

# Tecnologías de banda ancha por fibra óptica

Ramón Jesús Millán Tejedor

[www.ramonmillan.com](http://www.ramonmillan.com)

## 1. Introducción

El **par de cobre** lleva más de 120 años proporcionando servicios de telecomunicaciones a los usuarios residenciales, pero se ha quedado anticuado. La fibra óptica es el medio de transmisión más avanzado y el único capaz de satisfacer los revolucionarios servicios de las **redes de nueva generación o NGNs (Next Generation Networks)**. Las ventajas de la **fibra óptica** son muchas: mayores anchos de banda, mayores distancias desde la central hasta el abonado, inexistencia de interferencias electromagnéticas, mayor seguridad, mayor facilidad de instalación, etc. Además, la reducción de repetidores y otros dispositivos supondrán menores inversiones iniciales, menor consumo eléctrico, menor espacio, menos puntos de fallo, etc.

Tradicionalmente, el principal inconveniente de la fibra óptica era su precio; sin embargo, a día de hoy las economías de escala y experiencia acumulada, han permitido que la viabilidad económica de la fibra y los componentes ópticos sea una realidad. Aunque tender fibra hasta el hogar pueda suponer una fuerte inversión inicial en obra civil y fibra (CAPEX), ésta podrá ser rápidamente amortizada a través de la reducción de los gastos de mantenimiento (OPEX) respecto a la infraestructura actual de cobre y a los mayores ingresos por los nuevos servicios que se pueden ofrecer.

La fibra óptica está de “moda” y no deja de aparecer en la prensa diaria nacional e internacional. Los gobiernos de todas las naciones reconocen la necesidad de desplegar redes de fibra óptica para mejorar la competitividad de sus economías. A pesar de la crisis económica, los principales operadores de telecomunicaciones del mundo, junto a municipalidades, eléctricas e incluso constructoras, han comenzado, a menor



o mayor ritmo según el país, el despliegue de redes de acceso por fibra óptica. Según datos de la OCDE (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico) [[www.oecd.org/sti/ict/broadband](http://www.oecd.org/sti/ict/broadband)] de junio de 2009, el número de usuarios de banda ancha en el mundo era de 271 millones, empleando alrededor del 9% de ellos conexiones de fibra óptica FTTx. Sin embargo, la penetración por países está muy desproporcionada. Así, por ejemplo, el 51% de las conexiones de banda ancha en Japón son conexiones de fibra. Otros países destacados son Corea del Sur con un 46%, Suecia y Eslovaquia con un 21%, y Dinamarca y Noruega con un 10%. En cambio, en países como España, el porcentaje no alcanza ni el 0,3%, con tímidos despliegues comerciales de Telefónica y GIT (del Principado de Asturias, que ha construido una red abierta a otros proveedores de servicios) principalmente. Así, en España el panorama de la fibra está muy “oscuro”, siendo muchos los factores: la falta de competencia, la falta de incentivos públicos, la crisis de consumo, una regulación que no satisface a ninguno de los operadores, etc. La realidad es que la construcción de redes de fibra, además de crear muchos puestos de trabajo, ayudaría a mejorar nuestra productividad, calidad de vida y eficiencia energética.



Servicios de fibra óptica con GPON de Portugal Telecom.

## 2. Concepto de FTTH

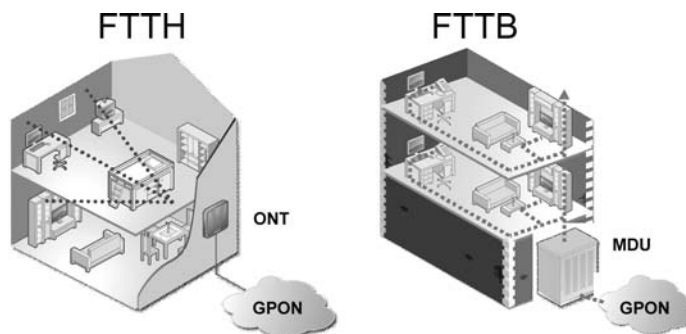
El acrónimo **FTTx** es conocido ampliamente como **Fibre-to-the-x**, donde *x* puede denotar distintos destinos. Los más importantes son:

- **FTTH (home)**. En FTTH o **fibra hasta el hogar**, la fibra llega hasta el interior o fachada de la misma casa u oficina del abonado.

- **FTTB (building)**. En FTTB o **fibra hasta el edificio**, la fibra termina antes, típicamente en un punto de distribución intermedio en el interior o inmediaciones del edificio de los abonados. Desde este punto de distribución intermedio se accede a los abonados finales del edificio o de la casa mediante la tecnología VDSL2 (*Very high bit-rate Digital Subscriber Line 2*) sobre par de cobre o Gigabit Ethernet sobre par trenzado CAT5. De este modo, el tendido de fibra puede hacerse de forma progresiva, en menos tiempo y con menor coste, reutilizando la infraestructura del abonado.
- **FTTN (node o neighborhood)**. En FTTN o **fibra hasta el vecindario**, la fibra termina más lejos de los abonados que en FTTH y FTTB, típicamente en las inmediaciones del barrio.

Existen varias soluciones tecnológicas para ofrecer FTTx. Estas opciones suelen ser divididas en dos amplias categorías: **PON (Passive Optical Networks)**, que no requiere de componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador, y **ASON (Active Optical Network)**, donde hay instalados componentes electrónicos activos entre el usuario final y la central del operador. Las tecnologías **PON (Passive Optical Networks)** y, en especial **GPON (Gigabit PON)**, son las que más atención han suscitado, pues al no requerir de dispositivos electrónicos u optoelectrónicos activos para la conexión entre el abonado y la central, suponen una inversión y unos costes de mantenimiento considerablemente menores que las tecnologías ASON.

La **selección de la tecnología de fibra óptica y arquitectura** adecuada depende de varios factores: disponibilidad y calidad de cobre en esa área, densidad de usuarios, estado competitivo o de colaboración con otros operadores, qué servicios y ancho de banda se quieren ofrecer, cuantía de inversión disponible y periodo de retorno aceptable, entorno regulatorio, etc.



Escenarios de fibra hasta el hogar y hasta el edificio.

### 3. Características de GPON

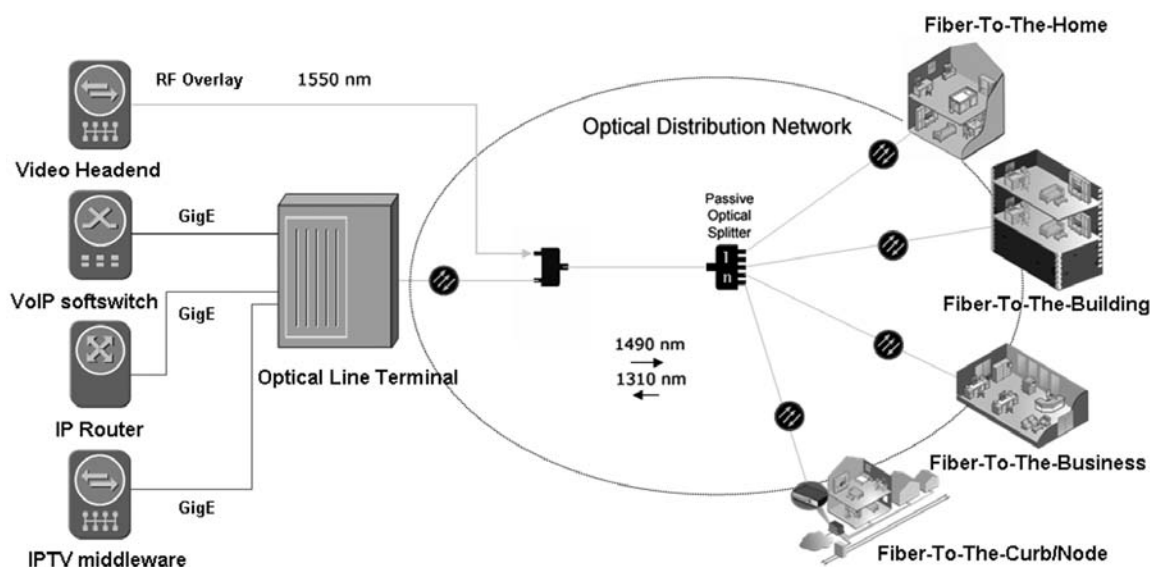
En la primavera de 1995 se formó el **FSAN (Full Service Access Network)** [[www.fsanweb.org](http://www.fsanweb.org)], con el fin de promover estándares mediante la definición de un conjunto básico de requerimientos y, de este modo, mejorar la interoperabilidad y reducir el precio de los equipos PON. Las especificaciones de PON del FSAN, formado por los principales operadores y suministradores de equipos de telecomunicación y medida del mundo, reflejan las necesidades y el consenso de sus miembros, y son transmitidas al ITU-T para su estandarización. El **Broadband Forum** [[www.broadband-forum.org](http://www.broadband-forum.org)], que tradicionalmente lideraba las especificaciones e interoperabilidad de las tecnologías DSL, también ha comenzado a trabajar con GPON. El **ITU-T (International Telecommunications Union - Telecommunication sector)** [[www.itu.int](http://www.itu.int)] empezó a trabajar en la estandarización de GPON (*Gigabit Passive Optical Network*) en el año 2002.

GPON ofrece mejoras notables sobre sus tecnologías PON predecesoras, como **APON (ATM PON)** o **BPON (Broadband PON)**, que ofrecían velocidades menores y estaban basadas en ATM, con el problema de costes y complejidad que ello supone. La convergencia en GPON de la voz, datos y vídeo sobre la misma infraestructura IP, significa para las operadoras más ingresos, menos complejidad, más flexibilidad y capacidad para acomodar los servicios actuales y futuros con los que fidelizar a sus clientes, y menor CAPEX y OPEX.

GPON está estandarizado en el conjunto de recomendaciones **ITU-T G.984.x** ( $x = 1, 2, 3, 4$ , etc.).

Las primeras recomendaciones aparecieron durante el año 2003 y 2004, y ha habido continuas actualizaciones y nuevas recomendaciones en años posteriores. La velocidad más utilizada por los actuales suministradores de equipos GPON es de 2,5 Gbps de bajada y de 1,25 Gbps de subida. Sobre ciertas configuraciones se pueden proporcionar hasta 100 Mbps por abonado.

La red de acceso es la parte de la red del operador más cercana al usuario final, por lo que se caracteriza por la abundancia de protocolos y servicios. El método de encapsulación que emplea GPON es **GEM (GPON Encapsulation Method)** que permite soportar cualquier tipo de servicio (Ethernet, TDM, ATM, etc.) en un protocolo de transporte síncrono basado en tramas periódicas de 125  $\mu$ s. De este modo, GPON no sólo ofrece mayor ancho de banda que sus tecnologías predecesoras, es además mucho más eficiente y permite a los operadores continuar ofreciendo sus servicios tradicionales (voz basada en TDM, líneas alquiladas, etc.) sin tener que cambiar los equipos instalados en las dependencias de sus clientes. Además, GPON implementa capacidades de OAM (*Operation Administration and Maintenance*) avanzadas, ofreciendo una potente gestión del servicio extremo a extremo, como: descubrimiento de nuevos usuarios, monitorización de tasa de error, alarmas y eventos, etc. Una de las características clave de PON es la capacidad de sobresuscripción. Esto permite a los operadores ofrecer a los abonados más tráfico cuando lo necesiten y que la red esté con capacidad ociosa, es decir, cuando no haya otros abonados en el mismo PON que están empleando todo su ancho de banda disponible. Esta funcionalidad es denominada ubicación dinámica del ancho de banda



Estructura típica de una red GPON.

o **DBA (Dynamic Bandwidth Allocation)** del PON punto a multipunto.

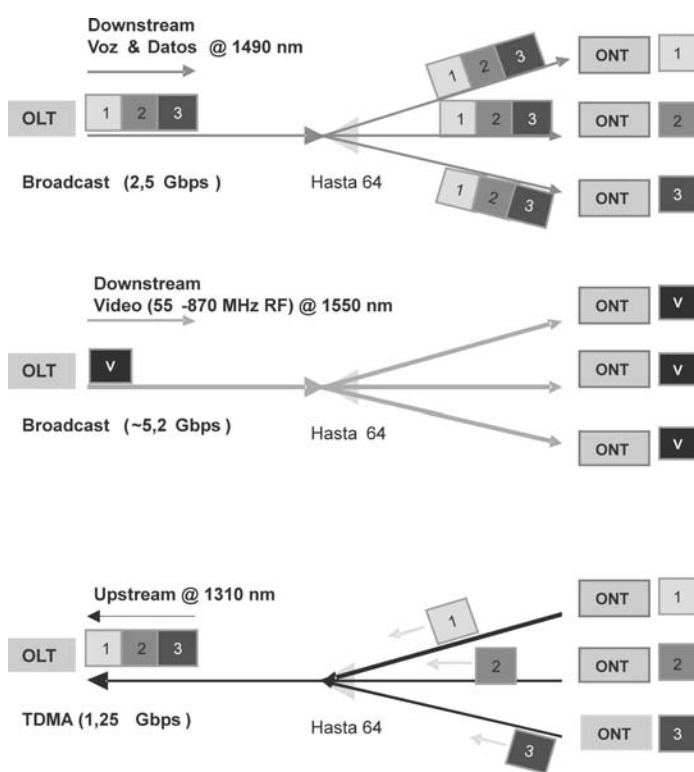
La red de GPON consta de un **OLT (Optical Line Terminal)**, ubicado en las dependencias del operador, y las **ONT (Optical Networking Terminal)** en las dependencias de los abonados para FTTH. En las arquitecturas FTTN/B las ONT son sustituidas por **MDU (Multi-Dwelling Units)**, que ofrecen habitualmente VDSL2 hasta las casas de los abonados, reutilizando así el par de cobre instalado pero, a su vez, consiguiendo las cortas distancias necesarias para conseguir velocidades simétricas (cada vez más importante, pues el usuario residencial se ha convertido en generador de contenidos y, además, permite la interconexión de empresas) de hasta 100 Mbps por abonado. Las empresas a las que se da servicio con GPON pueden ser equipadas con MDU que soportan puertos Gigabit Ethernet, POTS y E1. La OLT consta de varios puertos de línea GPON, cada uno soportando hasta 128 ONT (típicamente hasta 64). Aunque depende del suministrador, existen sistemas que pueden alojar más de 7.000 ONTs en el mismo espacio que un DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*), el equipo de central en las tecnologías xDSL.

Mediante un pequeño divisor pasivo (*splitter*) que divide la señal de luz que tiene a su entrada en varias salidas, el *downstream* (tráfico de bajada) originado en la OLT puede ser distribuido entre los distintos usuarios. Puede haber una serie de divisores pasivos  $1 \times n$  (donde  $n = 2, 4, 8, 16, 32, 64, \text{ o } 128$ ) en distintos emplazamientos hasta alcanzar los clientes. Esto es una arquitectura punto a multipunto, algunas veces descrita como una topología en árbol. Los datos *upstream* (tráfico de subida) desde la ONT hasta la OLT –que son distribuidos en una longitud de onda distinta para evitar colisiones en la transmisión *downstream*– son agregados por la misma unidad divisora pasiva, que hace las funciones de combinador en la otra dirección del tráfico. Esto permite que el tráfico sea recolectado desde la OLT sobre la misma fibra óptica que envía el tráfico *downstream*.

Para el tráfico *downstream* se realiza un *broadcast* óptico, aunque cada ONT sólo será capaz de procesar el tráfico que le corresponde o para el que tiene acceso por parte del operador, gracias a las técnicas de seguridad AES (*Advanced Encryption Standard*). Para el tráfico *upstream* los protocolos basados en TDMA (*Time Division Multiple Access*) aseguran la transmisión sin colisiones desde la ONT o MDU hasta la OLT. Además, mediante TDMA sólo se transmite cuando sea necesario, por lo cual no sufre de la ineficiencia de las tecnologías TDM donde el período tem-

poral para transmitir es fijo e independiente de que se tengan datos o no disponibles.

Como se ha comentado, en una red GPON se asigna una longitud de onda para el tráfico de datos y telefónico *downstream* (1.490 nm) y otra para el tráfico *upstream* (1.310 nm). Además, a través del uso de WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), se asigna una tercera longitud de onda (1.550 nm) que está dedicada para el *broadcast* de vídeo RF. De este modo, el vídeo/TV puede ser ofrecido mediante dos métodos distintos simultáneamente: RF (radio frecuencia) e IPTV. Mediante RF las operadoras de cable –como ONO en España– pueden hacer una migración gradual hacia IPTV. En este caso, las ONT dispondrán de una salida para vídeo RF coaxial que irá conectada al STB (*Set-Top-Box*) tradicional. Con IPTV la señal de vídeo, que es transformada por la cabecera en una cadena de datos IP, se transmite sobre el mismo enlace IP como datos de una mayor prioridad al tráfico de Internet. El STB conectado mediante Gigabit Ethernet al ONT o al RG (*Remote Gateway*) –pasarela residencial–, convertirá de nuevo la cadena de datos IP en una señal de vídeo. Mediante GPON, cuyos equipos incorporan avanzadas capacidades de QoS y *multicast* IP avanzadas, los operadores pueden ofrecer varios canales IPTV de alta calidad de imagen y sonido, incluidos HDTV, así como proporcionar servicios interactivos y personalizados.



Funcionamiento de GPON.

### 3.1. GPON respecto a EPON

GPON es la tecnología preferida en Norteamérica, Latinoamérica, Europa, India y Singapur. En Norteamérica los operadores empezaron hace unos años a desplegar sistemas BPON, pero ya han comenzado la migración a GPON. EPON tiene un gran éxito en Japón y Corea del Sur, donde ha sido desplegado masivamente. En China, Hong Kong y Taiwan se están utilizando ambas tecnologías. GPON, aunque cuenta con menor número de líneas desplegadas actualmente, es seleccionado por cada vez más operadores, por ofrecer mayores funcionalidades estándar de gestión de la calidad de servicio, seguridad, gestión dinámica del ancho de banda, etc.

**EPON (Ethernet PON)** –también conocido como GEAPON– fue definido en la **IEEE 802.3ah** en 2004, unos meses después de GPON, por el grupo EFMA (*Ethernet First Mile Alliance*) del **IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers)** [[www.ieee.org](http://www.ieee.org)]. Como se puede observar, ambas tecnologías han sido estandarizadas por grupos distintos, EPON es del IEEE y GPON de la ITU-T. Otra diferencia clave es que EPON se basa en Gigabit Ethernet frente a GPON, que se basa en GEM.

La menor complejidad y coste de Gigabit Ethernet, permitió a los suministradores de equipos EPON lanzar rápidamente equipos a precios más competitivos que GPON. Sin embargo, actualmente el coste es muy similar y las mayores economías de escala esperadas en GPON durante los próximos años, convertirán a GPON en una tecnología económicamente aún más competitiva.

GPON ofrece notables ventajas respecto a EPON para los operadores de telecomunicaciones. Por ejemplo, además de transportar tráfico de datos nativo, GPON también es capaz de transportar eficientemente y con altas calidades de servicio otros servicios. La gestión y operación y mantenimiento en GPON está estandarizada, empleando los protocolos PLOAM y OMCI. En EPON se emplea Ethernet OAM, por lo cual, las capacidades son muy inferiores y existen muchas adaptaciones propietarias. Así mismo, la velocidad de línea es más baja en EPON, con 1,25 Gbps simétricos, y la eficiencia es también mucho más baja que la de GPON debido a una codificación de línea con mayor sobrecarga y mayores tiempos de guarda. Esto hace que el ancho de banda útil sea mucho mayor en GPON que en EPON, pudiendo así ofrecer un mejor servicio al usuario a un coste menor.

EPON ofrece además menos garantías de evolución futura. Hay muchos más miembros importantes

de la industria en el FSAN, que los del IEEE EFMA. Es decir, hay mucho más respaldo de la industria de fabricantes de componentes y sistemas y de operadores, lo cual augura un mayor éxito de la tecnología. El IEEE no ha definido oficialmente una guía para alcanzar la interoperabilidad ni ha dirigido eventos de interoperabilidad, por lo cual, el grado de interoperabilidad es muy bajo.

Una ventaja de EPON respecto a GPON es que ha sido mucho más rápido en la estandarización de su nueva generación, disponible como **IEEE 802.3av** desde septiembre de 2009. 10 GEAPON es compatible hacia atrás con EPON y ofrece dos alternativas: asimétrica –operando a 10 Gbps *downstream* y 1 Gbps *upstream*– y simétrica –operando a 10 Gbps en ambos sentidos–.

### 3.2. GPON respecto a P2P Ethernet

**EFM (Ethernet First Mile)** es la solución predilecta por municipios, eléctricas o constructoras, que han sido los pioneros en la construcción de redes ópticas en el norte de Europa.

Ethernet FTTH activo se basa en *switches* Ethernet para transportar a alta velocidad voz, datos y vídeo a casas individuales o edificios de viviendas u oficinas. Existen implementaciones donde los *switches* (conmutadores) no tienen por qué estar en cabinas en la calle, sino que pueden estar ubicados en las centrales del operador con una fibra óptica enlazando a cada uno de los abonados. Ethernet activo suele asociarse a la arquitectura donde los *switches* están en la calle y Ethernet P2P (*point to point*) a aquella en la que el equipamiento activo está sólo en las centrales. De estas dos variaciones, la más popular es Ethernet P2P, que tiene un red de distribución óptica pasiva.

Existen varias razones que hacen Ethernet P2P muy atractivo, como: los mayores anchos de banda –100 Mbps o 1,25 Gbps dedicados a cada usuario–, la sencillez y conocimiento del protocolo Ethernet, la facilidad en crear una red de acceso abierta donde realizar “*unbundling*” –el cambio del usuario de un operador a otro–, la mayor sencillez para establecer calidades de servicio y, finalmente, la seguridad –sin necesidad de encriptación– puesto que las fibras no están compartidas.

Pero Ethernet también cuenta con desventajas respecto a las redes PON, siendo la principal el coste, por el hecho de tener que desplegar una fibra hasta cada abonado y de tener que utilizar más equipamiento activo –es necesario un puerto por fibra–. El

mayor equipamiento activo supone más espacio en las centrales y un mayor consumo eléctrico para el operador.

### 3.3. NGN PON

Para que una tecnología tenga éxito, debe adaptarse a los requerimientos futuros. Por ejemplo, este ha sido el caso de ADSL, donde han ido apareciendo tecnologías compatibles hacia atrás pero que mejoraban las anteriores, como ADSL2, ADSL2+ o VDSL2. GPON, por supuesto, ofrece también este mecanismo de evolución, reutilizando la mayor parte de la red de distribución óptica u **ODN (Optical Distribution Network)**.

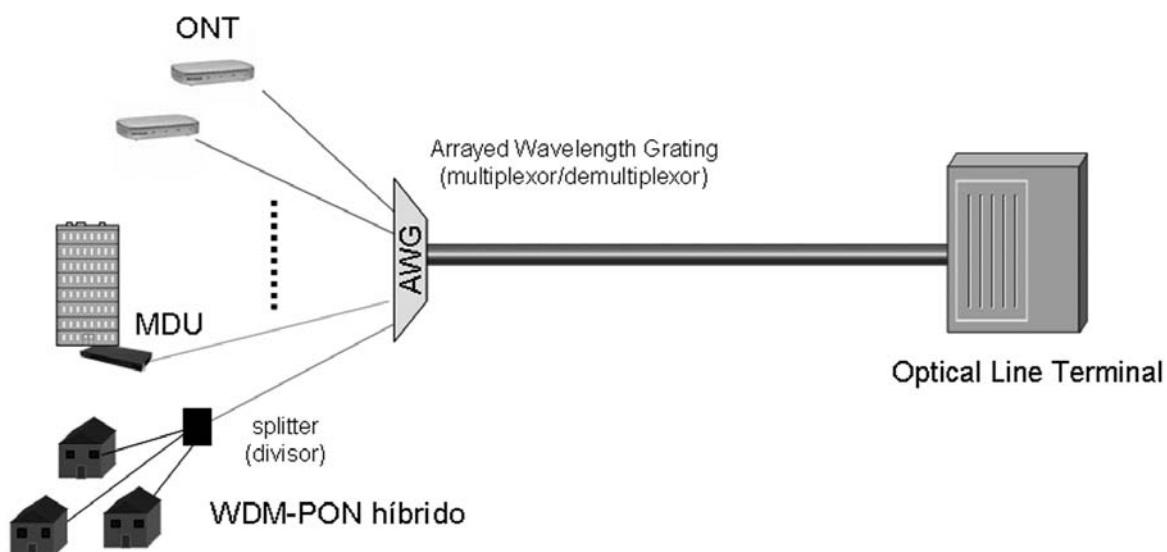
Existen varias propuestas y caminos de evolución a las siguientes tecnologías PON, conocidas por **NG-PON (Next Generation PON)**, aunque GPON será probablemente la tecnología de acceso dominante durante los próximos 3-5 años. El principal requisito de las NG-PON es incrementar el ancho de banda y alcance de GPON, reutilizando al máximo la red pasiva instalada, pues su coste supone alrededor 75-85% del coste de servicios de despliegue de red, obra civil y equipamiento pasivo.

Dentro de NGN PON se diferencia entre XG-PON y WDM-PON:

- **XG-PON (NG-PON1)**. A medio plazo comenzará a desplegarse XG-PON, que emplea de nuevo TDM (*Time Division Multiplexing*), pero una mayor velocidad de línea, alcanzando hasta 10 Gbps. La ODN es completamente compatible con GPON. Se distingue entre XG-PON1,

que soporta 10 Gbps downstream y 2,5 Gbps upstream, y XG-PON2, que soporta 10 Gbps en ambos sentidos. Mientras XG-PON1 es la tecnología predilecta para ONT, XG-PON2 lo es para MDU. Aunque ya se han hecho pilotos, los equipos comerciales no aparecerán hasta 2011-2012, pues los estándares no se finalizarán hasta mediados de 2010 y el coste de esta tecnología es superior a GPON, su consumo energético también es mayor y las necesidades de ancho de banda a corto plazo están más que cubiertas con esta última tecnología. Sin embargo, GPON y XG-PON coexistirán durante varios años, gracias al camino de migración gradual definido por la ITU-T.

- **WDM-PON (NG-PON2)**. A más largo plazo se desplegará WDM-PON, que emplea WDM (*Wavelength Division Multiplexing*), es decir, a cada ONT o MDU llega una longitud de onda. Podemos ver de forma lógica cada longitud de onda como un canal punto a punto, que podrá transportar velocidades dedicadas a cada usuario de hasta 10 Gbps. En este caso, la ODN no se mantiene intacta y, al menos, es necesario cambiar el divisor/combinador por un multiplexor/demultiplexor pasivo o AWG (*Arrayed Wavelength Grating*). Esta tecnología ha sido desplegada en pilotos comerciales por algunos operadores, si bien se ha demostrado que no es lo suficientemente madura para despliegues masivos y que sus costes son muy superiores a GPON. Además, aún no hay ningún estándar, por lo que productos comerciales para despliegue masivo no se esperan hasta antes de 2013.



Estructura típica de una red WDM-PON.

## 4. Beneficios de la fibra óptica

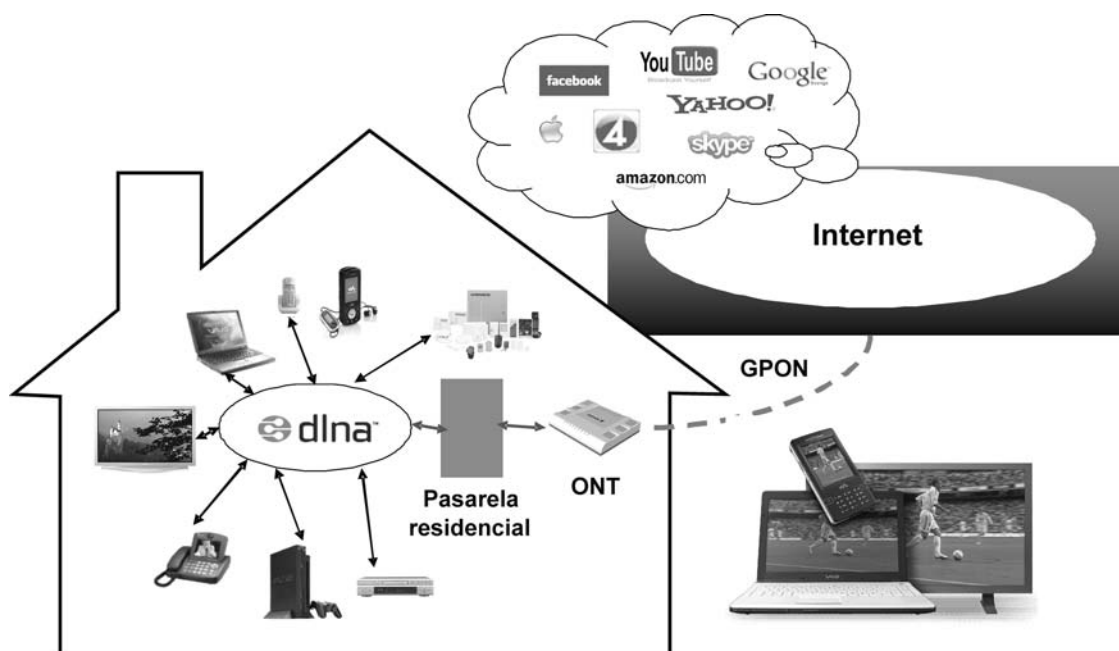
La fibra proporcionará grandes beneficios para los **usuarios** del hogar digital. Además de acceso a más y mejores servicios (juegos en red, compartición de contenidos, control remoto de los dispositivos del hogar, videoconferencia IP, teletrabajo, telemedicina, teleasistencia, etc.), favorecerá el que haya varios dispositivos interconectados entre sí –mediante protocolos como DLNA (*Digital Living Network Alliance*)– y conectados simultáneamente a Internet, sin disminución de ancho de banda o calidad. El considerable incremento del ancho de banda de subida respecto a las tecnologías de cobre asimétricas, permitirá por ejemplo, acceder a los vídeos grabados por una cámara IP con alta definición a una velocidad mucho mayor que con otras tecnologías. La fibra óptica es además el único medio capaz de soportar una oferta de televisión sobre IP realmente atractiva para los usuarios, con grandes ventajas respecto a la TDT (Televisión Digital Terrestre) o la televisión por satélite:

- Explotar el potencial de múltiples canales de alta definición bajo demanda, con una imagen y sonido muy superior a la televisión tradicional. Los usuarios tienen a día de hoy varios aparatos de TV, la mayoría con pantallas planas preparadas para alta definición, y la personalización de la oferta de televisión es un factor clave para cumplir las expectativas de los usuarios. HDTV (*High Definition TV*) requiere de

unos 15-18 Mbps por canal con MPEG2 y de unos 8-10 Mbps con H.264/MPEG4. La televisión en 3D demandará aún mayores anchos de banda.

- Explotar la transición de la TV, que estaba concebida como un servicio para un único dispositivo, a un mundo donde la TV puede ser accedida desde una gran cantidad de dispositivos diferentes (PC, TV, móvil, etc.). En la actualidad no se restringe la televisión al aparato de TV y la televisión por Internet al PC. Además, se podrá aprovechar más eficazmente la capacidad de combinar comunicaciones multimedia y consumo de contenidos que permite IMS (*IP Multimedia Subsystem*), pudiendo por ejemplo, votar en nuestros programas favoritos a partir de la propia pantalla de televisión.

La fibra, aunque requiere una fuerte inversión a corto plazo, también es muy beneficiosa para los **operadores**. La mayor parte de la inversión corresponde a obra civil, pero ésta se puede minimizar –dependiendo de la regulación del país y operador en cuestión– a partir de redes abiertas (*open access*), tendidos aéreos en vez de subterráneos, soluciones de fibra “soplada” (*blow fibre*), soluciones de fibra insensible a curvaturas (*bend-insensitive fibre*), etc. La competencia en servicios de telecomunicaciones no ha parado de crecer en los últimos y, por ello, los operadores tienen una serie de retos para hacer exitoso su negocio y la banda ancha por fibra óptica puede ayudar en todos ellos:



Servicios avanzados de telecomunicaciones en el hogar digital.



- Eficiencia en costes. Mediante la reducción de centrales –mientras el cobre soporta distancias de menos de 5 km y con penalización de ancho de banda con distancias superiores a 100 m, la fibra óptica soporta más de 20 km sin penalización en ancho de banda–, reducción de las necesidades de energía –infraestructura pasiva desde la central a los abonados y menos puertos y más usuarios por puerto en el equipo de central–, creación de redes abiertas entre varios operadores compartiendo la misma infraestructura pasiva e incluso activa, convergencia IP reduciendo el equipamiento en la red del operador, etc.
- Nuevas fuentes de ingresos. Entre los nuevos servicios que se pueden ofrecer sobre la misma infraestructura están: televisión de alta definición, vídeo bajo demanda, juegos en red, contenidos generados por los usuarios, cloud computing, telepresencia, videoconferencia, etc. La fibra óptica permitirá ofrecer servicios que a día de hoy son inimaginables.
- Futuro sostenible: reducción del consumo energético, reducción de equipamiento de telecomunicaciones, reducción de viajes, etc.
- Crecimiento industrial. La banda ancha ayuda a los países a crecer tanto en PIB como en puestos de trabajo, generando procesos más eficientes y nuevas oportunidades de negocio.
- Sostenibilidad. Con banda ancha, las personas pueden trabajar y realizar tareas habituales (hacer la compra, transacciones bancarias, etc.) desde cualquier lugar, reduciendo la necesidad de viajar y concentrarse en ciudades, con un impacto positivo en el control del efecto invernadero y la reducción de la contaminación atmosférica. También se reducirán las necesidades de papel, cuya fabricación tiene un gran impacto ambiental (tala de árboles, consumo energético, consumo de agua, vertidos contaminantes, residuos, etc.).
- Eficiencia de las administraciones. Una telemedicina universal más barata y accesible, mejor educación, pago remoto de impuestos y declaraciones de la renta, etc. Todo ello es positivo para los presupuestos públicos y para el medio ambiente.
- Eficiencia de las empresas. Las empresas emplean la banda ancha para mejorar su productividad gracias al acceso instantáneo a información actualizada, compartición de información, optimización de los viajes, acceso desde cualquier lugar a la Intranet de la empresa, uso del correo electrónico de la empresa en cualquier momento, videoconferencia, telepresencia, etc.

Además de los nuevos servicios para usuarios finales y el aumento de ingresos para los operadores, la banda ancha es muy importante para la **sociedad**. Algunos ejemplos son: