corriente de la electricidad que proviene de la planta generadora. A partir de las subestaciones y utilizando el tendido eléctrico para la media tensión se considera propicio iniciar desde este punto la transmisión de datos a alta velocidad, ya que es un ambiente más manejable con respecto al ruido y generalmente estas líneas son las encargadas de proveer de energía a las ciudades.

Por último, se produce una nueva transformación para poder suministrar electricidad a los domicilios, esto se consigue con los transformadores. En las ciudades existen instalaciones incorporadas a los edificios o casas que se conocen como centros de transformación, y en ellos tiene lugar la transformación a los 220 voltios que se manejan habitualmente en los hogares. Esto es lo que se conoce como baja tensión. Para la transmisión de datos, este elemento constituye un obstáculo ya que para las señales de alta frecuencia el transformador actúa como filtro pasa bajos y la señal se atenúa fácilmente, por esta razón estos transformadores serían “by paseados”.

Finalmente la red eléctrica interna de cada vivienda constituirá una red de datos y cada tomacorriente un punto de comunicación, convirtiéndose la red eléctrica en una red LAN (Local Area Network), la cual permitirá la comunicación entre computadoras o cualquier tipo de equipos de red IP.

### **2.2.2 Tecnología BPL**

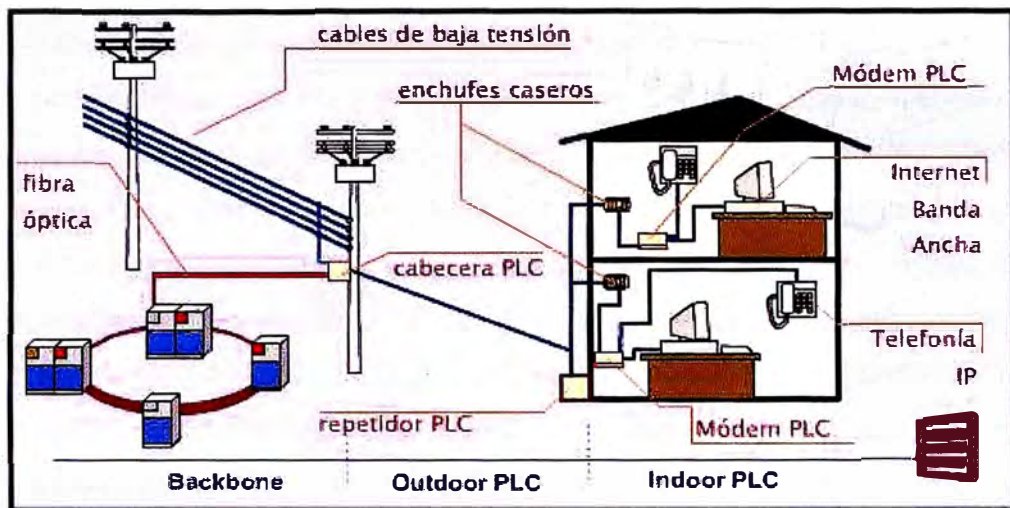
La tecnología BPL es simplemente un conjunto de elementos y sistemas de transmisión que basándose en una infraestructura de transporte y distribución eléctrica clásica, permite ofrecer a los clientes servicios clásicos de un operador de telecomunicaciones.

La comunicación BPL por los cables eléctricos requiere de un módem cabecera en el centro de transformación eléctrica que ilumina el edificio para enviar la señal. Por otro lado en el domicilio del usuario se instala un módem BPL donde se podrán conectar los

equipos de transmisión de voz y datos como ordenadores, teléfonos, impresoras y potencialmente otros dispositivos preparados para ello.

La tecnología Power Line Communications basa su estructura de funcionamiento, en la utilización de los cables eléctricos de media y baja tensión como medio de transporte desde un centro transformador, hasta el cliente, permitiendo entregar servicios de transferencia de datos como, por ejemplo, acceso a Internet de banda ancha.

Básicamente, esto transforma al cableado de baja tensión, en una red de telecomunicaciones donde los enchufes de cada hogar u oficina, se vuelven puntos de conexión o de red de LAN.



**Figura 2.1** Arquitectura de la red BPL

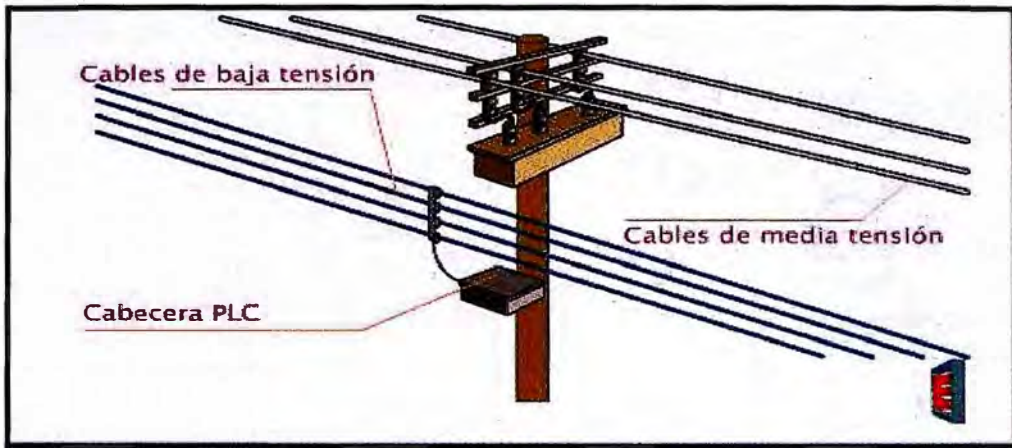
La arquitectura de esta red consta de dos sistemas formados por tres elementos como se muestra en la figura 2.1.

El primer sistema denominado “de Outdoor o de Acceso”, cubre el tramo de lo que en telecomunicaciones se conoce “ultima milla”, y que para el caso de la red BPL comprende la red eléctrica que va desde el lado de baja tensión del transformador de distribución hasta el medidor de la energía eléctrica.

Este primer sistema es administrado por un equipo cabecera Head End (HE), primer elemento de la red BPL, que conecta a esta red con la red de transporte de telecomunicaciones o backbone. De esta manera este equipo cabecera inyecta a la red eléctrica la señal de datos que proviene de la red de transporte.

El segundo sistema se denomina “de Indoor”, y cubre el tramo que va desde el medidor del usuario hasta todas las toma corrientes o enchufes ubicados al interior de los hogares. Para ello, este sistema utiliza como medio de transmisión el cableado eléctrico interno.

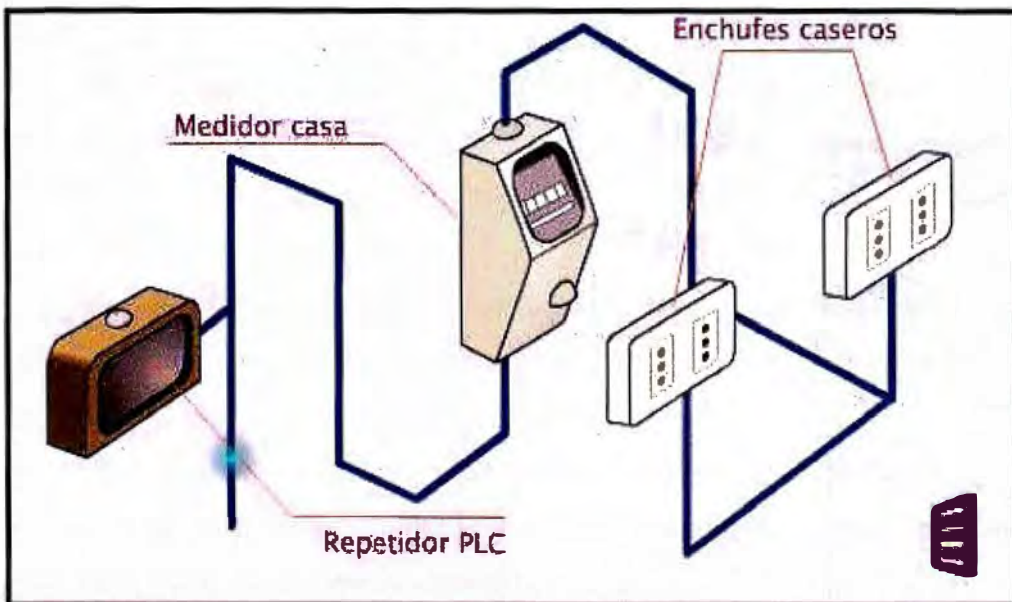




**Figura 2.2** Cabecera BPL

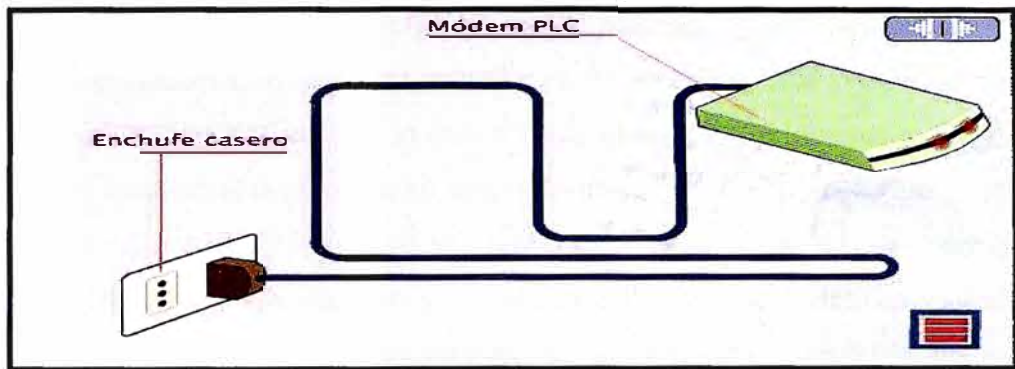
Para comunicar estos dos sistemas, se utiliza un equipo repetidor Home Gateway (HG), segundo elemento de la red BPL. Este equipo, que normalmente se instala en el entorno del medidor de energía eléctrica, está compuesto de un módem terminal y equipo cabecera. El primer componente de este repetidor recoge la señal proveniente del equipo cabecera del sistema outdoor y el segundo componente se comunica con la parte terminal del repetidor e inyecta la señal en el tramo indoor.

El tercer y último elemento de la red BPL lo constituye el módem terminal o módem cliente Customer Premises Equipment (CPE), que recoge la señal directamente de la red eléctrica a través del enchufe.



**Figura 2.3** Repetidor BPL

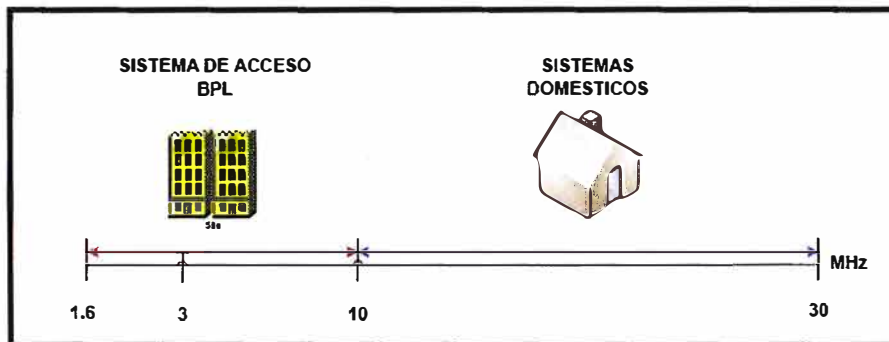
De esta manera tanto la energía eléctrica como las señales de datos que permiten la transmisión de información, comparten el mismo medio de transmisión, es decir el conductor eléctrico.



**Figura 2.4** Modem BPL

A este módem se pueden conectar un computador, un teléfono IP u otro equipo de comunicaciones que posea una interfaz Ethernet o USB.

Descrito el sistema y los componentes de la red BPL, es necesario recurrir al espectro de frecuencia para explicar el hecho de que la energía eléctrica y la transmisión de datos puedan compartir un mismo medio sin producirse interferencias.



**Figura 2.5** Rango de frecuencias de funcionamiento de la tecnología BPL

Como se observa en la figura 5, la energía eléctrica funciona a una frecuencia de 60Hz, aunque eventuales impurezas en su forma de onda puedan producir armónicas que incorporan ruidos hasta los 1000 Hz.

Por su parte en la tecnología BPL el equipo cabecera (equipo emisor) emite señales de baja potencia (50mW) en un rango de frecuencias que van desde 1.6 MHz hasta los 35 MHz, es decir en una frecuencia varios miles de veces superior a los 60 Hz en donde opera la energía eléctrica. Al otro extremo del medio de transmisión (el cable eléctrico) existe un receptor (equipo terminal) que es capaz de identificar y separar la información que ha sido transmitida en el rango de frecuencia indicado.

Según la recomendación ETSI TS 101867 (European Telecommunication Standardization Institú) se asigna un rango de 1.6 MHz a 10 MHz para los sistemas de acceso BPL y la banda de 10 MHz a 30 MHz para los sistemas de comunicación BPL domésticos.

El hecho de que ambos servicios, los de energía eléctrica y los de transmisión de datos, operen en frecuencias muy distintas y distantes, permite que estos puedan compartir el medio de transmisión sin que uno interfiera sobre el otro. De esta manera, la tecnología BPL permite aprovechar una propiedad propia del conductor eléctrico que hasta la fecha se encontraba sin aprovechar la banda de frecuencia no utilizada por la energía eléctrica.

La red HFCPN (High Frequency Conditioned Power Network), es la unidad de acondicionamiento que permite la transmisión de información y energía simultáneamente. Esta red consigue filtrar y separar la energía eléctrica de las señales de información de comunicación de alta frecuencia que van a la unidad de servicio.

La red HFCPN utiliza unidades de acondicionamiento (CU) para filtrar estas dos señales de energía y comunicación. La CU se coloca cerca a la acometida eléctrica en cada uno de los usuarios finales, estas contienen los filtros que separan la electricidad de los datos de información y facilitan el adaptamiento entre los clientes y una subestación eléctrica.

La unidad de acondicionamiento consta de tres puertos donde se relacionan, el primer dispositivo recibe la entrada agregada en su puerto de red (NP), esta pasa por un filtro pasa alto como se muestra en la figura. Este filtrado de las señales de alta frecuencia permite derivarlos al puerto de comunicación CDP y mediante un filtro pasa bajo se envía la electricidad al consumo.

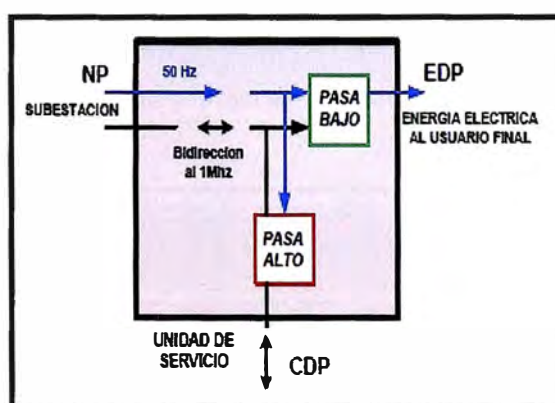


Figura 2.6 Filtro pasa alto y pasa bajo

### 2.2.3 Velocidades de transmisión

En la señal BPL, la velocidad de transmisión en cada unidad de servicio para el tramo de media tensión esta entre 24 – 200 Mbps y en la capa de baja tensión en 205 Mbps la cual depende mucho de los equipos y de la infraestructura que se utilice en el sistema:

Existen tres generaciones de velocidades de transmisión en los sistemas BPL. En la primera generación se alcanzaron velocidades de 1 a 4 Mbps, en la segunda generación se

alcanzaron velocidades de 45 Mbps y actualmente en la tercera generación se alcanzan velocidades de 200 Mbps

#### 2.2.4 Componentes básicos de la tecnología BPL

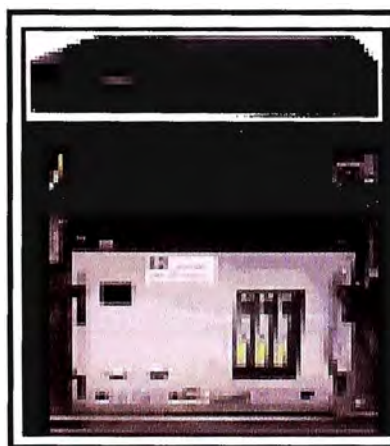
El sistema de comunicaciones sobre red eléctrica (BPL) consiste en una red full dúplex punto a multipunto, que se soporta básicamente sobre tres elementos activos, sin mencionar el equipamiento de acople y bloqueo de señal que son elementos pasivos. Estos son:

- Head End (HE) o unidad de acondicionamiento.
- Home Gateway (HG)
- Customer Premises Equipment (CPE)

##### a. Head End (modem de cabecera ó unidad de acondicionamiento)

El equipamiento Head End o HE, puede considerarse para efectos prácticos como un equipo de modulación y demodulación de señal (módem) y generalmente es propiedad de la compañía eléctrica, también coordina la frecuencia y la actividad del resto de equipos que conforman la red BPL de forma que se mantenga constante en todo momento el flujo de datos a través de la red eléctrica.

El HE tiene como función principal interconectar la red troncal de transmisión de datos o backbone (WAN, Internet, PSTN, RDSI, etc) con la red eléctrica, actuando en cierta manera como un router. Para lograr dicha función este equipo toma la señal digital en banda base de la red troncal, y mediante métodos de modulación digital inyecta la señal a la red eléctrica, y mediante un proceso inverso inyecta la información proveniente del usuario de la red eléctrica a la red troncal.



**Figura 2.7** Head End (HE)

Para inyectar la señal de datos a la red eléctrica, se emplea la técnica de modulación digital OFMD (Orthogonal Frequency División Multiplexion) o multiplexión por división

de frecuencia ortogonal, (esta técnica se comentara con detalle más adelante), modulando cada una de las portadoras con modulación QAM, con una densidad espectral de 8 bits/Hz, esta densidad depende de las condiciones del canal tal como de la relación señal-ruido (SNR), ya que el sistema al detectar una disminución del SNR disminuye la densidad espectral a fin de mantener constante la tasa de error por bit o BER.

El rango de frecuencias de operación de este equipamiento, es de 2.46 MHz hasta 11.73 MHz, con un ancho de banda de 9.27 MHz a través del cual puede alcanzar velocidades de 135 Mbps y 200 Mbps.

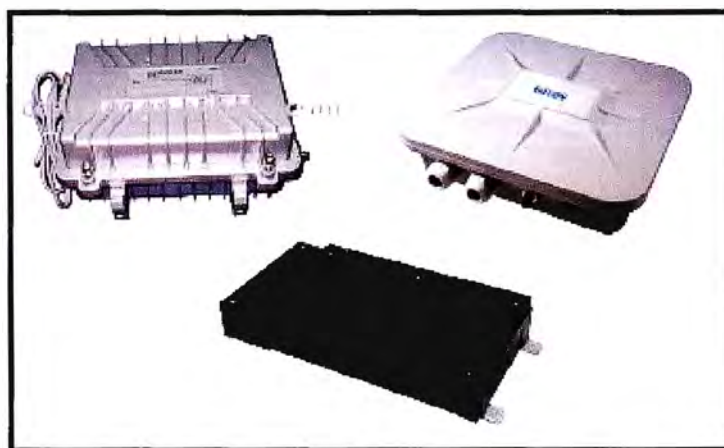
La información la transmite a través de tramas o paquetes con una longitud mayor o igual a 8Kb. Manejando tráfico en tiempo real lo cual permite transmitir voz y video.

Los paquetes son enviados mediante ráfagas de datos en forma de paquetes orientados, de manera semejante a la operación de una red con protocolo TCP/IP, lo que permite transmisión de voz sobre IP y video sobre IP.

La tasa de transferencia va desde los 2Mbps hasta los 200 Mbps, dependiendo de la frecuencia de operación, así como de la relación señal-ruido, con un ancho de banda máximo de 10 MHz.

El tiempo de retardo en la transmisión de paquetes o latencia, normalmente es menor a los **3 ms**, aunque esto depende también de la calidad del canal y de la cantidad de tráfico.

De cara a la red troncal el HE, obtiene los datos en banda base mediante una interfaz de datos Ethernet 10/100/1000 BaseT.



**Figura 2.8** Módems BPL

La elección de su ubicación es un aspecto clave en la arquitectura de una red BPL, ya que es esencial que la inyección de datos se produzca de forma que permite la máxima cobertura posible dentro de la red. Por lo general se sitúa en las subestaciones de distribución o junto al transformador de media a baja tensión, dependiendo de la

configuración eléctrica más favorable y del ámbito del sistema BPL que se esté implementando. EL HE se comunica con diversos Home Gateways y/o CPEs.

El HE se considera el dispositivo maestro de la red BPL y proporciona elevado ancho de banda a un máximo de 254 nodos.

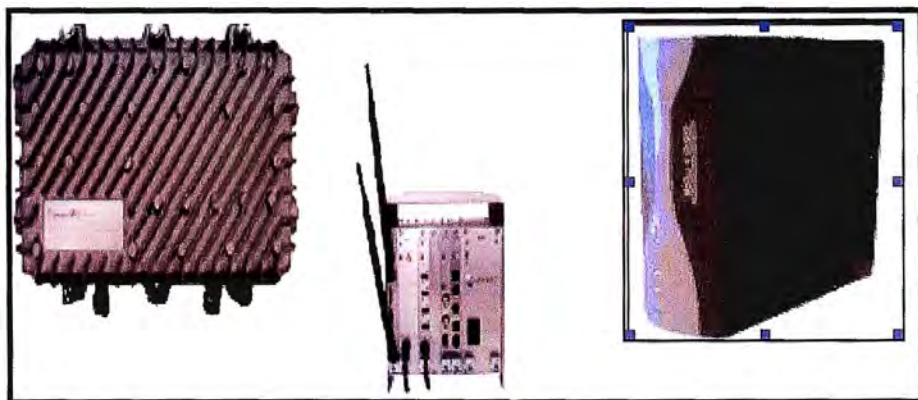
Existen dos tipos de modems de cabecera, los de media tensión con un alcance de 2.5 Km y los de baja tensión con un alcance de 300 metros.

La última generación de modem de cabecera tiene una configuración flexible basada en varias diferentes tarjetas. De esta forma la tarjeta de baja tensión permite inyectar la señal BPL en la red acceso a través de los cables de baja tensión, la tarjeta de media tensión se usa para la comunicación con módems de otras subestaciones incluidas en la red de distribución y las tarjetas Fast o Gigabit Ethernet permiten la interconexión con el Backbone o red WAN.

#### **b. Home Gateway (HG) o unidades repetidoras**

Un Home Gateway es una combinación de un CPE y un HE, básicamente posee las mismas características de un HE y la principal diferencia entre ambos equipos radica en el hardware empleado, ya que el HG integra una tarjeta de transmisión y recepción compatible con el HE por un lado, mientras que por el otro integra una tarjeta de transmisión y recepción compatible con el equipo BPL del usuario final CPE.

