

El futuro y las ventajas de las Power Line Communications

Por Ing. Luis Enrique Conde del Oso

Especialista Principal. Gerencia de Planeamiento Estratégico, Dirección de Desarrollo y Asuntos Regulatorios, ETECSA
luisco@tel.etecsca.cu

En muchos países del mundo desarrollado se habla de la Informatización de la Sociedad, que tiene como *slogan* “Accesos de banda ancha para todos”.

Indudablemente, el cumplimiento de este objetivo disminuiría la actual brecha en el acceso a la banda ancha entre ricos y pobres. Pero, desfavorablemente, no en todos los países se comporta de igual manera, porque también es una vía para captar nuevos clientes con inversiones mínimas y con la utilización de las infraestructuras existentes para que lleguen a la mayoría.

La infraestructura sería eléctrica, que permitiría una verdadera revolución de las redes en el acceso, integrándose la voz, los datos y la electricidad. Esta potencialidad ha sido aprovechada por las grandes empresas eléctricas para obtener nuevos dividendos de sus redes en un momento en el que, a nivel mundial, los equipos electrodomésticos consumen cada vez

menos electricidad y las ganancias por este concepto disminuyen para estas empresas, y les permite entrar en la competencia con los actuales servicios que brindan los operadores de telecomunicaciones.

Sin embargo, en nuestro país estas potencialidades pudieran ser usadas para impulsar algunas de las obras de la Revolución con el menor costo de inversión posible, por ejemplo, la informatización de la sociedad, la municipalización de la universidad, los accesos en el área de la salud —hospitales, consultorios del médico de la familia, farmacias, etc—.

Power Line Communications (PLC)

La nueva generación de *Power Line Communications* es lo más actual en módems y en tecnología —equipos de cabecera (*head end*)— para brindar mayor velocidad de transmisión y comunicaciones de banda ancha, utiliza como soporte el tendido

eléctrico en los niveles del sistema de distribución de medio y bajo voltaje. Con estos sistemas pueden brindarse los servicios de telefonía IP, acceso a Internet a alta velocidad, facilitar la interconexión de los electrodomésticos de nueva generación a Internet, redes de monitoreos de fallas y diagnósticos, control remoto de equipos eléctricos, administración de la demanda de las redes eléctricas, lectura de metros eléctricos y otros —telemetría—.

El PLC es una tecnología de acceso, por eso es importante su comparación con otras tecnologías de la última milla. En la tabla 1 se muestra esta comparación.

Un sistema PLC está dividido en tres partes bien definidas: red de transporte, red de distribución y red de acceso.

Como red de transporte se utiliza una red IP que puede ser físicamente soportada sobre fibra óptica, enlaces E1 ó xDSL; la red de distribución en estos sistemas

	Máxima Velocidad (Mbps)	Costo Instalación	Tiempo Instalación
ADSL	5-10	Medio	Medio
Cable	30	Medio	Alto
Wireless	50-150	Medio	Medio
Fibra Óptica	1000	Alto	Alto
Satélite	30-40	Alto	Medio
PLC	200	Bajo	Bajo

Tabla 1 Comparación entre tecnologías de acceso

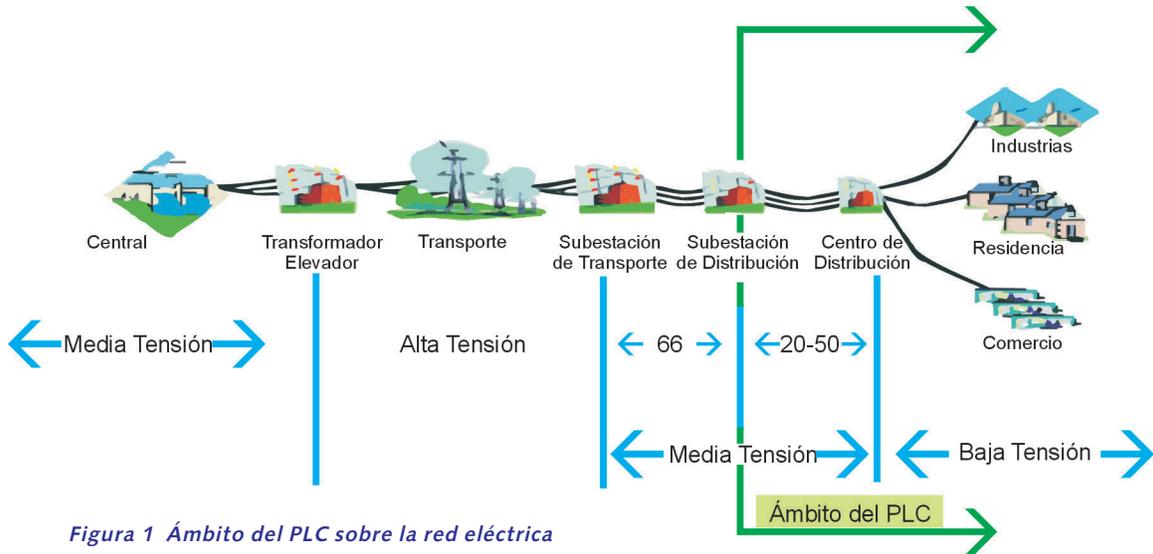


Figura 1 Ámbito del PLC sobre la red eléctrica

utiliza la red de distribución de media tensión de la red eléctrica. Mientras que la red de acceso utiliza la alimentación eléctrica de la instalación y es el sustituto del bucle de abonado.

Sin embargo, la cantidad media de usuarios por transformador hace que se utilicen, en algunos países, los sistemas de bajo voltaje, red secundaria del transformador, o que utilicen la media tensión con el objetivo de ser rentable la inversión del PLC.

Por ejemplo, la media de usuarios por transformador en Europa es de 150, mientras que en China es 250, por otro lado, en los Estados Unidos es de 5 y en Brasil de 20; por eso en el continente americano se prefiere la inyección de la señal desde la media tensión.

Una plataforma PLC, como se muestra en la figura 2, está constituida por unidades de control y gestión, unidades de acceso —head end y repetidor—, unidades terminales —módem PLC,

conocidos como *Customer Premises Equipment* o CPE —.

El *head end* es el equipo cabecera y no es más que un *router* que contiene una tarjeta módem con tecnología PLC. Su función fundamental es inyectar la señal de datos a la red de baja tensión o a la red de media tensión. Por el otro extremo este dispositivo es conectado a un *Backbone* IP mediante fibra óptica, xDSL ó E1.

Estos *head end* pueden ser de *indoor* o de *outdoor* según inyecte la señal en la baja o en la media tensión respectivamente. En la plataforma de *MainNet* (Figura 2) serían el *CuPLUS* para la inyección de la señal en la baja tensión, mientras que el *MvPLUS* lo permite desde la media tensión. En la figura 3 se muestran algunos modelos de *head end* de *DS2* y *MainNet* respectivamente.

El acoplamiento de estos dispositivos con la red eléctrica puede ser inductivo y capacitivo.

Los inductivos son los más sencillos, consisten en una ferrita que no tiene contacto eléctrico con el cable. Sin embargo, su uso está limitado para cables de poco consumo, pues la circulación con exceso de amperaje a través de ellos saturaría la ferrita y limitaría la

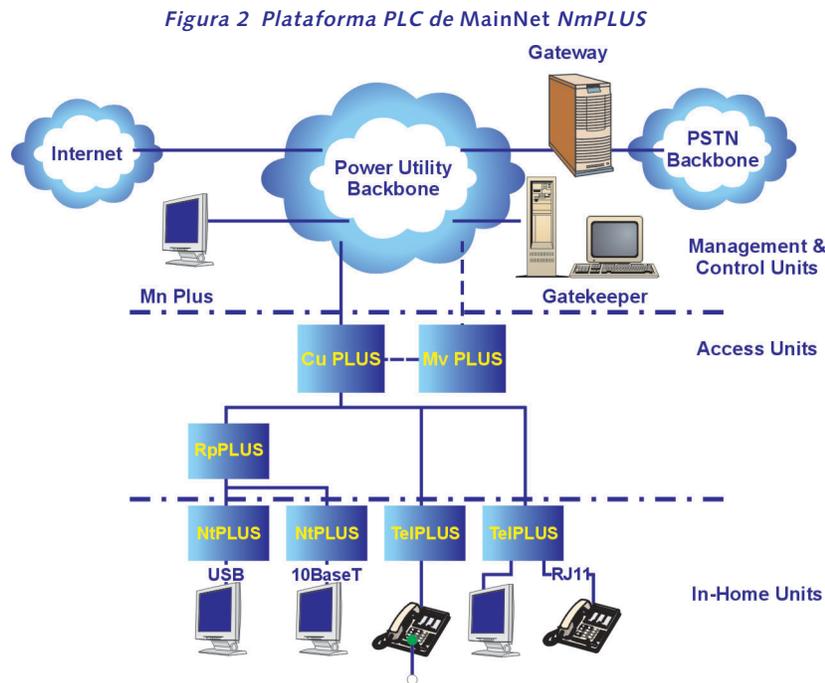


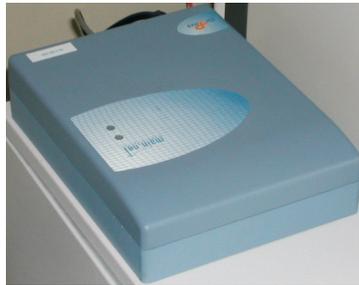
Figura 2 Plataforma PLC de MainNet NmPLUS



Head end de DS2 de 3G 200 Mbps



Head end de DS2 de 2G 45 Mbps



Head end (CuPLUS) MaintNet para acceso a Internet a alta velocidad 2 Mbps —prueba piloto ETECSA—

Figura 3 Modelos de Head End de DS2 y MainNet respectivamente

inyección de la señal de datos sobre la red eléctrica del edificio. La figura 4 muestra los acoplamientos inductivos y capacitivos y una conexión sobre la red eléctrica con un acoplamiento inductivo en uso.

En la figura 5 se muestra la instalación de un *head end* en in-

door, en la prueba piloto de PLC realizada en la Presidencia de ETECSA con equipamiento de *MainNet*.

El *head end* puede atender hasta 254 Nodos actualmente, aunque ya se habla de que será extendido a 512 Nodos.

El Repetidor es utilizado cuando se desea ampliar las distancias a cubrir entre el *Head End* y el CPE. En la tecnología Marveric que sólo permite velocidades hasta 45 Mbps, las distancias son hasta 600 m; mientras que en la última tecnología, la denominada Wis-

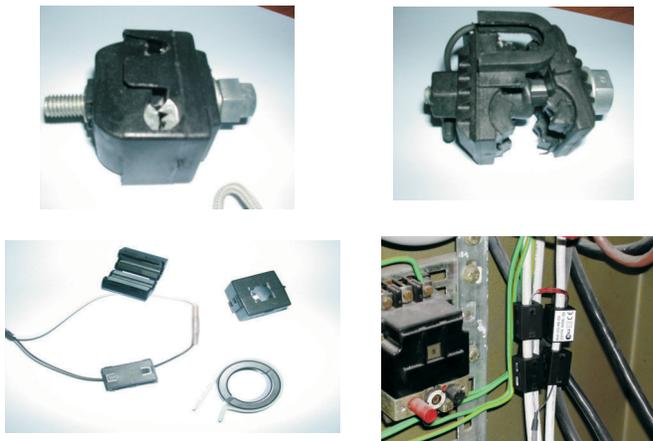


Figura 4 Acopladores capacitivos e inductivos



Figura 5 Conexión del head end (CuPLUS) en la edificación de la Presidencia de ETECSA



Figura 6 Repetidor de MainNet (RpPLUS)



CPE (NtPLUS) de MainNet

Figura 7 Modelo de CPE de MainNet, para servicios de datos e Internet a altas velocidades; y modelo de DS2 para servicios de datos y voz sobre IP



CPE de DS2



Figura 8 CPE —Set To Box PLC— para servicios de televisión interactiva y video en demanda a 45 Mbps

coisin, son hasta 1500 m sin repetidor. En la figura 6 puede observarse un repetidor de MainNet (Rp-PLUS), también conocido como Home Gateway.

Los CPE —Customer Premises Equipment— pueden tener posibilidades de brindar servicios de voz, datos y otras prestaciones como televisión interactiva y el video en demanda.

Para que estos CPE brinden el servicio de video en demanda es necesario un CPE especial —Set To Box PLC— (Figura 8).

Aunque el desarrollo de la tecnología PLC data de los años

80, no se había logrado superar las barreras que se presentaban en un medio tan hostil para la transmisión de datos que es la red eléctrica.

Desde hace 2 años, con el empleo de la modulación OFDM-QAM se ha logrado la superación de estos obstáculos —la figura 9 muestra el proceso evolutivo que ha tenido la tecnología PLC—.

Entre las principales potencialidades técnicas que hoy dispone la tecnología PLC se encuentran la modulación OFDM-QAM, 1280 portadoras —768 sentido subida, 512 sentido bajada—, adaptación

automática en tiempo real de la selección de portadora y el número de símbolos en cada portadora, y los CPE reciben la decisión de información de los head end permanentemente.

Los niveles de potencia que presenta son: densidad de potencia espectral de la señal inyectada programable hasta 50 dBm/Hz, nivel de potencia transmitida programable desde 60 dBm hasta 15 dBm, nivel de potencia recibida requerida mínima desde -60 dBm —depende del nivel de ruido presente en el medio, es decir, relación S/N—, pérdida típica en acoplamiento

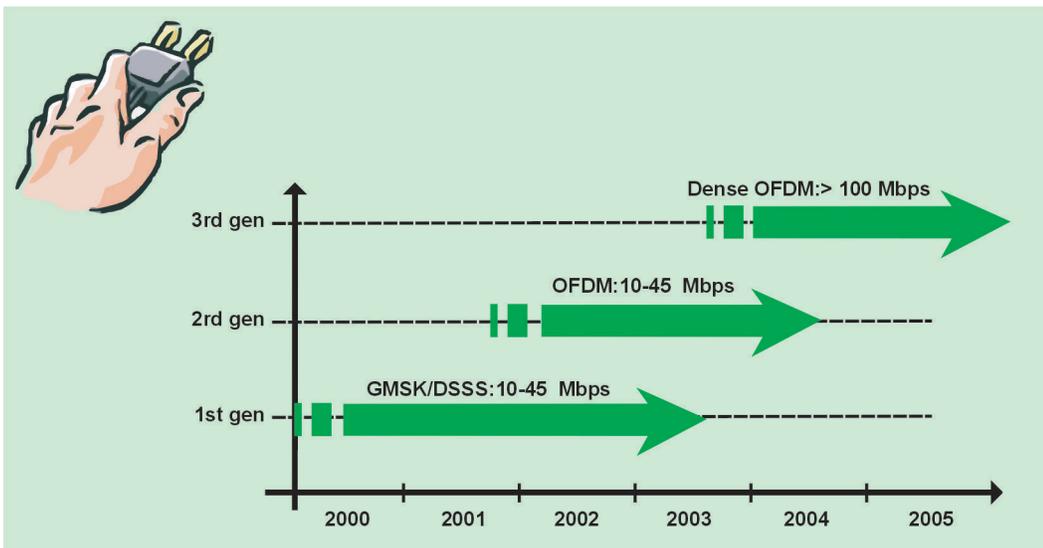


Figura 9 Evolución de la Tecnología PLC

alrededor de 2-3 dB, configurable para valores típicos de BER 10-3, 10-6 —default—, 10-9, la máxima eficiencia espectral 8 bits/Hz, y retardo típico < 3 ms.

La tecnología PLC soporta no sólo el actual IPV 4, sino también, el futuro IPV 6. La integración de IPV6 sobre PLC garantiza la disposición de mayor espacio de direcciones —permitiría asignarle una dirección IP pública a cada equipo hogareño que impulsaría las domóticas—; facilidades de autoconfiguración que reduce el costo de despliegue de un operador; integración con protocolos estándares de IPV6 para multicast y QoS; y, soporte para aplicaciones de nueva generación.

Estos aspectos han permitido la implementación de pruebas piloto en gran cantidad de países, donde el monopolio de las comunicaciones pone trabas a su desarrollo debido a los niveles de competencia que posee esta tecnología frente al ADSL. En la figura 10 se muestra un mapa donde la presencia de esta tecnología es piloto en la mayoría

de los países. Sólo en Alemania y en España se ha explotado comercialmente, por ejemplo, Endesa en España, a través de PLC Net Factory.

Para la tecnología PLC hay normas definidas y aplicadas: seguridad eléctrica —EN 60950—, emisión de radio disturbios —EN 55022 class A—, susceptibilidad ESD —EN 61000-4-2 (level 4)—, susceptibilidad irradiada —EN 61000-4-3 (level 3)—, EFT/Burst —EN 61000-4-3 (level 3)—, Input surge —EN 61000-4-3 (level 3)—, disturbancia conducida —EN 61000-4-3 (level 2)—.

Existen dos grandes bloques estandarizados de esta tecnología, uno es el bloque europeo, y otro, es el americano, la figura 11 muestra este escenario. Puede observarse que entre las instituciones que participan en esta estandarización se encuentran el FCC, Home Plug Alliance, PLC Fórum, CENELEC, ETSI y el CEI-CISPR.

Sin embargo, el liderazgo mundial logrado por DS2 —fabricantes del

chip para PLC radicados en Valencia, que han alcanzado velocidades cercanas a los 200 Mbps— ha hecho que muchos fabricantes adopten en sus diseños este chip que va en los módems PLC y ha impulsado la estandarización de estos sistemas.

El PLC es una tecnología de acceso que puede contemplar la conocida “Última Milla” y también las “Últimas Yardas”. No existe una solución general. En muchas ocasiones, la mejor solución para una ubicación específica puede ser utilizar el PLC desde la baja tensión, desde la media tensión, o utilizarlo en combinación con otras tecnologías. Algunas de estas arquitecturas de implementación se muestran en la figura 12:

a) Utilización del PLC desde la Baja Tensión con transporte por Fibra Óptica.

b) Utilización del PLC desde la Media Tensión y acceso al edificio con la Baja Tensión.

c) Utilización de la Media Tensión en combinación con tecnologías WiFi.



Figura 10 Presencia Mundial de la Tecnología PLC

La solución del inciso “c” es útil en lugares donde existen altos niveles de ruido, que serían minimizados al no usarse la red de baja tensión.

Los diseños de las redes eléctricas también tienen notable incidencia en la implementación del PLC, por ejemplo en el continente americano, incluso en nuestro país, las redes eléctricas están configuradas por rutas (Figura 13), mientras que en Europa es muy usual ver las redes de media tensión en anillos (Figura 14).

Sin dudas la tecnología PLC tiene un futuro seguro pues garantiza el acceso con un nivel que no alcanza la red telefónica, disminuye sensiblemente los costos de las inversiones y brinda la posibilidad de acceder a la banda ancha a aquellos que por su ubicación geográfica se mantienen aislados del desarrollo tecnológico, de ahí su conocido *slogan* “Espera y verás, cualquier enchufe eléctrico será un acceso a la Banda Ancha”. Esta situación, además, se

respalda con los equipos eléctricos de nueva generación, que requieren del acceso a Internet para realizar sus complejas actividades, por ejemplo, el refrigerador Internet, la lavadora de ropas Internet, etc.

Este sistema brinda a hoteles las posibilidades de ofertar Internet a alta velocidad, video en demanda e, incluso, el servicio telefónico con el uso de una red única, la red de distribución eléctrica de la edificación, que minimiza los costos y el

Figura 11 Escenario de estandarización del PLC

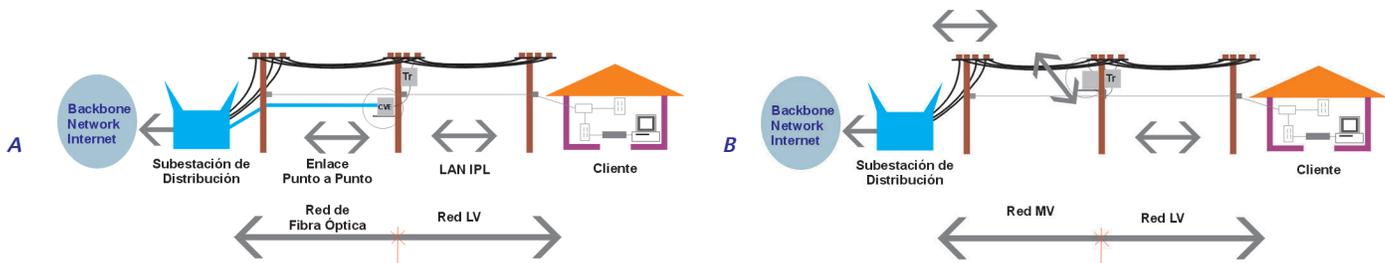
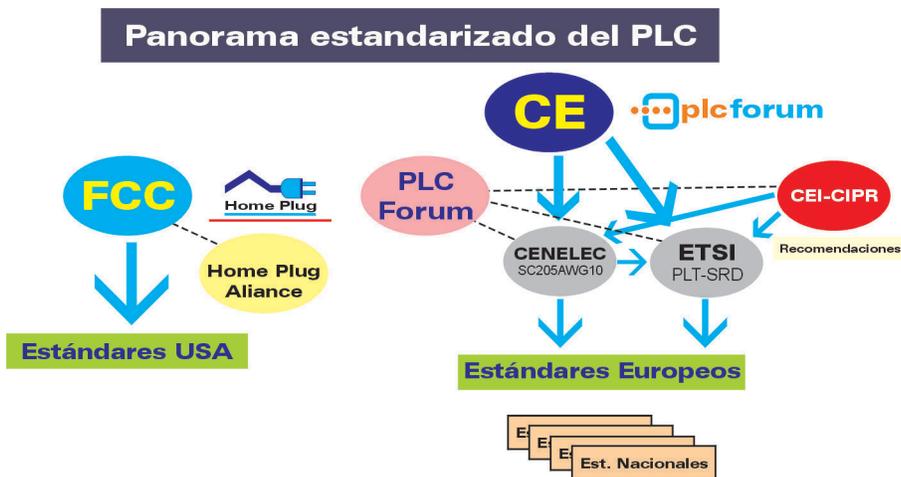
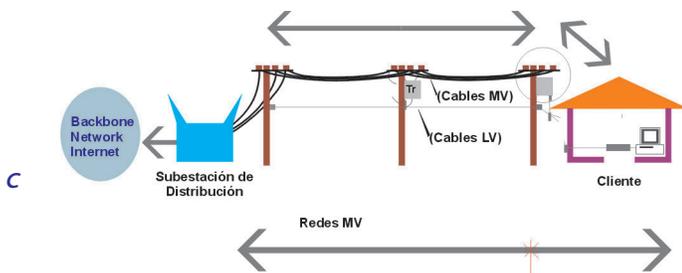


Figura 12 Posibles arquitecturas en una solución PLC



mantenimiento hotelero, y ofrece una elevada flexibilidad en los servicios con facilidades de gestión remotizada IP.

Soluciones similares a las de los hoteles pueden ser ofertadas en escuelas, médicos de familias, farmacias, etc., y sobre todo, en aquellos lugares donde ETECSA no tiene presencia de sus redes o

están muy limitadas, pueden ser una solución de soporte a la gran obra de conectividad social en la cual ETECSA tiene la responsabilidad de buscar soluciones técnicas y a la vez con un mínimo de inversiones.

Es importante reiterar que no existe una solución única y que cada lugar puede tener una

solución particular en la que coexistan más de una tecnología. En la figura 15 se muestran algunas de las posibilidades del PLC:

- a) Solución de distribución interior.
- b) VoIP y datos desde la red de baja tensión.
- c) Soluciones para ambientes rurales desde la media tensión. ▀

Figura 13 Red de Media Tensión constituida por rutas —típica en el continente americano—

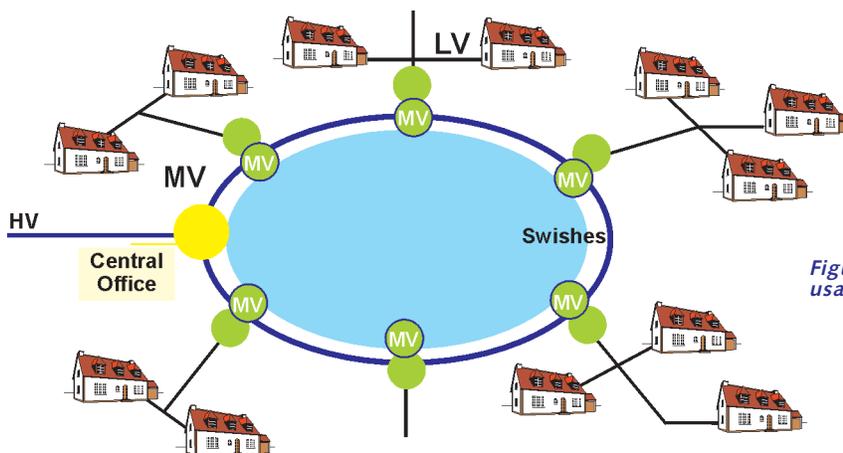
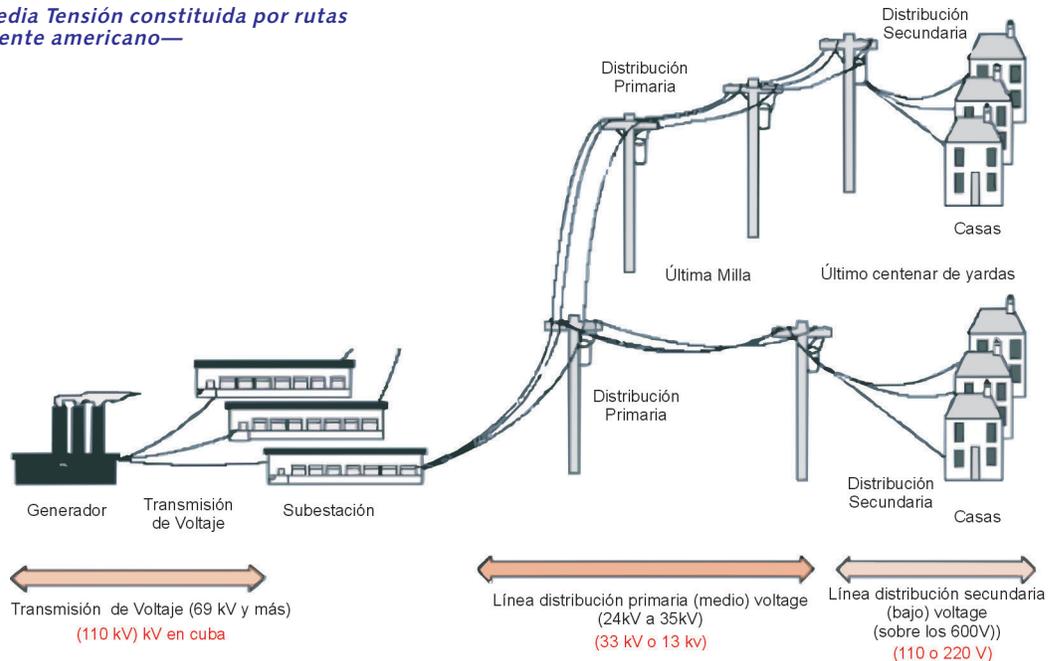


Figura 14 Red de Media Tensión en Anillo, muy usada en el continente europeo

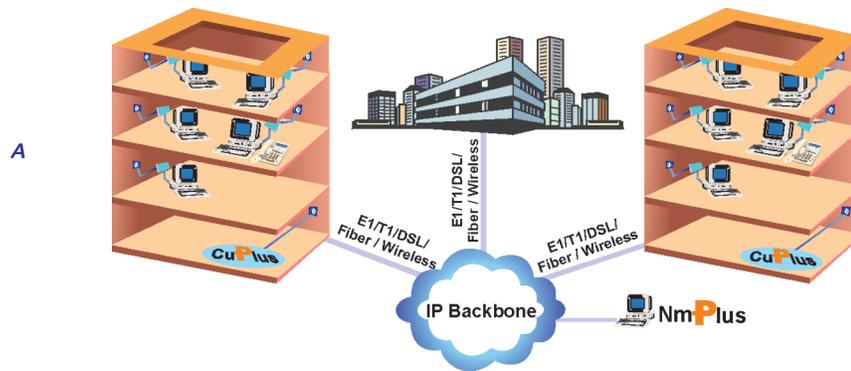


Figura 15 Posibles soluciones con el empleo de la tecnología PLC



Bibliografía

Disponible en: <http://www.plcendesa.com>
 Disponible en: <http://www.ebapl.com>
www.ds2.es
 Disponible en: <http://www.6power.org>
 Disponible en: <http://www.iberdrola.com>
 Disponible en: <http://www.packardbell.com>
 Disponible en: <http://www.chipidea.com>
 Disponible en: <http://www.ilevo.com>

Disponible en: http://www.enel.it/gruppo/gr_it.ht
 Disponible en: <http://www.dimat.com>
 Disponible en: <http://www.etsi.org>
 Disponible en: <http://www.cenelec.org>
 Disponible en: <http://www.fcc.gov>
 Disponible en: <http://www.cept.org>
 Disponible en: <http://www.homeplug.org>
 Disponible en: <http://www.iec.ch>
 Disponible en: <http://www.mainnet.com>

Notas del Editor:

1. Este trabajo fue presentado a importantes suministradores —Ascom y DS2— y en el Evento Internacional de CITMATEL. Ha sido felicitado por su estudio y la recopilación de información realizada.
 2. Algunas de las figuras que aparecen en este artículo han sido seleccionadas de sitios web visitados, donde

se encontró información variada sobre el tema, y el autor ha decidido mantener los textos en inglés por respeto a la fuente.
 3. La bibliografía de los aspectos técnicos del PLC es escasa; en cambio, sí predomina una bibliografía comercial. Por este motivo, el autor ha decidido mencionar, de manera

genérica, las páginas Web estudiadas de donde fue seleccionada la información que aparecía dispersa. También se valió del intercambio con especialistas de ENDESA que le facilitaron información valiosa para la realización de este artículo.