

CUESTIÓN 12/2

Examinar las comunicaciones de banda ancha por hilo de cobre tradicional



UIT-D

COMISIÓN DE ESTUDIO 2

2.º PERIODO DE ESTUDIOS (1998-2002)

Informe sobre tecnología DSL

Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)

Unión Internacional de Telecomunicaciones



LAS COMISIONES DE ESTUDIO DEL UIT-D

Las Comisiones de Estudio del UIT-D se establecieron de conformidad con la Resolución 2 de la Conferencia Mundial de Desarrollo de las Telecomunicaciones (CMDT) celebrada en Buenos Aires (Argentina) en 1994. Para el periodo 1998-2002, se encomendó a la Comisión de Estudio 1 el estudio de once Cuestiones en el campo de las estrategias y políticas de desarrollo de las telecomunicaciones y a la Comisión de Estudio 2 el estudio de siete Cuestiones en el campo del desarrollo y gestión de los servicios y redes de telecomunicaciones. Para este periodo y a fin de responder lo más rápidamente posible a las preocupaciones de los países en desarrollo, en lugar de aprobarse durante la CMDT, los resultados de cada Cuestión se publicarán a medida que vayan estando disponibles.

Para toda información

Sírvase ponerse en contacto con:

Sra Fidélia AKPO
Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)
UIT
Place des Nations
CH-1211 GINEBRA 20
Suiza
Teléfono: +41 22 730 5439
Fax: +41 22 730 5884
E-mail: fidelia.akpo@itu.int

Para solicitar las publicaciones de la UIT

No se admiten pedidos por teléfono. En cambio, pueden enviarse por telefax o e-mail.

UIT
Servicio de Ventas
Place des Nations
CH-1211 GINEBRA 20
Suiza
Teléfono: +41 22 730 6141 inglés
Teléfono: +41 22 730 6142 francés
Teléfono: +41 22 730 6143 español
Fax: +41 22 730 5194
Télex: 421 000 uit ch
Telegrama: ITU GENEVE
E-mail: sales@itu.int

La Librería electrónica de la UIT: www.itu.int/publications

© UIT 2002

Reservados todos los derechos de reproducción. Ninguna parte de esta publicación puede reproducirse o utilizarse, de ninguna forma o por ningún medio, sea éste electrónico o mecánico, incluyendo la fotocopia y el microfilme, sin previa autorización escrita de la UIT.

CUESTIÓN 12/2

Examinar las comunicaciones de banda ancha por hilo de cobre tradicional

UIT-D COMISIÓN DE ESTUDIO 2 2.º PERIODO DE ESTUDIOS (1998-2002)

Informe sobre tecnología DSL

Oficina de Desarrollo de las Telecomunicaciones (BDT)

Unión Internacional de Telecomunicaciones



Informe sobre tecnología DSL

Índice

	<i>Página</i>
1	Introducción 1
2	Tecnologías de acceso de banda ancha 2
3	Características fundamentales de la tecnología DSL 5
4	Sistemas DSL 7
4.1	ADSL – Línea de abonado digital asimétrica 7
4.2	HDSL – Línea de abonado digital de alta velocidad binaria 10
4.3	SHDSL – DSL de alta velocidad binaria de un solo par 11
4.4	VDSL – Línea de abonado digital de muy alta velocidad 11
4.5	RDSI 12
5	Recomendaciones y normas DSL 13
5.1	Recomendaciones de la UIT 13
5.2	ETSI 15
5.3	ANSI 16
5.4	Foro DSL 17
5.5	DAVIC y el Foro ATM 18
5.6	IETF 18
6	El aspecto comercial de la tecnología DSL 18
7	Servicios de banda ancha DSL 22
7.1	Acceso a Internet 22
7.2	Televisión/vídeo a la carta (VOD) 23
7.3	Voz por DSL 23
7.4	Provisión de líneas arrendadas 24
7.5	Interconexión LAN-LAN 24
7.6	Provisión de servicios con retransmisión de trama 25
7.7	Acceso Intranet 25
8	Modelos de instalación de redes DSL 25
8.1	Elementos de red DSL 26
8.2	Modelo de protocolo de Internet (IP) 28
8.3	Modelo ATM de extremo a extremo 29
8.4	Modelo de sistema con conmutación de circuitos 30
9	La tecnología DSL como una herramienta para la realización de la estructura de información global 30
9.1	Las distintas posibilidades de realización 31
9.2	Configuraciones de aparatos de información 33
9.3	Configuraciones de segmento de acceso 33
9.4	Metodología de los escenarios GII (modelos de referencia Y.120) 34
9.4.1	Transmisiones vocales/de datos/vídeo por pares de cobre 36
9.4.2	Transmisiones vocales/de datos/vídeo por Internet 38
10	Conclusión 40

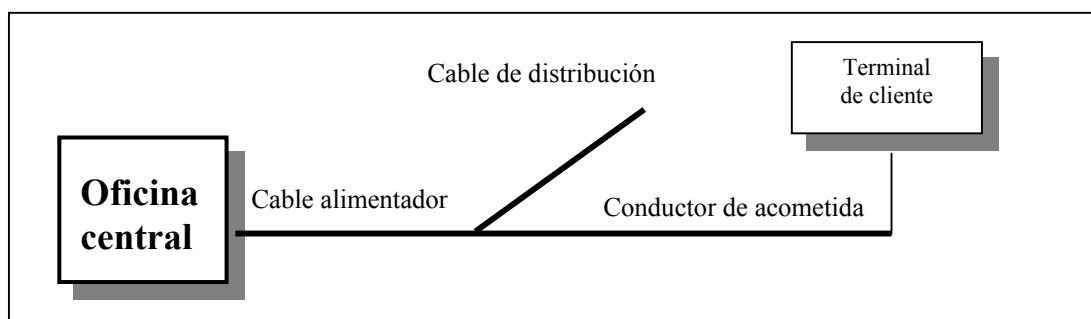
	<i>Página</i>
ANEXO 1 – Visión de conjunto de las Recomendaciones de la UIT sobre línea de abonado digital (DSL).....	41
ANEXO 2 – Descripción técnica de los sistemas DSL.....	49
ANEXO 3 – Modelo de red DSL.....	70
ANEXO 4 – Casos de prueba e instalaciones de DSL.....	77
Términos y abreviaturas.....	80

Informe sobre tecnología DSL

1 Introducción

Los usuarios de servicios de telecomunicaciones, abonados, están conectados mediante la red de acceso a redes de tránsito. Históricamente estas conexiones, bucles de abonado, contienen pares de cobre trenzados ensamblados en cables de pares. La figura 1.1 muestra un ejemplo de una planta de bucle telefónica con cables alimentadores hacia zonas de concentración de clientes, cables de distribución hacia sitios de clientes potenciales, y conductores de acometida a instalaciones de clientes.

Figura 1.1 – Ejemplo de planta de bucle de telefonía



Los bucles de abonado han estado en estudio durante muchos años y existen diferentes modelos para describir parámetros importantes como:

- tipo de cable (diámetro del conductor, material aislante);
- longitud de cable;
- estructura de bucle (bobinas de carga, derivaciones puenteadas);
- fuentes de ruido (diafonía, ruido impulsivo, interferencia de radiofrecuencia).

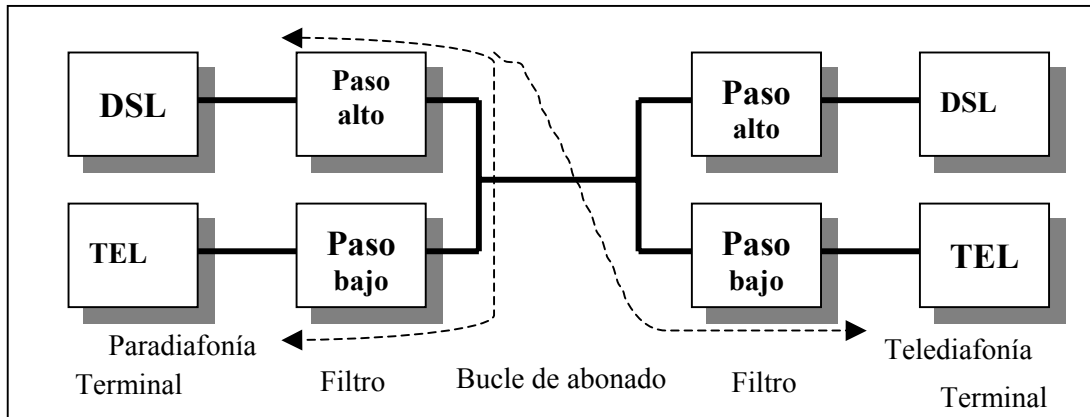
En el caso de señales analógicas de frecuencias vocales hasta 14 kHz, la atenuación en función del calibre del conductor determina la longitud del bucle de abonado. En algunos casos se utilizan bobinas de carga para ampliar la gama y derivaciones puenteadas para configuraciones de red multipunto.

La introducción de nuevos servicios que requieren señales digitales con velocidades cada vez más altas exige, sea que se aumente la anchura de banda utilizable de los bucles de abonado existentes con complejas tecnologías, sea que se reemplacen los pares trenzados con medios de transmisión de banda ancha tales como cables de fibra/cables coaxiales o transmisión inalámbrica.

El alto costo que entraña la sustitución de los bucles de abonado existentes y al mismo tiempo el desarrollo sobre el terreno del procesamiento de las señales digitales influyó en el desarrollo de tecnologías de Bucle de Abonado Digital (DSL, *digital subscriber loop*) con miras a lograr una mejor utilización de la anchura de banda disponible y, por consiguiente, la transmisión de velocidades más altas. En algunos casos, las señales telefónicas ordinarias (POTS, *plain old telephone service*) pueden utilizar el mismo bucle de abonado que las señales DSL.

La transmisión simultánea de señales de frecuencias vocales y de señales de frecuencias más altas puede requerir la instalación de un divisor, como se ilustra en la figura 1.2.

Figura 1.2 – Ejemplo de instalación de divisor



La paradiafonía es un importante factor de degradación en sistemas que comparten la misma banda de frecuencias para transmisión en los sentidos descendente (hacia el destino) y ascendente (hacia el origen). El ruido de paradiafonía es percibido por el receptor situado en el mismo extremo del cable que el transmisor que es la fuente del ruido. La telediafonía es el ruido detectado por el receptor situado en el extremo lejano del cable con respecto al transmisor que es la fuente del ruido. La telediafonía es menos perjudicial que la paradiafonía porque el ruido se atenúa a través de toda la longitud del cable.

Las configuraciones de divisor contienen un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto que permiten aislar las aplicaciones de telefonía (POTS) y las de DSL. Además, los divisores reducen la influencia de los cambios de impedancia producidos al colgar y descolgar, así como las perturbaciones debidas a impulsos, la corriente de timbre y la diafonía. La paradiafonía hay que atenuarla porque un transmisor DSL funciona con una potencia de unos 100 mW y un receptor de telefonía con una potencia de 0,1 mW.

Con un Procesamiento de Señales Digitales (DSP) potente es posible obtener métodos de codificación complejos, y técnicas de igualación de canal y de compensación de eco que reducen la influencia de la diafonía. El espectro utilizado para señales de frecuencias vocales de hasta 4 kHz puede ampliarse hasta unos 500 kHz para la transmisión de señales digitales mediante tecnologías DSL que conducen a velocidades binarias en la gama de Mbit/s a través de los bucles de abonado físicos existentes.

2 Tecnologías de acceso de banda ancha

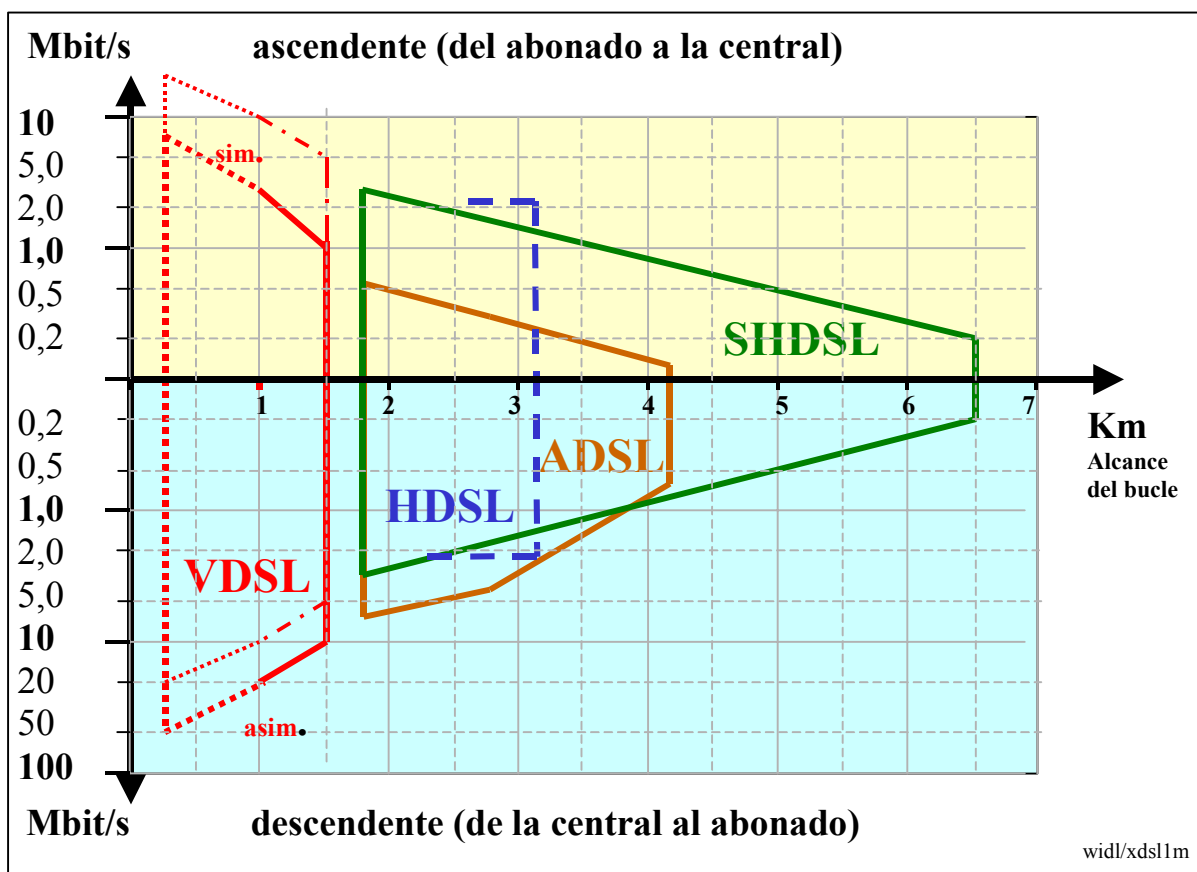
En lo tocante al acceso a una red de área extensa (WAN, *wide area network*) existen numerosas opciones tecnológicas que compiten actualmente para conquistar una parte del mercado. Estas opciones se originan en los entornos de red de área extensa y de red de área local (LAN, *local area network*) e incluyen distintos sistemas, por ejemplo: RDSI, ATM, retransmisión de trama con conmutación por Ethernet, varias tecnologías para la transmisión de datos por cable coaxial (CATV) y la familia de tecnologías de línea de abonado digital. En los últimos años, las tecnologías DSL han despertado gran interés, pues se perfilan como la solución del futuro para el acceso en entornos de aplicaciones destinadas a usuarios particulares y comerciales. Inicialmente, las tecnologías DSL, que funcionan con la infraestructura existente de hilos de cobre, se propusieron como una solución intermedia de acceso para zonas residenciales antes de instalar masivamente sistemas como híbrido de fibra óptica/cable coaxial (HFC, *hybrid fibre-coax*) o fibra hasta la vivienda (FTTH, *fibre-to-the-home*). Es evidente que la instalación de HFC o FTTH requiere una inversión muy superior y mucho más tiempo de instalación de lo previsto. Por

tanto, el periodo «intermedio» de instalación de DSL puede prolongarse hasta bien avanzado el siglo XXI, especialmente en los países en desarrollo.

Salieron no hace mucho de los laboratorios de comunicaciones de datos y de los adelantos en técnicas MIC pero en realidad han existido durante muchos años, aunque sin la notoriedad de que gozan hoy en día. Sin embargo, de pronto, la DSL aparece como la opción tecnológica para el acceso de banda ancha potencialmente más prometedora para los usuarios residenciales y comerciales en base al aumento de la demanda de velocidades de datos más altas para la transmisión de datos e Internet. Este documento intenta responder a este interrogante desde los puntos de vista técnico y de mercado.

En las siguientes figuras 2.1 y 2.2 se ilustran los requisitos de tipo de acceso, velocidad binaria, alcance y pares del bucle de diferentes tecnologías. Los valores indicados en el cuadro dependen de varios parámetros, como calibre del hilo, derivaciones punteadas, perturbaciones, márgenes, etc. Ahora bien, como continuamente aparecen nuevas tecnologías, estos valores pueden cambiar.

Figura 2.1 – Diagrama de alcance y velocidad de transmisión de datos típicos de los sistemas DSL (un solo par sin regenerador)



widl/xdsl1m

Figura 2.2 – Comparación de los sistemas DSL

Tipo	Descripción	Acceso/Velocidades/Alcance/Pares	Aplicaciones
BB	Módems de banda de base	Sim: 32 kbit/s a 2 Mbit/s Alcance: Pocos kilómetros Pares: 1	Líneas arrendadas
V.22 a V.90	Módems de banda vocal	Sim: 1 200 bit/s a 56 000 bit/s Alcance: Ilimitado Pares: 1	Comunicación de datos por línea telefónica
DSL RDSI	Línea de abonado digital	Dúplex: 160K (2B+D+M) Alcance: hasta 5 500 m	Servicio RDSI Comunicaciones de voz y datos
HDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad binaria	Sim: Alcance: hasta 3 000 m (sin repetidor) 1 par: 1 × 2 320 kbit/s descendente/ascendente 2 pares: 2 × 1 168 kbit/s descendente/ascendente 2 × 784 kbit/s descendente/ascendente 3 pares: 3 × 784 kbit/s descendente/ascendente	Servicios T.1 y E.1 Servicios síncronos
SHDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par	Sim: velocidades binarias $n \times 128$ kbit/s ($n = 1 - 18$) Alcance: 6 500 m para 192 kbit/s 1 800 m para 2 304 kbit/s Pares: 1 (posibilidad de utilizar un regenerador)	Servicios T1 y E1 Servicios síncronos
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica ASDL sin divisor (ASDL Lite)	Asim.: Descendente: 1,5 a 6 144 Mbit/s Ascendente: 16 kbit/s a 640 kbit/s Alcance: 2 800 m 4 096 kbit/s descendente/320 kbit/s ascendente Calibre: 3 500 m 2 048 kbit/s descendente/128 kbit/s ascendente 0,4 mm 4 200 m 578 kbit/s descendente/128 kbit/s ascendente 2 800 m 1 536 kbit/s descendente/256 kbit/s ascendente 3 500 m 1 536 kbit/s descendente/96 kbit/s ascendente 4 200 m 512 kbit/s descendente/96 kbit/s ascendente Pares: 1	Acceso Internet Servicios de acceso vídeo y vídeo a la carta Acceso LAN distante Multimedios interactivos
VDSL	Línea de abonado digital de muy alta velocidad	Asim.: Descendente: 13 Mbit/s a 51 Mbit/s Ascendente: 1,6 Mbit/s a 6,6 Mbit/s Alcance: 1 500 m 13 Mbit/s descendente/1,6 Mbit/s ascendente 1 000 m 26 Mbit/s descendente/3,2 Mbit/s ascendente 300 m 52 Mbit/s descendente/6,6 Mbit/s ascendente Sim.: Alcance 1 000 m hasta 26 Mbit/s Pares: 1	Igual que ADSL y HDTV

T1 = 1,544 Mbit/s, E1 = 2,048 Mbit/s

M = información de gestión a 16 kbit/s

3 Características fundamentales de la tecnología DSL

Durante décadas se pensó que el límite de los módems analógicos en velocidad de transmisión era 56 kbit/s con la máxima anchura de banda posible sin compresión. En realidad, el umbral de 56 kbit/s sólo se refiere a la magnitud de anchura de banda que es posible teóricamente en el espectro de frecuencias audibles. El espectro audible sólo comprende los 4 kHz inferiores del espectro total disponible en un par típico de hilos telefónicos, pero el espectro de frecuencias total que se puede transmitir por un hilo de cobre se encuentra generalmente en la región de 500 kHz. La tecnología DSL progresa de forma exponencial con respecto a los módems analógicos que se usan actualmente porque explota frecuencias por encima de 4 kHz. Estas frecuencias no se han utilizado hasta ahora por las dificultades que causan en la transmisión normal de señales vocales. Las frecuencias superiores a 4 kHz transmitidas por un par de hilos de cobre de un agrupamiento tienden a perturbar el servicio telefónico ordinario (POTS) pues introducen niveles inaceptables de paradiafonía en otros pares de hilos telefónicos del mismo grupo.

La tecnología DSL emplea técnicas sumamente avanzadas que limitan la paradiafonía, lo que permite utilizar una anchura de banda considerablemente superior con un solo par de hilos de cobre. Otra ventaja de algunas de estas técnicas es que permiten seguir ofreciendo el servicio telefónico ordinario simultáneamente por el mismo par de hilos por el que se efectúa la transmisión DSL. Estas técnicas se han conseguido gracias al desarrollo constante de microcircuitos (*chips*) de procesamiento de señalización digital (DSP, *digital signalling processing*) más potentes y baratos, que consumen cada vez menos energía eléctrica.

Un problema que se está considerando últimamente es la necesidad de especificar la compatibilidad espectral entre los diferentes sistemas DSL que funcionan en el mismo cable y que utilizan diversos operadores (separación de elementos) (*unbundling*).

Normalmente, el ente regulador se encarga de la gestión del espectro que permite definir los requisitos de separación. El ANSI y el ETSI trabajan actualmente en la definición de estas especificaciones.

A comienzos de los años noventa, algunos operadores de Estados Unidos y varias empresas de correos y telecomunicaciones europeas efectuaron pruebas con tecnologías DSL (primero HDSL y luego ADSL). La HDSL se utilizó como tecnología de acceso simétrico que entrega T1 o E1 a la red de acceso e interurbana. Muchas de las pruebas dieron origen a instalaciones experimentales en condiciones reales. En el caso de la ADSL, en ese momento las aplicaciones propulsoras de la instalación de las tecnologías DSL eran el vídeo a la carta (VOD, *video on demand*) y la televisión interactiva (ITV, *interactive TV*). Estas aplicaciones se perfilaban como una posible fuente de ingresos en el mercado residencial, y el as bajo la manga de las compañías telefónicas para entregarlas era el ADSL, mientras que las redes de televisión por cable (CATV) se preparaban para ofrecer estos servicios a través de su infraestructura de cable coaxial. Para gran decepción de las compañías de cable y de telecomunicaciones, las VOD e ITV, que tanto prometían, fracasaron como las aplicaciones «killer» que podrían haber justificado el despliegue de esos servicios. La tecnología ADSL pasó, entonces, a segundo plano.

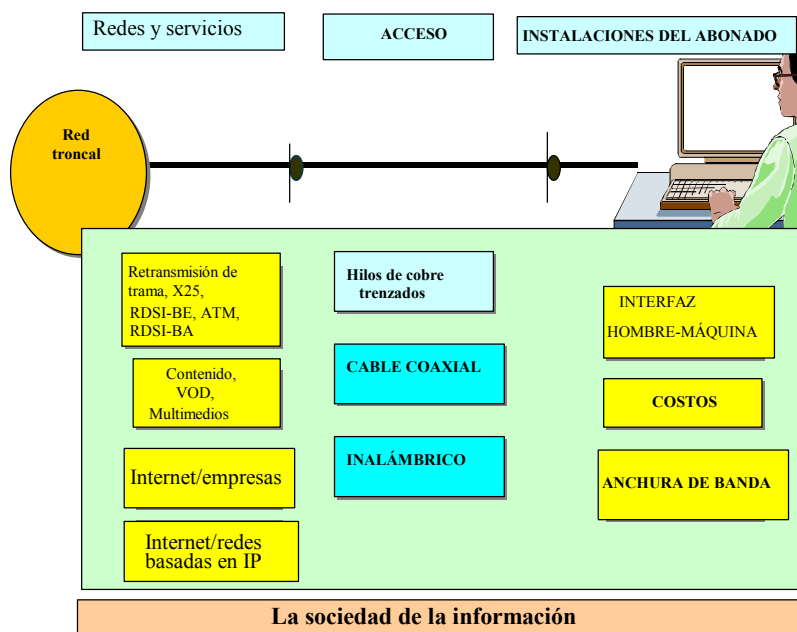
En 1995, el interés se desplazó hacia las técnicas de información en línea, sobre todo la World Wide Web (WWW). Como ha quedado claro desde su origen en 1993, se necesita mucha más anchura de banda para que la WWW constituya una «autopista de la información» universalmente accesible y pueda soportar las aplicaciones más exigentes basadas en WWW. Hoy en día, la creciente demanda de anchura de banda para el acceso a la web es una de las principales aplicaciones de las tecnologías DSL, pero también se las está considerando para otras aplicaciones, que podrían resultar mucho más lucrativas a largo plazo que el acceso de banda ancha a la WWW para el mercado residencial. Entrás estas aplicaciones están:

- Voz por DSL (VoDSL), que no debe confundirse con la transmisión de la voz en la banda de base convencional. En el caso de VoDSL, las señales vocales son digitalizadas, insertadas en palabras de

código DSL y transportadas por ejemplo a través de nodos de acceso DSLAM a frecuencias superiores a las de la capa física POTS del enlace DSL para proporcionar servicios telefónicos. En VoDSL no se requieren filtros divisores.

- Acceso Intranet para las organizaciones que trabajan con un modelo de servidor-cliente basado en la web. Las organizaciones que ofrecen el acceso Intranet necesitan la mayor anchura de banda proporcionada por DSL con el fin de conectar sus entornos de oficina/filial a distancia y los teletrabajadores a las aplicaciones de negocios, más exigentes, que utilizan en sus servidores web privados.
- Conectividad LAN-LAN de bajo costo y alto caudal. En estas aplicaciones las tecnologías DSL pueden ser mucho más eficaces que las líneas RDSI o las arrendadas tradicionales.
- Acceso por retransmisión de trama. Teniendo en cuenta que DSL funciona en la capa física, podría ser el método más rentable para transportar tráfico con retransmisión de trama desde el abonado hasta la red de retransmisión de trama. La retransmisión de trama a través de sistemas DSL es una solución para las primeras dos aplicaciones mencionadas y también reduce mucho el costo de utilización de la retransmisión de trama en otras aplicaciones, como el transporte de tráfico de *mainframe* incompatibles e incluso el tráfico vocal.
- Acceso red ATM. Como en el caso de la retransmisión de trama, las tecnologías DSL también se pueden utilizar para transportar células ATM a un dispositivo de acceso ATM, donde la red troncal ATM hace una multiplexación estadística.
- Provisión de líneas arrendadas. Las tecnologías DSL se pueden utilizar para reducir considerablemente el costo de la provisión de líneas T-1/E-1 de la central a las instalaciones del cliente. En la siguiente figura 3.1 se resumen los requisitos de usuario y las tecnologías, en el marco de la «sociedad de la información»:

Figura 3.1 – Relación entre los requisitos de usuario y las tecnologías



4 Sistemas DSL

Véase la descripción técnica simplificada de los sistemas DSL en el Anexo 2.

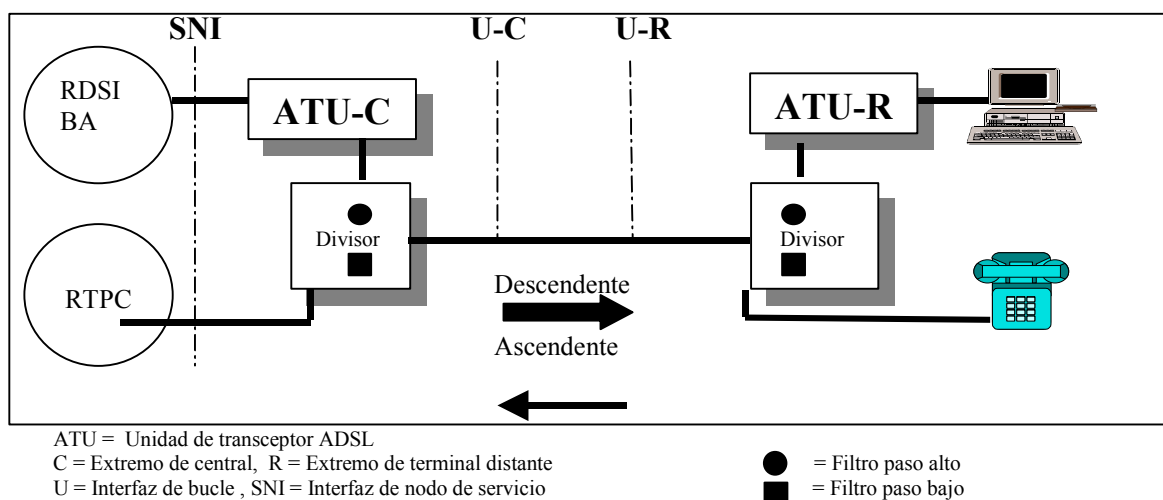
4.1 ADSL – Línea de abonado digital asimétrica

En el pasado, el ADSL concitó gran interés por ser el miembro de la familia que tenía las mejores perspectivas a corto plazo para proporcionar acceso de banda ancha a los mercados de oficina pequeña/en la vivienda (SOHO, *small office, home office*). Sin embargo, se ha reconocido recientemente que el ADSL podría ser la solución ideal para el mercado de redes de empresa y para el mercado de consumo en general.

Como su nombre lo indica, el ADSL asigna anchura de banda de forma asimétrica, es decir, se atribuye más anchura de banda a la transmisión «descendente» (tráfico del proveedor de servicio al abonado) que a la «ascendente» (tráfico del abonado al proveedor de servicio). El ADSL logra su estructura de anchura de banda asimétrica con cuatro clases de canales: canales símplex (unidireccionales) en la anchura de banda más alta, canales dúplex (bidireccionales) en la anchura de banda más baja, un canal de control dúplex, y un canal del servicio telefónico ordinario (POTS), que ocupa los 4 kHz de frecuencia más bajos en la línea. La transmisión que se produce en los canales símplex o dúplex no afecta al canal (POTS). Esta aptitud para proporcionar simultáneamente el servicio telefónico junto con servicios de datos y/o vídeo de banda ancha a través del mismo par de hilos de cobre es una de las ventajas fundamentales de la tecnología ADSL en comparación con otras tecnologías de acceso, como la RDSI. En la versión europea, incluso se proporciona el transporte simultáneo de la RDSI.

Además de estas especificaciones de anchura de banda normalizadas, el perfeccionamiento de microcircuitos de procesamiento de señalización digital (DSP) ha permitido que los módems ADSL alcancen velocidades aún mayores en los sentidos ascendente y descendente. Las velocidades más altas anunciadas hoy son 12 Mbit/s y 2 Mbit/s en los sentidos descendente y ascendente, respectivamente. Huelga decir que el ADSL permite muchas opciones de velocidad con una sola tecnología. Esto hace pensar que el ADSL es el miembro de la familia DSL que, en un futuro próximo, podrá ofrecer acceso de banda ancha barato para viviendas y oficinas.

Figura 4.1 – Configuración de ADSL



Como se indica en la figura 4.2, se consideran dos versiones del sistema:

- ADSL total con una frecuencia de corte de 1 104 kHz;
- ADSL Lite con una frecuencia de corte de 552 kHz.

La anchura de banda disponible del bucle de abonado está dividida en bandas de frecuencias para:

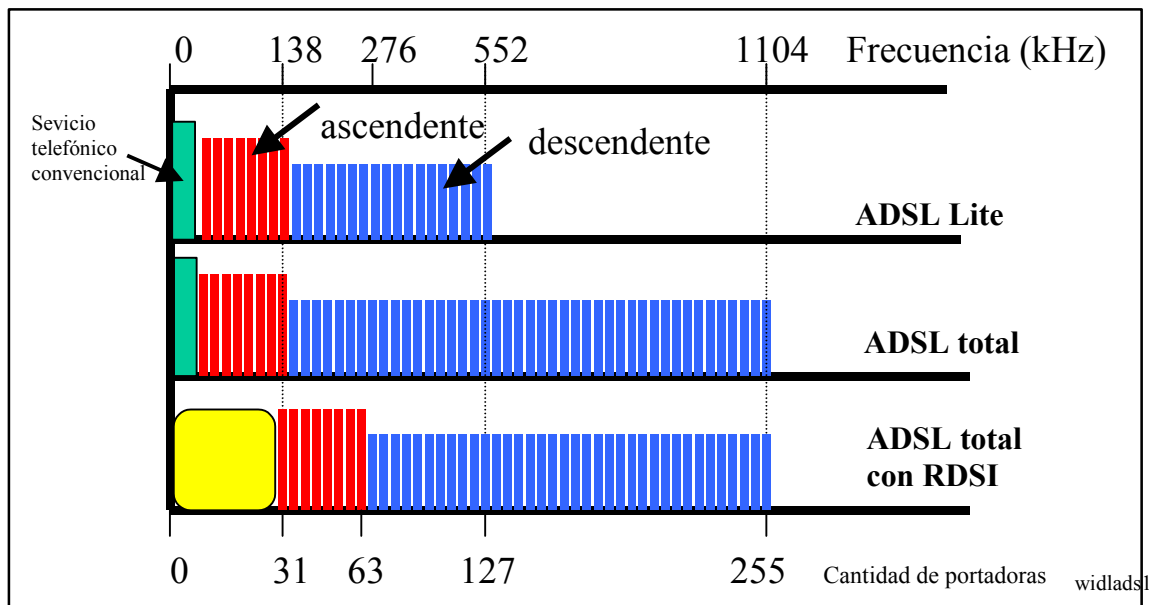
- telefonía convencional analógica o RDSI;
- las subportadoras en sentido ascendente (es decir, hacia el origen);
- las subportadoras en sentido descendente (es decir, hacia el destino).

Además las versiones ilustradas en la figura 4.2, ADSL Lite y ADSL total, pueden utilizar técnicas de compensación del eco, es decir, que la banda de frecuencias 4-138 kHz se utiliza tanto para las transmisiones ascendentes como descendentes.