La razón principal por la que el HG integra dos tarjetas distintas se debe a que los rangos de frecuencias empleados en el tramo HE-HG (2.46 MHz a 11.73 MHz) son diferentes al rango de frecuencias de frecuencias empleados en el tramo HG-CPE (13.88 MHz a 22.8 MHz).



**Figura 2.9 Home Gateway (HG)**

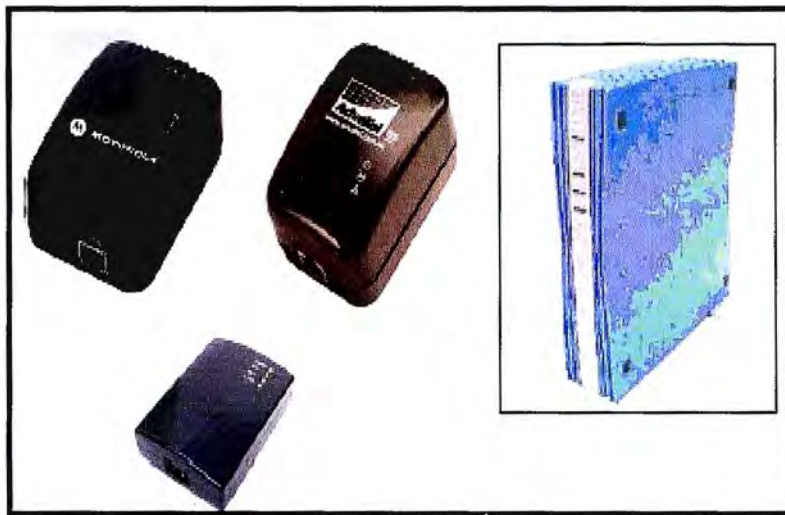
La función principal de un HG es regenerar la señal BPL. Sin embargo se puede utilizar como repetidor para amplificar la señal transmitida a grandes distancias o donde exista excesiva atenuación afectando a la señal, e incluso como un router para implementar

una LAN doméstica (in-home). EL HG permite la transferencia de los datos entre las líneas de medio voltaje y bajo voltaje.

Si se requiere un Home Gateway (HG), por lo general se sitúa junto al punto de entrada de electricidad del edificio o vivienda, como en el cuarto de contadores o la caja de protecciones. Esto facilita que se convierta en un excelente sistema de distribución de acceso. Un HG puede controlar hasta 256 módems de cliente (CPE)

**c. Customer Premises Equipment (CPE) o modem BPL**

El CPE suele ser propiedad del usuario y no es más que un módem BPL. Este módem puede estar integrado en una caja decodificadora externa o bien como una tarjeta instalada en el PC del usuario, que se conecta directamente al enchufe eléctrico.



**Figura 2.10** Customer Premises Equipment (CPE)

Una de las ventajas de estos equipos es que operan en modo full-dúplex, y en modo punto-multipunto, además de integrar un puerto para transmisión de voz sobre IP, generalmente incluyen dos interfaces Ethernet IEEE 802.3 (10/100/1000 Mbps), y un puerto USB. Estos equipos son construidos mediante circuitos integrados en tecnología CMOS de 2.5 u que disponen de toda la circuitería necesaria para que los módems sean competitivos con opción de otras tecnologías, ya que soportan características como priorización de tráfico, asignación de ancho de banda, QoS, VLANs, seguridad entre otras.

Estos equipos están diseñados para operar con 110 V o 240 V entre 50 Hz y 60 Hz, inyectando la señal a través de acopladores de línea integrados, de tal forma que solo sea necesario conectar el equipo a la red eléctrica.

Los datos son transmitidos desde el CPE al HE. El CPE es el esclavo en la red, y su acceso ha debido ser autorizado previamente por el HE. El HE también asignará slots

específicos, de frecuencia y tiempo, en el canal de comunicación, a diversos CPEs, para permitirles transmitir simultáneamente.

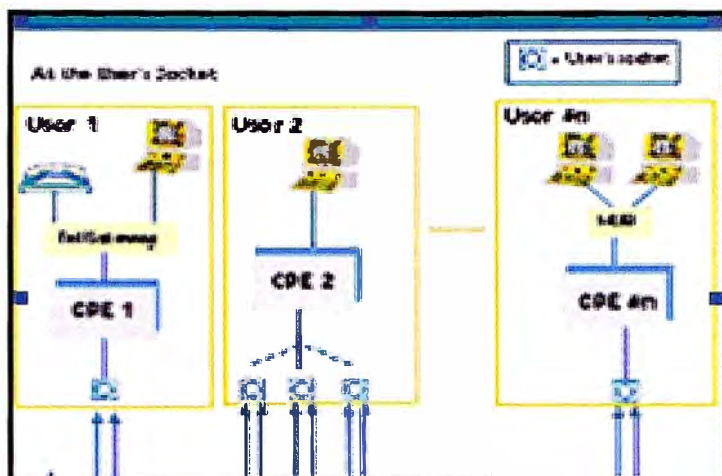


Figura 2.11 Conexión CPE a la red eléctrica

### 2.2.5 Topologías de las redes BPL

Existen varios factores que influyen en la topología de una red BPL, como son la localización densidad de usuarios, longitud y diseño de la red, es así que se encuentran topologías en estrella y árbol.

#### a. Topología Estrella

Normalmente en esta topología la cabecera está instalada en el transformador de media tensión y los repetidores se instalan cerca de los usuarios.

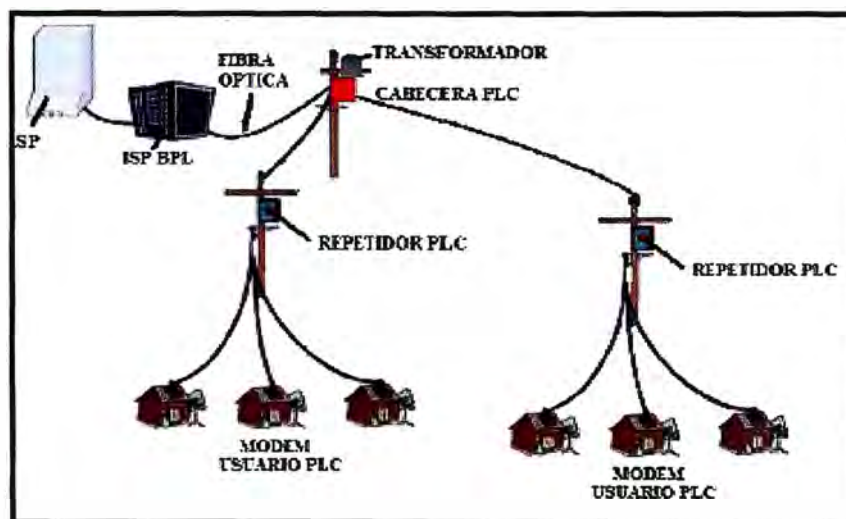


Figura 2.12 Topología estrella

#### b. Topología en Árbol

Es la topología más sencilla en BPL y es usada cuando ya no existe otra opción, la topología BPL en Árbol tiene un HE instalado en el transformador y varios repetidores dependiendo de las distancias de conexión a los usuarios.



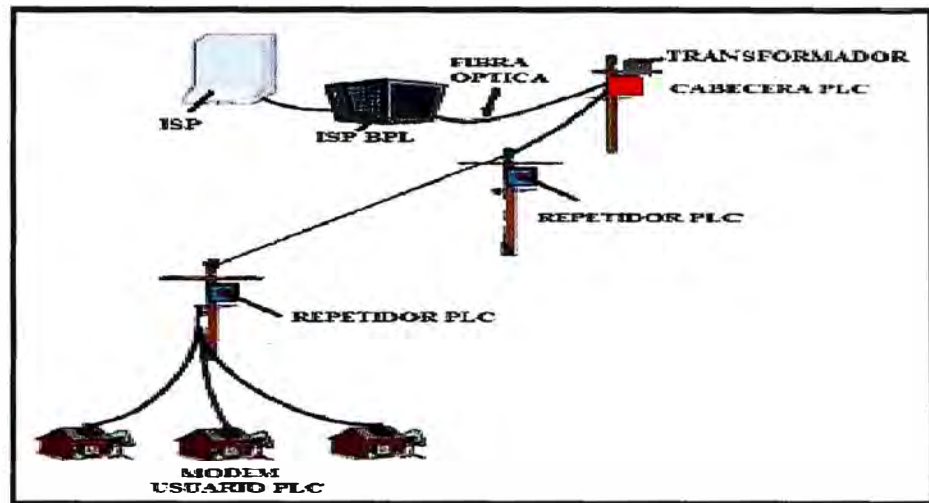


Figura 2.13 Topología estrella

### 2.2.6 Características del Canal

La tecnología BPL se ha desarrollado teniendo muy en cuenta las propiedades del canal de comunicaciones, o sea, la red eléctrica de baja tensión.

La red eléctrica no es un sistema lineal e invariante en el tiempo, lo que añade más dificultad a su uso y complica su caracterización respecto a atenuación, ruido y distorsión, en donde la gran variedad de dispositivos que pueden estar conectados hace que el ruido introducido por estos sea muy variado. Además, la red eléctrica del hogar no está diseñada para transmitir señales a alta frecuencia, por lo que al hacerlo se convierte en una fuente de ruido que hay que limitar.

Otro problema tecnológico a resolver es que al ser la red eléctrica un medio de transmisión compartido por varios abonados debe usarse algún sistema de encriptación para proteger la información.

Las características del canal son dependientes de la frecuencia, del tiempo y de la localización del transmisor y del receptor.

La red eléctrica tiene las siguientes características en cuanto a su respuesta en frecuencia:

- Presenta desadaptaciones de impedancia, las cuales producen reflexiones.
- Su atenuación se incrementa con la distancia y con la frecuencia.
- Su impedancia varía con el tiempo en un rango muy grande, según estén o no conectados ciertos aparatos eléctricos.

Aunque las medidas han mostrado que las características del canal no varían rápidamente con el tiempo, si lo hacen frecuentemente, por lo que deben adaptarse sus parámetros de transmisión continuamente.

Se ha estudiado el tipo de ruido que puede encontrarse en el canal de comunicaciones y el resultado es el siguiente:

- Ruido de fondo estacionario durante segundos u horas. Formado principalmente por ruido coloreado, ruido de banda estrecha y ruido periódico.
- Ruido impulsivo con duraciones que van de microsegundos a milisegundos. Formado principalmente por ruido impulsivo periódico y ruido impulsivo asíncrono producido por apagados y encendidos.

### **2.2.7 Técnicas de modulación**

La señal BPL va modulada entre 1,6 y 40Mhz dependiendo del sistema, en la primera generación de la tecnología BPL se utilizaron modulaciones como DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation) y GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying, pero en esta última generación de PLC o BPL la modulación más eficiente que comúnmente se utiliza es la OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplex) por su gran tolerancia al ruido y por la utilización de codificación adaptativa entre otros. Añadiendo algoritmos Viterbi y Reed-Solomon se consiguen 6dB adicionales de relación señal ruido. Reed-Solomon puede recuperar errores causados por ruidos provocados por pulsos típicos de la línea AC.

Actualmente existen varios estándares para sistemas PLC o BPL creados por organismos como ETSI (European Telecommunications Standards Institute), CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electronique) FCC (Federal Communications Commission) y el IEEE entre otros. Dichos estándares se enfocan en temas como acoplamiento a las Líneas Eléctricas, seguridad, compatibilidad electromagnética, Desempeño y Seguridad entre otros.

