

## ANEXO 6

### Técnicas de acceso múltiple ISDN y xDSL

---

Nos referimos a una red de cobre, cuando aludimos a la red telefónica de acceso existente constituida por pares trenzados, de conductores de cobre en Categoría 3. Algunos autores, incluyen dentro de la acepción red de cobre, a la red de cables coaxial comúnmente usada para redes de CATV. En nuestro caso, solo nos estaremos refiriendo a la red de cables pareados.

Hoy más que nunca, estas redes toman la máxima importancia como redes soporte, pues permiten ofrecer todos los servicios IP, con alta calidad y ancho de banda. Se vale de una red basada en una efectividad histórica del 99,999%, la que cubre cada espacio de nuestro planeta. Esto nos habla de gran economía de recursos, dinero y rapidez de instalación.

Este Anexo esclarecemos definiciones, describiendo los principios de funcionamiento de los distintos equipos ISDN (Integrated Services Digital Network), en lenguaje español RDSI (Redes Digitales de Servicios Integrados), y xDSL (x Digital Subscriber Line), argumentando la formación de las últimas arquitecturas constituyentes de una red digital, aplicando los últimos equipos módem introducidos en el mercado.

#### A. 6. 1. Banda ancha sobre redes multipares

El desarrollo de Internet tendría que haber sufrido el largo camino cubriendo un siglo, si la red de acceso pareada no hubiese estado presente. Su acelerada evolución se logró gracias a emplear esta red que ya disponible. Pero a la misma se le debió agregar algunos nuevos implementos.

En la red telefónica de transporte (backbone) el cambio fue sustancial, de cables coaxiales y radio enlaces de microondas, se saltó al uso masivo de fibras ópticas. Por el contrario en la red de acceso al abonado, el cambio lo suscita el servicio inalámbrico celular y la adición de anillos ópticos, aunque el cambio fundamental lo producen primero las técnicas de ISDN, y luego el gran éxito de la tecnología xDSL.

La red de acceso al abonado, ha sido siempre el tema de discusión preferido para los técnicos, ingenieros y planificadores que laborarán en redes de telecomunicaciones. Distintas metodologías han cubierto su desarrollo. Sin embargo, es en la actualidad cuanto más se investiga y transformar su implementación. Ello se debe fundamentalmente a la introducción de los nuevos multiservicios que entrega Internet.

Los sistemas celulares han permitido ofrecer muchas de las nuevas soluciones, lo mismo que la fibra óptica, pero todos estos sistemas de una forma u otra, requieren el uso de la red telefónica de cobre existente. En las redes de CATV disponiendo equipos de acceso STB (Set Top Box), se posibilita adicionan servicios interactivos. Pero estos STB también se pueden operar mediante la red con ADSL.

Se aplican los sistemas suplementarios de la N-ISDN, que ahora se explotan mediante los beneficios de las técnicas de la familia xDSL. Se reemplazan los accesos TDM en T1 ó E1, respectivamente 1.544 Mb/s y 2.048 Mb/s, que actualmente toman el carácter de lo más económico. Los costos de los distintos sistemas ISDN, no son posibles de comparar a los más económicos sistemas ADSL.

## A. 6. 1. 1. La red de acceso con ISDN y xDSL

La red de telecomunicaciones, es el segmento esencial al progreso cultural, laboral y en fin económico de una nación. La telemática, es el eslabón que posibilita brindar educación y trabajo. El factor fundamental de su aplicación involucra a las Nuevas Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (NTIC).

De estas redes es la telefónica la aun más empleada para Internet, operando los e-mail y las páginas Web. El avance acelerado de los cableados de fibra óptica y los sistemas inalámbricos, hoy día complementan a los de pares constituido en conductores de cobre. El par telefónico existente, continúa ofreciendo inmutable, sus tradicionales cualidades.

Sin embargo, las exigencias de transmisión en alta velocidad de datos para intercambiar, textos, diagramas, música, voz y video, obliga buscar un elemento que resuelva el "apetito" por mayor "ancho de banda". Los sistemas de ISDN han satisfecho parcialmente hasta ahora esa avidez, no obstante nuevos protagonistas aparecen en escena, que los superan en cualidades y atributos. Estos son representados por la familia xDSL, con el primogénito: HDSL, las variantes como el módem de velocidad adaptable RADSL, el de velocidad media MDSL, el adaptativo a RDSI designado IDSL, los de muy alta velocidad VDSL, y los populares ADSL original, ADSL2 y ADSL2+.

Analizando a la, línea digital asimétrica de abonado ADSL, vemos que nos puede entregar hasta los 8 Mb/s en sentido descendente, desde la central telefónica y 640 Kb/s en sentido ascendente, desde el domicilio del abonado Si consideramos un área con 3 Km de radio, mediante el ADSL original se agencia una velocidad digital máxima de 8 Mb/s, mientras que con el ADSL2 unos 12 Mb/s y con el ADSL2+ tanto como 27 Mb/s y el VDSL hasta 50 Mb/s. Estos sistemas, que solamente emplean un par telefónico, en sus más bajas velocidades podrán superar el alcance máximo de 5.6 Km.

Otra ventaja a destacar es que con este módem se posibilita no tener que cambiar el aparato telefónico existente en nuestras oficinas o domicilios, y al mismo tiempo hacer uso de una red de computadoras y de otros servicios.

El sistema ISDN de banda estrecha, mientras tanto, a quedado relegado a usos muy específicos como ser servicios agregados, tal como video conferencias, ofreciendo en el servicio básico solo 144 Kb/s y en el servicio primario hasta 2 Mb/s. Para banda ancha se emplea la tecnología ATM, al igual que en ADSL, con idénticas capacidades.

La sobresaliente diferencia respecto al ISDN, se aprecia en disponer una transmisión orientada a la comunicación, la red telefónica de transporte, mientras que ADSL está orientada a la red de datos en transmisión de paquetes, disfrutando así de todos sus beneficios.

Asimismo otra disimilitud radica, en que ISDN emplea para obtener los dos sentidos de transmisión ascendente y descendente, una única banda de frecuencia en transmisión superpuesta, separada mediante equipos Canceladores de Eco. Con la utilización de tal elemento en RDSI, las des-adaptaciones variables de la línea, hacen que se malogre su principio de funcionamiento, pudiéndose corromper la transmisión e incluso hacer caer la misma interrumpiendo el servicio.

Entretanto, ADSL tiene su conformación en dos bandas de canales. Modulando en frecuencia MDF, separa las bandas cada una en un sentido de transmisión, ubicando cada banda en diferentes gamas de frecuencias.

Por otra parte el ADSL, con modulación QAM sobre multitonos discretos DMT, permite la selección automática del canal de mejor transmisión, en su caso la distribución energética entre varios canales o la anulación de canales que no estén operando en ese instante.

La superioridad sobresaliente del módem ADSL de abonado, radica en optimizar el acceso existente en el transporte de la señal, tanto en modo Ethernet, ATM o IP. Todas técnicas de invalorable gran futuro.

## **A. 6. 2. Acceso múltiple mediante ISDN**

Aunque el servicio, red digital de servicios integrados de banda estrecha, N-ISDN (Narrow - Integrated Services Digital Network), que en español le corresponde RDSI-BE, comenzó a estudiarse en 1968, por la ITU y se estandarizó en 1984, sus servicios comerciales recién comenzaron en 1994 y tomaron verdadero auge con el ofrecimiento masivo de Internet.

Ello se ha debido a los altos costos que mantenían estos equipos durante toda la década de 1980. Su similar de banda ancha B-ISDN (Broadband ISDN), que en español le corresponde RDSI-BA, ha comenzado su desarrollo en el año 1989 y ha sido recién activada a fines del Siglo 20, también debido a satisfacer las aplicaciones de Internet.

### **A. 6. 2. 1. Objetivos de la ISDN**

La N-ISDN, consistió en extender hasta los abonados la red digital, en una evolución lógica de sustituir la red analógica entre centrales, pero con la finalidad expresa de brindar nuevos servicios integrados en un solo sistema. En el año 1984 la transmisión por líneas dedicadas se realizaba a 9.6 Kb/s, luego hablar de 64 Kb/s era interesante, pero en la década de 1990 solo era útil a algunos abonado residenciales o estudiantiles y servía poco a los establecimientos corporativos. Se empleaba en gran medida en USA, en general su uso se acotaba a las transmisiones de video conferencia. Se vio la necesidad de desarrollar los sistemas de banda ancha.

Con la aparición de B-ISDN, empleando ATM, este sistema tomó nuevo impulso permitiendo brindar los nuevos servicios de banda ancha y satisfacer el alto tráfico digital que las grandes empresas requerían. Los objetivos para la creación de una red digital se podrán resumir en:

- Permite una amplia gama de aplicaciones vocales y no vocales sobre una misma red.
- Asegura la conectividad digital de extremo a extremo.
- Emplea una velocidad normalizada de 64 Kb/s.
- Otorga acceso a los usuarios, mediante un conjunto limitado de interfaces polivalentes normalizadas usuario - red.

Algunas de las ventajas de constituir una red digital, se podrán resumir en:

- Costos de grupo de servicios inferiores.
- Dispone de mayores prestaciones.
- Integra la conmutación, con la transmisión y computación.
- Establece la comunicación en 0.5 seg, frente a casi 20 seg de una llamada analógica
- Elimina los niveles jerárquicos superiores.
- Mejora de la calidad de servicio.
- Posibilita unidades remotas para la conmutación.
- Permite mayores servicios jerárquicos en una misma central.

Las desventajas presentadas al decidir el pasaje a una ISDN, se pueden resumir en:

- Reestructuración de la red existente de cobre.
- Necesidad de la conversión D /A, en el período de transición.
- Necesidad de sincronismo preciso.
- Dificultad para segregar canales intermedios en enlaces multiplexados.

## A. 6. 2. 2. Definiciones y estándares de la ISDN

La CCITT, actual ITU-T, en el año 1984 emitió las principales recomendaciones sobre ISDN, en la Serie I. Al formarse el Grupo de Estudio XVIII, llevó al Libro Rojo del CCITT (1984 - 1985), esta serie de recomendaciones referentes a la red de banda estrecha, mas algunas de banda ancha que posteriormente se completó en el Libro Azul (1988 - 1989), y en el Libro Blanco (1992).

La ITU-T define en su recomendación I.110, de 1988: "La RDSI es una red, que procede por evolución de una red digital integrada (RDI) telefónica, que proporciona conexiones digitales extremo a extremo, capaces de soportar una amplia gama de servicios y a la que se accede a través de un conjunto limitado de accesos normalizados"

El primer logro de la ITU-T, al emitir la norma RDSI, ha sido estandarizar el canal de velocidad de 64 Kb/s, como un equivalente del canal telefónico analógico de 4 KHz. Los servicios de telefonía y facsímil corresponden entonces a un equivalente al ancho de banda telefónica definido en 64 Kb/s y que se denomina canal B, mientras que la transmisión de datos a baja velocidad se transmite en 16 Kb/s como canal D1 para N-ISDN y en 64 Kb/s como canal D2 para B-ISDN.

Estos canales D, se emplean para el control, la señalización y el sincronismo del sistema, no obstante ello, cuando no es necesario este uso se posibilita utilizarlos para la transmisión de datos de baja velocidad (ITU-T Q.931, I.451 ó I.462).

La ITU diferencia los sistemas ISDN, en el sistema de banda estrecha N-ISDN, que permiten servicios hasta la velocidad digital de 2 Mb/s y de banda ancha B-ISDN, que permite transportar servicios hasta velocidad de Gb/s. El B-ISDN, se verá en detalle más adelante.

El N-ISDN, de banda angosta, se divide a su vez en dos categorías:

El acceso básico ISDN-BRI, es conformado como 2 B+D1, siendo cada B de 64 Kb/s y D1 de 16 Kb/s. Es decir, que éstos, definen una velocidad de 144 Kb/s. Sin embargo, para poder efectuar su transmisión en la línea se adiciona un canal de 16 Kb/s, dedicado a su mantenimiento y sincronismo, resultando un ancho de banda total de 160 Kb/s.

El acceso primario ISDN-PRI, opera con 30 canales de 64 Kb/s. Esta conformación de 30 B+D2, corresponde a un ancho de banda total de  $(30 \times 64) + 64 = 1984$  Kb/s. Sin embargo, en la transmisión de línea, se deberá emplear canales de mantenimiento y de sincronismo de 64 Kb/s, resultando un total de 2048 Kb/s.

En USA, para acceso de banda estrecha se emplean relaciones similares para el acceso básico, mientras que para el acceso primario se emplean 23 canales.

La ITU-T ha definido, además, los canales H, que son especialmente utilizados en USA, como servicios de teleconferencia, audio de alta calidad o datos de alta velocidad. Los mismos disponen de otros agrupamientos de canales B en 64 Kb/s, por ejemplo:

3 H<sub>0</sub>+D (3 c. de 384 Kb/s, más 1 c. de señalización de paquetes de 64 Kb/s).

4 H<sub>0</sub> (4 c. de 384 Kb/s, la señalización se implementa por otro interfaz de canal D).

5 H<sub>0</sub>+D (5 c. de 384 Kb/s, más 1 c. de señalización de paquetes de 64 Kb/s, Europa).

H<sub>10</sub> (1 c. de 1.472 Mb/s, la señalización se implementa por otro interfaz de canal D).

H<sub>11</sub> (1 c. de 1.536 Mb/s, la señalización se implementa por otro interfaz de canal D).

H<sub>12</sub> (1 c. de 1.920 Mb/s, la señalización se implementa por otro interfaz de canal D).

#### ACCESO DE BANDA ESTRECHA EN USA

Interfaz	Estructura	Velocidad Usuario	Canales	Velocidad en Línea
ISDN-BRI	2B+D <sub>1</sub>	144 Kb/s	2+1	192 Kb/s
ISDN-PRI	23B+D <sub>2</sub>	1.536 Kb/s	23+1	1.544 Kb/s
ISDN-PRI	30B+D <sub>2</sub>	1.984 Kb/s	30+1	2.048 Kb/s

Las recomendaciones de la ITU-T, sobre la ISDN, con datos sobre velocidades de transmisión, señalización, servicios suplementarios, etc, se encuentra en distintas series:

Serie E, Red telefónica y ISDN.

Serie G, Circuitos y conexiones telefónicas internacionales.

Serie I, ISDN.

Serie Q, Conmutación telefónica y señalización de redes.

Serie V, Comunicaciones digitales sobre la red telefónica.

Serie X, Redes públicas de transmisiones de datos.

El estándar IEEE 802.9, que trata a las ISDN, define los canales C. Estos canales C son utilizados para la transferencia de datos de alta velocidad:

$$C_1 = B = 64 \text{ Kb/s}$$

$$C_6 = H_0 = 6 \times 64 = 384 \text{ Kb/s}$$

$$C_{24} = H_{11} = 24 \times 64 = 1536 \text{ Kb/s}$$

$$C_{30} = H_{12} = 30 \times 64 = 1920 \text{ Kb/s}$$

$$C_{96} = 1 \text{ canal de banda ancha WBC (Wide Band Channel) = 6144 Kb/s}$$

### A. 6. 2. 3. Conceptos de la ISDN

El estándar ISDN no indica en sí de que red se trata, tampoco el servicio a desarrollar en particular, no describe ni su implementación, ni su aplicación. De esta forma, se puede contemplar la constante evolución de los sistemas y de los servicios. Es un estándar a la vez de conmutación, como de transmisión y operación de sistemas.

El concepto de acceso a los servicios, bajo una ISDN, es disponer de un símil, “único caño digital colector de aguas” (Digital Pipe), sin importar que servicio utilizaremos. En el mismo sentido, cuando se maneja dígitos no importa si son provenientes de una computadora, un televisor, un teléfono o un facsímil.

Con la N-ISDN de acceso básico, se podrá optar por dos líneas telefónicas con números diferenciados y un acceso a datos (2+1), sobre un único par. En acceso primario, se podrá poseer hasta 30 líneas generales o multiservicios, mas uno de datos (30+1) hasta 2 Mb/s. Además se podrá optar por una gran gama de servicios suplementarios (norma ITU G.703).

Se permite establecer una comunicación en canal B y cuando se requiera mayor ancho de banda pasar a disponer de dos canales B unidos, es decir, 128 Kb/s. Este proceso de agregación se podrá establecer en forma automática, si el tráfico requerido en línea es mayor al establecido inicialmente. Este proceso podrá continuar hasta agotar los canales disponibles. Al ser un servicio conmutado se accede a los servicios de datos e Internet marcando un número.

El B-ISDN emplea el modo de transferencia asincrónico ATM (Asynchronous Transmission Mode). Es un sistema de transmisión de datos que adapta el ancho de banda a las necesidades del servicio. Esta cualidad es útil a los servicios como el de TV digitalizado. En éstos, los modernos sistemas de alta compresión aprovechan la redundancia de información que normalmente hay en las imágenes de TV, lo cual hace que transmita mucha información cuando se trata de imágenes cambiantes y poca en imágenes sucesivas estáticas. En telefonía se utiliza esta misma propiedad, según hablen poco o mucho. Si no hablan los abonados, se pueden aprovechar los silencios para intercalar otras conversaciones sobre el mismo cable.

Mediante ATM las B-ISDN podrán ofrecer en alta velocidad, indistintamente servicios de voz digitalizada, datos y video, es decir, que puede brindar multimedios. Sin embargo, cada uno de estos servicios tiene requerimientos distintos. Generalmente el tráfico es variable, incluso en una misma comunicación se requerirá distintos ancho de banda (debido al uso de sistemas de compresión dinámicos), se dice que es un tráfico a ráfagas (Bursty Traffic).

#### **A. 6. 2. 4. Prestación de los servicios en N-ISDN**

En la convergencia de las telecomunicaciones y la computación, la tecnología cambia permanentemente, originando la posibilidad de prestación de otros servicios y creando así, nuevos negocios. Esto se hace posible, al incrementarse sobremanera la inteligencia distribuida de la red, capaz ahora de cursar altas capacidades de tráfico de voz, datos, impresos e imágenes, con distribución y capacidad de la red variable en el tiempo.

Uno de los nuevos conceptos es la arquitectura abierta, que permite introducir negocios en la conjunción de la explotación de cualesquier operador independiente. La Organización Internacional de Normalización ISO (International Standard Organization), ha elaborado para ese fin el modelo de referencia, sistema de interconexión abierto OSI (Open System Interconnection).

La ITU-T, el IEEE, el ANSI y la FCC de USA, han contribuido en ese sentido.

La ITU-T trata los servicios soportados por la N-ISDN en sus recomendaciones I.210 y la serie I.230. También allí se trata la transferencia de información sobre la red, servicios suplementarios, calidad de servicio y características de los enlaces entre redes (internetworking).

La ITU-T define a los servicios, para la N-ISDN, diferenciándolos como:

- Servicios Portadores.
- Teleservicios.
- Servicios de Valor Agregado.
- Servicios Suplementarios.

#### **Servicios Portadores**

Se califica como servicio portador, al ofrecido a través de una interfaz de acceso (usuario-red), con una capacidad de transferencia de información que actúe independiente de su contenido y de su aplicación. Los servicios portadores (Bearer Services) ofrecen la capacidad de transporte de la información, voz, datos, video, etc, entre usuarios, sin alterar el contenido de los mensajes y sin especificar el tipo de terminal que lo utiliza.

Estos servicios portadores, podrán ofrecer la capacidad de transferencia de información a la velocidad deseada, en tiempo real o no, funcionando tanto en modo circuito virtual conmutado (temporal) SVC (Switched Virtual Circuit), como en circuito virtual permanente PVC (Permanent Virtual Circuits).

La red asegura que la información entre dos puntos se transmita correctamente. Sus velocidades de transmisión son:

#### Modo circuito

- 64 Kb/s (audio de 3.1 KHz).
- 2 x 64 Kb/s.
- 384 Kb/s (H<sub>0</sub>).
- 1536 Kb/s (H<sub>11</sub>).
- 1920 Kb/s (H<sub>12</sub>).

#### Modo paquete

- 64 Kb/s sobre el canal B.
- 16 Kb/s sobre el canal D.

### **Teleservicios**

Se denomina teleservicio, al servicio que ofrece una capacidad de comunicación completamente definida, en cuanto al transporte de la señal, como a la organización y presentación de la información. Combinan las funciones de transporte y procesamiento de la información.

A diferencia de los servicios portadores, en este caso los teleservicios definen el tipo de conexión a utilizar en la red y las características del terminal en particular que lo soporta. Requieren capacidad tanto de red como de terminales. Estos servicios incluye:

- Telefonía a 3.1 KHz,
- Audio de alta calidad (7 KHz),
- Teletexto,
- Telefax (G2/G3), (sobre el canal B con señalización sobre el canal D)
- Telefax (G4) Datafax (sobre el canal B con señalización sobre el canal D),
- Video texto,
- Videotelefonía,
- Mensajería de voz o sonido,
- Telealarma (televigilancia),
- Teleacción (telecontrol),
- Telemedición.

### **Servicios de Valor Agregado**

Los servicios de valor agregado comprenden tanto a los teleservicios como a las funciones adicionales de almacenamiento, proceso y distribución de la información. Podrán ser explotados tanto en banda estrecha N-ISDN, como en banda ancha B-ISDN:

- Centros de videotexto, de teleacción, de audio distribución, de producción de TV.
- Base de datos documentales, de datos de multimedia.

- Sistemas de mensajería, de teleinformación, de procesamiento digital.
- Tele videotecas, Tele audiotecas.
- Unidades de interfuncionamiento entre servicios, de multiconferencia.

En general podrán nombrarse como teleservicio y servicios de valor agregado, a los de recepción y distribución de mensajes telemáticos, multiconferencia vocales y / o con imágenes, bases de datos especializadas. Estos dos servicios, se diferencian de los servicios portadores, en que la comunicación comprenden a los equipos de los abonados CPE (Customer Premises Equipment) (Fig. 1).

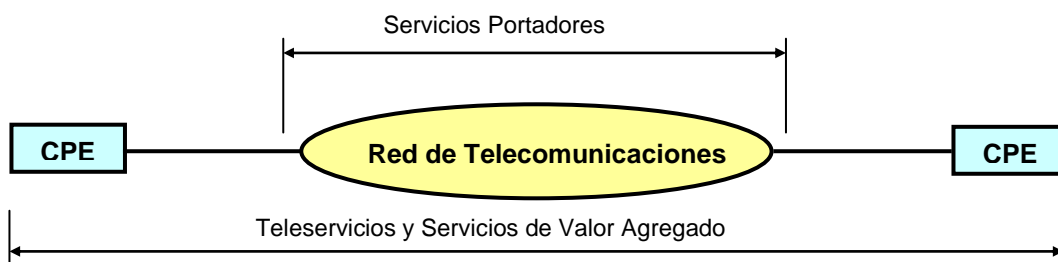


Fig. 1 - Distinciones entre distintos servicios ISDN

Para el caso que se requiera servir una centralita digital con hasta 30 canales ó a 30 clientes concentrados en un solo emplazamiento, la ITU-T en sus recomendaciones I.420, I.421 e I.431 define el acceso primario. Mediante el acceso primario, también se podrá operar un router de datos o plataformas para los, proveedor de servicio de Internet ISP (Internet Service Provider). Estos sistemas corresponden al sistema múltiplex PCM, con velocidad de 2.048 Mb/s (E1) ó de 1544 Kb/s (T1), para USA. Se llama ISPBX, a una centralita de conmutación privada PBX, que soporta los servicios de voz y datos propios de una ISDN.

Cuando el tráfico es a ráfagas resulta especialmente útil disponer de una red de conmutación de paquetes con circuitos virtuales que puedan aprovechar el ancho de banda sobrante de los otros usuarios. Las redes establecidas con X.25 o Frame Relay son lentas y tienen valores de retardo y jitter impredecibles, luego no sirven a estos fines. Por ello se emplea, y para ello se concibió para B-ISDN el ATM.

#### REQUISITOS SEGÚN TIPO DE TRÁFICO

Tipo de información	Capacidad	Pérdida tolerable	Retardo	Jitter
Datos	Muy variable	Muy baja	Alto	Alto
Voz digitalizada	64 Kb/s	Baja	Muy bajo	Muy bajo
Video	2 Mb/s	Media	Baja	Bajo

#### Servicios Suplementarios

Los servicios suplementarios de una ISDN son aquellos que complementan o modifican la prestación del servicio básico, adicionando facilidades de distintas categorías. Se utilizan en combinación con uno o varios servicios portadores o teleservicios, pero no podrán ser utilizados solos.

Estos servicios se caracterizan por su sigla identificatoria:

1. CLIP (Calling Line ID Presentation). Permite al abonado llamado, presentar el número de identificación del abonado llamante.
2. CLIR (Calling Line ID Restriction). Permitir al abonado llamante, inhibir la presentación de su número identificatorio.



3. COLP (Connected Line ID Presentation). Permite al abonado llamante la identificación del número al que se está conectado.
4. COLR (Connected Line ID Restriction). Permitir al abonado llamante, inhibir la presentación del número llamado.
5. CUG (Closed User Group). Permite la formación de grupos cerrados de usuarios restringidos a la entrada o la salida.
6. CW (Call Waiting). Emite aviso de una llamada entrante cuando el terminal esta ocupado.
7. HOLD (Call Hold). Permite suspender una llamada y restablecerla posteriormente.
8. 3PTY (Three Party Service). Permite establecer, participar y controlar una comunicación con otros dos usuarios.
9. TP (Terminal Portability). Deja mover el terminal de una toma a otra, durante la llamada.
10. MSN (Multiple Subscriber Number). Permite la asignación de múltiples números a un acceso público o privado.
11. DDI (Direct Dialing In). Permite el acceso directo a una PBX ISDN (ISPBX) cuando se llama desde una ISDN pública.
12. SUB (Subaddressing). Permite la utilización de dígitos extras para acceder a una extensión o terminal de datos en particular.
13. CF (Call Forwarding). Permite el desvío de llamadas entrantes a otro aparato.
14. CD (Call Deflection). Permite transferir llamadas a otro usuario.
15. ECT (Explicit Call Transfer). Permite transferir una llamada activa a otro usuario.
16. AOC (Advice Of Charge). Permite la posibilidad de informarse del costo de una llamada.
17. CCBS (Completion of Calls to Busy Subscriber). Permite tras un llamado ocupado, ordenar a la central el establecimiento de la misma una vez librada la línea.
18. MCID (Malicious Call ID). Permite que la central imprima un ticket con los datos del usuario llamante.
19. MMC (Meet Me Conference). Permite a un grupo de usuarios establecer la conferencia de cuatro o mas personas a través de un número telefónico.
20. FPH (Free Phone). Permite a los usuarios efectuar llamadas libres de tasación facturándolas al abonado ISDN llamante.
21. OCB (Outgoing Call Barring). Permite la restricción de llamadas salientes dirigidas a ciertos destinos.
22. UUS (User- User Signaling). Permite el intercambio de mensajes entre clientes, utilizando el teclado y display del aparato.

### **Requerimientos de red en N-ISDN**

La implementación de un sistema N-ISDN, requiere definir una interfaz de línea de abonado, mas una codificación de línea y de un aparato de abonado apropiado a tal fin.

Esta red de pares trenzados con conductores de cobre, podrá satisfacer el servicio de acceso básico siempre que cumpla las recomendaciones de la ITU-T:

- Operar en redes no pupinizadas (no cargadas).
- Excluir líneas de alambre desnudo (líneas abiertas).
- No seleccionar previamente los pares a utilizar.
- No remover previamente derivaciones multiplicadas.
- Ofrecer facilidades de telealimentación de los equipos.
- Reconocer características de error según la recomendación G.821 que indica tasas de error del orden de  $10^{-7}$ .

De tal forma una red urbana de cobre podrá ser utilizada en la N-ISDN, siempre que cumpla las mejores condiciones de transmisión, además, dispondrá de las óptimas condiciones de mantenimiento, extremando las pruebas de aceptación en ramales nuevos.

En montaje sencillo, los equipos terminales se conectan a la red mediante una base de 8 conectores, tipo RJ-45 (ISO 8877). La selección de cada servicio en particular, se realiza por marcación de uno o más dígitos suplementarios.

### **Plano de Control y Plano de Usuario en N-ISDN**

La estructura N-ISDN tiene como premisa lograr ciertos y determinados objetivos:

- Integrar todos los procedimientos de control para todos los servicios. Es decir, obtener un conjunto de protocolos que contemple el control de los servicios suplementarios, mensajes operacionales, de mantenimiento, etc.
- Separar los requisitos de transferencia de la información del usuario de los procedimientos de control. Es decir, obtendremos la posibilidad de definir nuevos servicios, según las características del usuario e independientemente de los procedimientos de control.

Para soportar sobre caminos de datos separados, la implementación de Portabilidad de la Señalización (1) y la Información al Usuario (2), la ITU-T ha introducido el concepto Plano de Control C (1) y Plano de Usuario U (2).

Los protocolos asociados al Plano de Control, se refieren al control de los servicios, como ser transferencia de la información de señalización y de sus recursos, tal como el establecimiento o terminación de la llamada, servicios de cambios, características durante la llamada y de requerimientos de servicios suplementarios.

Los protocolos asociados al Plano de Usuario, se refieren a la transferencia de información entre las aplicaciones al usuario, tal como voz, datos o video digitalizados.

No son siempre requeridas las siete capas de protocolo, correspondientes al modelo OSI, por ejemplo, para establecer una comunicación vocal, solamente se requerirá la Capa 1. Mientras que para las aplicaciones de datos, solo se solicita las dos o tres capas inferiores, puesto que las capas superiores (4 á 7), es soportada por los servidores, para las funciones extremo a extremo.

La señalización de control correspondiente a la información (Plano C) es montada sobre el canal D utilizando las tres capas inferiores correspondientes a la interfaz usuario-red. La ITU-T también define el plano de administración del tráfico y el plano de transporte, como medio físico sobre el cual el protocolo de datos, Plano U y el Plano C, es portado.

### **Integración de los servicios en N-ISDN**

En las redes públicas de telecomunicaciones se cursan variados servicios, para los cuales se crean redes diferenciadas:

- Red de telefonía conmutada,
- Red de líneas directas dedicadas,
- Red de datos conmutada en paquetes,
- Red de datos conmutados en circuitos,
- Red de distribución de servicios de TV,
- Red de Áreas Locales (LAN - MAN - WAN)

Cada una de estas redes se establece específicamente para el servicio que deba brindar. Cada una de ellas no resulta apta para operar servicios disímiles. Luego el dimensionamiento de cada una de estas redes se realiza considerando cada tipo de servicio en forma individual.

Aunque hubiese recursos disponibles suficientes en alguna de estas redes o parte de ellas, no puede ser utilizada para otro tipo de servicios y se limita así el acceso de otros usuarios

Los equipos de conmutación y los de transmisión digital por medios físicos o virtuales, sobre cables multipares, de fibras ópticas, coaxiales, radio enlaces terrestres o satelitales, poseen características técnicas, posibilidades de prestaciones y parámetros de costos muy diferentes a los analógicos.

Consecuentemente generan cambios en los diseños respecto a esa técnica, ya fuese en su conformación estructural de la red y en su formación de áreas del servicio. Además, tendrán otros requisitos del estudio de la demanda y de elementos de soportes técnicos a satisfacer.

Otro factor importante se deberá analizar, el proceso de comunicación tiene parámetros relacionados al hombre, porque es el individuo el origen y el receptor de la información del proceso. Cuando la comunicación se realiza entre máquinas (computadoras, facsímil, cámaras de video, sistemas de control, comandos, sensores, etc.) este proceso cambia y hace a un estudio técnico diferente.

La red mundial de telefonía llega a cualquier lugar del planeta. Sin embargo, esta red no dispone la misma estructura conceptual que una red de datos, por ejemplo para video, ya que no cuenta con similar velocidad de transmisión, ancho de banda, inteligencia del sistema, técnicas de acoplamiento, controles de flujo, protocolos de acceso, etc.

Las redes interurbanas e internacionales, al estar concebidas para utilizar canales de banda ancha, pueden ser utilizados más fácilmente como soportes de servicios, no así las redes de acceso que deben transformarse en forma paulatina. Con ellas se dispone de un gran potencial de infraestructura que deberemos aprovechar debido a su alto valor económico.

La transición a la red digital con utilidad a los servicios integrados lleva a una evolución que ha comenzado con la digitalización de los enlaces urbanos, luego llegó a los interurbanos. Se ha pasado del control centralizado al control distribuido, se ha incrementado la señalización por canal común y la transmisión por paquetes.

