

Las posibilidades de una Red de Acceso Híbrida GPON-BPL en la informatización de la sociedad

Por Ing. Luis Enrique Conde del Oso, Jefe de Grupo Estructura de la Red, Departamento de Planeamiento Estratégico, Vicepresidencia de Desarrollo y Tecnología, ETECSA
luis.conde@etecsa.cu

Introducción

Actualmente existe un conjunto de nuevos servicios soportados sobre el protocolo IP, algunos de los cuales exigen un mayor ancho de banda a la red en relación con otros más tradicionales. Por otro lado, el usuario está dispuesto a pagar por los servicios sin darle mucha importancia sobre qué tecnología se basan, siempre que cumplan las expectativas de calidad y tengan un precio razonable.

Entre los servicios tradicionales se encuentran la navegación en Internet a altas velocidades, telefonía IP, descarga de videos, etc. Sin embargo, se incorporan servicios de IPTV, en las modalidades de Broadcast TV y Video Bajo Demanda, y otros como Videovigilancia y Juegos Interactivos en Red, que exigen requerimientos de anchos de banda altos y la implementación de la Calidad de Servicio porque la mayoría son en tiempo real. En la figura 1 se muestran diferentes ejemplos de estos servicios incorporados en una cartera de productos y servicios de operadores de telecomunicaciones.

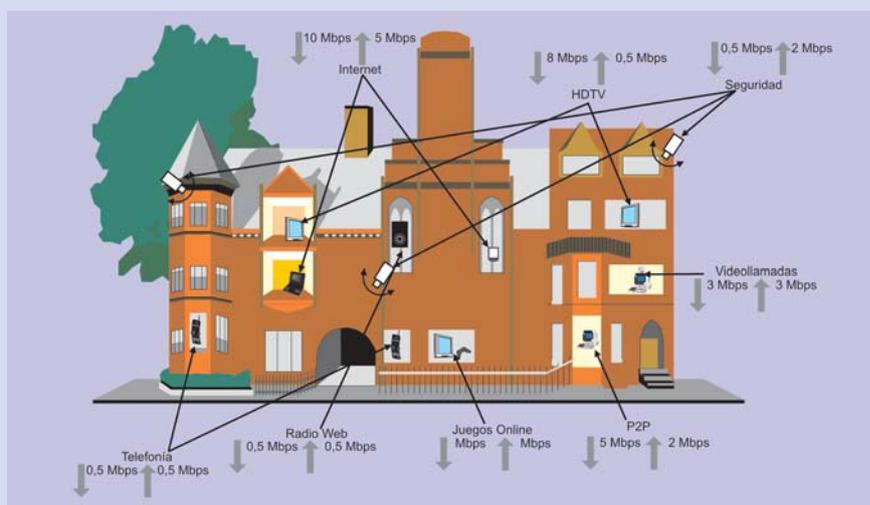


Figura 1 Variedades de los nuevos servicios. (Fuente: Tecnom).

Para Cuba, sin dudas, esto conllevaría a una transformación de la red de acceso al usuario actual, que debe migrar de una red de banda estrecha orientada fundamentalmente al servicio telefónico básico a una red multiservicio de banda ancha.

En general, al hogar de los usuarios llegan 2 tipos de redes separadas actualmente y sobre las cuales se soportan diferentes servicios. Estas redes pudieran converger en una sola red y brindar una gran variedad de servicios (Figura 2). En el ámbito doméstico, esta red integrada es la red eléctrica de bajo voltaje que, unida a una red de acceso pasiva de fibra óptica, sería la alternativa que se pretende analizar con profundidad en este artículo.

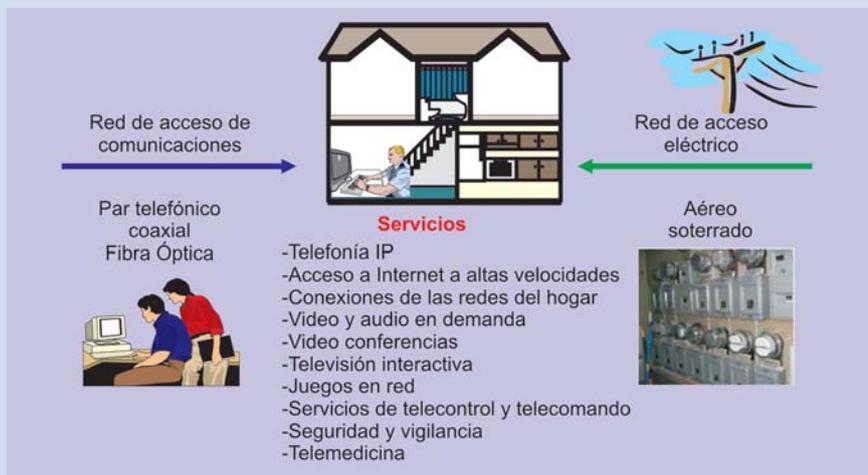


Figura 2 Servicios sobre una Red de Acceso Integrada. (Fuente: ETECSA).