De forma similar a los estándares creados para WiFi, el estándar IEEE P1901 se enfoca en un acuerdo entre los grandes fabricantes, de modo que los equipos se puedan fabricar para que funcionen en cualquier parte del mundo, abaratando de este modo los costos de su fabricación y permitiendo que crezca el mercado, ya que este tipo de estándares pueden quitarle a uno el miedo de invertir en cualquier otra tecnología que pronto quede obsoleta.

La reciente publicación del estándar IEEE P1901 tuvo como objetivo desarrollar un estándar para comunicación de alta velocidad (mayor a 100 Mbps en la capa física) entre dispositivos en sistemas BPL. Este estándar se enfoca en el uso eficiente del canal de comunicaciones, para lo cual especifica los mecanismos para la coexistencia e interoperabilidad entre dispositivos BPL, mecanismos de calidad de servicio y de ancho de

banda; así como mecanismos de seguridad. El estándar solo cubre las capas física y de enlace de datos (MAC) definidas en el modelo de referencia OSI. Según lo indicado en el estándar IEEE 1901, podrá emplearse para la transmisión de información a tasas de transmisión de hasta 500 Mbps a distancias de hasta 1500 m.

Durante el primer semestre del año 2011 se ha estado trabajando en los Draft de los estándar IEEE P1901.2 y P1901.2 WG, los cuales tienen como objetivo proporcionar una nueva referencia de rendimiento y confiabilidad mientras ofrece interoperabilidad con los "PRIMER" y "G3-PLC" que son las tecnologías OFDM existentes, elegidas por los proveedores de energía más grandes del mundo, como IBERDROLA y FEDER. El IEEE P1901.2 también implementará un mecanismo de convivencia que se activará en los casos donde ya se han implementado tecnologías de un único transportista.

A continuación se mencionan las modulaciones más usadas por el BPL:

- DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation). Puede operar con baja densidad de potencia espectral (PSD).
- GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying). Es una forma especial de modulación en banda estrecha. Usado con la versión de transportador sencilla de PLC proporcionando anchos de banda bajos, menores a 1MB.
- OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex). Que usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos. Usado con la multi versión de transportador de BPL proporcionando un ancho de banda de 45MB.
- MC-CDMA (Multiple Carrier-Code Division Multiple Access). Es una combinación de CDMA y OFDM, la cual permite incrementar el número de subportadoras y es posible llegar a alcanzar más de 100 Mbps.

### **2.3 Tipos de BPL**

Existen varios tipos de sistemas BPL dependiendo del lugar de la red eléctrica donde se despliegan:

- Red BPL de acceso: Se despliega la comunicación entre el transformador de baja tensión y la red doméstica. Son una alternativa a los sistemas xDSL o ADSL, siendo estos los más usados en la actualidad.
- Red BPL doméstica: Se despliegan la comunicación utilizando la red eléctrica interior de la casa. Este tipo de red complementa a los servicios de acceso y puede competir con las redes LAN.

- Red BPL de media tensión: Es un sistema para el transporte de datos y una alternativa a los sistemas de fibra óptica.

### 2.3.1 Red BPL de Acceso

La red BPL de acceso es un sistema full dúplex punto a multipunto con los siguientes elementos (figura 11):

- Equipo de cabecera (HE): Tiene la función de router y está situado junto al transformador de baja tensión. Básicamente es un módem digital de alta velocidad y actúa como maestro en el sistema BPL. Tiene la función de asignar el uso del canal de comunicaciones entre los diversos usuarios conectados a él (hasta 256). Es propiedad de la compañía eléctrica.
- Módem BPL (CPE): Es el equipo situado en casa del abonado eléctrico. Funciona siempre como esclavo del equipo de cabecera. Los hay de tipo externo, los cuales convierten cualquier enchufe de la casa en un punto de acceso a Internet. En ese caso disponen de un puerto Ethernet o USB para conectar el ordenador. También los hay de tipo interno, los cuales están integrados en el ordenador. El módem BPL dispone de una entrada (RJ11) que permiten conectar un teléfono analógico.
- Repetidor BPL (HG): Se emplea en los casos en los que la distancia del abonado del equipo de cabecera es demasiada grande y la señal recibida es pequeña. La máxima distancia hasta el abonado, sin repetidor, es de unos 350 metros.

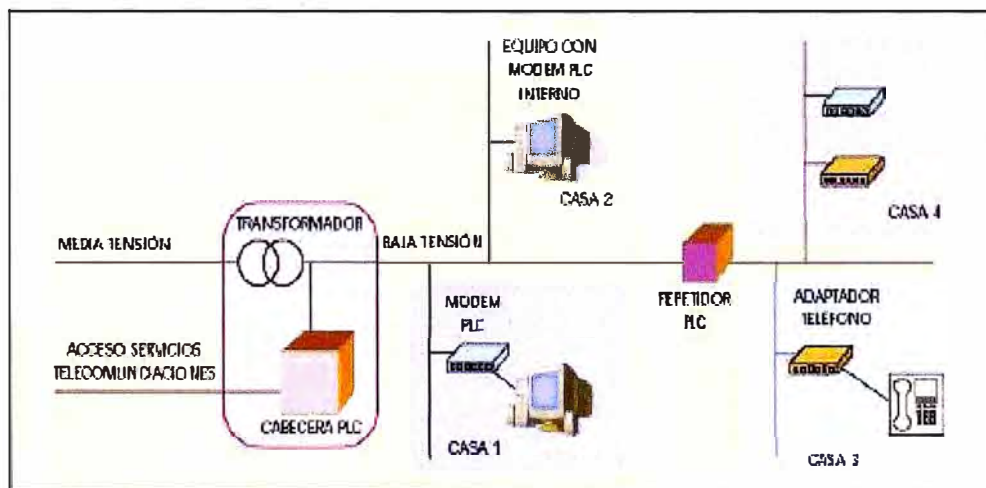


Figura 2.14 Red BPL de acceso

### 2.3.2 Red BPL Domestica

La red BPL doméstica consta de los siguientes elementos (figura 15):

- Pasarela doméstica: Realiza la función de interface entre la red exterior (BPL, xDSL, LMDS, fibra, etc.) y la red interior.

- **Módem BPL:** Realiza la función de interface entre los equipos domésticos (PC, impresora, teléfono, TV, etc.) y la red eléctrica interior.

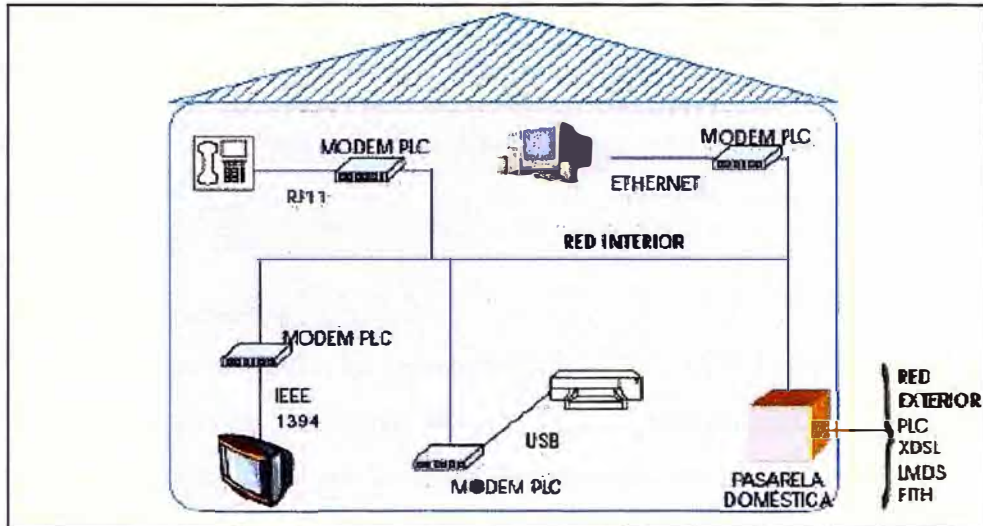


Figura 2.15 Red BPL doméstica

### 2.3.3 Red BPL de media tensión

En este caso la tecnología BPL se aplica a las líneas de media tensión como transporte de datos desde los transformadores de alta/media tensión hasta los transformadores de media/baja tensión. Esta red consta de los siguientes elementos (figura 2.16):

- **Unidad de transmisión:** Hace de interfaz entre los servicios de telecomunicaciones externos y la unidad acopladora.
- **Unidad acopladora:** Conecta la unidad de transmisión al cable de potencia.

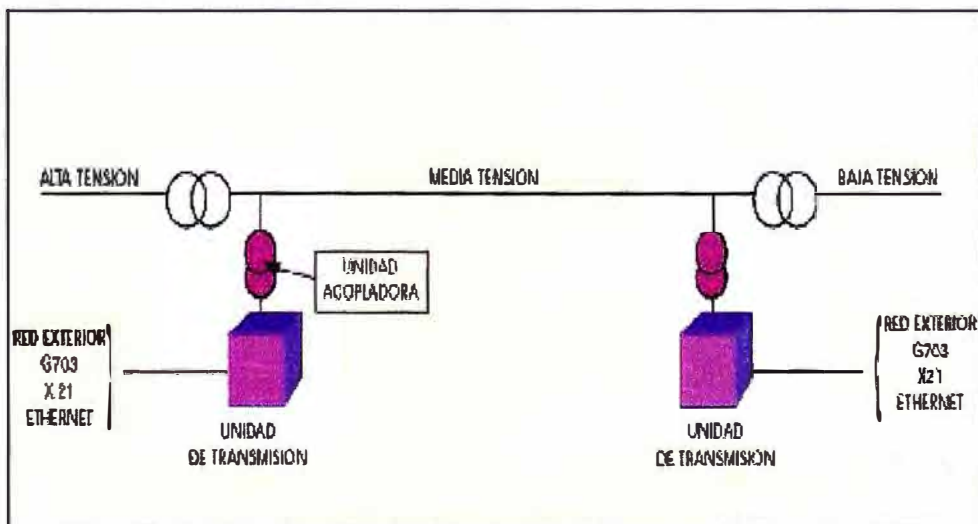


Figura 2.16 Red BPL de media tensión

## **CAPITULO III**

### **OTRAS TECNOLOGIAS DE ACCESO**

#### **3.1 Tipos de Tecnologías**

En este capítulo se presentan las características de otras tecnologías de acceso de banda ancha, incluyendo tanto las que actualmente se emplean para ofrecer servicios comerciales, como aquellas otras que, aún con un nivel de madurez insuficiente, pueden constituir la base para las futuras redes de acceso.

Agrupadas en función del soporte físico que emplean se clasifican en:

- Tecnologías sobre cable:
  - ✓ Bucle digital de abonado (xDSL)
  - ✓ Redes híbridas de fibra y cable (HFC)
  - ✓ Ethernet en la primera milla (EFM)
- Tecnologías inalámbricas:
  - ✓ Bucle inalámbrico (LMDS)
  - ✓ Redes de acceso por satélite
  - ✓ Redes locales inalámbricas (WLAN)

##### **3.1.1 Bucle digital de abonado (xDSL)**

xDSL (Digital Subscriber Line) es un término utilizado para referirse de forma global a todas las tecnologías que proveen una conexión digital sobre línea de abonado de la red de telefonía tradicional.

Este conjunto de tecnologías gracias al uso de un tipo de códigos de línea adecuados permiten la transferencia de regímenes binarios de alta velocidad sobre el par trenzado telefónico.

xDSL está 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 (central). Son tecnologías de acceso punto a punto a través de la red telefónica, que permiten un flujo de información a alta velocidad sobre el bucle de abonado.

De esta manera las tecnologías xDSL convierten las líneas analógicas convencionales, en líneas digitales de alta velocidad, con las que es posible ofrecer servicios de banda ancha, 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.

**a. Tipos de xDSL**

La familia de Tecnologías xDSL es muy amplia, existiendo múltiples variantes que permiten diferentes velocidades, distancias. El factor común de todas las tecnologías xDSL (Digital Subscriber Line) además de que funcionan sobre par trenzado, es el uso de modulaciones eficientes para alcanzar elevadas velocidades de transmisión, aunque cada una de ellas con sus propias características de distancia operativa y configuración. Las diferentes tecnologías se destacan por la relación entre la distancia alcanzada entre módems, velocidad y simetrías entre el tráfico descendente y el ascendente.

Como consecuencia de estas características, cada tipo de módem xDSL se adapta preferentemente a un tipo de aplicaciones

**ADSL**

Son las siglas de Asymmetric Digital Subscriber Line (Línea de Abonado Digital Asimétrica). Esta línea se denomina asimétrica debido a que la velocidad de bajada y de subida de datos no coincide. Normalmente, la velocidad de bajada es mayor que la de subida.

La tecnología ADSL, es la más popular y comercial de las variantes xDSL existentes en la actualidad. Es un sistema asimétrico, bidireccional, compatible con el servicio telefónico y de transmisión digital, basado en una capa de enlace ATM. Cuando fue creada los operadores establecidos de telefonía apuntaban a ADSL como la herramienta de introducción de servicios de vídeo a través del par trenzado. Todo esto llevó a que sobre los códigos de línea ADSL, la tendencia predominante fuera utilizar un transporte ATM como forma de establecer prioridades para los tráficos de tiempo real: vídeo, audio y voz; frente a los tráficos de datos, y además determinó los objetivos iniciales de capacidad (8 Mbps hacia el abonado y 640 Kbps en sentido inverso), que hacen posible la transmisión de más de un canal de TV comprimido hacia el abonado.

Una de las ventajas más notables de la tecnología ADSL es su grado de normalización y su interoperabilidad. Una característica importante de esta técnica es que comparte del espectro con la telefonía o la transmisión RDSI sobre el mismo par, permitiendo el empleo

simultáneo del par de cobre para la conversación telefónica y la transmisión de datos colocando un splitter (filtro separador de bandas) o microfiltro en la residencia del cliente. Esta capacidad es uno de los factores, además de la velocidad por supuesto, que hace esta técnica tan atractiva, ya que permite tener un acceso permanente a Internet, esto último favorecido además por el esquema de tarifa plana, sin necesidad de contratar una línea adicional, o tener que cambiar los aparatos telefónicos.

Pese a las bondades de ADSL, como estándar principal de xDSL, también es un sistema altamente limitado, por el medio en el que se implementa. Posee una gran limitación en el alcance y tipos de bucle. El objetivo de los sistemas ADSL es llegar a la mayor parte de los abonados dentro del área de servicio.

Los efectos de desarrollar las tecnologías sobre un medio pensado inicialmente para voz, desencadena gran número de problemas. Problemas a nivel físico, con empalmes de pares con distinto calibre, derivaciones sin terminar, o cables dañados producen reflexiones y reducción de la SNR de las señales. Existen además gran número de fenómenos de ruido asociados como el ruido de fondo, ruido impulsivo, interferencias EM de otras fuentes, diafonía entre pares y entre las señales bidireccionales, etc. Además la presencia de bobinas de carga en el bucle elimina la posibilidad de cualquier paliación xDSL.

Todo ello obliga a los estándares ADSL a tener que buscar todo tipo de herramientas con el fin de evitar esta problemática de transmisión.

## **HDSL**

Es el acrónimo de High bit rate Digital Subscriber Line o Línea de abonado digital de alta velocidad binaria. Ésta es una más de las tecnologías de la familia DSL, las cuales han permitido la utilización del clásico bucle de abonado telefónico, constituido por el par simétrico de cobre, para operar con tráfico de datos en forma digital.

Los módems HDSL permiten el establecimiento por un par telefónico de un circuito digital unidireccional de 1,544 Mbps (T1) ó 2,048 Mbps (E1), por lo que para la comunicación bidireccional son necesarios dos pares, uno para cada sentido.

La distancia máxima entre terminales en que se puede utilizar está entre 3 y 4 km, dependiendo del calibre y estado de los pares de cobre. Soporta flujos de hasta 2.048 Mbps. Su inconveniente es que requiere el empleo de varios pares de cobre: dos para transportar una trama T1 y tres para una E1.

Por tanto, no puede emplearse en el bucle de abonado (que sólo tiene un par), y se usa principalmente entre centrales de conmutación o estaciones base de telefonía móvil.



## **SDSL**

Son las siglas de Symmetric Digital Subscriber Line o Línea Simétrica del Suscriptor Digital. Es una versión de HDSL que utiliza tan sólo un par de cobre. Además, permite la utilización simultánea del servicio POTS (Plain Old Telephone System, es decir, la telefonía básica tradicional). Por tanto, es perfectamente utilizable en el bucle de abonado.

Su funcionamiento es simétrico, es decir, el ancho de banda asignado es el mismo en el sentido abonado-red (enlace ascendente o upstream) que en el sentido red-abonado (enlace descendente o downstream) y tiene valores de 400Kbps, 800Kbps, 1.200Kbps y 2.048Kbps.

## **VDSL**

Son las siglas de Very high bit-rate Digital Subscriber Line (DSL de muy alta tasa de transferencia). Mientras la tecnología ADSL cubre todo el bucle del cliente, la tecnología VDSL pretende cubrir, únicamente, los últimos metros de dicho bucle (como máximo 1.5 km). Esto permite, que la tasa binaria se incremente notablemente (hasta 12 Mbps en el enlace ascendente y 52 Mbps en el descendente) sobre una simple línea de par trenzado.

VDSL es capaz de soportar aplicaciones que requieren un alto ancho de banda como HDTV (televisión de alta definición).

## **ISDN**

Siglas de Red Digital de Servicios Integrados (RDSI o ISDN en inglés).

Es una red que procede por evolución de la Red Digital Integrada (RDI) y que facilita conexiones digitales extremo a extremo para proporcionar una amplia gama de servicios, tanto de voz como de otros tipos, y a la que los usuarios acceden a través de un conjunto de interfaces normalizados.

Es una red que procede de la evolución de la red telefónica existente, que al ofrecer conexiones digitales de extremo a extremo permite la integración de multitud de servicios en un único acceso, independientemente de la naturaleza de la información a transmitir y del equipo terminal que la genere.

El acceso básico consiste en dos canales B full-duplex de 64 Kbps y un canal D full duplex de 16 Kbps. Luego, la división en tramas, la sincronización, y otros bits adicionales dan una velocidad total a un punto de acceso básico de 192 Kbps ISDN es una tecnología simétrica que funciona sobre un par de hilos y posee un alcance de 5,5 kilómetros. Esta tecnología es usada generalmente para enlaces de video conferencia por su gran calidad o como enlaces de contingencia debido a su baja velocidad.

## **G.Lite**

También conocido como DSL Lite, splitterless ADSL, y ADSL Universal. Esta tecnología permite comunicaciones digitales a altas velocidades constantes sobre líneas telefónicas estándar de cobre. A pesar de que ésta se basa en la misma tecnología básica que el ADSL clásico, no requiere un splitter instalado en la línea del usuario. El usuario simplemente tiene que conectar el módem G.Lite.

A diferencia del ADSL común, el G.lite funciona con DLC (Digital Loop Carrier - la infraestructura del loop local que conecta los usuarios ubicados a más de 5.5 km de la oficina central), que abre la tecnología a una audiencia más amplia.

La desventaja de G.lite es que mientras que ADSL estándar provee velocidades de bajada de hasta 8 Mbps y de subida de 1.5 Mbps, el G.lite está limitado a 1.5 Mbps de bajada y 512 Kbps de subida.

## **RADSL**

Siglas de Rate Adaptive Digital Subscriber Line o Línea de Abonado Digital de Tasa Adaptable, es una tecnología de ADSL que al utilizar la modulación DMT (característica también de ADSL) puede adaptarse a cambios en las condiciones de la línea y ajustar las velocidades por separado para maximizar el rendimiento de cada línea individual.

### **b. Arquitectura, estructura y elementos de red**

Son muchas las tecnologías de acceso xDSL disponibles en la actualidad, pero por encima de todas ellas destaca la tecnología ADSL, por ser esta la de mayor éxito en el mercado actual, se detalla a continuación sus características principales. Y a partir de estas se desarrollaran algunos detalles referentes al resto de tecnologías xDSL, mostradas anteriormente.

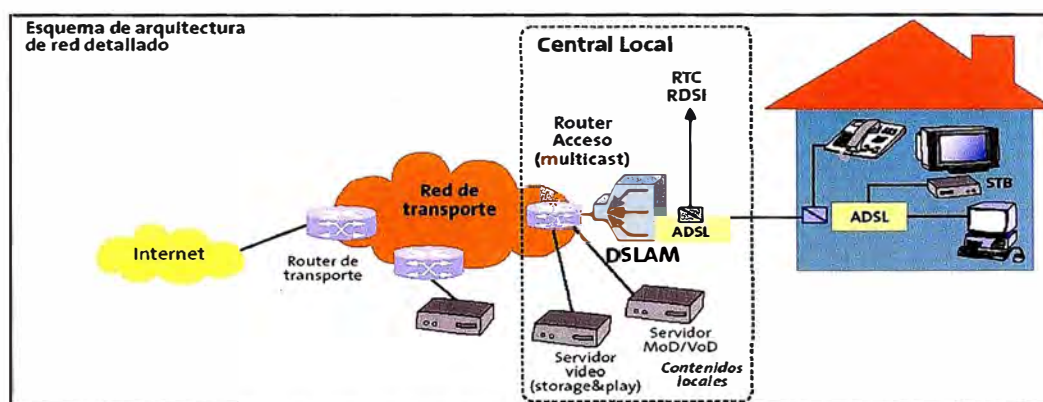
### **Arquitectura de Red**

El común denominador de todas las tecnologías xDSL, entre ellas el ADSL, es que funcionan sobre el bucle de abonado local. Como consecuencia de ello las redes de acceso xDSL se han visto impulsadas por las operadoras clásicas de telefonía, como tecnología que permitiera el acceso al servicio de banda ancha sobre los pares de cobre, que daban servicio a la telefonía.

Esta tecnología se basa fundamentalmente en la utilización por parte de las compañías proveedoras del par trenzado que llega hasta cada teléfono. Gracias a esto la tecnología no requiere de la implantación de ninguna red, o coste alguno, exceptuando los equipos que se encargan de transmitir y adaptar la información que va a ser envía desde el origen.

El par trenzado usado consiste dos pares de cobre aislados, trenzados entre sí para protegerlos de radiaciones y envueltos en una protección de plástico. Además este medio de transmisión tiene la ventaja de ser un medio muy flexible y de coste relativamente bajo para la transmisión de voz y datos. Sin embargo, presenta el inconveniente de que ofrece un ancho de banda bastante limitado. De esta forma, las diferentes tecnologías xDSL se caracterizan por la relación entre las distancias alcanzadas entre módems, velocidad, y simetrías entre el tráfico ascendente y descendente. De esta forma cada módem xDSL se adapta a un tipo diferente de aplicación.

La arquitectura fundamental de las tecnologías xDSL, y en particular de ADSL, se basa en la existencia de una pareja de módems situados a ambos extremos del par de cobre. Las diversas modulaciones empleadas no pueden transportarse a gran distancia ni sobre cualquier categoría de cable ni tampoco la señal proveniente del enlace ascendente puede atravesar los equipos de conmutación de circuitos de la RTB, por lo tanto estos enlaces de datos solo pueden establecerse entre el usuario y la central.



**Figura 3.1** Arquitectura completa operador ADSL.

Las arquitecturas de las redes xDSL, y ADSL, son configuraciones de enlace punto a punto, desde el cliente del servicio y la central de conmutación más cercana. Esto hace que los enlaces desde y hasta los usuarios sean dedicados y no compartidos por más de un usuario. Esta es sin duda una de las características más destacadas, ya que el resto de las tecnologías (HFC, LMDS, WLAN, Satélite) son medios netamente compartidos por los usuarios del servicio. A partir de la central, generalmente la arquitectura de los sistemas ADSL se basa en redes de transmisión y multiplexación ATM, y en redes de datos basadas en IP. De esta manera, la transmisión es transparente para los usuarios, ya que desde la central es función del operador como se da salida a los datos.

Las centrales que soportan esas tecnologías deben disponer de los equipos de agregación de la parte reservada a la red (bucles de abonado), para combinar el tráfico de

datos de cada uno de los usuarios, y que este se pueda redirigir hacia la red troncal. Los equipos destinados a este fin se denominan DSLAM (DSL Access Multiplexer) y terminan el enlace físico que soporta las modulaciones de ADSL. Así los flujos bidireccionales de datos correspondientes a cada par de cobre, se inyectan hacia el troncal, en norma general, sobre una jerarquía de conmutación de paquetes ATM.

### Estructura de Red y Elementos de Red

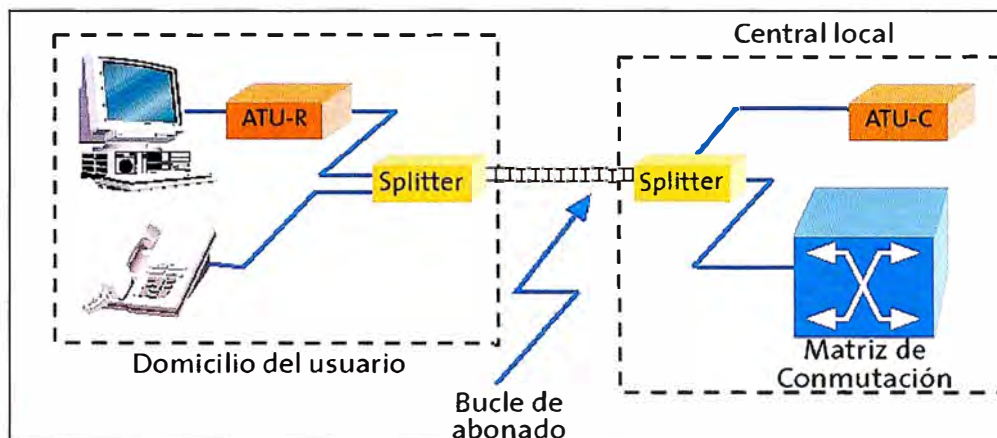


Figura 3.2 Arquitectura ADSL.

Los elementos de la red ADSL de acceso, que intervienen en la comunicación son los siguientes:

- **Módem ADSL o ATU-C (ADSL Terminal Unit Central).** Módem ADSL, que reside en el nodo de acceso y cuya función principal es la de modular la información digital para así, adaptarla bucle de abonado.
- **Microfiltros o Splitters.** Ambos se encargan de separar la voz de los datos transmitidos, de manera que la voz vaya desde el teléfono de abonado hasta la PSTN (Red Telefónica Conmutada Pública) y los datos desde el equipo terminal hasta la red de acceso al servicio.
- **Bucle.** Por el que se envían las señales de voz y datos. La modulación evita que interfieran las bandas de ambos.
- **ATU-R (ADSL Terminal Unit Remote).** Módem ADSL que reside en las dependencias del abonado. Convierte la información digital de la red de usuario en celdas ATM y la modula para que pueda enviarse por el bucle de abonado. En algunos casos, también puede hacer funciones de encaminamiento de red de usuario. Los DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer) se ubican en la central remota y son un banco de módems encargados de recibir la información proveniente de las ATU-C, decodificarla y multiplexarla digitalmente, para poder a

continuación transportarla al destino deseado,. multiplexor digital DSL, conocido como DSLAM.

### **c. Ventajas y Desventajas**

#### **Ventajas**

Las principales ventajas tecnológicas principales asociadas a las tecnologías xDSL son las siguientes:

- La infraestructura ya está disponible, pues se utiliza los pares de cobre, que dan servicio a la telefonía. Además no se requiere trabajos de ingeniería civil para colocar nuevos cables, o necesidad de permisos de obra. Esto redundará en una reducción de costes y de los tiempos de respuesta para ofrecer el servicio.
- Proporciona accesos de alta velocidad. Esto posibilita que se ofrezcan servicios como videoconferencia o difusión de vídeo, así como aplicaciones de multimedia a interconexiones LAN, WLAN, o acceso a Internet. Pese a ello algunas de estas aplicaciones tienen restricciones en cuanto a la velocidad operativa de la línea.
- Conexión ininterrumpida. Los usuarios pueden descargar gran cantidad de información al tener un ancho de banda dedicado en el enlace.
- Red de Acceso doméstica y personal. Dada la enorme capilaridad de esta red de acceso, que presenta topología de red en estrella, dotan al enlace de mayor seguridad y privacidad. Por lo que esta tecnología es muy adecuada para ofrecer servicios de datos al mercado doméstico.
- Flexibilidad. Antes del desarrollo de la tecnología xDSL, aquellos quienes querían utilizar Internet sin ocupar su línea debían adherir otra más; lo que en realidad tenía un costo bastante elevado. Utilizando la tecnología xDSL, los usuarios pueden utilizar la misma línea para recibir y hacer llamadas telefónicas mientras estén conectado a Internet y transfiriendo o recibiendo datos. Una de las mayores ventajas de ADSL sobre los módem analógicos, RDSI y HDSL reside en su capacidad para proporcionar soporte de servicio telefónico sin impacto alguno en la capacidad de procesamiento de datos. La razón es que ADSL utiliza tecnología de división de frecuencia, permitiendo separar los canales telefónicos de los otros dos canales. RDSI y HDSL sin embargo aunque pueden efectuar conexiones telefónicas, lo hacen consumiendo 64 Kbps de ancho de banda.

- Totalmente digital. xDSL convierte las líneas telefónicas analógicas en digitales adhiriendo un dispositivo denominado splitter, y un módem del tipo xDSL. De ese modo la línea permite la convivencia de ambos servicios.
- Conectividad a bajo coste. Al no ocupar la línea, la conexión es permanente y es posible asignar direcciones IP fijas, lo cual permite que la tarifa no sea por tiempo sino una cuota fija.
- Seguridad. Como consecuencia de que a cada cliente le llega un par trenzado, entre la central y el abonado se crea un acceso dedicado, no compartido, donde la seguridad es mayor que en un medio compartido donde las transmisiones requieren de algún algoritmo que garantice la confidencialidad de los datos.

### **Desventajas:**

Los principales inconvenientes tecnológicos asociados a las tecnologías de acceso vía xDSL son los siguientes:

- Incompatibilidades. El sistema no es compatible con líneas con servicios especiales, como son RDSI, hilo musical, servicio TRAC, líneas backup, circuitos alquilados, grupos centrex, centralitas, etc. Ello dificulta la instalación de la tecnología al tener que llevar a cabo reformas del equipamiento anterior.
- Diferencias en cuanto a ancho de banda, atenuación, distancia o calibre del par trenzado utilizado, para cada tecnología xDSL, que evitan el despliegue de ADSL y sus tecnologías análogas hasta los clientes cuando la red no es la adecuada.
- Estado del bucle de abonado. Presenta algunos problemas, como rampas multipladas, calibres heterogéneos, empalmes, destrenzado en los últimos metros, existencias de bobinas de carga, etc. que impiden el despliegue de estas tecnologías por problemas de pérdidas o imposibilidad de uso del ancho de banda del par.
- El Ruido. Las interferencias degradan altamente la calidad de las señales que se intercambian entre la central y el módem, produciendo una reducción de la tasa binaria al aumentar el BER (Bit Error Rate). En condiciones de ruido y exceso de interferencias en la línea telefónica, quizás no es posible desplegar ADSL. En ocasiones los cables de pares son más sensibles al ruido e interferencia, incluso que los cables coaxiales.
- Diafonía en cables múltiparas. Los pares trenzados que viajan agrupados en un mismo cable, pueden interferir electromagnéticamente unos con otros, de manera que se distorsionen las señales que se transportan.

- Problema de la longitud del bucle. En las tecnologías xDSL, el régimen binario máximo obtenible disminuye cuando la longitud del bucle de abonado aumenta. Así, tecnologías como VDSL, que permiten regímenes binarios muy elevados, precisan que el bucle de abonado tenga 300 m como máximo. Podemos decir que para utilizar xDSL, se debe estar a menos de 5500 metros aproximadamente de la central telefónica, ya que a una distancia mayor no se puede disfrutar de la gran velocidad que provee el servicio. Después de los 2400 metros la velocidad comienza a disminuir, aunque pese a ello en este tipo de tecnologías la conexión es más veloz que mediante un módem y una línea telefónica.
- Dimensionamiento. Debemos considerar que los operadores que ofrecen servicio, incorpora una función de multiplexación ATM, así las características del acceso a Internet de alta velocidad ofrecidas, permite obtener ganancia estadística mediante sobre suscripción, es decir, la suma de los tráficos medios ofrecidos a los abonados es superior al tráfico que se suele ofrecer hacia la red. Así los usuarios de ADSL deben competir por el ancho de banda, y de esta manera los operadores pueden contratar más líneas ADSL. Existe pues la posibilidad, de que el servicio contratado no sea ofrecido por el operador, al saturarse la red.

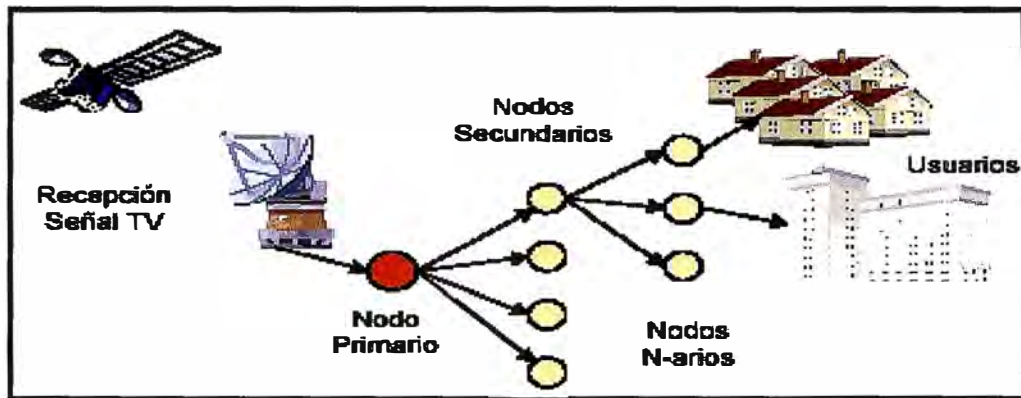
### **3.1.2 Redes híbridas de fibra y cable (HFC)**

Las redes HFC, son redes de acceso cableadas terrestres, basados en sistemas híbridos que combinan fibra óptica y cable coaxial. El primero es usado para el transporte de los contenidos y el coaxial para el cableado de acometida hasta los usuarios.

El origen de las actuales redes HFC se remonta a los años 60 en los EEUU, cuando se desarrollaron las redes CATV (Community Antenna TeleVision o también denominadas Cable TeleVision). Estas redes, se empleaban para la transmisión de señales de TV analógica, usando como soporte de transmisión el cable coaxial, permitiendo poder tener varios canales de televisión de manera simultánea y a mejor calidad que la transmisión terrestre de TV, debido al ancho de banda del coaxial.

Las redes CATV poseen una topología de árbol, en donde a partir de un nodo de cabecera, se recopilan todos los canales a transmitir a través de la red. El origen de estos puede ser vía satélite, TAT (Televisión Analógica Terrestre) o TDT (Televisión Digital Terrestre), transmisiones terrenales de microondas, o redes de distribución de fibra óptica. Desde la cabecera surge el trocal de la red encargado del transporte de los contenidos hacia la red de distribución de cada zona. La red de distribución se encarga del transporte de los

contenidos desde la cabecera hasta los puntos de distribución o acometida donde se conectan los abonados de la red.



**Figura 3.3** Estructura básica de una red CATV

Las redes CATV fueron pensadas para el transporte y distribución de señales analógicas de TV, pero en la actualidad estas redes han evolucionado hacia sistemas integrados que permiten soportar señales de voz, datos e imagen, bajo grandes requerimientos de ancho de banda y calidad. Esto se ha conseguido gracias a la introducción de la fibra óptica en el troncal de la red de cable, permitiendo gracias a su alta capacidad de transmisión, la posibilidad de servicios interactivos, servicios que precisan de una red donde la comunicación sea bidireccional y no solo en el sentido del usuario final. Así las redes han dejado de ser redes difusión y pasando a ser sistemas globales. Esta evolución de la tecnología ha permitido que el ámbito de las redes CATV se extienda a áreas metropolitanas MAN, cada vez más extensas e interconectadas.

Inicialmente las redes CATV basaban la arquitectura de su red en dos elementos, el cable coaxial y los amplificadores de banda ancha. Estas redes al estar configuradas sobre coaxial no tienen problemas de interferencia cocanal entre las señales de TV, pero como contrapartida poseen la limitación de la alta atenuación del coaxial a alta frecuencia. Esto hecho, limita las distancias máximas de la red, ya que el ruido introducido eliminaría la señal si no existe un proceso de amplificación previo que garantice un nivel de SNR adecuado. La recepción puede ser directa, si el Televisor puede discriminar entre los canales del cable, o requerir de un receptor externo STB (Set-Top-Box) que retransmite el canal elegido hacia el aparato de televisión.

### **3.1.3 Redes locales inalámbricas (WLAN)**

Una WLAN (Wireless Local Area Networks) es un sistema de comunicaciones de datos que transmite y recibe datos utilizando ondas electromagnéticas en lugar del par trenzado, coaxial o fibra óptica utilizado en las LAN convencionales, y que proporciona



conectividad inalámbrica de igual a igual (peer to peer), dentro de un edificio o en un área de cobertura.

Las WLAN pueden utilizarse de dos formas:

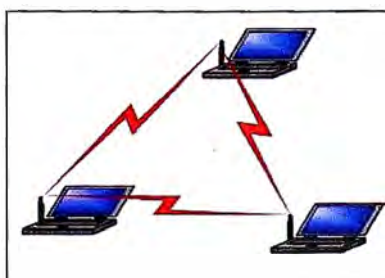
- Para establecer redes ad-hoc, esto es, redes cerradas donde un grupo de terminales próximos se comunican entre sí sin acceso a redes externas, por ejemplo un grupo de usuarios en una sala de reuniones.
- Como redes de acceso inalámbricas donde los terminales se comunican con un punto de acceso a través del cual pueden acceder a redes externas. Por ejemplo acceso a Internet desde un aeropuerto donde existe WLAN

#### a. **Arquitectura**

Las configuraciones o arquitecturas de red que pueden generarse con las WLAN, son diversas debido a que los estándares HiperLAN e IEEE802.11, son capaces de soportar diferentes configuraciones en función de cómo sean los equipos y requerimientos de cada sistema. Así la complejidad, la capacidad y la exigencia del servicio determinan el tipo de arquitectura a tomar. Las configuraciones típicas son de dos clases:

##### **Peer to peer o redes ad-hoc:**

La configuración de red más básica de una WLAN es la llamada de igual a igual o ad-hoc. Esta consiste en una red de dos o más terminales móviles equipados con la correspondiente tarjeta de red inalámbrica, de forma que la comunicación se establece entre los nodos, comunicándose directamente entre sí. Para que la comunicación entre estaciones sea posible hace falta que se vean mutuamente de manera directa, es decir, que cada una de ellas esté en el rango de cobertura radioeléctrica de la otra. Las redes de tipo ad-hoc son muy sencillas de implementar y no requieren ningún tipo de gestión administrativa. La coordinación se da de forma distribuida, ya que son las estaciones las encargadas de la gestión de la comunicación. Es una configuración muy flexible, pero requiere un número no elevado de terminales y gran control de potencia que evite alta interferencia.



**Figura 3.4** Conexión Ad-hoc

### Modo infraestructura:

Para aumentar el alcance de una red del tipo adhoc hace falta la instalación de un punto de acceso (Access Point o conocido como AP). Con este nuevo elemento doblamos el alcance de la red inalámbrica (ahora la distancia máxima permitida no es entre estaciones, sino entre cada estación y el punto de acceso). Además, los puntos de acceso se pueden conectar a otras redes, y en particular a una red fija, con lo cual un usuario puede tener acceso desde su terminal móvil a otros recursos de la red cableada, esta disposición se denomina cableada. Para dar cobertura en una zona determinada habrá que instalar varios puntos de acceso, con antenas omnidireccionales, para así poder cubrir la superficie necesaria con las celdas de cobertura que proporciona cada punto de acceso y ligeramente solapadas para permitir el paso de una celda a otra sin perder la comunicación (roaming). Podemos diferenciar dos partes en el modo infraestructura: BSS (Basic Service Set) y ESS (Extended Service Set).

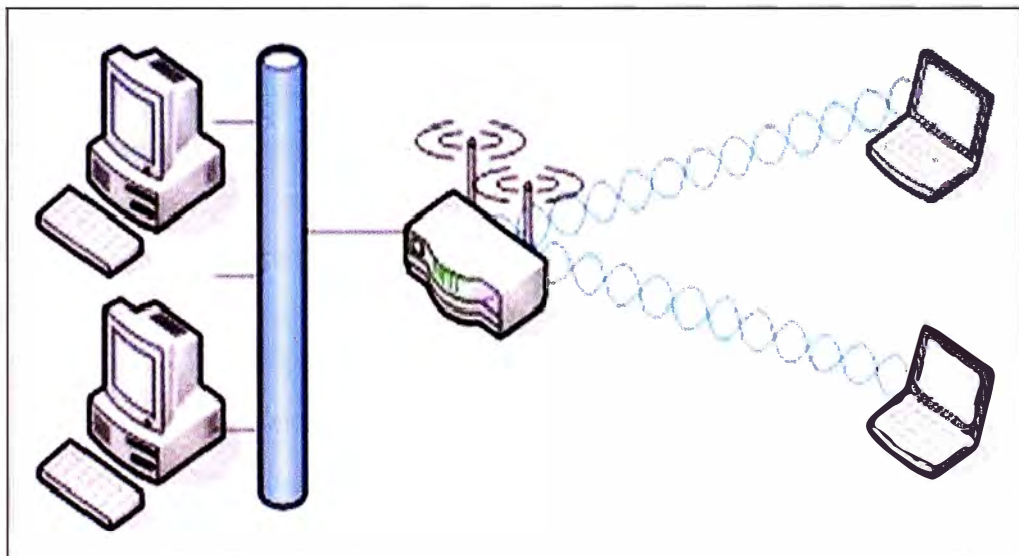


Figura 3.4 Modo infraestructura

#### b. Estructura

Las redes WLAN se integran en las redes privadas igual que las redes locales convencionales. Generalmente los puntos de acceso de la WLAN se conectan a un hub Ethernet y de éste a un router IP, o directamente a un equipo que integre ambas funcionalidades. Existiendo diferentes estructuras según sea la aplicación: Prestación de servicios en un hotspot, servicios móviles, redes empresariales.

#### c. Elementos de Red

Los elementos fundamentales de las redes WLAN, basándonos en las posibles arquitecturas y estructuras de red descritas anteriormente son:

- **Antena.** Se pone en el PC para permitir la recepción y transmisión de los datos en la red del PC.
- **Tarjeta inalámbrica.** La Tarjeta realiza las funciones de las tarjetas de red Ethernet, adaptando las tramas Ethernet que genera el PC, a las tramas del estándar inalámbrico y viceversa, posibilitando la transmisión transparente de la información. En muchas ocasiones estas integran la antena en la tarjeta. Son usados por los AP y por los portátiles.
- **Puntos de acceso (AP).** Actúa como puente con dos tipos de interfaces, el inalámbrico hacia los nodos inalámbricos y el cableado hacia la red troncal (Ethernet). El AP es el encargado de coordinar la comunicación entre los entre nodos inalámbricos que están conectados a él. Además posee funcionalidades para la asignación de recursos, mediante el uso de tramas sonda, asignando un canal a las estaciones que se asocian al AP. Los AP deben además proporcionar autenticación y confidencialidad pues dan paso a la red cableada.
- **Controlador de acceso (AC).** El AC es un router IP que se encarga de asignar las direcciones IP a los terminales de la WLAN, mantener una lista de direcciones de los terminales correctamente autenticados y filtrar el tráfico, descartando los paquetes de terminales no autenticados. A su vez, los controladores de acceso se conectan a un elemento central encargado de la gestión de servicios. Así cumplen la función de ser pasarela a las redes IP externa permitiendo la conexión a Internet y a las aplicaciones que esta soporte.
- **Distribution system (DS).** Es la parte cableada de la red inalámbrica. Generalmente es una red Ethernet de la que cuelgan los AP y que esta acabada en un AC, que gestiona la red. Pueden existir otro tipo de configuraciones del DS, ya que no hay un estándar que lo fije, quedando abierto a soluciones propietarias y particulares.
- **Software de Administración (SA).** Sirve para el monitoreo, control y gestión de los componentes involucrados en un ambiente inalámbrico, la cual se podrá ingresar de forma local o remoto.

#### 3.1.4 Comparación entre Tecnologías de Acceso

A continuación se presentan una comparativa de los diferentes sistemas de acceso descritos anteriormente en cuanto a tecnología, topología, medio físico, alcance y equipo necesario.

Tabla N° 3.1 Tabla de comparación entre tecnologías de acceso de banda ancha

Red	Tecnología	Medio Físico	Topología	Terminales	Alcance	Equipo necesario
Bucle digital de abonado (xDSL)	Sobre cable	Par telefónico	Punto a punto	Fijos	300 m - 6 km	Módem xDSL y splitter
Redes híbridas de fibra y cable (HFC)	Sobre cable	Fibra y coaxial	Multipunto	Fijos	40 km	Cable Módem, fibra
Ethernet en la primera milla (EFM)	Sobre cable	Par telefónico o fibra	Punto a punto o multipunto (PON)	Fijos	750 m - 2.7 km (sobre par telefónico)	Conmutadores Ethernet
Power Line Communication (PLC)	Sobre cable	Red eléctrica (segmento de baja tensión)	Punto a Multipunto	Fijos	200 m	Cabezera PLC (HE), repetidor PLC (HG) y un módem PLC (CPE)
Bucle inalámbrico (LMDS)	Inalámbricas	Radio, 3.5GHz, 26 GHz y superiores	Multipunto	Fijos	Visión directa 3 km (26 GHz) 8 km (3.5 GHz)	Antenas, transmisores y receptores de RF, equipo terminales IDU y adaptadores
Redes de acceso por satélite	Inalámbricas	Radio, 11 a 14 GHz (Ku), 20 a 30 GHz (Ka)	Multipunto	Fijos (móviles a pocos kbits/s)	Visión directa	Satélite, antena, transpondedor, amplificador de potencia
Redes locales inalámbricas (WLAN)	Inalámbricas	Radio, 2.4 GHz	Multipunto	Móviles	50m - 150m	Antena, tarjeta adaptadora inalámbrica, punto de acceso, controlador de acceso

## **CAPITULO IV**

### **VENTAJAS Y DESVENTAJAS DE LA TECNOLOGIA BPL**

#### **4.1 Ventajas de BPL**

Los beneficios que tiene esta tecnología son múltiples. Las empresas proveedoras de electricidad podrían ingresar fuertemente al ámbito de las telecomunicaciones y, lo que es mejor, sin incrementar sus costos pues la conexión es posible hacerla desde cualquier enchufe disponible.

Una ventaja importante de este descubrimiento se podría traducir en un salto cuantitativo para el desarrollo de las comunicaciones en países del tercer mundo, si tomamos en cuenta que la inversión es reducida debido a que las redes de transmisión ya existen en todos los países de nuestro continente.

En cualquier caso, las posibilidades de interconectar a las personas y a los países mediante el tendido eléctrico harían accesibles muchos servicios como Internet, y lo transformaría en un medio masivo, ampliando el número de potenciales.

En primer lugar, hay que tener en cuenta que en todos los hogares y oficinas hay enchufes, con lo que no es necesario realizar incómodas obras ni molestos cableados para obtener el servicio ya que BPL utiliza los cables que ya están instalados, lo que hace posible conectarse a Internet o hablar por teléfono desde cualquier enchufe. En lo que respecta a la conexión a Internet se obtienen velocidades vertiginosas. Carece de las limitaciones del ADSL o del cable y, al ser la red eléctrica la más extendida del planeta, puede llegar a pueblos o localidades que otras tecnologías no pueden abastecer, ya que es económicamente rentable.

Resumiendo, las ventajas que ofrece BPL son las siguientes:

- Despliegue sencillo y rápido. El despliegue de la tecnología BPL es muy rápido y sencillo, porque utiliza infraestructura ya instalada (los cables eléctricos).
- Servicio BPL desde diferentes habitaciones. La tecnología BPL permite conectarse a Internet y/o hablar por teléfono desde los enchufes eléctricos, ofreciendo la posibilidad de navegar y/o hablar de diferentes habitaciones de la casa u oficina.

- Hablar y navegar al mismo tiempo. La tecnología BPL permite la transmisión simultánea de voz y datos (se puede navegar por Internet y hablar por teléfono al mismo tiempo).
- Alta velocidad. Conexión a Internet a alta velocidad.
- Instalación simple y rápida. Instalación simple y rápida en casa del cliente (solo es necesario conectar un módem BPL), y no requiere obras ni cableado. Con un solo repetidor se provee de conexión hasta 256 hogares.
- Multitud de nuevos servicios. Puede suministrar múltiples servicios con la misma plataforma tecnológica IP (un solo módem permite el acceso a Internet a alta velocidad y telefonía, así como diversos servicios a distancia como demótica, TV interactiva, Teleseguridad, etc.).
- Conexión permanente. Proporciona una conexión a Internet permanente (las 24 horas del día) y sin interrupciones.
- Red local. Los enchufes eléctricos son suficientes para disponer de una red local en la vivienda u oficina.

Con todo esto, las mayores ventajas de Power Line apuntan a su disponibilidad mundial, efectividad del costo y facilidad de instalación. A la vez, la conveniencia de conectar cualquier dispositivo a través de un enchufe de corriente permite navegar, bajar videos, transmitir datos y hablar por teléfono.

#### **4.2 Desventajas de BPL**

La tecnología BPL aún ha de enfrentarse a una serie de problemas que es necesario resolver. La primera desventaja que debe superar es el propio estado de las líneas eléctricas. Si las redes están deterioradas, los cables se encuentran en mal estado o tienen empalmes mal hechos no es posible utilizar esta tecnología. La distancia también puede ser una limitación, la medida óptima de transmisión es de 150 metros por lo que, a mayores distancias, se hace necesario instalar repetidores (HG).

Además, 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 descifrado. No obstante, la radiación que produce es mínima, la potencia de emisión es de 1mW, muy por debajo de los 2W de telefonía móvil.

Los fabricantes de electrodomésticos tienen un especial cuidado en todo lo referente a su correcto funcionamiento, pero muy pocos se preocupan en que no generen interferencias en otros equipos. Así, taladros, motores, etc., provocan ruido en las líneas que impide mantener la calidad de la comunicación. Para evitarlo, es necesario localizar los equipos que los causan y aislarlos mediante un filtro.

Todo lo anterior se ha traducido en problemas regulatorios en distintos países, lo que lleva a pensar en una solución que permita la implementación sin problemas de esta tecnología.

## CAPITULO V

### ANALISIS ECONOMICO

En el presente capitulo se realizara un análisis económico para la implementación de la tecnología BPL.

#### 5.1 Costo

El costo de la implementación de esta tecnología depende los servicios que se desean brindar, la cantidad de usuarios y la disponibilidad del equipo en el mercado, esto implica que el costo variará en todos los casos.

En general para la implementación de dicha tecnología se necesita del siguiente equipo:

- Head End (HE)
- Home Gateway (HG)
- Customer Premises Equipment (CPE)

Y los precios estimados de este equipo se muestran en la siguiente tabla:

**Tabla 4.1** Costo del equipo BPL.

Equipo	Costo (\$)
Head End (HE)	\$ 800
Home Gateway (HG)	\$ 800
Customer Premises Equipment (CPE)	\$50 - \$100 (dependiendo del modelo)

El costo de equipo para la implementación de esta tecnología oscila entre \$1650 y \$1700.

Sin embargo cabe mencionar que el Head End (HE) y el Home Gateway (HG) son generalmente propiedad de la empresa eléctrica puesto que van conectados al transformador de baja tensión.

En promedio un transformador de baja tensión soporto generalmente de 10 a 15 usuarios por lo que al momento de dicha implementación la empresa eléctrica debe dividir inicialmente los gastos del Head End (HE) y el Home Gateway (HG) entre los usuarios



potenciales de cada transformador y determinar así la tarifa para recuperar la inversión inicial. Sin embargo estudios realizados demuestran que esta tecnología puede competir con las que actualmente existen en Perú.

## **5.2 Beneficio**

La ventaja principal de una red BPL sobre todas las demás que posee, es el de poder llegar a todos los hogares a través de la red eléctrica.

Dado que la infraestructura eléctrica llega a la mayor parte de las regiones, los costos de enlaces de última milla, se ven reducidos notablemente, debido a que no hay necesidad de realizar nuevos tendidos de cable, ni se necesita de obra civil para implementar esta tecnología.

A manera de comparación; construir un enlace de última milla vía BPL, con todo el equipo necesario, y otro de vía fibra óptica, el enlace BPL es aproximadamente el 75% más barato que el de fibra, alcanzando el enlace una distancia máxima de 3 km.

Lo anterior permite ver a las empresas distribuidoras de energía eléctrica, como posibles operadores de telecomunicaciones capaces de poder ofrecer en cualquier momento a cualquier usuario, servicios de telecomunicaciones.

Además de los servicios que puede ofrecer la empresa eléctrica obtiene beneficios propios, como: poder interconectar sus distintas subestaciones o centros de transformación, tener telecontrol y teled medida tanto de sus medidores de energía en las subestaciones, como en los medidores de sus usuarios.

Mientras que a nivel de usuario se puede tener una LAN en el hogar sin necesidad de cableado nuevo, automatización del hogar (Domótica) interconectando electrodomésticos u otros aparatos que posean una dirección IP, a través de la red de baja tensión e interconexión a redes públicas de telecomunicación.

Sin embargo, aún y cuando la empresa distribuidora de energía decidiera incursionar en el campo de las telecomunicaciones, debe primero construir una red troncal para transporte de datos que soporte todos los servicios mencionados en el capítulo 2.

## **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **Conclusiones**

1. Con el uso de la tecnología BPL se cubre el problema de acceso a las telecomunicaciones que existe actualmente a nivel nacional, sobre todo para zonas rurales.
2. Costos de implementación utilizando de la tecnología BPL son competitivos respecto a las tecnologías tradicionales..
3. Tiempos de implementación utilizando de la tecnología BPL son cortos, ya que opera sobre el cableado eléctrico existente.
4. Con el uso de la tecnología BPL se cubre el problema de red LAN para zonas rurales, en donde para cada punto de corriente se comporta como un punto de datos, comportándose el cableado eléctrico interno tradicional como una red LAN.
5. Con el uso de la tecnología BPL permitirán a las compañías eléctricas ofrecer un valor agregado sobre sus servicios tradicionales, en beneficio del usuario final, como Internet, Telefonía, etc.
6. Con la salida del estándar IEEE 1901 publicado a principios del 2011, se pretende masificar el desarrollo e implementación de esta tecnología, de tal forma que pueda llegar a ser utilizada a la par con otras tecnologías de acceso o de forma híbrida con otras tecnologías, para atender zonas rurales o remotas que carezcan de medios de comunicación, teniendo en cuenta que uno de los más grandes proyectos de infraestructura y tecnológica del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es la Promoción de la Banda Ancha y la construcción de la Red Dorsal de Fibra Óptica.

### **Recomendaciones**

1. Se recomienda tomar en cuenta el estado de las líneas eléctricas tanto en la red de acceso como domiciliaria (corrosión, varios empalmes o extremado número de derivaciones) ya que esto genera reflexiones y atenuaciones que disminuyen significativamente la calidad de la señal de datos transmitidas.

2. Para asegurar el rendimiento de la red BPL es necesario la instalación de un filtro en cada vivienda evitando que el ruido producido por los electrodomésticos perturbe la señal transmitida.
3. Se recomienda al momento de analizar una red eléctrica para la implementación de BPL se debe considerar que la red más óptima es aquella que cuente con transformadores que alimenten la mayor cantidad de usuarios. Esto se traduce en un ahorro económico en lo que respecta a la adquisición de equipos BPL como acopladores y MVGateway.
4. Se recomienda definir una estrategia de desarrollo comercial que permita una evolución exitosa de la tecnología, buscando la viabilidad técnica y la rentabilidad económica, por ejemplo se puede combinar BPL con otras tecnologías como Ethernet IP o microondas, de manera que se pueda abaratar los costos y al mismo tiempo crear un modelo combinado que permita competir con tecnologías maduras y estandarizadas como el ADSL.

## BIBLIOGRAFIA

- [1] Dostert, Klaus. Powerline Communications. Estados Unidos: Editorial Prentice Hall, 2001. 338 pp
- [2] Taub, Herbert y Donald L., Schilling. Principles of Communications Systems. 2a ed. Singapore: Editorial McGraw-Hill, 1986. 759 pp
- [3] Powerline Carrier (PLC) Communication System.  
[http://www.it.kth.se/iw01\\_zkh](http://www.it.kth.se/iw01_zkh)
- [4] Historia, Sociedad, Tecnología y Crecimiento de la Red.  
<http://www.tdx.cesca.es/TDX-1104104-101718>
- [5] PAEZ, E.B. (2006). Estudio de factibilidad para la aplicación de la Tecnología “Broadband Over Power Line” (BPL). Recuperado 12 de enero del 2011.
- [6] Plan Nacional de Banda Ancha en el Perú 2011 – 2016 (Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones)