

## Índice

1- Introducción.....	2
2- Fundamentos del PLC.....	3
2.1- La Red Eléctrica.....	3
2.2- Orígenes del PLC.....	4
3- Características del Canal.....	7
4-Técnicas de Modulación OFDM.....	8
5- Estructura y Elementos del PLC.....	10
6-Ventajas y Desventajas.....	13
7-Normalización.....	14
8-Servicios de la Infraestructura PLC.....	15
9-Prestaciones.....	17
10-Madurez de la Tecnología y del Mercado.....	18
11- Situación Actual y Perspectivas.....	18
12- La Experiencia de Red.es.....	20
11.1- Descripción de los Pilotos.....	21
11.2- Proceso de Instalación.....	22
11.3- Resultados.....	23
13- Conclusiones.....	24
14- Bibliografía.....	25

## 1.- Introducción

PLC (Power Line Communication) es una tecnología que permite ofrecer servicios de comunicaciones de banda ancha a través de la red eléctrica. Aunque no es tan reciente como puede suponerse, PLC ha sido objeto de gran atención en los últimos años, y el hecho de que en la actualidad se estén desarrollando pruebas y despliegues mas o menos extensos en cerca de ochenta países es un síntoma claro de su potencial y del interés que despierta.

La idea esencial del PLC consiste en utilizar la línea eléctrica para la transmisión de datos, de forma que se puedan ofrecer servicios de telecomunicación basados en tecnología IP (Internet Protocol). La ventaja de este enfoque es importante, al plantear la utilización de una infraestructura ya existente y de muy extensa cobertura, como es la red eléctrica, para la prestación de servicios de telecomunicaciones.

Existe cierta similitud con el caso de las tecnologías ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Loop), y en general xDSL, las cuales aprovechan el par de cobre, inicialmente ideado para prestar el servicio de telefonía básica en banda vocal, como medio de transporte de Internet de alta velocidad. Así pues, tanto PLC como ADSL utilizan infraestructuras ya desplegadas y muy extendidas, aunque originalmente no pensadas para transmitir datos.

En este trabajo se realiza una breve introducción histórica a la tecnología PLC, para a continuación exponer los fundamentos de la misma. También se recogen los esfuerzos de normalización que se están desarrollando, tanto en Europa como en los Estados Unidos.

A continuación se detallan los dos modelos de utilización de la tecnología: en el ámbito de los proveedores de servicios de comunicaciones, como tecnología de acceso alternativa; y en el campo de las redes de área local, como sustitutivo o complemento de las redes de cableado estructurado o, incluso, de las redes inalámbricas.

Por ultimo, se exponen las experiencias piloto que una empresa española llamada **Red.es** se encuentra desarrollando en centros educativos, haciendo un uso indoor de la tecnología PLC, y evitando de esa manera el cableado de edificios muy extensos o

protegidos, en los cuales la alternativa tradicional de cableado estructurado es, o bien muy costosa, o bien inviable por razones de preservación de edificios históricos.

## **2.- Fundamentos del PLC**

### **2.1.- La red eléctrica**

Antes de introducir conceptos relativos al PLC 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.

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, generalmente enterrada, con valores entre 15 y 20 kilovoltios. Esta es la red eléctrica de media tensión.

Por último, se produce una nueva transformación para poder suministrar electricidad a los domicilios.

En las ciudades existen instalaciones incorporadas a los edificios o bajo tierra 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.

Un centro de transformación puede servir a una gran cantidad de clientes o contratos, situándose la media en Europa entre trescientos y cuatrocientos usuarios por centro de transformación.

En la Fig. 1. se observa el recorrido de la energía eléctrica y los puntos de alta, media y baja tensión

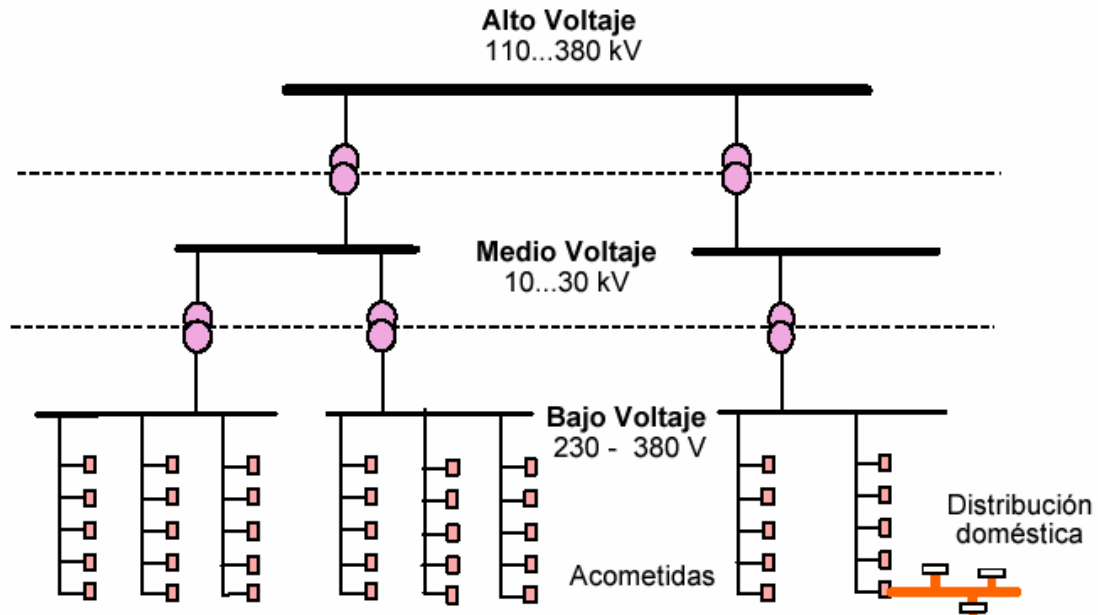


Fig. 1. Recorrido de la energía eléctrica y puntos de Alta, media y baja tensión

## 2.2.- Orígenes del PLC

La idea de utilizar el cable eléctrico como medio de transmisión de datos no es nueva, aunque inicialmente su uso se limitaba al control de líneas eléctricas y a la transmisión a baja velocidad de datos de medida procedentes de las lecturas de los contadores.

Posteriormente las compañías eléctricas empezaron a utilizar sus propias redes eléctricas para la transmisión interna de datos, hasta llegar a una serie de pruebas realizadas durante los años 90 en distintos países europeos que no alcanzaron los resultados esperados.

Sin embargo, desde que los avances tecnológicos hacia el final de la pasada década permitieron alcanzar velocidades de transmisión del orden de los Mbit/s, se empezó a considerar la tecnología PLC como solución de acceso alternativa a las redes de telecomunicación tradicionales.

A partir de entonces el mundo PLC centra su atención en el tramo de baja tensión de la red eléctrica (el equivalente a la "última milla" o bucle de abonado en las redes telefónicas) por un motivo claro:

*las redes de acceso son el componente mas costoso de las redes de telecomunicaciones, estimándose que tanto las inversiones como los gastos operativos en red de acceso suponen mas del 80% de los totales asociados a la red. Por consiguiente, la transformación de las redes eléctricas de baja tensión en redes de acceso para prestar servicios de telecomunicaciones abre nuevas oportunidades de negocio.*

La línea eléctrica es un medio muy ruidoso, cambiante y utilizado habitualmente para transmitir energía. La señal PLC comparte la línea eléctrica, si bien utiliza un rango de frecuencias que normalmente no se emplea o tiene un uso muy restringido. Este rango espectral se encuentra comprendido entre los 1,6 y los 30 MHz, hallándose por tanto en la banda de HF (high frequency), también llamada onda corta.

Es interesante destacar que hoy día no hay estándares que seguir, aunque sí un grupo de sistemas (incompatibles entre ellos) caracterizados por la modulación de señal empleada.

Esencialmente se utilizan tres tipos de modulación:

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

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

La capacidad de transmisión del PLC también varía en función del fabricante, pero el máximo suele establecerse en los 45 Mbit/s (27 Mbit/s en el sentido red-usuario, y 18 Mbit/s en el sentido usuario-red).