La tecnología especificada para el ADSL se basa en la transmisión multitono discreto (DMT), es decir, la señal de línea consta de varias frecuencias paralelas que permiten obtener hasta 15 bits/s por cada Hz de anchura de banda. Algunas de las funciones del transceptor ADSL son:

- filtrado en transmisión y recepción, control automático de ganancia, conversión A/D y D/A;
- modulación/demodulación, codificación/decodificación y empaquetado/desempaquetado de bits;
- transformada rápida de Fourier y transformada rápida de Fourier inversa;
- compensación de eco adaptativa, igualación de canal autoadaptable, conversión símbolo/bit y recuperación de sincronización.

Figura 4.2 – Plan de frecuencias de ADSL



Se prevé que el ADSL Lite sustituirá a los módems de banda vocal para el acceso a Internet y será muy utilizado si se alcanzan los siguientes objetivos:

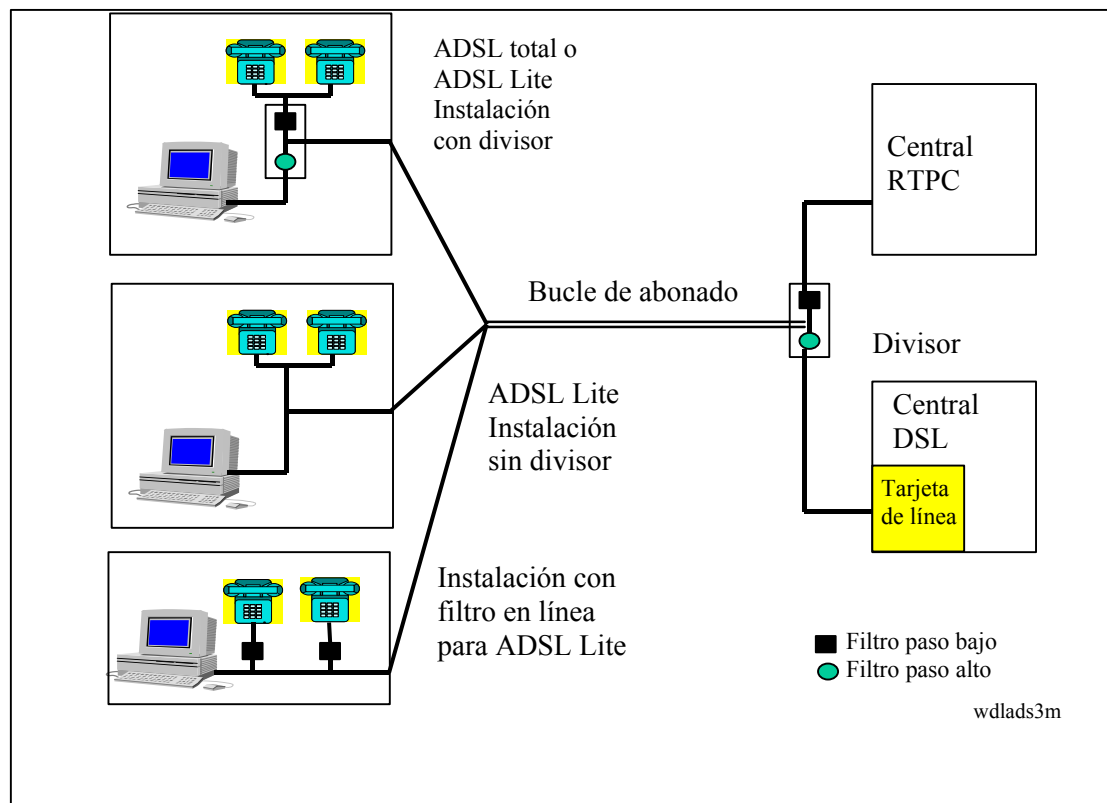
- fácil instalación para el usuario final, sin divisores y sin necesidad de personal de servicio;
- largas distancias de transmisión;
- velocidades de datos flexibles para los usuarios, de hasta 1,5 Mbit/s;
- interfuncionamiento y compatibilidad con el ADSL total.

Debe señalarse que la velocidad de datos de un extremo a otro (el caudal) depende de la calidad del bucle de abonado. El caudal se reducirá automáticamente en caso de deterioraciones.

Para satisfacer el requisito de facilidad de instalación, la instalación sin repetidores es una característica importante del ADSL Lite. Sin embargo, este sistema necesita en algunos casos, divisores o filtros adicionales para proteger los aparatos telefónicos, según se ilustra en la figura 4.3.

La tecnología de línea de abonado digital de velocidad autoadaptable (RADSL, *rate adaptive digital subscriber line*) es un subconjunto del ADSL, que ajusta automáticamente la velocidad de línea según una serie de pruebas iniciales que determinan la velocidad máxima posible en una línea dada. El T1 de la ANSI ha especificado la RADSL, pero la UIT no la incluye en sus Recomendaciones. Si hay muchas diferencias en la longitud del bucle local (distancia entre el abonado y la central), en el calibre del hilo y en el estado de la línea, es difícil determinar qué velocidades hay que utilizar en cada línea. Las condiciones fluctuantes, como el tiempo imperante, también influyen en el caudal máximo posible en una línea dada. Como la RADSL se ajusta a la velocidad máxima disponible en una línea determinada, se evita una parte importante del trabajo necesario para la provisión de sistemas ADSL. No obstante, los sistemas RADSL no se han utilizado mucho hasta ahora.

Figura 4.3 – Ejemplos de instalación de ADSL Lite



4.2 HDSL – Línea de abonado digital de alta velocidad binaria

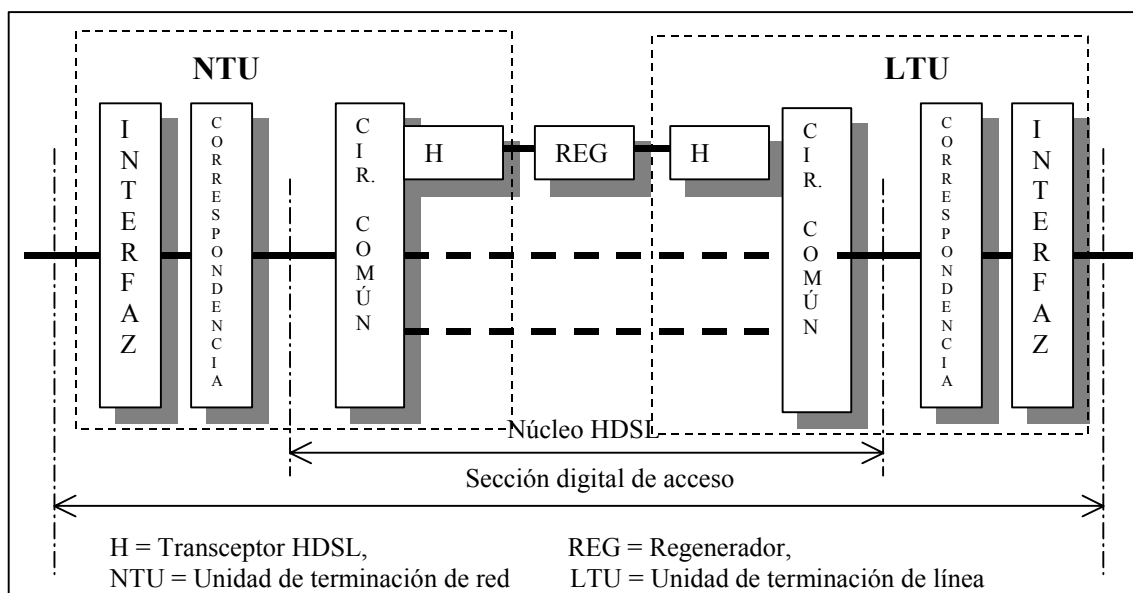
La línea de abonado digital de alta velocidad binaria (HDSL) es la tecnología DSL más ampliamente instalada y está en el mercado desde hace varios años. La HDSL utiliza dos o tres pares de cobre trenzados. La mayoría de las aplicaciones HDSL proporcionan 1,5 Mbit/s o 2 Mbit/s de anchura de banda simétrica hasta 3000 metros de la central. Estas velocidades satisfacen las normas T-1 y E-1 respectivamente y, por consiguiente, las aplicaciones más importante de este sistema hasta la fecha han sido la provisión de líneas arrendadas T-1/E-1 en zonas con alta densidad de clientes comerciales (parques de oficinas) y la instalación de la central de otro proveedor en el mismo edificio de la central del proveedor principal (centrales co-ubicadas).

Los sistemas HDSL pueden funcionar en diferentes modos:

- los sistemas HDSL a 1 544 en modo dúplex doble funcionan en dos pares de hilos, cada uno de los cuales transporta una cabida útil de 768 kbit/s y un canal de operaciones intercalado (EOC) en ambos sentidos. Los sistemas HDSL a 2 048 funcionan en tres pares que transmiten 784 kbit/s cada uno, o en dos pares que transmiten 1 168 kbit/s cada uno;
- los sistemas en modo dúplex simple funcionan en un solo par que transmite 2 320 kbit/s utilizando transmisiones híbridas con eco compensado, pero este modo será sustituido por el sistema SHDSL;
- los sistemas en modo simplex doble utilizan dos pares, uno que transporta la totalidad de la cabida útil en un sentido, y el otro, la totalidad de la cabida útil en el sentido opuesto. Debido a la amplitud del espectro, la calidad de funcionamiento resultante es inferior a la del modo dúplex doble.

Normalmente, la transmisión híbrida con eco compensado utiliza códigos de línea 2B1Q.

Figura 4.4 – Configuración de HDSL



El sistema HDSL ha despertado interés en el ámbito de las líneas T1/E-1 porque reduce considerablemente el costo de la instalación tradicional, dado que no necesita repetidores, acondicionamiento del bucle ni selección del par. Hay una base instalada relativamente grande de tecnología HDSL para esta aplicación y, en cierta medida, gracias a ella han disminuido sustancialmente los costos de las líneas arrendadas en los últimos años. Es probable que la SHDSL, que requiere un solo par de hilos de cobre para la transmisión, se imponga como la mejor solución.

4.3 SHDSL – DSL de alta velocidad binaria de un solo par

La línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par (SHDSL) se utiliza para el transporte de datos en las redes de acceso de telecomunicaciones. Los transceptores SHDSL están diseñados principalmente para el funcionamiento dúplex por pares metálicos trenzados de 2 hilos con calibre mixto. El funcionamiento con 4 hilos es posible para aplicaciones de mayor alcance, y también se especifican con carácter opcional regeneradores de señales para el funcionamiento en dos pares y en un solo par. Los transceptores SHDSL soportan velocidades de datos de usuario simétricas seleccionadas en la gama de 192 kbit/s a 2304 kbit/s y utilizan el código de línea con modulación de amplitud de impulsos con codificación reticular (TC-PAM), en distancias desde 1,8 hasta 6,5 km. Para bucles más largos, entornos con más ruido o necesidades del servicio, se pueden adoptar velocidades de datos de $n \times 128$ kbit/s. Están diseñados para ser compatibles desde el punto de vista espectral con otras tecnologías de transmisión desplegadas en la red de acceso, incluidas otras tecnologías DSL. Los transceptores SHDSL no admiten la utilización de tecnologías analógicas de división para la coexistencia con la telefonía convencional o la RDSI. Se han especificado los requisitos regionales, que incluyen las diferencias operacionales y los requisitos de calidad de funcionamiento, así como los requisitos de los regeneradores de señales. La tecnología SHDSL proporciona la misma anchura de banda en sentido ascendente y descendente. La mayor parte de las tecnologías que se utilizan hoy en día para la transmisión por redes de zona extensa son simétricas (por ejemplo, TDM, retransmisión de tramas, etc.). Por lo tanto, se puede utilizar como esquema de transmisión subyacente para tecnologías y servicios de red tradicionales.

El servicio de retransmisión de trama o una línea arrendada se puede ofrecer con un solo par de hilos telefónicos (no necesitan varios hilos ni cables de fibra óptica). Esto puede reducir apreciablemente el costo de prestación de los servicios existentes para la demanda actual de estas aplicaciones. En el caso de la retransmisión de tramas, se prevé que la demanda seguirá aumentando en los próximos años.

El esquema de transmisión simétrica de la SHDSL también está optimizado para algunas aplicaciones nuevas. Las aplicaciones isócronas, como la videoconferencia, tienen los mismos requisitos de anchura de banda en sentido ascendente y descendente. Asimismo, la tecnología SHDSL es adecuada para un modelo Internet de par a par en el que los sitios web están sumamente distribuidos (por ejemplo, un sitio web en cada vivienda). Tal vez un día todos tendremos un sitio web propio, pero las tendencias actuales indican que éstos están alojados en servidores centralizados, con lo que se preserva el modelo de tráfico asimétrico. En lo tocante a la videoconferencia, aunque existen muchas razones económicas que la justifican, no está demostrado que esta aplicación será una forma importante de comunicaciones personales a corto plazo.

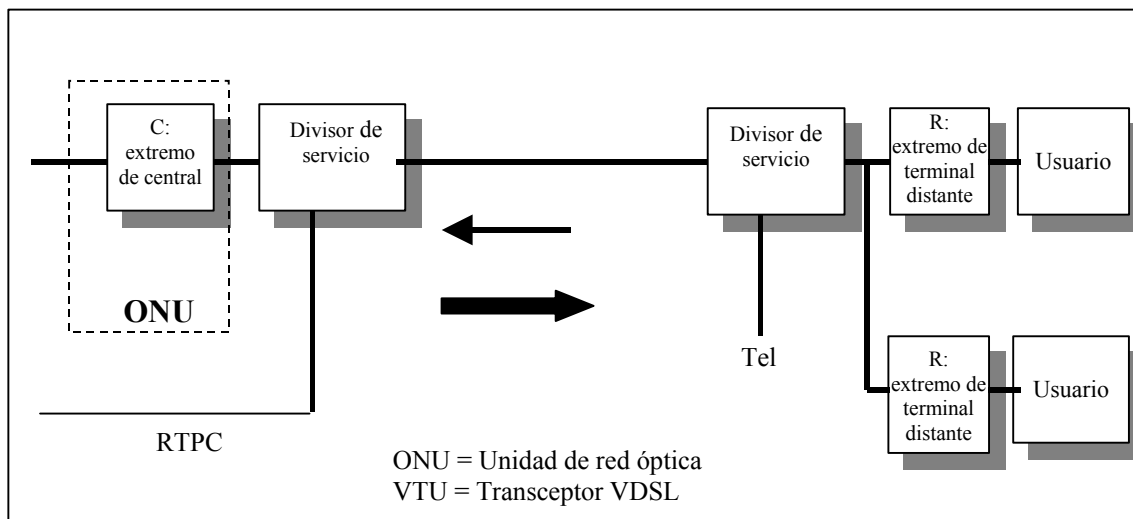
4.4 VDSL – Línea de abonado digital de muy alta velocidad

La línea de abonado digital de muy alta velocidad (VDSL) se puede utilizar con un amplio espectro de velocidades de transmisión, que van de 2 Mbit/s a 51 Mbit/s, para distancias de unos pocos kilómetros a unos cientos de metros. La VDSL puede utilizarse simétrica y asimétricamente, pero se diferencia de la ADSL porque está diseñada para velocidades de transmisión muy superiores (de 30 a 51 Mbit/s) con distancias extremadamente reducidas (1500 a 300 m). Por eso, algunos consideran que la VDSL es una tecnología mucho más futurista que otras tecnologías DSL, y que será utilizada únicamente cuando las aplicaciones empiecen a exigir este tipo de anchura de banda y se instalen las tecnologías de fibra hasta la acometida (FTTC). Por otro lado, las graves limitaciones de distancia de la VDSL sólo permiten utilizarla en los entornos más densos. Pese a estas desventajas, hay situaciones en las cuales se puede justificar su

instalación. En los entornos de acceso densos, como los grandes edificios de oficinas o parques de empresas que por lo general tienen una central en los locales o muy cerca de éstos, la VDSL se puede aplicar para ofrecer acceso integrado barato, o conectividad LAN-LAN por una red de banda ancha, como ATM, SONET o SDH.

La VDSL sólo se utiliza para el enlace entre el armario y los locales del cliente, y por esta razón necesita una arquitectura fibra a nodo con una unidad de red óptica ubicada en la red de acceso metálica existente (o en la central local) para el transporte de los datos de banda ancha entre la central y el armario. Esta arquitectura es válida para las opciones de alcance corto y largo para la conexión de fibra óptica VDSL, según se ilustra en la figura 4.5.

Figura 4.5 – Configuración de VDSL



4.5 RDSI

Se puede utilizar la tecnología RDSI para los servicios de línea de abonado digital (DSL) con dúplex y transmisión independiente de la secuencia de bits de 2 canales B (2×64 kbit/s) y un canal D (16 kbit/s). La carga útil de 2B+D a 144 kbit/s se incrementa con tara de información sobre temporización de los bits, temporización de los octetos y alineación de tramas. También se necesita tara de información (C) sobre activación, desactivación, operación y mantenimiento.

La transmisión se realiza por pares de cobre trenzados sin bobinas de carga y con un uso limitado de derivaciones puenteadas. Los métodos de transmisión son: compensación de eco (ECH), es decir, de transmisión/recepción simultáneas, y múltiplex con compresión en el tiempo (TCM), es decir, transmisión y recepción alternadas.

En UIT-T G.961 se describen los sistemas de línea de abonado digital (DSL), con diferentes códigos de línea, tramas, tara de información y métodos de transmisión. Los códigos de línea típicos se indican a continuación:

MMS43	Código de estado de supervisión modificado que hace corresponder 4 bits con 3 símbolos ternarios (transmisión ECH). Velocidad de símbolos = 120 kbaudios, velocidad binaria = 160 kbit/s (C = 1 kbit/s)
2B1Q	2 bits transportados por 1 símbolo cuaternario (transmisión ECH). Velocidad de símbolos = 80 kbaudios, velocidad binaria = 160 kbit/s (C = 4 kbit/s)
AMI	Inversión de marcas alternadas, un UNO binario estará representado alternativamente por un impulso positivo o negativo (transmisión TMC). Velocidad de símbolos = 320 kbaudios, velocidad binaria = 150,8 kbit/s (C = 3,2 kbit/s)
SU32	3B2T de sustitución. Cada triplete binario se convierte en un duplete ternario (transmisión ECH). Velocidad de símbolos = 108 kbaudios, velocidad binaria = 432 kbit/s (C = 5,33 kbit/s)

5 Recomendaciones y normas DSL

Como es el caso de muchas tecnologías de capa física, un número considerable de organismos de normalización están trabajando activamente en la creación de recomendaciones y normas para DSL. Entre estas organizaciones están: UIT-D, ANSI, ETSI, IETF, Foro ATM, Foro DSL (antiguo Foro ADSL), AIT y DAVIC. Dichas organizaciones están creando especificaciones de interfuncionamiento que abarcan los sistemas de banda ancha residenciales de extremo a extremo. Mientras que el Foro ATM se dedica sólo a ATM por ADSL, SHDSL y VDSL, las demás organizaciones, por ejemplo IETF, también elaboran especificaciones para los sistemas IP/modo paquetes y el modo sincronización de bit a través de los sistemas de extremo ADSL y VDSL.

El estudio de la tecnología DSL comenzó en 1993 cuando ANSI TIE1.4 utilizó la tecnología DMT (*discrete multitone*) como el soporte de normas ADSL. Se realizó también un trabajo en cooperación con ETSI para tratar exigencias propias de Europa.

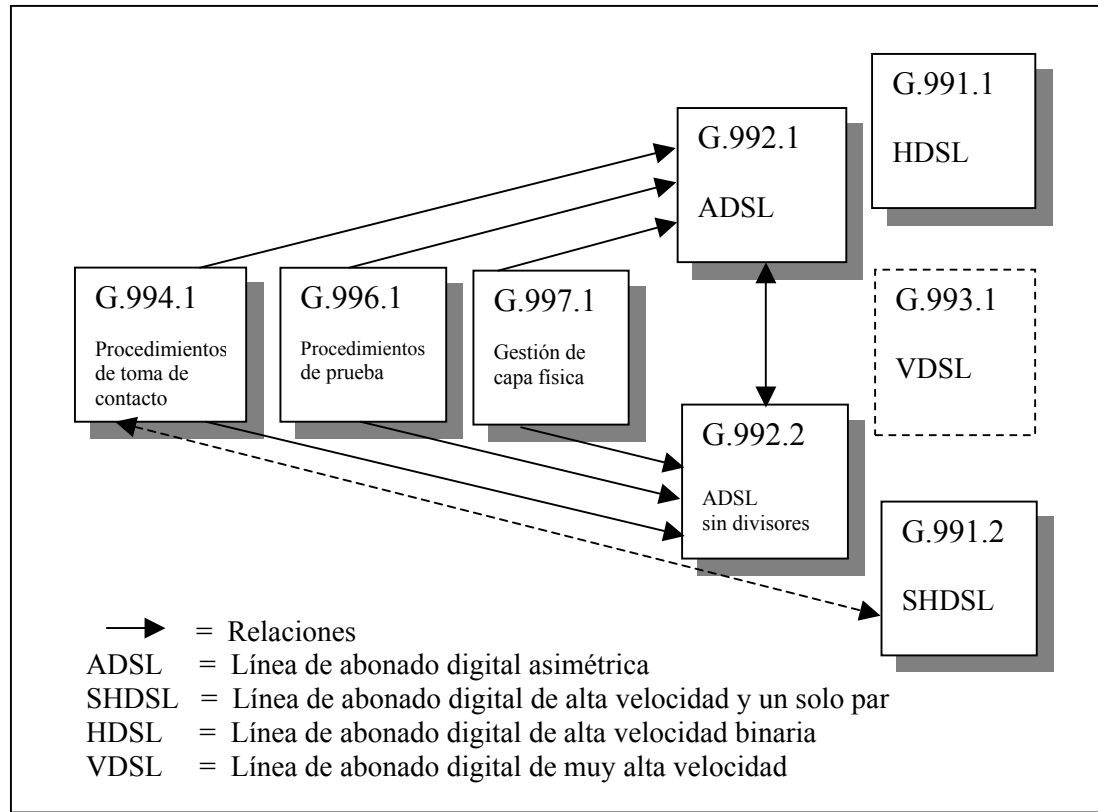
5.1 Recomendaciones de la UIT

Durante el periodo de estudio de 1996-2000 se le asignó a la Comisión de Estudio 15 del UIT-T una nueva Cuestión 4/15 «Transporte por la red de acceso». En el marco de esta Cuestión se estipula la normalización internacional de los DCE que proporcionan servicios de acceso digital a alta velocidad, con inclusión de técnicas y procedimientos de modulación, por ejemplo para HDSL, ADSL y VDSL. Si bien en 1997 la Comisión de Estudio 15 inició los trabajos básicos sobre DSL, la Comisión de Estudio 13, que está encargada de desarrollar el concepto arquitectónico general denominado GII, también tomó disposiciones en lo tocante a los escenarios metodológicos, entre los cuales figuran los sistemas DSL.

En 1997 el UIT-T comenzó a definir una serie de Recomendaciones para los sistemas de transmisión DSL y en la actualidad (año 2000) ADSL y SHDSL son apreciados por el mundo de las telecomunicaciones. La Comisión de Estudio 15 ha elaborado Recomendaciones sobre funciones, gestión, toma de contacto y principios de pruebas para ADSL, HDSL y SHDSL, y está preparando Recomendaciones sobre sistemas VDSL. Un estudio de las Recomendaciones del UIT-T de la serie G.99x pone de manifiesto la complejidad de los sistemas DSL (¡se necesitan unas 1 000 páginas para definir estos sistemas!).

La figura 5.1 muestra la relación entre las distintas Recomendaciones sobre DSL.

Figura 5.1 – Visión de conjunto de las Recomendaciones



Por el momento se consideran las Recomendaciones indicadas en la figura 5.2.

Figura 5.2 – Lista de las Recomendaciones de la UIT relativas a la DSL

- G.991.1 Transceptores de línea digital de abonado de alta velocidad binaria (HDSL)
- G.991.2 Transceptores de línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par (SHDSL) (otro término: DSL de alta velocidad binaria de un solo par = SHDSL)
- G.992.1 Transceptores de línea de abonado digital asimétrica (ADSL)
- G.992.2 Transceptores para línea de abonado digital asimétrica sin divisor (otro término: ADSL Lite)
- G.993.1 Transceptores de línea de abonado digital de muy alta velocidad (VDSL)
- G.994.1 Procedimientos de toma de contacto para transceptores de línea de abonado digital (DSL)
- G.995.1 Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre líneas de abonado digitales (DSL)
- G.996.1 Procedimientos de prueba para transceptores de líneas de abonado digitales (DSL)
- G.997.1 Gestión de capa física para transceptores de línea de abonado digital (DSL)

La Comisión de Estudio 13, en el marco del nuevo concepto arquitectónico de la Estructura Mundial de la Información (GII, *global information infrastructure*) ha elaborado varias Recomendaciones generales; en particular, el Anexo A a la Recomendación Y.120 proporciona un número de escenarios que incluyen la tecnología DSL. Se están realizando trabajos para responder a las nuevas exigencias de la red de acceso. Véase la Cuestión 4/15 confiada al Grupo de Trabajo 1 de la Comisión de Estudio (<http://ties.itu.int/u/tsg15/wp1/94>).

Este libro trata de explicar aspectos técnicos de la DSL con referencia a las principales normas establecidas por el UIT-T y otros foros pertinentes. También se tratan allí aplicaciones y servicios relacionados con la utilización de la DSL. En este informe se considera tanto el desarrollo técnico como el desarrollo del mercado de la DSL. Sería muy conveniente que este informe incluyera análisis de costo/beneficio, pero es posible que no se obtuviera el material pertinente.

En la figura 5.2 y el anexo 1 se presenta una visión de conjunto de las normas sobre la DSL establecidas por la UIT y de sus interacciones.

La labor de la CE 15 gira en torno a las propuestas de Recomendaciones sobre ADSL y HDSL sobre la base de la norma T1.413 de ANSI y la Edición 3 de ETR152 de ETSI, respectivamente, a las cuales se hace referencia según proceda. Por otro lado, los trabajos sobre otros aspectos de esas Recomendaciones también versarán sobre: 1) Apoyo de los protocolos de alto nivel y las interfaces asociadas tales como ATM, USB, «Firewire», IP por Ethernet; 2) Cuestiones relativas al divisor de los sistemas telefónicos tradicionales internacionales/mundiales; 3) Modelado de red y métodos de prueba normalizados; 4) Compresión de datos; 5) Base de información sobre gestión de red y, por último, definición de una interfaz lógica que se podría establecer con carácter facultativo.

5.2 ETSI

El ETSI, Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones, con sede en Sofía Antípolis, Francia, se dedica desde su fundación al establecimiento de especificaciones y normas de transmisión en el marco del Comité Técnico TM. Desde 1992, el TM3 y más tarde el TM6 han formulado especificaciones para los sistemas de transmisión de acceso por líneas metálicas.

El TM6 ha elaborado una serie de especificaciones para el funcionamiento de la HDSL en 3, 2 y un solo par con y sin transporte simultáneo de RDSI. Una parte de esas normas está incluida en la Recomendación UIT-T G.991.1.

En lo que respecta a la ADSL, el TM6 ha redactado un anexo a la norma ANSI T1.413, en el cual se estipulan los requisitos europeos; dicho anexo también ha pasado a formar parte de la Recomendación G.991.2.

En cuanto a la VDSL y la SDSL, el TM6 terminó (mayo de 2000) las especificaciones sobre los requisitos funcionales y de transmisión. Después de su aprobación oficial por ETSI, esas especificaciones se publicarán y podrían actualizarse en el contexto de trabajos ulteriores. El T1E1.4 de ANSI y la CE 15 del UIT-T han mantenido relaciones de colaboración muy estrechas durante la evolución de sus trabajos.

Por último, el TM6 realiza trabajos sobre gestión espectral, con miras a especificar la compatibilidad de los diferentes sistemas DSL que diferentes operadores pueden instalar en el mismo cable.

Las especificaciones técnicas de ETSI para Transmisión y Multiplexación (TM) relacionadas con la DSL son las siguientes:

- ISDN BA: TS 102080

Integrated Services Digital Network (ISDN) basic rate acces: digital transmission system on metallic local lines.

- HDSL: TS 101135

High bit-rate Digital Subscriber Line (HDSL) transmission systems on metallic local lines; HDSL core specification and applications for combined ISDN-BA and 2048 kbit/s transmission.

- SDSL: TS 101524

Access transmission system on metallic access cables: Symmetrical single-pair high bit rate Digital Subscriber Line (SDSL), part 1: Functional Requirements, part 2: Transceiver Requirements.

- ADSL: TS 101388

Access transmission system on metallic access cables: Asymmetrical Digital Subscriber Line (ADSL) – Coexistence of ADSL and ISDN-BA on the same pair.

- VDSL: TS 101270

Access transmission system on metallic access cables: Very high speed Digital Subscriber Line (VDSL), part 1: Functional Requirements, part 2: Transceiver Specification.

5.3 ANSI

La labor del Comité T1 sobre normas DSL ha tenido como resultado las siguientes normas aprobadas:

- T1.601 – Línea RDSI a velocidad básica (base para la Recomendación G.961)
- T1.605 – Interfaz RDSI-T a velocidad básica (base para la Recomendación G.960)
- T1.413 – ADSL total (base para la Recomendación G.992.1)
- T1.418 – HDSL a 21,5 Mbit/s simétrica (base para la Recomendación G.shdsl)
- T1.419 – Relacionada con la Recomendación G.992.2.

Trabajos sobre nuevas normas DSL:

- En 1997 el T1E1.4 inició su labor sobre un proyecto de norma ANSI sobre gestión del espectro, con el fin de establecer especificaciones técnicas genéricas para sistemas DSL capaces de coexistir en el mismo cable de una manera segura. El primer proyecto sobre gestión del espectro conducirá a una norma voluntaria (coordinación con el T1E1 y el TM6 de ETSI).
- VDSL (T1E1.4 con la UIT y con el TM6 de ETSI).
- DSL simétrica (T1E1.4 con la UIT y con el TM6 de ETSI).
- HDSL2 (T1E1.4).
- Microfiltro (T1E1.4).
- Divisor de compartición de línea para unidades centrales (T1E1.4).
- Pruebas de módem ADSL (TR30.3, T1E1.4).
- Voz por DSL (Foro DSL, Foro ATM).
- Interfuncionamiento ADSL (Foro DSL).
- Calidad de funcionamiento mejorada de la ADSL (UIT, T1E1.4).

5.4 Foro DSL

El Foro DSL es un consorcio de más de 400 empresas importantes del sector con actividades en telecomunicaciones, equipos, informática, redes y provisión del servicio. El Foro, que fue creado en 1994, sigue trabajando en la creación de un mercado de masa para sistemas DSL, para ofrecer las ventajas de esta tecnología al usuario final en todo el mundo con las actuales infraestructuras telefónicas de hilos de cobre.

En seis años de existencia el Foro DSL se ha esforzado en definir esta tecnología en evolución, informar a los organismos internacionales de normalización y definir los procesos más eficaces para la instalación y la utilización de sistemas DSL. El Foro estudia todas las tecnologías de línea de abonado digital desarrolladas para ofrecer servicios de banda ancha en todas partes, para una gran diversidad de situaciones y aplicaciones que seguirán transformando nuestro quehacer cotidiano en un mundo en línea.

La Comisión Técnica y la Comisión de Marketing del Foro DSL identifican rápidamente los procedimientos más apropiados y garantizan las condiciones de autoconfiguración, provisión del servicio en continuidad y otras condiciones que son importantes para la instalación de una tecnología DSL con capacidad de desarrollo, global y con un mercado de masa. Estos Grupos de Trabajo se reúnen cada tres meses durante una semana, presentan contribuciones y controlan continuamente el trabajo mediante informes técnicos formales preparados a partir de contribuciones y «textos de trabajo». Actualmente (agosto de 2001), los Grupos de Trabajo son:

Figura 5.3 – Grupos de trabajo del Foro sobre DSL

Grupos de Trabajo técnicos	Grupos de Trabajo de marketing
Arquitectura y transporte	Programa Ambassador
Autoconfiguración	Consejo de instalación
Nuevas tecnologías DSL	Mindshare
Gestión de operaciones y de la red	Cumbres y prácticas más apropiadas
Pruebas e interoperabilidad	Ferias comerciales
Voz por DSL (VoDSL)	Relaciones públicas
	Web
	Comercio electrónico
	SHDSL

El Plan de Acción fundamental del Foro DSL para el desarrollo de un mercado de masa global ha recibido un apoyo decidido y contribuciones de toda la industria, con más de 400 miembros.

Todos los miembros contribuyen al trabajo del Foro, desarrollando y poniendo en práctica las tecnologías. Participan en distintos Grupos de Trabajo técnicos y de marketing, compartiendo conocimientos, experiencia y competencias para definir protocolos, procesos y recomendaciones comunes para los organismos de normalización y otros organismos relacionados.

Las reuniones de este Foro estimulan los intercambios de conocimientos y apoyan los procedimientos más apropiados entre los miembros, para que la tecnología DSL sea la primera opción en servicios de banda ancha en todo el mundo.

El Foro continúa desarrollando procesos esenciales y eficaces para ofrecer el servicio DSL, para permitir un acceso más rápido y más económico a la tecnología DSL en un mercado de masa.

Consúltese el sitio www.dslforum.org para más información sobre el Foro DSL, su trabajo, sus miembros y su programa de reuniones.

5.5 DAVIC y el Foro ATM

El Foro ATM, creado a finales de 1991, tiene dos grupos de trabajo que se ocupan de las especificaciones ADSL. El grupo de trabajo de capa física (PHY) abarca todas las subcapas que dependen del medio físico (PMD) y subcapas de convergencia de transmisión (TC) para ATM. Si bien el Foro ATM tiene que trabajar aún sobre una subcapa dependiente del medio físico, ADSL o VDSL, se han obtenido contribuciones sobre aspectos de la capa de convergencia de transmisión para ADSL y VDSL. Los aspectos del sistema de extremo a extremo para ATM por ADSL y VDSL se estudian en el grupo de trabajo sobre banda ancha residencial (RBB, *residential broadband*). Este grupo se reúne conjuntamente con el grupo de trabajo PHY sobre asuntos de capa física de ADSL y VDSL y están intercambiando declaraciones de coordinación con casi todas las otras organizaciones mencionadas en esta sección. El grupo RBB ha solicitado recientemente al Foro ADSL la celebración de una sesión de trabajo conjunta para estudiar más a fondo la especificación del Foro ADSL para ATM por ADSL y posteriormente ATM por VDSL.

El Consejo audiovisual digital (DAVIC) está considerando la publicación de una especificación de correspondencia entre ADSL y ATM como parte de DAVIC 1.2. Esta especificación incluye la definición de una capa de convergencia de transmisión (TC) ATM para ADSL. La especificación DAVIC hará referencia al documento del Foro ADSL si es posible.

Otras organizaciones que trabajan en temas conexos: IEEE P.1007, TIA TR41.5 (especificación para una pasarela de red), e IEEE 802.14 (para VDSL).

5.6 IETF

El Grupo Especial de Ingeniería de Internet (IETF, *Internet Engineering Task Force*) es una gran comunidad internacional abierta formada por diseñadores, operadores, vendedores e investigadores interesados en la evolución de la arquitectura de Internet y en un funcionamiento de la Internet sin contratiempos.

El trabajo técnico propiamente dicho del IETF se efectúa en sus grupos de trabajo, que se organizan por temas en varios sectores; gran parte del trabajo se trata mediante listas de correo y se celebran tres reuniones todos los años. El grupo de trabajo ADSLMIB se ocupa de la definición de la Base de Información de Gestión (MIB, *management information base*). Además, este grupo de trabajo definirá un conjunto de objetos gestionados que habrán de ser utilizados para la gestión de la VDSL y la SHDSL dentro del marco de gestión del Protocolo de Gestión de Red Simple (SNMP, *simple network management protocol*).

6 El aspecto comercial de la tecnología DSL

Es importante considerar varios factores para justificar comercialmente la instalación de la tecnología DSL. En particular, para el mercado de banda ancha residencial, el aspecto comercial para instalar el sistema ADSL tiene en consideración lo siguiente:

- La generación de nuevos ingresos de servicios de valor añadido tales como acceso a Internet y vídeo a la carta. Dada la regresión del mercado del servicio telefónico ordinario, donde la competencia de precios es alta y la amenaza de servicios alternativos tales como el de voz a través de Internet está aumentando, el sistema ADSL proporciona a los proveedores de servicio la opción de escoger lo

mejor ofreciendo servicios residenciales de banda ancha, con precios y márgenes de beneficios más elevados.

- Costos de instalación/elevación de nivel de la infraestructura. Al utilizar el par de hilos de cobre trenzados existente y no requerir adaptadores de terminales ni soporte lógico especial de cliente, para la provisión del servicio, sólo se requiere la instalación de dos módems de ADSL por línea de abonado.
- Opciones para instalación progresiva. La instalación del sistema ADSL no requiere que grupos de abonados sean habilitados al mismo tiempo, ni tampoco es necesario elevar el nivel de un conmutador entero. Cada una de las líneas de abonado puede ser preparada independientemente para que funcione con la tecnología ADSL.
- Facilidad de evolución. Si en una determinada instalación de abonado fuera necesario disponer de servicios de mayor velocidad, se puede reemplazar el equipo ADSL por equipo VDSL (y quizás un tramo de fibra óptica más largo). El equipo ADSL se puede utilizar también en otra instalación de abonado.
- Mejoras en cuanto al tiempo de provisión del servicio. Las instalaciones del sistema ADSL son casi siempre utilizables directamente (*plug and play*) comparadas con otras infraestructuras para los servicios de banda ancha residenciales.
- Mejoras de los «tiempos de inactividad» de la red. Las llamadas de Internet inmovilizan los recursos de red durante horas. La red del servicio telefónico ordinario, diseñado inicialmente para comunicaciones telefónicas de una duración media de algunos minutos, está soportando una carga muy alta. El sistema ADSL permite a las compañías telefónicas liberar estos recursos, encaminando las llamadas ADSL en la central a una red de datos auxiliar de alta velocidad.
- Mejoras en los puertos de conmutación de red y en la utilización del bucle. Los trabajadores de pequeñas oficinas/oficina en su vivienda pueden reemplazar su instalación de dos a cuatro líneas (una línea para llamadas telefónicas de oficina, otra para comunicaciones facsímil de oficina, otras para comunicaciones Internet/Intranet, y otra para llamadas personales) por una línea de servicio ADSL.
- La integración de servicios es posible con un nodo de acceso desplegado en las instalaciones del cliente que contienen un Dispositivo de Acceso integrado (IAD, *integrated access device*) que puede entregar simultáneamente servicios vocales de conmutación de clase 5, servicios vocales de paquetes, y servicios de datos (vía puertos LAN) a través de un solo enlace WAN. Los Dispositivos de Acceso integrados (IAD) se crearon para responder a las necesidades de Empresarios de Centrales Locales Competitivas (CLEC, *competitive local exchange carriers*) y otros proveedores de servicio que tienen que reaccionar al alto costo de la coubicación de equipos y al arrendamiento de líneas de empresas de telecomunicación locales. Los IAD proporcionan una plataforma común que permite a los proveedores de servicio entregar voz y datos a través de una sola red de acceso, con lo que se reduce el costo de los equipos coubicados en la oficina central (CO) de telecomunicaciones y se da a los proveedores de servicio la posibilidad de arrendar un menor número de líneas de transporte. Dicho sea de una manera sencilla, los IAD permiten a los proveedores de servicio desplegar de manera efectiva servicios gestionados de la siguiente generación para responder a las crecientes necesidades de los negocios pequeños y medianos a través de un solo enlace de alta velocidad.
- Voz por DSL basada en IADs y sin necesidad de divisores. Este servicio ofrecerá interés para las Empresas Pequeñas y Medianas (SME, *small medium enterprises*), clientes comerciales de mayor importancia y usuarios de pequeñas oficinas/oficina en la vivienda (SOHO, *small office and home office*), porque permite combinaciones de servicios más complejas a un costo razonable.

Podrían ser típicas las siguientes combinaciones de servicios:

- Para SME: 8 líneas de voz, LAN y videoconferencia.

- Para SOHO: dos líneas de voz, facsímil e Internet de alta velocidad
- Para grandes empresas: 4 líneas RDSI para facsímil y voz, LAN para compañías e Internet.

Todo esto puede conseguirse sin instalar líneas de cobre adicionales, y mantiene al mínimo el número de componentes la cantidad de trabajo realizado en la gestión del sistema. Además, Voz por DSL puede llegar a ser la puesta en juego inicial que la DSL necesita para penetrar en el mercado de masa. La VoDSL proporciona a los nuevos operadores la oportunidad de competir con los PTT convencionales, en el mercado de los servicios vocales, sin que tengan que renunciar a márgenes de ganancia ni a la calidad de la voz.

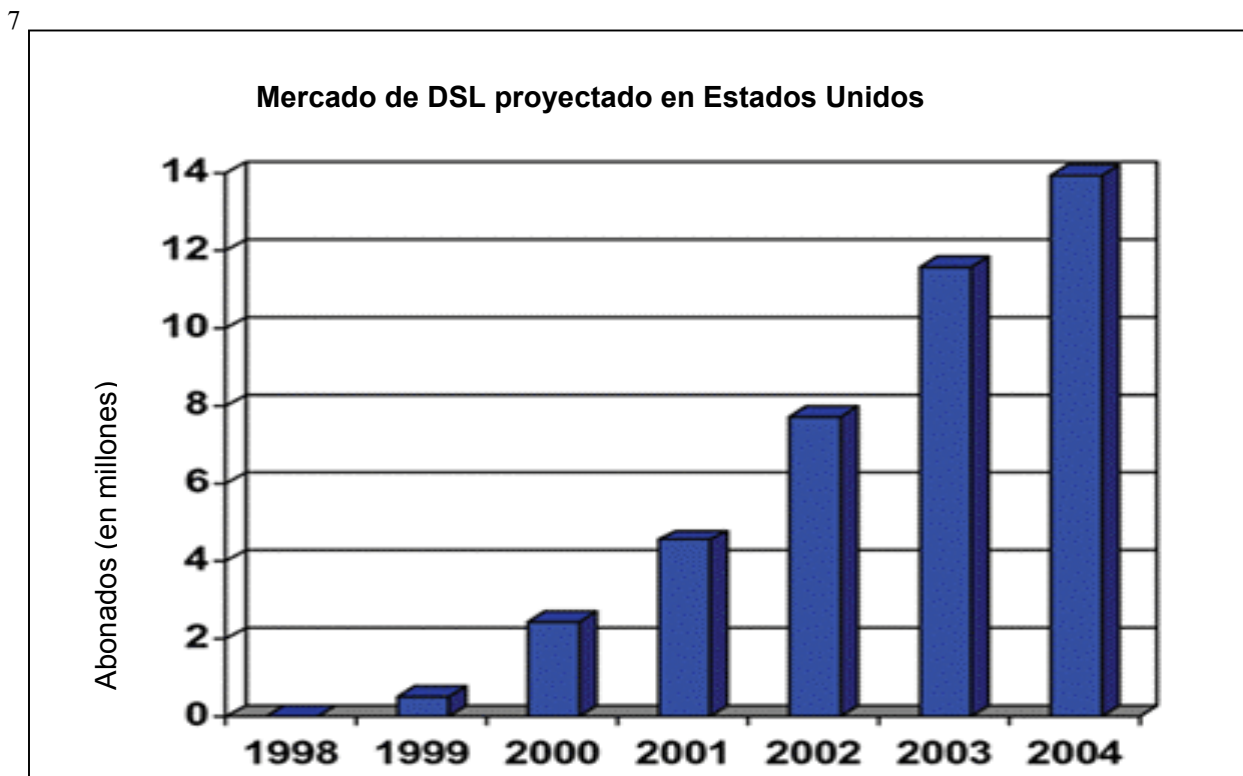
- Eficiente utilización de la anchura de banda con la SHDSL. La SHDSL comprime la cantidad máxima de anchura de banda para extraerla del bucle local y proporciona virtualmente el mismo caudal en el sentido de transmisión hacia el origen que en el sentido hacia el destino. También se ha demostrado que la SHDSL tiene un mejor alcance, aproximadamente en un 20%, que otros tipos de DSL. Un número variable de canales vocales pueden coexistir con canales de datos. El número de canales vocales puede modificarse para que esté en consonancia con la demanda de tráfico.

Con estos numerosos factores que contribuyen a despertar un interés comercial, se presenciará una intensa contienda de mercado desde la perspectiva de los usuarios finales y de los proveedores de servicio en lo que respecta al sistema ADS. El mercado de la DSL, visto en marzo de 2001, está creciendo rápidamente:

- se utilizaron unos 3 millones de líneas en Estados Unidos de América;
- se utilizaron unas 600 000 líneas en Canadá;
- se instalaron más de 3 millones de líneas en Corea;
- se instalaron más de 1,5 millones de líneas en Europa.

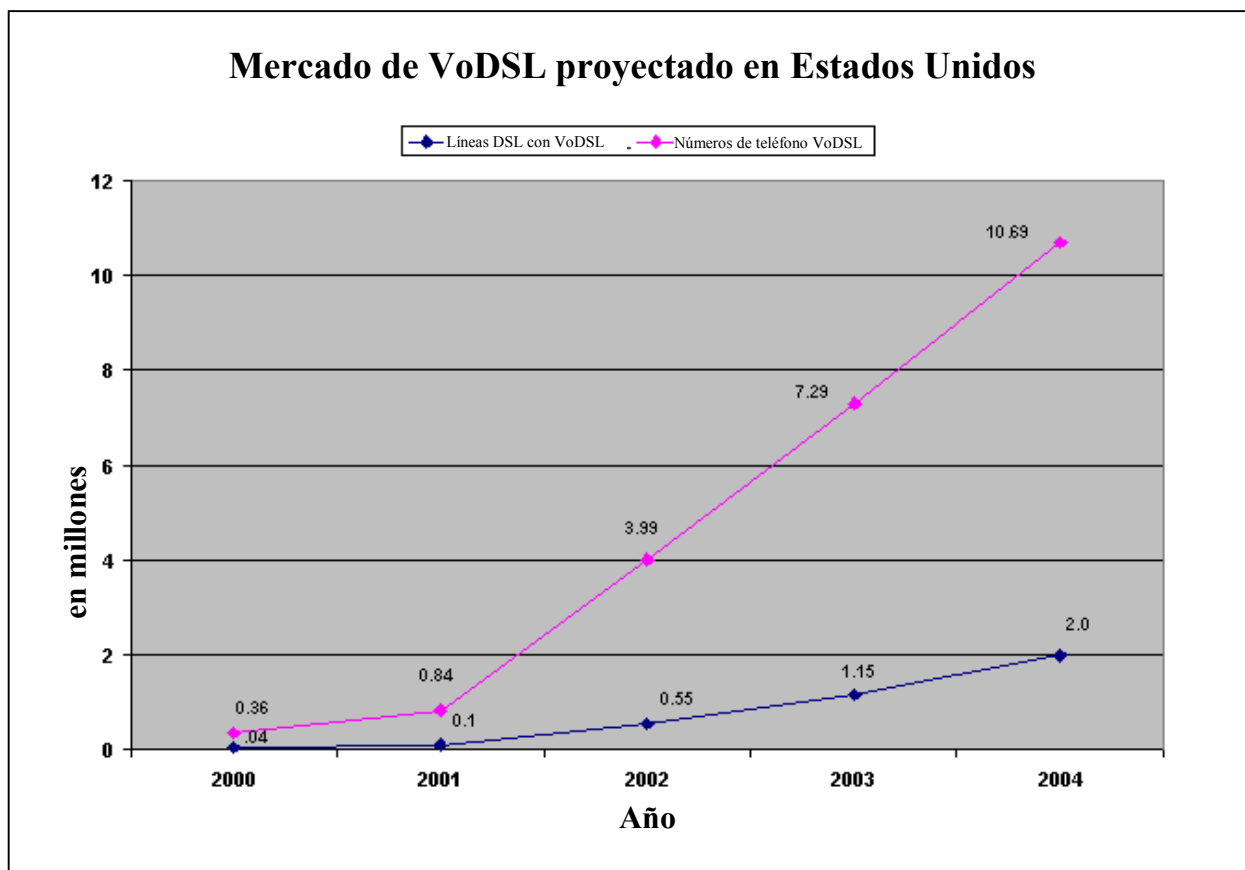
La figura 6.1 ilustra el mercado de DSL proyectado en Estado Unidos.

Figura 6.1 – Mercado de VoDSL proyectado en Estados Unidos



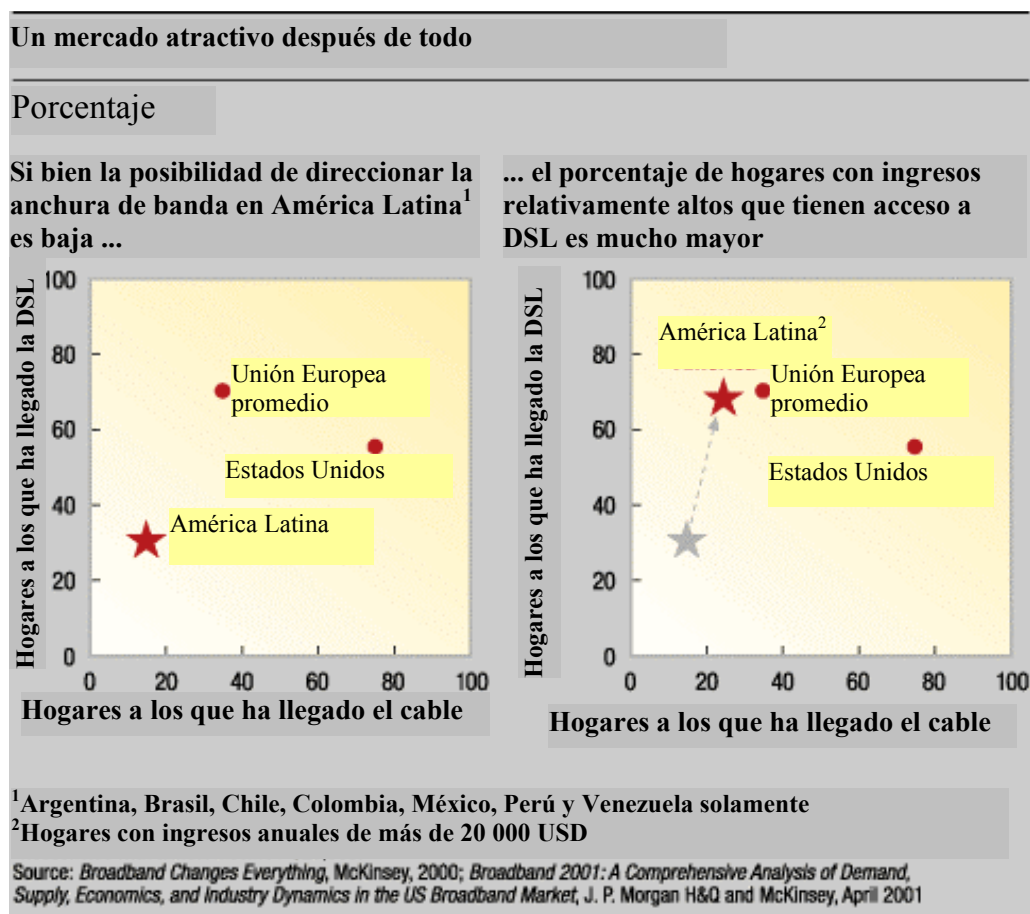
Con técnicas de multiplexación, cada línea de Voz por DSL puede ser utilizada por cierto número de abonados telefónicos. La figura 6.2 muestra el crecimiento estimado del número de líneas y del número de teléfonos que utilizan la tecnología de Voz por DSL.

Figura 6.2 – Mercado de DSL proyectado en Estados Unidos



La figura 6.3 muestra el porcentaje de hogares a los que llegó la DSL en los Estados Unidos, la Unión Europea y América Latina (Argentina, Brasil, Chile, Colombia, México, Perú y Venezuela). El diagrama de la izquierda representa el estado actual y el de la derecha el posible futuro desarrollo para los hogares latinoamericanos con ingresos anuales superiores a 20 000 USD.

Figura 6.3 – Hogares a los que ha llegado la DSL



7 Servicios de banda ancha DSL

Las aplicaciones de las tecnologías DSL se pueden dividir en dos grandes grupos: aplicaciones de usuario residencial y aplicaciones de usuario empresarial. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, a medida que el trabajo en el hogar y las actividades comerciales en línea se hagan cada vez más comunes, habrá menos diferencias entre usuarios residenciales y empresariales. En las siguientes secciones se describen servicios DSL típicos.

7.1 Acceso a Internet

Como es bien sabido, la aparición de la web (*world wide web*) produjo un crecimiento fenomenal de Internet en los dos últimos años. No obstante, es necesario optimizar la infraestructura de Internet para transferir gráficos complejos que son comunes en los actuales sitios de la web. La mayoría de los clientes que tienen acceso a la web lo hacen a través de la red telefónica pública conmutada (RTPC), normalmente con módems de 56 kbit/s.

Además de las limitaciones de anchura de banda del acceso analógico, los equipos de conmutación de la RTPC están optimizados para conexiones cortas (llamadas telefónicas) y no para las comunicaciones de varias horas de duración típicas de las sesiones de acceso a Internet. Este problema presenta grandes dificultades en la RTPC y, eventualmente, amenaza el modelo de tarificación baja y fija del acceso a Internet.

Además de expandir la anchura de banda de acceso a Internet por un factor superior a cien, los proveedores de servicio están considerando las tecnologías DSL como una solución para mantener el tráfico de Internet fuera de la RTPC. Si bien existen diversos modelos de red, la idea es sacar tráfico de las conexiones DSL derivándolo desde el bucle local directamente a Internet. Los separadores del servicio telefónico ordinario en ambos extremos del bucle local mantendrían intacto el servicio telefónico normal.

La naturaleza asimétrica de las comunicaciones de datos en la web es otro aspecto que hace del sistema DSL la solución de acceso casi obligada. En la mayoría de los casos, el único tráfico en sentido ascendente que los usuarios envían al proveedor de servicio es el localizador universal de recursos (URL, *universal resource locator*), que son mensajes de texto muy cortos y que permiten al usuario pasar de una página web a otra. La mayoría del tráfico de la web fluye en sentido descendente en forma de páginas de la web ricas en gráficos, ficheros de texto de tamaño moderado a grande, ficheros de audio, e incluso vídeos cortos (o videomusicales) que son telecargados por los usuarios desde los servidores de la web. Es evidente que la distribución asimétrica de anchura de banda del sistema ADSL está optimizada para el acceso a la web.

7.2 Televisión/vídeo a la carta (VOD)

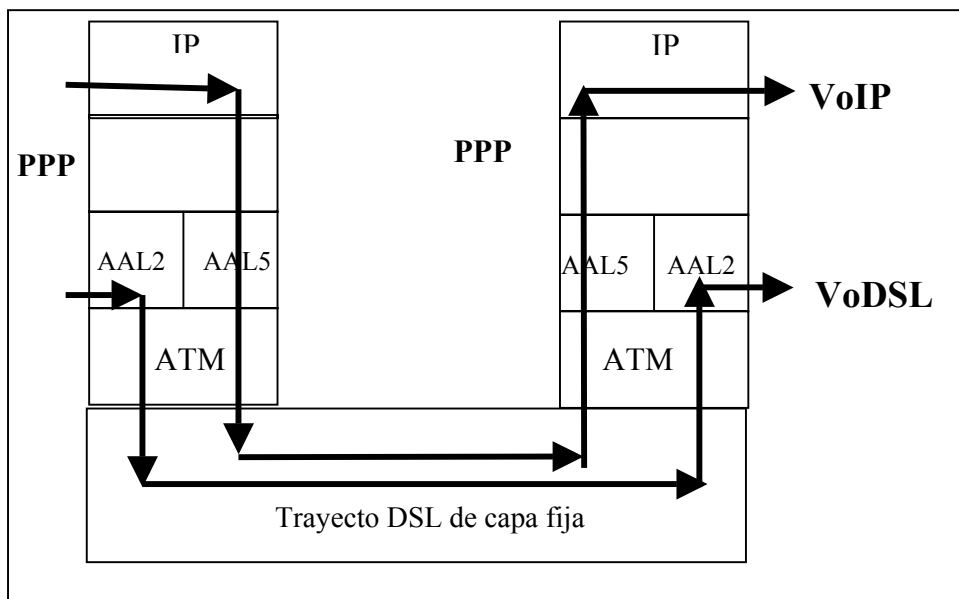
Inicialmente se pensó en el sistema ADSL como la solución de las compañías de telecomunicaciones para competir con las compañías de televisión por cable entregando servicios de programas de televisión y de VOD a los clientes residenciales a través de los hilos telefónicos tradicionales. Si bien el VOD no demostró ser la aplicación dominante que todo el mundo esperaba, el análisis de rentabilidad de las inversiones es mucho más significativo si se consideran conjuntamente el VOD y el acceso Internet. Asimismo, en la mayoría de los países fuera de América del Norte las infraestructuras de red CATV son muy pequeñas. Ofreciendo servicios de programas de televisión y de VOD junto con otros servicios, incluido el acceso Internet y el servicio telefónico ordinario, el sistema ADSL puede permitir a la administración de telecomunicaciones de muchos países convertirse en ventanilla única para comunicaciones y contenido.

7.3 Voz por DSL

Pueden transmitirse señales vocales en la red de acceso, como se ilustra en la figura 7.1:

- servicio telefónico ordinario (POTS, *plain old telephone service*);
- voz por ATM mediante el protocolo AAL2 (VoDSL);
- voz por ATM mediante el protocolo AAL5, el protocolo punto a punto (PPP) y el protocolo de Internet (VoIP).

Figura 7.1 – Métodos de transporte VoDSL



Por el momento, VoDSL parece ser la forma de proporcionar la calidad de servicio (QoS) requerida que se adopta mejor a las condiciones del mercado. Sin embargo, IP es una tecnología en evolución, por lo que, en el futuro, responderá a las exigencias de la transmisión vocal

7.4 Provisión de líneas arrendadas

Tal vez la aplicación DSL más generalizada en la actualidad sea reducir considerablemente el costo de la provisión de líneas arrendadas T-1 o E-1 de la central a las instalaciones del cliente. Para ello se ha venido utilizando durante los últimos años el sistema HDSL, que ha tenido un gran éxito. El sistema SHDSL podría reemplazar al sistema HDSL en esta aplicación el próximo año, pues se pueden obtener las mismas características de alcance y calidad de funcionamiento con un solo par de hilos (SHDSL) en vez de dos pares de hilos (HDSL).

Las tecnologías DSL, en particular SHDSL, permitirán también a otros proveedores de servicio distintos de las compañías telefónicas (por ejemplo, redes de valor añadido, proveedores de servicio de Internet, y proveedores de acceso alternativos) proporcionar por sí mismos líneas arrendadas T-1 y E-1, ya que ellos tienen acceso al bucle local. Si estos proveedores de servicio pueden arrendar al cliente líneas de cobre de la central de una compañía telefónica, y arrendar espacio para su equipo de conmutación en la central, dichos proveedores de servicio podrán proporcionar líneas arrendadas T-1 y E-1 al cliente a muy bajo costo utilizando las tecnologías DSL. Se debe señalar que la legislación sobre la reforma de las telecomunicaciones aprobada recientemente en los Estados Unidos permite a los proveedores de servicio que no son compañías telefónicas tener acceso al bucle local y a la central.

7.5 Interconexión LAN-LAN

El entorno de red tradicional anfitrión-terminal, no necesita mucha anchura de banda de área extensa, ya que sólo se requiere la transmisión de caracteres generados al pulsar teclas y actualizaciones de pantallas de contenido textual. No obstante, como las aplicaciones cliente/servidor se siguen utilizando para funciones críticas de la empresa, a medida que haya más necesidad de anchura de banda, el costo efectivo de las tecnologías de banda ancha resultará ser sumamente atractivo para conectar redes de área local a través de la red de empresa.

La intensidad de la demanda de soluciones de conectividad LAN-LAN ha impulsado el mercado de servicios de retransmisión de trama a un crecimiento anual medio superior al 100% durante los tres últimos años. Se espera que las tecnologías DSL experimenten un crecimiento similar durante los próximos años, impulsado por la demanda para conectar redes de área local (LAN) a velocidades de banda ancha por una fracción del costo de las líneas arrendadas. Si bien el sistema ADSL es una solución viable y en algunos casos una tecnología muy atractiva para la conectividad LAN-LAN, las tecnologías simétricas, como HDSL y SDSL, serán inicialmente más utilizadas para esta aplicación.

7.6 Provisión de servicios con retransmisión de trama

En muchas de las situaciones en que se utilizan tecnologías DSL para conectar redes de área local (LAN) se pueden utilizar sistemas con retransmisión de trama como mecanismo de transporte para conservar intacta la arquitectura de red, mantener las aplicaciones de gestión de la red actual y facilitar la evolución general. Sin embargo, la provisión de servicios con retransmisión de trama a través de líneas DSL también es una solución para usos fuera de la conectividad LAN-LAN, tales como la integración del transporte de datos tradicional y el transporte de señales vocales dentro de la empresa. Esta última aplicación despierta el interés de los mercados internacionales, pues los clientes pueden beneficiarse de una tarificación relativamente independiente de la distancia, que caracteriza a los servicios con retransmisión de trama. Esencialmente, todas las aplicaciones disponibles con sistemas de retransmisión de trama se mantienen cuando la retransmisión de trama se efectúa a través de tecnologías DSL.

La utilización de la tecnología DSL como mecanismo de transporte subyacente ofrece ventajas en los aspectos siguientes:

- Costo – Como la DSL se puede utilizar sobre una línea telefónica existente, representa un ahorro de costo en comparación con sistemas T-1 o E-1 para el acceso con retransmisión de trama.
- Mayor anchura de banda – En este punto, la gran mayoría de servicios con retransmisión de trama se limitan a velocidades T-1 o E-1. Con la tecnología de transporte ADSL, la retransmisión de trama podría alcanzar actualmente velocidades en sentido descendente de 6 Mbit/s.

Estas ventajas de costo y anchura de banda pueden permitir utilizar la retransmisión de trama con tecnologías DSL en oficinas/filiales distantes y aun posiblemente en entornos residenciales de pequeña oficina/oficina en el hogar.

7.7 Acceso Intranet

Mientras que el acceso a Internet será un mercado crítico para la evolución de las tecnologías DSL, a corto plazo el acceso Intranet puede ser más importante. Las Intranet son redes privadas que utilizan componentes arquitectura de la web (servidores web, navegadores (*browsers*), vinculación horizontal, etc.) y protocolos/lenguajes www (TCP/IP, HTML, Java, etc.) para aplicaciones de empresas. Muchas organizaciones han decidido utilizar una arquitectura Intranet para reunir muchas aplicaciones, sistemas y plataformas en el marco común de una sola arquitectura de red. No obstante, necesita tanta anchura de banda, como el acceso a Internet, o aún más. Por consiguiente, el sistema ADSL es ideal para permitir a las organizaciones conectar teletrabajadores a la Intranet de la compañía, a velocidades similares a las que se utilizan en la red LAN de la empresa. El sistema ADSL también se puede utilizar para proporcionar un acceso Intranet económico y de alta velocidad a las oficinas/filiales distantes, evitando así el gasto de instalación y mantenimiento de servidores web substitutivos en esas oficinas periféricas. Además, el sistema ADSL puede proporcionar acceso Intranet de alta velocidad a empleados de la empresa en conexión desde la vivienda (trabajo a distancia).

8 Modelos de instalación de redes DSL

Puesto que DSL es una tecnología de transmisión punto a punto que funciona esencialmente en la capa física, puede soportar una diversidad de protocolos de funcionamiento en red. La mayoría de los proveedores de servicio consideran las DSL, y en particular ADSL, como el componente de tecnología de

acceso en una arquitectura de red de banda ancha para soportar múltiples servicios y aplicaciones. La naturaleza de esta arquitectura de banda ancha puede variar considerablemente de acuerdo con la inclinación estratégica o tecnológica del proveedor de servicio, la aplicación y los servicios, y el mercado (empresarial o residencial) para esas aplicaciones y servicios.

8.1 Elementos de red DSL

Las redes DSL contienen elementos de red como los siguientes:

Transceptor DSL: para enviar y recibir señales de línea DSL moduladas.

Divisor: para separar las señales de línea DSL de las señales telefónicas ordinarias.

Encaminador: dispositivo de conmutación, en una red con conmutación de paquetes, que dirige y controla el flujo de información a través de una red de datos. Las configuraciones de encaminador se utilizan, por ejemplo, para conectar líneas DSL a PC o LAN.

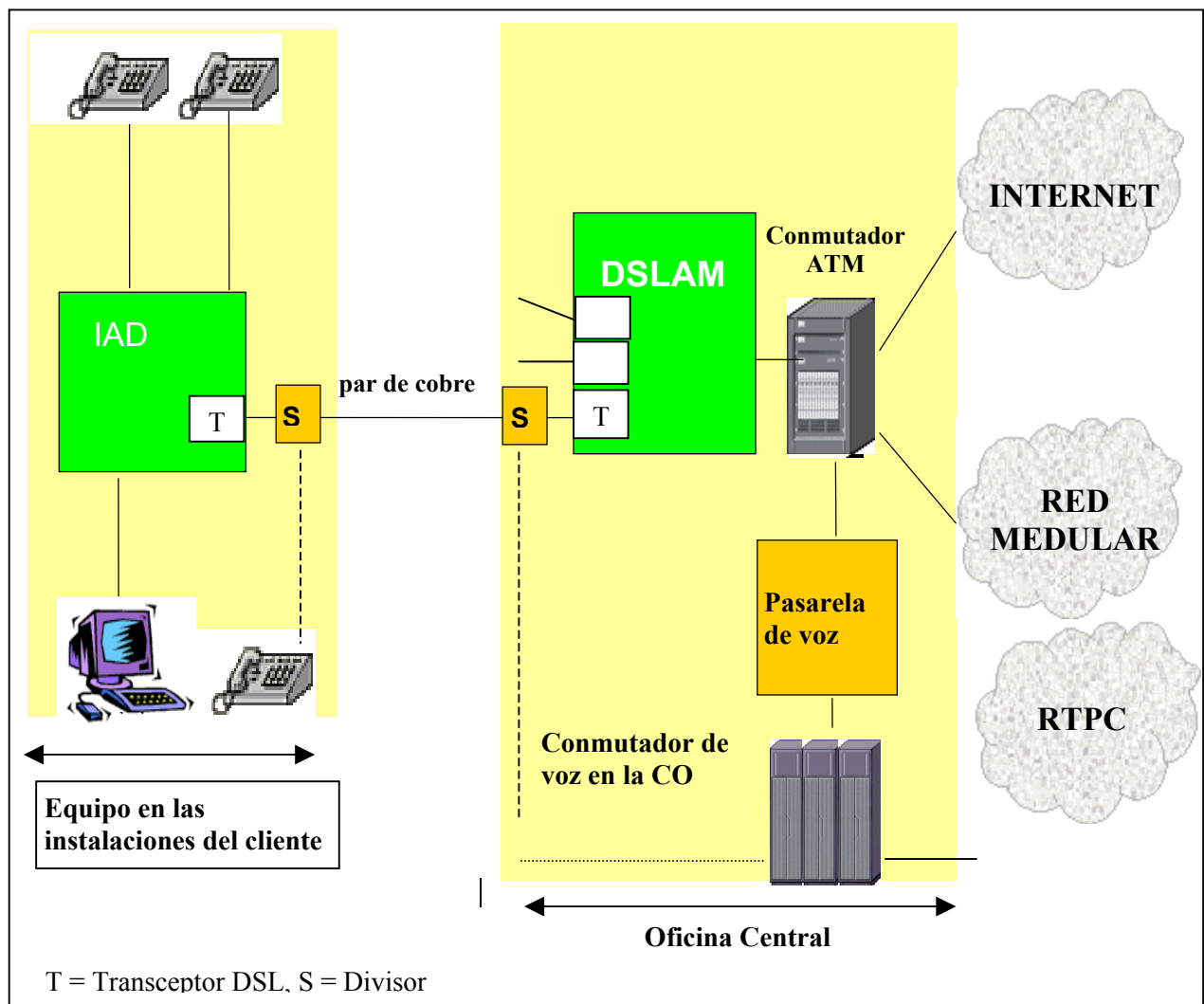
Pasarela de voz: traslada el tráfico vocal de la red pública con conmutación de circuitos a la red basada en paquetes y viceversa.

Multiplexor de acceso DSL (DSLAM)L: para multiplexación/demultiplexación estadística. Un DSLAM efectúa un mínimo de procesos de protocolo sin conmutación local ni funciones de encaminamiento y normalmente está situado dentro de oficinas centrales o cerca de ellas. Configuraciones DSLAM típicas pueden utilizarse para la concentración de 200 – 500 líneas ADSL en una señal de 34 Mbit/s que se transmite a través de ATM. Configuraciones DSLAM recientes pueden contener funciones adicionales que conducen al concepto de dispositivos de acceso integrados.

Dispositivo de acceso integrado (IAD, integrated access device): contiene funcionalidades DSLAM potenciadas, ampliadas con funciones adicionales tales como: conversión analógico/digital, conmutación y encaminamiento, control de calidad de servicio para voz, datos y RDSI, conexión Internet a PC y LAN, atribución dinámica de anchura de banda, compensación y compresión de eco, funciones cortafuego, diferentes facilidades de interfaz (alámbricas e inalámbricas) y facilidades de gestión a distancia. Las configuraciones IAD se diseñan para diferentes sistemas DSL, por ejemplo para ADSL y SHDSL.

La figura 8.1 muestra una arquitectura de red típica basada en DSL. El Equipo en las Instalaciones del Cliente (CPE, *customer premises equipment*) contiene teléfonos analógicos, PC, divisor e IAD. La oficina central (CO, *central office*) contiene DSLAM, divisor, conmutador ATM, conmutador de voz y pasarela de voz. Dado que el CPE y el equipo ubicado en la CO pueden provenir de diferentes vendedores, la interoperabilidad se ha convertido en un aspecto importante. Por el momento, se estudian dos tipos de interoperabilidad: la interoperabilidad entre el IAD y la pasarela de voz, y la interoperabilidad entre los conjuntos de chips utilizados en IAD y DSLAM.

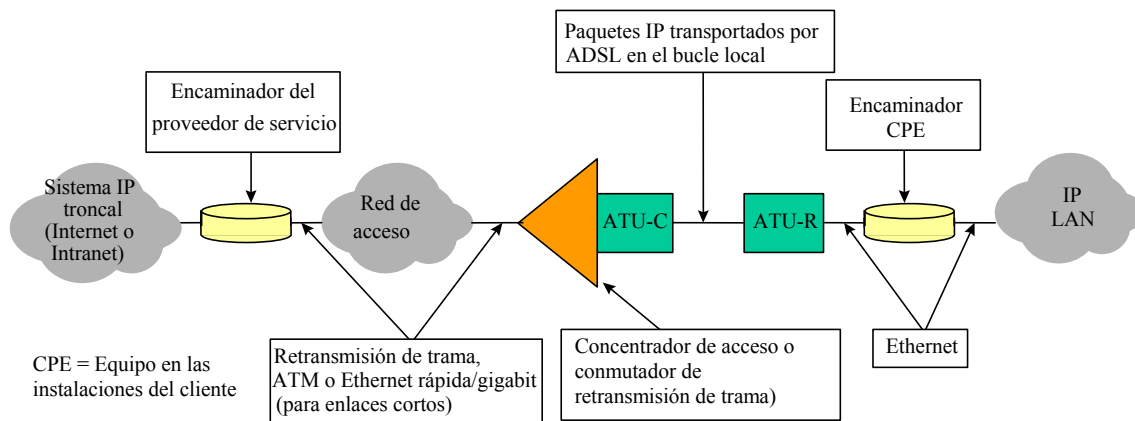
Figura 8.1 – Ejemplo de arquitectura de red DSL



Debe tenerse en cuenta que, en esta etapa, hay poco consenso en cuanto a la determinación de la arquitectura o modelo de red que es más adecuado para el soporte de DSL como una tecnología de acceso, y que hay varias permutaciones de los modelos básicos aquí esbozados.

8.2 Modelo de protocolo de Internet (IP)

Figura 8.2 – Modelo de IP



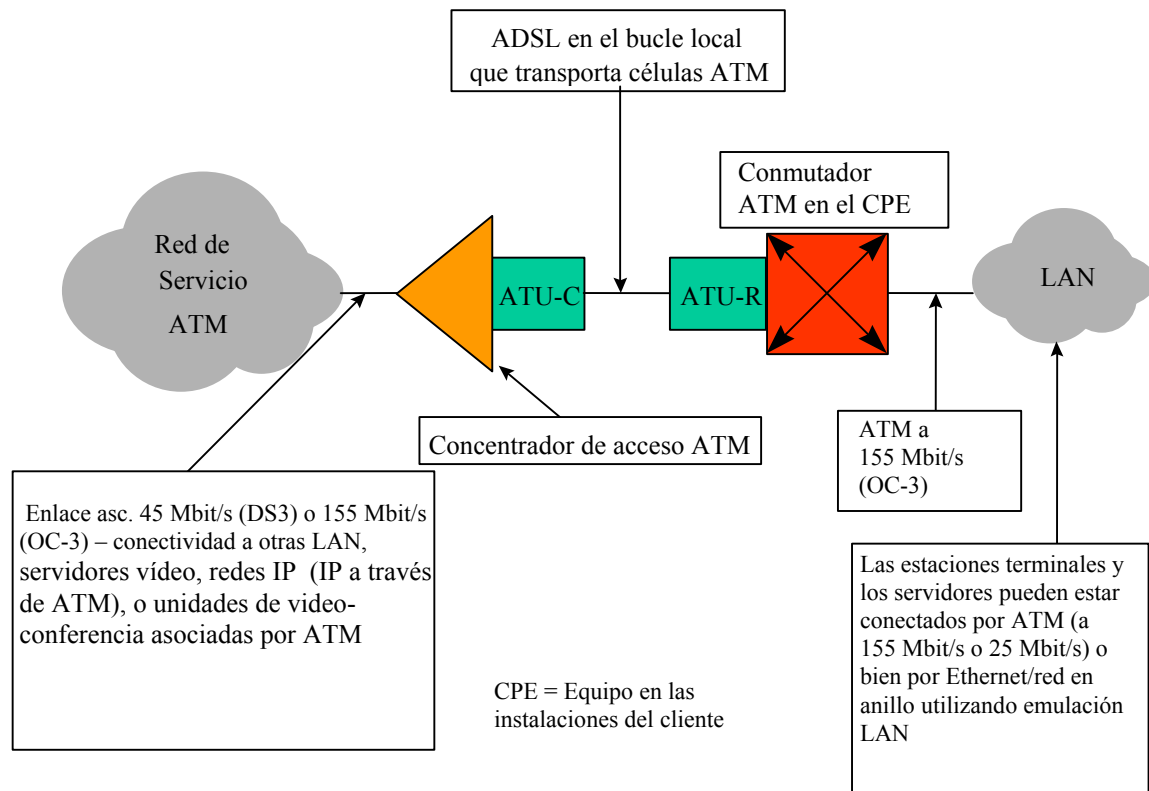
La utilización del servicio ADSL como mecanismo de transporte para el tráfico IP es la elección obvia para aplicaciones de acceso a Internet, pero el modelo ilustrado es sólo una de las numerosas versiones posibles. El modelo de IP también puede servir a otras aplicaciones tales como acceso Intranet, conectividad LAN-LAN, etc. La ATU-C es un transceptor ADSL para la oficina central. La ATU-R es un transceptor ADSL para el sitio distante.

Si bien varios protocolos intermedios como la retransmisión de trama o ATM se podrían utilizar entre el protocolo Internet (IP) y la línea ADSL, el Foro ADSL ha especificado también el transporte de paquetes IP directamente por línea ADSL sin tener que utilizar un protocolo intermedio. Se puede comparar este escenario con la ejecución del protocolo Internet directamente sobre un mecanismo de transporte de capa física tal como SONET. En este caso sería necesario disponer de un encaminador o dispositivo con encaminamiento integrado en la central, en lugar de un concentrador de acceso o conmutador funcionando sólo en la capa dos.

La figura 8.2 representa una aplicación de usuario empresarial. Por supuesto, el IP también se puede utilizar en aplicaciones residenciales. En este caso, se instala una computadora personal (PC) o un televisor para Internet en el lado ATU-R de la línea ADSL (la ATU-R puede residir en el bus del PC o estar conectada al PC a través de Ethernet) y el acceso a la red IP se establece a través de un protocolo punto a punto (PPP) mediante la conexión ADSL.

8.3 Modelo ATM de extremo a extremo

Figura 8.3 – Modelo ATM



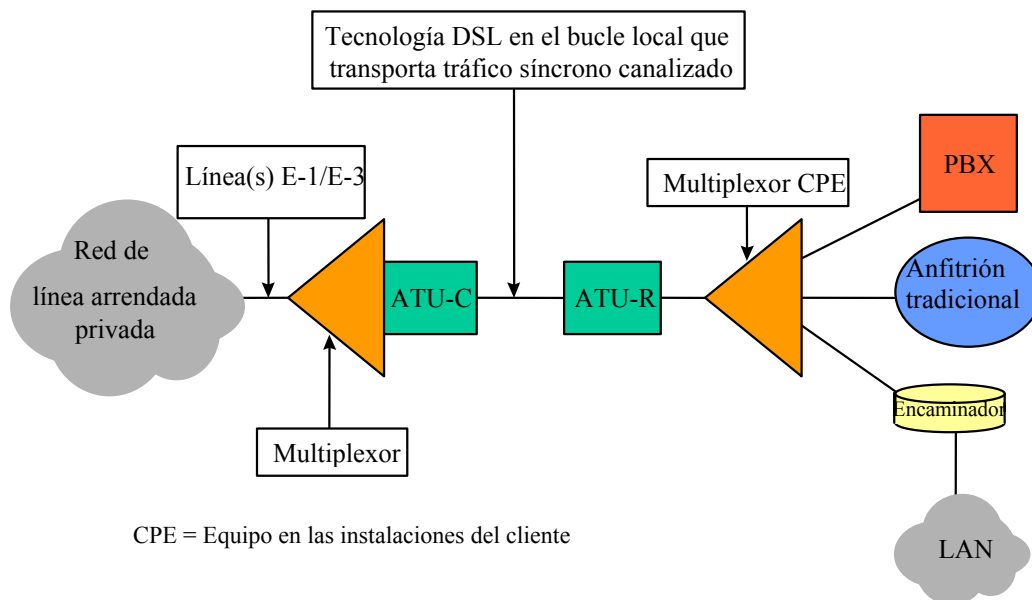
Como el sistema ADSL proporciona una conexión dedicada de anchura de banda relativamente grande, también se puede utilizar para ampliar la red ATM y, por tanto, las propiedades de calidad de servicio ATM en todo el trayecto hasta la computadora del usuario. El Foro ADSL ha especificado cómo se transportan las células ATM por la ADSL, esencialmente la interfaz usuario-red (UNI, *user network interface*) de ATM conectada en túnel a través de la línea ADSL.

Si las aplicaciones de computadora personal están conectadas directamente a la red ATM, se puede reservar (y garantizar) la anchura de banda de extremo a extremo a través de la red. Esto facilita la instalación de aplicaciones isócronas sensibles al retardo, tales como transmisiones de voz, videoconferencia, etc. La versión de Windows 98 incluirá un API, Winsock 2, que permitirá a las aplicaciones solicitar calidad de servicio de la red ATM.

Sin embargo, el sistema ATM, en particular el que funciona a velocidades inferiores a 25 Mbit/s, implica una tara relativamente alta y, por tanto, no se puede justificar en muchas aplicaciones que no tienen necesidades de calidad de servicio rigurosas o que pueden funcionar con los servicios de calidad de servicio no garantizada ofrecidos por protocolos tales como RSVP (*ReSerVation Protocol*). Asimismo, muchas organizaciones grandes que requieren servicio ATM ganarían más abonándose a un servicio ATM a 45 Mbit/s (DS-3) o 155 Mbit/s (OC-3) que funciona con fibra óptica en lugar de transportar células ATM a través de múltiples líneas ADSL. Por último, si una empresa está interesada en el servicio ATM para aplicaciones de par a par, como la videoconferencia, la distribución asimétrica de anchura de banda por la ADSL no sería la mejor solución. En la figura 8.3 se representa un modelo ATM extremo a extremo.

8.4 Modelo de sistema con conmutación de circuitos

Figura 8.4 – Modelo de sistema con conmutación de circuitos



Como se dijo anteriormente, se pueden utilizar tecnologías DSL para reducir enormemente el costo de la provisión de la línea arrendada. En este sentido, las tecnologías DSL se pueden integrar fácilmente con las arquitecturas de red existentes basadas en líneas arrendadas privadas que emplean la tecnología de multiplexación por división de tiempo (TDM, *time division multiplexing*), como se puede ver en la figura 8.3.

9 La tecnología DSL como una herramienta para la realización de la estructura de información global

La infraestructura de información global (GII, *global information infrastructure*) es un concepto de arquitectura desarrollado por la Comisión de Estudio 13 del UIT-T con el propósito de permitir la utilización de un conjunto de servicios de telecomunicaciones que soportan una gran cantidad de aplicaciones y comprenden todos los modos de información, en cualquier momento y lugar, con una calidad y costo aceptables. La realización de la GII implica la conexión de diferentes componentes actuales:

Aparatos de información – Equipos que los usuarios utilizan para el acceso a la GII o que se utilizan para instalar, invocar o tratar módulos de software, incluidos los que constituyen bases de datos y videobibliotecas. Son ejemplos de estos aparatos las computadoras personales (PC, *personal computer*), unidades de adaptación (STB, *set top boxes*), computadoras de red, minicomputadoras, centros de tratamiento (*mainframe computers*), servidores de ficheros y de vídeo, procesadores de transacciones, y de una manera más restringida, el teléfono, el televisor y el aparato facsímil.

Módulos de soporte lógico intermedio – Módulos de soporte lógico (*software*) con funciones intermedias (*middleware*). Módulos de soporte lógico con soporte lógico intermedio ejecutados en aparatos de información; módulos de soporte lógico de aplicación – módulos de soporte lógico que contienen funciones de aplicación. Módulos de soporte lógico de aplicación ejecutados en aparatos de información.

Segmentos de redes de telecomunicaciones – segmentos de la red de telecomunicaciones que conectan aparatos de información entre sí y permiten la comunicación entre funciones de soporte lógico intermedio y funciones de aplicaciones instaladas en diferentes aparatos de información. Hay segmentos de acceso, segmentos medulares, segmentos de provisión de servicios realzados y segmentos de gestión.

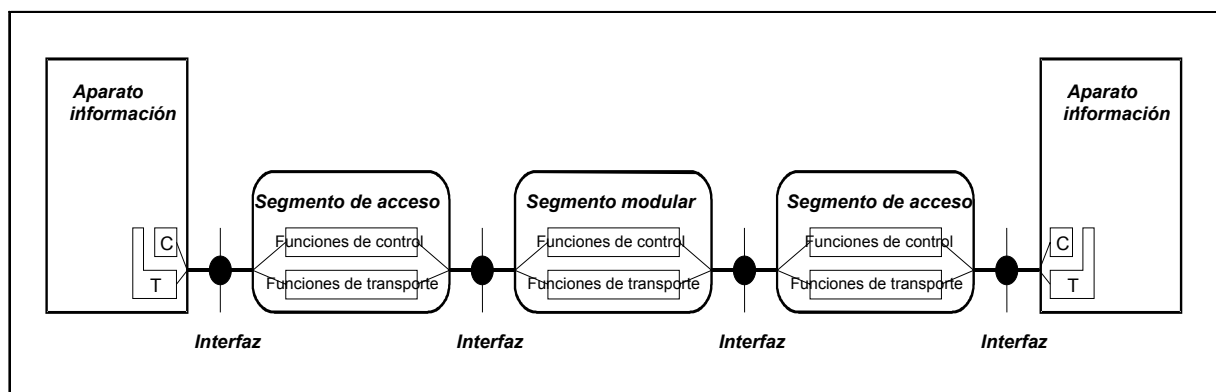
Son distintos segmentos del módulo de implementación, interconectados mediante interfaces. Las interfaces entre aparatos de información y segmentos de acceso de la red de telecomunicaciones son interfaces físicas de telecomunicaciones, como lo son las interfaces entre segmentos de acceso y segmentos medulares. Su especificación se obtiene por el proceso ilustrado en la figura 9.1, con información sobre la interfaz física. Por ejemplo, para la interfaz entre un aparato de información y un segmento de acceso, la información de interfaz lógica entre funciones de soporte lógico de sistema (*baseware*) del aparato de información, y las funciones del segmento de acceso, se combinan para formar una especificación básica de interfaz, y también se tienen en cuenta los aspectos de la interfaz física.

También hay interfaces de programación, que son internas a los aparatos de información, o interfaces de protocolo, que son transparentes a todo lo largo de las redes de telecomunicaciones. Estas interfaces de realización no son, por tanto, interfaces físicas y su especificación puede obtenerse directamente de las interfaces lógicas en el modelo funcional por el proceso ilustrado en la figura 9.1.

Todavía está por estudiar la naturaleza de los aparatos de información, los módulos de soporte lógico intermedio y los módulos de soporte lógico de aplicación. En las secciones siguientes se describen aspectos de segmentos de redes de telecomunicaciones en la GII.

La figura 9.1 ilustra dos aparatos de información conectados por una red de telecomunicaciones que consta de tres segmentos: dos segmentos de acceso y un segmento medular. Los aparatos de información, los segmentos de acceso y el segmento medular dependen de la tecnología y del proceso de implementación, pero serán necesarias algunas funciones GII en cada uno de estos segmentos para ofrecer un determinado servicio.

Figura 9.1 – Aparatos de información conectados por segmentos de red de telecomunicaciones



C = Funciones de control, T = Funciones de transporte.

9.1 Las distintas posibilidades de realización

Cada uno de los segmentos genéricos indicados se puede realizar de muchas formas, y se pueden utilizar numerosas interfaces para interconectarlos. A continuación se indican algunas de las modalidades actualmente posibles.

Ejemplos de aparatos de información:

- computadora personal (PC, *personal computer*)
- unidad de adaptación (STB, *set top box*)
- computadora de red
- minicomputadora
- central de tratamiento
- servidor de ficheros/vídeo
- procesador de transacciones (por ejemplo, punto de control de servicio) (SCP, *service control point*)
- teléfono
- televisor
- aparato facsímil

Ejemplos de segmentos de acceso:

- red de acceso por hilos de cobre a la RTPC/RDSI
- red de acceso por hilos de cobre al sistema xDSL
- red de televisión por cable
- red de acceso por fibra directa
- red óptica pasiva
- red de acceso con dispositivos radioeléctricos en el bucle (RITL, *radio in the loop*)
- red de acceso digital para el servicio móvil (por ejemplo, sistema GSM) (*global system for mobile communications*)
- red de televisión por radiodifusión terrenal
- red de satélite de radiodifusión directa

- redes de acceso a satélite geoestacionario (por ejemplo, Inmarsat)
- redes de acceso a satélite de órbita terrena media y a satélite de órbita terrena baja

Ejemplos de segmentos medulares:

- red medular RTPC/RDSI
- red de datos con conmutación de paquetes medular
- red de paquetes X.25
- red de retransmisión de trama
- red de servicio de datos conmutado a velocidades de multimegabits (SMDS, *switched multimegabits data service*)
- red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)
- red de líneas arrendadas
- Internet

Ejemplos de aparatos de información para el acceso a interfaces de segmentos:

- interfaz de RTPC
- interfaz de RDSI a velocidad básica y a velocidad primaria
- interfaces de Ethernet
- interfaz de anillo con paso de testigo
- interfaces de RDSI-BA
- interfaz aérea entre satélite de radiodifusión de vídeo digital (DVB, *digital video broadcast*)
- interfaz aérea del servicio móvil GSM
- interfaz aérea en la red de acceso con satélite geoestacionario
- interfaz aérea en la red de acceso con satélites de órbita terrena media o baja

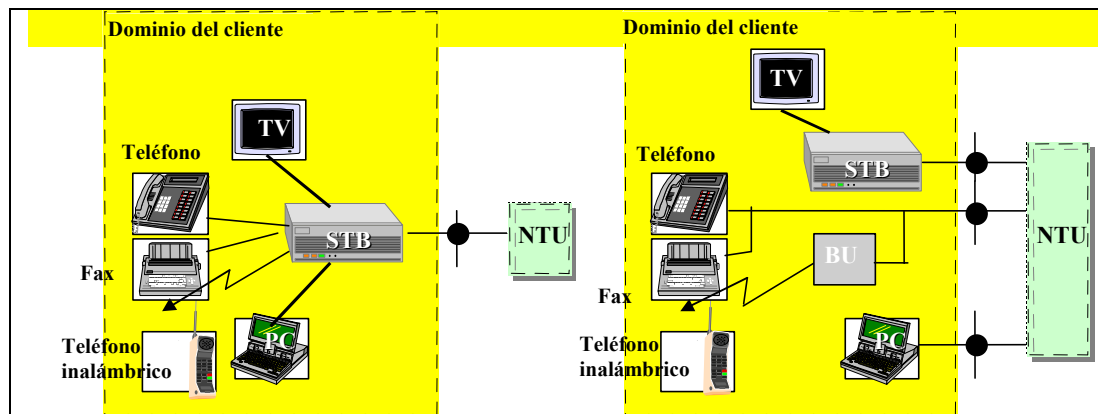
Los ejemplos de las siguientes secciones ilustran realizaciones construidas sobre la base de estos segmentos. Los ejemplos están centrados principalmente en el aparato de información, el segmento de acceso y la interfaz entre ellos.

9.2 Configuraciones de aparatos de información

La figura 9.2 representa la configuración de los aparatos de información de un usuario de extremo en un entorno residencial. Está constituida por una combinación de un teléfono analógico fijo, un teléfono inalámbrico, un aparato facsímil, una computadora personal (PC) y una unidad de adaptación conectada a un televisor (TV) analógico. Se supone que las aplicaciones requieren capacidades GII, incluidas capacidades de transmisión de la voz, transporte de datos y multimedia interactivos.

Estas dos soluciones posibles ilustran cómo este usuario de extremo podría configurar sus aparatos de información para conectarlos a un segmento de acceso (terminado con una unidad de terminación de red (NTU, *network termination unit*) en estos ejemplos). En el primer ejemplo, todos los aparatos de información están conectados al segmento de acceso a través de una unidad de adaptación (STB). En el segundo ejemplo hay interfaces distintas para el aparato telefónico/facsímil, la computadora personal (PC) y la unidad de adaptación (STB)/televisor (TV).

Figura 9.2 – Ejemplos de los aparatos de información de un usuario de extremo residencial



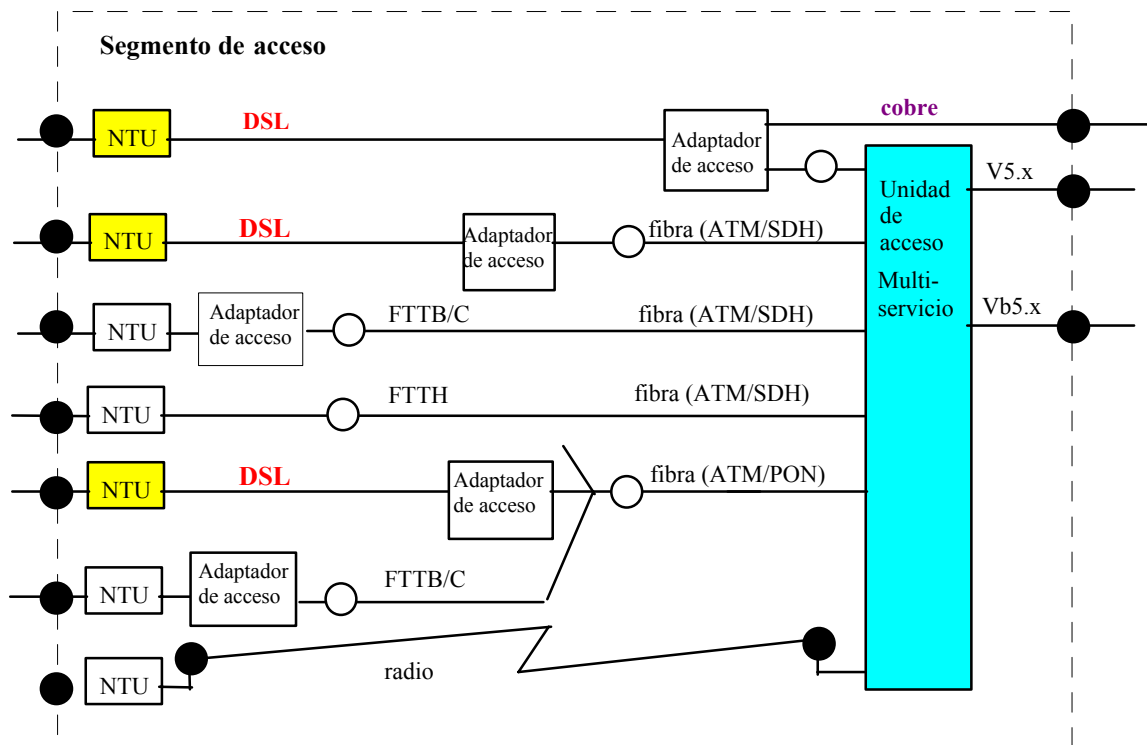
La unidad de terminación de red (NTU, *network termination unit*) forma parte del segmento de acceso. Según la realización de la red, habrá uno o varios segmentos de acceso para los aparatos de información del usuario de extremo. En este ejemplo, el televisor se podría conectar a través de una red de televisión por cable, mientras que el teléfono, el aparato facsímil y el PC podrían conectarse a través de un acceso RDSI 2B+D. En este caso no habría canal de retorno en la red de televisión por cable y no se obtendría ninguna conectividad a través del acceso RDSI.

9.3 Configuraciones de segmento de acceso

Son posibles numerosas configuraciones de segmento de acceso, las que dependerán en gran medida de la tecnología utilizada, la que a su vez está condicionada por el entorno físico (par de hilos de cobre, cable coaxial, fibra óptica, comunicaciones radio terrenales o por satélite). Si bien para la realización de muchos segmentos de acceso se utiliza un solo medio físico, en otros casos se utiliza una combinación de estos medios.

Un segmento de acceso de red fija está constituido principalmente por pares de hilos de cobre y una combinación de pares de hilos de cobre y fibra óptica. En algunas zonas también se pueden instalar sistemas radioeléctricos en el bucle. La figura 9.3 representa la configuración de un segmento de acceso con estas características.

Figura 9.3 – Configuración de segmento de acceso de una red fija



9.4 Metodología de los escenarios GII (modelos de referencia Y.120)

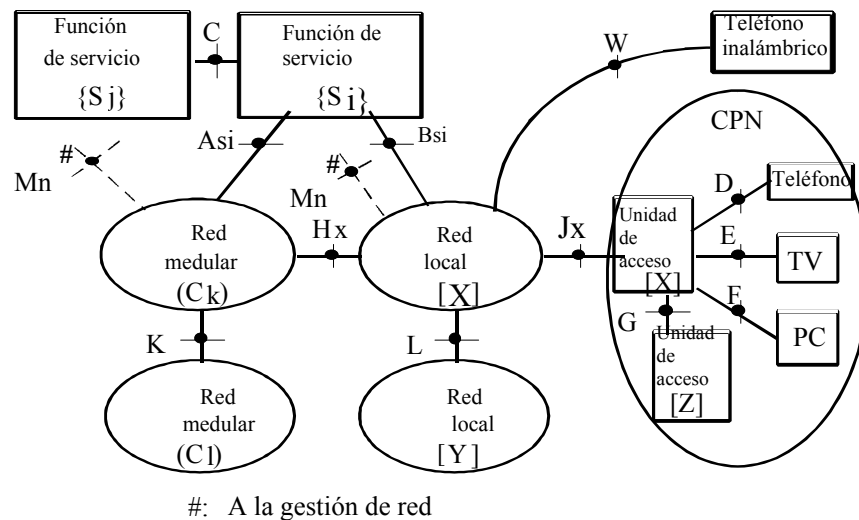
De acuerdo con las disposiciones de la infraestructura de información global (GII) desarrollada por el UIT-T, se describe una metodología de escenarios para:

- facilitar la identificación de los principales puntos de interfaz en un escenario;
- facilitar la clasificación de las interfaces según un esquema taxonómico apropiado;
- facilitar la identificación de los servicios que pueden ser transportados a través de tales interfaces;
- facilitar la clasificación de los servicios según un esquema taxonómico adecuado;
- facilitar la identificación de los puntos extremo para entrega de servicio;
- facilitar la investigación de la interacción entre todos los componentes;
- admitir los protocolos que intervienen, directa o indirectamente, en una determinada interfaz;
- ser lo suficientemente genérica para facilitar el desarrollo de escenarios a través de todas las tecnologías y de todos los sectores de las organizaciones encargadas de la elaboración de normas.

La técnica de estos escenarios es igualmente aplicable a los requisitos de la aplicación y de la red. Dos componentes que necesiten comunicarse entre sí están conectados por una interfaz.

En los escenarios se pueden incluir requisitos de la aplicación. Los escenarios están orientados principalmente a la provisión de servicios de voz, datos y vídeo. También se deben desarrollar ejemplos de escenarios que satisfagan los requisitos de otras aplicaciones, como procesamiento de transacciones, cálculo distribuido, formación de imágenes, etc.

Figura 9.4 – Modelo de referencia genérico de la GII
(Metodología de los escenarios de acuerdo con el anexo a Y.120)



Componentes:

- función de servicio: como servidor de vídeo y proveedor de servicio de vídeo, encaminador de IP y punto de presencia para servicio Internet;
- red medular: como red de telecomunicación, RTPC, RDSI-BE, RDSI-BA;
- red local: red CATV, ADSL/VDSL, red de fibra óptica, radio en el bucle (RITL), satélites, incluidas las redes de acceso descritas en la parte principal de la recomendación;
- red de instalaciones del cliente (CPN, *customer premises network*): como unidad de acceso, TV, PC, teléfono, teléfono inalámbrico:
 - $\{S_i, S_j^*\}$ significa el tipo de servicios;
 - (C_k, C_l^*) significa la tecnología de red medular;
 - $[X, Y^*]$ significa la tecnología de red local (tecnología de acceso).

Puntos de interfaz:

- As: entre la función de servicio y la red medular (s: tipo de servicio);
- Bs: entre la función de servicio y la red local (s: tipo de servicio);
- C: entre funciones de servicio;
- W: interfaz de terminal para teléfono inalámbrico;
- D: interfaz de terminal para teléfono;
- E: interfaz de terminal para TV;
- F: interfaz de terminal para PC;
- G: entre unidades de acceso;
- Hx: entre red medular y red local (x: tipo de tecnología de acceso);
- Jx: entre red local y la instalación del cliente (CPN) (x: tipo de tecnología de acceso);
- K: entre redes medulares;

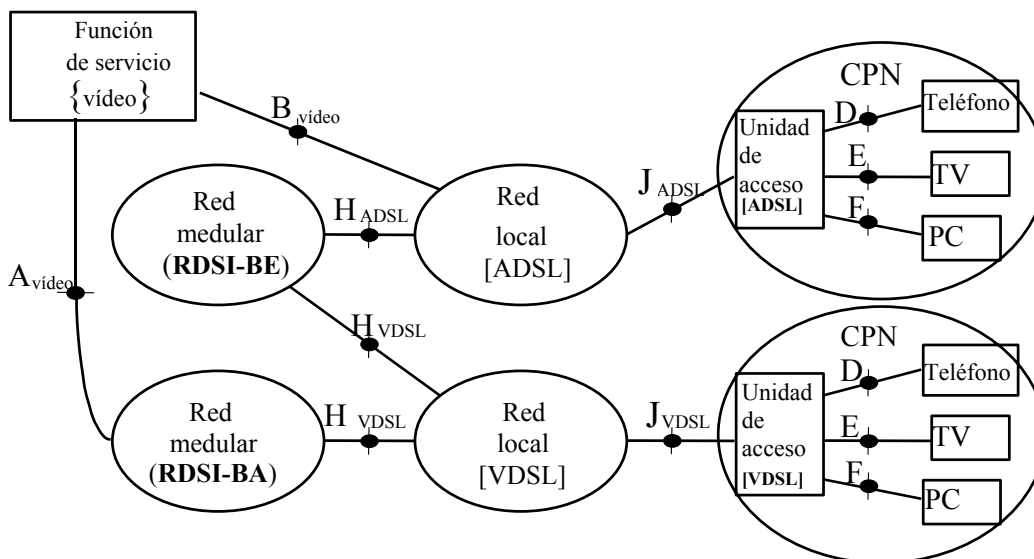
- L: entre redes locales;
- Mn: entre red medular/local y red de gestión (n: tipo de red).

Escenarios:

- 1) provisión de servicios de voz, datos, vídeo a través de la infraestructura existente;
- 2) provisión de servicios de voz, datos, vídeo a través de redes de cable que utilizan RDSI-BA;
- 3) utilización de ADSL o VDSL para proporcionar anchura de banda de vídeo a través de pares de cobre;
- 4) escenario de acceso mediante fibra óptica;
- 5) utilización de radio en el bucle local;
- 6) acceso mediante satélites;
- 7) ejemplo de acceso a Internet.

9.4.1 Transmisiones vocales/de datos/vídeo por pares de cobre

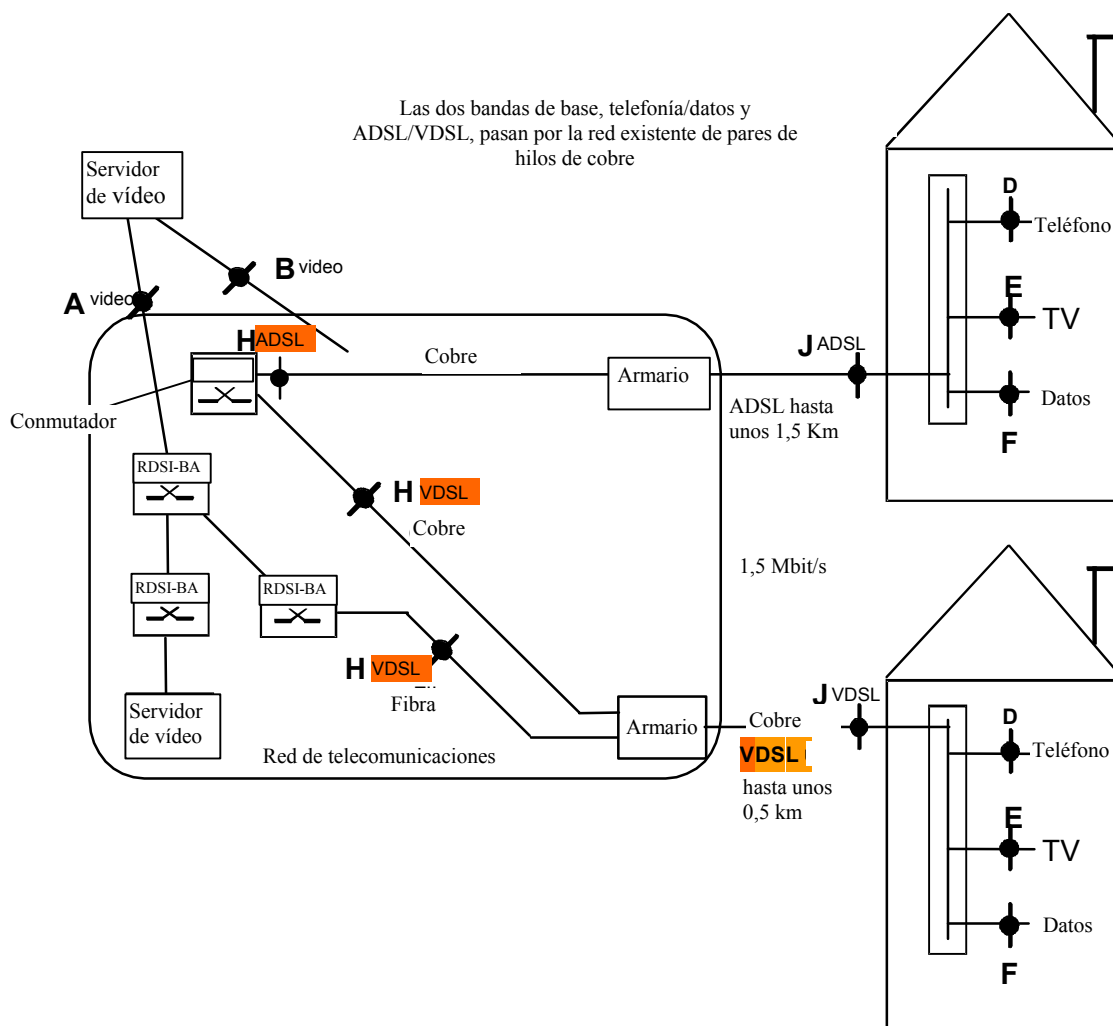
Figura 9.5 – Representación lógica



La figura 9.5 es la representación lógica, y la figura 9.6 es la representación física de la transmisión de voz/datos/vídeo por pares de cobre.

- Función de servicio: Servidor de vídeo
- Red medular: RDSI-BA
- Red local: ADSL, VDSL
- Instalación del cliente (CPN): TV, PC, terminal telefónico
- Unidad de acceso para ADSL, VDSL

Figura 9.6 – Representación física



Se pueden entregar servicios de vídeo a las instalaciones del cliente:

- desde BVIDEO a través de JADSL;
- desde los servidores de vídeo a través de BVIDEO, HADSL Y HVDSL al armario y luego a través de JVDSL, o
- desde el servidor de vídeo a través de AVIDEO y HVDSL al armario y luego a través de JVDSL.

La información de control para servicios de vídeo se puede transmitir:

- a través de JADSL hasta el servicio de vídeo, vía BVIDEO;
- a través de JVDSL, HDSL y BVIDEO hasta el servidor de vídeo; o
- a través de JVDSL, HDSL y AVIDEO hasta el servidor de vídeo.

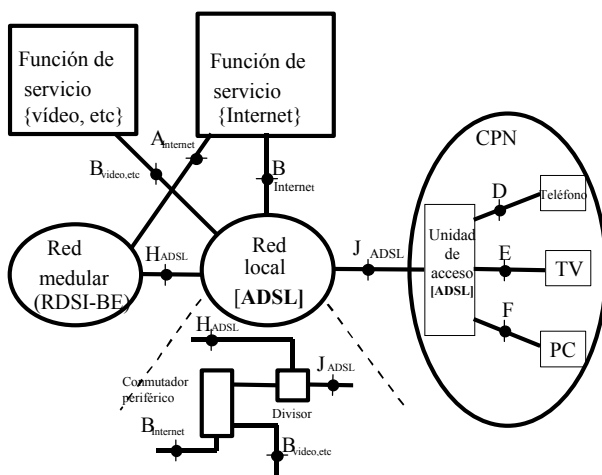
9.4.2 Transmisiones vocales/de datos/vídeo por Internet

La figura 9.7 es la representación lógica, y la figura 9.8 la representación física.

El tráfico de datos de banda ancha desde el punto de presencia de Internet pasa a través de conexiones de alta velocidad ATM o de retransmisión de trama a un dispositivo periférico; se transmite a las instalaciones residenciales (o comerciales) a través de, por ejemplo, conexiones ADSL. El tráfico telefónico analógico desde la central de la red local es combinado y separado en ambos extremos del enlace ADSL.

Figura 9.7 – Representación lógica

Presentación lógica:



Componentes

- Función de servicio: vídeo a la carta, POP/ Encaminador IP
- Red medular: RDSI-BE, servicio ordinario, ATM, retransmisión de trama
- Red local: ADSL
- CPN (instalación del cliente): TV, PC, unidad de acceso a terminal telefónico para ADSL

10 Conclusión

La respuesta a la pregunta formulada al principio de este documento, «¿por qué las xDSL aparecen como la tecnología de acceso más prometedora?», depende de la infraestructura. La familia de tecnologías xDSL permite muchos esquemas de transmisión y puede satisfacer diferentes necesidades del mercado, para infraestructuras actuales o futuras. Si bien las xDSL tienen aplicación en medios empresariales y residenciales, dentro del espacio de banda ancha de aplicaciones residenciales se dispone de un número muy grande de posibilidades. Las necesidades del mercado y las tecnologías xDSL siguen evolucionando. No existe una herramienta única para construir una casa. En el contexto de las xDSL, ya sean de un solo par, dos pares, asimétricas, simétricas, de velocidad adaptativa o multicanal, todas las tecnologías de línea de abonado digital son herramientas a utilizar para establecer un servicio. La tecnología xDSL tiene la flexibilidad necesaria para responder a los desafíos del mercado.

ANEXO 1

Visión de conjunto de las Recomendaciones de la UIT sobre línea de abonado digital (DSL)

En la familia de Recomendaciones sobre sistemas DSL figuran las siguientes: G.992.1, G.992.2, G.991.1, G.991.2, G.994.1, G.995.1, G.996.1 y G.997.1.

En las Recomendaciones G.991.1, G.992.1 y G.992.2 se describen técnicas para transmitir una gama de velocidades binarias por la red local de cobre existente, desde las transmisiones en distancias relativamente reducidas a elevadas velocidades binarias, hasta transmisiones en largas distancias a velocidades binarias relativamente bajas.

En las Recomendaciones G.994.1, G.996.1 y G.997.1 se apoya lo dispuesto en las Recomendaciones G.992.1, G.992.2 y la ulterior G.991.2, definiendo procedimientos comunes para la puesta en contacto, la gestión y los ensayos.

1 G.991.1 (ex-G.hdsl) – Transceptores de línea digital de abonado de alta velocidad binaria (HDSL)

En esta Recomendación se especifica un transceptor de línea de abonado digital de alta velocidad binaria (HDSL), el cual es un sistema de transmisión bidireccional y simétrica para transportar señales con una velocidad binaria de 1 544 kbit/s o 2 048 kbit/s por los pares trenzados de cobre de una red de acceso.

En esta Recomendación se describe la técnica de transmisión HDSL como un medio para el transporte de diversos tipos de aplicaciones. Se definen los requisitos para el sistema de transmisión HDSL individual, la calidad de la transmisión, y los procedimientos y requisitos de mantenimiento HDSL.

Un sistema transceptor HDSL individual es un transceptor bidireccional de 2 hilos metálicos en los cuales se utilizan técnicas de compensación del eco. Podrían utilizarse tres sistemas: uno que transmita a una velocidad binaria de 784 kbit/s por cada uno de los dos o tres pares utilizados en paralelo; un segundo sistema con una mayor velocidad binaria de 1 168 kbit/s y dos pares en paralelo únicamente, y un tercer sistema con una velocidad binaria aún mayor de 2 320 kbit/s en un solo par.

2 G.991.2 (ex-G.hsds) – Transceptores de línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par (SHDSL)

El sistema SHDSL (llamado antes transceptor de línea de abonado digital de alta velocidad) ofrece el servicio simétrico en un solo par de hilos, como perfeccionamiento de la tecnología consignada en la Recomendación G.991.1 que requiere dos o tres pares de cobre. Además, permite velocidades de datos máximas de 1,5-2,3 Mbit/s, en vez de 784 kbit/s (tres pares) o 1,2 Mbit/s (dos pares).

En esta Recomendación se describe un método de transmisión para prestar un servicio de línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par (SHDSL) como un medio para el transporte de datos en las redes de acceso de las telecomunicaciones. Los transceptores SHDSL están diseñados principalmente para el funcionamiento dúplex por pares metálicos trenzados de dos hilos con calibre mixto. Para aplicaciones de mayor alcance se podría admitir el funcionamiento en 4 hilos, y se especifican también regeneradores de señales opcionales para el funcionamiento en dos pares y en un solo par. Los transceptores SHDSL son capaces de admitir velocidades de datos de usuario simétricas seleccionadas en la gama de 192 kbit/s a 2 304 kbit/s utilizando un código de línea de modulación de amplitud de impulsos con codificación reticular (TC-PAM) y un alcance de 1,8 a 6,5 km. Para bucles más largos, entornos más ruidosos u otras necesidades de servicio, se propone utilizar velocidades de datos fraccionales de $n \times 128$ kbit/s.

Los transceptores SHDSL están diseñados para ser espectralmente compatibles con otras tecnologías de transmisión desplegadas en la red de acceso, y entre ellas otras tecnologías DSL. Los transceptores SHDSL no admiten la utilización de las tecnologías de división analógica para el uso combinado con sistemas telefónicos convencionales o RDSI. En diversos anexos a la Recomendación se especifican los requisitos regionales, incluidas las diferencias operacionales y las necesidades de calidad de funcionamiento, así como los requisitos en lo tocante a los regeneradores de señales.

En la Recomendación no se especifican todos los requisitos para la instalación de transceptores SHDSL; se describen únicamente las funciones necesarias para asegurar el interfuncionamiento de los equipos de distintos fabricantes. Las principales características de la Recomendación son:

- disposiciones para el funcionamiento dúplex por pares metálicos trenzados de 2 hilos con calibre mixto o, facultativamente, de 4 hilos;
- especificación de la funcionalidad de capa física, por ejemplo, códigos de línea y corrección de errores en recepción;
- especificación de la funcionalidad de capa de enlace de datos, por ejemplo sincronización de tramas y datos sobre explotación y mantenimiento;
- disposiciones para el uso facultativo de repetidores con el fin de ampliar el alcance;
- disposiciones para la compatibilidad espectral con otras tecnologías de transmisión desplegadas en la red de acceso;
- disposiciones para cumplir con los requisitos regionales, con inclusión de las diferencias funcionales y los requisitos de calidad de funcionamiento.

Hasta la fecha, las principales aplicaciones propuestas para la Recomendación G.991.2 son servicios de red a velocidad fija, como:

- transporte RDSI con interfaz a velocidad primaria (RDSI PRI) o transporte múltiple RDSI con acceso básico (RDSI-BA);
- enlaces vocales con sitios de células inalámbricas;
- transporte T1/E1;
- transporte fraccional T1/E1;
- transporte múltiple en sistemas telefónicos convencionales.

Servicios de datos y vocales para empresas a alta velocidad, como:

- interconexión LAN;
- transporte TCP/IP/PPP/ATM para la retransmisión de trama de acceso a Internet o ATM desde centros de empresas o entre estos centros;
- videoconferencia;
- multimedios interactivos;
- aprendizaje a distancia;
- servicios avanzados de base de datos.

3 Recomendación G.992.1 (ex-G.dmt) – Transceptores de línea de abonado digital asimétrica (ADSL)

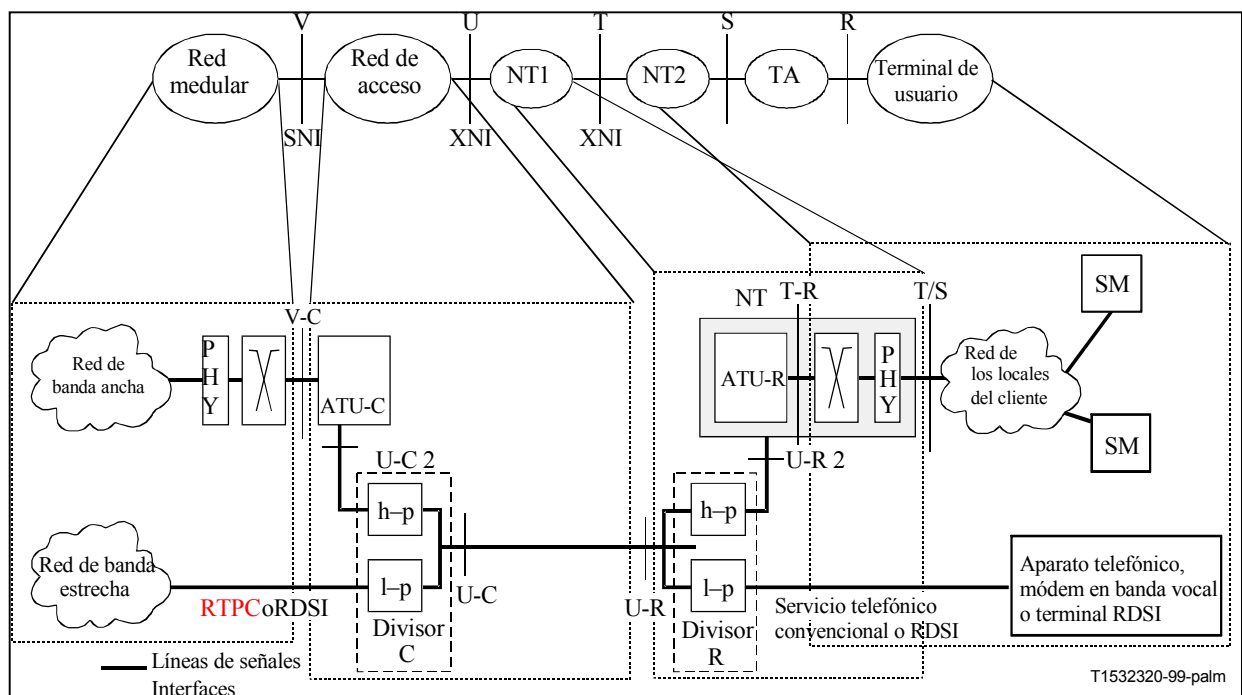
En la Recomendación G.992.1 se describen los transceptores de línea de abonado digital asimétrica (ADSL) por un par de cables metálicos trenzados que permite efectuar transmisiones de datos a alta velocidad entre el extremo operador de red (ATU-C) y el extremo cliente (ATU-R). Estos sistemas permiten unas velocidades de transmisión de datos de aproximadamente 6 Mbit/s en sentido descendente y 640 kbit/s en sentido ascendente, dependiendo del nivel de ruido y del entorno en el cual se instalen.

En esta Recomendación se especifican las características de capa física de la interfaz de la línea de abonado digital asimétrica (ADSL) con los bucles metálicos, y en la figura 1 se ilustra un modelo de referencia del sistema.

Se publicó esta Recomendación para facilitar la intercomunicación y el interfuncionamiento entre las unidades de transmisión ADSL en el extremo del cliente (ATU-R) y en el extremo del operador de red (ATU-C). Se utiliza un solo par de hilos telefónicos trenzados para conectar ATU-C con ATU-R. Las unidades de transmisión ADSL deben hacer frente a una diversidad de degradaciones típicas y características de los pares de hilos (por ejemplo, diafonía y ruido).

Una unidad de transmisión ADSL puede transportar simultáneamente portadoras símplex descendentes, portadoras dúplex, un canal dúplex analógico de banda de base, y una tara de línea ADSL para alineación de trama, control de errores, operaciones y mantenimiento.

Figura 1 – Modelo de referencia de sistema para G.992.1



4 Recomendación G.992.2 (ex-G.lite) – Transceptores para línea de abonado digital asimétrica (ADSL) sin divisor

La Recomendación G.992.2 describe la interfaz entre la red de comunicaciones y las instalaciones del cliente en lo tocante a su interacción y las características eléctricas. La Recomendación G.992.2 permite la transmisión simultánea del servicio telefónico convencional y los servicios de datos de la serie V con un canal digital por un solo par metálico trenzado de calibre mixto. En esta Recomendación también se definen los procedimientos para el funcionamiento en un entorno TCM-RDSI con ruido.

La Recomendación contiene procedimientos que permiten ofrecer servicios sin necesidad de «divisores», los cuales por lo general se instalan en el nodo de ingreso a los locales del cliente. Se especifican además procedimientos de gestión de potencia y los estados del enlace que permiten ahorrar potencia en la central y las instalaciones del cliente.

El sistema de transmisión está diseñado para funcionar en pares metálicos trenzados de dos hilos con calibres mixtos por las instalaciones de cobre existentes y por el cableado de los locales del cliente. Estos transceptores están destinados principalmente a los usuarios residenciales y son versiones simplificadas de los sistemas G.992.1 que no requieren una instalación compleja».

La unidad de transmisión G.992.2 puede transportar simultáneamente una portadora simplex descendente y ascendente, un canal dúplex analógico de banda de base y una tara de línea ADSL para alineación de trama, control de errores, operaciones y mantenimiento. Un sistema G.992.2 admite como máximo velocidades de datos netas de 1 536 Mbit/s en sentido descendente y 512 kbit/s en sentido ascendente.

5 Recomendación G.993.1 (G.vdsl) – Transceptores de línea de abonado digital de muy alta velocidad

Los sistemas VDSL admiten velocidades asimétricas de hasta 51 Mbit/s y velocidades simétricas de hasta 26 Mbit/s por un solo par de hilos optimizado para velocidad elevada y alcance reducido. La velocidad ascendente es de 1,6 Mbit/s, 2,3 Mbit/s y 19 Mbit/s, o es igual a la velocidad descendente en el caso de transmisión simétrica. Estos sistemas cubren distancias de alrededor de 300-1 500 m, dependiendo de la velocidad binaria.

Como los sistemas VDSL sólo abarcan el enlace entre el armario y las instalaciones del cliente, necesitan una arquitectura de la Fibra al Nodo con una unidad de red óptica (ONU) situada en la red de acceso metálica existente (o en la central o la central local servidoras) para el transporte de datos de banda ancha entre la central y el armario. Esta arquitectura, ilustrada en la figura 3, abarca tanto las opciones de corto como largo alcance para las conexiones ópticas de fibra VDSL.

El modelo de referencia del sistema para G.992.2 de la figura 2 ilustra los bloques funcionales necesarios para ofrecer este tipo de servicio ADSL.

Figura 2 – Modelo de referencia de sistema para G.992.2

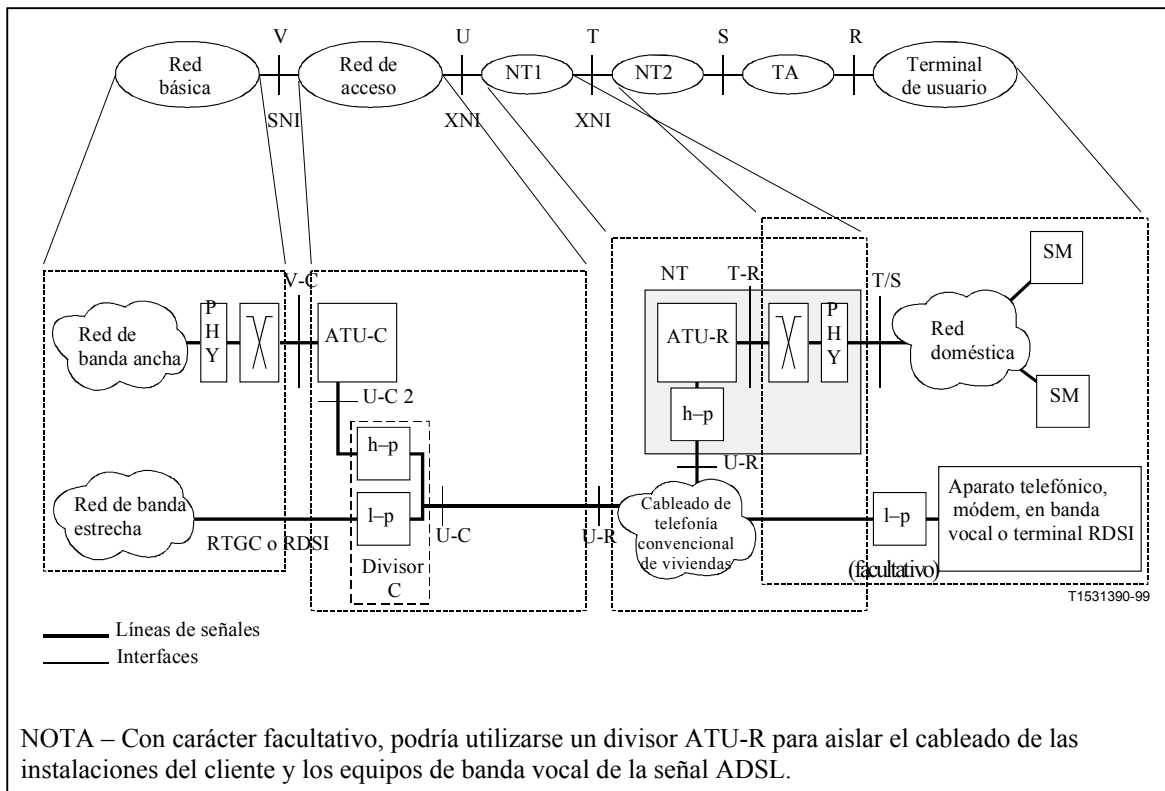
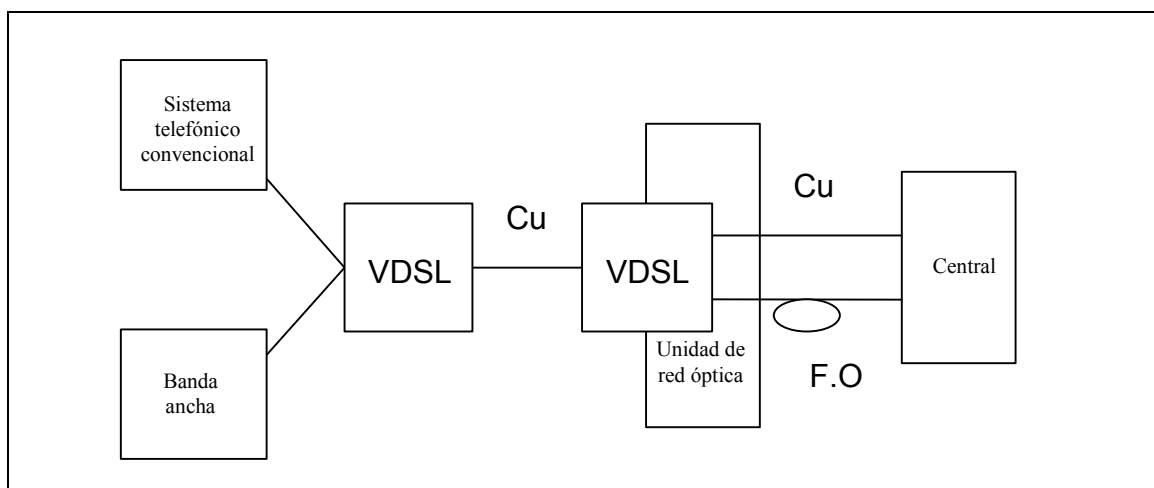


Figura 3 – Esquema de conexión VDSL



6 Recomendación G.994.1 (ex-G.hs) – Procedimientos de toma de contacto para transceptores de línea de abonado digital (DSL)

La Recomendación G.994.1 define señales, mensajes y procedimientos para equipos de línea de abonado digital (DSL), cuando es necesario establecer y seleccionar automáticamente los modos de operación de los equipos, pero antes de que se efectúe el intercambio de señales que son específicas de una determinada Recomendación sobre la DSL.

Las principales características de la Recomendación G.994.1 son:

- utilización a través de bucles locales metálicos;
- disposiciones para intercambiar información relativa a las capacidades entre equipos DSL para identificar modos de operación comunes;
- disposiciones para que el equipo DSL emplazado en cada extremo del bucle seleccione un modo común de operación o pida al otro extremo que seleccione el modo;
- disposiciones para intercambiar información no normalizada entre equipos DSL;
- disposiciones para intercambiar y solicitar información relacionada con el servicio y la aplicación;
- soporte de los modos de transmisión dúplex y semidúplex.

7 Recomendación G.995.1 – Visión de conjunto de las Recomendaciones sobre líneas de abonado digitales (DSL)

La Recomendación UIT-T G.995.1 proporciona las orientaciones necesarias y un panorama general de la familia de Recomendaciones sobre sistemas DSL. Se describen las distintas Recomendaciones sobre sistemas DSL, se define una referencia de sistema genérico y una configuración de referencia de protocolo para las Recomendaciones DSL y se establece una correlación con los modelos de referencia de sistema de las Recomendaciones DSL. Esta Recomendación tiene carácter informativo y no entraña ningún requisito específico.

8 Recomendación G.996.1 (ex-G.test) – Procedimientos de prueba para transceptores de líneas de abonado digitales (DSL)

En la Recomendación G.996.1 se describen los procedimientos de prueba para las Recomendaciones sobre línea de abonado digital (DSL) de la UIT. Entre los procedimientos de prueba descritos en esta Recomendación figuran métodos para ensayar transceptores DSL en presencia de diafonía causada por otros servicios, ruido de impulsos y señalización de sistemas telefónicos convencionales. Se especifican los bucles de prueba y los modelos de cableado doméstico de diferentes regiones del mundo, como referencia para las pruebas de calidad de funcionamiento de sistemas DSL. En este documento se hace referencia a otras Recomendaciones sobre sistemas DSL para procedimientos de prueba y configuraciones. La Recomendación G.996.1 no especifica los requisitos de calidad de funcionamiento para esas otras Recomendaciones, sólo los procedimientos para medir los requisitos de calidad de funcionamiento para una determinada Recomendación.

9 Recomendación G.997.1 (ex-G.ploam) – Gestión de capa física para transceptores de línea de abonado digital (DSL)

La Recomendación G.997.1 especifica la gestión de la capa física (contenido de elementos de red y sintaxis para la configuración, la gestión de anomalías y de calidad de funcionamiento) para los sistemas de transmisión ADSL. Se especifica el medio de comunicación en un canal de transmisión transparente definido en las Recomendaciones G.992.1 y G.992.2 sobre capa física.

10 Relaciones entre las Recomendaciones sobre sistemas DSL

Las Recomendaciones sobre sistemas DSL están relacionadas entre sí como se explica en la Recomendación G.995.1.

Las Recomendaciones G.992.1, G.992.2, G.991.1 y G.991.2 son especificaciones de la interfaz de capa física digital metálica para instalaciones de pares de hilos de cobre trenzados. Hay diferencias en lo que respecta al tipo de aplicaciones, las gamas de velocidades de datos, la simetría o asimetría en cada uno de los sentidos de transmisión, la cobertura del bucle y las tecnologías de código de línea.

Desde el punto de vista de la simetría, las Recomendaciones G.991.1 y G.991.2 presentan sistemas con velocidades de datos simétricas, mientras que las Recomendaciones G.992.1 y G.992.2 presentan sistemas con velocidades de datos asimétricas en los sentidos de transmisión ascendente y descendente. Las Recomendaciones G.991.1 y G.991.2 no permiten la transmisión simultánea de señales de banda ancha y señales de banda vocal. Un sistema G.991.1 completamente equipado consiste en un servicio a velocidad de datos simétrica de 2 320 kbit/s, dos de estos servicios a 1 168 kbit/s, o dos o tres de estos servicios a 784 kbit/s.

Los sistemas G.992.1 soportan una velocidad de datos de 6,144 Mbit/s en sentido descendente y 640 kbit/s en sentido ascendente. En el caso de la G.992.2, los sistemas soportan una velocidad máxima de 1,536 Mbit/s en sentido descendente y 512 kbit/s en sentido ascendente. En el sistema G.992.1 hay más asimetría entre los sentidos descendente y ascendente, comparado con el sistema G.992.2.

En lo que concierne a la cobertura del bucle, los sistemas G.991.1 y G.991.2 tienen una longitud de bucle menor que los sistemas G.992.1 y G.992.2. La longitud de los sistemas G.991.1 y G.991.2 puede aumentarse mediante regeneradores. En los bucles G.992.1 y G.992.2 no se especifican regeneradores.

En lo que concierne a las aplicaciones, los sistemas G.991.1 y G.991.2 son apropiados para aplicaciones comerciales. El sistema G.992.1 puede utilizarse para aplicaciones comerciales y domésticas, mientras que el sistema G.992.2 es adecuado fundamentalmente para aplicaciones domésticas. La gran anchura de banda en sentido descendente de los sistemas G.992.1 facilita algunas de las aplicaciones de radiodifusión, como vídeo a la carta. Las otras aplicaciones de datos son posibles con la restricción de las menores velocidades de datos en sentido ascendente, si se comparan con los sistemas G.991.1 y G.991.2.

La facilidad de instalación es la principal ventaja del sistema G.992.2. Es adecuado para el acceso a Internet a alta velocidad en comparación con la transmisión de datos en la banda vocal. Los sistemas G.992.2 y G.992.1 utilizan los mismos principios de código de línea DMT. La Recomendación G.991.1 permite elegir entre los códigos de línea 2B1Q y CAP.

Las Recomendaciones G.992.1 y G.992.2 están estrechamente relacionadas en algunos aspectos. En otros aspectos son diferentes. La estrecha relación entre ambas consiste en la utilización del mismo código de línea DMT medular y sus parámetros asociados. La Recomendación G.992.2 ha sido desarrollada pensando en el posible interfuncionamiento con la G.992.1 y se basa en modificaciones a dicha Recomendación para satisfacer los objetivos esenciales de poca complejidad del equipo, menor consumo de energía y funcionamiento sin divisor. Algunas características de la G.992.2, transformada rápida de Fourier inversa (IFFT) de menor tamaño para el transmisor en sentido descendente, serie de parámetros reducida para la codificación FEC y el entrelazado, y estructura de entramado de tara reducida y más simple. Otras características específicas de la G.992.2 son los mecanismos de reacondicionamiento rápido y de ahorro de energía. El procedimiento de reacondicionamiento rápido interviene cuando se descuelga un teléfono no lineal, lo que cambia las características del canal de una manera considerable en los entornos sin divisor.

La Recomendación G.994.1 proporciona un modo común de selección y operación automáticas de los equipos definidos en G.992.1 y G.992.2. Las señales de mensajes y los procedimientos de la Recomendación G.994.1 se efectúan antes de que se intercambien las señales que son específicas de una determinada Recomendación sobre la DSL. La utilización de la G.994.1 está prevista como parte integrante de las Recomendaciones G.992.1 y G.992.2, incluso de la G.991.2. La Recomendación G.991.1 no es compatible con la G.994.1 que se prevé utilizar en las futuras Recomendaciones sobre la DSL y en la futura revisión de las actuales Recomendaciones. La Recomendación G.994.1 no influye en forma alguna en las Recomendaciones G.997.1 y G.996.1.

La Recomendación G.996.1 define una serie de procedimientos de prueba comunes, especificaciones de bucle y modelos de ruido para facilitar la prueba de la calidad de funcionamiento de los sistemas de las Recomendaciones de la serie G.DSL. Las Recomendaciones G.992.1 y G.992.2 utilizan los procedimientos de prueba, las especificaciones de bucle y los modelos de ruido de la G.996.1 cuando se especifican los requisitos de calidad de funcionamiento.

La Recomendación G.991.1 incluye las especificaciones en estos aspectos. Se espera que las futuras Recomendaciones de la serie G.DSL continúen utilizando los recursos de la G.996.1 en la especificación de sus requisitos de calidad de funcionamiento.

En la Recomendación G.997.1 se especifican medios de comunicación en un canal de operaciones insertadas transparente definido en la capa física. Se especifican el contenido de elementos de red y la sintaxis para la configuración, la gestión de anomalías y la calidad de funcionamiento. Aunque la Recomendación G.997.1 define una serie común de elementos de red y sintaxis para configuración, gestión de anomalías y calidad de funcionamiento para las Recomendaciones G.992.1, G.992.2 y G.991.1, no excluye la utilización de canales de operaciones insertadas, tal como están definidos actualmente en dichas Recomendaciones.

Las configuraciones de referencia de las figuras 1 y 2 ilustran las agrupaciones funcionales abstractas, que podrían o no corresponder a dispositivos reales. Los dispositivos reales podrían comprender una agrupación funcional abstracta, más de una agrupación funcional abstracta o una porción de la misma.

Comparando las figuras 1 y 2 se puede observar que la principal diferencia en el modelo de referencia de sistema estriba en la ausencia de un mecanismo separado de divisor del servicio telefónico convencional. El mecanismo de filtro paso alto está integrado en el NT, un filtro paso bajo facultativo aparece junto a los documentos del servicio telefónico convencional, la RDSI o el terminal de usuario, y la interfaz U-R2 no existe en el sistema G.992.2.

De todos modos, esto no excluye la utilización del sistema de transmisión G.992.2 con divisor, según se indica en G.992.1.

ANEXO 2

Descripción técnica de los sistemas DSL

Los sistemas DSL necesitan procesos complejos para el tratamiento de señales analógicas y digitales mediante tecnologías de circuitos avanzadas. Este anexo es una descripción simplificada de las complejas funciones de algunos sistemas DSL. Es interesante conocer las funciones básicas para elegir el sistema y para entender sus condiciones y limitaciones de funcionamiento.

1 Tecnología ADSL

Las líneas de abonado digitales asimétricas permiten transmitir datos a alta velocidad por un par de hilos trenzados. La figura 1.1 es un diagrama lógico simplificado que presenta separadamente las funciones del transmisor y el receptor ADSL. En un terminal ADSL (transceptor), las funciones del transmisor y el receptor están conectadas mediante un circuito híbrido.

El transmisor ADSL está formado por:

Interfaz digital	
Multiplexor	(MUX)
Formación de tramas	(Generador de tramas)
Orden de tono	(Orden de tono)
Codificación de constelación	(Codificador de constelación y control de ganancia)
Transformada discreta de Fourier inversa	(IDFT)
Convertidor paralelo/serie	(P/S)
Convertidor digital/analógico	(D/A, filtro, amplificador)
Interfaz de línea	

El receptor ADSL está formado por:

Interfaz de línea	
Convertidor analógico/digital	(A/D, filtro, amplificador AGC)
Igualador en el dominio temporal	(TEQ)
Transformada discreta de Fourier	(DFT)
Igualador en el dominio de frecuencias	(FEQ)
Decodificador de constelación	(Decod. Const.)
Regenerador de bit de tono	(Regen. bit tono)
Tratamiento de tramas	(Alineación de tramas)
Demultiplexor	(Demux)
Interfaz digital	

En la figura 1.1 también se representa el flujo de señales, analógicas y digitales, repartidas en el dominio temporal y en el dominio de frecuencias.

1.1 Funciones del transmisor**1.1.1 Interfaz de línea**

La transmisión en el bucle de abonado se realiza según el principio de múltiples portadoras con multitono discreto (DMT). La anchura de banda disponible para transmisión está dividida en bandas de frecuencias paralelas que transmiten partes del flujo total de información. El sistema ADSL utiliza 256 frecuencias subportadoras (el sistema ADSL Lite utiliza 128 frecuencias subportadoras) en la dirección descendente y 32 subportadoras en la dirección ascendente. Entre las subportadoras hay una separación uniforme de 4,3125 kHz. En la figura 1.2 se representa la atribución de subportadoras para distintos sistemas ADSL. Una de las subportadoras se utiliza como tono piloto y las otras están moduladas con una señal de

4000 baudios para transportar información. En la figura 1.3 se representa el principio de modulación. Las frecuencias subportadoras transportan información codificada en modulación por amplitud en cuadratura (QAM), es decir, la frecuencia subportadora se modula con el envolvente de la señal QAM. El espectro de señal de línea contiene todas las frecuencias subportadoras.

1.1.2 Interfaz digital

Se pueden conectar hasta 7 canales portadores al transmisor ADSL:

4 canales descendentes y 3 canales dúplex ascendentes y descendentes.

1.1.3 Multiplexor

La anchura de banda de transmisión disponible en un enlace ADSL está repartida entre los canales portadores activos, las señales de temporización y sincronización, y las señales de gestión.

El sistema tiene interfaces de gestión para los bits indicadores (ib), el canal de operaciones intercalado (eoc) y el canal de control de tara ADSL (aoc). Todas las señales son combinadas y organizadas en tramas.

1.1.4 Formación de tramas

Antes de transportar las tramas, el flujo de señales se codifica para verificación por redundancia cíclica (crc), se cifra y se codifica para corrección de errores en recepción (FEC). Normalmente, todas las tramas contienen señales de una pista rápida y de una pista de latencia. En la pista de latencia, el proceso de intercalación garantiza una transmisión más segura, pero también aumenta el retardo.

Cada trama se transmite como un símbolo de multitono discreto (DMT). Se transmiten 4000 tramas por segundo, lo que significa que cada trama dura 0,25 ms. Ahora bien, el contenido de la trama (bits/s) es variable y depende del estado de la línea. Se añade una trama de sincronización por cada grupo de 68 tramas en el convertidor paralelo/serie, para formar tramas globales que contienen 69 tramas y duran 17 ms. En la figura 1.4 se representa la trama global de una transmisión ADSL descendente. Todas las tramas contienen datos rápidos y datos intercalados. El byte rápido de cada trama transporta información crc o ib. La trama de sincronización (símbolo de sincronización) no transporta datos.

1.1.5 Orden de tono

Varias subportadoras paralelas transportan el símbolo DMT (subsímbolos), y el símbolo se presenta en el dominio de frecuencias. Cada subportadora transporta varios bits durante cada subsímbolo. Los bits se seleccionan en la trama entrante. El número de bits en cada subsímbolo depende de la calidad de transmisión en la subportadora. Un subsímbolo puede transportar hasta 15 bits. La calidad se determina transmitiendo una estructura conocida (señal de banda ancha) durante el proceso de inicialización de una transmisión ADSL. En el receptor ADSL se miden la potencia recibida y la relación señal ruido en cada subportadora. Con estas medidas se puede determinar el número de bits permitido y la potencia de transmisión necesaria para cada subportadora (tono), y se comunica el resultado al transmisor. Con esta información, el transmisor atribuye a cada subsímbolo el número de bits permitido y transmite la subfrecuencia con la potencia necesaria. En la figura 1.5 se representan, con un ejemplo, el número de bits transmitidos según la relación S/N recibida, y la selección de bits de una trama entrante. Si la relación S/N es alta, el número de bits/tono puede ser muy alto. En el ejemplo se utiliza el principio de transmisión intercalada para introducir estos bits.

1.1.6 Codificación de constelación

Los bits de cada subsímbolo se codifican por el método de modulación de amplitud en cuadratura (QAM). Si cada subsímbolo tiene N bits, habrá 2^N puntos de constelación diferentes (o 2^N – constelación QAM). Así, el número máximo de 15 bits/subsímbolo resulta en 32768 puntos de constelación. En la figura 1.6 se representan las constelaciones 4-QAM y 16-QAM como ejemplos. La primera puede transportar los bits 00, 01, 10 y 11, lo que supone 4 puntos de constelación. Los puntos de constelación se pueden representar como números complejos. En uno de los ejemplos de la figura 1.6 (abajo a la izquierda), las constelaciones {00,01,10,11} resultan en el número complejo X1. (Re es la parte real e Im la parte imaginaria de un número complejo). Se utiliza una frecuencia subportadora para modular los puntos de constelación y transmitirlos como subsímbolos. La señal modulada correspondiente es:

$$S_1(t) = \text{Re}\{X_1 \exp i2\pi f_{sc} t\}$$

Se puede ilustrar la modulación como una rotación de las constelaciones X1, con $\omega = 2\pi f_{sc}$. (f_{sc} = frecuencia subportadora) (véase la figura 1.6 abajo a la derecha). El proceso de codificación de constelación descrito se aplica a cada subportadora.

1.1.7 Transformada discreta de Fourier inversa

Se hace la modulación de todas las subportadoras, y todos los subsímbolos resultantes se adicionan para obtener un símbolo DMT, que se puede expresar en el dominio temporal como:

$$S(t) = \sum \text{Re}\{X_i \exp j2\pi f_{sci} t\}, \sum \text{ donde } i = 1 \text{ hasta } N$$

Esta ecuación corresponde a la definición de la transformada discreta de Fourier inversa (IDFT, *inverse discrete Fourier transform*). Los coeficientes X_i se determinan durante el proceso de codificación de la constelación, y las iteraciones realizadas por la IDFT se traducen en una presentación paralela de los subsímbolos como muestras digitales en el dominio temporal.

1.1.8 Convertidor paralelo/serie

Las muestras digitales paralelas se convierten en muestras serie. Cada símbolo DMT está representado por 512 muestras, que corresponden a las 256 frecuencias subportadoras utilizadas para transportar la información. A estas 512 muestras se añaden otras 32 como prefijo cíclico.

El prefijo cíclico, que no transporta información se añade al principio de cada símbolo DMT. El igualador del dominio temporal en el receptor utilizará este prefijo cíclico para atenuar la deformación de canal.

1.1.9 Convertidor digital/analógico

Las muestras digitales se convierten en señales analógicas y aparecen como varias subfrecuencias paralelas (cada una es una frecuencia subportadora modulada por amplitud en cuadratura). Un acoplador híbrido transporta las señales analógicas a la línea una vez amplificadas y filtradas (véase la figura 1.8).

1.2 Receptor

1.2.1 Convertidor analógico/digital

El amplificador de control automático de ganancia (AGC) se ajusta durante el proceso de inicialización. Las señales analógicas filtradas se convierten en muestras digitales en el dominio temporal.

1.2.2 Igualador en el dominio temporal

La figura 1.7 es un ejemplo de respuesta de canal al símbolo DMT transmitido, que provoca interferencia entre los símbolos DMT (arriba a la derecha en la figura 1.7). La figura ilustra un proceso digital con una presentación analógica para mayor claridad. El igualador en el dominio temporal (TEQ) acorta la duración de la señal de respuesta provocada por la distorsión en el canal (abajo a la derecha en la figura). En el intervalo de tiempo del prefijo cíclico colocado al principio de cada símbolo DMT aparecen respuestas residuales, pero no interfieren con el proceso de detección (banda de guarda del prefijo cíclico). El prefijo cíclico se elimina después de la igualación en el dominio temporal.

1.2.3 Transformada de Fourier discreta

La transformada de Fourier discreta (DFT, *discrete Fourier transform*) convierte las muestras del dominio temporal al dominio de frecuencias.

1.2.4 Igualador en el dominio de frecuencias

El igualador en el dominio de frecuencias (FEQ) ajusta la ganancia y la fase de las frecuencias subportadoras entrantes, para poder utilizar un decodificador común.

1.2.5 Decodificador de la constelación

El decodificador determina las constelaciones de modulación por amplitud en cuadratura (QAM) de todas las subportadoras entrantes durante el intervalo del símbolo DMT.

1.2.6 Regenerador de bit de tono

El regenerador de bit de tono convierte las constelaciones QAM de cada subsímbolo en secuencias de bit organizadas en tramas.

1.2.7 Tratamiento de tramas

Las señales se someten a varios procesos: decodificación de corrección de errores en recepción (FEC), descifrado y decodificación de verificación por redundancia cíclica (crc). Es necesario hacer un proceso de intercalación invertido para la pista de latencia.

1.2.8 Demultiplexor

El demultiplexor entrega la información a los canales portadores descendentes de recepción, y recibe información de los canales portadores ascendentes de emisión. También entrega la información de gestión.

1.3 Transceptor ADSL con control del eco

La figura 1.8 es un diagrama lógico de un terminal ADSL con compensación de eco. El proceso de compensación de eco permite utilizar la misma anchura de banda para las transmisiones ascendente y descendente.

1.3.1 Igualador en el dominio de frecuencias

El transmisor local envía una señal de banda ancha conocida, y el receptor local utiliza esta señal para calcular la respuesta de frecuencia de eco.

1.3.2 Igualador en el dominio temporal

Las respuestas de eco son largas debido a la energía de señal reflejada en el transceptor del extremo distante, y a las señales residuales de los circuitos híbridos. El igualador en el dominio temporal las compensa mediante un proceso de síntesis de eco circular (CES).

1.4 Proceso de inicialización

Antes de transmitir la cabida útil, es necesario ajustar los terminales ADSL de la central y del cliente uno al otro y según las características del bucle de abonado que los separa. Se necesitan los siguientes procesos:

Activación: Envío y recepción de frecuencias de activación durante determinados intervalos.

Definición de la ganancia: Transmisión de una señal de banda ancha conocida para ajustar el amplificador de control automático de ganancia (AGC), con una señal de banda ancha conocida se pueden hacer mediciones de la relación S/N y de potencia en cada subportadora, y así calcular el nivel de transmisión necesario y los bits permitidos por cada subsímbolo.

Sincronización: Un tono piloto con valores de frecuencia y fase conocidos controla el bucle de enclavamiento de fase digital del receptor para la temporización de conversión A/D y D/A; se envían señales de sincronización basadas en el prefijo cíclico, sin tono, y la respuesta del canal permite sincronizar los símbolos.

Igualación: Igualación en el dominio temporal (TEQ) y en el dominio de frecuencias (FEQ), así como la compensación de eco con una señal de banda ancha conocida.

Figura 1.1 – Principios del transmisor y del receptor de un sistema ADSL

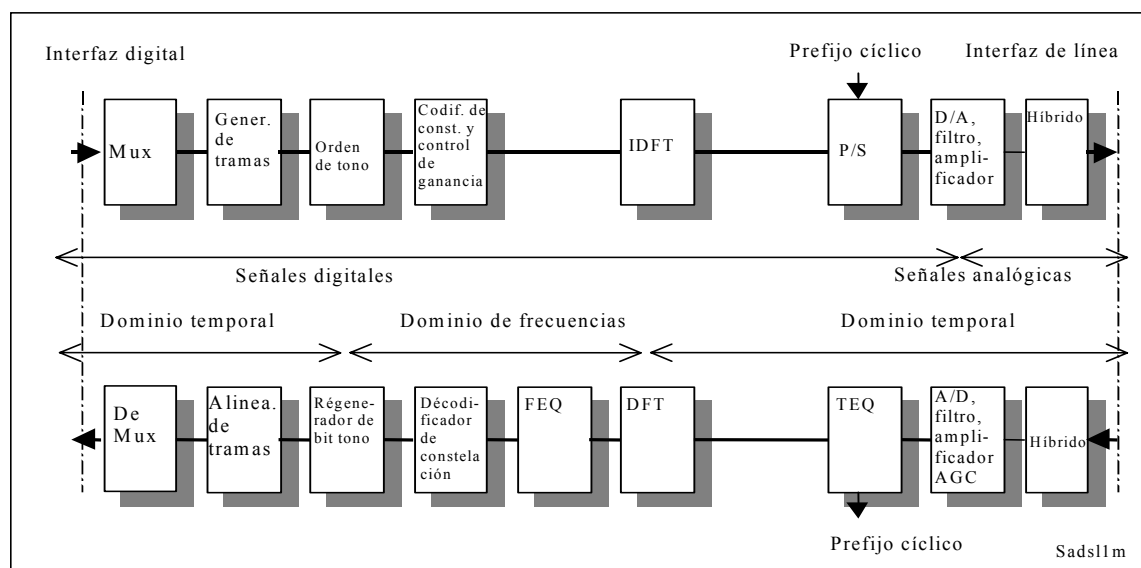


Figura 1.2 – Plan de frecuencias para el sistema ADSL

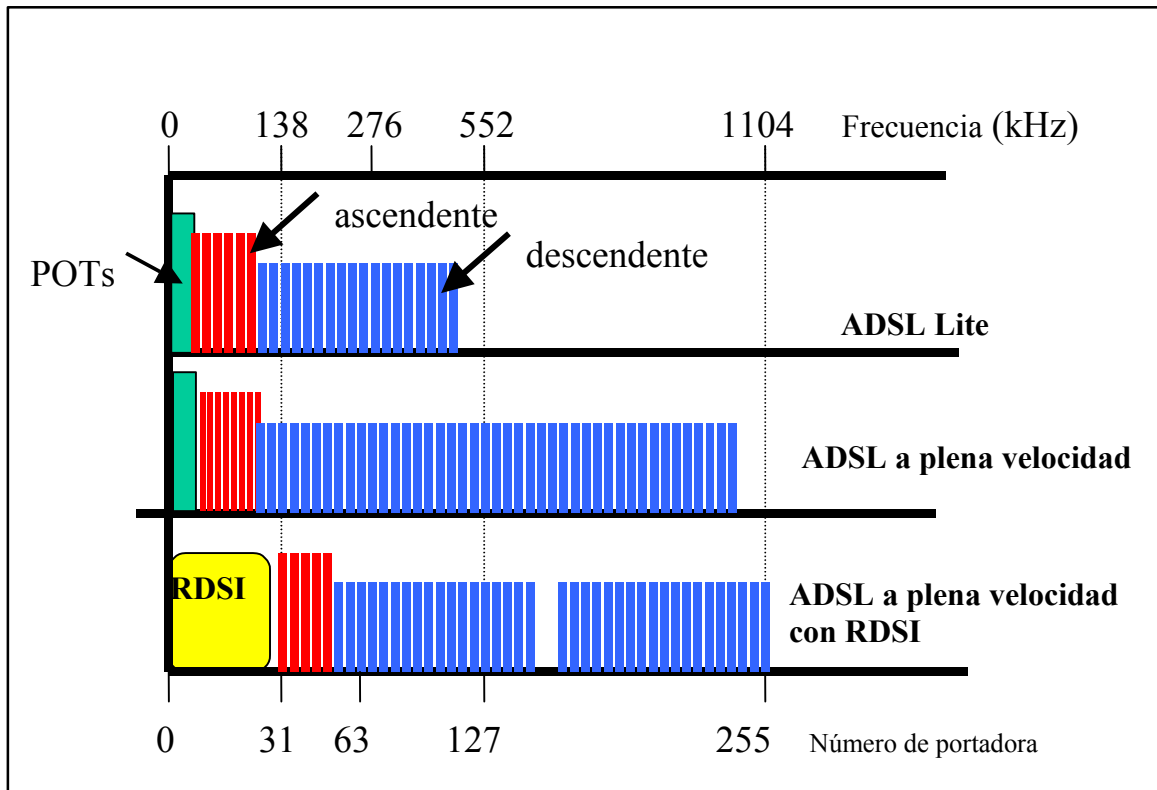


Figura 1.3 – Espectro de transmisión de la señal de línea

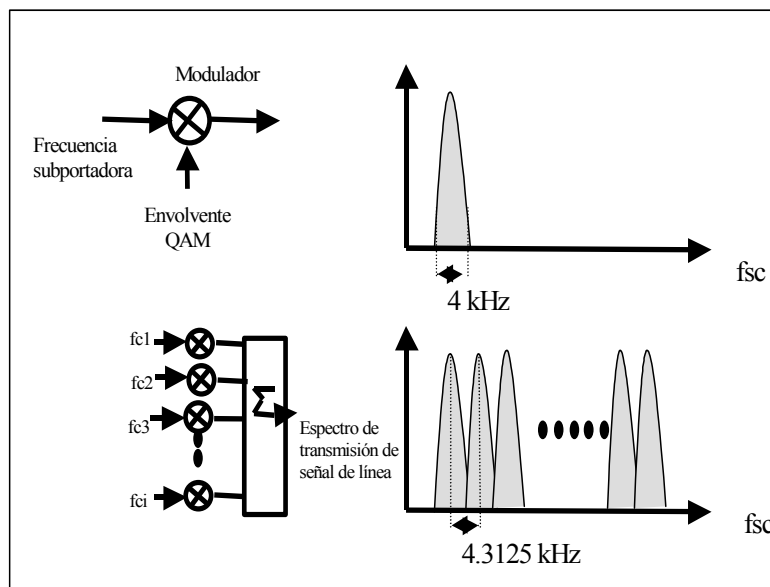


Figura 1.4 – Supertrama y configuración de tramas del sistema ADSL

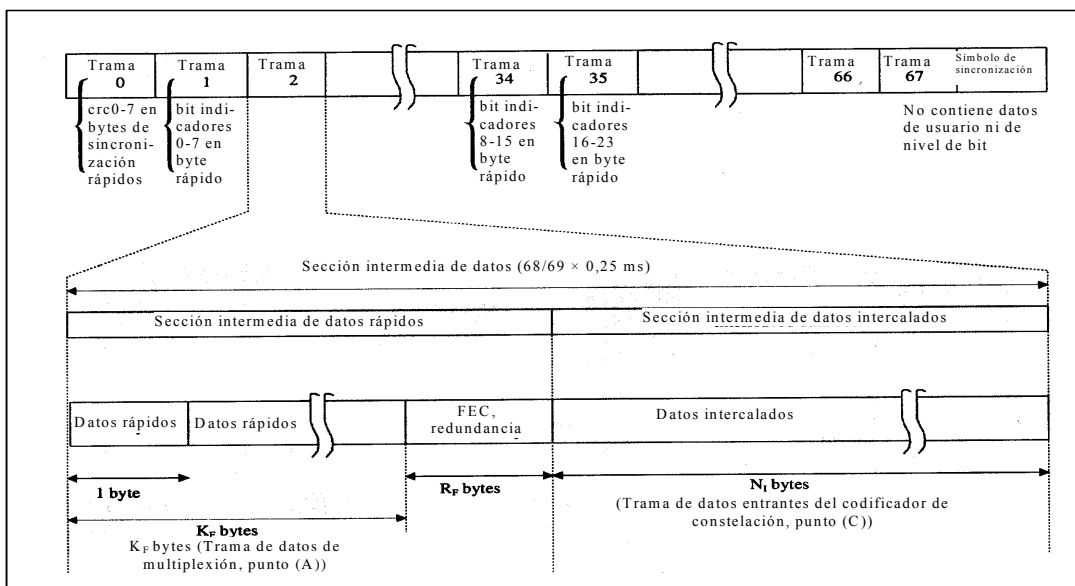


Figura 1.5 – Ejemplo de orden de tono y extracción de bit

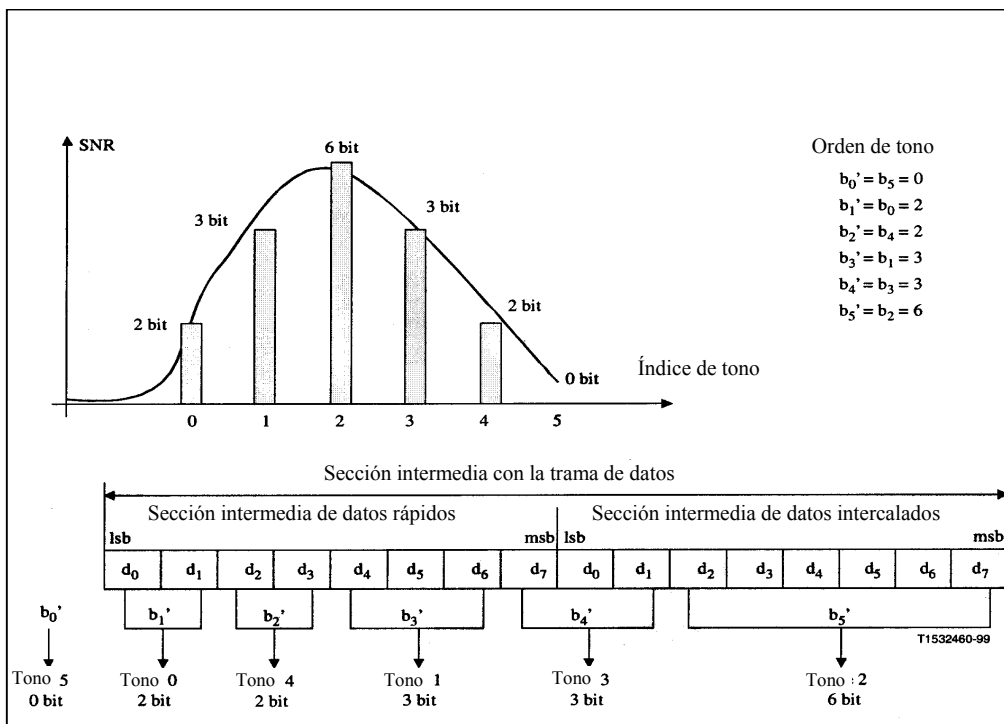


Figura 1.6 – Ejemplos de codificación y modulación de constelación

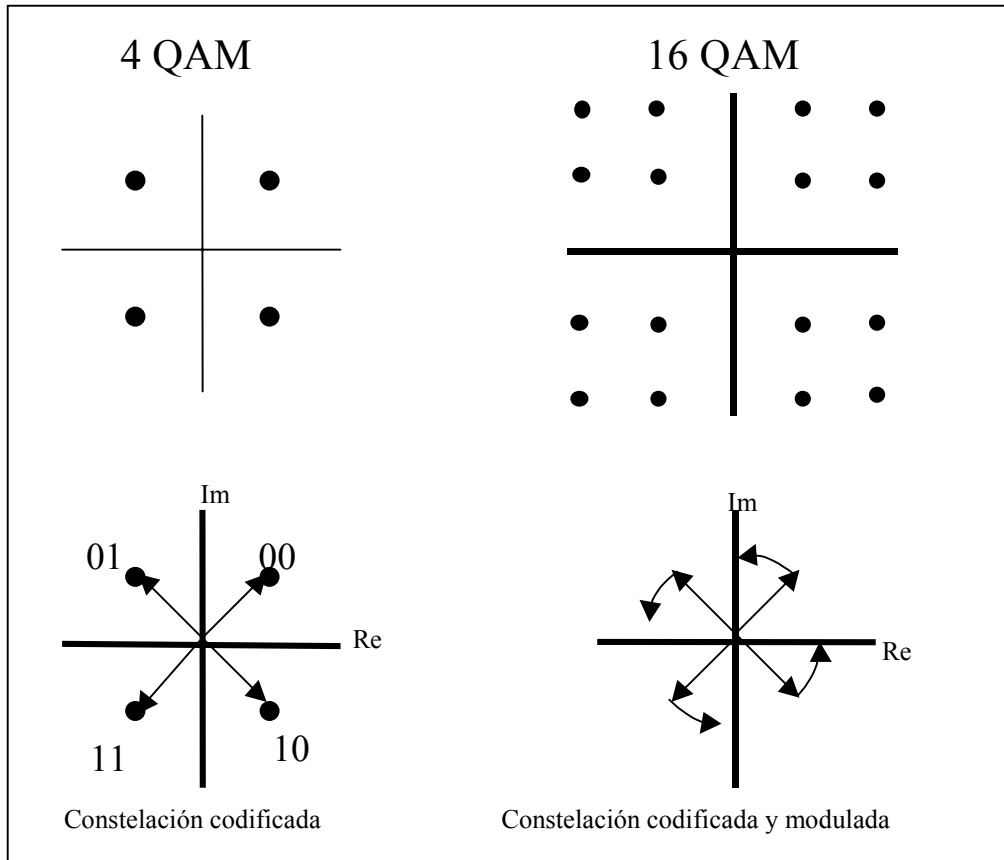


Figura 1.7 – Ejemplo de respuesta del canal con/sin igualación

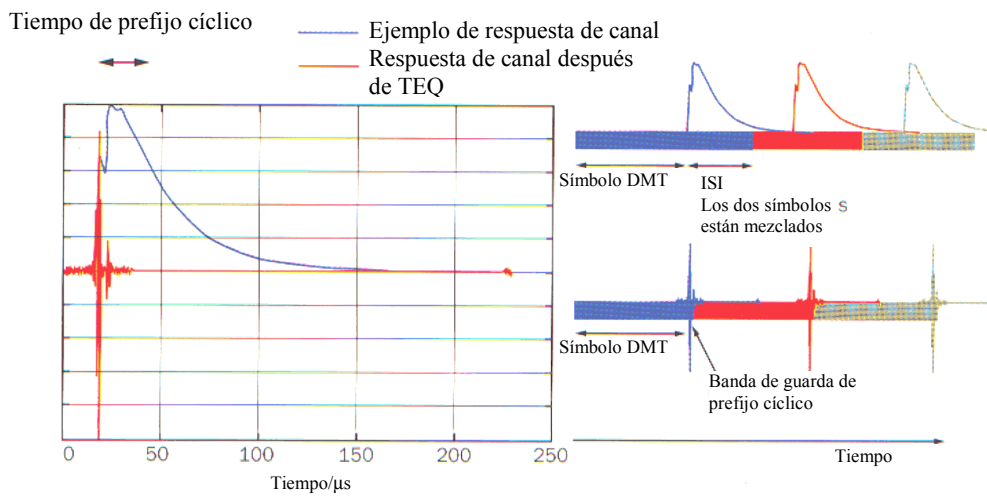
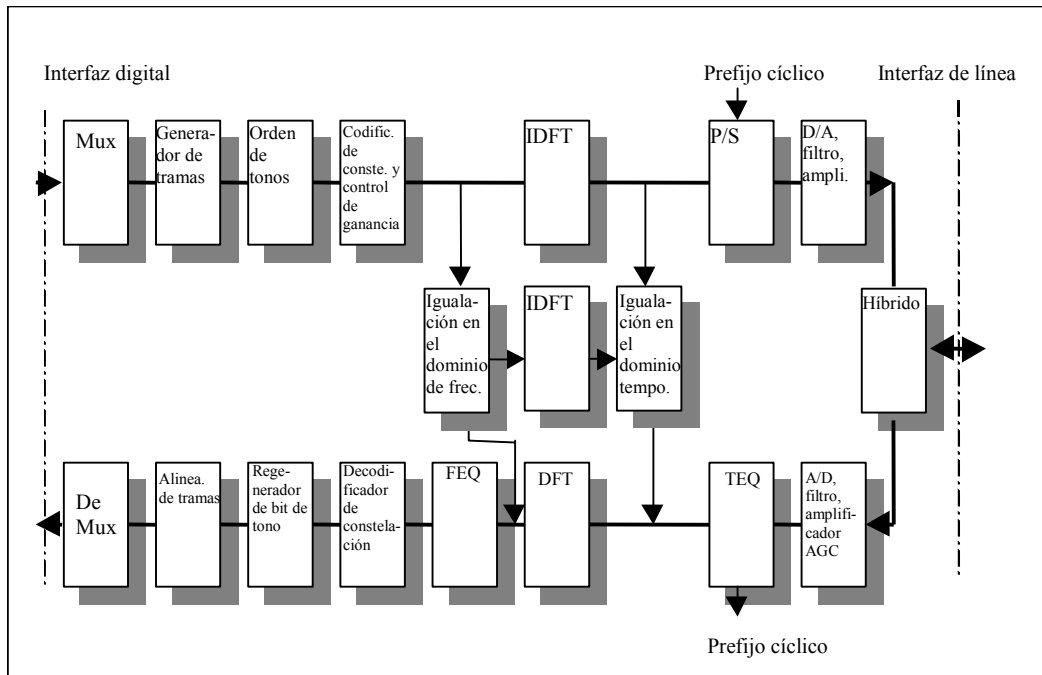


Figura 1.8 – Transceptor ADSL con compensación de eco



2 La tecnología SHDSL

La tecnología de línea de abonado digital de alta velocidad en un solo par (SHDSL), definida en la Recomendación UIT-T G.991.2, permite realizar transmisiones de alta velocidad binaria por uno o dos pares de cobre trenzados, con utilización facultativa de repetidores. El sistema SHDSL es una versión más avanzada del sistema HDSL con las mismas características de alcance, degradación del bucle, robustez y servicios. El sistema SHDSL se distingue por sus costos inferiores y la compatibilidad con otros sistemas xDSL. Permite la transmisión T1 y E1 a distancias de unos 4000 metros.

La capacidad de transporte por un solo par permite velocidades de transmisión de datos entre en 192 kbit/s y 2312 kbit/s con incrementos de 8 kbit/s. Cálculo de la velocidad de transmisión de datos permitida:

$$(N \times 8 + I) \times 8 \text{ kbit/s}$$

para valores de N entre 3 y 36, y valores de I entre 0 y 7. Si N = 36, el valor de I sólo puede ser 0 ó 1. Los valores de N e I determinan la cabida útil y la tara.

La capacidad de transporte por dos pares permite velocidades de transmisión de datos de 384 kbit/s a 4624 kbit/s con incrementos de 16 kbit/s.

La figura 2.1 es un diagrama lógico simplificado de un transceptor SHDSL con los siguientes bloques funcionales en la parte del transmisor:

Circuito de interfaz, específicos del cliente y de la aplicación

Dispositivo de emisión de la aplicación, específico de la aplicación, por ejemplo T1, E1

Formador de tramas

Aletorizador
 Dispositivo de codificación reticular
 Precodificador
 Formador del espectro
 Convertidor y amplificador digital/analógico

La parte del receptor está formada por:

Amplificador de control automático de ganancia (AGC)/convertidor digital)
 Igualador hacia adelante adaptable
 Dispositivo de codificación Viterbi
 Desaletorizador
 Desmontador de trama
 Dispositivo de recepción de la aplicación
 Circuitos de interfaz

Las señales de emisión y recepción se combinan en un circuito híbrido (H) y el supresor de eco las compensa.

2.1 Transmisor

2.1.1 Formador de tramas (o entramador)

Cada trama del sistema SHDSL contiene 4 bloques de cabida útil (PA), 4 bloques de tara (OH), la sincronización de trama (FR) y la información de relleno (ST). Cada bloque de cabida útil contiene 12 subbloques que transportan bits de información (cabida útil). La longitud de la trama depende de la velocidad binaria de transmisión, la composición de la trama y las características de la aplicación. En el modo de canal despejado no hay una relación particular entre la estructura de los datos de usuario y su posición de los subbloques. Otras estructuras de los datos de usuario dependen de los protocolos de capa superior y no están especificadas por la UIT.

La figura 2.2 es un ejemplo de trama que transmite información en canal despejado a 2048 kbit/s. Las partes de la trama son:

Sincronización de trama:	14 bits		
Bloque de cabida útil:	k bits	$k = 12 (N \times 8 + I)$	bits
Subbloques de longitud:		$k_s = N \times 8 + I$	bits
Cada subbloque transporta N segmentos de tiempo de 8 bit (octetos)			
Información de tara	32 bits		
		bits indicadores fijos, bits del canal de explotación intercalado (eoc),	
		bits de verificación por redundancia cíclica (crc)	
Información de relleno:	1 a 4 bits		
Trama de la longitud nominal:	$L = 4k + 48$		
Trama de la duración nominal:	6 ms		

En este ejemplo, siendo $N = 32$ e $I = 0$, la longitud de trama es $L = 12\,336$ bits, que incluye 48 bits para funciones de sincronización y servicio.

2.1.2 Dispositivo de codificación reticular

Como puede verse en la figura 2.3, el flujo de bits entrantes procedentes del aletorizador se convierte en tres grupos de bits paralelos X_0 , X_1 y X_2 . El codificador convolucional, que utiliza los principios de codificación reticular, añade un bit de codificación considerado como el bit de menor significación. Los cuatro bits resultantes Y_0 , Y_1 , Y_2 e Y_3 se convierten en 16 valores PAM posibles (símbolos). Cada símbolo se presenta como una muestra digital discreta en el tiempo.

2.1.3 Precodificador

Las señales transmitidas se precodifican en un filtro Tomlinson para compensar la distorsión en el canal. Los coeficientes del filtro se determinan en el receptor durante los procedimientos de puesta en marcha y se retransmiten al transmisor para ajustar el precodificador. Los coeficientes no cambian durante la transmisión de cabida útil.

2.1.4 Formador del espectro

Es posible modificar el filtro digital para la formación del espectro, realizando una programación que permite obtener un espectro de transmisión óptimo para diferentes regiones y aplicaciones. En América del Norte se utiliza la transmisión con modulación de impulsos en amplitud (PAM) con espectro interdependiente. En este sistema, los espectros de transmisión ascendente y descendente, se superponen, pero no son idénticos, como puede verse en la figura 2.4 (código de línea OPTIS).

La limitación del espectro más allá de 250 kHz en el sentido ascendente del sistema SHDSL, reduce al mínimo la interferencia con la dirección descendente del sistema ADSL descendente, lo que significa que los sistemas SHDSL y ADSL se pueden utilizar en el mismo bucle de abonado.

2.1.5 Convertidor digital/analógico

Las muestras digitales discretas en el tiempo (símbolos) del formador de espectro se convierten en señales analógicas, se amplifican y se transmiten por el circuito híbrido a la línea de abonado. La velocidad de símbolos de la señal de línea con modulación de impulsos en amplitud (PAM) es un tercio de la velocidad binaria de la cabida útil.

2.2 Receptor

2.2.1 Convertidor analógico digital

Muestreo de las señales analógicas del circuito híbrido y conversión de estas señales en valores digitales discretos en el tiempo para cada símbolo.

2.2.2 Igualador de alimentación hacia adelante autoadaptable

El igualador (FFE) corrige la interferencia restante entre símbolos en el flujo de datos del receptor. El igualador FFE funciona según un algoritmo de media cuadrática mínima y se adapta automáticamente en la recepción de cada símbolo.

2.2.3 Dispositivo de decodificación Viterbi

Todos los símbolos entrantes en forma de señales PAM digitales son decodificados en un dispositivo Viterbi (véase la figura 2.5) constituido por un seccionador que determina X_1 y X_2 , y el decodificador Viterbi propiamente dicho que detecta el bit menos significativo X_0 . El estado del decodificador Viterbi, hasta 2^{20} , se comunica al transmisor en un procedimiento de toma de contacto. En América del Norte es típico un valor de 512 estados. Cuando se utiliza el sistema de decodificación Viterbi, el receptor no detecta cada símbolo separadamente sino las secuencias de símbolos. El decodificador analiza las secuencias de símbolos y selecciona la que presenta la menor probabilidad de errores. También se recuperan los bits erróneos con el algoritmo Viterbi de máxima probabilidad. En el caso de un decodificador de 512 estados, la longitud de la secuencia del decodificador es de 64 símbolos aproximadamente, y el retardo habitual es de 500 ps.

2.2.4 Desmontador de tramas (desentramador)

Después de las operaciones de desaleatorización y alineación de tramas, la información de cabida útil y de tara se pasa a los circuitos de interfaz específicos de la aplicación.

2.3 Procedimientos de puesta en marcha

Antes de transmitir la cabida útil es necesario transmitir secuencias de preactivación y de activación.

2.3.1 Preactivación

La preactivación está basada en los procedimientos de toma de contacto definidos en la Recomendación UIT-T G.994.1.

Durante la preactivación se establecen funciones de temporización entre el transmisor y el receptor. En la figura 2.6 se representan los bloques funcionales del proceso de preactivación.

2.3.2 Activación

En la figura 2.7 se representan los bloques funcionales del proceso de activación. Los coeficientes del precodificador se determinan durante la activación: el igualador de realimentación de decisión (DFE) verifica la salida del seccionador de decisión (Q) y se encarga de identificar el ruido y la interferencia perjudiciales. La señal se reintroduce y se retira del siguiente símbolo entrante. El igualador DFE determina las características de igualación de línea que permiten obtener los coeficientes necesarios para el precodificador del lado del transmisor. Antes de transmitir la cabida útil se desconecta el igualador DFE y se conecta el precodificador con los coeficientes fijos.

Figura 2.1 – Diagrama lógico simplificado del transceptor SHDSL

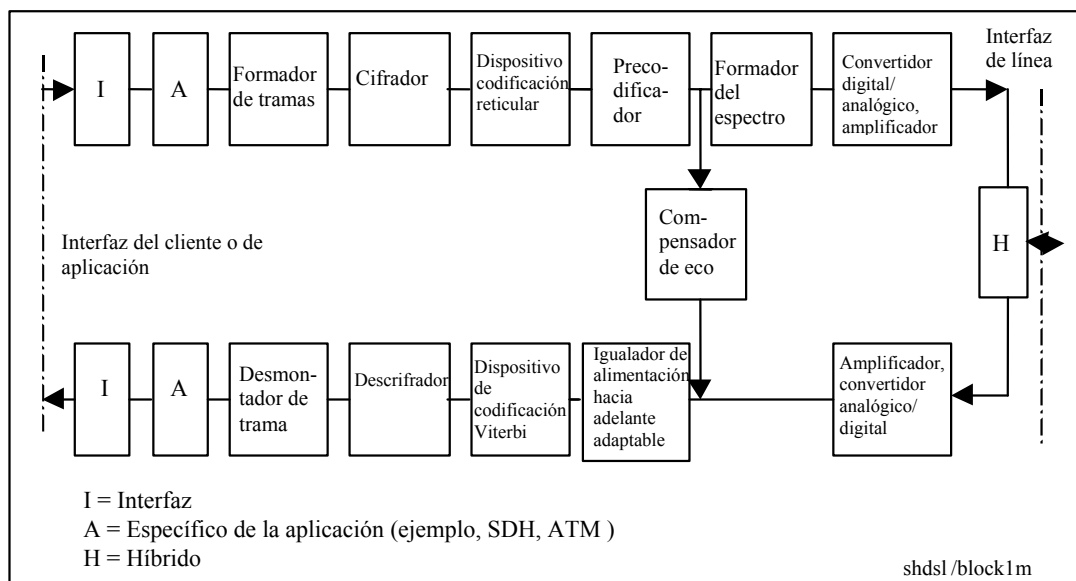


Figura 2.4 – Representación del espectro de potencia OPTIS

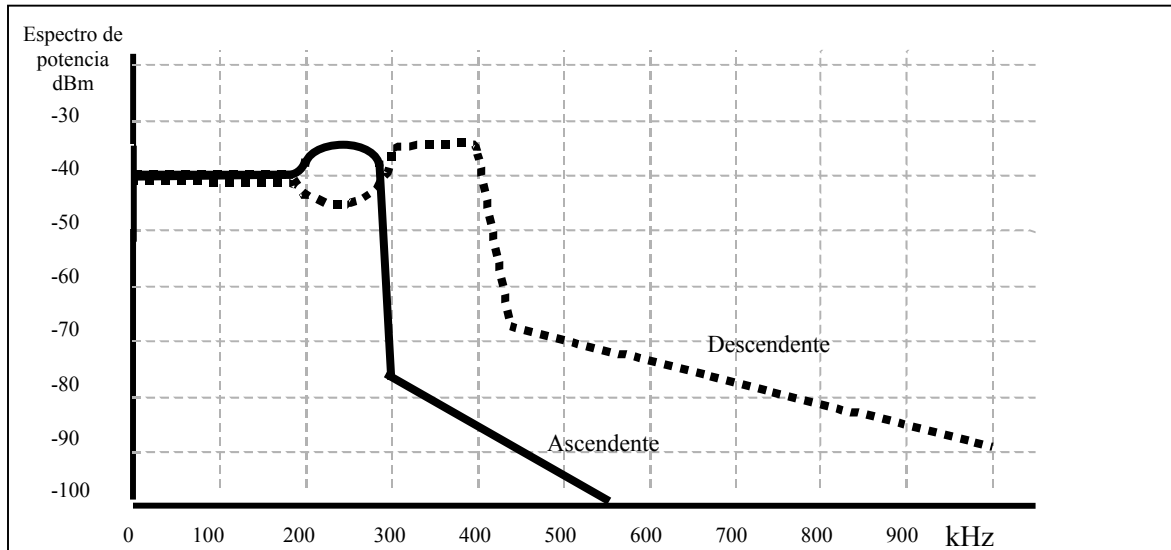


Figura 2.5 – Dispositivo decodificador Viterbi

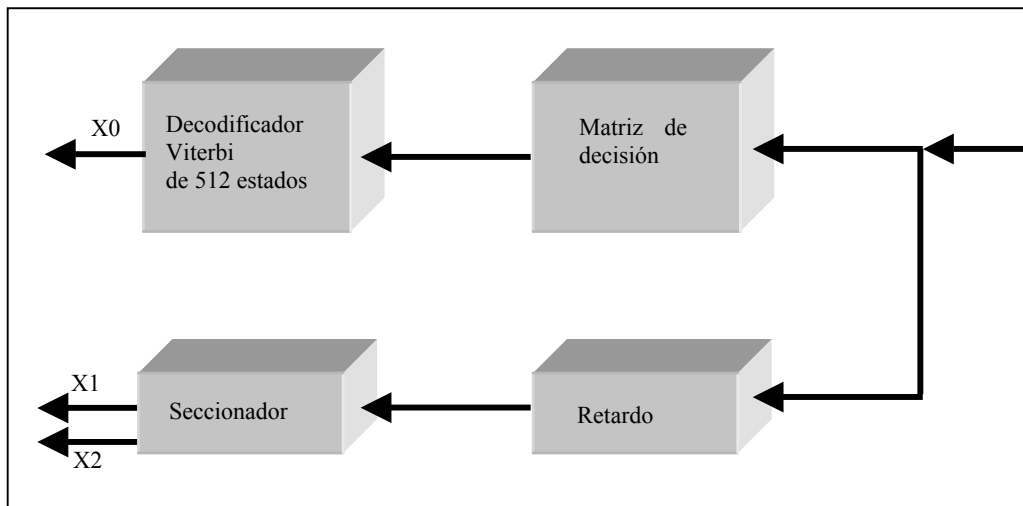


Figura 2.6 – Proceso de preactivación

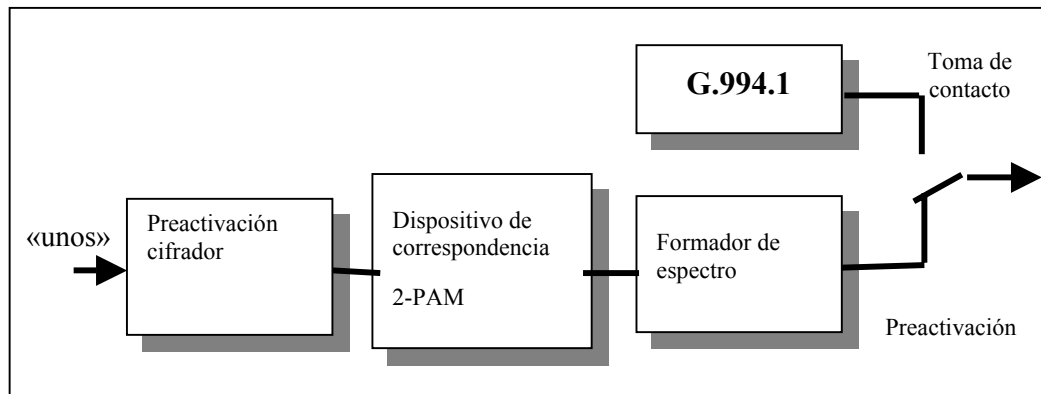
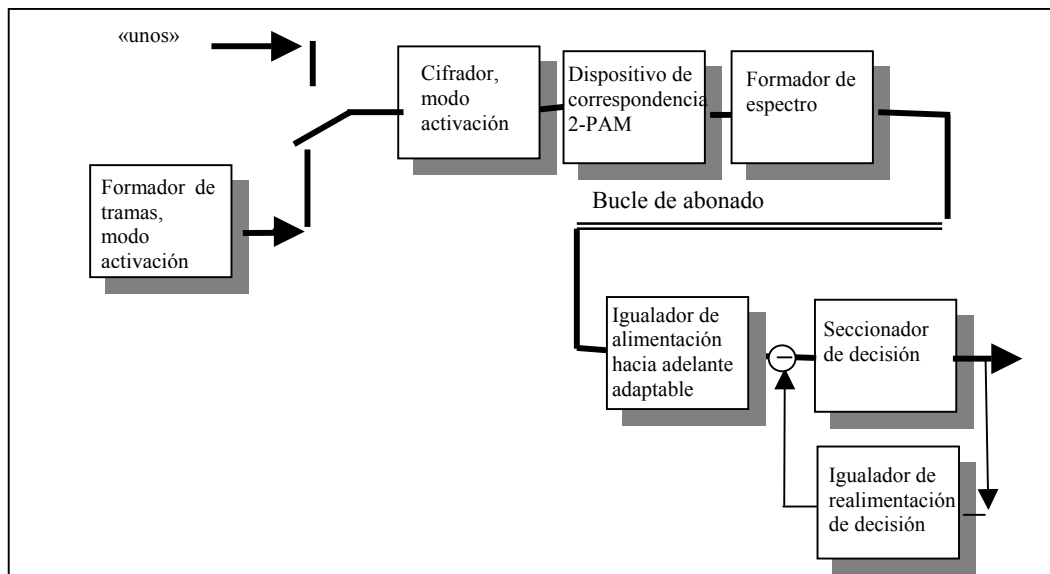


Figura 2.7 – Proceso de activación



3 Tecnología HDSL

ATT Bell Laboratories y Bellcore crearon la tecnología de línea de abonado digital de alta velocidad binaria (HDSL) en 1987. Diez años después hay unas 450 000 líneas HDSL en servicio en todo el mundo. El sistema HDSL es necesario ahora que se utilizan sistemas de transmisión T1/E1 como líneas privadas entre la central y las instalaciones del cliente. Es una variante mejorada de la tecnología RDSI. La figura 3.1 es un diagrama lógico simplificado de un terminal HDSL con codificación 2B1Q.

Los terminales NTU (unidad de terminación de red) y LTU (unidad de terminación de líneas) del sistema HDSL se pueden conectar con 1, 2 ó 3 pares metálicos según las condiciones de calidad de la línea de abonado, la distancia y la velocidad de transmisión de datos. Es posible utilizar regeneradores (REG) alimentados desde los terminales para aumentar la distancia.

Composición de un transceptor HDSL para el código 2B1Q, simplificado:

- Codificador y decodificador CRC-6
- Codificador y decodificador 2B1Q con amplificadores
- Compensador de eco (EC)
- Circuito híbrido (HY)

Composición de un transceptor HDSL para el código CAP, simplificado:

- Aleatorizador y desaleatorizador
- Codificador y decodificador reticular
- Precodificador Tomlinson
- Amplificadores

(Los principios de codificación reticular y precodificación Tomlinson son similares a las funciones correspondientes del sistema SHDSL.)

Las siguientes unidades se instalan entre el transceptor HDSL y la interfaz del cliente o de aplicación:

- Circuitos de interfaz
- Circuitos de correspondencia
- Circuitos comunes

3.1 Funciones de formación de tramas

Una estructura particular de *trama de aplicación* contiene el flujo de información específico de la aplicación, que procede de las interfaces del cliente o de la aplicación. Por ejemplo, una señal digital de 2 048 kbit/s utilizada para un servicio de línea arrendada se transporta en una *trama de aplicación* de 32 byte que aparece en la salida de los circuitos de interfaz. La información de gestión y cabida útil se transmite en la *trama de núcleo* en el circuito de correspondencia. La *trama de núcleo* y otros elementos de información de gestión se colocan en una *trama HDSL* (para transmisión por un solo par) o en dos o tres tramas HDSL paralelas (para transmisión por varios pares), en los circuitos comunes.

En la figura 3.2 se representan las diferentes tramas para una transmisión por un solo par a 2 048 kbit/s. La trama HDSL que contiene 13 920 bits será transmitida nominalmente durante 6 ms. La trama transporta cabida útil y tara para las siguientes funciones:

- formación de tramas
- gestión (por ejemplo, pérdida de señal, errores en el bloque del extremo distante, indicaciones de verificación de redundancia cíclica (CRC-6) y de violación bipolar para los canales de operación intercalados, estado de potencia y del repetidor)

Se definen formatos normalizados para las tramas de transmisión por varios pares.

Del lado del receptor, las *tramas HDSL* se convierten en *tramas de núcleo* en los circuitos comunes, que compensan las variaciones de retardo de las tramas HDSL entrantes por varios pares y registran la información de gestión. De la misma forma, los circuitos de correspondencia registran la información de gestión y convierten las tramas de núcleo en tramas de aplicación que serán transferidas a la interfaz del cliente o de aplicación.

3.2 Códigos de línea

El código 2B1Q convierte 2 bits en un elemento de señal cuaternaria, como se indica en la figura 3.3. La velocidad de modulación en la línea es la mitad de la velocidad binaria.

Hay dos versiones de los códigos CAP (modulación de amplitud y de fase sin portadoras):

- Código 64 CAP con 64 constelaciones de señales que transportan, cada una, 6 bits como se indica en la figura 3.4.
- Código 128 CAP con 128 constelaciones de señales que transportan, cada una, 7 bits.

Es necesario un bit en el transmisor HDSL para la codificación reticular, es decir:

El código 64 CAP utilizado para la transmisión en dos pares transporta 5 bits por elemento de señal; la velocidad de modulación es 1/5 de la velocidad binaria.

El código 128 CAP utilizado para la transmisión en un par transporta 6 bits por elemento de señal; la velocidad de modulación es 1/6 de la velocidad binaria.

En el siguiente cuadro se describen los distintos tipos de transceptores HDSL.

Cuadro comparativo de los distintos transceptores HDSL

Número de pares	Interfaz de aplicación (cliente) kbit/s	Código	Velocidad binaria por par kbit/s	Velocidad de modulación por par kBaud/s
3	1 544	2B1Q	784	392
	2 048	2B1Q	784	392
2	2 048	2B1Q	1 168	584
	2 048	64CAP	1 168	233,6
	1 544	2B1Q	784	392
1	2 048	2B1Q	2 320	1 160
	2 048	128CAP	2 320	386,667

En la figura 3.5 se representan las densidades espectrales de los códigos 2B1Q y 64CAP para un enlace HDSL de dos pares. Los códigos CAP permiten utilizar la anchura de banda de una forma más eficiente, pero son más complejos y más sensibles a la distorsión y a las perturbaciones.

3.3 Procedimientos de puesta en marcha

Durante el proceso de activación se realiza una comunicación dúplex entre los terminales LTU y NTU, y también entre uno u otro de estos terminales y el regenerador REG. La activación necesita un par y una estructura particular de puesta en marcha. Hay varias secuencias de puesta en marcha para los transceptores 2B1Q y CAP.

Figura 3.1 – Diagrama lógico del sistema HDSL

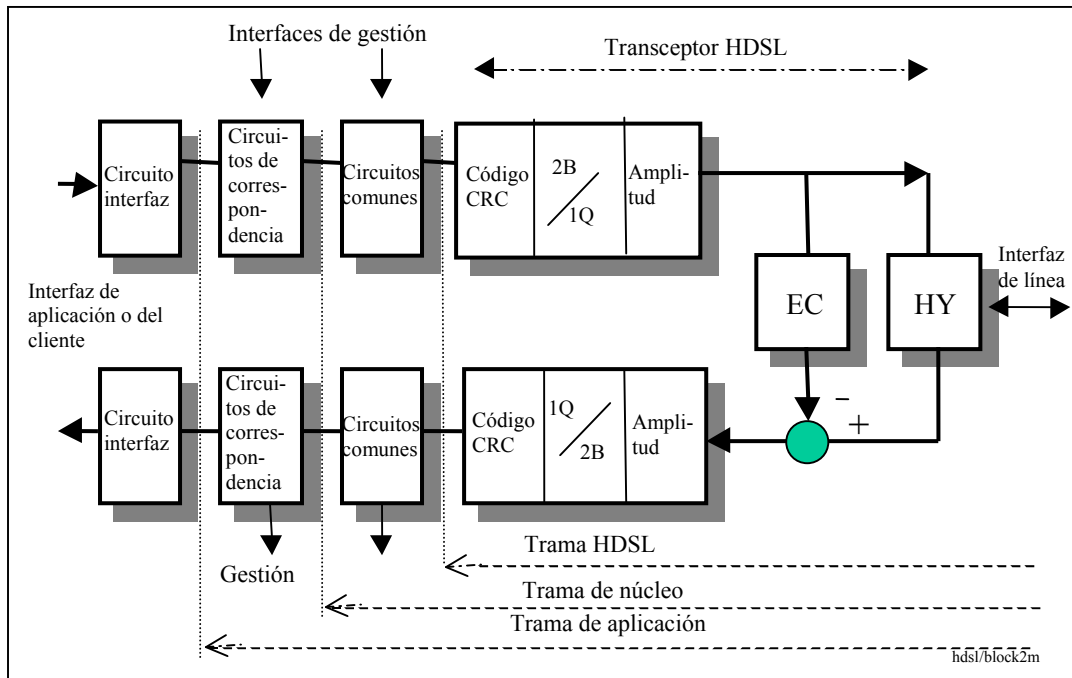


Figura 3.2 – Ejemplo de tramas del sistema HDSL

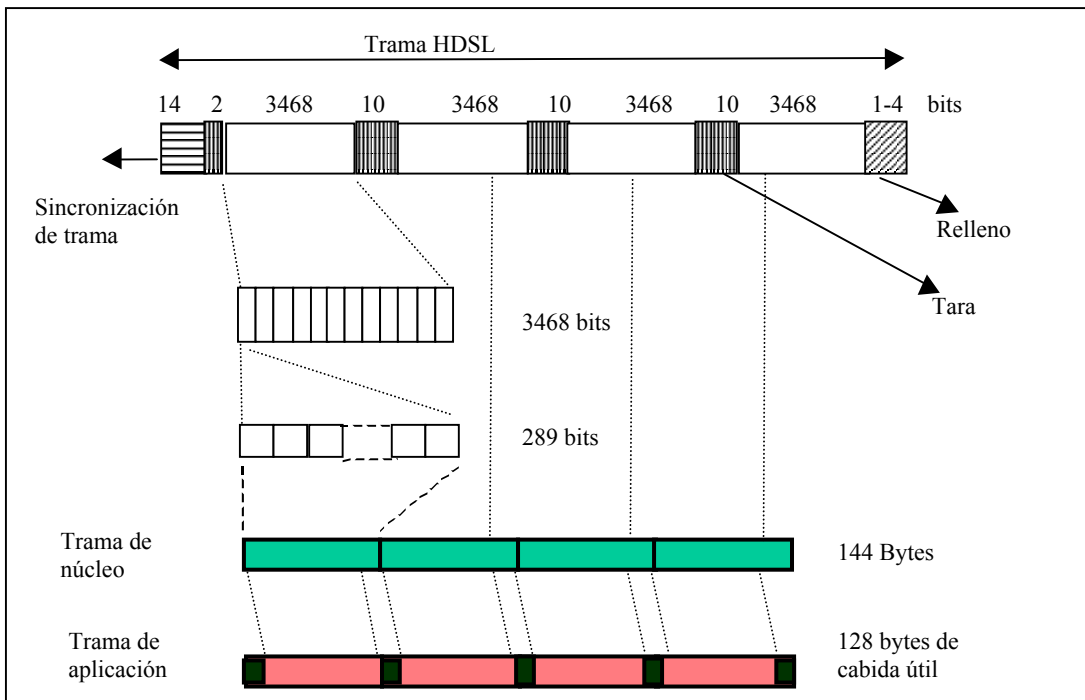


Figura 3.3 – Cuadro de codificación 2B/1Q

Binario	Cuaternario	Velocidad de modulación = ½ velocidad binaria
1 0	+3	
1 1	+1	
0 1	-1	
0 0	-3	

Figura 3.4 – Cuadro de codificación 64 CAP

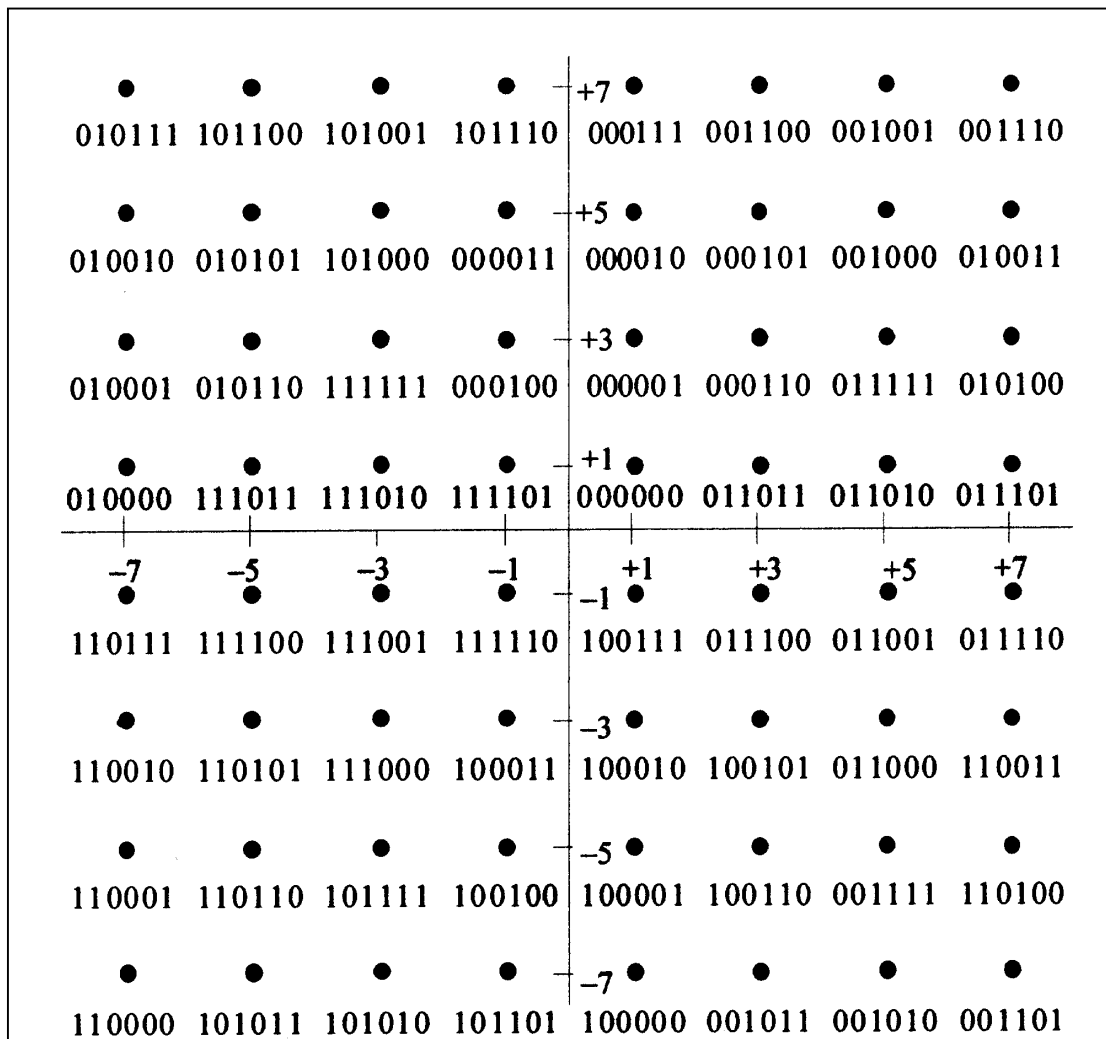
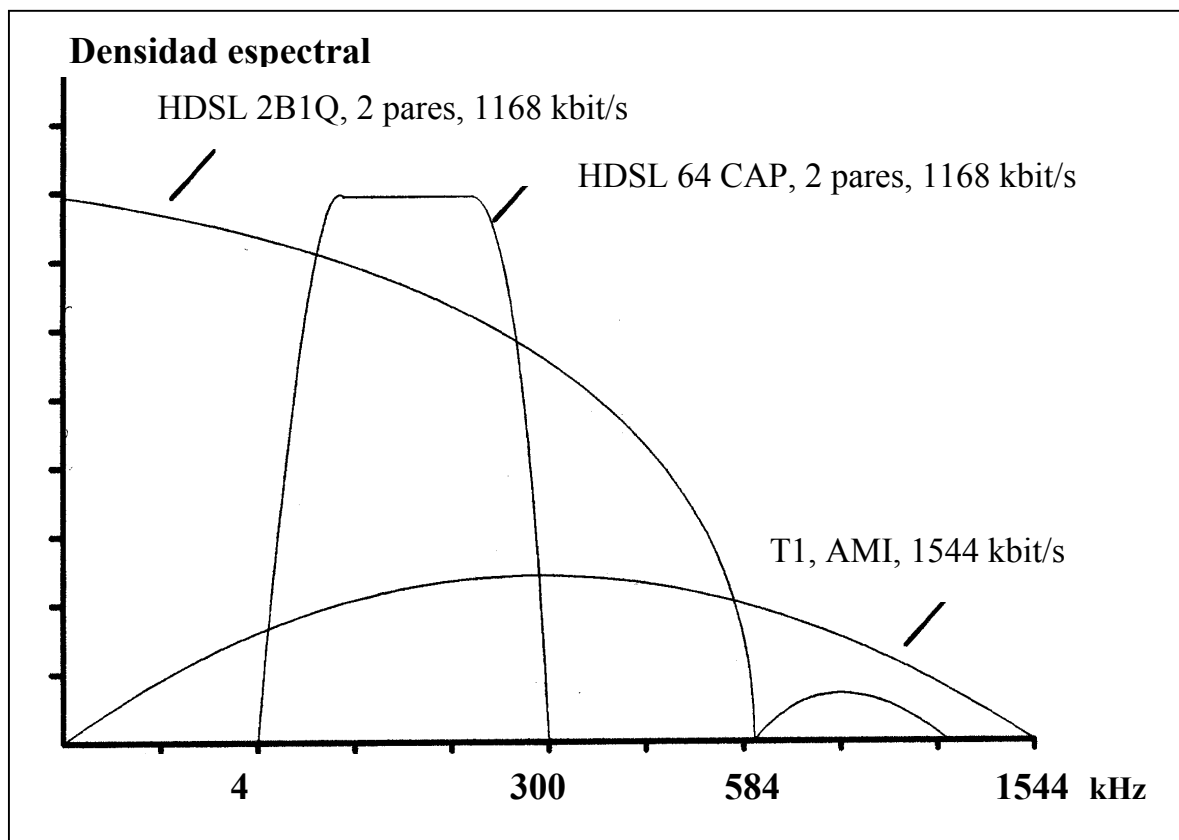


Figura 3.5 – Comparación de las densidades espectrales de los códigos 2B1Q y 64 CAP



Referencias

Recomendaciones UIT-T de la serie 99

Paolo Rosa, ITU-T
 Estandarización, Interoperabilidad y Tendencias DSL
 Barcelona, 26 de noviembre de 1999

Thomas Starr e.a.
 Understanding DSL Technology
 Prentice Hall PTR, Upper Saddle River, NJ 07458

Thomas Starr, Ameritech/SCB
 DSL Standards
 IEC T15B - June 6, 2000-11-25

Walter Y. Chen
 DSL Simulation Techniques and Standards
 Macmillan Technical Publishing, Indianapolis, Indiana

Albin Johansson, Ericsson Telecom
 ADSL-Lite – The broadband enabler for the mass market
 Ericsson Review, N° 4, 1998

Jim Quilici, Level One Communications
An HDSL2 Primer
<http://www.csdmag.com/main/1999/08/9908hdsl1.ht>

ANEXO 3

Modelo de red DSL**1 Introducción**

La aplicabilidad de los sistemas DSL depende de la naturaleza de los bucles de abonado. Se ha trabajado mucho para caracterizar los bucles de abonado en las redes de acceso, y en base a esas especificaciones, se puede predecir la calidad de funcionamiento de los sistemas DSL. Se han descrito los procedimientos de prueba para diversos sistemas DSL con diversas configuraciones de bucle de abonado, por ejemplo en los Documentos: UIT-T G.996.1, Informe Técnico TR-092 del Foro DSL e Informe AIT PN 4254-INT (borrador 1) preparado por la Asociación de Industrias de las Telecomunicaciones (AIT). Este anexo, que contiene un breve extracto de este último documento, muestra las degradaciones que inciden en las funciones de los sistemas DSL en las redes de acceso.

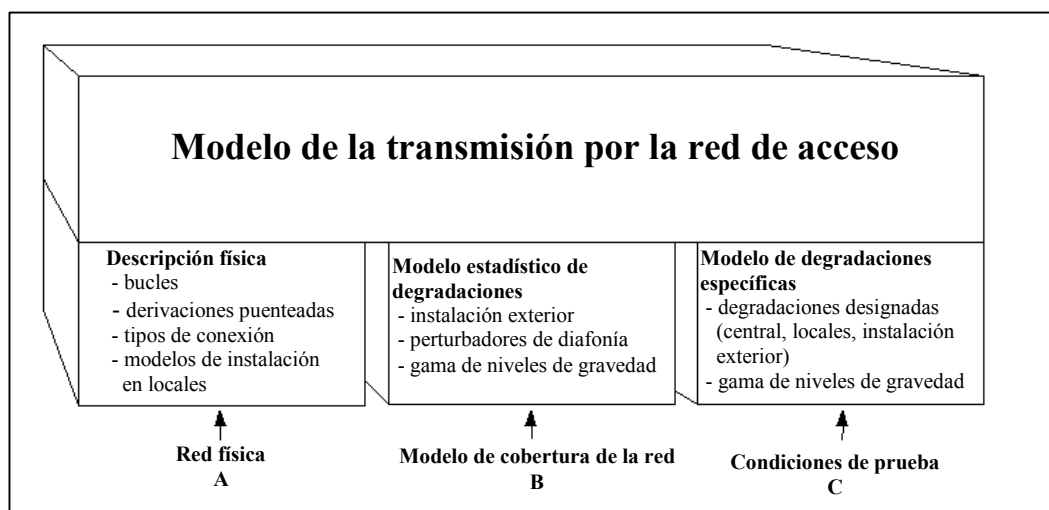
2 Modelo de red de acceso

El objetivo de esta norma es definir un modelo realista de la transmisión por redes de acceso para comparar la calidad de funcionamiento de los módems DSL en términos de cobertura según el modelo de red. El objetivo del modelo es proporcionar una visión de la red real, tal como existirá en el año 2002. El modelo es independiente de la tecnología. Como algunos elementos importantes del modelo (por ejemplo, las características de perturbadores de diafonía) se basan en proyecciones, habrá que revisarlo en base a los servicios DSL que vayan apareciendo en el mercado. El modelo propuesto comprende tres elementos:

- Descripción física
- Modelo estadístico de degradaciones
- Modelo de degradaciones específicas

La figura 1 ilustra el modelo.

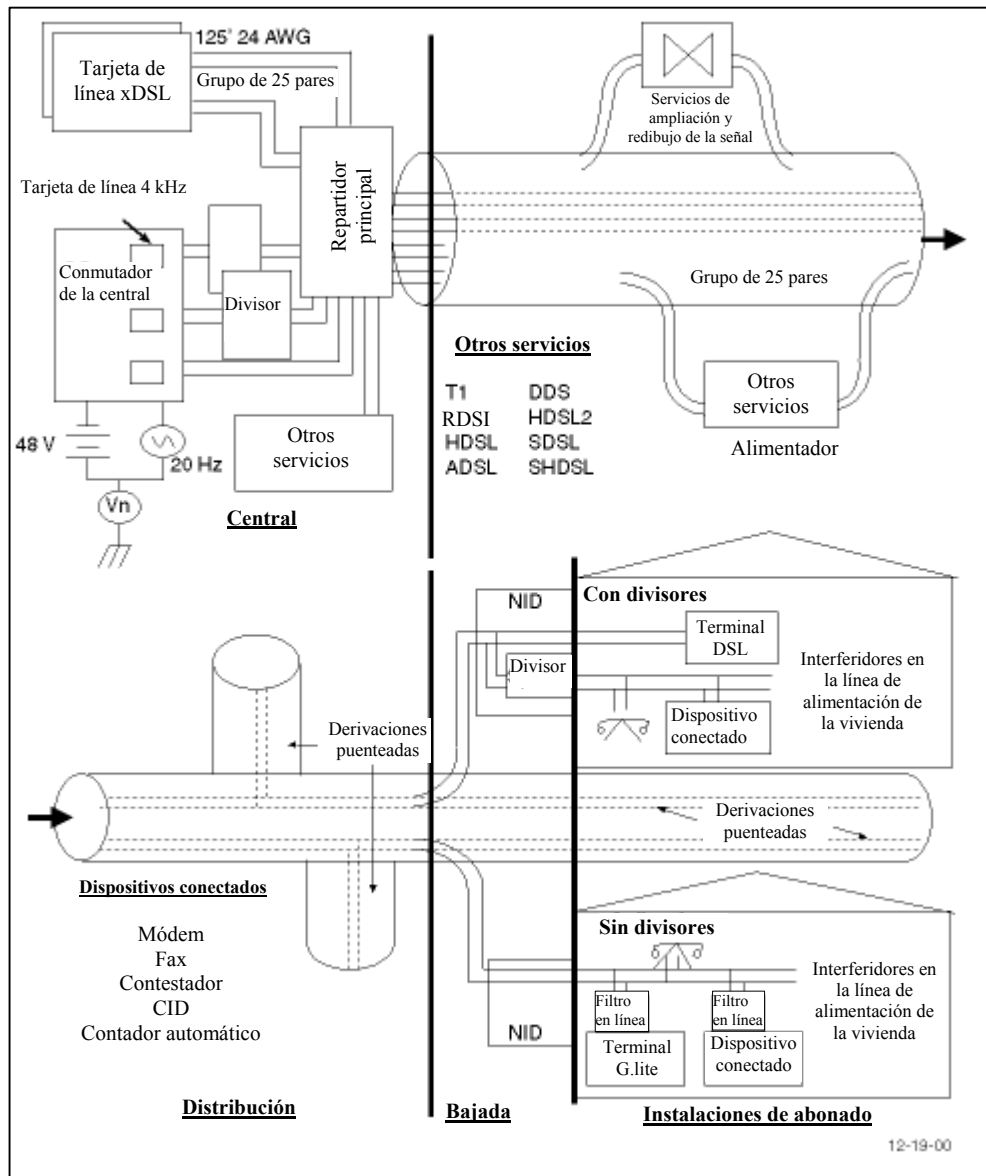
Figura 1 – Modelo de la transmisión por la red de acceso



3 Descripción física de la red

La figura 2 es un diagrama de bloques de la red de acceso. El modelo de red se ha dividido en cuatro subredes: central, instalación exterior, cables de bajada en instalaciones de abonado o cables de entrada, y cableado de las instalaciones de abonado.

Figura 2 – Diagrama de bloques de la configuración de red DSL



4 Modelo estadístico de degradaciones

La figura 3 es un diagrama de bloques esquemático de la red, que muestra los factores de degradación (brevemente, las degradaciones) asociados con cada elemento de subred. Las degradaciones se analizan brevemente a continuación.

4.1 Diafonía

La diafonía es el acoplamiento electromagnético de la señal que produce un par (interferidor) en otro par (víctima) en el mismo cable, lo que causa interferencia no deseada. Es común la interferencia por diafonía ocasionada por el acoplamiento de circuitos de alta velocidad que funcionan en pares de cables adyacentes. La diafonía cuyo espectro se superpone al espectro de transmisión de otras líneas DSL puede tener un efecto limitador muy considerable en la calidad de funcionamiento de una línea DSL. Son fuentes de diafonía los transceptores DSL en la central y en la terminación del bucle en las instalaciones de abonado, y también las fuentes intermedias, como los repetidores, los amplificadores y los multiplexores de acceso a línea DSL (DSLAMS) ubicados en los terminales remotos del sistema de portadora de bucle digital.

4.1.1 Paradiafonía (NEXT)

Acoplamiento electromagnético que se produce cuando el receptor de un par perturbado está colocado en la misma terminación del cable (o cerca de ella) que el transmisor de un par perturbador. En los sistemas con eco compensado como el SHDSL, la paradiafonía ocasionada por la autodiafonía de sistemas parecidos en el mismo cable es, habitualmente, la diafonía más limitadora de la calidad, independientemente de los otros tipos de DSL que puedan ocupar el mismo cable.

4.1.2 Telediafonía (FEXT)

Acoplamiento electromagnético que se produce cuando el receptor en un par perturbado está colocado en la otra terminación (lejana) del cable, opuesta a la terminación donde está el transmisor de un par perturbador. En los sistemas de multiplexación por división de frecuencia (FDM), como el ADSL, la telediafonía ocasionada por la autodiafonía es la diafonía más limitadora de la calidad cuando no hay otros tipos de DSL en el mismo cable.

4.2 Degradaciones debidas al bucle

Los bucles inciden en la calidad los sistemas DSL no sólo como resultado de la atenuación debida a la longitud y al calibre, sino también a otros factores, como las derivaciones puenteadas, el equilibrado del bucle, la humedad y la temperatura. A continuación, se describen los tipos de impactos del bucle en la calidad de funcionamiento de los DSL.

4.2.1 Derivaciones puenteadas

Una derivación puenteadada se define como cualquier porción del bucle de acceso de telefonía que no está en el trayecto directo CC entre el teléfono y el conmutador de la central. Estas derivaciones causan nulos que aumentan considerablemente la atenuación en la banda de frecuencias nula y crean discontinuidades de impedancia en el bucle. La calidad de funcionamiento DSL en bucles largos resulta especialmente afectada por los efectos de las derivaciones puenteadadas. En un DSL con bucle largo, la banda de paso del receptor disponible es bastante estrecha en comparación con la banda de paso del transmisor del circuito. Cuando las derivaciones puenteadadas crean nulos en la banda de paso de la señal en recepción, el caudal puede verse considerablemente reducido o disminuido.

4.2.2 Distorsión de amplitud

La distorsión de amplitud es la aparición de valores de amplitud en función de la frecuencia de la señal recibida por un circuito telefónico diferentes de los que normalmente se esperaría según las características de atenuación de bucle uniforme. Las derivaciones puenteadadas en el bucle son la fuente más común de este tipo de distorsión.

4.2.3 Humedad

La humedad dentro de la envolvente del cable o de un empalme es causa de degradación de las características del bucle telefónico. La humedad puede penetrar en el cable como resultado de muchas anomalías, por ejemplo un pequeño agujero creado por el rayo, un tajo hecho al hacer la excavación o colocar el cable, una abertura en el cable aéreo debida a una bala, o una caja de empalme o un terminal de cable mal sellados. Los efectos perturbadores ocasionan cambios en el equilibrio de capacitancia y resistencia del bucle y en los niveles de diafonía. Este desequilibrio crea una fuente de ruido de modo común y añade atenuaciones de bucle, lo que reduce la calidad de funcionamiento del DSL.

4.2.4 Temperatura

El aumento o disminución de la temperatura causa cambios significativos en la atenuación de bucle. Los cambios pueden ser graduales, como los ocasionados por los cambios estacionales, o abruptos, como el efecto de enfriamiento que causa una tormenta en un día de verano caluroso o el efecto de calentamiento que se produce cuando el sol sale inmediatamente después de la tormenta. El cambio resultante puede ser enorme. Por ejemplo, un cable aéreo 26 AWG (calibre) tiene una resistencia de 83 ohms/kft a 70 °F, que pasa a 93 ohms/kft a 120 °F, una temperatura común bajo la luz solar directa. Esta resistencia incrementada entraña una atenuación mayor de la señal DSL, con lo que se reduce el caudal del DSL.

4.3 Degradaciones en régimen permanente

Hay muchos factores adicionales, además de las degradaciones de bucle y de diafonía, que tienen incidencia en la calidad de funcionamiento de los DSL. En las secciones que siguen se proporcionan descripciones.

4.3.1 Divisores/filtros distribuidos

Los divisores y los filtros distribuidos se utilizan en las tecnologías de transmisión de datos por telefonía, como ADSL, para separar el espectro de la voz de la señal DSL. Los divisores se pueden utilizar en ambos extremos, o se puede colocar un divisor en el extremo de la central y un conjunto de filtros distribuidos en el extremo de las instalaciones de abonado. Los divisores y los filtros distribuidos inciden en la calidad de funcionamiento DSL por su respuesta de frecuencia en la banda DSL, el impacto de la distorsión por intermodulación (*intermodulation distortion*, IMD) en el umbral mínimo de ruido, el retardo de grupo y el efecto de carga de múltiples filtros distribuidos. Los divisores se incluyen en las pruebas cuando el DSL utiliza la tecnología de transmisión de datos por telefonía.

4.3.2 Ruido de fondo

El ruido de fondo es una interferencia de régimen permanente en un canal de telecomunicaciones que no está causada por el servicio instalado en el canal. Degrada la relación señal/ruido (SNR) de la señal en recepción del servicio. Este nivel tiende a variar poco de una instalación a otra, salvo cuando se produce diafonía. Los efectos de la diafonía ya se han tenido en cuenta en el modelo de bucle. Por consiguiente, se supone un valor común de -140 dBm/Hz de ruido blanco para representar el ruido de fondo común.

4.3.3 Interferencia inducida por la corriente alterna

La interferencia inducida por la corriente alterna es un ruido de modo común introducido en el bucle por el acoplamiento de los armónicos de 50 ó 60 ciclos procedentes de líneas de alimentación que corren paralelas al cable de telecomunicaciones. Este ruido puede degradar la relación señal/ruido (SNR) de la señal en recepción del servicio. Esto puede variar entre las instalaciones de servicio.

4.3.4 Equilibrio longitudinal

Una diferencia de los valores de capacitancia o resistencia del bucle, medidos de la punta a tierra y del anillo a tierra, afecta negativamente el equilibrio longitudinal del bucle. Este desequilibrio crea atenuaciones adicionales, que reducen el caudal del DSL.

4.3.5 Interferencia por pantalla de PC

Los impulsos electromagnéticos procedentes de la pantalla de un PC se pueden acoplar a un módem DSL colocado cerca, lo que reduce su calidad de funcionamiento.

4.3.6 Interferencia por radiodifusión en modulación de amplitud

La interferencia por radiodifusión en modulación de amplitud (AM) es un ruido de banda estrecha en el bucle causado por el acoplamiento electromagnético procedente de las fuentes cercanas de señales de radiodifusión AM. Cuando el espectro de la interferencia de banda estrecha, incluidas las frecuencias fuera de banda, se superpone a la señal en recepción del DSL, el caudal hacia el DSL puede verse considerablemente reducido.

4.3.7 Diafonía en las instalaciones del cliente (PEXT)

La PEXT se produce cuando dos servicios DSL se colocan en la misma bajada o en el cableado de las instalaciones. El acoplamiento entre pares que se produce en el cableado de la vivienda es muy superior al de los cables de telefonía, lo que ocasiona una fuente significativa de diafonía para el DSL.

4.4 Factores de degradación transitorios

Los factores de degradación transitorios son eventos no estacionarios que se producen habitualmente en la red de acceso. A continuación, se mencionan algunos factores de degradación transitorios (denominados brevemente transitorios) que inciden en la calidad de funcionamiento de los módems.

4.4.1 Transitorio señal de llamada de la central

Las señales de llamada de la central producen una señal intermitente de alta tensión de CA en la línea que puede perturbar el módem DSL.

4.4.2 Transitorio trayecto de la llamada

Los transitorios trayectos de la llamada son tensiones transitorias que aparecen en un canal de transmisión y se producen al cambiar un circuito telefónico del estado descolgado al estado colgado durante el tiempo en que se aplica la señal de llamada. Ésta puede ser una de las fuentes más perjudiciales de degradaciones por transitorios debido a la alta tensión que existe en la línea cuando el circuito telefónico cambia de descolgado a colgado. Los transitorios trayecto de la llamada pueden afectar gravemente los márgenes, y por tanto obligar a hacer nuevas transmisiones de los trenes de datos y ocasionar pérdida de datos.

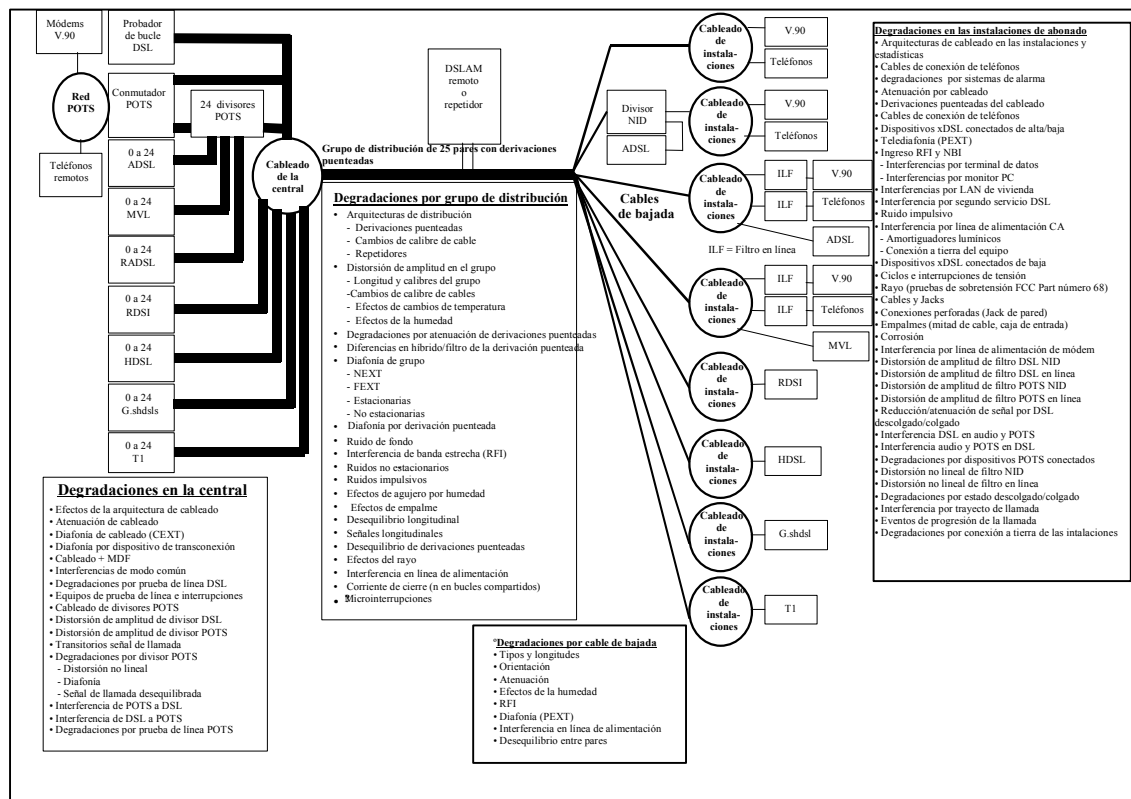
4.4.3 Transitorio descolgado/colgado

Los transitorios descolgado/colgado son tensiones transitorias que aparecen en un canal de transmisión causadas por cambios de impedancia al cambiar el circuito telefónico del estado descolgado a colgado o de colgado a descolgado. Estos transitorios pueden afectar gravemente los márgenes, y forzar nuevas transmisiones de los trenes de datos y ocasionar pérdida de datos.

4.4.4 Ruido impulsivo

El ruido impulsivo es una degradación que se produce en el canal de transmisión ocasionada por una tensión transitoria superior al ruido de fondo del régimen permanente. La amplitud, la duración y la frecuencia de ocurrencia con que se presenta caracterizan generalmente el ruido impulsivo. Una técnica habitual para medirlo consiste en contar la cantidad de eventos transitorios que se producen por encima de un umbral especificado y durante un periodo de tiempo especificado. El ruido impulsivo puede afectar gravemente los márgenes y causar errores en los datos que se reciben por el DSL. El ruido impulsivo constante también puede obligar a hacer nuevas transmisiones de trenes de datos. Son ejemplos de ruido impulsivo en la vivienda los amortiguadores de artefactos lumínicos y los motores universales.

Figura 3 – Modelo estadístico de degradaciones



5 Modelo de degradaciones específicas

El modelo de degradaciones específicas completa los modelos de la instalación del cliente y de la central con una serie de degradaciones presentadas en cuadros de degradaciones específicas, que se están estudiando actualmente.

ANEXO 4

Casos de prueba e instalaciones de DSL**1 Malí**

La Línea de Abonado Digital de Alta Velocidad (HDSL, *high speed digital subscriber line*) se introdujo en Malí en 1997. Tras una breve información general sobre el país se describen las características del sistema DSL y las dificultades con que se ha tropezado. La descripción es un extracto del documento 2/220-F presentado por Malí en la reunión de la Comisión de Estudio 2 celebrada en Caracas del 10 al 14 de septiembre de 2001.

1.1 Visión general del país

La República de Malí esta situada entre los paralelos 10° y 26° de latitud Norte y los meridianos 4° y 12° de longitud Oeste, y tiene una superficie de 1 241 231 km² con un perímetro de 7 200 km a lo largo de sus fronteras. A fines de 2000, la población estimada de Malí era de 10 206 244 (población rural: 2 555 643). La densidad de población es 8,2 habitantes por kilómetro cuadrado. La capital, Bamako, tiene una población de 1 059 318.

Las telecomunicaciones en Malí están administradas por la *Société des Télécommunications du Mali* (SOTELMA), que es una empresa estatal establecida el 9 de octubre de 1989. Hasta febrero de 2001, SOTELMA tenía el monopolio de la prestación de servicios de telecomunicaciones en el país.

SOTELMA tiene personalidad jurídica y autonomía financiera, y rinde informes al Ministerio de Comunicaciones. Tiene su propia Junta de Directores. Son objetivos de SOTELMA: explotar el servicio público de las telecomunicaciones y desarrollar el servicio de telecomunicaciones.

En 31 de diciembre de 2001, el número total estimado de abonados era 49 726, de los cuales 39 222 eran abonados fijos y 10 550 abonados móviles (6 003 a AMPS y 4 500 a GSM). De las 39 041 líneas telefónicas principales (no celulares), el 70% están concentradas en Bamako. Además, las 10 530 líneas móviles están instaladas en Bamako. En cuanto a las líneas telefónicas principales fijas, la densidad en Bamako es 2,75 (en comparación con una densidad de 0,40 para la totalidad del país).

1.2 Introducción de la HDSL

La red telefónica de Malí se caracteriza por un nivel de desarrollo muy bajo (0,45 líneas por cien habitantes), lo que sitúa a este país por debajo de otros que tienen un nivel de desarrollo similar. El subdesarrollo de la red nacional de telecomunicaciones se pone de manifiesto por la falta de capacidad de conexión en las redes locales que están saturadas, o anticuadas.

Pese a que se han emprendido actividades con miras a desarrollar la red, ésta sigue estando subequipada y no puede guardar el paso de la demanda, que aumenta continuamente.

El problema es particularmente crítico en algunas zonas de Bamako, donde repartos completos carecen todavía de los dispositivos apropiados. Además, la falta de capacidad de la red de Bamako repercute en la paralización de una parte considerable de la demanda.

Fue en este contexto en el que la HDSL se introdujo en la red de Bamako en 1997. A fines del año 2000 había 1 004 abonados, que representaban el 3,6% de las líneas principales de Bamako conectadas a HDSL. Los sistemas HDSL que se han instalado están funcionando satisfactoriamente. Los problemas a los que ha tenido que enfrentarse el servicio de mantenimiento se han debido a interrupciones de la alimentación de energía producidas generalmente en la temporada de lluvias.

Otro problema es el relacionado con la calidad de los pares de cobre utilizados. Dado que una gran parte de la red no es objeto de las reparaciones necesarias en el centro de Bamako, algunos de los pares de cobre que se utilizan no están en buenas condiciones.

Por todas estas razones, SOTELMA está estudiando un plan para modernizar el sistema y proyecta ampliar la red urbana de Bamako con 30 000 líneas fijas.

1.3 Descripción de la transmisión HDSL

El equipo utilizado para la transmisión HDSL es PG-Flex. Éste es un sistema universal, de poca capacidad de portadora de abonado, que soporta hasta 32 canales de abonado, incluyendo servicios de telefonía ordinaria y RDSI. El sistema se basa en la tecnología de transmisión HDSL, y la energía se suministra a distancia, desde la oficina central. Mediante el empleo de dos pares de cobre no acondicionados, de calibre 24 (0,5 mm), el terminal distante puede estar situado a una distancia de hasta 3,3 km del terminal de la oficina central (COT, *central office terminal*). Los estantes estándar de 19 ó 23 pulgadas contienen múltiples sistemas: las tarjetas de circuitos pueden ser permutadas en vivo sin que por esto resulten afectados otros sistemas instalados en el estante. Las unidades de canal de telefonía ordinaria utilizan la codificación MIC de ley A de 64 kbit/s para que en todos los canales puedan funcionar aparatos facsímil del grupo 3 o módems de alta velocidad.

La línea está constituida por dos pares de un sistema dúplex de 1110 kbit/s con un esquema de codificación de transmisión 2B1Q. Las líneas HDSL dobles proporcionan 32 canales a 64 kbit/s con señalización y un canal de operaciones insertado para control de gestión. No se necesitan repetidores, acondicionamiento de bucle, ni selección de par. La igualación autoadaptable, la aleatorización y un esquema de codificación de línea 2B1Q aumentan el alcance y reducen al mínimo la diafonía. Para la configuración del sistema, la distancia máxima entre el terminal de la oficina central y el terminal distante (RT, *remote terminal*) es 3,3 km, suponiendo que las líneas HDSL son de calibre 24 (0,5 mm). En el siguiente cuadro se indica la distancia máxima entre el terminal de la oficina central y el terminal distante para hilos de diversos calibres. Por la propia naturaleza de la tecnología de transmisión HDSL, las líneas HDSL no requieren un acondicionamiento especial, y pueden incluir derivaciones puenteadas no terminadas, pero no bobinas de carga.

Cuadro – Distancias típicas de bucle de abonado en el sistema PG-FLEX

Calibre del conductor	Longitud del bucle	
	Sistema de 16/32 canales	Resistencia
Calibre 26 (0,4 mm)	2,5 km	686 Ω
Calibre 24 (0,5 mm)	3,3 km	569 Ω
Calibre 22 (0,6 mm)	4,2 km	457 Ω
Calibre 16 (0,9 mm)	5,9 km	322 Ω

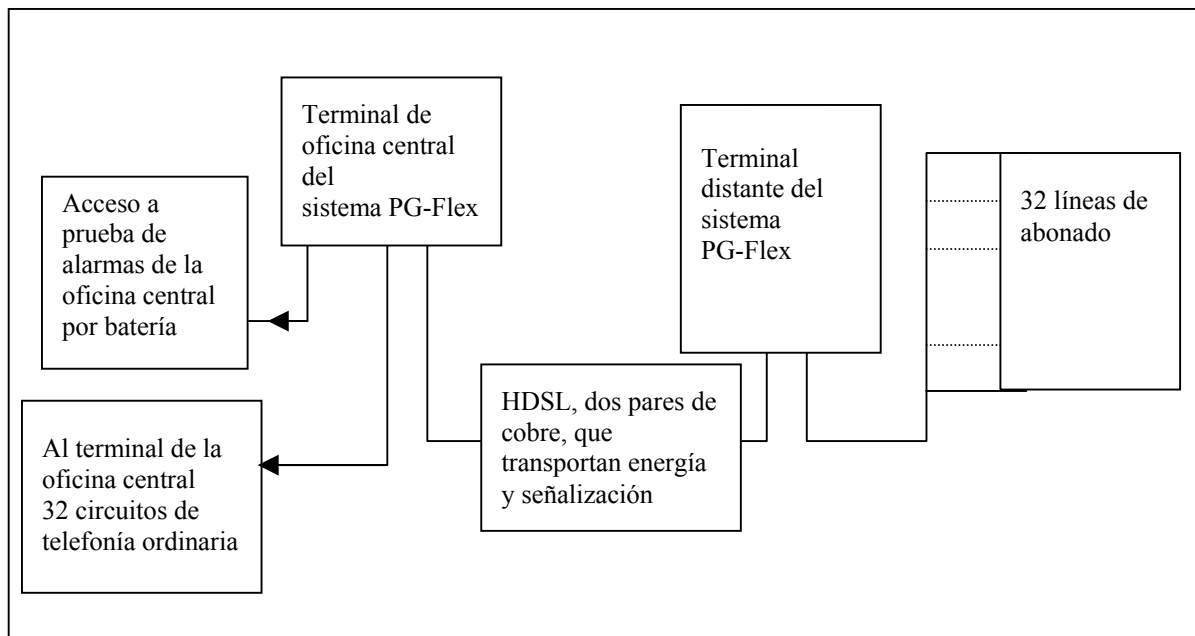
La siguiente figura 1 muestra una configuración típica del sistema PG-FLEX.

1.4 Conclusión

Los sistemas HDSL instalados en Malí han estado funcionando satisfactoriamente. Los problemas identificados por el servicio de mantenimiento están relacionados, en su mayoría, por cortes en el suministro de energía eléctrica que se producen principalmente durante la estación de las lluvias.

Otro problema está relacionado con la calidad de cables de cobre utilizados. Con el deterioro de la red en el centro de la ciudad de Bamako, algunos cables de cobre no se encuentran en buenas condiciones

Figura 1 – Configuración típica del sistema PG-FLEX



Términos y abreviaturas

2B1Q	Código de línea binario 2 cuaternario 1 (<i>two binary one quaternary line code</i>)
ADSL	Línea de abonado digital asimétrica (<i>asymmetric digital subscriber line</i>)
AGC	Control automático de ganancia (<i>automatic gain control</i>)
AIS	Señal de indicación de alarma (<i>alarm indication signal</i>)
ANSI	Instituto de Normalización de EE.UU. (<i>American National Standards Institute</i>)
ATM	Modo de transferencia asíncrono (<i>asynchronous transfer mode</i>)
ATU	Unidad de transceptor ADSL (<i>ADSL transceiver unit</i>)
BER	Tasa de errores de bit (sinónimo: proporción de bits erróneos) (<i>bit error rate</i>)
RDSI-BA	RDSI de banda ancha
RDSI-BE	RDSI de banda estrecha
BRA	Acceso a velocidad básica (<i>basis rate access</i>)
BS	Estación de base (<i>base station</i>)
CAP	Amplitud sin portadora/modulación de fase (<i>carrierless amplitude/phase modulation</i>)
CATV	Televisión por antena colectiva (<i>cable television</i>)
CEXT	Diafonía en la oficina central (<i>central office crosstalk</i>)
CLP	Prioridad de pérdida de célula (<i>cell loss priority</i>)
CO	Oficina central (<i>central office</i>)
CPE	Equipo de los locales del cliente (<i>customer premises equipment</i>)
CPN	Red de los locales del cliente (<i>customer premises network</i>)
CRC	Verificación por redundancia cíclica (<i>cyclic redundancy check</i>)
CSP	Proveedor de servicio competitivo (<i>competitive service provider</i>)
DAVIC	Consejo de audiovisual digital (<i>digital audio visual council</i>)
DCE	Equipo de comunicaciones de datos (<i>data communication equipment</i>)
DDS	Servicio de teléfono de datos digital (<i>dataphone digital service</i>)
DMT	Multitono discreto (<i>discrete multitone</i>)
DSB	Radiodifusión digital por satélite (<i>digital satellite broadcast</i>)
DSL	Línea de abonado digital (<i>digital subscriber liner</i>)
DSLAM	Multiplexión de acceso a línea DSL (<i>DSL access multiplexer</i>)
DSP	Procesamiento de señales digitales (<i>digital signal processing</i>)
E1	Sistema de transmisión a 2 048 Mbit/s (<i>2.048 Mbit/s transmission system</i>)
EOC	Canal de operaciones insertadas (<i>embedded operation channel</i>)
ETSI	Instituto Europeo de Normalización de las Telecomunicaciones (<i>European Telecommunication Standards Institute</i>)
FDM	Multiplexión por división de frecuencia (<i>frequency-division multiplexing</i>)
FEC	Corrección intrínseca de errores (sinónimo: corrección de errores hacia adelante) (<i>forward error correction</i>)
FFT	Transformada rápida de Fourier (<i>fast Fourier transform</i>)

FR	Retransmisión de trama (sinónimo: relevo de trama) (<i>frame relay</i>)
FTTB	Fibra hasta el edificio (<i>fiber to the building</i>)
FTTC	Fibra hasta la acometida (<i>fiber to the curb</i>)
FTTH	Fibra hasta la vivienda (<i>fiber to the home</i>)
HDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad (<i>high speed digital subscriber line</i>)
HDSL2	Línea de abonado digital de alta velocidad binaria (un solo par); norma ANSI para las líneas HDSL de la segunda generación (<i>high bit rate subscriber line (single pair)</i>)
HEC	Control de error en el encabezamiento (<i>header error control</i>)
HFC	Mixto de fibra óptica y cable coaxial (<i>hybrid fiber coax</i>)
IETF	Grupo Especial de Ingeniería de Internet (<i>Internet Engineering Task Force</i>)
IFFT	Transformada rápida de Fourier inversa (<i>inverse fast Fourier transform</i>)
ILF	Filtro en línea (<i>in line filter</i>)
INI	Interfaz entre redes (<i>inter-network interface</i>)
IP	Protocolo (de) Internet (<i>Internet Protocol</i>)
ISP	Proveedor de servicios Internet (<i>Internet service provider</i>)
ITU	Unión Internacional de Telecomunicaciones
ITV	Televisión interactiva (<i>interactive TV</i>)
LAN	Red de área local (<i>local area network</i>)
LFA	Pérdida de alineación de trama (<i>loss of frame alignment</i>)
LOS	Pérdida de señal (<i>loss of signal</i>)
LTU	Unidad de terminación de línea (<i>line termination unit</i>)
MDF	Repetidor principal (<i>main distribution frame</i>)
MIB	Base de información de gestión (<i>management information base</i>)
NDI	Dispositivo de interfaz de red (<i>network interface device</i>)
NMS	Sistema de gestión de red (<i>network management system</i>)
NNI	Interfaz de nodo de red (<i>network node interface</i>)
NT	Terminación de red (<i>network termination</i>)
NTU	Unidad de terminación de red (<i>network termination unit</i>)
OAM	Operación, administración y mantenimiento (<i>operation administration and maintenance</i>)
ONU	Unidad de red óptica (<i>optical network unit</i>)
PBX	Centralita privada (<i>private branch exchange</i>)
PEXT	Diafonía en las instalaciones (<i>premises end crosstalk</i>)
PHY	Capa física (<i>physical layer</i>)
PON	Red óptica pasiva (<i>passive optical network</i>)
POTS	Sistema telefónico convencional (<i>plain old telephone system</i>)
PPP	Protocolo punto a punto (<i>point-to-point protocol</i>)
QAM	Modulación por amplitud en cuadratura (<i>quadratur amplitude modulation</i>)
RDSI	Red digital de servicios integrados

REG	Generador (<i>regenerator</i>)
RFI	Interfaz de radiofrecuencia (<i>radio frequency interface</i>)
RGT	Red de gestión de las telecomunicaciones
RITL	Bucle radioeléctrico (<i>radio in the loop</i>)
ROBO	Oficina distante/sucursal (<i>remote office/branch office</i>)
SDH	Jerarquía digital síncrona (<i>synchronous digital hierarchy</i>)
SDSL	Línea de abonado digital simétrica; será reemplazada por la SHDSL (<i>symmetrical digital subscriber line</i>)
SHDSL	Línea de abonado digital de alta velocidad de un solo par (<i>single-pair high speed digital subscriber line</i>)
SNR	Relación señal/ruido (<i>signal-to-noise ratio</i>)
SOHO	Pequeña oficina/oficina doméstica (<i>small office/home office</i>)
SONET	Red óptica síncrona (<i>synchronous optical network</i>)
STB	Caja de adaptación multimedios (<i>set top box</i>)
STM	Modo de transferencia síncrona (<i>synchronous transfer mode</i>)
T-1	Sistema de transmisión a 1 544 Mbit/s (<i>1.544 Mbit/s transmission system</i>)
TC	Convergencia de transmisión (<i>transmission convergence</i>)
TDM	Multiplexación por división de tiempo (<i>time division multiplexing</i>)
TMF	Foro de Gestión de las Telecomunicaciones (<i>Telecommunication Management Forum</i>)
U	Interfaz de bucle (<i>loop interface</i>)
UNI	Interfaz de red de usuario (<i>user network interface</i>)
URL	Localizador universal de recursos (<i>universal resource locator</i>)
USB	Bus serie universal (<i>universal serial bus</i>)
VAN	Red de valor añadido (<i>value added network</i>)
VDSL	Línea de abonado digital a muy alta velocidad (<i>very high rate digital subscriber line</i>)
VOD	Vídeo a la carta (<i>video on demand</i>)
VTU	Transceptor VDSL (<i>VDSL transceiver</i>)
WLL	Bucle local inalámbrico (<i>wireless local loop</i>)
WWW	Malla mundial multimedios (<i>world wide web</i>)