



Escola Politècnica Superior
de Castelldefels

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

PROYECTO DE FI DE CARRERA

TÍTOL: Infraestructuras Comunes de Telecomunicación: nuevos servicios y tecnologías emergentes

AUTOR: Yon Guezuraga Cantero

DIRECTORA: M^a Concepción Santos

DATA: 20 de enero del 2005

Título: Infraestructuras Comunes de Telecomunicación: nuevos servicios y tecnologías emergentes

Autor: Yon Guezuraga Cantero

Directora: M^a Concepción Santos

Data: 20 de enero del 2005

Resumen

El objetivo de este proyecto ha sido analizar la actual normativa sobre Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT). Esta normativa persigue fundamentalmente asegurar que el usuario tiene acceso a los servicios básicos de telecomunicaciones y que los operadores tienen la posibilidad de ofrecerlos en igualdad de condiciones, garantizando así la libre competencia.

Concretamente se ha estudiado la vinculación de las tecnologías de banda ancha actuales y las emergentes con la ICT: para cada una, se ha analizado como afecta a las dependencias del usuario final, si se ha tenido en cuenta en la actual normativa y para finalizar, se han realizado recomendaciones.

Por otra parte, se ha visto que 'la banda ancha' es un término muy amplio que engloba muchas tecnologías y sin embargo la mayoría de usuarios no tienen una visión global de todas ellas, ni cuál es la idónea según el entorno donde se encuentran.

Por ello, este proyecto se ha extendido a analizar cada una de estas tecnologías de banda ancha. Se ha realizado una clasificación según sus características y se han obtenido los siguientes grupos:

- 1) Tecnologías basadas en infraestructuras ya existentes: ADSL y PLC.
- 2) Tecnologías inalámbricas: LMDS, Wimax, Wifi y Satélite.
- 3) Tecnologías basadas en fibra óptica: Redes HFC (híbridas de fibra y coaxial), fibra hasta la casa (FTTH) y fibra inalámbrica (FSO).

Para cada tecnología, además de estudiar su vinculación con la ICT, se ha dado una visión global: funcionamiento, ventajas y limitaciones, lanzamiento comercial y unas conclusiones.

Una vez finalizado el análisis, se muestran unas conclusiones generales para los 3 grupos de tecnologías. Se muestran tablas comparativas de los principales parámetros (Ancho de banda, costes, penetración,..). También se proponen cambios en la actual normativa de la ICT, y por último se recomiendan y prevén tecnologías según el entorno del usuario tanto a corto como a largo plazo.

Title: Common Infrastructures of Telecommunications: new services and technologies.

Author: Yon Guezuraga Cantero

Director: M^a Concepción Santos

Date: January, 20th 2005

Overview

The aim of this project has been to analyse the current law of 'Common Infrastructures of Telecommunications' (ICT). This law specifies fundamentally how to assure the user access to the basic services of telecommunications and how to deliver them in equality conditions by the providers, guaranteeing the free competence principle.

On one hand, we have studied the effect of the current and future broadband technologies within the ICT: for each one, we've analysed its effect at user's premises, if it is included in the actual ICT law and, at the end, we've done some recommendations.

On the other hand, we've observed that the Broadband access is a quite wide term that includes many technologies but the end-users usually lack a global overview of them, and don't know which one is the best suited for their environment.

So in this project, each of those technologies have been analysed and classified depending on its characteristics into three different groups:

- 1) Technologies that use existing infrastructures: xDSL and PLC.
- 2) Wireless technologies: LMDS, Wimax, Wifi and Satellite.
- 3) Fiber-optics Technologies: HFC networks, fiber to the home (FTTH) and Free Space Optics (FSO).

For each one, we've studied its entailment with *ICT* and also a global overview: how it works, advantages and limitations, market and conclusions.

At the end, we have done some general conclusions for each of this three groups and tables with its principal characteristics (bandwidth, cost, market,..). Some changes of the current *ICT* law have been proposed, and some recommendations of technologies depending on the environment nowadays and in the future.

ÍNDICE

I	INTRODUCCIÓN	1
I.1	Introducción al proyecto	1
I.2	ICT	3
I.2.1	Antecedentes	3
I.2.2	Conceptos básicos de la ICT	4
I.2.3	Grado de cumplimiento	5
II	TECNOLOGÍAS BASADAS EN INFRAESTRUCTURAS YA EXISTENTES	7
II.1	ADSL	7
II.1.1	Introducción	7
II.1.2	Aspectos técnicos	7
II.1.3	Ventajas y limitaciones	10
II.1.4	Lanzamiento comercial	10
II.1.5	Conclusiones	11
II.2	PLC	12
II.2.1	Introducción	12
II.2.2	Aspectos técnicos	13
II.2.3	Lanzamiento comercial	15
II.2.4	Ventajas y limitaciones	15
II.2.5	Conclusiones	16
III	TECNOLOGÍAS INALÁMBRICAS	17
III.1	LMDS	17
III.1.1	Introducción	17
III.1.2	Aspectos técnicos	17
III.1.3	Ventajas y limitaciones	19
III.1.4	Lanzamiento comercial	20
III.1.5	Conclusiones	21
III.2	Wi-Max	22
III.2.1	Introducción	22
III.2.2	Aspectos técnicos	22
III.2.3	Ventajas y limitaciones	24
III.2.4	Lanzamiento comercial	24
III.2.5	Conclusiones	24
III.3	Wifi	25
III.3.1	Introducción	25
III.3.1	Aspectos técnicos	26
III.3.2	26	
III.3.3	Ventajas y limitaciones	28
III.3.4	Lanzamiento comercial	28
III.3.5	Conclusiones	30
III.4	Internet vía Satélite	31
III.4.1	Introducción	31
III.4.2	Aspectos técnicos	32
III.4.3	Lanzamiento comercial	35
III.4.4	Conclusiones	36

IV	TECNOLOGÍAS BASADAS EN FIBRA ÓPTICA	37
IV.1	Redes HFC.....	37
IV.1.1	Introducción	37
IV.1.2	Aspectos técnicos.....	37
IV.1.3	Ventajas y limitaciones.....	38
IV.1.4	Lanzamiento comercial.....	39
IV.1.5	Conclusiones	39
IV.2	Fibra hasta el hogar (FTTH).....	41
IV.2.1	Introducción	41
IV.2.2	Aspectos técnicos.....	41
IV.2.3	Fibra soplada.....	42
IV.2.4	Lanzamiento comercial.....	43
IV.2.5	Ventajas y limitaciones.....	44
IV.2.6	Conclusiones	45
IV.3	Fibra inalámbrica.....	46
V	CONCLUSIONES	49
V.1	Resultados del estudio realizado.....	49
V.1.1	Tecnologías basadas en infraestructuras ya existentes	49
V.1.2	Tecnologías inalámbricas.....	50
V.1.3	Tecnologías de fibra	52
V.1.4	Conclusiones ICT	53
V.2	Conclusiones generales	55
VI	BIBLIOGRAFÍA	58
VII	ANEXO	62

I Introducción

En este primer capítulo, se realiza una introducción general del proyecto realizado. Seguido, se analizará las Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones (ICT): se estudiará el origen y motivo de la normativa, los conceptos básicos y para finalizar se podrá ver el cumplimiento de la normativa en España.

I.1 Introducción al proyecto

Tal y como se describe en la 'Declaración de los derechos humanos', nos encontramos en la sociedad de la información y el acceso a ella es un Derecho Humano, siendo las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) una herramienta fundamental para conseguirlo.

Desde que apareció el teléfono en España y se regularizó su utilización, han ido surgiendo distintos servicios de telecomunicaciones como son la Televisión, Radiodifusión. En 1966 surgió la ley sobre la utilización de antenas colectivas y en 1998, ante la proliferación de servicios y la liberalización del mercado de las telecomunicaciones, se publicó la primera normativa sobre ICT (Infraestructura Común de Telecomunicaciones). Desde entonces, a medida que han ido apareciendo nuevos servicios como el acceso a Internet y nuevas tecnologías para ofrecerlos, se ha ido actualizando dicha normativa.

El objetivo fundamental de la ICT es garantizar el acceso de los usuarios con garantías de calidad a los servicios considerados básicos y garantizar la libre competencia en condiciones de igualdad entre todos los operadores con licencia para prestar sus servicios. Para ello, la normativa establece distintos parámetros que tienen cumplir las viviendas.

Tal y como se verá, el acceso a la banda ancha es un derecho de los usuarios descrito en la normativa. Sin embargo, España se sitúa por debajo de la media:

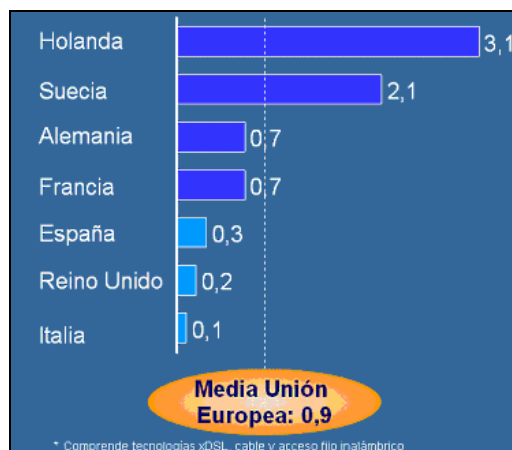


Fig. 1.1 Porcentaje de hogares que tienen acceso a la banda ancha (2001).

Tal y como se muestra, sólo el 0,3 % de los hogares tienen un acceso a la banda ancha, cifra que se sitúa por debajo de la media Europea (0,9%), y todavía mucho menor respecto a países como Japón, Estados Unidos.

Éstas son algunas de las principales causas:

- Los edificios no están preparados para ofrecer la banda ancha.
- Existen multitud de tecnologías para ofrecerla, si bien el usuario final tiene poca información de todas ellas.

En este proyecto, se va a tratar ambos problemas. Se va a analizar todas las tecnologías actuales y emergentes que ofrecen el acceso a la banda ancha, estudiando la vinculación de cada una a las ICT's y dando una visión global de todas ellas. Para ello, se realizará 3 partes bien diferenciadas.

En primer lugar se realiza una introducción a la normativa sobre la ICT. Se mostrará sus orígenes así como su evolución. También se describen sus objetivos y el grado de su cumplimiento. Por último se muestran unas conclusiones.

En segundo lugar, se analizan las tecnologías de acceso a la banda ancha. Se va a estudiar cuales están teniendo mas acogida en la actualidad, y las que se implantarán en el futuro, teniendo en cuentas las previsiones y su desarrollo en otros países. Para ello, se va a realizar 3 grupos de tecnologías según sus características.

Primero se analizarán las tecnologías que usan infraestructuras ya existentes:

- ADSL
- PLC

Luego se va a analizar las tecnologías inalámbricas:

- LMDS/MMDS
- Wimax
- Wi-fi
- Acceso vía Satélite.

Seguido se estudiarán las que están basadas en la utilización de fibra óptica:

- Redes HFC (Híbridas Fibra-Coaxial)
- Fibra hasta el hogar (*FTTH*)
- Fibra inalámbrica (*FSO*)

Para cada una de estas tecnologías, se realizará un esquema básico de su funcionamiento. También se ha estudiará como afectan a la ICT actual y si se han tenido en cuenta. En caso de no estar previstas, se propondrán algunos cambios en la normativa. Se va a estudiar también los costes que suponen para el usuario de un entorno doméstico y las ventajas y limitaciones. Para finalizar, tras estudiar su penetración en España y compararla con la de otros países, se extraerán unas conclusiones y en algunos casos se realizan recomendaciones para acelerar e igualar su implantación respecto a otros países avanzados. A modo de ejemplo, se podrá ver que mientras en Japón 1,4 millones de usuarios ya disfrutan de fibra hasta el hogar (*FTTH*), en España apenas son 20.000.

Por último, en la tercera parte de este proyecto, se extraen conclusiones y comparaciones de las distintas técnicas de acceso analizadas. También se realizará una clasificación de los distintos entornos y para cada uno se harán recomendaciones sobre las tecnologías mas adecuadas.

Para finalizar, se mostrarán unas conclusiones de todo el proyecto realizado.

I.2 ICT

I.2.1 Antecedentes

Durante mucho tiempo la telefonía vocal ha sido el único servicio de telecomunicación considerado básico y de obligada prestación en las viviendas. Más adelante apareció la televisión y para regularizar su uso en las viviendas, se publicó la Ley 49/1966 sobre las instalaciones de antenas colectivas

Desde entonces, gracias a los avances tecnológicos en el ámbito de las telecomunicaciones, han ido apareciendo, además de la telefonía básica y televisión terrenal, nuevos y diferentes servicios como son la televisión por cable o por satélite, la televisión digital, internet,.. Dichos servicios son objeto de una demanda creciente para uso empresarial y también doméstico.

Por otra parte, en 1998, se liberalizó el mundo de las telecomunicaciones y desde entonces, idealmente las infraestructuras debían permitir a los usuarios escoger entre los distintos operadores y a éstos la igualdad de oportunidades para ofrecer estos servicios.

Se hacía necesario regular este ámbito. Sin embargo, desde entonces, no ha habido una reglamentación técnica que obligara a los constructores de viviendas a dotar los edificios de una infraestructura capaz de dar un acceso adecuado a los servicios de telecomunicaciones.

Como consecuencia, han aparecido tendidos de cable por las fachadas, antenas individuales para la recepción terrenal y por satélite, y los edificios no cuentan con infraestructuras que permitan el acceso a los nuevos servicios para los usuarios y el desarrollo de la competencia a los operadores.

Con el fin de solucionar este problema, el 27 de febrero de 1998, el ministerio publicó el Real Decreto-Ley 1/98 sobre el cumplimiento de las ICT's. Los 2 principales objetivos de esta normativa son:

- 1) Garantizar el libre acceso de todos los usuarios a los servicios de telecomunicación considerados básicos y necesarios en la nueva Sociedad de la Información. Tal y como se dijo en la Cumbre Mundial de Ginebra (Diciembre del 2003), las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (TIC) son una herramienta fundamental para lograr un mundo mas pacífico, próspero y justo y por lo tanto el acceso a ellas es un Derecho Humano.
- 2) Asegurar la libre competencia en condiciones de igualdad entre todos los operadores con licencia para prestar sus servicios.

Con este fin la normativa fija para los distintos servicios parámetros de calidad que se tienen que cumplir para los distintos servicios (ej: niveles de señal, interferencias,..) y se prevén espacios comunes como son el *RITI* y *RITS*¹, registros y canalizaciones en toda la vivienda para que los operadores puedan ofrecerlos (mas detalles Anexo → ICT).

Desde entonces han ido apareciendo nuevos servicios como son la banda ancha y nuevas técnicas de acceso para ofrecerlos como son el cable y el LMDS ya contempladas en la última actualización de la normativa de la ICT (Real Decreto 401/2003).

¹ Recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior y superior

Sin embargo están apareciendo otras tecnologías como son el PLC, la fibra hasta el hogar, acceso vía Satélite,..no contempladas en la actual normativa. Por lo tanto suponen una limitación para su despliegue y para solucionarlo, en este proyecto se proponen algunas modificaciones.

1.2.2 Conceptos básicos de la ICT

Las Infraestructuras Comunes de Telecomunicación son las instalaciones necesarias para captar, adaptar y distribuir señales radio y TV (terrestre y satélite) y para acceder a los servicios de telefonía, RDSI y telecomunicaciones de banda ancha, en el interior de los edificios.

Proporcionan a los ciudadanos el derecho al acceso a los servicios de telecomunicaciones y a poder escoger el operador, así como a éstos a poder ofrecerlos, garantizando así la libre competencia.

Según la actual normativa, un proyecto de ICT garantiza los siguientes servicios:

- Telefonía fija (vía cable o radio).
- Red digital de servicios integrados (RDSI).
- Radio y Televisión analógica y digital, tanto terrestre como por satélite.
- Telecomunicaciones de banda ancha por cable y vía radio (Ej. LMDS).

Se tiene que aplicar en los siguientes casos:

- Edificios de nueva construcción con continuidad en la edificación y en régimen de propiedad horizontal (Art. 3 del Real Decreto-ley 1/1998)
- Edificios construidos antes de marzo de 1998:
 - Cuando lo decida la comunidad de propietarios de acuerdo con la ley de propiedad horizontal.
 - Si el número de antenas individuales o colectivas supere un tercio del número de usuarios.
 - Si la Administración competente considere peligrosa o antiestética la colocación de antenas individuales.
- Viviendas destinadas al alquiler por un término superior a 1 año.
- Edificios en los cuales se realice una rehabilitación integral.

El cumplimiento de las ICT's supone las siguientes ventajas para los ciudadanos:

- Desaparece el impacto estético causado por las antenas individuales y los tendidos de cables por las fachadas.
- Se delimita claramente la responsabilidad entre los operadores, la comunidad de propietarios y los usuarios en cuanto al uso y mantenimiento de la red de comunicaciones.
- Se centraliza en una sola red todos los servicios de telecomunicaciones de un edificio, con lo cuál es de uso obligado por todos los operadores, y se garantiza el acceso a todos ellos por los usuarios.

Por último, los técnicos competentes para realizar los proyectos de ICT son los ingenieros e ingenieros técnicos de telecomunicaciones.

I.2.3 Grado de cumplimiento

Desde que se publicó la 1ª normativa de ICT en 1998, el número de proyecto de ICT ha seguido un crecimiento regular y alto.

A continuación se muestra la evolución desde 1999 hasta el 2002:

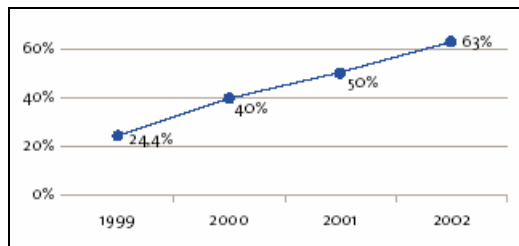


Fig. 1.2 Porcentaje de hogares que cumplen con la ICT en España

Aunque el cumplimiento en 1999 era muy bajo (24,24%), ha habido una evolución muy importante durante los 3 años siguientes (63% en el 2002), si bien es necesario que sea mayor para que la penetración de la banda ancha aumente.

La normativa sobre ICT's se ha encontrado con varios problemas básicos que justifican su escaso grado de cumplimiento hasta el año 2001:

- Lenta participación de las Administraciones locales a la hora de exigir la instalación y certificación de los proyectos en los edificios de nueva construcción.
- Escasa colaboración de los empresarios inmobiliarios, que alegan el encarecimiento de la vivienda debido a la ocupación de espacio adicional para las instalaciones de ICT.
- Tampoco colaboran los técnicos de la construcción (arquitectos, promotores,...). Afirman que las dimensiones previstas son desproporcionadas y les supone dificultades llegando en algunos casos a tener que reestructurar las viviendas.

A continuación se muestra el grado de cumplimiento por Comunidades Autónomas durante el año 2001:

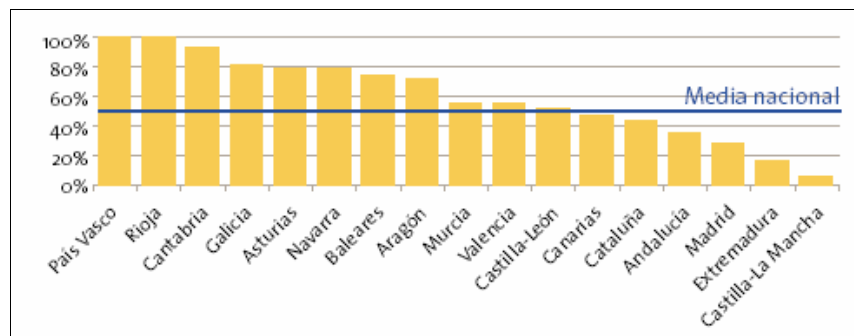


Fig. 1.3 Cumplimiento de las ICT's en el 2001

Se puede observar que el cumplimiento a lo largo del territorio nacional en el año 2001 fue muy desigual. Las Comunidades Autónomas que más contribuyeron fueron el País Vasco, La Rioja y Cantabria mientras que los ayuntamientos de Madrid y Cataluña están entre los que menos cumplieron con la normativa estatal.

Según el COIT (colegio oficial de ingenieros de telecomunicaciones), en el año 2002 la aplicación de la normativa ICT se ha consolidado en gran parte de provincias y municipios. Sin embargo, la Comunidad de Madrid (a excepción de la capital y algunos municipios), Castilla La Mancha y Extremadura siguen encabezando la lista de comunidades que menos cumplen.

El número de proyectos visados en España durante el año 2002 ha sido de unos 20.500, ligeramente superior a los 19.800 visados durante el año 2001, dato que hace suponer que la cifra está estabilizada y ha llegado a su máximo potencial.

Con lo cuál, para que el ciudadano entre en la 'Sociedad de la Información' y acceda a los últimos servicios de telecomunicaciones, la normativa tiene que cumplirse en un mayor porcentaje.

A continuación se muestra los procesos en la construcción de un nuevo edificio:

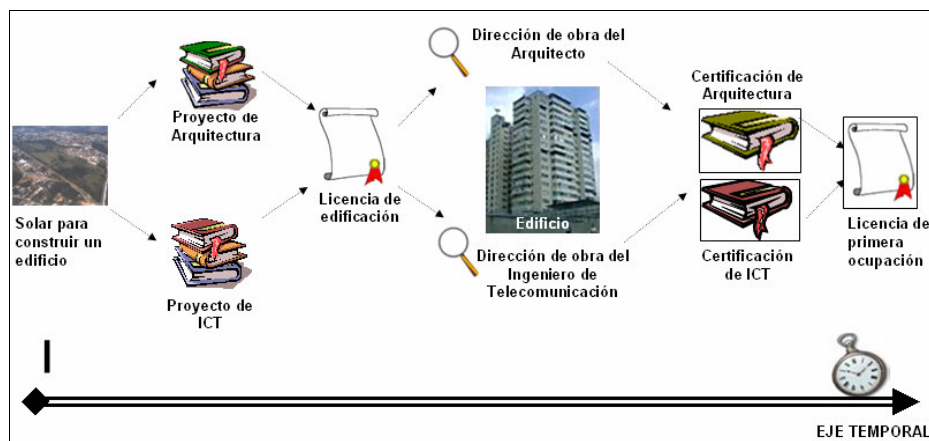


Fig. 1.4 Proceso de edificación

Para que se inicie la construcción de una nueva vivienda, es necesaria la licencia de edificación, concedida por el ayuntamiento. Con lo cuál, para que aumente el cumplimiento de la normativa, los ayuntamientos deberían exigir, además del proyecto de arquitectura, el proyecto de ICT ya que la ley así lo establece. Además, son los representantes de los ciudadanos y hay que concienciarles de que éstos tienen derecho al acceso a los servicios de telecomunicaciones, a escoger el operador y éstos a poder ofrecerlos.

Por otra parte, hay que concienciar a los constructores y promotores que el cumplimiento de la ICT, además de ser una obligación, asegura un conjunto de servicios ofrecidos a sus clientes y por lo tanto suponen un valor añadido para poder promocionar sus viviendas.

A continuación, se realiza el análisis de las distintas tecnologías de banda ancha, agrupadas según sus características.

II Tecnologías basadas en infraestructuras ya existentes

En este capítulo, se va a estudiar las tecnologías que utilizan infraestructuras ya existentes y previstas en la normativa de ICT: el ADSL y el PLC.

II.1 ADSL

II.1.1 Introducción

XDSL (Digital Subscriber Line) es un grupo de tecnologías de comunicación que permiten transportar datos a altas velocidades utilizando las líneas telefónicas convencionales. En este apartado se va a analizar el ADSL, puesto que actualmente es la solución de conectividad más extendida en los hogares.

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) es una tecnología asimétrica que permite velocidades de bajada de hasta 4 Mbps y de 512 Kbps de subida a precios muy competitivos. Una de sus principales ventajas es que utiliza el par de cobre telefónico actual. Sólo hace falta instalar un equipamiento de bajo coste en casa del usuario y un equipo correspondiente en el centro de conmutación. Por lo tanto es una tecnología económica y sencilla en cuanto a infraestructura y equipos necesarios.

Como desventaja, la calidad del servicio depende de la distancia del usuario al centro de conmutación y del estado del par telefónico.

Actualmente el 93 % de las líneas telefónicas del estado tienen cobertura ADSL, es decir que es accesible para prácticamente todos los usuarios, ya sean entornos urbanos o rurales. Como consecuencia, es la tecnología de banda ancha que más éxito está teniendo y con más expectativas de futuro.

II.1.2 Aspectos técnicos

El *ADSL* consigue velocidades superiores (hasta 4 Mbps) a una conexión telefónica convencional (56 Kbps) ya que los módems operan en un margen de frecuencias mucho más amplio (desde los 24 KHz hasta los 1.104 KHz, aproximadamente) que los de banda vocal (V.32 a V.90). Esta característica permite, mediante el uso de filtros (*Splitter* o microfiltros), el uso simultáneo de la telefonía y del acceso a datos.

En cuanto a la modulación, en un principio coexistían 2 técnicas: CAP ("Carrierless Amplitude/Phase") y DMT ("Discrete MultiTone"). Actualmente, los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) se han decantado por la solución DMT. Consiste en el empleo de múltiples portadoras, a diferencia de los módems de banda vocal, que sólo utilizan una. Se modula cada subportadora en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se va a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada una es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, mayor es el caudal que puede transmitir cada subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se realiza al comienzo, cuando se

establece el enlace entre el módem del usuario, conocido como el ATU-R (ADSL Terminal Unit-Remote) y el de la central telefónica, conocido como el ATU-C (ADSL Terminal Unit-Central), por medio de una secuencia de 'entrenamiento' predefinida. La técnica de modulación usada es la misma en ambos módems. La diferencia es que el de la central dispone de hasta 256 subportadoras mientras que el del usuario sólo puede disponer de 32.

A continuación se muestra un esquema de las subportadoras utilizadas:

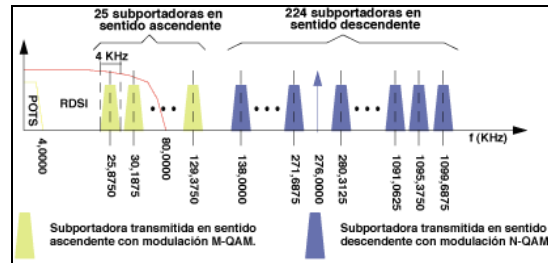


Fig. 2.1 Subportadoras utilizadas en la modulación DMT

Gracias a esta técnica, se aprovecha al máximo la capacidad del para de cobre consiguiendo velocidades de bajada de hasta 4 Mbps y de 512 Kbps de subida. Al tratarse de una modulación en la que se transmiten a distintas velocidades en los sentidos usuario-red y red-usuario (conexión asimétrica), el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto al de la central local. Seguido se muestra un enlace ADSL con ambos módems:

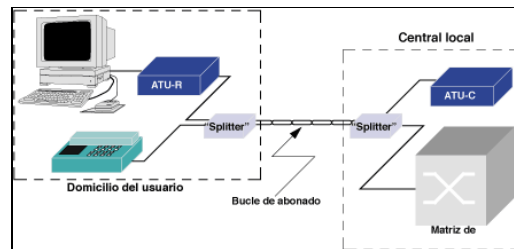


Fig. 2.2 Enlace ADSL

También se puede ver que entre ambos módems, se tiene que colocar un 'splitter' (separador) tanto en el lado del usuario como en el de la central. Este dispositivo está formado por un filtro paso alto y otro paso bajo. Su función es la de separar las señales de baja frecuencia (telefonía) y las de alta frecuencia (ADSL). De esta forma, ambas señales no se interfieren y se pueden establecer simultáneamente conversaciones telefónicas y enlaces de datos.

Seguido se muestra un esquema de un splitter situado en casa del usuario:

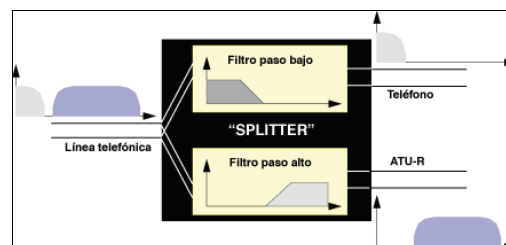
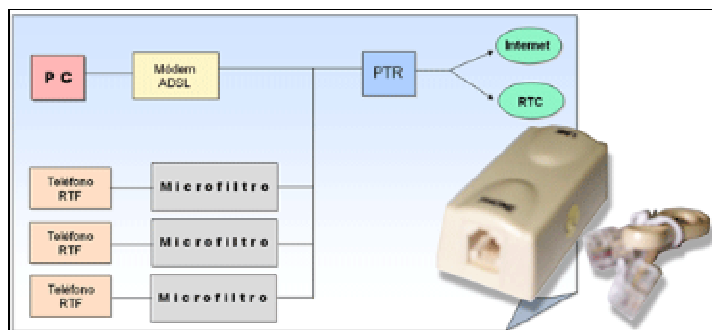


Fig. 2.3 Esquema de un 'splitter'

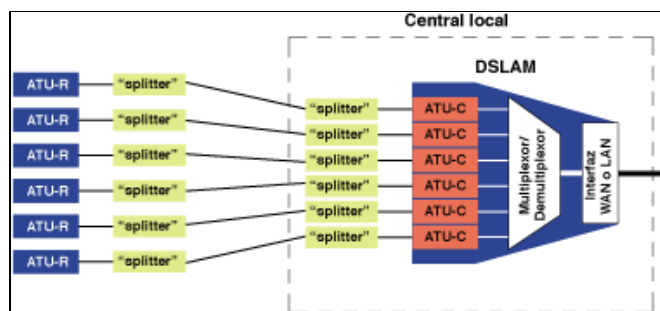
También se pueden utilizar microfiltros. Estos elementos sólo tienen filtros paso bajo para poder separar la voz. A continuación se muestra un esquema que ilustra esta situación:

**Fig. 2.4** Microfiltros ADSL

Sólo se tienen que instalar los microfiltros entre cada teléfono y las rosetas. En el caso del módem o router, no será necesaria su utilización.

Por otra parte, como ya se ha comentado, el ADSL necesita 2 módems por cada usuario: el del usuario (ATU-R) y el de la central local (ATU-C). En un principio, esta duplicidad complicaba el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales locales. Para solucionarlo, surgió el DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer). Se trata de un armario que contiene varios módems ATU-C y que concentra todo el tráfico de los abonados del ADSL hacia una red WAN.

A continuación se muestra un armario DSLAM:

**Fig. 2.5** Estructura de un armario DSLAM

La integración de varios módems ATU-C en un equipo, el DSLAM, ha sido fundamental para el despliegue masivo del ADSL.

Por último, en un par de cobre, la atenuación de las señales transmitidas aumenta a medida que se incrementa la frecuencia y la longitud del bucle.

Con lo cuál, cuanto mayor sea la distancia entre el usuario y la central, mayor será la atenuación de la señal. Esta atenuación empezará afectando a las frecuencias de mayor valor y por lo tanto menor será el ancho de banda.

Como ejemplo, a una distancia de 2 Km. de la central, teniendo en cuenta una fuente de ruido de -43 dBm, la velocidad máxima de bajada del usuario es de 2

Mbps y la de subida de 0.9 Mbps. Seguido se muestra una figura que ilustra dicha situación:

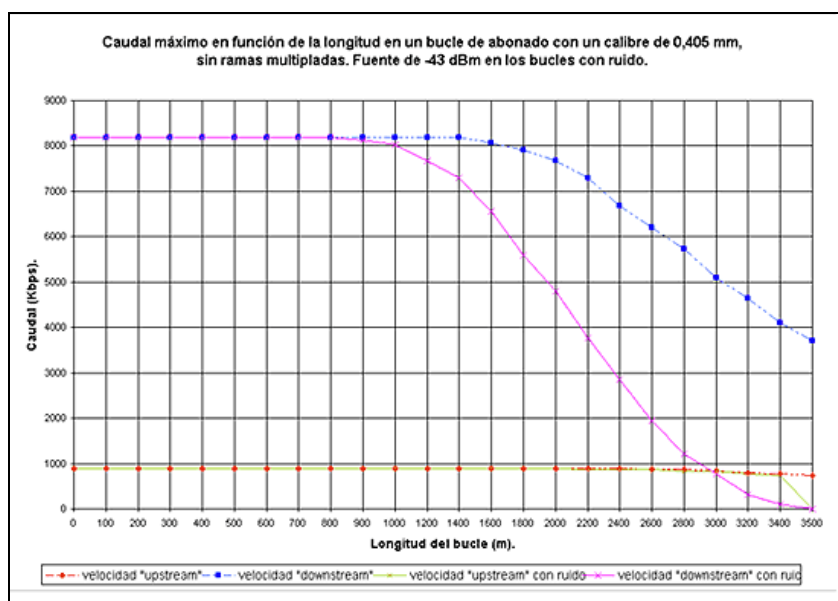


Fig. 2.6 Caudal máximo de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado

Como se puede ver en la figura, la distancia máxima entre el usuario y la central es de aproximadamente 3 km.

II.1.3 Ventajas y limitaciones

Sus principales ventajas son las siguientes:

- Coste nulo en infraestructuras ya que se utiliza el cable telefónico actual.
- Baja inversión en equipos. (sólo necesario un filtro y módem/router)
- Ancho de banda alto (hasta 4 Mbps) a precios competitivos.
- Frente al módem convencional de 56 kbps, el ADSL permite acceso a la red y a la telefonía simultáneamente gracias al uso de filtros.
- La velocidad de acceso es independiente del número de usuarios.

Como limitaciones, las principales son las siguientes:

- Algunas líneas, debido a su mal estado, deterioran mucho el servicio ADSL o en algunos casos no pueden ofrecerlo.
- La calidad del servicio depende de la distancia entre el usuario y la central, siendo la máxima de 3 Km.

II.1.4 Lanzamiento comercial

Actualmente existen muchos operadores que comercializan esta tecnología. Los precios de los distintos accesos ofrecidos son similares. A modo de ejemplo, se muestran los tipos de accesos ofrecidos por el operador 'Ya.com':

Nombre Acceso	ADSL Home Direct	ADSL Basic	ADSL 512 Ocio	ADSL 512 Wi-Fi	ADSL avanzado	Super ADSL	ADSL Corporate
Velocidad de bajada	128 Kbps	256 Kbps	512 Kbps	512 Kbps	1 Mbps	2 Mbps	4 Mbps
Velocidad de subida	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps	128 Kbps	300 Kbps	300 Kbps	512 Kbps
Cuota mensual ²	19,95 €	29,95 €	29,90 €	34,95 €	38,95 €	49,90 €	64,95€

Tabla. 2.1 Precios de los distintos accesos de 'Ya.com'

Ofrece accesos asimétricos, siendo la velocidad descendente de 128 Kbps a 4 Mbps, y la ascendente de 128 a 512 Kbps. Las cuotas mensuales varían según el caudal contratado, y están comprendidas entre aproximadamente 20 y 65 €. En cuanto al hardware, es necesario un módem o router según el caso.

El módem suele utilizarse en caso de tener un único PC. Normalmente suelen conectarse al PC a través del puerto USB y su precio varía entre 30 y 100 €, aunque en la actualidad los operadores lo entregan de forma gratuita al contratar un acceso ADSL. Seguido se muestra un módem USB:



Fig. 2.7 Módem del fabricante *Dlink* (modelo *DSL-302G*)

En caso de escoger el router, se podrá tener una red doméstica de varios PC's. En este caso será necesario instalar cableado Ethernet y adaptadores de red RJ-45 en cada PC. El precio varía entre 80 y 150 €, si bien la mayoría de los operadores también lo entregan de forma gratuita, normalmente en caso de contratar accesos de velocidades altas.

A modo de ejemplo, en el caso del operador 'Ya.com', en caso de contratar un ancho de banda mayor de 512 Kbps, ofrecen de forma gratuita un router wi-fi. Permite tener una red de hasta 4 PC's conectados con el cable Ethernet y hasta 128 usuarios conectados de forma inalámbrica (portátil, PDA,...). En este caso será necesaria la adquisición de tarjetas inalámbricas.

II.1.5 Conclusiones

La principal novedad de esta tecnología es que permite el uso simultáneo de la telefonía y del acceso a datos. No afecta a las ICT's ya que utiliza el cableado telefónico ya previsto y existente, y en el interior del domicilio del usuario, sólo es necesario utilizar un módem (o router) y un splitter. En la central, también es necesario utilizar un módem y splitter por cada usuario que se añada.

² La cuota de alta es gratuita en todos los accesos.

Según el ancho de banda contratado, se podrá acceder a la red desde un único PC o disfrutar una red de varios PC's y dispositivos inalámbricos.

También se ha visto que es una tecnología económica. Se puede contratar un ancho de banda de 128 Kbps a 4 Mbps a un coste mensual de 20 a 65 €.

Actualmente es la tecnología de banda ancha que más aceptación está teniendo. A finales de octubre del 2004, se estima que el número de usuarios es de 2,35 millones, siendo el crecimiento de aproximadamente 122.000 usuarios/mes. Tal y como muestra la siguiente figura, tanto en España como en Europa se prevé que el porcentaje de usuarios de Internet que utilizan el ADSL seguirá aumentando notablemente:

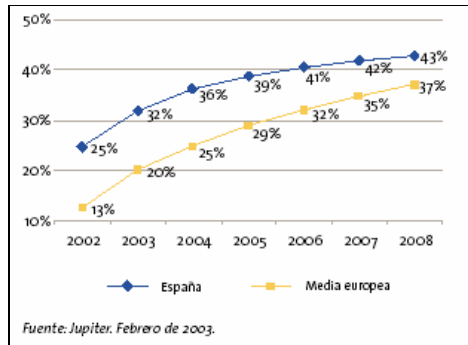


Fig. 2.8 Usuarios que usan ADSL para acceder a la red.

Del 2002 al 2008, se prevé que el porcentaje de usuarios del ADSL pasará del 25 % al 43 %, lo cuál supone un crecimiento muy grande.

Por último, prácticamente todas las líneas telefónicas (93 %) tiene cobertura ADSL, con lo cuál será una solución accesible para casi todos los usuarios de distintos entornos (urbanos, rurales,..). Si la distancia entre la central telefónica y el usuario es mayor de 3 Km, se tendrá que escoger otra solución.

II.2 PLC

II.2.1 Introducción

Power³ Line Communications (PLC) es una tecnología que utiliza la red eléctrica para la transmisión de voz y datos. Al igual que las otras tecnologías analizadas, cubre la última milla y para acceder a la banda ancha, el usuario sólo necesita conectar un módem PLC a cualquier toma de red eléctrica.

El despliegue de esta tecnología por lo tanto es sencillo y sobre todo económico, puesto que se utiliza la red eléctrica ya existente.

Los operadores ofrecen accesos simétricos de hasta 2 Mbps y en distintas pruebas realizadas ya se han alcanzando los 135 Mbps, lo cuál supone una gran ventaja frente al *ADSL*, cuyo límite está en 4 Mbps.

El usuario podrá acceder a los servicios de datos, voz (VoIP), vídeo y acceso a Internet mediante esta técnica. Esta tecnología es especialmente adecuada

³ www.caspa.tv/archivos/000126.html

para la domótica, ya que utiliza la red eléctrica y por lo tanto puede acceder a cualquier elemento que la utilice (Ej. Electrodomésticos, sensores,..)
Una de sus principales limitaciones es las altas interferencias creadas.

II.2.2 Aspectos técnicos

A continuación se muestra un esquema de la arquitectura *PLC*:

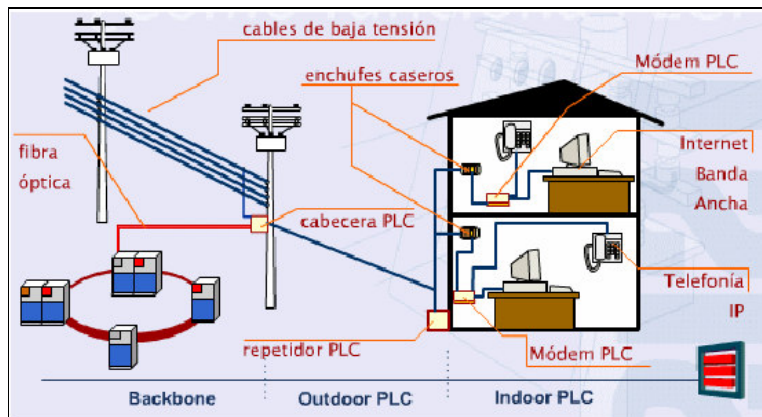


Fig. 2.9 Arquitectura PLC

El sistema PLC está compuesto por 3 partes. En la parte *Indoor*, el usuario final se conecta a la red eléctrica mediante su módem PLC. Éste se comunica con el repetidor situado en el cuarto de contadores del edificio o manzana. Este repetidor puede tener conectados un máximo de 256 módems y la distancia máxima en este tramo es de 300 m.

En la parte *Outdoor*, el repetidor se conecta con el equipo de cabecera situado en el centro de transformación de la compañía energética. Existen dos tipos de equipos de cabecera: de Media Tensión (MT) y Baja Tensión (BT). Según el tipo, la distancia máxima de este tramo es de 600 y 300 m respectivamente.

En la parte *Backbone*, el equipo de cabecera accede a la red troncal de transporte (normalmente SDH/Sonet o Gigabit Ethernet) mediante fibra óptica.

Por otra parte, como se ha dicho anteriormente, el medio de transmisión para cubrir 'la última milla' es la red eléctrica (hilo de cobre). Las señales de baja frecuencia (50 ó 60 Hz, según la red) son las encargadas de la transmisión de la energía, mientras que las señales de alta frecuencia (entre 1,6 y 40 MHz) son utilizadas para la transmisión de datos, circulando ambas simultáneamente a través del hilo de cobre:

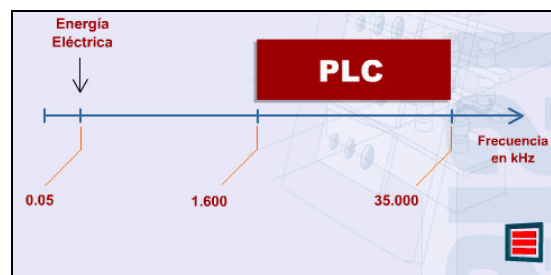
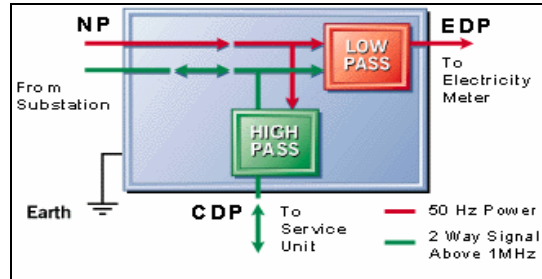


Fig. 2.10 Frecuencias de trabajo del PLC

Para poder filtrar ambas señales, se utiliza una unidad de acondicionamiento HFPCN (High Frequency Conditioned Power Network) junto a la toma eléctrica de la vivienda. A continuación se muestra un esquema de su funcionamiento:

**Fig. 2.11** Unidad de acondicionamiento PLC

Este dispositivo tiene 3 puertos. Recibe la entrada mixta de alimentación y datos a través de su puerto de red (NP). Esta entrada pasa a través de un filtro paso-alto para obtener los datos y por un filtro paso-bajo para separar la energía. Los datos salen a través del puerto CDP (puerto de distribución de comunicaciones) hacia las tomas de los módems y la energía a través del puerto EDP (puerto de distribución de electricidad) hacia las tomas con los electrodomésticos.

En cuanto a la modulación, actualmente no hay un estándar aunque se usan principalmente estos 3 tipos:

- **DSSSM (Direct Sequence Spread Spectrum Modulation):** Opera con baja densidad de potencia espectral (PSD).
- **OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex):** Usa un gran número de portadoras con anchos de banda muy estrechos (p.e. Codengy y DS2)
- **GMSK (Gaussian Minimum Shift Keying):** Es una forma especial de modulación en banda estrecha (p.e. *Ascom*).

Una de las principales desventajas son las interferencias creadas. La línea de transmisión ha sido pensada para transmitir energía (50 o 60 Hz) y por lo tanto no está apantallada ni es simétrica a masa y radia. Además de esta característica, debido a los dispositivos no lineales utilizados, se generan gran cantidad de armónicos que también son radiados. Por último, para mantener una buena relación señal/ruido, el sistema transmite altas potencias (del orden de 40W). Estas características hacen que se generen muchas interferencias en las frecuencias de onda corta HF. Entre los perjudicados, se encuentran los servicios de emergencias, protección civil y servicios militares, servicios de información de aeropuertos, emisiones meteorológicas para servicios navales.

II.2.3 Lanzamiento comercial

Actualmente, varias compañías eléctricas ya están ofreciendo esta tecnología en España. En el caso de Iberdrola, ya da acceso a 30.000 habitantes en Madrid desde octubre del 2003 y desde finales del mismo año, a varias ciudades de la comunidad Valenciana.

En el caso de Endesa, ya ofrece esta tecnología desde noviembre del 2003 en Zaragoza y actualmente a unos 5.000 usuarios en algunos barrios de Barcelona. En total, se estima que en España son unos 50.000 usuarios en Julio del 2004. En el resto del mundo, se está implantando en países como Estados Unidos y Argentina, si bien en otros países como Japón y Alemania no se autoriza su uso debido a las interferencias que crea.

En cuanto a los precios de conexión, son muy competitivos.

A modo de ejemplo, se muestra los tipos de acceso que ofrece *Iberdrola*.

Ofrece 2 modalidades:

- PLC600: acceso simétrico de 600 kbps, siendo el precio de 39 €/mes.
- PLC100: acceso simétrico de 100 kbps, siendo el precio de 24 €/mes.

Son cuotas casi tan competitivas como las del *ADSL*.

En cuanto al equipamiento del usuario, necesita un módem PLC para poder conectar el equipo final (PC, portátil,..) a la red eléctrica. En caso de tener un único equipo, esta conexión se realiza mediante el puerto *USB*. En caso de tener una red de varios PC's, el módem dispondrá de un conector *RJ-45* al cuál se lo podrá conectar un *router*. En este caso será necesario un cable Ethernet para cada equipo que se quiera conectar.

A continuación se muestra un módem⁴ PLC-RJ45 del fabricante *Ovislink*:



Fig. 2.12 Módem PLC de *Ovislink*

Su instalación es muy sencilla. Dispone de un conector para la red eléctrica y de un conector RJ-45 para poder tener una red, mediante un *router*. Permite velocidades de hasta 14 Mbps y su consumo energético es de 40 W. Actualmente tienen un precio alrededor de 90 €, aunque irán disminuyendo en el futuro ya que se trata de una tecnología muy reciente.

II.2.4 Ventajas y limitaciones

A continuación se muestran las principales ventajas de esta tecnología:

- Uso de la infraestructura existente (no son necesarios obras ni cableado adicional).
- Precios competitivos.
- Instalación sencilla y rápida para el usuario (sólo módem PLC).
- Acceso a los lugares más remotos.
- Tecnología que ofrece velocidades muy altas (hasta 135 Mbps).

⁴ Ver más detalles en *Anexo* → *equipos de usuario para el acceso a la banda ancha*

- Acceso simétrico por parte del usuario a la banda ancha.
- Posibilita, junto a otras tecnologías (ej. X.10), el control domótico.

Estas son sus principales limitaciones:

- Debido al uso de frecuencias (entre 1,6 y 30 MHz) y al mal aislamiento de los cables eléctricos, se generan muchas interferencias.
- La distancia entre el usuario y el repetidor tiene que ser menor de 300 m
- El consumo eléctrico de los módems es muy alto (40 W).
- Es una tecnología reciente y poco conocida por los usuarios finales.

II.2.5 Conclusiones

Se ha podido ver que es una tecnología que tiene muchas posibilidades. En las pruebas realizadas, se han alcanzado tasas de hasta 135 Mbps y se espera alcanzar los 200 Mbps próximamente, cifras muy superiores a las del *ADSL* (4 Mbps). Al igual que el *ADSL*, utiliza una infraestructura ya existente y prevista (red eléctrica) y por lo tanto su instalación es rápida y económica.

En el domicilio del usuario, se tiene que instalar un repetidor en el cuarto de contadores eléctricos y una unidad acondicionadora junto a la toma eléctrica. Para acceder a la red, es necesario utilizar un módem PLC.

Actualmente las compañías eléctricas ofrecen accesos simétricos de hasta 2 Mbps a precios muy competitivos.

La tecnología PLC no se ha tenido en cuenta en la ICT actual ya que es muy reciente. Utiliza la corriente eléctrica como medio de transporte y no es necesario ningún cableado adicional, si bien es necesario reservar un espacio en el cuarto de contadores para instalar el repetidor.

El PLC es una buena solución tanto en entornos en los cuales ya existen otras tecnologías, como en entornos con difícil orografía en los cuales no hay otras infraestructuras, ya que su cobertura es muy grande (98% de los domicilios). La principal limitación para poder acceder a la red es que la distancia entre el repetidor y el centro de transformación tiene que ser menor a 600 m.

Esta tecnología, con la integración de otras tecnologías como el X.10, es idónea para el control domótico ya que accede directamente mediante la red eléctrica a los sensores, electrodomésticos,...