Desarrollo

Características de una Red de Acceso de Banda Ancha sobre Líneas Eléctricas

A estas redes se les conoce como redes PLC —*Power Line Communications*—, BPL —*Broadband over Power Lines*— o PLT —*Power Line Telecommunications*—; sin embargo, no son más que redes de acceso de banda ancha que son transportadas sobre infraestructuras eléctricas ya existentes, las cuales tienen un alto nivel de capilaridad, muy superiores a las redes de telecomunicaciones y capaces de soportar los servicios actuales que ofrecen los operadores de telecomunicaciones al aportar, además, nuevos servicios de monitoreos de los centros de transformación de las redes eléctricas que pudieran incorporarse a la cartera de servicio de este operador.

Este tipo de redes de banda ancha posee tres capas fundamentales: la capa de interconexión con otras redes, la capa de acceso al hogar y la capa de servicios dentro del hogar (Figura 3).

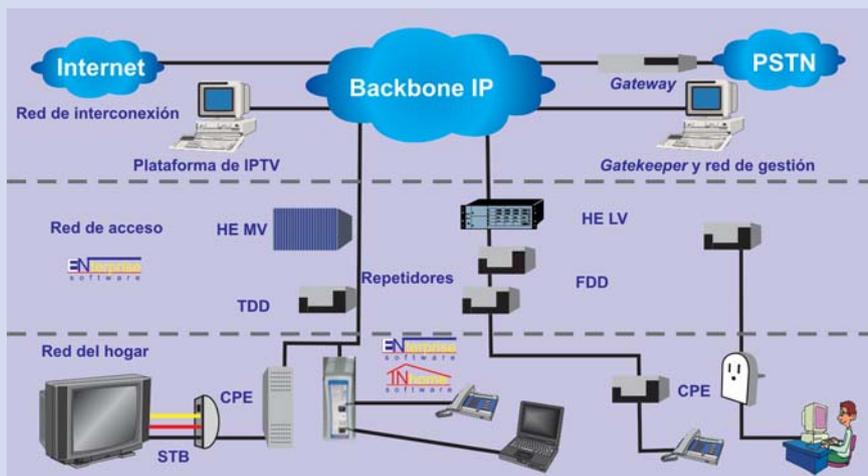


Figura 3 Capas de una red de acceso *powerline* de baja tensión. (Fuente: ETECSA).

De modo general, estas redes son diseñadas teniendo en cuenta una serie de normas; pueden citarse las siguientes:

- ♦ Seguridad eléctrica: EN 60950.
- ♦ Emisión de radio disturbios: EN 50022 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).
- ♦ Estándar P1901 para los sistemas BPL.IEEE.
- ♦ Estándar G.hn, Recomendación G.9960, UIT-T.

Es importante mencionar que este tipo de infraestructura podría generar acuerdos de interconexión entre un operador de telecomunicaciones y un operador eléctrico, que deben ser normalizados por la entidad reguladora del país y, en consecuencia, podría aportar, a ambas partes, oportunidades económicas significativas que se resumen en la figura 4.

Telco / ISP	Empresas eléctricas
<ul style="list-style-type: none"> ♦ Solución económica de Última Milla <ul style="list-style-type: none"> -Infraestructura disponible en cualquier sitio y en todo momento -No hay necesidad de nuevos servicios costosos -Instalaciones muy rápidas ♦ Ganancias adicionales generadas por la venta de aplicaciones de celdas inteligentes tanto para las empresas como para hoteles e inmobiliarias 	<ul style="list-style-type: none"> ♦ Nuevas oportunidades de negocios <ul style="list-style-type: none"> -Telecontrol de alumbrado público -Video vigilancia remota y seguridad ♦ Disminución de los costos de instalación y operación de las redes ♦ Aplicación de celdas inteligentes ♦ Automatizaciones de procesos, por ejemplo, AMR

Figura 4 Oportunidades para los operadores de telecomunicaciones y las empresas eléctricas. (Fuente: Corinex).

Actualmente, la mayoría de estas empresas obtienen ventajas sustanciales y, a la vez, requieren de elementos vitales en esta nueva modalidad de negocio a partir de las potencialidades de sus redes y de su experiencia en los servicios con los usuarios (Figura 5).

<p>Telco / ISP</p> <p>Tienen</p> <ul style="list-style-type: none"> ♦ Relaciones con los usuarios telefónicos -Experiencia en proveer estos servicios -Nueva idea de servicios, (por ejemplo, IPTVC) -Experiencia en la operación de redes <p>Necesitan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Acceso de banda ancha a los hogares -Un precio razonable de acceso a la Última Milla 	<p>Empresas eléctricas</p> <p>Tienen</p> <ul style="list-style-type: none"> -Una gran capilaridad de sus redes con postes sobre los cuales puede colocar equipos y fibra óptica -Existencia de cableado hacia y dentro de los hogares <p>Necesitan</p> <ul style="list-style-type: none"> -Un socio con experiencia en diseñar e instalar redes de datos -Consultaría en la creación de redes, aplicaciones y servicios
---	--

Figura 5 Ventajas y necesidades de esta nueva modalidad. (Fuente: Corinex).

Puede obtenerse la combinación de diferentes tecnologías de acceso con una solución de *powerline*, que pudiera convertirse en una solución ideal para un caso específico donde se desea brindar uno o varios servicios, como se expone en la figura 6.

Solución GPON-BPL

Sin embargo, por las potencialidades que ofrece, la facilidad en los despliegues rápidos y en la recuperación de las inversiones realizadas, es necesario insistir en la solución GPON-BPL. Esta solución que se pretende mostrar no es más que la combinación de tres tecnologías: GPON, BPL y FlexNAP.



Figura 6 Combinaciones de red de acceso con solución *powerline*. (Fuente: ETECSA).

Red Óptica Pasiva

La Red Óptica Pasiva —del inglés, *Passive Optical Network* (PON)— es una tecnología que combina la fibra óptica y los *splitter* ópticos pasivos que permiten:

- ♦ Dividir las señales *downstream*.
- ♦ Combinar las señales *upstream*.

Está estandarizada por la ITU-T (A/BPON, GPON) o IEEE (EPON) y emplea únicamente elementos pasivos entre la central y los módems de usuarios, lo cual introduce la eficiencia del costo de la fibra óptica en el acceso de última milla.

En la figura 7 se observa la interconexión de los elementos que constituyen una solución PON: la Fibra Óptica, el *Splitter*, el OLT —*Optical Line Termination*— y el ONT —*Optical Network Termination*—.

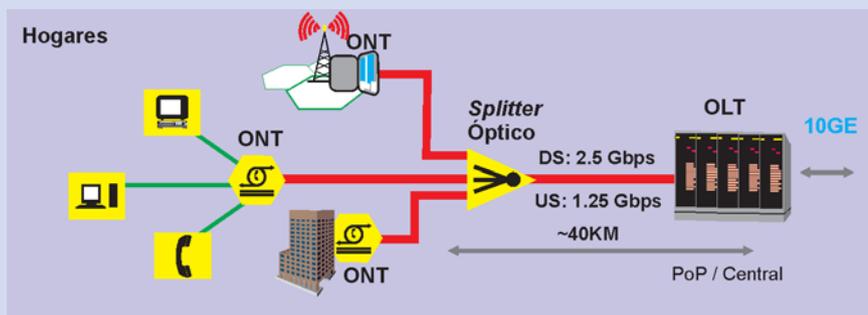


Figura 7 Elementos de una solución GPON hasta el hogar. (Fuente: Corinex).

Esta solución, aunque garantiza un ancho de banda mayor a nivel de usuario, es un recurso cuyo costo de inversión por usuario —del inglés, *Capital Expenditure* (CAPEX)—, es elevado debido, fundamentalmente, a los costos de los ONT a nivel de usuario.

El FlexNAP

Tecnología de fibra óptica pre ensamblada que permite rápidos despliegues y garantiza una gran flexibilidad en los puntos de distribución de los *Splitters*, NAP. Esto facilita el incremento de la red en el futuro con una simple sustitución mecánica del *Splitter* con conector MT y una

pequeña distribución de fibra óptica hasta determinados puntos donde se concentran los usuarios. La figura 8 expone los elementos de la tecnología FlexNAP, los cuales son similares para las versiones aéreas y soterradas.



Figura 8 Elementos de la tecnología FlexNAP. (Fuente: Corning).

Esta tecnología constituye un paso de avance del FTTC —*Fiber to the Curb*— que facilita la transición hacia la FTTH —*Fiber to the Home*—; indudablemente la tendencia futura que exigirán los nuevos servicios de banda ancha.



a- Aéreo.



b- Soterrado

Figura 9 Detalles de una distribución aérea y soterrada de FlexNAP. (Fuente: Corning).

Combinación de las tecnologías GPON- BPL- FlexNAP

Esta combinación permite agrupar las flexibilidades de cada una de estas tecnologías con un considerable ahorro en las inversiones y con precios de operaciones muy bajos, que facilitan un costo mínimo para los usuarios de los servicios al garantizar un retorno de inversión en

tiempo récord; situación difícil de lograr con otros diseños de redes de acceso. Esto se acentúa cuando, dentro del equipo de línea de la tecnología BPL, se integra el ONT de la tecnología GPON y surge, de esta manera, el GPON-BPL (Figura 10).

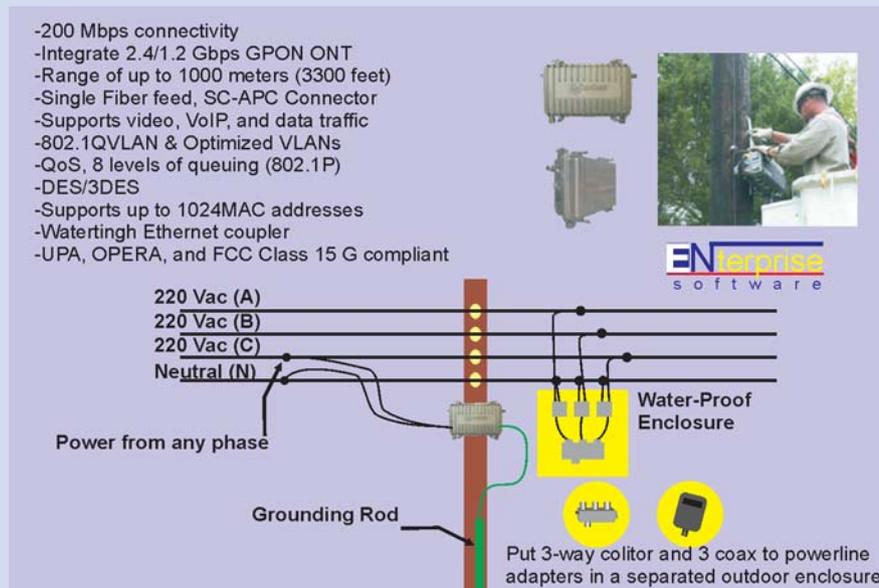
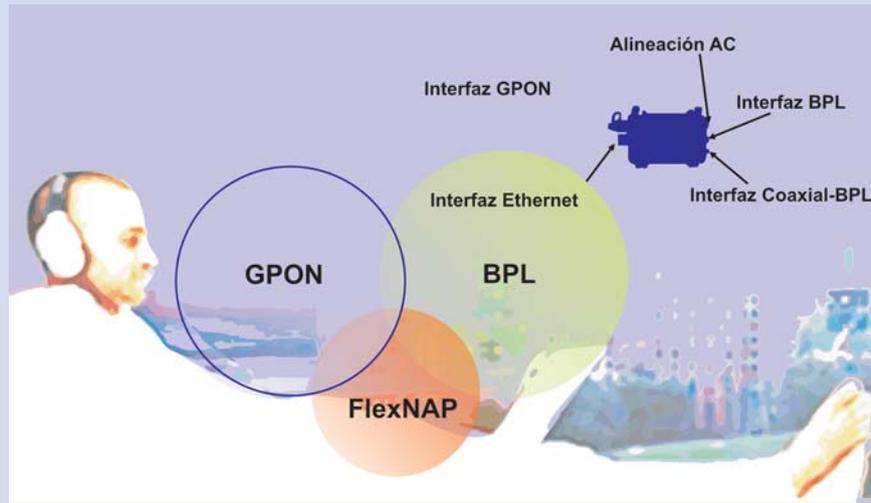


Figura 10 Tecnología GPON-BPL y su interconexión en la red eléctrica. (Fuente: Corinex).

Como se muestra en la figura 11, una solución GPON-BPL utiliza el *Head End BPL* que se alimenta con fibra óptica proveniente del *Splitter* y desde el OLT ubicado en la central e interconectado al *backbone* de datos a través de una conexión GE ó 10 GE.

La distancia desde el OLT hasta el GPON-BPL es de hasta 60 kms, con el láser más costoso o hasta 20 kms, con el láser más económico. Se realiza a través de una Red Óptica Pasiva, sin consumo energético alguno y con Costos de Operación —del inglés, *Operational Expenses* (OPEX)—, muy bajos, lo cual hace que esta solución sea rentable y masiva como se tratará más adelante.

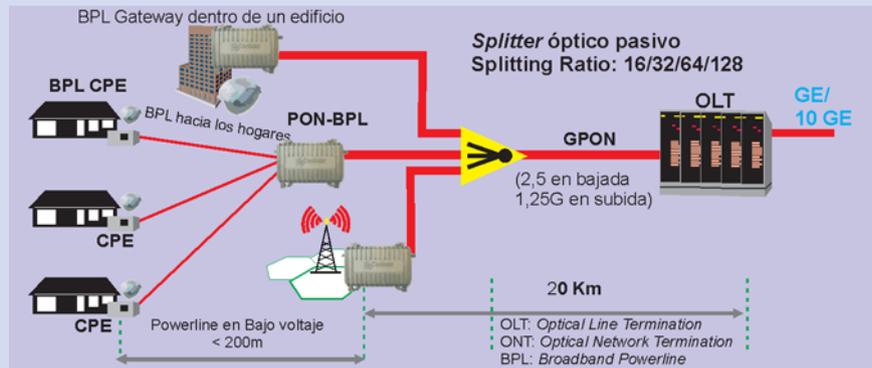


Figura 11 Solución con GPON-BPL-FlexNAP hasta el hogar. (Fuente: Corinex).

Este tipo de solución facilita lo siguiente:

- ♦ La utilización de una Red Óptica Pasiva, desde la central hasta el centro de transformación, que alimenta una celda de hogares interconectados, mediante una red cuyo costo de operación es extremadamente bajo.
- ♦ La coexistencia con terminaciones puras ONT, lo que la convierte en un salida muy avanzada de una solución FTTH del futuro.
- ♦ El Centro de Transformación eléctrico podría convertirse en un usuario más del operador de telecomunicaciones, al lograr ofrecer el servicio de monitoreo a las empresas eléctricas de sus redes y otros servicios avanzados con la incorporación en la casa de los usuarios del contador eléctrico inteligente capaz de ofertar servicio de tele-lectura eléctrica, cambio de tarifas y prepago eléctrico, entre otros.

Por último, se apreciará las potencialidades de masificación del servicio que facilita esta combinación.

La figura 12 presenta un cálculo de un sistema GPON-BPL-FlexNAP con un OLT alimentado a 10 GE y desde el cual sale un cable de 56 fibras ópticas, cada una de ellas conectadas a un *Splitter* de 32 derivaciones de fibra óptica que terminan en un GPON-BPL interconectado en un centro de transformación que tiene 10 usuarios/CT. Si se dispone de un 60 % de penetración del servicio, puede tenerse cubiertos un total de 17920 hogares y, con un factor de penetración del 60 %, se alcanzaría un total de 10752 hogares con servicio instalado a los cuales se les estaría brindando un ancho de banda mínimo garantizado de 10 Mbps y con un *overbooking* de 1:7 de simultaneidad podrían llegar a tener hasta 70 Mbps como máximo. Este ancho de banda permite recibir diferentes ofertas de servicios de IPTV y otros que consumen grandes anchos de banda.

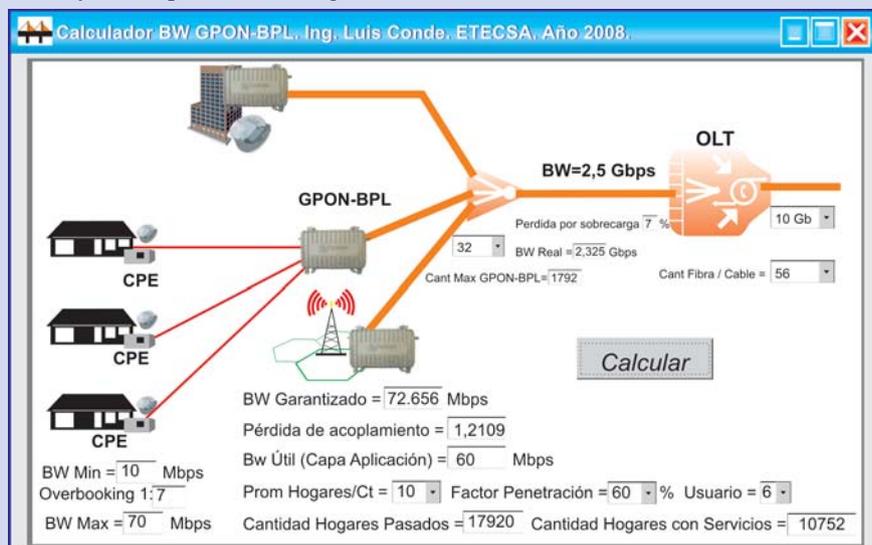


Figura 12 Cálculo de Ancho de Banda mínimo garantizado/usuario. (Fuente: ETECSA).

Ejemplo en un entorno urbano

En un entorno urbano, se trazarían las celdas de los hogares que se alimentan desde un mismo Centro de Transformación para tener, en cada uno, una terminación de fibra desde el *Splitter*, que se enlaza a un equipo GPON-BPL interconectado al Centro y, desde allí, la señal viajaría a través de la acometida eléctrica hasta cada uno de los enchufes eléctricos donde se conecta el módem CPE del usuario (Figura 13). Obsérvese que cada celda se alimenta con un Modo diferente de manera que las celdas contiguas no se interfieran.

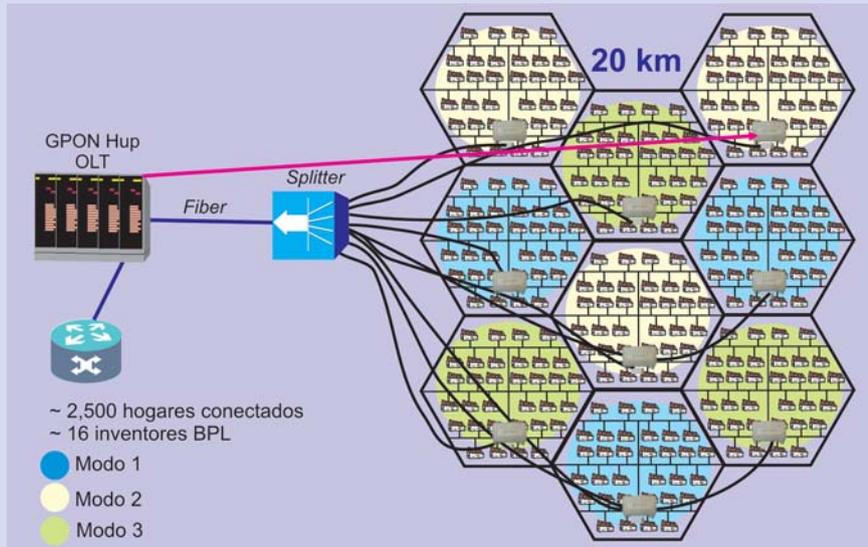


Figura 13 Diseño de un entorno urbano con GPON-BPL y FlexNAP. (Fuente: Corinex).

Es conveniente apuntar que si se sitúa en casa de los usuarios un contador eléctrico inteligente, este podría servir de soporte a varios servicios de la empresa eléctrica, además de ser un punto de repetición de los servicios del operador de telecomunicaciones, lo cual duplica los alcances de la señal dentro de la casa del usuario del servicio.

Análisis económico comparativo

Se ofrece un breve análisis económico comparativo entre distintas tecnologías de acceso para un mismo escenario de servicio. Por ejemplo, el CAPEX y el OPEX de una tecnología a explotar dependen fuertemente de la cantidad de usuarios totales en la inversión realizada. Por otro lado, la recuperación de esta inversión dependerá de la tarifa mensual que paga el usuario por el servicio. A continuación se presenta una comparación entre diferentes tecnologías de acceso para un escenario de 1,500,00 hogares pasados con un factor de penetración del servicio de un 20 % y una Tarifa Plana del servicio de solo 10 Euros mensuales y sus posibles BW mínimos / usuarios.

El resultado obtenido se recoge en la figura 14, y son datos reales obtenidos de un operador europeo.

Tecnología de acceso	CAPEX / Usuario	PEX / Usuario	BW / Usuario	Costo total (1,500,000 Usuarios / 5 años)
GPON - BPL	237,84 €	17,26 €	24 Mbps	€ 486,210,000.00
ADSL	45,19 €	81,80 €	10 Mbps	€ 681,285,000.00
BPL	60,78 €	16,70 €	0,5 Mbps	€ 216,420,000.00
FTTH	1457,38 €	10,82 €	100 Mbps	€ 2,267,220,000.00

Figura 14 Valores de CAPEX/Usuario y OPEX/Usuario. (Fuente: Corinex).

Si se realiza un estudio sobre el tiempo de recuperación de la inversión, a partir del pago a tarifa plana/ usuario, se obtendrían los siguientes resultados (Figura 15).

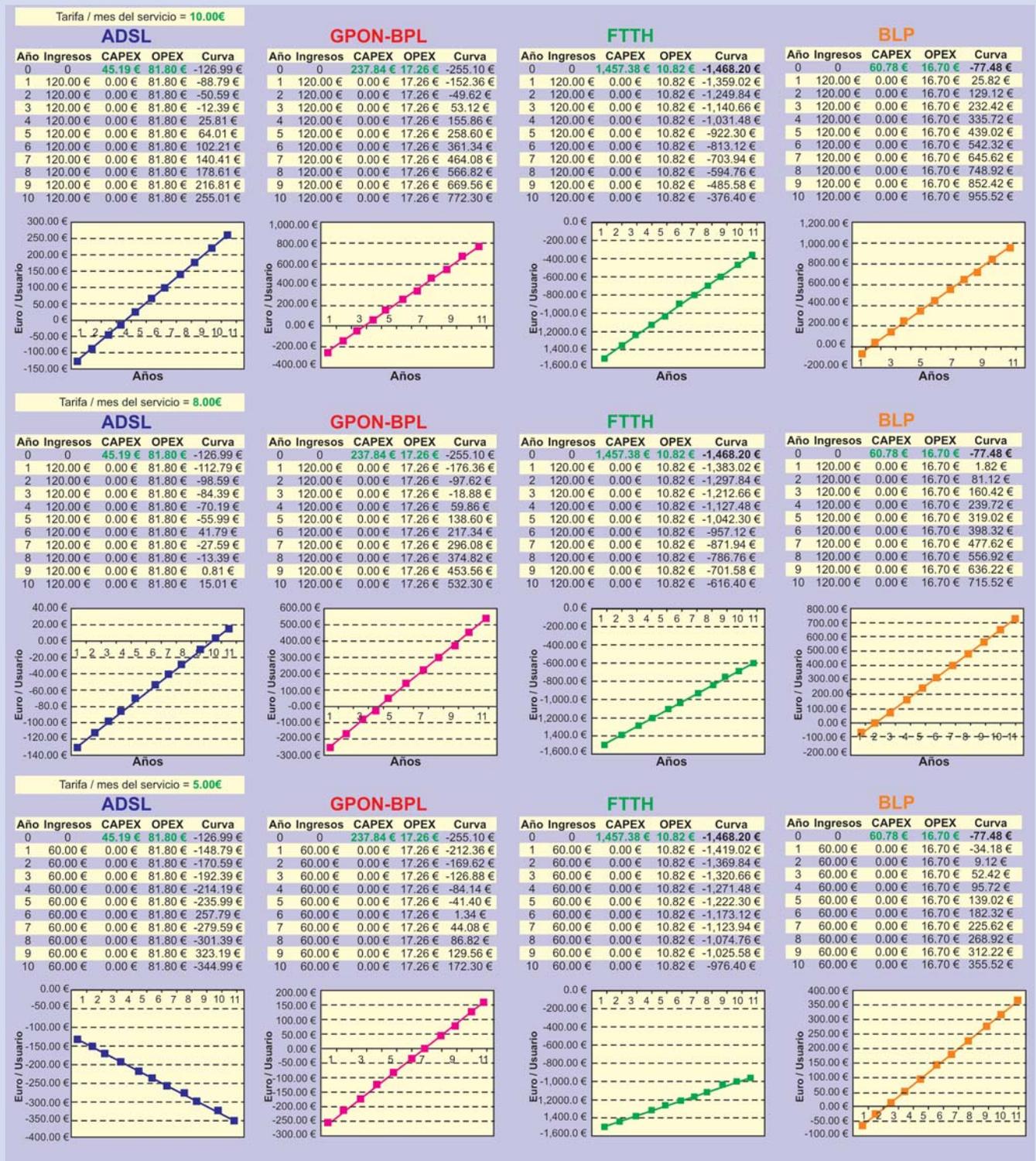


Figura 15 Recuperación de la inversión por tecnologías con tarifas planas por usuario de 10 •, 8 • y 5 • mensual por el servicio. (Fuente: ETECSA).

En esta figura se observa cómo la tecnología GPON-BPL, debido a sus bajos costos de OPEX, por estar soportada en una Red Óptica Pasiva, permite brindar el mismo servicio con precios más bajos para el usuario. Con esto se logran tiempos de recuperación de la inversión inferiores a los 5 años, lo cual constituye un buen indicador para las tecnologías cuyo tiempo de vida medio es de 10 años.

Un ejemplo sintetizado de los resultados gráficos vistos anteriormente, cuando el usuario paga una tarifa plana de 5 €/mensuales, se resume en la figura 16 donde a través de la tecnología GPON-BPL se recupera la inversión a los 7 años; sin embargo, con la tecnología ADSL no se recuperaría nunca la inversión, debido a los altos costos de operación.

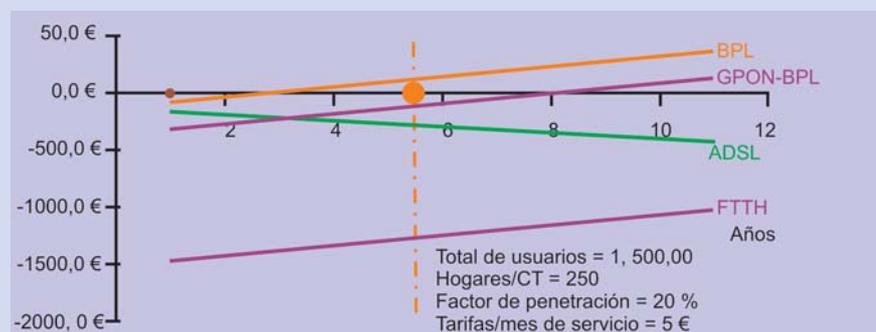


Figura 16 Recuperación de la inversión en las tecnologías con una tarifa plana de 5 €/mes por usuario. (Fuente: Corinex).

Por otra parte, se debe insistir en las nuevas oportunidades de acciones con las empresa eléctricas, en las potencialidades de monitoreo y control de las redes eléctricas, que constituirían, sin dudas, un importante logro en la revolución energética. La figura 17 muestra un contador eléctrico inteligente y los posibles servicios para la empresa eléctrica.

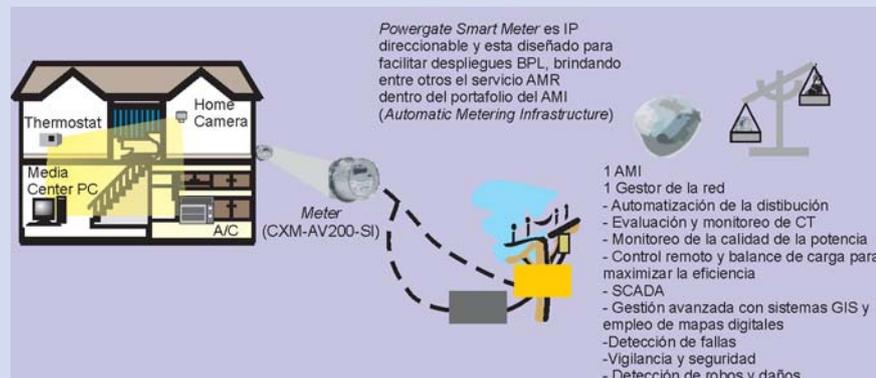


Figura 17 Monitoreo de los Centros de Transformación y posibles servicios de la empresa eléctrica. (Fuente: Corinex.)

Aunque en esta última figura se aprecia que la solución BPL pura es la que tiene un tiempo de recuperación de la inversión más bajo, también es la que posibilita un ancho de banda mínimo por usuario menor —alrededor de 500 kbps en el escenario en estudio—. En consecuencia, posee una importante limitación en el ancho de banda, debido a que el uso del BPL como *backbone* tiene las siguientes limitaciones:

- 1-Disponibilidad restringida actualmente a 200 Mbps —a pesar de que al final del 2008 se duplicara para alcanzar los 400 Mbps—.
- 2-Costo elevado de los equipos y acopladores de media tensión.
- 3-Dificultades en el mantenimiento de los equipos de media tensión.

4-Limitaciones en el número de *MAC Address* —*Media Access Control Address* / Dirección de Control de Acceso al Medio— como *bridge*, según el tipo de *chip* empleado, que circunscribe las dimensiones de los dominios de *broadcast*.

Con una tarifa plana de 5 euros al mes, tecnologías como el ADSL no se recuperarían jamás, pues sus costos de Opex son muchos más altos, mientras que con el GPON-BPL la recuperación de la inversión se trasladaría sólo 2 años más, con esta misma tarifa, por los servicios.

Otro aspecto a considerar son los anchos de banda mínimos garantizados por usuario por tipo de tecnología y que hace al GPON-BPL un escalón hacia el futuro FTTH con valores de costos muy adecuados, que permiten, además, la coexistencia en este tipo de solución de usuarios aislados en FTTH y con plena compatibilidad hacia esa solución futurista.

Conclusiones

No existen soluciones únicas. En muchas ocasiones, la combinación adecuada de tecnologías de acceso pudiera brindar la solución óptima para los tipos de servicios que se desean ofrecer y las exigencias de ancho de banda apropiados por usuarios requeridos.

En una red donde convergen varios servicios, indudablemente se produce la disminución de los costos de operación, capacitación, entre otros, que constituye un indicador financiero importante a tener en cuenta.

Los ahorros energéticos logrados con tecnologías de acceso pasivas capaces brindan grandes anchos de banda al usuario final, lo que permitirá recibir disímiles servicios de banda ancha con gran repercusión en diferentes esferas sociales, tales como la educación, la cultura, salud pública y en el entretenimiento sano de la población.

Se ha insistido en la importancia del análisis correcto de una tecno-

logía y sus variables de inversión —en específico, el estudio del Capex y del Opex pues, a veces, se considera sólo el Capex para evaluar el costo por línea de una solución sin examinar los costos anuales de operación—, en un período de 5 años de explotación y, finalmente, con una evaluación integral de ambos factores. Muchas entidades buscan soluciones menos costosas sin tomar en consideración que, en ocasiones, se enfrentan a más limitaciones y se exponen a marcadas incompatibilidades en relación con las exigencias futuras de los nuevos servicios. 

Bibliografía

- [1] Manual de Usuario TOYOCOM, julio, 2004.
- [2] Informe Técnico de la Instalación en el Aparthotel Montehabana. Ing. Luis Enrique Conde del Oso. La Habana, ETECSA, marzo, 2006.
- [3] Prueba de aceptación del Piloto PLC del Vedado Ing. Luis Enrique Conde del Oso. La Habana, ETECSA, noviembre, 2005.
- [4] Informe sobre la instalación del PLC en la ESBU Rubén Martínez Villena. Ing. Luis Enrique Conde del Oso. La Habana, ETECSA, octubre, 2005.
- [5] Informe de instalación e integración del PLC – WiMAX. Ing. Luis Enrique Conde del Oso. La Habana, ETECSA, febrero 2006.
- [6] Informes de MTGR de la UN Datos del ADSL del Aparthotel Montehabana. La Habana, ETECSA, marzo, 2006.
- [7] Guía de Usuario de Analizador de Espectro PLC PROMAX, enero 2006.
- [8] Informe Técnico de Mediciones efectuadas por la ACS del Ministerio de la Informática y las Comunicaciones. La Habana, ETECSA, abril, 2006.
- [9] Reference Specifications for Power Line Communications Equipment. IDA Singapore, agosto, 2003. <http://www.ida.gov.sg>, págs. 5 y 6. (acceso noviembre 15, 2008).
- [10] Reference Manual Mitsubishi PLC, noviembre 2005.
- [11] Corinex Passive Optical Network and Broadband over Powerline Technology Brief. Corinex Communications Corp, marzo, 2008.
- [12] GPON-BPL Hybrid Solution for Triple Play, Corinex-OCCAM, julio, 2008.
- [13] Manual Corinex AV200 Enterprise Powerline Ethernet Adapter. Corinex, junio, 2005.
- [14] Professional MDU, Installation and User Manual. Corinex Communications Corp., octubre, 2006.
- [15] Presentaciones realizadas por Corinex. Ciudad de La Habana, febrero, 2006.
- [16] Informe Instalación PLC-Corinex. Ing. Luis Enrique Conde del Oso. La Habana, Dirección Territorial Granma, ETECSA, octubre, 2008.
- [17] La Nueva Generación de las *Power Line Communication* en el Servicio Triple Play. 1^{er} Seminario Internacional de Telecomunicaciones por Líneas de Potencia Eléctrica. Riobamba, Ecuador, 2008. Trabajo presentado por el Ing. Luis Enrique Conde del Oso.
- [18] Estándar IEEE P1901 para *Broadband over Power Line* (BPL).
- [19] Recomendación UIT-T G.9960 (G.hn).