Sin embargo chipsets de segunda generación de desarrollo reciente han elevado el límite por encima de los 130 Mbit/s, lo que permite al PLC competir con ventaja con otros sistemas de comunicación de banda ancha.

Como referencia, a continuación se establece una comparativa de tasas nominales de transferencia de algunas tecnologías comúnmente empleadas en redes de área local.

<b>Tecnología</b>	<b>Throughput</b>
Ethernet	10 Mbit/s
Fast Ethernet	Hasta 100 Mbit/s
Gigabit Ethernet	Hasta 1000 Mbit/s
IEEE 802.11b	Hasta 11 Mbit/s
IEEE 802.11g	Hasta 54 Mbit/s
PLC (1ª generación)	Hasta 45 Mbit/s
PLC (2ª generación)	Hasta 130 Mbit/s

**Tabla 1:** *throughput* nominal máximo de distintas tecnologías

*Tabla 1. Comparación de Tecnologías de transmisión*

Al ser la infraestructura eléctrica un medio ruidoso, no sólo hay que afrontar la atenuación de la señal, sino eventos tales como el arranque y parada de equipos, interruptores de distinto tipo, algunos con misión de radiaciones atenuadas a los pocos metros, pero otros, como aquellos que ponen en marcha ascensores y aparatos de aire acondicionado, con señales emitidas de mucha mayor intensidad.

Todas estas interferencias deben superarse utilizando diversos mecanismos, siendo el primero de ellos el recurso a las ya mencionadas posibilidades de ajuste espectral que la capacidad multiportadora del PLC ofrece. Por otra parte pueden utilizarse filtros que eliminen ruidos parásitos por toda la red y que aíslen equipos problemáticos y protejan servicios que puedan ser interferidos. El precio a pagar por colocar estos filtros consiste en una disminución del ancho de banda disponible y por tanto de la velocidad alcanzable por el sistema.

### 3.- Características del Canal

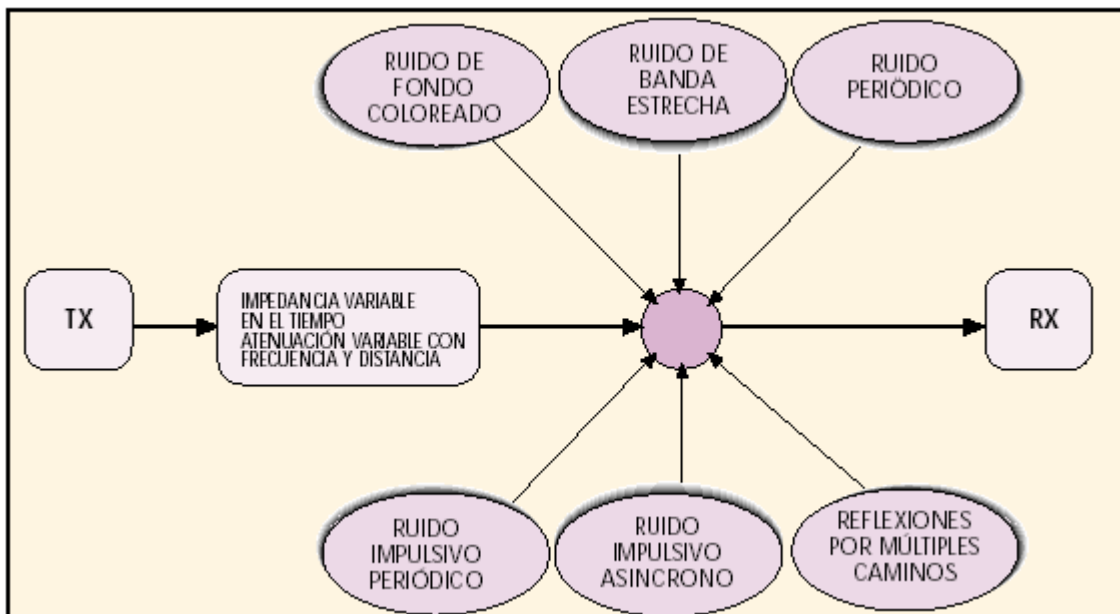
Las características del canal son dependientes de la frecuencia, del tiempo y de la localización del transmisor y del receptor.

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 (véase figura 2):



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.

#### **4.- Técnicas de Modulación. OFDM**

Teniendo en cuenta las características del canal se han propuesto diversas soluciones. Una de ellas ha sido el hacer uso de algún sistema adaptativo, capaz de conocer la calidad del canal en un momento dado. Este es el caso de la técnica usada en los MODEM xDSL. El procedimiento es el siguiente:

1. El transmisor envía al receptor una señal de test conocida.
2. El receptor estima la atenuación y distorsión del canal basándose en la señal recibida.
3. Se establece un período de tiempo en el que el transmisor no transmite nada para que el receptor evalúe las características de la interferencia.
4. Toda la información se envía devuelta desde el receptor al transmisor para que adapte su transmisión a las características del canal.

En un sistema como el anterior debe haber un mecanismo que permita detectar los cambios significativos en las características del canal y su readaptación. Este método que puede parecer sencillo se complica al querer usarlo en un sistema punto-multipunto como PLC.

Otro enfoque podría ser el usar un sistema que no fuera adaptativo sino más robusto frente a interferencias. El inconveniente es que esto supone un gran ancho de banda y una baja velocidad de datos. Un ejemplo de este tipo de sistemas son los basados en técnicas de espectro ensanchado. Otro problema que tiene este tipo de sistemas al aplicarlos al canal PLC es la interferencia debida a los múltiples caminos que puede seguir la señal.

Al final ha sido un sistema adaptativo el que se ha impuesto, se trata del ya conocido OFDM (Orthogonal Frequency División Multiplexing). OFDM es una técnica de modulación de alta eficiencia espectral que maneja muy bien el ruido, los cambios de impedancia y las reflexiones producidas por los múltiples caminos que recorre la señal.

Otra ventaja de OFDM es su habilidad para usar o dejar de usar cualquier subcanal, con el fin de mantener una óptima tasa de error. Esto permite además evitar interferencias con otros sistemas y poder cumplir los niveles de emisión regulados por las normas.

Mediante OFDM puede alcanzarse velocidades de hasta 45 Mbps. El sistema usa modulación adaptativa, o sea, es capaz de medir los niveles de atenuación y ruido con una alta resolución espectral y en base a esta información usar unas u otras subportadoras para enviar la información (véase figura 3).



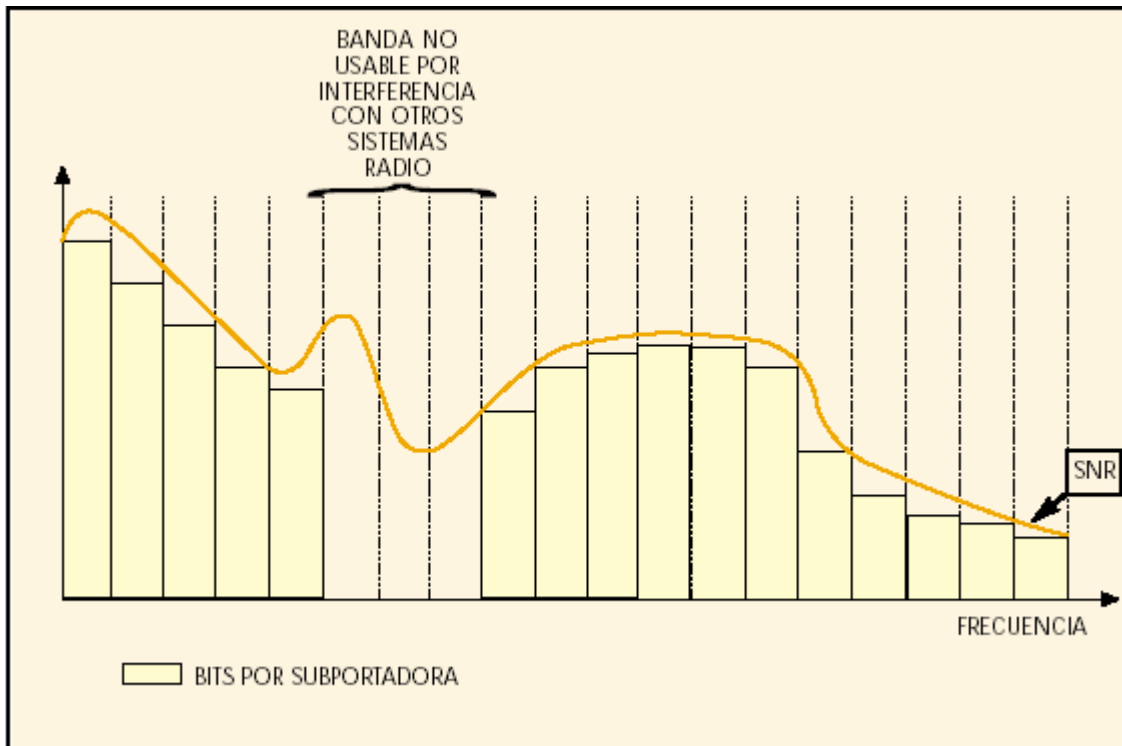


Figura 3. SubPortadoras de la transmisión PLC

En cada subportadora se usa modulación QAM. Se está investigando y probando una nueva tecnología llamada MC-CDMA(Multiple Carrier-Code Division Multiple Access) que es una combinación de CD-MA y OFDM, la cual permite incrementar el número de subportadoras y es posible llegar a alcanzar más de 100 Mbps.

## 5.- Estructura y Elementos del PLC

En primer lugar, la Figura siguiente (Figura 4) ilustra los segmentos de bajo voltaje y de distribución doméstica.

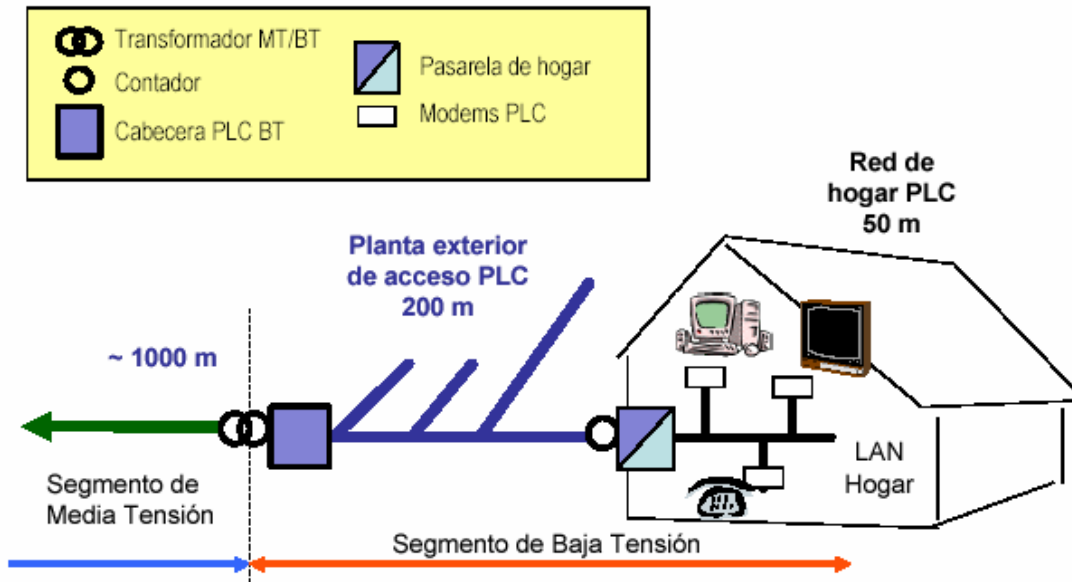


Figura 4. Segmentos de bajo voltaje y distribución domiciliar de una transmisión PLC

En el segmento de bajo voltaje las distancias del orden de 200 metros desde el transformador al usuario son las más comunes (al menos en Europa), siendo un medio compartido, con numerosas ramificaciones para servir a los usuarios. Esto hace que el medio sea tremendamente hostil, debido a:

- La atenuación a las frecuencias de interés con la distancia.
- Las reflexiones que se producen en las ramificaciones, lo que hace que la función de transferencia del canal presente desvanecimientos selectivos (ver Figura 5). Además esta característica tiene una variación temporal dependiendo de la carga (en el sentido de consumo de energía en cada momento o, equivalentemente, de qué dispositivos están conectados). Todo esto hace necesario utilizar sistemas de modulación muy robustos y adaptables a las características del canal. Como ejemplo, DS296 firma valenciana que actualmente está a la cabeza de esta tecnología, consigue velocidades de 45 Mbit/s, 27 Mbit/s en el sentido descendente y 18 Mbit/s en el ascendente. DS2 utiliza OFDM adaptándose dinámicamente a las condiciones del canal,

monitorizando las condiciones de relación señal ruido de cada subportadora cada 10 ms y adaptando en función de ésta la tasa de bit a transmitir por la misma.

- Las diversas fuentes de ruido, impulsivo e interferencias selectivas (por ejemplo emisiones de radio), que hacen necesarias técnicas de codificación contra errores (Reed-Solomon), entrelazado y adaptación a las características de señal/ruido del canal (OFDM).

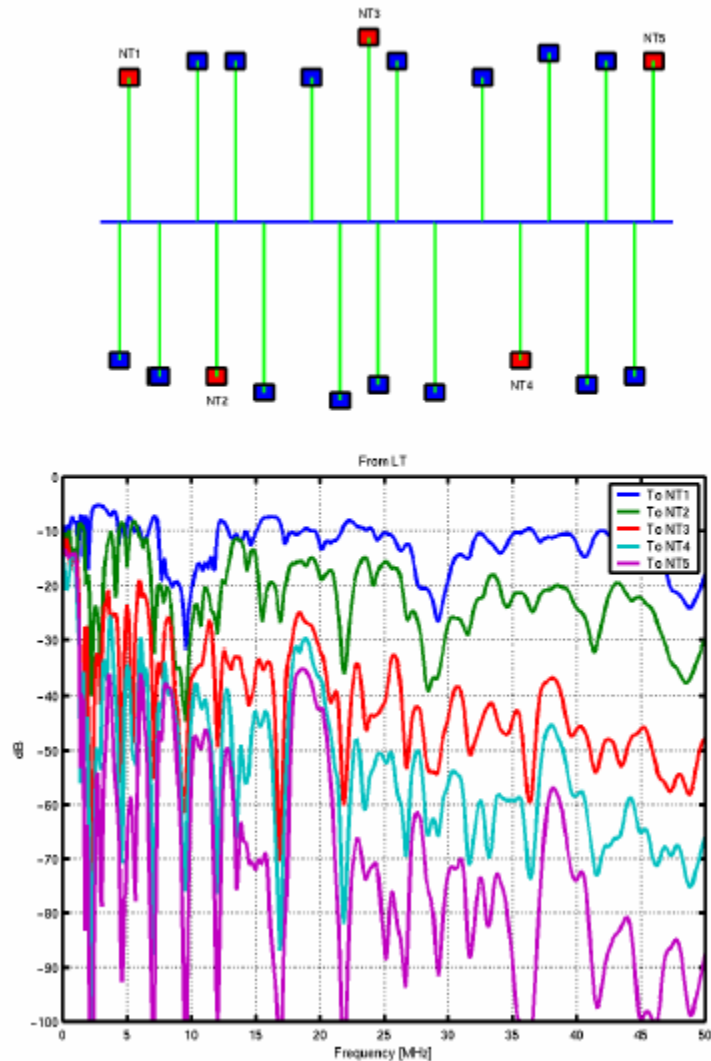
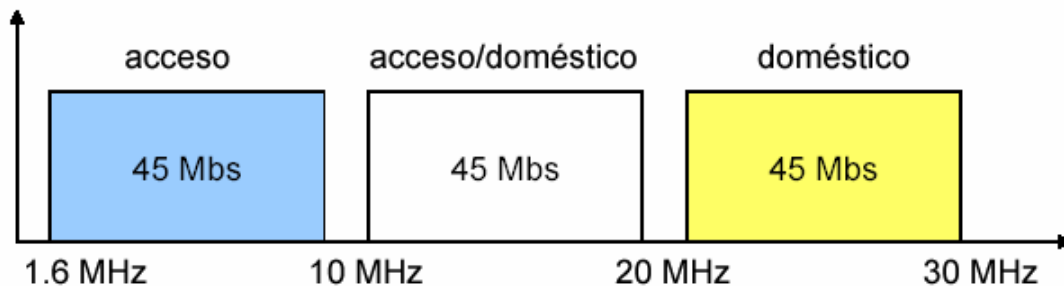


Figura 5. Respuesta en frecuencia de un canal de transmisión PLC

El segmento de distribución doméstica presenta unas características del medio muy similares a los de la primera milla, pero aliviadas por las dimensiones: la distancia a cubrir es menor (del orden de 50 m) y el número de ramas también es menor y más corto. En cualquier caso sigue siendo un medio hostil, no diseñado para el transporte de información que requiera un gran ancho de banda. Por ello, la tendencia en la actualidad es:

Reutilizar la misma tecnología en los segmentos de bajo voltaje y de distribución doméstica con el objetivo de conseguir economías de escala.

Aunque la pasarela del hogar de la Figura 4 puede adaptar, por ejemplo, de un acceso ADSL a un PLC dentro del hogar o, inversamente, de un PLC en el segmento de bajo voltaje a una interfaz Ethernet en el hogar, lo más atractivo es que la pasarela sea de PLC a PLC, haciendo efectivo el eslogan: “un acceso a las comunicaciones en cada enchufe”. Esto requiere compatibilidad espectral entre los sistemas PLC de bajo voltaje y doméstico. Por ello existen propuestas de dividir el espectro entre 1 MHz y 30 MHz en bandas de 10 MHz, asignando las bandas superiores para uso doméstico (menores distancia que admiten las mayores atenuaciones en esta banda) y las inferiores para uso en el acceso (ver Figura 6).



*Figura 6. Espectro de frecuencias utilizado para la transmisión PLC*

Obsérvese que en esta propuesta la banda media puede asignarse indistintamente para acceso o dentro del hogar. Se está proponiendo que los sistemas de hogar detecten automáticamente la presencia o no de un sistema de acceso en esa banda, de forma que la puedan ocupar en caso de que esté libre y aumentar así sus prestaciones.

Volviendo a la Figura 4, se consideran ahora los elementos de red que en ella aparecen.

En el transformador de media a baja tensión se encuentra una cabecera PLC de baja tensión, que es la terminación de línea que maneja el segmento de bajo voltaje que parte de dicho transformador. Esta función puede ser parte de un repetidor que simplemente repite la información que se transmite por la red de media tensión, puenteando el transformador de media/baja para altas frecuencias (que constituye un filtro paso bajo perfecto para las bandas de interés), o bien la terminación de línea de una función router o bridge que se conecta a la red de datos por un sistema de transporte convencional de telecomunicaciones, por ejemplo fibra óptica.

La pasarela del hogar, en el caso representado de PLC extremo a extremo, tiene una función de bridge, separando los segmentos de acceso y doméstico, y además puentea el contador eléctrico (también, un filtro paso bajo para las frecuencias de interés).

Los módems por enchufe proporcionan la interfaz requerida por las aplicaciones de usuario, por ejemplo Ethernet o interfaces a/b telefónicas.

Aunque no se representan en la figura, también existen repetidores para aumentar el alcance.

Los sistemas PLC presentan normalmente interfaces de gestión SNMP, lo que está acorde con sus principales áreas de aplicación: acceso a Internet, telefonía IP, etc., es decir aplicaciones en el dominio de los datos.

Al ser PLC una tecnología en sus primeras fases de desarrollo es difícil hacer una estimación de precios. Los módems sencillos de casa de abonado (red doméstica) se pueden valorar entre 100 y 200 euros (estimaciones de 2004). Las cabeceras a poner en los transformadores de baja o media tensión pueden oscilar entre los 1500 y 3500 euros (siendo una parte importante del precio los acopladores a las líneas de energía, particularmente los acopladores a las líneas de media tensión). Las estimaciones anteriores, basadas en consultas a varias fuentes y en la comparación con otras tecnologías de acceso y sus complejidades relativas, son muy groseras ya que el efecto volumen no se ha producido en estas tecnologías.

## **6.- Ventajas y Desventajas**

Las ventajas del sistema de comunicaciones PLC son muchas, por ejemplo:

- Cada casa o edificio está conectado a la red eléctrica y en todas sus habitaciones hay, al menos, un enchufe donde conectarnos. Esto supone un ahorro muy importante en infraestructura tanto de dinero, como de rapidez de instalación y despliegue.
- La red eléctrica conecta, dentro de la casa, oficina e industria, múltiples aparatos eléctricos que pueden ser controlados o supervisados mediante el uso de la tecnología PLC.
- Cada enchufe de la casa se convierte en un punto de conexión a internet, teléfono, etc., con lo que puedes trasladarte con tu portátil por toda la casa.
- Permite a las compañías eléctricas ampliar y mejorar sus servicios tradicionales, por ejemplo, lectura de contadores, detección de problemas de suministro, optimización de la curva de carga, automatización de la distribución, etc. No olvidemos que actualmente gran parte de la red se controla a ciegas, por medio de sistemas de simulación.
- Puede ofrecer servicios de telecomunicaciones (internet, teléfono) en lugares poco desarrollados (entornos rurales) a un bajo costo.
- Permite conexión permanente, 24 horas al día.
- Como ya veremos otra ventaja de la tecnología PLC es que se adapta a las condiciones de la red eléctrica.

El sistema de comunicaciones PLC tiene algunas desventajas y algunos problemas en vías de solución como consecuencia de su juventud, podemos citar los siguientes:

- Es una tecnología inmadura, en desarrollo.
- Falta de estándares que faciliten la interoperabilidad entre productos de distintos fabricantes.
- Normativa EMC (Electro-Magnetic Compatibility) en desarrollo.
- La línea eléctrica es un sistema ruidoso y variante en el tiempo, por lo tanto, requiere de técnicas robustas de modulación, adaptación al canal, control de errores, etc.
- Al no estar apantallado el cable eléctrico, el sistema PLC es una fuente de ondas electromagnéticas que pueden interferir con las ondas radio, pueden afectar a los aparatos situados en el hogar y además pueden ser captados los datos vía radio, por lo que deben ser cifrados.

## 7.- Normalización

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

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

Es importante destacar que la normalización hacia la que se tiende en Europa pasa por contemplar desde el comienzo las dos vertientes de la tecnología PLC: acceso a Internet (outdoor), que es lo que se viene llamando "Internet eléctrica", y solución interior o LAN (indoor).

Para que estas dos vertientes puedan coexistir se divide el espectro PLC en dos rangos de frecuencias: el primero de ellos comprende desde los 3 hasta los 12 MHz y se dedica al acceso, mientras el rango espectral comprendido entre 13 y 30 MHz se asigna a las aplicaciones indoor.

*PLC Forum* (<http://www.plcforum.com/>) es una asociación internacional que representa los intereses de fabricantes y otros organismos activos en el campo de PLC en todas sus vertientes. Fue creado a comienzos de 2000 y desde entonces el número de miembros e invitados permanentes asciende a más de 50. A través de grupos de trabajo y la celebración de asambleas también tiene entre sus objetivos la creación de un marco normativo y regulatorio para el PLC.

Para finalizar, conviene hablar de HomePlug, que es un estándar de facto que está desarrollándose en EEUU y es promovido por *HomePlug Powerline Alliance* (<http://www.homeplug.org/>), organización compuesta por un grupo numeroso de empresas en su mayoría estadounidenses que han adquirido el compromiso de crear especificaciones que promuevan y aceleren la demanda de esta tecnología.

El espectro de trabajo de las especificaciones *HomePlug* está comprendido entre los 4,3 y los 20,9 MHz, con técnica de modulación OFDM, y capacidad de transmisión situada en el entorno de los 14 Mbit/s. El enfoque completamente indoor que ha estado siguiendo no contempla la separación de bandas de frecuencia, lo que aleja a *HomePlug* de la tendencia normativa que actualmente se promueve en Europa.

## **8.- Servicios de la Infraestructura PLC**

Distribución de TV. Teniendo en cuenta las tasas de bit que son factibles (entre 3 Mbit/s y un máximo de 27 Mbit/s en sentido descendente), y que estas tasas deben repartirse entre decenas de usuarios, claramente esta tecnología no es válida ni para distribución de TV, ni para vídeo bajo demanda.

Telefonía. Sí, usando voz sobre IP. Existen algunos módems que incorporan una pasarela de voz sobre IP. Los sistemas se diseñan para proporcionar una calidad de servicio garantizada para esta aplicación.

Acceso a Internet. El acceso a Internet es la principal aplicación del PLC en la actualidad, ya que proporciona ancho de banda suficiente y la naturaleza a ráfagas de este tráfico permite una multiplexión eficaz. Parece además que los “segmentos de red PLC” (número de usuarios que dependen de un transformador de media a baja multiplicado por el coeficiente de penetración) tienen unas magnitudes adecuadas y comparables con los segmentos de redes de área local.

El acceso a Internet mediante PLC es referido por algunos fabricantes como “tramo de calle” y utiliza las frecuencias comprendidas entre 3 y 12 MHz, que son, dentro del espectro PLC, aquellas con mejor respuesta a la distancia.

Para utilizar PLC como acceso, en los centros de transformación de media a baja tensión de las compañías eléctricas deben instalarse los dispositivos HE de PLC, comunicados a su vez con el proveedor de servicios de Internet generalmente a través de conexiones de fibra Óptica. Estos terminales pueden ubicarse en la estación con una estructura típica de rack, y cada uno de ellos puede ofrecer servicio a unos 50 usuarios típicamente.

Habitualmente la señal PLC que llega a los domicilios ha de ser amplificada mediante repetidores, los cuales suelen ubicarse en los cuadros de distribución de los edificios, justo después de los contadores.

En el caso de edificios de gran altura puede ocurrir que la señal llegue sin problemas hasta un cierto piso, pero que el nivel de degradación limite su empleo a partir de ahí. Circunstancias análogas pueden tener lugar en edificios de topología complicada y que por tanto impongan amplias distancias eléctricas. En ambos casos se requiere la instalación de un repetidor adicional, o bien la configuración del modem de alguno de los clientes como repetidor para el resto de usuarios.

Algunos países, entre ellos España, están siendo escenario de pilotos y despliegues comerciales limitados de este modelo de solución PLC. Puesto que las señales de datos PLC no soportan una transformación de tensión, los centros de transformación deben contar con dispositivos HE. Así, la inversión necesaria por usuario esta directamente relacionada con el número de domicilios servidos por cada transformador de media a baja tensión. Curiosamente, la estructura de las redes de media y baja tensión de los países de la Unión Europea facilita el modelo de negocio del PLC, ya que la media de domicilios servidos por un centro de transformación se encuentra situada entre 300 y 400, número muy superior al que se da en los Estados Unidos. Esta es una de las causas fundamentales de que el nicho del mercado PLC en el país norteamericano se encuentre en la vertiente indoor.

Aplicaciones indoor. En los domicilios las señales de baja frecuencia (50 o 60 Hz, en función de la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que el PLC utiliza el rango espectral comprendido entre 13 MHz y 30 MHz (frecuencias con mejor respuesta frente al ruido) para transmitir datos, siendo transmitidas ambas simultáneamente a través del cable eléctrico.

Típicas fuentes de ruido para la señal PLC en aplicaciones indoor son motores, fluorescentes, lámparas halógenas, interruptores, etc.

El PLC en su vertiente indoor, convierte la línea eléctrica en una red de área local y saca partido por tanto del hecho de que la infraestructura de conectividad ya existe, y con una instalación muy sencilla puede convertirse cualquier toma eléctrica en un auténtico puerto de datos.

A través de la red eléctrica y con los dispositivos PLC adecuados se pueden comunicar dos o mas ordenadores entre sí sin necesidad de realizar nuevos cableados. El esquema es análogo al del PLC outdoor y se ajusta a la configuración básica ya descrita, en la que un HE se instala siempre en cabecera, con tantos modems CPE como usuarios. En este caso el HE debe situarse en el cuadro eléctrico del edificio, en donde se encuentra la acometida principal y tras los contadores de la compañía eléctrica.

Conviene inyectar la señal después del interruptor de potencia principal con el objeto de minimizar interferencias. El resto de la instalación PLC sigue los parámetros ya comentados al hablar de la aplicación outdoor: se disponen tantos modems PLC de usuario como puntos de red se desean y se utilizan repetidores para mejorar la calidad de la señal en todos aquellos casos en que sean necesarios.



Servicios interactivos. Con el estado actual de la tecnología, PLC puede alcanzar anchos de banda y tiempos de latencia aceptables para servicios con diferentes grados de interactividad. En el caso de juegos en Red, el esquema del servicio con los jugadores conectándose a un servidor (game room) e intercambiando básicamente comandos de desplazamientos y acciones sobre escenarios previamente cargados no supone exigencias especiales (salvo mantener la latencia baja).

Otros (videoconferencia, VPN, aplicaciones peer to peer,...). Estos servicios generalmente son soportados a nivel IP por funciones de autenticación y seguridad del acceso que residen en los servidores de acceso a banda ancha. La videoconferencia y las aplicaciones peer to peer pueden necesitar anchos de banda excesivos para esquemas de compartición del medio de bajo voltaje como los descritos hasta aquí, si bien estas aplicaciones suelen ser demandadas por empresas de cierta envergadura, que en algunos casos tienen un transformador de media a baja para su uso exclusivo. Existen módems punto a punto de transmisión por líneas de medio voltaje de 2 Mbit/s simétricos, que pueden ser suficientes para estas aplicaciones, pero en cualquier caso los usuarios de las mismas suelen tener a su disposición alternativas de telecomunicación tradicionales a precios muy competitivos.

## **9.- Prestaciones**

Los sistemas PLC de primera milla instalados en la actualidad (de Ascom y Siemens) tienen capacidades de transporte efectivas entre 1,5 Mbit/s y 3 Mbit/s, a compartir por el número de abonados que dependan de un transformador de media a baja tensión (lo que puede llegar a un máximo de 200 abonados en el caso europeo, si se suscribieran todos).

DS2, como se ha dicho, es líder en prestaciones con 27 Mbit/s en sentido descendente y 18 Mbit/s en sentido ascendente. Esta empresa utiliza un control de acceso al medio propietario que permite asegurar niveles de calidad de servicio a los usuarios. Las nuevas generaciones de productos de Ascom, aún no desplegadas, apuntan a 16 Mbit/s y ofrecerán mecanismos para garantizar calidad de servicio.

Al usar un medio compartido, se necesitan mecanismos de cifrado. De momento, estos mecanismos no se proporcionan en los niveles bajos de esta técnica, debiendo realizarse en los niveles superiores.

## **10.- Madurez de la tecnología y del mercado**

El PLC en la primera milla no constituye un mercado maduro. Se considera a Alemania como pionera en el despliegue de esta tecnología, alcanzando en el 2001 los 20.000 abonados [105], lo cual explica que los principales suministradores europeos de estos equipos fueran Siemens y Ascom (Suiza). El 30 de septiembre de 2002, RWE de Alemania cesó sus servicios de PLC, alegando problemas regulatorios de utilización del espectro no resueltos.

En España Iberdrola y, sobre todo, Endesa [106] se han interesado en esta tecnología. Esta última ha realizado pruebas piloto en Sevilla y Barcelona, con varias decenas de clientes y tecnología de Ascom y DS2. El éxito de dichas pruebas decidió a Endesa a lanzar una prueba masiva (Prueba Tecnológica Masiva o PTM) en Zaragoza para 3.000 usuarios con los mismos socios tecnológicos en el año 2002. Por su parte Iberdrola ha realizado pruebas piloto en Alcalá de Henares, Madrid.

Hasta el presente, y por la estructura de su red, en EE.UU. no ha habido un despliegue de PLC apreciable, ni sus suministradores han estado atraídos por el segmento de la primera milla, aunque sí por el doméstico. Sin embargo, esta situación está cambiando debido a nuevas propuestas de transporte a través de las líneas de media tensión (ver más adelante) lo que hace que los suministradores de tecnología que se dedican al mercado doméstico se dirijan ahora también al mercado de la primera milla con una solución integral, por ejemplo Intellon, Echelon, Current Technologies, etc.

## **11.- Situación Actual y Perspectivas**

Pese a que en la Comunidad Europea existen numerosas experiencias y cada vez más desarrollos, solamente ha empezado a ofertarse comercialmente servicios PLC (sobre todo en su vertiente outdoor) en unos pocos países como Alemania, Austria e Islandia.

Algunas compañías eléctricas europeas unen sus esfuerzos en alianzas como la PUA (PLC Utilities

Alliance) creada a finales de 2002 y que trabaja para establecer un marco normativo y regulatorio y crear un estado de sensibilización social en torno a esta tecnología.

En general las compañías eléctricas solicitan de la Comisión Europea apoyo para garantizar que esta tecnología sea tratada de forma equitativa a otras de banda ancha y que se establezca una regulación favorable y estable para que los inversores se sientan seguros. Afirman que la tecnología PLC ha sufrido un proceso de evolución en los últimos dos años que ha propiciado su madurez, y se encuentra lista para ser

comercializada. Proporcionar un servicio amplio con esta red supondría una inversión significativa pero moderada con respecto a otras tecnologías.

La regulación del espectro de trabajo ayudaría a superar algunos problemas con los que la tecnología PLC ha de enfrentarse habitualmente. Entre ellos destaca la polémica suscitada por la generación de interferencias en otros servicios: por ejemplo, en España, según el CNAF (Cuadro Nacional de Atribución de Frecuencias), cuya versión actual fue aprobada por orden ministerial CTE/2082/2003, de 16 de julio, las frecuencias habituales de trabajo del PLC coinciden con aquella parte del espectro asignado a otros servicios de radiocomunicación y radiodifusión, como son los Servicios de Emergencias, Protección Civil, Radioaficionados, comunicaciones aeronáuticas y marítimas, etc.

Según algunos usuarios de estos servicios los cables eléctricos de los edificios no están debidamente aislados para transportar señales de datos, y actúan como elementos radiantes emitiendo señales que causan interferencias.

Apoyan su argumentación indicando que en otros países del mundo como Estados Unidos o Japón las autoridades regulatorias han mostrado en algún momento reservas a la hora de permitir la expansión generalizada de esta tecnología, ante el potencial impacto negativo que las interferencias que eventualmente se generen puedan producir en otros servicios.

Sin embargo, en ambos casos se están dando pasos hacia la adopción de la tecnología PLC. Así, por ejemplo, si bien es cierto que la regulación en Japón recogía por ley la prohibición de hacer cualquier prueba radioeléctrica en la banda de los MHz., desde hace 4 años sufre un proceso de aperturismo, llevado a la práctica en trials outdoor en entornos controlados con buenos resultados, que están llevando al regulador japonés, adscrito al MPMHAPT, Ministry of Public Management, Home Affairs, Posts and Telecommunications (<http://www.soumu.go.jp/>) a autorizar la proliferación de dichas pruebas.

En el caso de EEUU, el mercado PLC outdoor (también llamado allí BPL, Broadband Power Line) muestra un desarrollo embrionario, pero no sería justo imputar este hecho a la constatación de las interferencias generadas por esta tecnología. Una razón más verosímil tiene que ver con la viabilidad del negocio: el modelo de distribución eléctrico americano, con escaso número de usuarios por centro de transformación de media a baja tensión, no es favorable al despliegue outdoor, sino al indoor, el cual goza de buena salud promovido por *HomePlug PowerLine Alliance*. No obstante, las compañías eléctricas tienen autorización para suministrar servicios PLC outdoor (incluso *HomePlug* anuncia la creación de un estándar outdoor), y se puede decir que actualmente EEUU se encuentra en una fase de desarrollo inicial, similar a la que existe en España. Este desarrollo del PLC outdoor cuenta con la oposición de algunos organismos, como *FEMA, Federal Emergency Management Agency* (<http://www.fema.gov/>), lo que ha llevado a la *FCC, Federal Communications Commission* (<http://www.fcc.gov/>), a ser cautelosa en la regulación del PLC.

## **12.- La Experiencia de Red.es**

Red.es ([www.red.es](http://www.red.es)), Entidad Pública Empresarial adscrita al Ministerio de Industria, Comercio y Turismo a través de la Secretaria de Estado de Telecomunicaciones y para la Sociedad de la Información, esta acercando los servicios de la Sociedad de la Información a entornos rurales, bibliotecas y centros escolares de educación primaria y secundaria a lo largo de todo el territorio español por medio de sus Programas de Fomento de la Sociedad de la Información, como son el programa Internet Rural (<http://internetrural.red.es/>), el programa Internet en las Bibliotecas (<http://internetenlasbibliotecas.red.es/>), o el programa Internet en la Escuela (<http://internetenlaescuela.red.es/>).

Actualmente, Red.es se encuentra implantando una serie de centros educativos piloto con el propósito de que se constituyan en un conjunto de centros de referencia para el empleo de la tecnología, tanto equipamiento como contenidos y conectividad de banda ancha a Internet, en el proceso enseñanza-aprendizaje.

Si bien desde hace algunos años se han venido realizando ciertas experiencias piloto con tecnología

PLC (sobre todo en la vertiente de acceso) en España, Red.es ha considerado de interés someter a prueba la actual tecnología PLC indoor en el marco de centros educativos con los siguientes objetivos:

- a) Analizar su capacidad como solución tecnológica.
- b) Valorar el impacto producido por su implantación en un centro educativo.
- c) Confirmar la tecnología actual como una alternativa válida y/o compatible con otras soluciones.
- d) Evaluar los costes asociados al despliegue y operación de dicha tecnología.

Los pilotos en marcha actualmente son dos, pero con la posibilidad de que este número se incremente en el futuro inmediato. Estos pilotos se centran en la creación de una red de datos interna, mientras que se conserva la infraestructura de acceso a Internet de la que ya dispone el centro, generalmente ADSL.

Para llevar a la práctica los dos proyectos piloto, Red.es cuenta con la colaboración de sendas empresas del sector, Soluziona Telecomunicaciones (<http://www.soluziona.es/>) y Dominion Ingeniería de Proyectos (<http://www.dominion.es/>). La participación de estas compañías se concreta tras un proceso de consultas con la industria.

El enfoque de Red.es en estos pilotos no pasa por reemplazar en su totalidad la infraestructura tecnológica del centro escolar, sino que pretende introducir PLC como un elemento más de una solución LAN mixta, en la que convivan tramos de cableado tradicionales y partes inalámbricas Wi-Fi, con tramos de transmisión de datos por red eléctrica PLC.

### **12.1.- Descripción de los Pilotos**

En la actualidad existen dos centros piloto operativos, ubicados en las comunidades de Madrid y de Castilla y León, y esta prevista la próxima implantación de sendos centros piloto adicionales en las comunidades de Andalucía y Aragón.

- ***Colegio Virgen de la Peña***

Red.es ha abordado este proyecto piloto en colaboración con la empresa Dominion. El centro educativo ha sido aportado para esta iniciativa por la Conserjería de Educación de la Junta de Castilla y León, y se encuentra ubicado en Sepúlveda (Segovia).

El centro escolar consiste en un edificio con dos plantas en una finca cuyo origen data del año 1936, y con capacidad superior a 300 alumnos. El sistema eléctrico consta de dos ramales, cada uno de las cuales dispone de un solo cuadro de distribución.

Para la instalación de este piloto se han utilizado prototipos de equipos PLC de segunda generación con capacidad de alcanzar hasta 130 Mbit/s de throughput.

La dotación que ha sido instalada en el centro es la siguiente:

- Un modem de cabecera (HE).
- Siete modems PLC de usuario o terminales (CPE).

Se instaló el HE de forma que inyectase la señal en los cuadros de distribución situados en la planta baja, y con ello se cubrieron las necesidades de conectividad de todo el edificio. Es de destacar, que pese a la antigüedad de la instalación eléctrica, se proporciona cobertura a la integridad del centro sin necesidad de repetidores, lo que permite confiar en la capacidad de esta tecnología para dar servicio a escenarios de envergadura sin necesidad de multiplicar el equipamiento empleado.

- ***IES Isabel la Católica***

Red.es ha abordado este proyecto piloto en colaboración con la empresa Soluziona. El centro educativo ha sido aportado para esta iniciativa por la Conserjería de Educación de la Comunidad de Madrid, y se encuentra ubicado en Madrid capital.

El centro escolar consta de cinco edificios de hasta cinco plantas. Toda la finca es antigua y alberga un número superior a 1.500 alumnos.

Para la instalación de este piloto se ha utilizado equipamiento PLC de primera generación con capacidad de alcanzar hasta 36 Mbit/s de throughput.

La instalación piloto proporciona conectividad mediante PLC a los cinco edificios de los que consta el complejo escolar. Para ello se conecta el HE en la acometida eléctrica principal y se usaron equipos repetidores en el resto de edificios. Una vez instalados estos se obtuvo cobertura PLC en toda la red eléctrica y los modems de usuario pudieron instalarse sin problemas.

La dotación que finalmente ha sido instalada en el centro es la siguiente:

- Un modem de cabecera (HE).
- Cuatro equipos repetidores (IR).
- Catorce modems PLC de usuario o terminales (CPE).

Conviene destacar que al conseguir cobertura total inyectando la señal en un punto y con cuatro repetidores, la solución PLC se vislumbra como una alternativa muy adecuada para lograr conectividad entre edificios distintos de un mismo complejo que comparten una única red eléctrica de baja tensión.

## **12.2.- Proceso de Instalación**

En cada uno de los centros la puesta en marcha del piloto se ha realizado en las siguientes fases:

- **Reconocimiento de la red eléctrica.** Puesto que no se ha dispuesto de esquemas bi-filares, ha sido necesario un reconocimiento en campo de la red eléctrica con el objeto de identificar las fases en las diferentes áreas del centro y realizar un mapa de dicha red en el que basarse para realizar la instalación. En función de las dimensiones y las circunstancias del centro estas actividades pueden extenderse más o menos en el tiempo, pero el reconocimiento no suele durar más de dos jornadas.

- **Instalación del modem de cabecera.** El HE o modem de cabecera ha de instalarse estratégicamente situado de forma que la señal inyectada en un sólo punto consiga conectividad en todo el centro. Consideraciones adicionales tales como que se ubique físicamente en un lugar seguro y protegido son también importantes. En los pilotos la inyección de la señal del modem de cabecera sobre la red eléctrica se ha realizado después del contador y antes de los cuadros de distribución del centro. Una vez realizada la inyección se pudo verificar que los parámetros de señal observados eran adecuados para poder disponer de conectividad PLC en todo el edificio.
- **Comprobaciones de cobertura.** A continuación se pasa a verificar el grado de cobertura de la señal PLC en la red eléctrica de los centros, lo que permitió comprobar la calidad de la transmisión en los diferentes puntos y la evaluación tanto de la necesidad de eventuales equipos repetidores en la red PLC como la posible ubicación de los mismos.
- **Realización de un mapa de la red PLC.** Una vez realizadas las pruebas pertinentes se procedió a configurar un mapa de la red PLC, con todos los datos sobre la ubicación del HE, los repetidores y los equipos de usuario.
- **Instalación de Equipos.** Finalmente se procedió a la instalación de los equipos CPE en sus correspondientes ubicaciones.

### 12.3.- Resultados

Los pilotos emprendidos pueden considerarse experiencias prácticamente inéditas en el sector PLC en España, sobre todo teniendo en cuenta que la mayor parte de las actuaciones realizadas hasta la fecha se han ocupado de la vertiente outdoor.

Los pilotos tendrán aproximadamente un año de duración, durante el cual serán objeto de diversas evaluaciones que incluirán pruebas de disponibilidad, rendimiento, radioeléctricas, tests de satisfacción, etc. No obstante, y a la espera del análisis final de dichas evaluaciones, puede extraerse una serie de resultados preliminares:

En los dos centros se ha hecho frente al mismo problema: los edificios son antiguos y tienen una instalación eléctrica bastante deteriorada y que ha crecido de forma poco controlada. En general no hay esquemas eléctricos, lo cual implica tener que trabajar sobre campo algunos días hasta que se caracteriza toda la instalación eléctrica existente.

Los procesos de instalación fueron desarrollados con facilidad y rapidez, con una duración que, incluyendo las pruebas, no superó los 3 días. Es de destacar que la

ausencia de esquemas eléctricos de los edificios obligó a emplear una buena parte del tiempo en determinar la topología de la red eléctrica.

Además se realizaron pruebas de conectividad en todos los puntos para documentar los throughputs que se alcanzaron. Es de esperar que disponiendo de un plano actualizado de la red eléctrica, el tiempo de instalación disminuya considerablemente, incluida la realización de las pruebas básicas.

Por último, el throughput a nivel físico obtenido alcanza unos niveles altos y en línea con el throughput nominal de la tecnología, en general por encima de las expectativas creadas por una instalación eléctrica antigua y en buena medida desconocida.

## **7.- Conclusiones**

En el análisis de soluciones tecnológicas de banda ancha que puedan actuar como alternativa o complemento a otras tecnologías más maduras en el campo de las redes de área local, el PLC puede competir en prestaciones con las técnicas de cableado estructurado tradicional y el empuje de las redes inalámbricas. Adicionalmente, al hacer uso de una infraestructura ya existente y muy extendida (muy superior incluso a la línea telefónica), representa una solución muy valiosa para ser utilizada en aquellos casos en los que la instalación de redes no resulte viable por razones económicas o normativas.

En un futuro próximo, la evolución de la tecnología PLC ofrecerá un mayor ancho de banda y una reducción del tamaño de los equipos, así como la integración de tarjetas PLC en los ordenadores, aprovechando así el cable de la fuente de alimentación de los mismos para la conexión a la red de datos. También es previsible la integración de tecnologías PLC e inalámbricas en redes mixtas, con dispositivos híbridos PLC-WiFi.

Mientras se completa el marco normativo y regulatorio, es de esperar que las diversas iniciativas que se están llevando a cabo, entre ellas los proyectos piloto de la Entidad Pública Empresarial Red.es, ayuden a perfilar el papel que la tecnología PLC puede desempeñar en el marco de los Programas para el Desarrollo de la Sociedad de la Información en España.



## Anexo: Investigación Adolfo Arteta

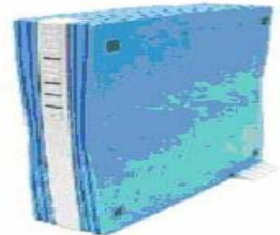
### LC LAN

- **Electrónica**

#### - Componentes básicos para la conexión:

##### MODEM (CPE)

- Es el equipo que se proporciona al cliente.
- Equipados con conexiones para PC y teléfono.
- Tamaño equiparable al MODEM ADSL
- Bridge de datos.



##### REPETIDOR

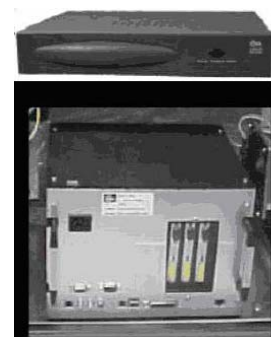
- Su función principal es regenerar la señal PLC.
- Equipos ubicados en los cuartos de contadores.
- Pueden controlar hasta 256 modems de cliente (CPE).



##### HEAD END

Equipos que se instalan en los centros de transformación.

- Dos versiones: de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT).
- Distancias máximas
- 600 m en MT
- 300 m en BT
- Preparados para conectarse con la red IP



#### Disponible en el mercado:

##### - Adaptadores:

##### \* Allnet PLC Adaptor Ethernet RJ45

Modelo: ALL1682

Fabricante: Allnet

Precio: 114,55€ iva incluido

El cometido:

Cada vez más dispositivos en la casa y en la oficina se tienen que conectar o necesitan conexión a Internet.

Cada vez más proveedores ofrecen conexiones de banda ancha.

- ¿Pero como llegan los datos de la conexión de banda ancha p.e. “Módem ADSL“ o “Módem Cable“, hasta el PC?
- ¿Cómo se pueden conectar estos dispositivos, sin pasar cables nuevos?

##### La solución:

El Allnet “PowerLine“ utiliza la red de electricidad de la casa que



ya existe. El circuito de electricidad de 230V es la infraestructura para la red de datos. En todos los enchufes de la casa, tendrá los datos a su disposición. **Rápido y sencillo:** Conectar el enchufe a la corriente y conectar el USB o Ethernet (RJ45), y ya está.

**Seguro:**

El Allnet “PowerLine“ es más seguro que la red (LAN) inalámbrica, porque los datos sólo se encuentran en el circuito de la corriente casera.

- Adaptador para enchufes de 230V (enchufe europeo) y toma RJ-45
- Ethernet en todos los enchufes de la casa!
- Hasta 14 Mbit/sec de transmisión de datos, así que casi 40 veces más rápido que el típico DSL
- Alcance hasta 200m de cable
- Optima para la conexión del módem ADSL al Router o al PC
- Sin cable nuevo
- Sin instalador
- Plug&Play verdadero
- Cifrado DES (56Bit) para máxima seguridad

**\*Allnet PLC Adaptor Ethernet USB**

Modelo: ALL1683

Fabricante: Allnet

Otros productos del fabricante

Precio: 108,75€ iva incluido

**\*Corinex Powerline PCI Adapter**

Modelo: CXP-PCI

Fabricante: Corinex

Precio: 75,60€ iva incluido

**\*Corinex Powerline USB Adapter**

Modelo: CXP-USB

Fabricante: Corinex

Otros productos del fabricante

Precio: 75,60€ iva incluido

**\*Ovislink Adaptador de red RJ45 para la red**

Modelo: PL-RJ45

Fabricante: Ovislink

Otros productos del fabricante

Precio: 135,14€ iva incluido

PL-RJ45

Adaptador de red RJ45 para la red eléctrica

Este adaptador RJ45 le permite conectarse a través del puerto RJ45 y utilizando la propia red eléctrica con otro PC, router, cable modem, DSL, etc. El hecho de transmitir mediante la red eléctrica, facilita la instalación a la vez que ofrece un gran ancho de banda.



Solamente con conectar el adaptador al PC o portátil y enchufarlo por el otro extremo a la red eléctrica ya tiene una red instalada, lista para transmitir con los demás dispositivos que se enchufen a la red.

**Características/especificaciones técnicas:**

- Conecta sus dispositivos ethernet con toda la red eléctrica de su hogar u oficina.
- No requiere ninguna configuración para su funcionamiento.
- Utiliza un cable estándar de alimentación.
- Compatible con el protocolo 10 Base-T
- Se adapta automáticamente al entorno de la red eléctrica para proporcionar los ratios de transmisión más altos según las condiciones en cada momento.
- Ratio de transmisión: Hasta 14 Mbps.
- Banda de frecuencia: 4.3 - 20.9 MHz.
- Método de acceso: CSMA-CA
- Modulación: OFDM
- Puerto: 1 puerto PLC.
- Estándar: IEEE 802.3, IEEE 802.3u, Home Plug 1.0
- Soporta: Windows 98 SE, Me, NT, 2000, XP.
- Nodos: Soporta hasta 12 nodos por red.
- Encriptación: 56 bits con clave para gestión.
- LED's: Link, Actividad y Colisión.
- Entorno: 0 - 70°C · Alimentación: 100 - 240 VAC, 50/60 Hz.

**\*Ovislink Adaptador de red USB para la red eléctrica**

Modelo: PL-USB

Fabricante: Ovislink

Precio: 133,91€ iva incluido

**\* HP01: PowerLine: Adaptador USB (1xUSB)**

Adaptador compatible con la tecnología PowerLine (HomePlug 1.0) que permite la conexión del ordenador a través del puerto

USB con la red eléctrica, utilizando un enchufe cualquiera. El adaptador dispone de conector USB tipo B-Hembra que se conecta al PC mediante cable USB estándar. Soporta el protocolo de comunicación CSMA/CA para el interface PowerLine. Dispone de 4 LEDs: power, link, act. y colisión.

Tamaño del dispositivo de 93x70x25mm. Compatible con entorno Windows que disponga de puerto USB.

PVP: 93.82€ + iva

**- Bridges (Puentes)**

**\* HP02: PowerLine: Ethernet Bridge 4-Port Switch (4xRJ45)**

Bridge (o puente) entre la red PowerLine (o HomePlug) y una red ethernet basada en cable UTP y conectores RJ45 (10Base-T y 100Base-TX). Este dispositivo se conecta a la red eléctrica utilizando cualquier enchufe disponible.

Dispone de 4 puertos conmutados (switch) 10/100 Mbps con configuración automática de la velocidad y soporte de Auto-MDIX.



Se alimenta del propio interface PowerLine, con lo que no requiere fuente de alimentación adicional ni externa.

Soporta el protocolo de comunicación CSMA/CA para el interface PowerLine.

Dispone de LEDs: PWR, PLC (LNK, ACT y COL) y LAN (LNK/ACT y 100).

Ideal para interconectar una LAN ethernet a una PowerLine.

Tamaño del dispositivo de 197x120x35 mm.

PVP: 126.55 €+ iva

**\* HP03: PowerLine: Ethernet Bridge 1-Port (1xRJ45)**

Bridge (o puente) entre la red PowerLine (o HomePlug) y una red ethernet basada en cable UTP y conectores RJ45

(10Base-T y 100Base-TX).

Este dispositivo se conecta a la red eléctrica utilizando cualquier enchufe disponible. Dispone de un puerto 10/100

Mbps con configuración automática de la velocidad.

Se alimenta del propio interface PowerLine, con lo que no requiere fuente de alimentación adicional ni externa.

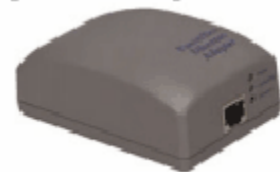
Soporta el protocolo de comunicación CSMA/CA para el interface PowerLine.




Dispone de LEDs: PWR, PLC (LNK, ACT y COL) y LAN (LNK/ACT y 100).

Ideal para interconectar una LAN ethernet a una PowerLine.

PVP: 96.00€ + iva.

**Módems:**



	<b>PL-104E-EU</b>	<b>Wall-Mount Power Line to Ethernet Bridge (EU Type). Powerline es el medio mas penetrante con multiples salidas en cada cuarto. Simplemente con conectar el puerto Ethernet de su computadora dentro de las salidas de poder equipadas del PL-104E, usted se per</b>
	<b>PL-401E</b>	<b>Power Line to Ethernet (4-Port built-in LAN) Bridge (1*PLC+4*LAN)</b>
	<b>PRT-301W</b>	<b>IEEE802.11g WLAN + Power Line Broadband Router</b>

## **8.- Bibliografía**

<http://www.exp-math.uni-essen.de/~vinck/plc/homenetworking.htm>

<http://www.plcforum.org/>

<http://www.red.es/>

<http://www.noticias3d.com/articulo.asp?idarticulo=261&pag=1>

[www.flexwork.eu.com/members/tech\\_brief/tb22.pdf](http://www.flexwork.eu.com/members/tech_brief/tb22.pdf)

[http://www.exp-math.uni-essen.de/~vinck/plc/keyin\\_co.htm](http://www.exp-math.uni-essen.de/~vinck/plc/keyin_co.htm)