Por otra parte, actualmente compañías eléctricas de gran importancia como son *Endesa* e *Iberdrola* están apostando fuertemente por esta tecnología y las pruebas piloto realizadas hasta el momento han sido muy satisfactorias. Sin embargo, su aceptación está siendo baja (aprox. 50.000 usuarios en España en Julio del 2004) y en países como Japón, Finlandia y Alemania, no se permite su utilización. La principal causa es que genera altas interferencias debido a que los cables eléctricos no están preparados para esta tecnología y también debido a las altas potencias emitidas. Estas interferencias afectan a servicios importantes como son comunicaciones navales, aeronáuticas, de emergencias y militares. Por lo tanto, se tendría que actualizar la normativa, y establecer niveles máximos de radiación e interferencias del PLC. Una posible solución sería la utilización de filtros más restrictivos o restringir esta tecnología en zonas críticas como son cercanías de aeropuertos, bases navales y militares,...

III Tecnologías inalámbricas

En este capítulo se va a analizar las tecnologías inalámbricas. Se estudiarán las tecnologías de última milla *LMDS*, *Wimax*, *Satélite* y la de entorno local *Wifi*.

III.1 LMDS

III.1.1 Introducción

LMDS (*Local Multipoint Distribution Service*) es una tecnología de comunicaciones inalámbricas de banda ancha en la cuál cada estación base da cobertura a su correspondiente celda. La conexión es bidireccional de punto a multipunto, y para ello utiliza ondas radioeléctricas a altas frecuencias en las bandas de 28 y 40 Ghz y en la de 3,5 Ghz, tecnología conocida como *MMDS* (*Multichannel Multipoint Distribution Service*). En ambas bandas, es necesario tener licencia. No está estandarizada y los fabricantes de los equipos ofrecen soluciones propietarias. Pueden transmitir a velocidades teóricas muy altas de 51,84 hasta 622 Mbps (10 Mbps en el caso del *MMDS*). Una celda *LMDS* puede soportar el equivalente a 128 líneas E1 o el equivalente a 3.800 líneas telefónicas.

Los operadores actuales ofrecen un acceso simétrico de hasta 8 Mbps, y posibilita los siguientes servicios:

- Telefonía.
- Datos.
- Televisión multicanal (difusión, 'pay per view', vídeo bajo demanda)
- Servicios interactivos multimedia (teleeducación, telemedicina, Internet a alta velocidad,..)

Al ser una tecnología inalámbrica, el coste de la infraestructura necesaria es muy bajo para los operadores, puesto que no es necesario el cableado. Como consecuencia, es una solución muy aconsejable en aquellas zonas donde no es rentable la implantación, es decir entornos poco poblados y con difícil orografía.

III.1.2 Aspectos técnicos

La tecnología *LMDS* utiliza bandas de frecuencia, conocidas como "ventanas espectrales", de unos 2 GHz (200 MHz en el caso del *MMDS*) con atenuación mínima ante los agentes atmosféricos.

La superficie de cobertura se divide en celdas de varios kilómetros dependiendo de la frecuencia y las condiciones climáticas (el radio es de 3 a 9 Km en las bandas de 28 GHz y 40 GHz, y de 15 a 25 Km en el caso del *MMDS*, es decir 3,5 GHz).

A continuación se muestra una celda *LMDS*:

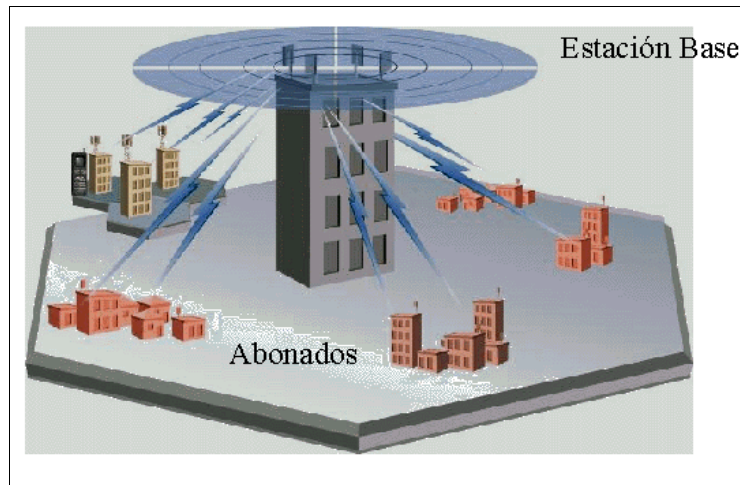


Fig. 3.1 Celda LMDS

En cuanto a la topología de red, en los sistemas LMDS son posibles varias arquitecturas. La mayoría de los operadores utilizarán diseños de acceso inalámbrico punto-multipunto, aunque también se pueden proveer sistemas punto-a-punto y sistemas de distribución de TV.

La red LMDS está compuesta por 4 elementos principales:

- **Centro de operaciones de la red (NOC):** Contiene el sistema de gestión que se encarga de controlar y conmutar información entre las distintas partes del sistema.
- **Infraestructura basada en fibra:** Consiste normalmente en red de fibra óptica síncrona (SONET) con conexión entre la oficina central (CO), equipos ATM e IP, y conexiones con otras redes públicas como PSTN y RDSI.
- **Estación base:** Se encarga de difundir la señal desde la red LMDS a los equipos de usuario vía radio. Incluye una interfaz para comunicarse con la fibra y equipos radio para transmitir.
- **Equipo del cliente (CPE):** Consiste en un equipo de microondas situado normalmente en las azoteas de los edificios y que recibe la señal de la estación base, y un equipo de red interior conectado mediante cable coaxial y que transmite los datos al usuario.

A modo de ejemplo, se muestra una antena de la estación base del fabricante *FirstMark*:



Fig. 3.2 Antena de una Estación Base *Firstmark*

En las dependencias del cliente, se tiene que instalar una antena receptora en la azotea del edificio en caso de compartir la conexión entre varios vecinos, o bien en algún punto exterior (Ej. Terraza, ventana,..) en caso de contratarla un único usuario. En ambos casos, tiene que haber visibilidad directa con la estación base. A continuación se muestra una antena receptora *LMDS*:



Fig. 3.3 Antena receptora del cliente *FirstMark*

También es necesaria la instalación de un equipo de red dentro del edificio, concretamente en el *RITS*. La siguiente imagen muestra un router del fabricante *Netro*:



Fig. 3.4 Equipo de red *Netro*

Dispone de un conector *F* ya que la conexión con la antena se realiza mediante cable coaxial. También tiene conectores *RJ-45* de forma que varios vecinos de un mismo edificio, mediante el cableado *Ethernet*, forman una red (en estrella) y por lo tanto comparten la conexión. También se puede conectar al router un *Acces Point*, en cuyo caso los usuarios forman una red *Wifi*. De esta forma se tiene una solución totalmente inalámbrica.

III.1.3 Ventajas y limitaciones

Sus principales ventajas son las siguientes:

- Al igual que las restantes tecnologías inalámbricas, su despliegue es muy rápido y económico puesto que no es necesario el cableado.
- Su ancho de banda es alto (hasta 622 Mbps).
- Tanto en la banda de 26 GHz (*LMDS*) como en la de 3,5 GHz (*MMDS*), es necesario obtener licencia y por lo tanto las interferencias son menores y la seguridad es mayor que en otros sistemas de bandas libres como el *Wifi*. Por el contrario, tener licencia supone un coste adicional y un tiempo de espera debido a los trámites administrativos.

Éstas son algunas de sus principales limitaciones:

- Es una tecnología no estandarizada, lo cuál conlleva a que se tengan soluciones propietarias, y por lo tanto los equipos tienen precios altos y no son compatibles entre distintos fabricantes.
- Tiene que haber visibilidad directa entre la estación base y el usuario final y por lo tanto no hay cobertura en entornos en los cuales hay obstáculos (Ej. Montañas, edificios,..)
- Las cuotas mensuales son muy altas respecto a otras tecnologías (Ej. Unas 6 veces más que las del *ADSL*).

III.1.4 Lanzamiento comercial

Como se ha dicho anteriormente, tanto en el LMDS como en el MMDS, trabajan en bandas en las cuales es necesario tener licencia. En el caso de España, el 10 de Marzo del 2000 se adjudicaron dichas licencias para la construcción y explotación de redes de acceso local vía radio. A continuación se muestran los operadores beneficiarios:

- Banda de los **3.5 GHz (MMDS)**: FirstMark Comunicaciones España, Retevisión, Aló 2000 y Abranet.
- Banda de los **26 GHz (LMDS)**: Retevisión, Uni2, Banda 26, SkyPoint y Broadnet.

Estos son los tipos de acceso que ofrecen:

Operador	Clientes	Datos y/o telefonía	Ancho de banda (de 256 Kbps hasta ...)	Precio Instalación	Precio/mes	Canalización necesaria ⁵
Firstmark	Empresas	Ambos	Hasta 2 M	360 €	360 €/mes	Sí
Neo Abranet	Empresas y Comunidad Vecinos	Sólo datos	Hasta 2 M	No especifica.	340 €/mes	Sí
Aló 2000	Empresas	Sólo datos	Hasta 1 M	210 €	50 €/mes	Sí
Broadnet	Empresas y Comunidad Vecinos	Sólo datos	De 128 K a 2 Mbps	De 150 a 600 €.	De 90 a 150 €/mes	Sí
Sky Point	Empresas y particulares	Ambos	8 Mbps	No especifica.	300 €/mes	No

Tabla. 3.1 Accesos *LMDS*

Como se muestra, las cuotas mensuales y los precios de los equipos son muy altos en comparación con otras tecnologías como el *ADSL*, *Cable*. Por lo tanto el LMDS sólo es viable en el caso de que varios vecinos de un mismo edificio compartan el acceso.

⁵ Canalización que transporta la señal de la antena al equipo de red del usuario.

En cuanto a su implantación, el LMDS no ha cumplido con las expectativas. Se pensaba que tendría mucho éxito principalmente en entornos rurales, si bien se estima que en España, son unos 70.000 usuarios, cifra muy inferior frente a los 2 millones de usuarios del *ADSL* o los 665.000 del *cable*.

III.1.5 Conclusiones

Se ha podido ver que, al igual que las restantes tecnologías inalámbricas, el despliegue de esta tecnología es muy económico y sencillo frente a tecnologías cableadas (Ej. Fibra hasta la casa). Su uso es idóneo allí donde no hay operadores de cable, es decir entornos poco poblados y de difícil geografía.

En cuanto al acceso, es simétrico y ofrece un ancho de banda de hasta 8 Mbps. Sin embargo, las cuotas mensuales son muy altas (hasta 6 veces superiores a las del *ADSL* y *Cable*), y por lo tanto es una solución viable en el caso de ser contratado por una comunidad de vecinos, a costa de compartir el ancho de banda.

Respecto a otras tecnologías inalámbricas como el *Wimax*, el coste de los equipos LMDS (estación base, antena receptora del usuario,..) es alto ya que no una tecnología estandarizada y los operadores tienen que escoger entre sistemas propietarios.

Además, tiene que haber visibilidad directa entre la estación base y la antena del cliente. Por lo tanto, en entornos en los cuales hay muchos obstáculos (Edificios, montañas,..) no hay cobertura y los usuarios tienen que escoger otra tecnología. Estas limitaciones han afectado a su implantación, que está siendo muy inferior a la prevista: en Julio del 2004 eran unos 70.000 usuarios, lo cuál supone únicamente un 2,44 % de los usuarios de banda ancha.

En el caso de la tecnología *Wimax*, se solucionan los principales problemas del *LMDS*. Por una parte, está estandarizada por el organismo IEEE (802.16x) y ha sido desarrollada por el *Wimax Forum*, consorcio formado por empresas como *Intel*, *Nokia*, *Siemens*. Por lo tanto, los fabricantes harán sus equipos cumpliendo el estándar y los costes irán disminuyendo.

Por otra parte, no es necesario que haya visibilidad directa entre la estación base y la antena receptora del usuario final. Además, la cobertura es muy alta⁶ (hasta 70 Km) lo cuál permite dar acceso a poblaciones enteras, y en entornos de orografía difícil.

Además, tiene un ancho de banda mayor (hasta 70 Mbps). Por lo tanto, se prevé la tecnología *LMDS* será sustituida por el *Wimax*.

Por último, esta tecnología ya está contemplada en las ICT's desde la publicación del Real Decreto (4 abril 2003). En ella se reservan los espacios para los equipos necesarios en los registros (RITS, RITI) y para el cableado en las canalizaciones (principales y secundarios). También se especifica que en caso de no estar prevista, el usuario final puede instalar en su vivienda su propia antena receptora LMDS y equipo de red.

Por lo tanto, dado la baja acogida que está teniendo y que según las previsiones será sustituida por el *Wimax*, se recomienda no tenerla en cuenta en la ICT y que los usuarios que desean instalarla, lo hagan de forma individual. De esta forma se contribuye a solucionar el problema de las medidas sobredimensionadas de la actual normativa.

⁶ Hasta 70 Km si hay visibilidad directa, y 5 Km en caso contrario.

III.2 Wi-Max

III.2.1 Introducción

WiMax (Worldwide Interoperability for Microwave Access) es también una tecnología de banda ancha que cubre 'la última milla'. Al igual que las demás técnicas inalámbricas, su despliegue es muy rápido y económico ya que no es necesario realizar el cableado en suelo público. Es una tecnología punto-multipunto en la cuál cada estación base permite conectar a los distintos usuarios. Para ello, en el domicilio del usuario se tiene que instalar una antena situada normalmente en la azotea.

Permite el acceso a los servicios de voz (VoIP), datos y vídeo.

Respecto al LMDS, sus principales ventajas son que está estandarizada y que no es necesario que haya visibilidad directa entre la estación base y usuario .

Por último, el radio de cobertura es aproximadamente de 70 Km y el ancho de banda del usuario final de hasta 70 Mbps.

III.2.2 Aspectos técnicos

Wimax es una tecnología definida por el organismo IEEE y desarrollada por el consorcio *Wimax Forum*, formado por unas 60 empresas, entre las cuales destacan compañías como *Intel, Nokia, Siemens, Fujitsu*.

En el 2001, se publicó el primer estándar (802.16). En él se definieron frecuencias de trabajo muy altas (10-66 GHz) para tener un gran ancho de banda (124 Mbps). Su principal limitación era que tenía que haber visibilidad directa entre la estación base y la antena del usuario. El radio de cobertura era de 40 Km. Este estándar estaba pensado para enlaces largos y de gran capacidad, y con garantías de seguridad (Ej. Redes privadas nacionales gestionadas por operadoras). Por ello son bandas con licencia necesaria.

En abril del 2003, se publicó el estándar 802.16a y es la versión utilizada actualmente. Está pensado para cubrir la última milla hasta el usuario final.

Es un sistema híbrido ya que puede trabajar en bandas libres (5,8 GHz) y en bandas con licencia necesaria (2,5 y 3,5 GHz). Al trabajar con frecuencias mas bajas, se consigue una cobertura mayor (hasta 70 Km), mientras que el ancho de banda es menor (70 Mbps). La principal ventaja del 802.16a es que no es necesario que haya visibilidad directa entre la estación base y el usuario final, lo cuál permite dar cobertura también a entornos con muchos obstáculos (Ej. Zonas montañosas, edificios).

Seguido se muestra las principales características de ambos estándares:

Estándar	802.16	802.16a
Lanzamiento	2001	2003
Bandas (GHz)	10-66	2,5-3,5 5,8
Velocidad	124 Mbps	70 Mbps
Cobertura	40 Km	70 Km
Licencia	Si.	Si. No.
Visibi. directa	Si	No

Tabla. 3.2 Estándars Wimax

Wimax ofrece estas altas velocidades gracias a la utilización de la modulación OFDM (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*). Dentro de una banda, utiliza múltiples subportadoras (256). Gracias a esta técnica un operador puede transmitir más señales con menos probabilidad de interferencia, lo cual es muy importante sobre todo en una banda libre.

También tiene una alta eficiencia espectral, gracias a la utilización de antenas inteligentes (*smart antenas*), propias de las redes celulares de 3G. La eficiencia es de 5bps/Hz. De esta forma el número de usuarios por canal es muy alto.

En cuanto a protocolos, puede transportar paquetes IP, Ethernet y ATM y ofrece los siguientes servicios: datos, voz (VoIP), vídeo y acceso a Internet. En el estándar 802.16e se ofrece calidad de servicio (QoS).

A continuación se muestra una posible solución en la cual se combinan los diferentes estándares del Wimax junto a la tecnología inalámbrica que tanto éxito está teniendo *Wi-Fi* (*Wireless Fidelity*, definida en el estándar 802.11):

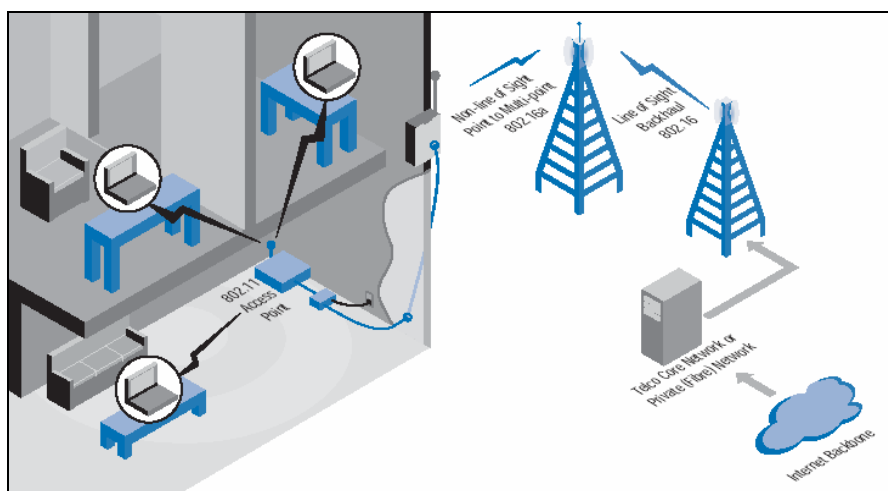


Fig. 3.5 Utilización de *Wimax* y *Wifi*

La conexión entre estaciones base se establece usando el estándar 802.16. Tiene que haber visibilidad directa y se usan bandas con licencia necesaria, lo cual proporciona seguridad al operador.

La conexión entre la estación base y el usuario final se realiza utilizando el estándar 802.16a. Para ello, se instala en el domicilio (normalmente en la azotea) una antena receptora Wimax. No es necesario que haya visibilidad directa, permitiendo así que tenga acceso en cualquier punto del área de cobertura, incluso habiendo obstáculos por medio. Además, al utilizar bandas libres (5,8 GHz), cualquier operador puede dar acceso, permitiendo así la libre competencia.

Seguido, para dar acceso a los distintos vecinos, se transmite la señal mediante el cable coaxial o Ethernet a un punto de acceso *Wifi*. Este elemento da cobertura a prácticamente todo el edificio (hasta 300 m). Los distintos dispositivos finales (PC, portátiles, PDA's,..) se conectan a él de forma inalámbrica mediante sus tarjetas *Wifi*.

Por lo tanto ambas tecnologías ofrecen una solución totalmente inalámbrica y permiten un despliegue rápido y económico de cara al usuario final.

III.2.3 Ventajas y limitaciones

Son principales ventajas son las siguientes:

- Frente al LMDS, tiene la ventaja de estar estandarizada y por lo tanto se prevé que los costes de los equipos serán más bajos.
- Dispone de distintos estándares y propiedad según la aplicación y función en la red.
- El ancho de banda típico es de 70 Mbps (suficiente para la mayoría de aplicaciones actuales). Las velocidades máximas son hasta 124 Mbps, si bien en estas condiciones es necesario que haya visibilidad directa y tener licencia.
- Ofrece cobertura en un radio de hasta 70 Km.
- Despliegue muy económico y rápido puesto es inalámbrica y no necesita cableados.

Su principal limitación es que todavía no se ha comercializado y por lo tanto está en desventaja respecto a otras tecnologías inalámbricas. Además, utiliza bandas libres (5,8 GHz) lo cuál puede conllevar a tener problemas de seguridad e interferencias, tal y como sucede con el Wifi.

III.2.4 Lanzamiento comercial

Actualmente en España, el operador *Iberbanda* es el único que tiene licencia en la banda de los 3,5 GHz y que ofrece el acceso a la red mediante Wimax. En la comunidad andaluza y catalana, está ofreciendo desde el 2004 esta tecnología a unos 5.000 edificios públicos (colegios, juzgados, centros de salud,..) en municipios de menos de 3.000 habitantes. En ambos casos, a pesar que el ancho de banda teórico es de 70 Mbps, actualmente están ofreciendo accesos simétricos de hasta 4 Mbps. Para ello, ha instalado unas 140 estaciones base Wimax. A partir del 2005, *Iberbanda* actualizará sus 230 estaciones base LMDS a la tecnología Wimax, y así poder dar acceso a cualquier entorno de todas las comunidades de España.

III.2.5 Conclusiones

Se ha podido ver que Wimax es una tecnología de última milla y que supone una alta amenaza para las actuales tecnologías ADSL y 'Cable'. Ofrece un ancho de banda muy superior (hasta 17 veces mayor) y su despliegue es mas rápido y económico ya que no son necesarios los zanjados en suelos públicos. A diferencia del LMDS en el cuál se tienen que escoger entre soluciones propietarias de los fabricantes, el Wimax estandarizado y por lo tanto todos los fabricantes realizarán los equipos bajo un mismo estándar, lo cuál conllevará a que los precios sean más bajos. Además, los equipos serán compatibles y se tendrá libertad en la elección del proveedor.

Además, tal y como se define en el estándar 802.16a, no es necesario que haya visibilidad directa entre la estación base y el usuario final, lo cuál permite tener cobertura en zonas de obstáculos (Ej. Montañas, edificios,..) y movilidad. Puede trabajar en bandas libres para dar acceso al usuario final y por lo tanto su despliegue es más económico y rápido, ya que no es necesario esperar a la obtención de licencia. Sin embargo, esta característica puede conllevar a tener problemas de seguridad e interferencias, tal y como ocurre con el Wifi.

La cobertura también es mucho mayor (aprox. 8 veces mas) y el ancho de banda de hasta 70 Mbps (8 Mbps en el caso del *LMDS*).

Estas ventajas hacen prever que el *Wimax* sustituirá a la actual *LMDS* y que se implantará principalmente en entornos rurales y de difícil acceso.

Su principal limitación es que todavía no se ha comercializado y por lo tanto no es conocida por los usuarios, si bien se espera que en el 2005 comience su despliegue. En España, desde el 2004 *Iberbanda* está desplegando esta tecnología en la comunidad andaluza y catalana en zonas rurales, y a partir del 2005, actualizará sus estaciones base *LMDS* al *Wimax* y también dará cobertura al resto de España. En el resto del mundo, tal y como muestra la siguiente gráfica, se prevé que tendrá una alta aceptación al igual que está sucediendo con el *Wifi*:

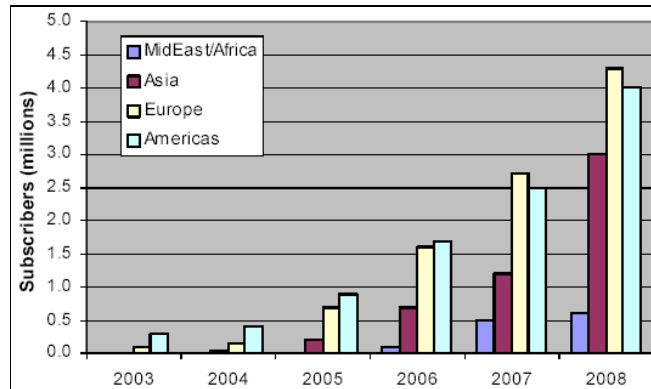


Fig. 3.6 Implantación prevista del Wimax en el mundo

Como se puede ver, se prevé que su gran despliegue comenzará en el 2005 principalmente en América y Europa, y que tendrá un alto crecimiento en los años siguientes, llegando a los 4,2 millones de usuarios en el 2008 en Europa. En cuanto a la ICT, todavía no se ha tenido en cuenta ya que es muy reciente. Se ha visto que en el domicilio del usuario, es necesario instalar una antena receptora en la azotea del edificio. Para distribuir la señal a los distintos usuarios del edificio, existen distintas posibilidades (coaxial, ethernet, wifi,..). Actualmente *Iberbanda* utiliza el cable coaxial mediante las canalizaciones ya previstas, si bien a partir del 2005, se prevé que se instalará la antena receptora dentro de la vivienda del usuario final y a partir del 2006, los fabricantes como *Intel* incorporarán 'chips Wimax' en los equipos finales de los usuarios (PC's, portátiles,..) al igual que está ocurriendo con las tarjetas *Wifi*. Por lo tanto, es prematuro reservar los correspondientes espacios, y se recomienda esperar a su implantación y analizar como afecta a las ICT's.

III.3 Wifi

III.3.1 Introducción

En los apartados anteriores, se han estudiado tecnologías de banda ancha que cubren la última milla. El 'Wifi' (*Wireless Fidelity*) es una tecnología inalámbrica que permite interconectar distintos equipos (PC's, portátiles, PDA's,..) en un

entorno local. Su principal ventaja es que no es necesario utilizar el cable *Ethernet* y que permite movilidad dentro del área de cobertura.

Como se verá mas adelante, el usuario tiene que instalar en el domicilio:

- Punto de Acceso: para dar cobertura a los usuarios.
- Tarjeta Wifi: en cada equipo final que se quiera conectar a la red.

Otra de sus ventajas es que no tiene que haber visibilidad directa entre el *Access Point* y el equipo final.

El 'Wifi' trabaja en las bandas libres de 2,4 y 5 GHz (según el estándar) y permite velocidades de hasta 54 Mbps. El área de cobertura varía de 90 a 460 m según la frecuencia utilizada y sobre todo del tipo de entorno.

Por último, esta tecnología está teniendo un gran éxito tanto en España como en el resto del mundo. En la actualidad, el número de usuarios mundiales es de aproximadamente 50 millones.

III.3.2 Aspectos técnicos

El Wifi es una tecnología inalámbrica estandarizada por el IEEE. En 1997, publicó el primer estándar: el 802.11b. La banda de trabajo no necesita licencia, y se encuentra entorno a los 2,4 GHz. Utiliza la modulación *DSSS* ('Direct Sequence Spread Spectrum') y permite velocidades de 1, 2, 5.5 y 11 Mbps. Esta característica, llamada DRS ("*Dynamic Rate Shifting*"), permite a los adaptadores de red reducir las velocidades para compensar los posibles problemas de recepción. Este estándar permite 3 canales sin solapamiento. Por último, el radio de cobertura depende de las velocidades aplicadas, del número de usuarios y del entorno (obstáculos, materiales,..). Seguido se muestra una tabla orientativa de las coberturas:

802.11b	Cobertura (a 1 Mbps)	Cobertura (a 11 Mbps)
Espacios interiores	90 m	30 m
Espacios exteriores	460 m	120 m

Tabla. 3.3 Cobertura del 802.11b

Mas adelante, en 1999, el IEEE publicó el estándar 802.11a. Su diferencia principal es que trabaja en la banda de frecuencias de 5 GHz y utiliza la modulación *OFDM* (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*), técnica que distribuye los datos en múltiples subportadoras (52 en este estándar). De esta forma, soporta hasta 8 canales sin solapamiento, y permite velocidades de hasta 54 Mbps. Su principal limitación es que no es compatible con su predecesor (802.11a) debido al cambio de frecuencia, si bien algunos puntos de acceso soportan ambos estándares. Por último, el radio de cobertura es inferior. Seguido se muestra una tabla orientativa de las coberturas:

802.11a	Cobertura (a 6 Mbps)	Cobertura (a 54 Mbps)
Espacios interiores	90 m	12 m
Espacios exteriores	300 m	30 m

Tabla. 3.4 Cobertura del 802.11a

Por último, en el 2003 se publicó el estándar 802.11g. Trabaja en la banda libre de los 2,4 GHz. Es compatible con las 2 versiones anteriores, y soporta las modulaciones *DSSS* y *OFDM*. Tiene un ancho de banda de 54 Mbps y soporta 3 canales simultáneos. Las coberturas son semejantes a las del 802.11a. Seguido se muestran las principales características de los 3 estándares:

Estándar	802.11b	802.11a	802.11g
Lanzamiento	1997	1999	2003
Bandas de frecuencias	2,4 GHz	5 GHz	2,4 GHz
Ancho de banda	Hasta 11 Mbps	Hasta 54 Mbps	Hasta 54 Mbps
Cobertura máx. (m)	90 inte. 460 ext.	90 inter. 300 ext.	90 inter. 300 ext.
Modulación	DSSS	OFDM	OFDM/DSSS
Nº canales no solapados	3	8	3

Tabla. 3.5 Estándars Wifi

En una red Wifi, la configuración básica del sistema se denomina *BSS (Basic Service Set)*. Es una tecnología punto a multipunto, en la cuál se utiliza un *Access Point* para dar cobertura en un radio de hasta 460 m (dependiendo del entorno, usuarios, velocidades,..). Para poder conectarse a la red *Wifi*, se tiene que instalar unas tarjetas adaptadoras *Wifi* en los distintos equipos. A continuación se muestra un esquema:

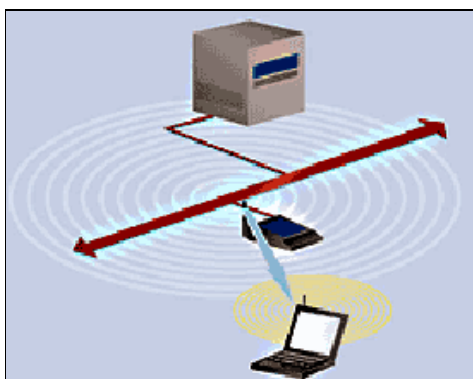


Fig. 3.7 Arquitectura Wifi

Como se muestra en la imagen, el punto de acceso, situado en el centro, da cobertura a los distintos equipos (portátil, PC,..) y también es el encargado de coordinarlos y de ser el intermediario con la tecnología de última milla. Una de las grandes ventajas es que no es necesario que haya visibilidad directa entre ambos, lo cuál permite movilidad de los equipos dentro del área de cobertura. A modo de ejemplo, se muestra un Access Point del fabricante *3com*:



Fig. 3.8 Access Point del fabricante 3com

Soporta los estándares 802.11b y g. El número de usuarios simultáneos es de 128 y tiene un puerto Ethernet 10/100 Mbps. Su precio es de 100 €.

En cuanto a las tarjetas adaptadoras, según el equipo (PC, portátil, PDA,..) que se quiera conectar a la red, se tendrá que utilizar un tipo de tarjeta Wifi (pci, usb, pcmcia,..). A modo de ejemplo, se muestra una tarjeta PCMCIA para los portátiles del mismo fabricante:



Fig. 3.9 Tarjeta PCMCIA del fabricante 3com

Entre sus principales características, destacar que soporta los 3 estándares (802.11a, b y g), permite un alcance de hasta 100 m, y su precio es de 30 €.

III.3.3 Ventajas y limitaciones

Sus ventajas principales son las siguientes:

- No es necesario que haya visibilidad directa.
- Está estandarizada: los precios son bajos y disminuyen continuamente.
- Permite velocidades de hasta 54 Mbps.

Sus principales limitaciones son:

- Tiene problemas de seguridad.
- La velocidad depende del número de usuarios, de la distancia al punto de acceso y del entorno (materiales, obstáculos,..)
- Interferencias con otras redes Wifi, y tecnologías como el Bluetooth.
- Crecimiento descontrolado de las redes Wifi.

III.3.4 Lanzamiento comercial

La tecnología Wifi está teniendo un éxito muy importante, tanto en entornos empresariales como residenciales, como públicos.

Uno de los factores claves está siendo el bajo coste de los equipos. Se trata de una tecnología estandarizada, lo cuál permite que muchos fabricantes hagan sus equipos bajo un mismo estándar, y por lo tanto se llegue a un

abaratamiento de los precios. El usuario final necesita adquirir un punto de acceso y una tarjeta wifi para cada equipo. Sus precios aproximados son 100 y 30 € respectivamente, y en caso seguir con el actual abaratamiento, se estima que en el 2008 tendrán un coste 10 veces menor.

Otro factor clave en el éxito está siendo que muchos equipos (portátiles, PDA's,..) tienen incorporados de serie tarjetas Wifi. A modo de ejemplo, el fabricante de procesadores *Intel* está fabricando ordenadores portátiles que ya llevan incorporado un chip wifi en las gamas *Centrino*.

En cuanto a los equipos, seguido se muestra una gráfica con los más utilizados⁷:

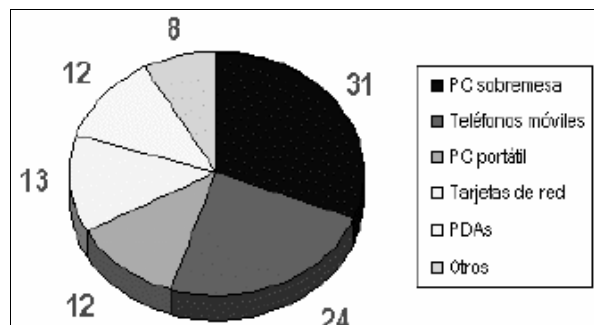


Fig. 3.10 Equipos Wifi en el 2005

Como se puede ver, se estima que en el 2005 los equipos más utilizados en una red wifi serán el PC de sobremesa (31%), los PC's portátiles (24%), las PDA's (13%) y los teléfonos.

Seguido se muestra la implantación actual y prevista en el mundo:

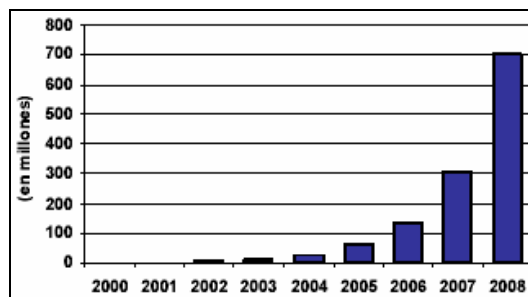


Fig. 3.11 Usuarios Wifi en el mundo

Tal y como se muestra, el 2004 está siendo el año de despliegue. Actualmente se estima que unos 50 millones utilizan esta tecnología y se prevé que tendrá un crecimiento exponencial, llegando a los 700 millones en el 2008.

Seguido se muestra la distribución de dichos usuarios tanto en España como en el mundo:

⁷ Aberdeen Group

TIPO DE APLICACIÓN	REDES Wi-Fi. 2003		Factor crecimiento	2008 España
	Mundo	España		
REDES PRIVADAS PARTICULARES	38.750	581	14,8	8.578
REDES CORPORATIVAS	84.000	1.260	2,3	2.898
REDES PÚBLICAS	71.000	1.065	2,3	2.450
TOTAL	193.750	2.906	4,3	12.478

Fig. 3.12 Distribución de los usuarios Wifi

Se puede observar que en el 2003, el número de redes Wifi se concentran sobre todo en entornos corporativos y públicos. Éstos últimos, generalmente denominados '*hot-spots*', son lugares como aeropuertos, estaciones, lugares céntricos de una ciudad, en los cuales se instalan varios puntos de acceso, dando así cobertura wifi a los distintos usuarios.

En el caso de España, se estima el crecimiento de redes se realizará sobre todo en el ámbito residencial, llegando en el 2008 a unas 8500 redes. Tal y como se han analizado en los diversos estudios, dichas redes normalmente constan de un único punto de acceso, y se han realizado en muchos de los casos por gente no preparada en el sector, de forma descontrolada, y sin ningún tipo de planificación de coberturas, de estudio de interferencias, ..

III.3.5 Conclusiones

Se ha podido ver que, a diferencia de las otras tecnologías de última milla, ésta es idónea para entornos locales, debido a su baja cobertura (aproximadamente 100-400m según entorno).

Al igual que las demás tecnologías inalámbricas, su principal ventaja es que no es necesario utilizar el cableado *Ethernet* para formar una red, y su instalación resulta sencilla y económica.

El usuario sólo necesita instalar en la vivienda un punto de acceso y una tarjeta inalámbrica a cada equipo que quiera conectar. Tal y como se ha dicho antes, al ser una tecnología estandarizada, el precio de los equipos es reducido y está disminuyendo notablemente, siendo el de ambos dispositivos de unos 100 y 30 € respectivamente. Además, muchos equipos (Portátiles, PDA's,..) tienen incorporada de serie una tarjeta Wifi.

Para poder acceder a Internet, es necesario el uso de una tecnología que cubra la última milla (ej. *ADSL*, *PLC*, *HFC*, *Wimax*,..) y mediante un cable Ethernet, conectarlo al punto de acceso, y así poder compartir la banda ancha entre los distintos equipos de forma inalámbrica. Una posible solución es el uso de varios puntos de acceso a través de un edificio, y así compartir una conexión de alta velocidad entre los distintos vecinos.

En algunos casos, los operadores de otras tecnologías de última milla, ofrecen equipos con un Access Point incorporado. A modo de ejemplo, operadores del ADSL como *Terra*, *Ya.com*, *Wanadoo* ofrecen un router wifi al contratar una conexión de alta velocidad.

Por lo tanto esta tecnología es ideal en cualquier tipo de entorno. Actualmente, en entornos de difícil orografía, se están utilizando a la vez las tecnologías *Satélite* y *Wifi*. A modo de ejemplo, la compañía '*Telecom Castilla La Mancha*' está dando acceso a la banda ancha a mas de 150 municipios muy poco poblados. Para ello, acceden a Internet de banda ancha vía satélite, y reparten

la conexión en todo el municipio mediante puntos de acceso Wifi. Por lo tanto, a la espera del despliegue del Wimax, actualmente supone una solución rápida y económica para dar acceso a entornos aislados.

En cuanto a normativas, como se ha dicho anteriormente, transmite en bandas libres, y por lo tanto no requiere licencia. Sin embargo, al igual que las restantes tecnologías inalámbricas, los equipos Wifi (acces points, tarjetas,..) tiene que cumplir la normativa sobre restricciones en emisiones radioeléctricas (Ej. Real Decreto 1066/2001, Orden CTE/23/2002).

Tal y como se ha visto en el análisis de las tecnologías de última milla, se trata de una solución eficaz, económica y muy utilizada para distribuir el acceso de alta velocidad entre los vecinos de un mismo edificio.

Además, tanto en España como en el resto del mundo, el alto crecimiento de redes Wifi se está realizando sobre todo en entornos domésticos, y por personas que no son técnicas en el sector, y por lo tanto sin ningún tipo de análisis de coberturas de los alrededores, sin planificación de frecuencias y sin estudios de seguridad (principal problema del Wifi) e interferencias.

Por lo tanto, es necesario incorporar un estudio del Wifi en la normativa de ICT's (actualmente no previsto), y así, mediante la supervisión de un ingeniero de telecomunicaciones, conseguir un despliegue viable y 'ordenado' de esta tecnología, y asegurar unos niveles mínimos de señal Wifi en cada vivienda así como garantizar que no perjudica a la salud de los usuarios. Para ello, es necesario prever espacios para poder instalar puntos de acceso en el RITS, RITI así como en los registros principales de planta, según sean necesarios para conseguir dichos niveles mínimos. También es necesario prever canalizaciones para acceder a dichos puntos de acceso (Ej. Vía cable ethernet).

Por último, tal y como se ha visto, el wifi está teniendo una acogida muy grande: actualmente se estima que son aproximadamente 50 millones de usuarios en el mundo, y se prevé que serán 700 millones en el 2008.

III.4 Internet vía Satélite

III.4.1 Introducción

Como su nombre lo indica, esta tecnología está basada en acceder a la red mediante el intercambio de ondas electromagnéticas a frecuencias muy altas (10 a 30 GHz) con un satélite en órbita geoestacionaria, situado a una distancia de unos 36.000 Km. El usuario necesita una antena para captar las señales del satélite y un módem 'DVB' para descodificarlas. Para el envío de datos (canal de retorno), hay 2 posibilidades:

- Utilizar la red telefónica y por lo tanto necesitará un módem convencional (enlace unidireccional).
- Utilizar el mismo satélite (enlace bidireccional).

La transmisión de datos entre la antena parabólica y el módem DVB se realiza mediante el cable coaxial.

Al igual que las demás tecnologías inalámbricas, los costes de despliegue de esta tecnología son muy bajos puesto que no necesitan cableado. Como se verá mas adelante, la principal ventaja es que un satélite ofrece una cobertura muy extensa (aproximadamente 1600000 Km²) y que el usuario tendrá acceso

en cualquier punto de esa area (en el caso de enlace bidireccional), incluso en aquellas zonas de difícil orografía en lo cuales no hay ninguna infraestructura (Ej. Desiertos, alta mar,..).

III.4.2 Aspectos técnicos

Debido a limitaciones de volumen y peso en la estación satélite, la potencia radiada está limitada. Además, las señales reciben una gran atenuación debido a la distancia tan grande y a atraviesan las diferentes capas de la atmósfera. Como consecuencia, son necesarios equipos técnicamente avanzados con una alta sensibilidad y ganancia.

Básicamente se trata de una antena parabólica, de gran directividad y un bloque de bajo nivel de ruido (LNB) con niveles de ganancia del orden de 50dB y que traslada la señal a frecuencia intermedia (950-1750 MHz), para ser transportada mediante cable coaxial al usuario final.

Son enlaces altamente directivos en los cuales no hay limitaciones en el uso del espectro y que no necesitan licencia.

Para la recepción y envío de datos, existen 2 tipos de enlaces: unidireccional y bidireccional. Seguido se realiza una breve descripción de cada uno.

Enlace unidireccional

A continuación se muestra un esquema de su funcionamiento:

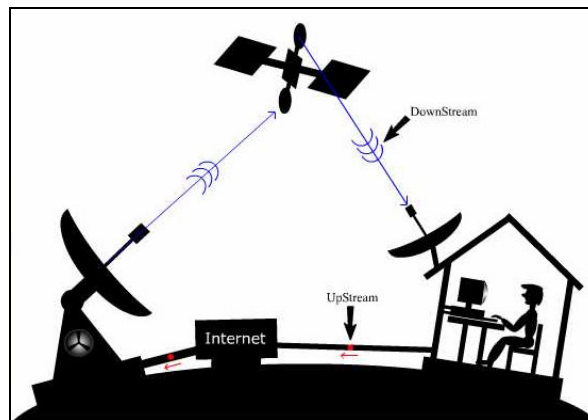


Fig. 3.13 Enlace unidireccional

Las solicitudes de información del usuario son enviadas a su proveedor de acceso a Internet a través del módem convencional y utilizando la red telefónica. El proveedor terrenal las procesa y envía la respuesta al satélite el cual se comunica con el usuario a través de la antena parabólica. Seguido el conversor de bajo ruido (LNB, Low Noise Block) recibe la señal, la amplifica y la convierte a la frecuencia intermedia a la que trabaja el decodificador (módem DVB) y se la transmite mediante el cable coaxial apantallado de 75 ohms. Seguido se envía la señal del módem al PC del usuario por el puerto USB o RJ-45 según hay un único PC o una red de varios equipos. Por lo tanto, en este tipo de enlaces, además de necesitar un módem convencional, es necesario también utilizar un módem DVB.

En caso de ya disponer de una antena, no es necesaria la adquisición de otra nueva, y se puede seguir recibiendo los canales de televisión y el acceso a Internet a través de la misma antena, instalando en ella otro LNB para la recepción de datos. En cuanto al cableado, es necesario utilizar un cable coaxial dedicado exclusivamente para la recepción de datos.

Los enlaces unidireccionales son idóneos para aplicaciones asimétricas (Ej: navegación, descarga datos) ya que la velocidad de bajada es de hasta 1 Mbps, si bien la de subida está limitada por el cableado telefónico.

Enlace bidireccional

En este tipo de enlaces, los datos de subida y de bajada se realizan mediante la misma antena. La transmisión de entre el módem y la antena se realiza mediante 2 cables coaxiales (uno para la emisión y otro para la recepción).

A continuación se muestra un esquema de dicho enlace:

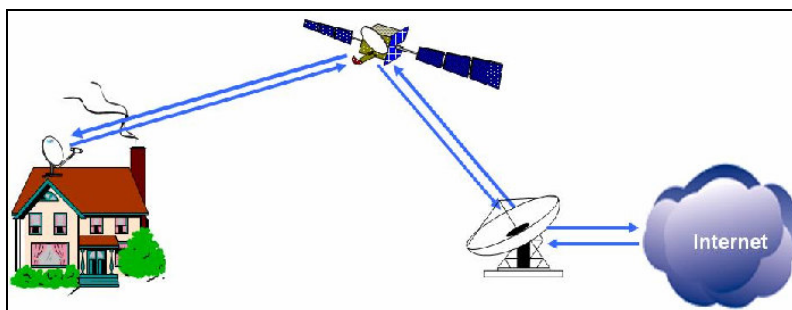


Fig. 3.14 Enlace bidireccional

El usuario envía la petición a través de la misma antena de recepción. El satélite la reenvía al proveedor. Éste la procesa y envía la respuesta al usuario siguiendo el proceso inverso. No es necesaria utilizar otra infraestructura (no se usa la red telefónica). Seguido se muestra de forma más detallada la instalación en el hogar del usuario:

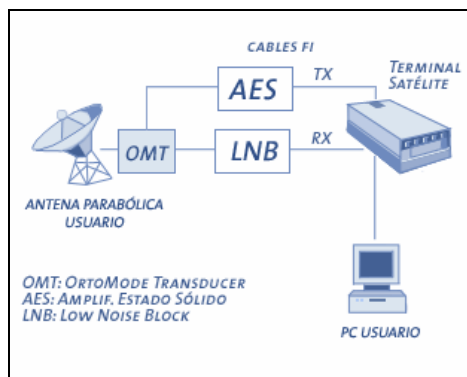


Fig. 3.15 Instalación en el usuario para un enlace bidireccional

Además de la antena, el módem DVB (Terminal satélite) y el convertor de bajo ruido (LNB), es necesario un AES (amplificador estado sólido) para el envío de señales y un OMT ('Transductor Ortomodo') para poder separar las señales

transmitidas y recibidas a través de la antena. Como se ha dicho antes, es necesario utilizar 2 cables coaxiales de la antena al módem/router DVB (uno para Tx y otro para la Rx) para transmitir las señales.

A continuación se muestran un módem DVB del fabricante *Linkstar*:



Fig. 3.16 Módem DVB del fabricante *Linkstar*

Este módem soporta los paquetes IP y dispone de un conector 10/100 BaseT (conector RJ-45), y por lo tanto, mediante un cable Ethernet, permite conectar un router (o switch o hub) y tener así una red Ethernet de múltiples PC's.

Por lo tanto, dado el ancho de banda elevado de los accesos bidireccionales (hasta 8 y 2 Mbps de bajada y subida) y mediante un equipo de red, varios vecinos de un mismo edificio pueden compartir un mismo acceso. Para ello, cada usuario se conecta, mediante un cable Ethernet, desde el conector RJ-45 de su PC al del router, formando así una red en estrella.

De esta forma, comparten los altos costes de los equipos y las cuotas mensuales. Como desventaja, el ancho de banda de cada usuario es inferior.

En los accesos bidireccionales, las antenas transmiten en ambos sentidos y por lo tanto es necesario utilizar otra antena (bidireccional), no pudiendo reutilizar la antena convencional (de recepción de canales de TV). Dichas antenas son instaladas en la azotea y su diámetro varía de 80-100 cm. A continuación se muestra una antena bidireccional del fabricante *Nera*:



Fig. 3.17 Antena bidireccional *Nera*

Trabaja en la banda *Ku* (14-14.5 Ghz en Tx y 10.95-12.75 GHz en Rx), su diámetro es de 96 cm y la potencia de salida de 1,3 W.

Según la red de satélites usada, la orientación de las antenas varía. En el caso de *Astra*, tienen que estar orientadas hacia el satélite Astra 1G a 19.2° Este.

Seguido se muestra la cobertura de dicho satélite según los distintos diámetros:

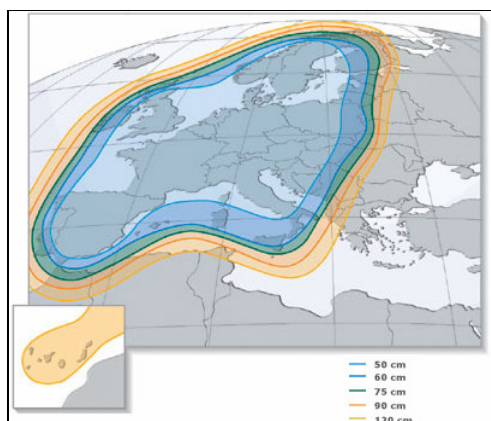


Fig. 3.18 Cobertura del satélite *Astra 1 G*

Un único satélite ofrece una cobertura muy amplia (aprox. 1600000 Km²). Cuanto mayor sea la antena receptora del usuario final, mayor será el área de acceso. Si el diámetro es mayor de 90 cm, la cobertura en *España* es total.

III.4.3 Lanzamiento comercial

Se estima que en *España* unos 1500 usuarios utilizan el satélite (acceso uni y bidireccional) para acceder a la red y se prevé que en el 2005 serán unos 3000. Los clientes son usuarios residenciales, ayuntamientos, centros educativos y empresas que no disponen de ningún otro acceso a la banda ancha y se encuentran en entornos rurales con difícil orografía.

Por otra parte, la Entidad Pública Empresarial *Red.es* está desarrollando, utilizando HISPASAT, el despliegue de una red de conexión de alta velocidad a Internet mediante tecnología satelital bidireccional. Con este sistema todas las escuelas, bibliotecas y telecentros del territorio español, independientemente de su ubicación e infraestructura previa, podrán disponer de un servicio de conexión IP de banda ancha para acceder a Internet o tener redes privadas.

Actualmente los operadores ofrecen esta tecnología mediante redes de satélite como *Astra e Hispasat*. A modo de ejemplo, en el caso de España, los operadores *Ya* y *Filiago* ofrecen accesos a la red mediante los satélites *Astra*.

Otros operadores como *Telefónica*, *NEO-SKY*, *Globecast*, *Telecom Castilla La Mancha*, *Satconxion*, *BT* y *Red.es* ofrecen accesos mediante *Hispasat*. Seguido se muestran los accesos que ofrecen:

	Unidireccional	Bidireccional
Velocidad bajada	256 Kbps a 1 Mbps	512 Kbps a 2 Mbps
Velocidad subida	56 Kbps	128 a 512 Kbps
Coste equipos	--	2500 €
Cuota mensual	35 a 100 €	200 a 600 €

Tabla. 3.6 Accesos vía Satélite

Las cuotas mensuales son unas 12 veces más altas que las del *ADSL* o el *cable*, y solo tiene sentido en lugares donde no se disponga acceso a estas tecnologías.

Comparando los 2 tipos de accesos, las cuotas del bidireccional son más altas si bien el ancho de banda también es mayor. El precio de los equipos del bidireccional también es mucho mayor (aprox. 2500 €) debido al coste de la antena bidireccional, y por tanto es viable en el caso de que varios vecinos de un mismo edificio lo contraten y así compartan el ancho de banda y los gastos.

III.4.4 Conclusiones

Se ha podido ver que existen 2 tipos de accesos muy diferentes.

El unidireccional utiliza como canal de retorno la red telefónica y por lo tanto la velocidad de subida está limitada a 56 Kbps. Para el acceso a la red, se puede utilizar la misma antena de recepción de canales de TV y por lo tanto los gastos de los equipos son bajos. Las cuotas mensuales son más bajas que las del bidireccional, si bien el ancho de banda también es menor. Además del acceso vía satélite, se tiene que abonar la conexión telefónica. Su principal limitación es que depende de otra infraestructura (red telefónica) y por lo tanto no se tiene acceso en cualquier punto. Además es necesaria la utilización de 2 módems.

En cuanto al enlace bidireccional, se ha visto que los 2 canales (desc. y ascendente) se realizan vía satélite y no utilizan la red telefónica. Por tanto, el usuario tendrá acceso en cualquier punto dentro del área, incluso en aquellos donde no existe ninguna infraestructura (Ej. Desierto → evento *Paris-Dakar*).

Las cuotas mensuales (hasta 600 €) son muy altas si bien el ancho de banda ofertado (2 Mbps) es mayor que el del unidireccional. Entre sus limitaciones está la necesidad de utilizar otra antena (bidireccional) exclusivamente para el acceso a la red, lo cuál encarece el coste (unos 2500 €).

Por lo tanto, el acceso bidireccional es viable en el caso de una comunidad de vecinos, compartiendo así los altos costes y el ancho de banda.

Respecto a la ICT actual, no se ha tenido en cuenta. En el caso de un enlace unidireccional, se puede utilizar la antena ya prevista para la recepción de canales vía satélite, si bien se tendría que prever una canalización para el cable coaxial necesario para la recepción de datos. En el caso del enlace bidireccional, se tendría que prever la canalización para 2 cables coaxiales dedicados sólo para este servicio (unos para Tx y otro para Rx) y una antena bidireccional en la azotea. Por lo tanto, esta solución es la más restrictiva y es la que se tendría que prever.

Para que varios usuarios de un mismo edificio puedan compartir una conexión vía satélite, también se tendría que prever un espacio en el RITS para poder instalar un router DVB y desde allí llegar hasta cada vivienda mediante un cable Ethernet, o bien para instalar un punto de acceso y crear así una red *Wifi*. Por último, actualmente unos 1500 usuarios en España utilizan esta vía de acceso y se prevé que el año 2005 serán unos 3000. Está teniendo éxito principalmente en entornos muy remotos. En comunidades como '*Castilla La Mancha*' o '*Cataluña*', los operadores '*Telecom Castilla*' y '*Flash10*' respectivamente ofrecen el acceso a la banda ancha a municipios de entornos rurales y carentes de infraestructura. Acceden a la banda ancha vía satélite y reparten la conexión en el municipio mediante puntos de acceso *Wifi*. De esta forma se consiguen velocidades descendentes y ascendentes de hasta 8 Mbps y 192 Kbps respectivamente.

IV Tecnologías basadas en fibra óptica

En este capítulo se analizará las técnicas que utilizan la fibra óptica: primero se estudiará las redes híbridas de fibra y cable coaxial (redes HFC), seguido la técnica que utiliza la fibra óptica hasta el usuario final (*FTTH*) y por último la fibra inalámbrica.

IV.1 Redes HFC

IV.1.1 Introducción

Las redes HFC (híbridas fibra-coaxial) fueron diseñadas en un principio para la distribución de señales de TV y actualmente también son utilizadas para la telefonía y transmisión de datos a alta velocidad. Supone un paso intermedio respecto a la *FTTH* (fibra hasta la casa), puesto que utilizan la fibra óptica en la parte troncal hasta 'la manzana' del usuario. En el último tramo (hasta la vivienda del usuario), se utiliza el cable coaxial.

Los operadores tienen que realizar una inversión muy alta (zanjado de la calle) y sólo les es rentable en entornos en los cuales el número de usuarios es elevado. En el domicilio del cliente, se tendrá que instalar el cable 'siamés', compuesto por el coaxial para la señal de TV y datos, y el par de cobre telefónico. El usuario necesitará un módem de cable para acceder a la red.

Actualmente los operadores ofrecen accesos asimétricos de hasta 1 Mbps (red→usuario) por una cuota mensual de aproximadamente 45 y 60 € respectivamente. También ofrecen, por un precio superior, la posibilidad de recibir numerosos canales de TV a través del mismo cableado.

En cuanto a la ICT, como ya se verá más adelante, ya se ha tenido en cuenta en la última actualización de la normativa (Real Decreto del 2003).

Por último, tras el ADSL, es la tecnología de banda ancha más utilizada en entornos urbanos y con más perspectivas de crecimiento a medio plazo.

IV.1.2 Aspectos técnicos

Actualmente los operadores de cable utilizan las redes híbridas de fibra y coaxial (redes HFC) para ofrecer sus servicios. Se utiliza la fibra óptica en las partes troncales de la red ya que la atenuación de las señales es mucho más baja que en el caso del coaxial, y por lo tanto son necesarios menos amplificadores. Sin embargo, el precio de los equipos ópticos (emisores, receptores, conversores) es todavía demasiado alto y por ello, para cubrir el tramo de la acera al domicilio del usuario, se utiliza el cable coaxial.

Para poder acceder a la red, el usuario necesita un módem de cable. Éstos son sus características más comunes:

- Es asimétrico. Permite velocidades de bajada y subida de 10 y 1 Mbps.
- Se conecta a la red HFC mediante un conector de cable coaxial tipo F, y al PC del usuario a través de una tarjeta Ethernet 10BaseT o conector USB. La recepción de datos se realiza por un canal de entre 6 y 8 MHz del espectro descendente (entre 50 y 860 MHz) con modulación digital

64-QAM. El módem demodula la señal recibida, encapsula el flujo de bits en paquetes Ethernet y los envía al PC.

- En sentido ascendente, el módem descompone los paquetes Ethernet y los convierte en celdas ATM o en tramas con otro formato propietario. Utiliza un canal de unos 2 MHz del espectro de retorno (entre 5 y 55 MHz) con modulación digital QPSK.
- Suele disponer de un sistema FAMM (Frequency Agile MultiMode) que le permite conmutar de un canal ruidoso a otro en mejores condiciones de forma automática.

Existen 2 tipos de módems:

- Bidireccionales: el enlace ascendente (de retorno) se realiza por la misma red HFC utilizando el módem de cable.
- Híbridos: el enlace de retorno se realiza a través de la RTC mediante un módem telefónico convencional instalado en otro PC.

Seguido se muestra un módem híbrido del fabricante 'Motorola':



Fig. 4.1 Módem de cable Motorola **Fig. 4.2** Conectores RJ-45, usb, F

Dispone de un conector para cable coaxial (F de 75 ohms), Ethernet (10/100 Base T) y otro *USB*. Permite velocidades de 38 Mbps y su precio es 70 €.

En cuanto a la ICT, el acceso a los servicios de telecomunicaciones vía cable ya se ha tenido en cuenta en el Real Decreto del 4 de Abril del 2003. En él se establece que los operadores acceden al edificio por la arqueta de entrada y seguido distribuyen sus contenidos desde el RITI a través de las distintas canalizaciones. En dichas canalizaciones (principales, secundarias), según el número de viviendas, se tendrán que reservar los correspondientes tubos donde irá alojado el cableado. Éste tiene que ser de tipo coaxial y tiene que cumplir la norma UNE 50117-1.

IV.1.3 Ventajas y limitaciones

Sus principales ventajas son las siguientes:

- A través de la misma infraestructura se transmiten numerosos canales de TV, telefonía y acceso a la red a altas velocidades.
- A diferencia de los sistemas inalámbricos, la calidad de la señal no se ve afectada por la climatología.
- Los costes para el usuario final (módem, cuota mensual) son bajos respecto a tecnologías como el satélite, LMDS,..

Las principales limitaciones son:

- Los costes de la infraestructura son muy altos, con lo cuál solo es rentable actualmente en entornos urbanos. Por el contrario, facilita la futura instalación de la fibra hasta la vivienda (FTTH).
- El ancho de banda total es compartido entre todos los usuarios, con lo cuál el de cada usuario dependerá de cuantos estén conectados.
- La seguridad es baja, puesto que varios usuarios comparten el mismo cable por el que viajan los datos.

IV.1.4 Lanzamiento comercial

Actualmente existen distintos operadores como son *Auna*, *Ono* que tienen su propia infraestructura en el Estado. A modo de ejemplo, *Auna* tiene desplegada una red de 12.000 Km de fibra óptica.

Ofrecen servicios de telefonía, de TV y de acceso a la red. Se puede contratar alguno de estos 3 servicios por separado, o combinaciones de los 3 abonando.

Seguido se muestra un resumen de los accesos ofrecidos por *Auna*:

Packs	Composición	Cuota mensual
Pack TV	Teléfono AUNA + AUNA TV	25,2 €
Pack Net 256	Teléfono AUNA + Net 256	43,0 €
Pack Net 600	Teléfono AUNA + Net 600	47,0 €
Pack Net 1 Mega	Teléfono AUNA + Net 1Mega	54,5 €
Pack TV 256	AUNA TV + Net 256	45,0 €
Pack TV 600	AUNA TV + Net 600	50,0 €
Pack TV 1 Mega	AUNA TV + Net 1Mega	59,0 €
Todo Incluido 256	Teléfono AUNA + AUNA TV + Net 256	54,0 €
Todo Incluido 600	Teléfono AUNA + AUNA TV + Net 600	59,0 €
Todo Incluido 1 Mega	Teléfono AUNA + AUNA TV + Net 1Mega	69,0 €

Fig. 4.3 Accesos ofrecidos por *Auna*

Ofrecen un ancho de banda de 256 Kbps a 1 Mbps por cuotas mensuales de aproximadamente 45 a 70 € respectivamente. En el caso de contratar la recepción de TV, se ofrecen hasta 50 canales pudiendo abonar un suplemento y así contratar más canales temáticos.

Nota: las cuotas de alta e instalación en ambos operadores son gratuitas y para el acceso a la red, se puede comprar el módem (70 €) o alquilarlo (9 €/mes).

IV.1.5 Conclusiones

Se ha podido ver que esta tecnología tiene una enorme capacidad. Ofrece simultáneamente numerosos canales de TV, telefonía y accesos a Internet de hasta 1 Mbps. Para acceder a la red, se tendrá que realizar el cableado dentro del domicilio del usuario y también será necesario un módem de cable.

Principalmente se ha implantado en entornos urbanos, ya que el coste de su implantación es muy caro (necesario zanjado de calles) y para que sea rentable, el número de usuarios tiene que ser muy alto. También se ha implantado en municipios más aislados que ya disponen de una infraestructura de TV por cable y por lo tanto el despliegue es más económico y rápido. Para el despliegue de la fibra (hasta la acera o la vivienda), es muy importante el papel de los ayuntamientos, ya que son los propietarios del suelo donde se instala, y por lo tanto los que pueden facilitar la instalación a los operadores de fibra, o apoyar iniciativas privadas de urbanizaciones, o pequeños municipios. Actualmente es la tecnología de banda ancha, tras del ADSL, que más implantación está teniendo. A continuación se muestra la evolución prevista de ambas tecnologías:

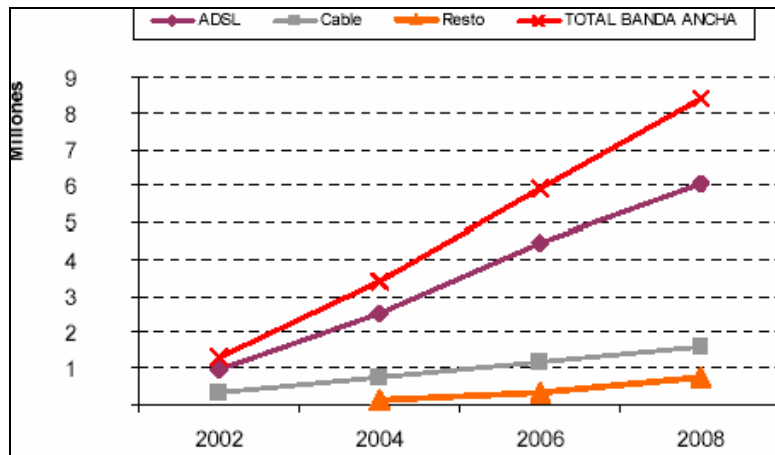


Fig. 4.4 Evolución prevista de las conexiones de banda ancha.

En Julio del 2004, el número de usuarios es de unos 665.000, lo cuál supone una implantación muy alta, si bien la del *ADSL* (2,045 millones) y la prevista es mucho mayor, debido principalmente a que la instalación es mucho mas económica y rápida (usa el par telefónico ya existente), y que los costes para el usuario final (módem, cuota mensual) son mas bajos.

En otros países en los cuales la población está más dispersa, desde hace tiempo se distribuyen los canales de televisión vía cable, y por lo tanto ya cuentan con la infraestructura. En dichos países, la implantación es mucho mayor. A modo de ejemplo, en los Estados Unidos, el 90 % tiene acceso al cable. En España, la población está más concentrada y tiene acceso al *ADSL*, y por tanto no ha habido incentivos para desplegar esa infraestructura de cable. En cuanto a la ICT, ya se han tenido en cuenta los espacios necesarios (arqueta, RITI, canalizaciones para el coaxial) en el real decreto del 2003. Como se verá detalladamente en el siguiente apartado, se recomienda ir incluyendo la preinstalación de la fibra hasta la propia vivienda en los edificios de nueva construcción. Si bien a corto plazo se estima que ambas tecnologías convivirán durante un periodo, es previsible que a largo plazo las aplicaciones usuales requieran un BW muy alto y el cable coaxial suponga el cuello de botella, con lo que probablemente será sustituido por la fibra en el último tramo (acera → vivienda) de forma que no serán necesarios los espacios para el HFC.

IV.2 Fibra hasta el hogar (FTTH)

IV.2.1 Introducción

La FTTH ('Fiber to the home') consiste en utilizar la fibra óptica, además de en la red troncal, en el enlace que une la red de distribución y el domicilio de usuario final. La principal ventaja es que el usuario final disfruta de las capacidades casi ilimitadas de la fibra óptica, mientras que en las redes HFC, el ancho de banda se ve reducido debido al uso del cable coaxial. Si bien en la actualidad es una solución muy costosa debido a su instalación (Zanjado necesario, permisos,...), dado el aumento incesante de las necesidades de ancho de banda, probablemente a medio plazo será necesaria su utilización.

En países como Japón y Estados Unidos, está teniendo mucho éxito. En Europa (Suecia, Holanda) también está en auge principalmente en urbanizaciones. En España, todavía no se ha implantado si bien se prevé que a medio plazo también lo hará.

IV.2.2 Aspectos técnicos

Se utiliza principalmente la tecnología *PON* (Passive Optical Network): está basada en el uso de elementos pasivos. Por una misma fibra óptica viaja la señal de varios hogares (hasta 64) desde la *CO* (Central Office) hasta llegar a un repartidor (*Splitter*) pasivo que distribuye la potencia a cada uno de ellos:

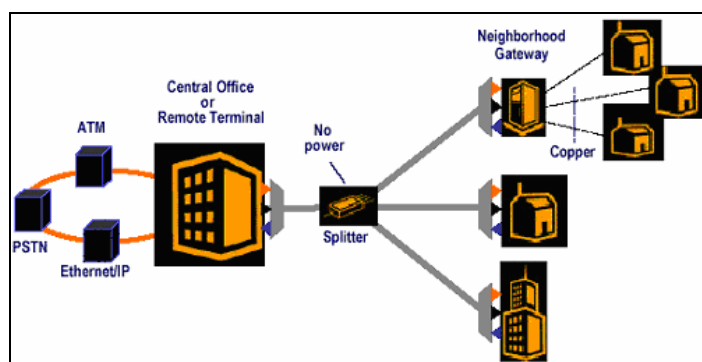


Fig. 4.5 Arquitectura *PON*

La principal ventaja de esta arquitectura es que los gastos son menores, ya que se usan elementos pasivos, y por lo tanto no es necesaria la alimentación, y sólo se usa un transmisor y receptor óptico en el *CO*. Existen principalmente 3 arquitecturas, basadas en la utilización del *PON*: APON/BPON (PON sobre ATM), EPON (PON sobre Ethernet) y GPON (Gigabit PON). Éstos son los principales parámetros de cada una:

Arquitecturas FTTH	Flujo de bajada de pico	Flujo de subida de pico	Max. Split	Protocolo	Estándar	Organismo
APON / BPON	622 Mbps	155 Mbps	1:32	ATM	G.983	ITU-T
EPON	1.25 Gbps	1.25 Gbps	1:16	Ethernet	802.3ah	IEEE
GPON	2.5 Gbps	2.5 Gbps	1:64	ATM	G.984	ITU-T

Tabla. 4.1 Arquitecturas posibles en la FTTH

Seguido se explica la arquitectura más utilizada actualmente: se trata de la *BPON* (PON sobre ATM). Las velocidades de descarga y subida son de hasta 622 y 155 Mbps respectivamente. Permite hasta 32 usuarios conectados a un mismo *Splitter*, situados a una distancia máxima de 20 Km del *Central Office*.

En el sentido descendente, dado que el *Splitter* es totalmente transparente, todos los usuarios reciben toda los paquetes si bien la diferenciación se realiza mediante el identificador de cada uno a nivel de acceso al medio (*MAC*). En el sentido ascendente, se utilizan técnicas de multiplexación en tiempo (*'Ranking'*) de forma que cada usuario transmite en sus slot asignado.

Las principales diferencias de las restantes arquitecturas (*EPON* y *GPON*) son que ofrecen accesos simétricos de mayor ancho de banda (1.25 y 2.5 Gbps) y el número de usuarios máximo por *Splitter* (16 y 64). En el caso de *EPON*, para la transmisión se apoya en el protocolo *Ethernet* en lugar de *ATM*.

En cuanto al equipamiento, además de un conversor y receptor óptico, necesita un emisor óptico: éste puede ser un diodo LED, láser monomodo o multimodo, o bien un láser *VCSEL* (*'Vertical Cavity Surface Emitting Laser'*). Este último es el más utilizado puesto que es el más económico.

A continuación se muestra un *Transceiver VCSEL* del fabricante *Lasermate*:



Fig. 4.6 Transceiver del fabricante *Lasermate*

Trabaja en las longitudes de onda de 850 nm y 1300 nm para la transmisión y recepción respectivamente. Su precio es de 60 €.

Seguido se describe el funcionamiento de la fibra soplada, que consiste en un tipo de preinstalación de la fibra en los edificios.

IV.2.3 Fibra soplada

En los edificios con preinstalación de fibra soplada, se reservan en su instalación unos subconductos específicos por donde irá dicha fibra. En el momento de instalarla, se inyecta la fibra mediante aire comprimido a través de ellos. De esta forma se pueden aplazar las decisiones y los gastos futuros con respecto al tipo de fibra más conveniente. También permite extraer fibras antiguas mediante soplado, con lo cuál se puede reutilizar los tubos e ir actualizando las fibras con otras nuevas o de mayor calidad sin realizar obras.

Mediante esta técnica, se puede inyectar fibra óptica en tramos de hasta 4 Km. Los subconductos tienen un tamaño inferior a los convencionales de fibra óptica, y por lo tanto se pueden instalar más en el mismo espacio.

De esta forma, la instalación de la fibra resulta más sencilla y rápida.

El número de empalmes necesarios se reduce aproximadamente a la mitad frente a un sistema convencional de fibra hasta la casa.

Seguido se muestra la solución del fabricante *Pirelli* (*blown cable Action*):

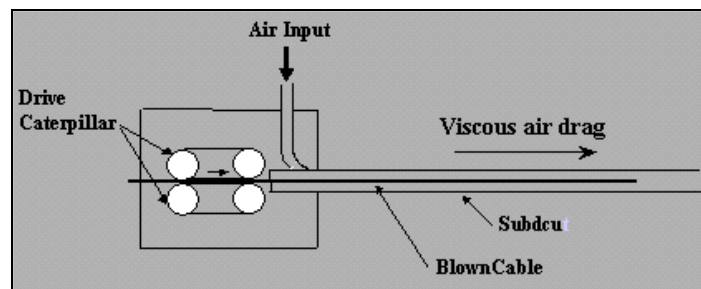


Fig. 4.7 Subducto para fibra óptica de *Pirelli*

Su principal característica es el diámetro reducido de 1.9 mm. Se pueden colocar hasta 12 fibras. Además no es necesario incorporar cinta de aluminio ni grasa para proteger el cable de la humedad.

Por lo tanto, para favorecer una futura implantación de la fibra hasta la casa, es recomendable que los edificios se construyan teniendo en cuenta la preinstalación de fibra mediante sistemas como la fibra soplada, y así a posteriori la instalación de la fibra resultaría más sencilla y económica.

IV.2.4 Lanzamiento comercial

En algunos países como Japón, Estados Unidos, Suecia y Holanda, la fibra hasta el hogar está teniendo una gran aceptación. Seguido se muestran los suscriptores mensuales y totales desde enero del 2002 a abril del 2004 en Japón:

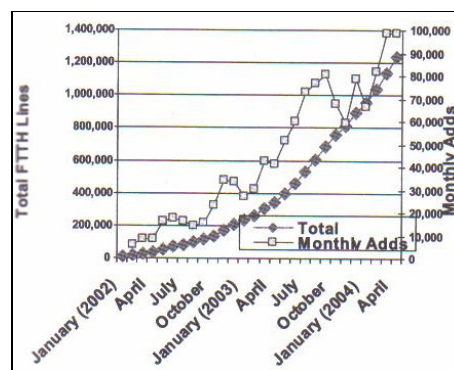


Fig. 4.12 Suscriptores mensuales y totales de la FTTH en Japón

Como se puede ver, en abril del 2004 unos 90.000 usuarios se suscribieron a la FTTH y en el mes de Julio eran en total unos 1,6 millones de usuarios. Se prevé que en el 2010, aproximadamente el 73 % de los usuarios de banda ancha en Japón usarán esta tecnología.

En el caso de los Estados Unidos, ésta es la evolución que ha tenido de Septiembre del 2001 al 2003:

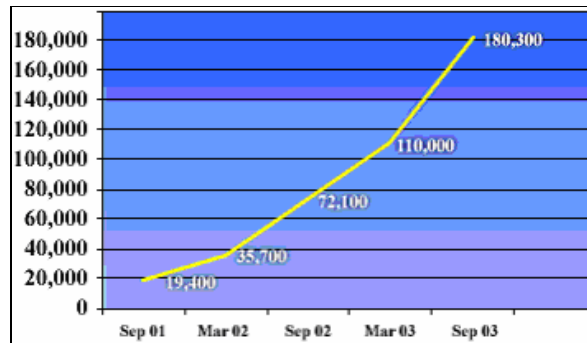


Fig. 4.13 Hogares pasados en los Estados Unidos

Como se muestra en la figura, en un país de referencia tecnológica como es Estados Unidos, el número de hogares que utiliza la FTTH se ha multiplicado casi por 10 en 2 años, llegando hasta los 180.000 hogares.

En otros países de Europa como Suecia y Holanda, algunas comunidades de vecinos costean las infraestructuras de fibra óptica. Son las propietarias y alquilan su red a los operadores para que les ofrezcan sus servicios.

En Suecia, el gobierno ha impulsado la fibra hasta el hogar dando una subvención de 5000 millones de 'coronas' (550 millones de €) para que se desarrolle esta tecnología en las zonas rurales. Sin embargo, en la actualidad se ha frenado su implantación. En Holanda, la subvención en el proyecto llamado *Kenniswijk* ha sido de 45 millones de €. Éstas iniciativas privadas, gracias al apoyo de los gobiernos, están impulsando el crecimiento de la FTTH. En el caso de España, todavía ningún operador ofrece esta tecnología. En el 2005 la compañía *Telefónica* realizará pruebas en algunas ciudades y prevé implantarla para poder ofrecer velocidades superiores a 10 Mbps.

En la siguiente gráfica se muestra la penetración de la FTTH en el mundo:

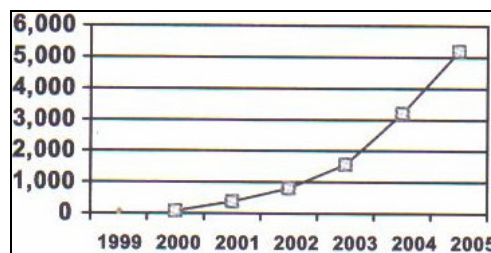


Fig. 4.14 Usuarios de la FTTH en el mundo

La evolución está siendo muy alta: se ha pasado de aprox. 1 millón de usuarios en el 2002 a 3 millones en el 2004, y se prevé que en el 2005 serán 5 millones.

IV.2.5 Ventajas y limitaciones

A continuación se muestran sus principales ventajas:

- Es una tecnología con posibilidades ilimitadas. Tiene un ancho de banda del orden de Tera-Hercios.
- La atenuación de la señal es muy baja, lo cuál permite transportarla en distancias muy grandes. Además la atenuación

es independiente de la frecuencia (en el caso del cobre es proporcional a la raíz cuadrada de la frecuencia).

- Es inmune a interferencias eléctricas y radiadas.
- Al utilizarse un cableado, no le afectan los cambios climáticos.
- La transmisión de datos no puede ser interceptada, con lo cuál este sistema ofrece seguridad y privacidad. (el 10% de fibras ópticas van destinadas a instalaciones militares)
- La fibra tiene dimensiones menores que el coaxial: un cable de 10 fibras tiene un diámetro aproximado de 10-14 mm mientras que el del coaxial es de 58-60 mm, es decir unas 6 veces mayor.
- La fibra es más ligera, flexible y soporta tensiones mayores.

Éstas son sus limitaciones:

- Alto coste del despliegue, principalmente debido al zanjado de calles.
- Los equipos ópticos son muy caros, si bien actualmente se usan láseres (VCSEL) que tienen un coste mas bajo.
- En España existe un gran vacío legal en cuanto a los propietarios de las infraestructuras de redes, y pocas ayudas del gobierno.
- La penetración de la *FTTH* en España actualmente es muy baja.

IV.2.6 Conclusiones

Como se muestra en la siguiente gráfica, el ancho de banda de las aplicaciones está aumentando cada año a un ritmo de un 60 %:

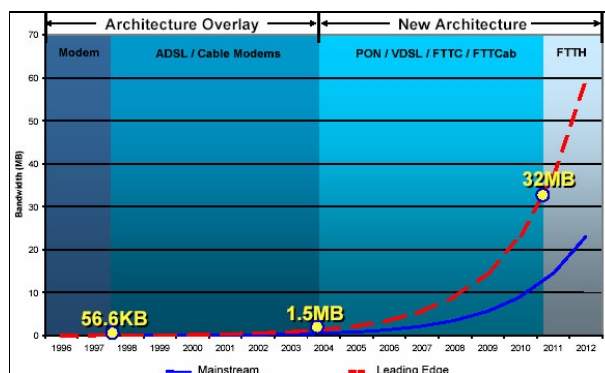


Fig. 4.15 Crecimiento del ancho de banda de las aplicaciones

En la actualidad, tecnologías mas económicas como el *ADSL*, *HFC* satisfacen las necesidades de ancho de banda actuales (aprox. 1,5 Mbps) si bien dado el actual crecimiento, a medio plazo será necesario la utilización de la fibra hasta el hogar, ya que sus posibilidades son casi ilimitadas (Ancho de banda del orden de THz).

Actualmente, el principal problema de su implantación son los altos costes ya que es necesario el zanjado de calles. Se estima que el coste por usuario para el operador es aproximadamente de 5000 € (en el caso del *HFC* es de 3000 €) Además, hay que esperar a obtener los correspondientes permisos del ayuntamiento, y por lo tanto su despliegue se hace muy largo.

Por otra parte, los costes de los equipos (emisores, receptores ópticos, conversores) son muy altos, si bien, gracias al uso de la tecnología VCSEL, los gastos se ven reducidos (Ej. Precio láser VCSEL → 60 €).

Por lo tanto se puede concluir que la fibra hasta el hogar por el momento no es una solución viable, si bien, a medio y largo plazo será asequible y sobre todo necesaria.

En cuanto a la ICT, no se ha tenido en cuenta. Sin embargo, se ha visto que la preinstalación de las canalizaciones de la fibra óptica mediante sistemas como la fibra soplada no resulta cara. Dado que a medio plazo previsiblemente acabará implantándose y dada la larga vida de un edificio, se tendrá que realizar la instalación antes o después y por lo tanto se recomienda que se modifique la normativa y se tenga que preinstalar las canalizaciones por donde irá la fibra óptica, ya que resulta mucho más económico al inicio de la construcción del edificio.

En cuanto a la implantación, en países como Japón y los Estados Unidos, está teniendo mucha acogida. En otros países de Europa como Suecia y Holanda, algunas comunidades de vecinos están costeando su propia red gracias a las subvenciones de los gobiernos y por lo tanto estas iniciativas privadas con soporte gubernamental están impulsando la implantación de la FTTH.

En el caso de España, todavía no ha comenzado su implantación. La principal razón es que la población no está dispersa en el territorio y por lo tanto no ha sido necesario desplegar una red de cable como ha ocurrido en otros países como Estados Unidos. Se prevé que esta tecnología se introducirá en entornos medianamente y altamente poblados con un alto poder adquisitivo e interés tecnológico, y que serán propietarios de la red de fibra. Por ello, la administración y ayuntamientos, que son los dueños de la infraestructura (Suelo público), deberían ayudar e impulsar estas iniciativas privadas para favorecer la implantación de la fibra hasta el hogar ya que permite disponer de un gran ancho de banda.

IV.3 Fibra inalámbrica

En este apartado se analiza una tecnología emergente con gran compatibilidad con la fibra y que elimina el inconveniente de tener que zanjar calles para llegar a la vivienda: la fibra inalámbrica.

Conocida como '*Free Space Optics*', consiste en la utilización de la fibra óptica en la parte troncal hasta el área metropolitana y un haz de luz en el último tramo (hasta el edificio del usuario final). Se está implantando principalmente en empresas situadas en entornos urbanos. Trabaja a las longitudes de onda de 850 y 1550 nm y no es necesario tener licencia. La cobertura varía de 0,5 a 2 Km según los equipos utilizados y las condiciones climáticas.

En cuanto a la estructura, se utilizan unos nodos ópticos distribuidos en las azoteas de los edificios, y conectados entre sí formando una malla óptica. La conexión entre ellos se realiza mediante un haz de luz, utilizando un láser y receptor óptico. Cada nodo tiene cuatro plataformas (con su emisor y receptor) orientables, de modo que se pueda conectar edificios a distintas alturas.

A continuación se muestra una imagen que ilustra dicha situación:

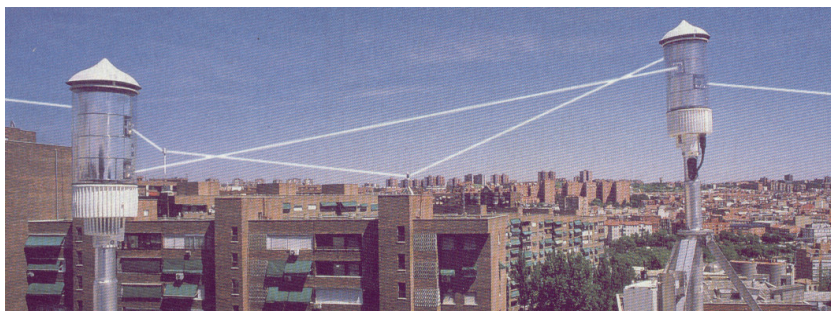


Fig. 4.8 Comunicación de los nodos ópticos mediante un haz de luz.

A continuación se muestra un emisor/receptor óptico del fabricante *FSONA*:



Fig. 4.9 Emisor y receptor óptico del fabricante *FSONA*

Entre sus principales características, permite velocidades de 100 Mbps y tiene un alcance máximo de 3,85 Km. Trabaja en la longitud de onda de 1550 nm.

Una de las principales ventajas de esta tecnología es el alto ancho de banda: los equipos comerciales permiten velocidades de hasta 2,5 Gbps, si bien ya se han alcanzado en distintas pruebas 160 Gbps.

Además, al igual que las otras tecnologías inalámbricas, su instalación resulta muy rápida (1/10 parte respecto a la *FTTH*) puesto que no es necesario el zanjado de las calles ni tener que esperar a obtener los correspondientes permisos de la administración, y por lo tanto también resulta mucho más económica (1/5 parte respecto a la *FTTH*).

Entre sus limitaciones, hay que decir que los enlaces son altamente directivos (visibilidad directa necesaria). El alineamiento es muy crítico y pequeños movimientos de estructuras afectan al enlace. Como contrapartida, la seguridad es muy alta y no existen interferencias.

En cuanto a la salud, las radiaciones son absorbidas por la piel (riesgo de quemaduras) y por lo tanto no penetran en los tejidos. Sin embargo, el principal problema que limita la potencia de emisión (y por lo tanto la cobertura) es que el haz es peligroso para la visión. A continuación se muestra el efecto de los rayos ópticos en los ojos según la longitud de onda:

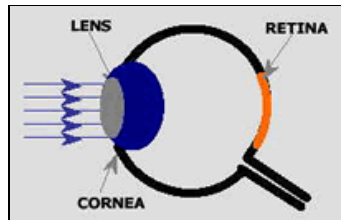


Fig. 4.10 $\lambda > 1400$ nm

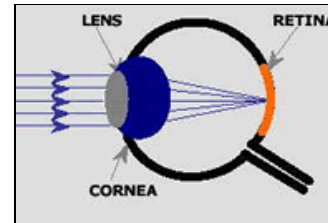


Fig. 4.11 $\lambda < 1400$ nm

Si la longitud de onda es mayor de 1400 nm, los rayos ópticos son absorbidos por la lente y la cornea. Sin embargo, en caso de que la longitud sea menor, parte de los rayos afecta a la retina. Por lo tanto, la longitud de onda de 1550 nm es mucho menos peligrosa que la de 850 nm, lo cuál explica que se permita transmitir una potencia 50 veces superior.

Por otra parte, el alcance del haz se ve afectado por las condiciones climáticas. Concretamente, en casos de niebla densa, la atenuación supera los 60 dB/Km.

Como conclusión, se puede decir que esta tecnología ofrece un gran ancho de banda, si bien los costes son muy elevados. Un láser tiene un coste que varía de 2000 a 70000 \$ según el ancho de banda sea de 10 Mbps a 1,25 Gbps y el alcance de 200 a 4000 m. A modo de ejemplo, un módem *ADSL* tiene un coste aproximado de 30 €. Las cuotas mensuales también son muy altas si bien ofrecen un ancho de banda muy alto (Ej. 155 Mbps \rightarrow 555 €/mes). Por el momento, sólo es viable en empresarias situadas en entornos urbanos, y por ello su implantación actual en entornos residenciales es prácticamente nula.

En cuanto a la ICT, todavía no se ha tenido en cuenta dado que es una tecnología muy reciente, si bien a medio plazo puede suponer un paso intermedio hasta llegar a la fibra hasta la propia vivienda ya que su instalación es mucho más económica y rápida. Ofrece un enlace con características a nivel de usuario semejantes a la FTTH a través de un enlace inalámbrico y en caso de que el volumen de usuarios fuese alto, justificaría las obras de zanjado para proceder a la instalación de la FTTH.

Por lo tanto, actualmente es prematuro tenerla en cuenta si bien a medio plazo según su implantación se tendría que prever.

Por último, la fibra inalámbrica es ideal en caso de necesitar urgentemente una tecnología con un ancho de banda muy alto. Como ejemplo, en *New York*, tras el '11-S', se utilizó esta tecnología para ofrecer altas velocidades a corto plazo.

V Conclusiones

En este último capítulo, se extraen conclusiones de los 3 grupos de tecnologías analizados así como recomendaciones generales del proyecto realizado.

V.1 Resultados del estudio realizado

En primer lugar, se realizan comparativas de los principales parámetros (ancho de banda, costes, implantación,..) para cada uno de los 3 grupos de tecnologías. Seguido, se muestra la vinculación de cada una respecto a la ICT y se proponen unas modificaciones de la actual normativa.

V.1.1 Tecnologías basadas en infraestructuras ya existentes

Éstos son los principales parámetros del *ADSL* y *PLC*, tecnologías basadas en el uso del par de cobre telefónico y la red eléctrica respectivamente:

Tecnología	Ancho de banda ⁹	Implantación ¹⁰	Disponibilidad	Coste infraestructura	Cuota mensual ¹¹	Coste equipos
ADSL	4 Mbps	Muy alta (2,045 millones)	93 %	Bajo.	Bajas (40 €)	Bajo. (30 €)
PLC	2 Mbps (máx. 135 Mbps)	Baja (50.000 usuarios)	98 %	Bajo.	Medias. (60 €)	Medio. (90 €)

Tabla. 5.1 Características del *ADSL* y *PLC*

La tecnología *ADSL* es la que mas implantación está teniendo. En España, el 71,5 % de los usuarios de banda ancha (aprox. 2,045 millones) la utilizan. Las principales razones de su éxito son las bajas cuotas mensuales (aprox. 30 €), el bajo coste de un módem/router *ADSL* (aprox. 40€) y sobre todo su rápida, sencilla y económica instalación puesto que utiliza una infraestructura ya existente (par de cobre telefónico).

Sus principales limitaciones son que la calidad del servicio depende del estado del par telefónico y de la distancia entre la central telefónica y el usuario final.

Dicha distancia es de 3 Km como máximo, y por lo tanto, en aquellos entornos en los cuales es mayor, se tendrán que escoger otras soluciones. En general, España es un país en el cuál la población está muy concentrada en puntos muy densos, y por ello raramente dicha distancia es mayor de 3 Km, lo cuál conlleva a que prácticamente la totalidad de hogares (93%) del territorio español tienen acceso al *ADSL*. En países en los cuales la población está dispersa (Ej. Estados Unidos), las distancias son mayores y por lo tanto tienen mayor implantación otras tecnologías como el cable, que gracias a la baja atenuación de la fibra, permite dar acceso a entornos aislados.

⁹ Ancho de banda máximo ofertado por los operadores

¹⁰ Estimaciones correspondientes a España y realizadas en julio del 2004

¹¹ De forma a realizar una comparativa de todas las tecnologías, se muestra la cuota mensual para un ancho de banda de 1 Mbps.

En cuanto al *PLC*, se trata de una tecnología muy reciente que se está implantando desde el 2004. Al igual que el *ADSL*, también utiliza una infraestructura ya existente (red eléctrica) y es especialmente idónea para el control domótico, ya que mediante la corriente eléctrica, accede de forma directa a los electrodomésticos, sensores, actuadores,...

Otra de sus principales ventajas es su alta cobertura (98 % del territorio español) y por ello es una solución ideal en los cuales no hay cobertura *ADSL*, siempre que la distancia entre el repetidor *PLC* (situado en el cuarto de contadores) y el centro de transformación sea menor de 600 m.

Sin embargo, su implantación de momento es mucho menor, siendo el número de usuarios de aprox 50.000 (2% usuarios de banda ancha).

Los motivos son que el *ADSL* tiene precios más económicos y sobre todo las altas interferencias que crea en servicios importantes (Ej. Comunicaciones navales, aeronáuticas, militares,..) y el gran consumo energéticos de los módems *PLC* (40 W).

V.1.2 Tecnologías inalámbricas

A continuación se muestran las conclusiones generales obtenidas para las distintas tecnologías inalámbricas analizadas y que cubren la última milla (*LMDS/MMDS*, *Wimax*, *Satélite* y fibra inalámbrica):

- Su despliegue es sencillo, rápido y económico puesto que no necesita cableado y por lo tanto no es necesaria la larga espera para la obtención de licencias (en caso de utilizar bandas libres), trámites de la administración, zanjado de calles,...
- Se pueden ofrecer en cualquier tipo de entorno, si bien son especialmente adecuadas en entornos de difícil orografía, donde los usuarios no pueden acceder a ninguna otra tecnología de banda ancha.
- Para poder acceder a ellas, se tendrá que instalar una antena normalmente en la azotea y distribuirla a cada usuario mediante cableado coaxial o ethernet, o de forma inalámbrica vía wifi.

En la siguiente tabla, se muestran las principales características de cada una y la de acceso local *Wifi*:

Tecnología	Bandas de frecuencias	BW (Mbps)	Cobertura	Visibilidad necesaria	Licencia necesaria	Estandarizado	Implantación	Coste equipos	Cuota mensual
LMDS MMDS	28-40 GHz 3,5 GHz	8 Mbps 2 Mbps	3-9 Km 15-25 Km	Si "	Si "	No "	Media (70.000 usuarios)	Alto (300 €)	Muy alta (300 €)
WIMAX	10-66 GHz 2,5-3,5 GHz 5,8 GHz	124 Mbps 70 Mbps "	40 Km 70 Km "	Si No "	Si " No	802.16 802.16a "	---	?	¿?
WIFI	2,4 GHz 5 GHz	11 - 54 Mbps	90m int. 460m ext.	No "	No "	802.11b, g 802.11a	Muy alto (3000 redes)	Bajo (100+30 €)	--
SATÉLITE	10-30 GHz	2 Mbps	100% ¹²	Si.	No.	No.	Baja (1500 usuarios)	Muy alto. (2500€)	Muy altas. (400 €)

Tabla. 5.2 Características de tecnologías inalámbricas

¹² Dentro del área de cobertura del satélite (aproximadamente 1600000 Km²), se tiene acceso en cualquier punto.

Tal y como se ha podido ver, las tecnologías *LMDS* y *MMDS* no están teniendo la aceptación prevista. Se estima que en Julio del 2004 eran unos 70.000 usuarios, cifra muy inferior a la estimada.

Por una parte, los equipos que se tienen que utilizar (estación base, antena receptora del usuario,..) tienen precios muy altos. Esto es debido a que son tecnologías no estandarizadas, y por lo tanto, los operadores y usuarios finales tienen que escoger entre sistemas propietarios. Las cuotas mensuales también son muy altas (aprox. 300 €) respecto a otras tecnologías, (Ej. ADSL → 40 € mensuales para un mismo ancho de banda).

Otra de sus grandes limitaciones es que tiene que haber visibilidad directa entre la estación base y la antena receptora del cliente. Como consecuencia, en entornos en los cuales hay muchos obstáculos (Edificios, montañas,..) no hay cobertura o bien hay que utilizar repetidores en las zonas de sombra, lo cuál aumenta todavía mas el coste.

En el caso de *Wimax* y *Wifi*, estos 2 problemas están solucionados.

Por una parte, el *Wimax* (tecnología de última milla) está estandarizada por el organismo IEEE (802.16x) y ha sido desarrollada por el *Wimax Forum*, consorcio formado por empresas como *Intel*, *Nokia*, *Siemens*. Por lo tanto, al igual que está ocurriendo con el *Wifi*, muchos fabricantes harán sus equipos cumpliendo el estándar y por lo tanto se prevé que los costes disminuirán notablemente.

Por otra parte, no es necesario que haya visibilidad directa entre la estación base y la antena receptora del usuario final. Además, la cobertura es muy alta¹³ (hasta 70 Km) lo cuál permite dar acceso a poblaciones enteras y en entornos de orografía difícil.

Por lo tanto, estas 2 ventajas y su gran ancho de banda (hasta 70 Mbps) hacen prever que el *Wimax* será la tecnología inalámbrica de última milla que se impondrá y que reemplazará al *LMDS*.

En el caso de *Wifi* (tecnología de entorno local), también está estandarizada (802.11x). Esto ha permitido que muchos fabricantes hagan sus equipos (puntos de acceso y tarjetas) cumpliendo este estándar, y por lo tanto ha conllevado a una alta disminución de los precios.

Además, muchos equipos (portátiles, PDA's,..) incorporan la tarjeta *Wifi* en la configuración de serie (Ej. *Intel* → portátiles *Centrino*)

Tampoco es necesario que haya visibilidad directa entre el punto de acceso y la tarjeta receptora, lo cuál permite movilidad dentro del área de acceso.

Estas ventajas, unidas a su cobertura de área local (100-350m), conllevan a que sea la tecnología inalámbrica que se está imponiendo en entornos locales, llegando a los 50 millones de usuarios en el mundo en Julio del 2004.

Tal y como se ha visto en el estudio, es una solución eficaz, económica y de alta capacidad (hasta 54 Mbps) adoptada por las distintas tecnologías de última milla para compartir el acceso entre distintos usuarios de un mismo entorno (Ej. Vecinos de un mismo edificio o población).

Por último, el acceso a la red vía *Satélite* se está implantando principalmente en entornos poco poblados y de difícil acceso. Su principal ventaja es que

¹³ Hasta 70 Km si hay visibilidad directa, y 5 Km en caso contrario.

dentro del área de cobertura del satélite (aproximadamente 1600000 Km²), el usuario tendrá cobertura en cualquier punto en el caso del enlace bidireccional. En entornos con más infraestructuras y mayor población, los usuarios adoptan otras soluciones (Ej. ADSL, 'Cable',...) debido a que el coste de los equipos es mucho menor (30 € un módem ADSL frente a 2500 € una antena y módem DVB) y a que la cuota mensual también es mucho más económica (40 € el ADSL frente a 400 € el Satélite).

Por lo tanto, en entornos de difícil geografía en los cuales no hay acceso a ninguna otra infraestructura, es la única alternativa junto a otras tecnologías de entorno local. A modo de ejemplo, en comunidades como 'Castilla La Mancha' o 'Cataluña', se utiliza esta técnica junto con el Wifi en más de 300 municipios. Acceden a la banda ancha vía satélite, y reparten la conexión en todo el municipio mediante puntos de acceso Wifi.

V.1.3 Tecnologías de fibra

A continuación se muestra las principales características de las tecnologías basadas en el uso de la fibra óptica:

Tecnología	BW ofrecido	BW límite	Implantación	Uso de fibra óptica	Coste infraestructura	Coste equipos	Cuotas mensuales
Cable (HFC)	1 Mbps	38 Mbps	Muy alta. (665.000 usuarios)	Hasta la acera	Alto	Bajo (≈ 70 €)	Económicas (60€)
FTTH	2,5 Gbps	Ilimitado	---	Toda la red.	Muy alto	Muy alto	¿?
Fibra inalámbrica	2,5 Gbps	160 Gbps	---	Hasta el edificio.	Bajo.	Muy alto. (2000€)	Altas. (155 Mbps → 555 €/mes)

Tabla. 5.3 Características de tecnologías de fibra óptica

En el estudio realizado se ha visto que la implantación en España al 'cable' está siendo muy alta (18% usuarios banda ancha). Entre sus principales ventajas está el bajo coste del equipo del usuario final (módem de cable → aprox. 70 €) y el acceso, a través de la misma tecnología, a la telefonía, numerosos canales de TV e Internet. Su principal limitación es el coste de su implantación, ya que se utiliza la fibra hasta la 'acera' de los usuarios finales, y por lo tanto se tiene que realizar zanjados de las calles, y por ello sólo es rentable en zonas con múltiples usuarios.

Además, en países como los Estados Unidos en los cuales la población está dispersa en el territorio y hubo una inversión previa para distribuir la TV, se ha aprovechado la infraestructura ya existente para la distribución de la banda ancha. En el caso de España, en general no cuenta con la infraestructura de cable y por lo tanto se tiene que construir en la mayoría de casos.

En cuanto a la FTTH, la diferencia está en que en el último tramo (acera → vivienda), se utiliza la fibra en vez del cable coaxial para acceder a la vivienda del usuario final.

La principal ventaja es que el usuario final puede disfrutar de las posibilidades casi ilimitadas de la fibra y por lo tanto el ancho de banda no se ve reducido en el último tramo debido al cable coaxial (cuello de botella a largo plazo).

En la actualidad, su principal problema son sus altos costes (despliegue, equipos ópticos) si bien en un futuro acabará implantándose ya que las aplicaciones cada vez requieren mayor ancho de banda (Ej. TV alta definición, video bajo demanda → 12 a 20 Mbps).

En España todavía no se ha implantado. En este estudio, se ha concluido que su penetración vendrá dada por iniciativas de entornos residenciales relativamente reducidos (Ej. Urbanizaciones, municipios) con un alto desarrollo tecnológico y poder adquisitivo, como está ocurriendo en países como Holanda, Suecia. Por ello, sería necesario que tuvieran ayudas por parte de los ayuntamientos (propietarios del terreno) y de la administración de forma que los usuarios sean los propietarios de la red de fibra.

Por último, la fibra inalámbrica ofrece un ancho de banda muy alto (hasta 2,5 Gbps) gracias al uso mixto de la fibra óptica y permite un despliegue muy rápido y económico, ya que además de ser inalámbrica, no necesita licencia. Su principal limitación son los altos costes de los equipos ópticos (láser → aprox. 2000 €) y de las cuotas mensuales. Por lo tanto, en la actualidad sólo es viable en entornos empresariales, si bien a largo plazo puede suponer un paso intermedio hasta llegar a la fibra hasta la casa.

V.1.4 Conclusiones ICT

En este apartado se analiza como afectan las distintas tecnologías a la ICT. A continuación se muestra un resumen en el cual se puede ver si están previstas en la actual normativa, si afectan a la ICT, y si es necesaria modificar la actual normativa para incluirlas:

Tecnología	Prevista en la ICT	Afecta a la ICT	Modificación necesaria
ADSL	No.	No.	No.
PLC	No.	No.	Sí.
LMDS/MMDS	Sí.	Sí.	Sí.
Wimax	No.	¿?	¿?
Wifi	No.	Sí.	Sí.
Satélite	No.	Sí.	Sí.
Cable (HFC)	Sí.	Sí.	No.
FTTH	No.	Sí.	Sí.
Fibra inalámbrica	No.	Sí.	¿?

Tabla. 5.4 Vinculación de las tecnologías con la ICT

En el caso del *ADSL*, se ha visto que no prevé específicamente en la normativa, si bien no es necesario ninguna modificación puesto que utiliza una infraestructura ya prevista y existente (cable telefónico) y el usuario final, para acceder a la red, sólo necesita un módem *ADSL* y la utilización de micro-filtros. En cuanto al *PLC*, dado que se trata de una tecnología muy reciente, no se ha tenido en cuenta en la normativa. No es necesario ningún cableado adicional ya que utiliza una infraestructura también ya existente y prevista (corriente eléctrica), y el usuario sólo necesita un módem *PLC* para acceder a la red, si bien es necesario prever un espacio en el cuarto de contadores eléctricos para instalar un repetidor. Por otra parte, debido a las altas potencias emitidas y a

que el tendido eléctrico no está preparado para el transporte de datos, genera muchas interferencias en servicios importantes (comunicaciones navales, aeronáuticas, de emergencias y militares,..) y por lo tanto sería conveniente incluirla en la normativa y establecer restricciones y niveles máximos de radiación bien utilizando filtros mas restrictivos o no permitiendo el PLC en zonas críticas (aeropuertos, zonas navales,..).

La tecnología *LMDS* ya ha sido prevista en la normativa actual, reservando espacios en los registros (RITS, RITI) y en las canalizaciones. Sin embargo, su penetración en España ha sido baja y según las predicciones será sustituida por el *Wimax*. Por lo tanto, se recomienda no reservar los espacios correspondientes en la ICT y que los usuarios interesados utilicen sistemas individuales. De esta forma, se contribuye a solucionar el problema de las medidas sobredimensionadas de la actual normativa.

Respecto al *Wimax*, no se ha tenido en cuenta en la normativa. Según se ha visto en el correspondiente apartado, se lanzará al mercado en el 2005. Según se espera, en un primer lugar se instalará una antena receptora en la azotea y se repartirá la señal a los distintos usuarios de un edificio vía cable coaxial, ethernet o vía *Wifi* utilizando puntos de acceso. Mas adelante, los equipos finales (PC's, portátiles,..) ya incorporarán tarjetas *Wimax* y por lo tanto no afectarán a las ICT's. En cualquier caso, es prematuro prever los respectivos espacios en la actual normativa y es aconsejable esperar a su implantación y analizar como afecta a las ICT's.

En el caso del *Wifi*, no se ha tenido en cuenta en la normativa. Como se ha visto en el correspondiente apartado, el alto crecimiento de redes *Wifi* se está realizando sobre todo en entornos domésticos y por personas que no son técnicas en el sector. Se está implantando sin ningún tipo de análisis de coberturas de los alrededores, sin planificación de frecuencias y sin estudios de seguridad (principal problema del *Wifi*) e interferencias.

Por lo tanto, sería conveniente incorporar un estudio del *Wifi* en la normativa de ICT's y así, mediante la supervisión de un técnico competente, conseguir un despliegue viable y 'ordenado' de esta tecnología, y asegurar unos niveles mínimos de señal *Wifi* en cada vivienda así como garantizar que no perjudica a la salud de los usuarios. Para ello, es necesario prever espacios para poder instalar puntos de acceso en el RITS, RITI así como en los registros principales de planta, según sean necesarios para conseguir dichos niveles mínimos. También es necesario prever canalizaciones para acceder a ellos (Ej. Vía cable ethernet).

El acceso a la red vía *Satélite* tampoco se ha tenido en cuenta en la ICT. Tal y como se ha visto en el correspondiente apartado, en entornos muy remotos es la única solución, y por lo tanto se tiene que prever en dichas áreas. Se tienen que prever 2 canalizaciones (para Tx y Rx) para el cable coaxial, y el espacio para un módem/router DVB en el RITS. De cara a poder compartir una conexión entre los distintos usuarios, se tiene que reservar los espacios para el cableado Ethernet a cada vivienda o bien el espacio para un *access point* (en caso de repartir la señal vía *Wifi*) en el RITS.

La tecnología *HFC* ya está prevista en la ICT. Los datos viajan por el mismo cableado que lleva la televisión 'por cable' a los usuarios y ya se han reservado los espacios correspondientes (arqueta, RITI, canalizaciones para el coaxial). Si bien se estima que durante un tiempo es probable que conviva

junto a la 'fibra hasta la casa', a largo plazo dominará esta última y por lo tanto ya no será necesario tenerla en cuenta.

En cuanto a la *FTTH* (fibra hasta la casa), no se ha tenido en cuenta en la actual normativa. Dado que ya se previó la canalización de coaxial (tecnología HFC ya prevista), se puede reutilizar la instalación insertando la fibra ya que tiene un diámetro menor.

Se ha visto que en la actualidad el llegar con la fibra hasta la vivienda resulta muy caro debido principalmente a los altos costes (despliegue, equipos ópticos,..). Sin embargo, la preinstalación de las canalizaciones de la fibra óptica, mediante sistemas como la fibra soplada, resulta económica. Por lo tanto, dado que se prevé que un futuro no lejano se implantará la *FTTH*, y dada la alta duración de un edificio, se tendrá que realizar la instalación antes o después y por lo tanto se recomienda que se tenga que preinstalar las canalizaciones por donde irá la fibra óptica, ya que resulta mucho más económico hacerlo al inicio de la construcción del edificio.

Por último, la fibra inalámbrica todavía no se ha previsto. Se ha visto que es una solución con poca aceptación prevista y por lo tanto no es necesario tenerla en cuenta en la actual normativa. Sin embargo, a medio plazo podría suponer un paso intermedio a la *FTTH* ya que su despliegue es mucho más económico y rápido, y por lo tanto si su implantación fuese muy alta, se tendría que prever.

V.2 Conclusiones generales

Se ha podido ver que en general, la normativa sobre ICT's está bien prevista para el desarrollo de las nuevas tecnologías y servicios. No son necesarios cambios drásticos, si bien en algunos casos se recomiendan modificaciones para facilitar el acceso a la tecnología, en otros la tecnología en cuestión está sobredimensionada. Concretamente, se ha recomendado incluir un estudio de la tecnología Wifi para controlar la actual implantación masiva y descontrolada. También sería recomendable incluir la preinstalación de la fibra óptica, mediante sistemas como la fibra soplada, para facilitar su previsible futura instalación.

Se ha propuesto también cambios para facilitar la implantación de la tecnología *PLC*, y también sería necesario incluir el acceso vía satélite en entornos de difícil acceso. Respecto al *LMDS*, se recomienda no preverla y así disminuir las actuales dimensiones sobredimensionadas de la ICT.

Por otra parte, también se ha concluido que una vez se recibe el caudal de alta velocidad, independientemente de la tecnología de última milla utilizada (Ej. *PLC*, Satélite, *LMDS*, *ADSL*), en la mayoría de los casos se reparte el acceso entre los distintos usuarios de un mismo edificio mediante la tecnología Ethernet, también utilizada dentro de la vivienda para formar una red entre los distintos dispositivos (principalmente PC's). Por lo tanto sería conveniente prever los espacios para el cableado Ethernet, partiendo del *RITS* y *RITI*, en las distintas canalizaciones (principales, secundarias,..). También se tendrían que incluir los correspondientes conectores *RJ-45* en las habitaciones, al igual que se prevén los *RJ-11* (telefónico) y los de televisión (F).

Tal y como está sucediendo con el avance vertiginoso de las características de los PC's (procesadores, memorias,..), las tecnologías, servicios y necesidades de ancho de banda están aumentando a un ritmo muy elevado y por lo tanto se tiene que seguir este proceso de investigación de las nuevas tecnologías y servicios que se impondrán, y actualizar la normativa sobre ICT's periódicamente, de cara a asegurar los principios básicos de los usuarios y operadores.

También se ha visto que para que los usuarios puedan acceder a la banda ancha, es necesario que las viviendas estén preparadas y por lo tanto que cumplan con la normativa. Sin embargo, el grado de cumplimiento es bajo (63% en el 2002). Entre las diversas causas, los técnicos de la construcción (arquitectos, constructores,..) afirman que las dimensiones previstas en una ICT (canalizaciones, recintos) son desproporcionadas y les supone dificultades llegando en algunos casos a tener que reestructurar las viviendas. Una posible solución a este problema sería que hubiese varios tipos de ICT's según el entorno, y así, sólo tener en cuenta las tecnologías viables. De esta forma se evitaría tener que prever las que sean inviables y por lo tanto las dimensiones serían menores. Como ejemplo, en un entorno con difícil orografía con pocos usuarios, no sería necesario prever el acceso vía fibra óptica. La inversión, como se ha visto anteriormente, sería demasiado cara y no sería viable. Sin embargo si que sería necesario prever el acceso mediante tecnologías inalámbricas (Satélite, Wifi, Wimax,..).

Por otra parte, tras el estudio realizado, se recomiendan y prevén los siguientes escenarios de futuro en entornos residenciales:

Periodo	Entornos poco poblados de difícil orografía	Entornos con población media	Entornos altamente poblados
Actualidad	Satélite LMDS	ADSL HFC FTTH	ADSL HFC
Futuro próximo	Satélite LMDS Wimax PLC	ADSL HFC FTTH Wimax	ADSL HFC FTTH Fibra inalámbrica
Futuro a largo plazo	Satélite Wimax PLC	PLC FTTH Wimax	FTTH Fibra inalámbrica

Tabla. 5.5 Tecnologías recomendadas según el entorno.

Se prevé que se utilizará la técnica de acceso vía *satélite* en entornos poco poblados a medio y largo plazo, ya que no necesita ninguna infraestructura y es la única solución en puntos muy remotos.

Tal y como se ha visto, el *LMDS* se ha implantando principalmente en entornos de difícil orografía, si bien según las previsiones acabará por desaparecer debido a sus limitaciones (altos costes, visibilidad directa, licencia necesaria).

En cuanto al *Wimax*, está previsto que en el 2005 comenzará su implantación principalmente en entornos medianamente y poco poblados. Durante un tiempo

se prevé que coexistirá junto al *LMDS*, si bien se perfila como su sustituta a largo plazo debido a sus ventajas (bajos costes, visibilidad directa no necesaria, bandas libres, alta cobertura de hasta 70 Km,..).

El *ADSL* está teniendo una implantación muy alta en entornos medianamente y altamente poblados si bien a largo plazo, debido a su ancho de banda limitado por el uso del par telefónico, puede acabar siendo sustituido por otras técnicas.

Respecto al *PLC*, se estima que se implantará tanto a corto como a largo plazo sobre todo en entornos remotos. Dado que utiliza la red eléctrica, su disponibilidad es muy alta (aprox 98%). También se prevé que se implantará en entornos medianamente poblados, ya que ofrece un alto ancho de banda (hasta 135 Mbps) y es adecuada para la domótica.

En cuanto a la *FTTH* y el 'cable', se ha visto que la única diferencia está en el uso de la fibra o del coaxial respectivamente en el último tramo (acera → usuario final). Se prevé que la *FTTH* se implantará en entornos medianamente poblados (Ej. urbanizaciones) con un alto nivel adquisitivo y desarrollo tecnológico, y en entornos urbanos en cuanto la relación *BW/Coste* sea viable. Se espera que 'coexistirá' con el cable durante un periodo, si bien éste último acabará por no usarse debido a la limitación de ancho de banda.

También se ha podido concluir que la fibra inalámbrica no es viable por el momento en entornos domésticos, si bien a medio y largo plazo puede suponer un paso intermedio hasta poder acceder a la *FTTH*. Además, es una solución idónea en casos en los que se necesita acceder a un ancho de banda muy alto de forma urgente (Ej. Edificios de New York tras el 11-S).

Por último, en este proyecto, además de haber cumplido con el objetivo inicial de estudiar la vinculación de las tecnologías de banda ancha con la ICT y dictar recomendaciones para futuras revisiones de la norma, se ha extendido a analizar las principales características y a dar una visión global de todas ellas de cara a que el usuario final, normalmente no experto en la materia, pueda tener nociones generales de todas ellas y así escoger la idónea para su entorno.

VI Bibliografía

ICT

1. Huidobro, José M., "Infraestructuras Comunes de Telecomunicaciones".
2. www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=123673
3. www.coit.es/publicac/publbit/bit122/ict4.html
4. www.coetc.org
5. www.fundacion.telefonica.com
6. www.masingenieros.com
7. www.desarrollosi.org/
8. Título III, Ley General de Telecomunicaciones, 24 abril 1998
9. 'Declaración Universal de los Derechos Humanos', Cumbre Mundial sobre la Sociedad de la Información de Ginebra, Diciembre del 2003

ADSL

1. www.casadomo.com/revista_domotica_news.asp?type=1&id=2705
2. http://portalgsm.com/zona_banda_ancha_extendida/
3. www.asic.upv.es/sta/Manuales/MADSL/MADSLComoFunciona.htm
4. www.setsi.mcyt.es/
5. www.terra.es/tecnologia/articulo/html/tec10324.htm
6. http://tienda.adslayuda.com/product_info.php?products_id=291
7. www.sonicolor.es/catalogo/telefono/paginas/adsl/adsl.php
8. http://observatorio.red.es/sector_tic/indicadores/banda_ancha/banda_ancha_lineas_adsl_espana.html
9. www.adslnet.ws
10. www.hispamiga.org/textos/adsl.htm
11. www.infotelecom.com.pe
12. <http://acceso.ya.com/comparativas/adsl/>
13. www.arrakis.es/~leofer/adsl/adsl.htm

PLC

1. www.faq-mac.com/mt/archives/010195.php
2. www.casadomo.com/revista_domotica_news.asp?type=1&id=2705
3. www.caspa.tv/archivos/000126.html
4. <http://geneura.ugr.es/MT/alvar/archives/000105.html>
5. http://html.rincondelvago.com/plc_1.html
6. www.noticias3d.com/articulos/200306/plc/7.asp
7. www.merino.serana.net/Spanish/electrica/electrica_indice.html
8. <http://usuarios.lycos.es/urde/plc/plc.htm>
9. Cuadro nacional de asignación de frecuencias (CNAF)
10. 'PotencialOct2004PLCOverview.pdf'
11. 'TesisPLC.pdf'
12. www.iberdrola.es
13. www.microalcarria.com/productos/
14. www.noticias3d.com/articulos/200306/plc/4.asp
15. www.setsi.mcyt.es/espectro/cnaf.htm
16. www.noticias3d.com/articulos/200306/plc/7.asp
17. www.aat-ar.org/boletin/aat/5revista/contenido/plc3.htm
18. www.plcendesa.com/

LMDS

1. <http://publicaciones.estrategia.net/tic/repor6.htm>
2. http://ttt.upv.es/~framos/Radio/tecnol_LMDS.html
3. www.localret.es/jornades/docs/lrodriguez.ppt
4. <http://webs.demasiado.com/adba/radioper.htm>
5. www.casadomo.com/Actualidad_Ferias_y_Eventos.asp?type=1&id=1957&liststart=11
6. www.setsi.mcyt.es/
7. www.e-advento.com/soluciones/lmds.php
8. www.pioneerconsulting.com/globalbroadband/index.html
9. www.marinatel.net/lmds/indice.php
10. www.merino.serana.net/Spanish/lmds/lmds_indice.html
11. www.televes.com/espanol/infos/pdf/info75.pdf
12. www.idg.es/comunicaciones/impart.asp?id=57855
13. www.uv.es/~montanan/mondragon/mgn2001-AR_1.ppt
14. www.ahciet.net/negocios/banda_ancha/016127010905.ppt
15. <http://bipt247.bi.ehu.es/RyS/files/pre341.pdf>
16. <http://www.monografias.com/trabajos13/guiadeim/guiadeim.shtml>
17. <http://www.e-advento.com/soluciones/lmds.php>
18. www.consumer.es/discapacitados/es/especiales/2003/06/17/86764.php
19. http://www.coit.es/publicac/publelp/elpdocum/elp_ict7.htm

Wimax

1. <http://publicaciones.estrategia.net/tic/repor6.htm>
2. <http://www.a-brest.net/article784.html>
3. <http://www.canalpda.com/displayarticle26.html>
4. www.tele-semana.com/archivo/Download.php?c=0148611026022-478
5. <http://iblnews.com/noticias/01/98903.html>
6. <http://www.iberbanda.es/es/index.asp?url=10/1010.asp>
7. <http://www.laflecha.net/canales/wireless/200404021/>
8. <http://www.alvarion.fr>
9. <http://wimax.free.fr/wimax.htm>
10. <http://www.01net.com/article/247190.html>
11. www.afitel.com
12. http://www.noticias.com/index.php?action=mostrar_articulo&id=59131&IDCanal=1
13. www.bandaancha.st/weblogart.php?artid=2426
14. <http://iblnews.com/noticias/01/98903.html>
15. www.rd.francetelecom.com/fr/technologies/ddm200406/techfiche2.php
16. www.wimaxforum.org/home
17. www.intel.com/netcomms/technologies/wimax/

Wifi

18. www.3com.es
19. <http://www.a-brest.net/article784.html>
20. <http://www.01net.com/article/247190.html>

21. www.afitel.com
22. <http://www.wimaxforum.org/home>
23. <http://wireless.axialcomunicaciones.com/modules.php?name=News&file=article&sid=64>
24. http://html.rincondelvago.com/fibra-optica_13.html
25. www.wifisat.net/
26. www.ntu.edu.sg/ntrc/IEEEER10InfocommColloquium/speakers.htm
27. www.red.com.mx/scripts/redArticulo.php3?idNumero=67&articuloID=7474

Satélite

28. <http://www.area25.es/noticias/dameNoticiaMargen.asp?id=14>
www.3com.es
29. <http://www.upv.es/satelite/trabajos/>
30. <http://acceso.ya.com/gratuitos/sathome24h/>
31. http://www.telefonicaonline.com/qx/Nav/qxTONavFichProdImp/0,,v_s egmento+AHOG+v_idioma+es+v_producto+25604,00.html
32. www.satconxion.es
33. www.hispasat.com
34. <http://observatorio.red.es/general/estudios/gaptel.html>
35. <http://www.hispasat.com/ComunPrensa/noticias/noticia247.htm>
36. www.ya.com
37. www.filiago.com
38. <http://www.ekinsl.com/modules.php?name=News&file=article&sid=30>
39. <http://www.sateliteinfos.com/edito/edito.asp?num=30>
40. <http://www.domotica.net/Sat%E9lite.htm>
41. <http://club.idecnet.com/~modegar/noticias/may-01.html>
42. <http://www2.rad.com/networks/2001/vsat/main.htm>
43. http://www.eutelsat.com/products/2_2.html
44. www.ses-astra.com/market/espana/
45. <http://www.nassat.com/>
46. <http://satelite.donde-es.net/unidireccional/index.htm>
47. www.flash10.com/www/main.asp?ShowWhat=0,118,123,&SelEntry=123

HFC

1. <http://broadband.motorola.com/consumers/products/sb5100/>
2. <http://www.noticias3d.com/editoriales.asp?editorialid=34>
3. <http://www.hispazone.com/conttuto.asp?IdTutorial=41>
4. <http://www.comunicacionymedios.com/Recursos/television/cable.htm>
5. http://www.sitiosespana.com/paginas_2/internet_por_cable.htm
6. <http://www.ono.es/particulares/default.asp?p=01&o=04&x=centro>
7. <http://www.arrakis.es/~zener/Tct.html>
8. <http://www.coit.es/publicac/publbit/bit122/ict4.html>
9. www.tlm.unavarra.es/asignaturas/bi/bi98_99/bi06/Final/TVdigital/redcatv.htm
10. <http://www.tid.es/presencia/publicaciones/comsid/esp/articulos/vol72/sonline/online.html>
11. <http://www.televes.com/espanol/producto/indice.asp?SEC=4>

FTTH

1. <http://www.journaldunet.com/dossiers/pays/japon/030520japon.shtml>
2. <http://www.ponforum.org/technology/default.asp>
3. <http://www.strategiestm.com/webzine/fibreoptique240103.htm>
4. http://www.eetimes.fr/printableArticle/?articleID=22103024&article_path=/at/news
5. www.pirelli.com
6. <http://www.brand-rex.com/spain/millen/papers/paper1.htm>
7. http://www.ar.pirelli.com/es_AR/cables_systems/telecom/innovation/Cabling_systems/cabling_inn_ar.jhtml
8. <http://www.profit.es/4gardet.asp?NoticialD=60>
9. http://www.opinionsnow.com/RVA/ftth_ftth_03_04.html
10. <http://www.fing.org/index.php?num=1431,3,160,4>
11. http://www.libertaddigital.com:83/php3/noticia.php3?fecha_edicion=2004-08-19&num_edicion=1432&cpn=1276230602&seccion=AME_D
12. <http://members.fortunecity.es/robertexto/archivo7/fibraopt.htm>
13. www.el-mundo.es/navegante/2004/08/19/empresas/1092906437.html
14. <http://www.profit.es/4gardet.asp?NoticialD=60>
15. <http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=52235>
16. <http://www.monografias.com/trabajos14/acceso-atm/acceso-atm2.shtml>
17. www.lasalle.edu.co/csi_cursos/informatica/termino/banda_ancha.htm
18. www.eetimes.fr/printableArticle/?articleID=22103024&article_path=/at/news
19. <http://www.strategiestm.com/webzine/dtfibreoptiqueendistribution.htm>
20. <http://www.idg.es/comunicaciones/articulo.asp?id=128756>
21. http://html.rincondelvago.com/fibra-optica_13.html
22. M^a Concepción Santos, "Conectividad con Free-Space Optics (FSO)"
23. <http://www.fsona.com>
24. <http://www.mrvpal.com>
25. <http://www.fsona.com/>
26. <http://www.systemsupportolutions.com/>

VII Anexo

ICT

Principales elementos

En la normativa se definen los requisitos que deben cumplir todos los elementos que forman una ICT. En este apartado se hará una breve descripción y requerimientos de cada uno, desde que se recibe una señal hasta el usuario final.

A modo de resumen, los servicios de radio-televisión y servicios de banda ancha radioeléctricos (LMDS entre ellos) son recibidos por los elementos de captación situados en la azotea. Seguido son procesados en el RITS (recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior) para su correcta recepción por parte del usuario. Más adelante se distribuyen a través de todo el edificio mediante la canalización principal, luego son bifurcados a cada planta mediante los registros secundarios y distribuidos gracias a las canalizaciones secundarias. Por último, se desvían a cada vivienda gracias al PAU (punto de acceso del usuario) y dentro se distribuyen a cada habitación mediante la canalización interior del usuario.

En el caso de TLCA (televisión por cable), RDSI, TB (telefonía básica) y XDSL, la recepción se realiza por la parte inferior mediante la canalización externa y son procesados el RITI (recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior). A continuación siguen el mismo proceso para su distribución a todas las viviendas.

Seguido se muestra un esquema general con los elementos de un edificio de varias viviendas:

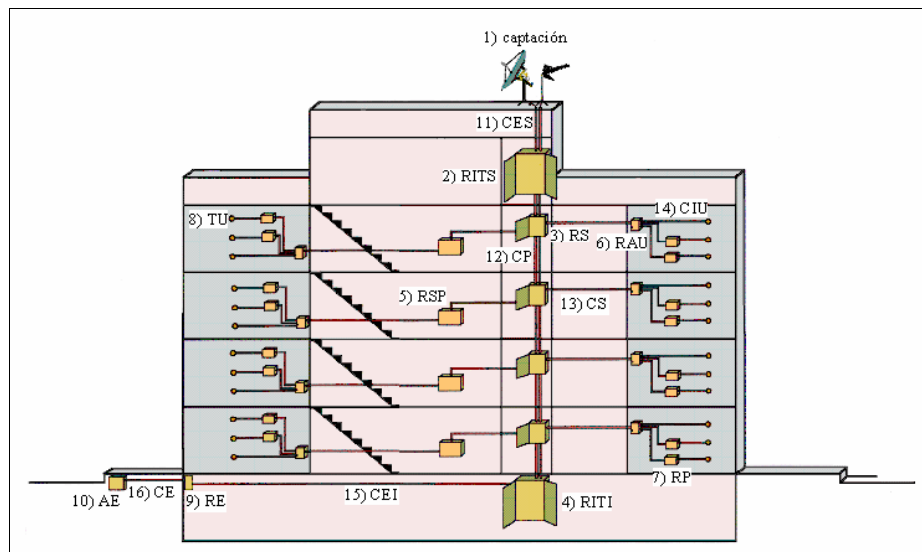


Fig. 7.1. Elementos de una ICT

1. **Sistemas de captación:** Es el conjunto de elementos utilizados para la captación de señales radioeléctricas.

2. **Recinto de instalaciones de telecomunicaciones superior (RITS):** Es el armario o recinto donde se alojan los elementos necesarios (amplificadores, demoduladores, adaptadores,..) para la recepción de servicios radioeléctricos (RTV, LMDS). Los equipos que están en su interior también adaptan las señales para distribuirlas a la red final del usuario o al RITI.

Estas son las dimensiones mínimas (según el número de viviendas) que tiene que cumplir:

Número de viviendas	Altura (cm)	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
Hasta 20	200	100	50
De 21 a 30	200	150	50
De 31 a 45	200	200	50
Más de 45	230	200	200

3. **Registro secundario (RS):** Conecta la canalización principal y las secundarias. Tienen que estar ubicados en una zona comunitaria que sea fácil acceso, además de tener su propio sistema de cierre.

Estas son sus dimensiones mínimas:

Número de viviendas	Altura (cm)	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
De 1 a 4	45	45	15
De 5 a 8	75	45	15
Más de 30	100	50	15

4. **Recinto de instalaciones de telecomunicaciones inferior (RITI):** Es el recinto donde se tienen que instalar los registros principales de los distintos operadores de telecomunicaciones (de Telefonía básica, RDSI, xDSL, Televisión por cable y LMDS) y los posibles elementos necesarios para la distribución de estos servicios.

Desde este recinto, se distribuye la señal a la canalización principal. Sus dimensiones mínimas son las siguientes:

Número de viviendas	Altura (cm)	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
Hasta 20	200	100	50
De 21 a 30	200	150	50
De 31 a 45	200	200	50
Más de 45	230	200	200

5. **Registro secundario de paso (RSP):** Es utilizado para seccionar la canalización principal, cambiar su dirección o distribuir la señal a la canalización secundaria. Se tienen que utilizar en los siguientes casos:

- En cada cambio de dirección de la canalización principal.
- Cada 30 metros en la canalización principal.
- En los cambios de canalización.

Sus dimensiones mínimas son: 45 x 45 x 15 cm (altura x anchura x profundidad).

6. **Registro de acceso del usuario (RAU):** Conecta la canalización secundaria con la interior del usuario. En este registro se ubica el PAU (punto de acceso del usuario). El RAU tiene que estar dentro de la

vivienda, oficina o local. En el caso de RDSI, el PAU podrá estar al lado del RAU.

Por último, todos los servicios pueden ir dentro de un único RAU o bien un RAU específico para cada servicio.

En el caso de un único RAU, las dimensiones mínimas son: 30 x 50 x 6 cm (altura x anchura x profundidad).

En el caso de tener un RAU para cada servicio, estas son las dimensiones mínimas:

Servicios	Altura (cm)	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
TB + RDSI + xDSL	10	17	4
TV – SAT	20	30	6
TLCA y LMDS	10	17	4
RAU para 2 servicios	30	40	6

7. **Registro de paso (RP):** Facilita la extensión del cable entre el registro secundario y el PAU, y entre este y la toma de usuario. Las dimensiones mínimas son:

- 10 x 16 x 4 cm (altura x anchura x profundidad) en el caso de tener un RP para cada servicio.
- 36 x 36 x 12 cm (altura x anchura x profundidad) en el caso de un RP para todos los servicios.

Nota: Se pueden tener hasta 2 curvas de 90° entre 2 RP's.

8. **Toma de usuario (TU):** Permite al usuario conectar el equipo final con los distintos servicios. En cada pieza de la vivienda, (incluyendo baño y trastero), se tiene que instalar como mínimo 1 toma de usuario para RTV/SAT, 1 toma para TB + RDSI + XDSL y otra para TLCA y LMDS.

Por último, las tomas de TLCA, LMDS y RTV de cada pieza tienen que estar cercanas, y los registros correspondientes tienen que tener una toma de corriente alterna cercana (a 50 cm como máximo).

9. **Registro de enlace (RE):** Armario o arqueta que se tiene que utilizar cuando la canalización se realice mediante tubos y se cumpla uno de los siguientes casos:

- Cada 30 metros en una canalización superficial.
- Cada 50 metros en una canalización subterránea.
- En una intersección de 2 tramos rectos no alineados.
- Dentro de los 60 cm antes de la intersección de uno de los dos tramos. La curva de intersección tiene que tener un radio como mínimo de 35 cm y no puede presentar deformaciones en la parte cóncava del tubo.

Las dimensiones mínimas del registro son:

- 40 x 40 x 12cm (altura x anchura x profundidad) si el RE está en la pared.
- 40 x 40 x 40 cm (altura x anchura x profundidad) si está en la arqueta.

10. **Arqueta de entrada (AE):** Recinto que une las canalizaciones de los distintos operadores y la canalización externa del edificio. En caso de estar en el exterior, tienen que estar lo más cercano posible al edificio. Es

propiedad de la comunidad y tiene que ser utilizado por todos los operadores para ofrecer sus servicios.

Sus dimensiones mínimas son:

Número de viviendas	Altura (cm)	Anchura (cm)	Profundidad (cm)
Hasta 20	40	40	60
De 21 a 100	60	60	80
Más de 100	80	70	82

11. Canalización de enlace superior (CES): Es aquella que lleva los cables desde los sistemas de captación hasta el RITS, entrando en el edificio con el pasamuros.

En ese tramo, los cables tienen que ir sin protección. Una vez dentro del edificio, la canalización tiene que estar formada por 4 tubos o canales, siendo el número y dimensiones mínimas las siguientes:

- En el caso de utilizar tubos, tienen que ser 4 de 4 cm de diámetro.
- En el caso de usar canales, tiene que ser 1 con una sección de 60 cm² y 4 compartimentos (cada uno de 15 cm², reservando 2 para RTV, 1 para TLCA y 1 para LMDS).

12. Canalización principal (CP): Es la red principal de distribución de la señal a través del edificio. Conecta el RITI con el RITS, y éstos con los registros secundarios. Está formada por tubos o canales y está intercalada por los registros secundarios. En el caso de servicios radioeléctricos (salvo radiodifusión sonora y televisión), realiza la comunicación entre el RITS y el RITI. Estas son sus medidas mínimas:

Número de viviendas	Número de tubos	Utilización
Hasta 10	5	1 RTV, 1 LMDS, 1TB+RDSI+XDSL, 1 TLCA, 1 reserva
De 11 a 20	6	1 RTV, 1 LMDS, 1TB+RDSI+XDSL, 2 TLCA, 1 reserva
De 21 a 30	7	1 RTV, 1 LMDS, 1TB+RDSI+XDSL, 3 TLCA, 1 reserva
Más de 30	Según el proyecto	1 RTV, 1 LMDS, 2TB+RDSI+XDSL, 1 TLCA cada 10

Nota: si el número de viviendas por planta es mayor de 8, tienen que haber más de 1 distribución vertical, donde cada una da servicio a un máximo de 8 viviendas por planta.

13. Canalización secundaria (CS): Constituye la red de dispersión del edificio. Conecta los registros secundarios con los de acceso del usuario, y está intercalada por los registros de paso. Puede estar constituida por tubos o canales.

Los requisitos mínimos, según el caso, son:

- 1 tubo de 2,5 cm de diámetro exterior por servicio.
- 1 canal de 3 compartimentos.

La superficie mínima de cada uno es:

Servicio	Sección mínima
TB+RDSI+XDSL	0,58 cm ²
RTV	2 cm ²
TLCA-LMDS	2 cm ²
Reserva	2 cm ²

14. Canalización interior del usuario (CIU): Constituye la red interna del usuario. Conecta los PAU y las tomas de usuario. Puede estar formada por tubos o canales. En el caso de utilizar canales, éste tiene que tener un espacio independiente para cada servicio.

Éstas son las dimensiones mínimas que tienen que cumplir:

Servicio	Diámetro del tubo	Sección del canal
TB+RDSI+XDSL	0,2 cm ²	0,98 cm ²
RTV	0,2 cm ²	0,98 cm ²
TLCA-LMDS	0,2 cm ²	0,98 cm ²

15. Canalización de enlace inferior (CEI): Contiene el cableado de alimentación desde el punto de entrada general hasta el registro principal del RITI. El dimensionado mínimo para TB+RDSI es el siguiente:

Número de pares	Diámetro del cable más grande	Diámetro de los tubos (cm)
Hasta 250	Hasta 2,8	4
Entre 250 y 525	Hasta 3,5	5
Entre 525 y 800	Hasta 4,5	6,3

Nota: para los tubos de TLCA, se puede suponer un diámetro inferior a 1.6 cm, con lo cuál el diámetro de estos conductos tiene que ser de 4 cm.

16. Canalización externa (CE): Contiene los conductos que van de la zona externa del edificio hasta la entrada general. Proporciona la alimentación de los distintos servicios de cada operador.

Los tubos que están en su interior tienen un diámetro de 6.3 cm. Estos son los requisitos mínimos que tiene que cumplir:

Número de viviendas	Número de conductos	Utilización
Hasta 4	3	1 TB+RDSI+XDSL, 1 TLCA, 1 reserva
De 5 a 20	4	1 TB+RDSI+XDSL, 1 TLCA, 2 reserva
De 21 a 40	5	2 TB+RDSI+XDSL, 1 TLCA, 2 reserva
Más de 40	6	3 TB+RDSI+XDSL, 1 TLCA, 2 reserva

Parámetros de calidad

La normativa sobre ICT's fija para cada servicio unos parámetros de calidad. A modo de ejemplo, se muestra los niveles mínimos de señal que se tienen que recibir en la azotea para la televisión y radio terrenal, tanto analógica como digital:

Tipo de señal	Entorno	Banda de frecuencias (MHz)	Intensidad de campo (dB μ V/m)
Analógica monofónica	Rural	87.5-108.0	48
Analógica monofónica	Urbano	87.5-108.0	60
Analógica monofónica	Gran ciudad	87.5-108.0	70
Analógica estereofónica	Rural	87.5-108.0	54
Analógica estereofónica	Urbano	87.5-108.0	66
Analógica estereofónica	Gran ciudad	87.5-108.0	74
Digital	-	195.0-223.0	58

Radiodifusión sonora terrenal.

Tipo de señal	Banda de frecuencias	Intensidad de campo
Analógica	470.0-582.0 MHz	65 dB(μ V/m)
Analógica	582.0-830.0 MHz	70 dB(μ V/m)
Digital	470.0-862.0 MHz	$3 + 20 \log f$ (MHz) dB(μ V/m)

Televisión terrenal.

Equipos de usuario para el acceso a la banda ancha

En este apartado, se muestran las características de los equipos que necesitan los usuarios para acceder a las distintas tecnologías de banda ancha.

PLC

A continuación se muestra un módem PLC-RJ45 del fabricante *Ovislink*:



Módem PLC de *Ovislink*

Éstas son principales características:

- Ratio de transmisión: hasta 14 Mbps.
- Banda de frecuencia: 4.3 – 20.9 MHz.
- Método de acceso: CSMA-CA
- Modulación: OFDM
- Estándars soportados: IEEE 802.3, IEEE 802.3u, Home Plug 1.0.
- Alimentación: 100 – 240 VAC, 50/60 Hz.
- Consumo: 40 W.
- Precio: 90 €

LMDS

Seguido se muestra una antena receptora *LMDS*:



Antena receptora *FirstMark*

Éstas son sus principales características técnicas:

Características eléctricas y mecánicas de las antenas de cliente	
Anchura de haz- elevación y azimuth	18 grados
Garancia	17.5 dBi
Tamaño (altura x anchura x profundidad)	260 mm x 260mm x 30 mm
Peso	3(10) Kg

Características de la antena receptora del cliente

Wifi

A continuación se muestra un Access Point del fabricante *3com*:



Access Point del fabricante *3com*

Sus principales características son las siguientes:

- Estándars soportados: IEEE 802.11b y 802.11g
- Usuarios simultáneos: 128
- Seguridad: Encriptación WPA de 256 bits y WEP de 40/64 y 128 bits
- Protocolo de acceso al medio: CSMA/CA
- Modulación: DSSS (Espectro Ensanchado de Secuencia Directa)
- Banda de Frecuencias: 2,4 - 2,4835 GHz
- Sensibilidad: de -89.9 a -67.6 dBm según velocidades y estándar.
- Puertos físicos: LAN: 1 puerto Ethernet 10/100 Mbps
- Velocidades: hasta 54 Mbps (802.11g) y hasta 11 Mbps (802.11b).
- Cobertura: hasta 100 m en interiores y 457 m en exteriores.
- Precio aproximado: 100 €.

Seguido se muestra una tarjeta PCMCIA para los portátiles:



Tarjeta PCMCIA del fabricante *3com*

Éstas son sus características principales:

- Estándars soportados: IEEE 802.11a, 802.11b y 802.11g
- Seguridad: Encriptación WPA de 256 bits y WEP de 40/64 y 128 bits
- Protocolo de acceso al medio: CSMA/CA
- Modulación soportada: DSSS y OFDM (según estándar)
- Frecuencias: 2.4–2.4835 GHz (802.11b/g) y 5.15–5.825 GHz (802.11a)
- Sensibilidad en recepción: de -94.3 a -71.8 dBm.
- Potencia de transmisión: de 12.8 a 18.8 dBm.
- Velocidades: hasta 108 Mbps (802.11a/g) y hasta 11 Mbps (802.11b).
- Cobertura interior: hasta 100m según el estándar.
- Precio aproximado: 30 €.

Acceso vía satélite

Éste es un módem DVB del fabricante *Linkstar*:



Módem DVB del fabricante *Linkstar*

Éstas son sus principales características:

- Rango de frecuencias: 950-1450 MHz para Tx y 950-1750 MHz para Rx.
- Velocidades máximas: hasta 60 Mbps para la Tx y 2 Mbps para Rx.
- Modulación: QPSK
- Técnica de acceso: MF-TDMA
- Interficies de usuario: Ethernet 10/100 BaseT.
- Interficies con el satélite: 2 conectores tipo F de 75 ohms. (DVB-S para Rx y DVB-RCS para Tx).
- Protocolos soportados: IP (TCP y UDP), RIP v1 y 2, IGMP, IP con QoS.
- Alimentación: 110-240 VAC, 50/60Hz
- Consumo de pot. nominal: 40 W

Redes HFC

Éste es un módem híbrido del fabricante '*Motorola*' (modelo *SB5100*):



Módem de cable Motorola



Conectores RJ-45, usb, F

Éstas son sus principales especificaciones:

Generales:

- Interficie con el cable coaxial: conector F (hembra, 75 ohms)
- Interficies con el PC: Ethernet 10/100 Base T, usb
- Protocolo de datos: TCP/IP
- Potencia: 9 W (nominal)
- Precio: 70 €

Descarga:

- Modulación: 64 o 256 QAM
- Velocidad máxima descarga: 38 Mbps
- Ancho de banda: 6 MHz
- Velocidad de símbolo: 5.069 Msim/s (64 QAM) y 5.361 Msim/s (256 QAM)
- Rango niveles de trabajo: de -15 a 15 dBmV
- Impedancia de entrada: 75 ohms.
- Rango de frecuencias: de 88 hasta 860 MHz.

Fibra hasta el hogar (FTTH)

A continuación se muestra un *Transceiver* del fabricante *Lasermate*:



Transceiver del fabricante *Lasermate*

Éstas son sus principales características:

- Velocidad máxima: 155 Mbps
- Aplicaciones: FDDI / Fast Ethernet, ATM / SONET OC-3 / SDH STM-1
- Distancia máxima: 2 Km
- Tipo de fibra óptica: multimodo
- Diámetros de fibra aceptados (núcleo/recubrimiento): 50/125 o 62.5/125
- Tipo de conectores: 2 SC
- Precio: 60 €

Las características del transmisor óptico son las siguientes:

- Tipo: VCSEL
- Longitud de onda: 850 nm (830 nm mín. y 860 máx.)
- Potencia de salida: -14 dBm máx. y -19 dBm mín.

Las características del receptor electro-óptico son las siguientes:

- Tipo: InGaAs PIN
- Longitud de onda: 1300 nm (1270 nm mín. y 1380 nm máx.)
- Sensibilidad: -33 dBm

Fibra inalámbrica

A continuación se muestra un emisor/receptor óptico del fabricante *FSONA*:



Emisor y receptor óptico del fabricante *FSONA*

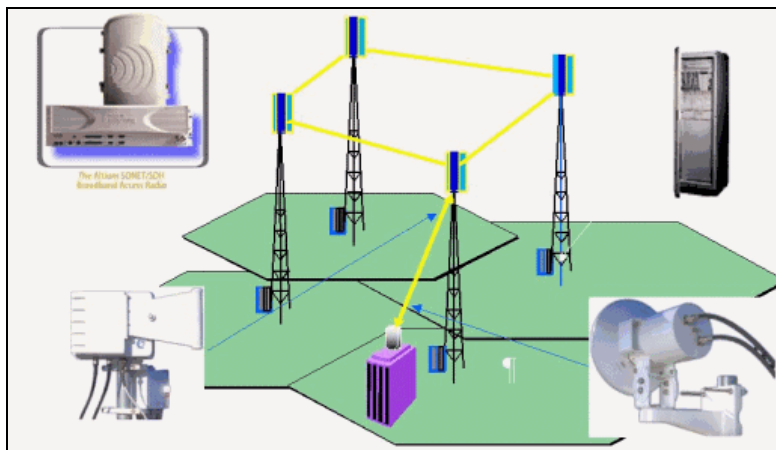
Éstas son sus principales características:

- Ancho de banda: 31-100 Mbps.
- Alcance: 100-3850 m (según condiciones climáticas).
- Longitud de onda: 1550 nm (datos transparentes de fibra a láser)
- Potencia de transmisión: 320 mW (2 transmisores de 160 mW)
- Diámetro receptor óptico: 10 cm
- Disponibilidad: 99,999%.
- Modo: Full Duplex.
- Conectores: RJ-45 (Fast Ethernet), SC (fibra monomodo o multimodo)

LMDS

Aspectos técnicos

Se muestra la topología de red LMDS con sus principales elementos:



Red LMDS basada en fibra óptica

Se trata de un sistema punto a multipunto. Las comunicaciones se realizan en forma de radiodifusión de la estación base a los usuarios. Por otra parte, la comunicación es bidireccional, los usuarios también pueden establecer enlaces punto a punto con dicha estación base. Para el enlace descendente (estación base->usuario) suele emplearse la técnica de acceso TDMA. Para el ascendente (usuario->estación base) se utilizan combinaciones de acceso múltiple TDMA y FDMA.

Para la transmisión de los datos, se suele utilizar la modulación de fase QPSK ya que es más resistente que la modulación de amplitud QAM.

Vinculación con las ICT's

El 4 de Abril del 2003 se publicó el Real Decreto en el que se establece que los edificios de nueva construcción deberán contar con infraestructuras de telecomunicaciones para recibir servicios de televisión digital terrenal, de LMDS y de banda ancha en general. En él se especifica que, en el caso de edificios de obra nueva, los elementos de captación LMDS tendrán que estar situados en la azotea, introduciéndose en la ICT del edificio a través del pasamuros y canalización de enlace hasta el recinto de instalación de telecomunicaciones superior (RITS), donde irán instalados los equipos necesarios para la recepción y procesamiento de las señales captadas. Seguido se podrá optar por establecer el registro principal en el RITS o, en el caso de que se desee utilizar la red de telefonía de la ICT, trasladar las señales captadas y procesadas a través de la canalización principal hasta el RITI y establecer allí el registro principal, utilizando así el par trenzado ya existente.

Sin embargo, la mayoría de los operadores distribuyen la señal desde el RITS mediante cableado Ethernet.

Además se tendrán que cumplir las normativas de seguridad eléctrica y compatibilidad electromagnética.

También se aclara el derecho de los usuarios a instalar sistemas individuales, cuando el servicio que se quiere contratar no se pueda proveer a través de la infraestructura común de telecomunicaciones, normalmente porque ésta no existe o porque no se prevé su instalación. Con lo cuál, en caso de que la tecnología LMDS no esté prevista, se posibilita al usuario a instalar su propia antena receptora (tendrá que tener visibilidad directa con la estación base).

Fibra hasta la casa (FTTH)

Aspectos técnicos

Seguido se muestra un esquema simplificado de la solución FTTH de 'Pirelli':

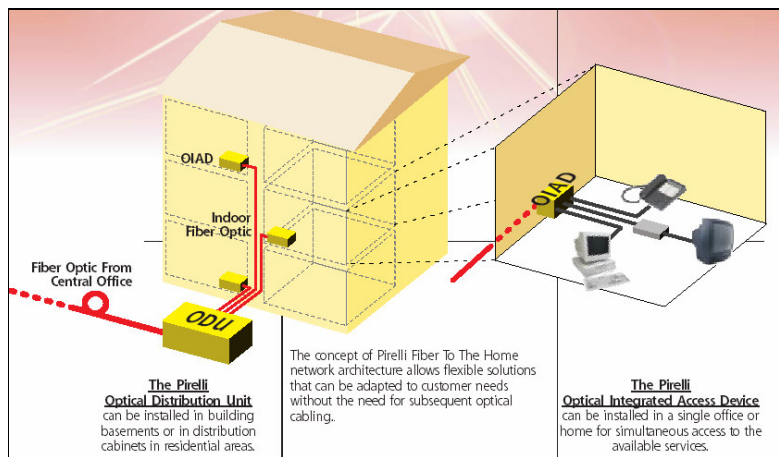


Fig. 1.4 Solución FTTH de *Pirelli*

La fibra óptica transporta de los datos desde la *Central Office* hasta la *ODU* ('Optical Distribution Unit'), y seguido se distribuyen las correspondientes señales a cada vivienda del edificio. Por último, en cada hogar se tiene un *OIAD* ('Optical Integrated Access Device'). Éste está compuesto por el emisor y receptor óptico. Dispone de las interfaces para poder recibir los datos, los canales de televisión y la telefonía.

Seguido se muestra la fibra utilizada por *Pirelli* para la tecnología *FTTH*:

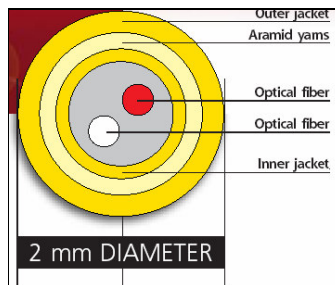


Fig. 1.5 Fibra óptica de *Pirelli*

Se utiliza un par de fibras. Se puede ver que el diámetro del tubo donde van alojadas es muy pequeño (2 mm de diámetro). Su principal característica es que trabaja en las ventanas de 850, 1300 y 1550 nm.

Fibra soplada

Seguido se muestra un compresor también de *Pirelli*:



Compresor de aire

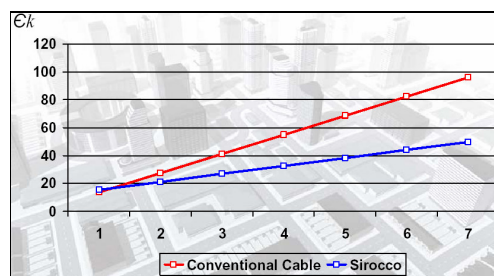
Es el encargado de inyectar el aire comprimido. Entre sus principales características, destacar que produce hasta 120 l/min. de aire comprimido, trabajando a una presión de 10 Bar.

Por último, se muestra una comparación de los costes de instalación de fibra óptica convencional o de fibra soplada (modelo *Sirocco*):

	Conventional Cable System Cost (€) (Supply & Install)	Sirocco System Cost (€) (Supply & Install)
Connection for Customer One @ Day 1	13,703	15,535
Connection for each additional customer (Upto 7)	13,703	5,740

Comparación fibra convencional vs. soplada

En el caso de instalar 1 única fibra, el coste del sistema convencional es más económico. Sin embargo, en caso de instalar más fibras, el sistema de soplado es mucho más económico (5,74 € frente a 13,703 €). Seguido se muestra la gráfica correspondiente a los costes totales de 1 a 7 fibras:



Comparación de costes