Con todos estos cambios se promueve introducir nuevos servicios, mayores servicios suplementarios y prestar otros de valor agregado. Es imperante la transformación a digital de los accesos.

### **A. 6. 2. 5. Puntos de referencia N-ISDN**

Las características de la ISDN se definen y estudian de acuerdo a la individualización de los puntos de referencia definidos por la ITU-T como puntos R, S, T, U y V. Las normas ETSI complementan sus características (Fig. 2).

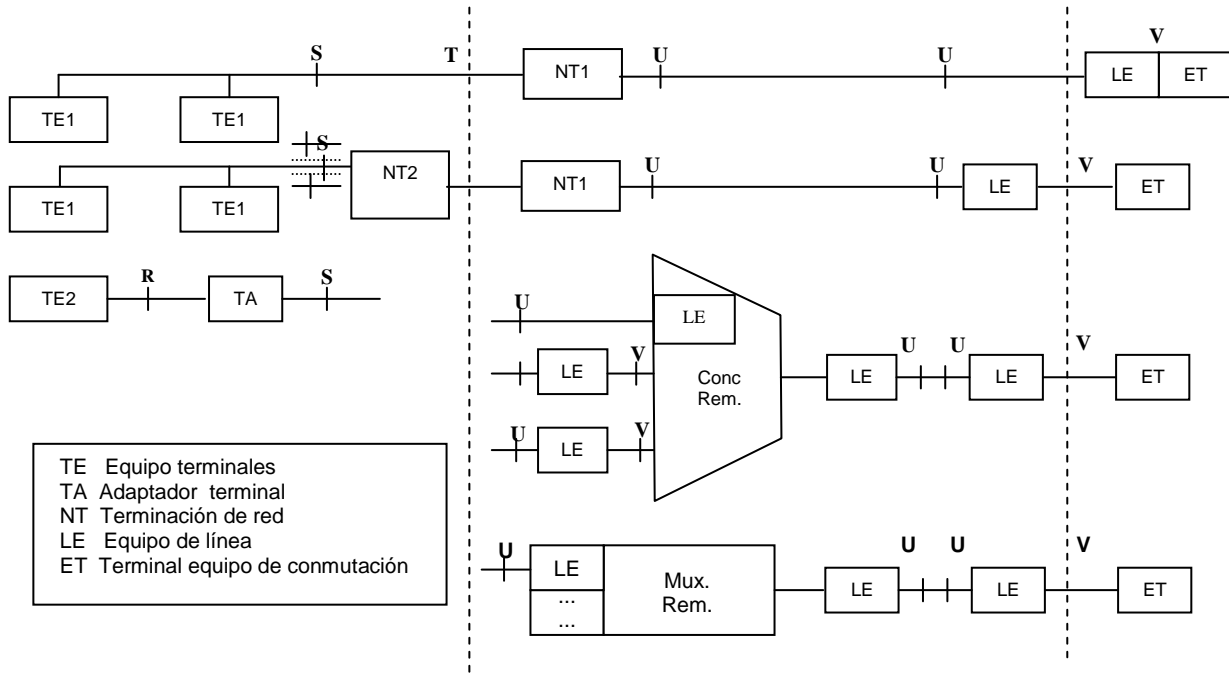
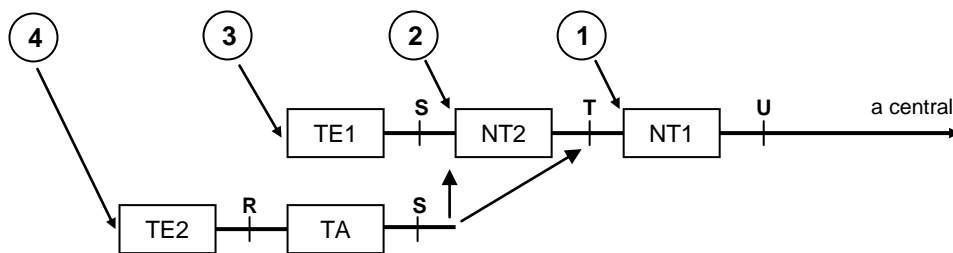


Fig. 2 - Grupos funcionales y puntos de referencia ISDN

El punto de referencia R, es la interfaz funcional, entre el equipo terminal no ISDN, TE2 y el adaptador de terminal TA, mientras que el punto de referencia S, es la interfaz funcional entre el equipo terminal del abonado ISDN, TE1 y el terminal de red tipo 2 NT2. A través de esta interfaz S, se implementa el control de acceso a los canales B y D.

El usuario ISDN, con equipo terminal tal como un teléfono o una computadora, se conectan al terminador de red mediante dos pares de conductores, un par para transmisión (Tx) y un par para recepción (Rx). En la ISDN, podremos acceder a los distintos servicios de telecomunicaciones con equipos terminales apropiados por diferentes puntos. De acuerdo al punto accedido la ISDN prestará al usuario un servicios portador o del tipo teleservicio (Fig. 3).



- (1) Acceso a servicios portadores, Capa 1
- (2) Acceso a servicios portadores, Capa 1, 2, 3
- (3) Acceso a teleservicios, interfaz ISDN
- (4) Acceso a teleservicios, interfaz no ISDN

Fig. 3 - Puntos de acceso a teleservicio o servicio portador

El método de transmisión se realiza mediante la codificación bipolar AMI (Alternate Mark Inver-tion) modificado, empleando una configuración tipo Bus pasivo, con niveles de 0 mV y 750 mV. Modelos de terminales de red NT, incluyen las funciones de equipo terminales de abonado TE y/o de adaptador de terminal TA.

El punto de referencia T, es la interfaz funcional entre el terminal de red del tipo 2, NT2 y el terminal de red tipo 1, NT1.

En caso de equipos terminales que no utilicen NT2, el punto S coincide con el T. Estos puntos S y T concentran las actividades de temporización de bits, de tramas de octetos, el suministro de energía eléctrica, la activación y desactivación, solicitud y permiso para el acceso al canal de señalización, etc. El punto de referencia U, en el extremo de la línea lado abonado es la interfaz funcional del terminal de red NT. En el lado central, corresponde a la interfaz de red externa, al terminal o equipamiento de línea LE.

Entre estos puntos de referencia U se encuentra la línea de planta externa que envía la codificación de línea con un valor de tensión de telealimentación dado. Los modos de transmisión emplean impulsos codificados, bidireccionales y el método de cancelación de eco. Se adopta generalmente la codificación de línea 2B1Q, con velocidad de 160 Kb/s. Esta codificación permite tener solo 80 KBaud en línea.

Entre los puntos de referencia U, se conectan las líneas de la planta externa local, compuesta por un par de conductores, con un alcance de entre 4 a 6 Km, según sus condiciones de diseño y mantenimiento. Las normas ITU indican un alcance máximo de 18000 pies (6 Km). El punto de referencia V, es la interfaz funcional entre el módulo designado como terminal de línea LE y el terminal de conmutación ET.

### **Interfaz U**

La ITU-T define como interfaz U a la interfaz de línea para abonado ISDN, aplicable a los puntos de referencia U de la estructura de acceso básico.

Esta interfaz proporciona la transmisión entre el abonado y su central. Se dispone esta transmisión sólo en la Capa Física (Capa 1) de la interconexión de sistemas abiertos OSI de la ISO, es decir, explotando los servicios separados del operador de la red.

La interfaz U requiere de un medio metálico equilibrado y bidireccional, par del abonado capaz de soportar en ambos sentidos una transmisión digital de 160 Kb/s. Esta interfaz debe efectuar los procedimientos de activación y desactivación, la transmisión de funciones para el mantenimiento de los equipos terminales de red NT y terminales de línea LT, así como la telealimentación de los NT, desde los LE.

La interfaz U es tratada en la recomendación ITU-T I.420, I.421, I.430 e I.431, mientras que en USA según las normas ANSI, T1.401, T1.408, T1.601 y T1.605. Estos estándares definen:

- a) Tanto la señal de entrada al TR, como la que éste debe emitir.
- b) El código de línea a emplear y la composición espectral de la señal transmitida.
- c) Las especificaciones eléctricas y mecánicas de la interfaz.
- d) La técnica de transmisión para soportar servicios dúplex sobre un único par trenzado.
- e) La organización de los datos transmitidos, en tramas y supertramas y
- f) Las funciones del canal de operaciones.

### **Grupos funcionales de la N-ISDN**

Para obtener una completa apreciación de la interfaz usuario-red en N-ISDN, es importante apreciar la conformación de los protocolos utilizados, entendiéndose por protocolo el conjunto de reglas que expedita tal telecomunicación. Para ello se ha definido una serie de puntos de referencia compatibles usuario-red que permitirá en forma económica disponer diferentes aplicaciones, equipos y configuraciones. Estos puntos de referencia podrán estar constituidos como interfaces física o no.

Cada punto de referencia divide distintos grupos funcionales. A su vez los diferentes grupos funcionales se corresponden a conjuntos de funciones necesarias para el acceso del usuario a la red.

a) Terminadores de red

Los terminales de red del tipo NT1, relacionan las funciones equivalentes de la Capa 1 del modelo de referencia OSI. Incluyen las funciones eléctricas, de mantenimiento, supervisión del rendimiento, temporización, multiplexación, etc, correspondientes a las terminaciones físicas. Físicamente dispone de un conector tipo RJ45 donde el abonado puede conectar hasta 8 dispositivos diferentes (teléfono, fax, alarma, computador, etc.), un dígito adicional de llamada encamina la selección al dispositivo deseado. Este dígito se podrá automatizar, permitiendo a un fax llamar a otro fax, una PC a otra PC, etc.

Los terminales de red, tipo NT2, corresponden a las funciones equivalentes de las Capas 1, 2 y 3 del modelo de referencia OSI. Incluyen las funciones de conmutación, y manejo de los protocolos de la Capa 2 y 3. Estas funciones se realizan normalmente en un multiplexor, una PBX o una LAN.

b) Equipos terminales

Los equipos terminales TE, proporcionan funciones de tratamiento de protocolos para la interconexión a otros equipos y de mantenimiento. Están representados por los teléfonos digitales, los terminales de datos o terminales de datos y voz integrados.

Los equipos terminales del tipo TE1, incluyen funciones con interfaz ISDN usuario-red. Soportan directamente la interfaz S, es decir, tendrán las cualidades de calidad, fiabilidad y velocidad (64 KB/s) ISDN. Éstos son representados por los teléfonos ISDN, facsímil Grupo 4, PBX-ISDN, puertas de acceso a redes LAN, etc.

Los equipos terminales del tipo TE2, incluyen funciones con interfaz no ISDN usuario-red. No soportan directamente al interfaz S, se podrán conectar sin embargo a una ISDN, mediante adaptadores TA.

c) Adaptadores de terminales

Los *adaptadores-de-terminales* TA, incluyen funciones que permiten a un TE2 ser servido por una interfaz ISDN usuario-red (Fig. 4).

- AT PC      placa adaptadora para PC
- AT a/b     terminal adaptador analógico
- AT X.25    terminal adaptador X.25

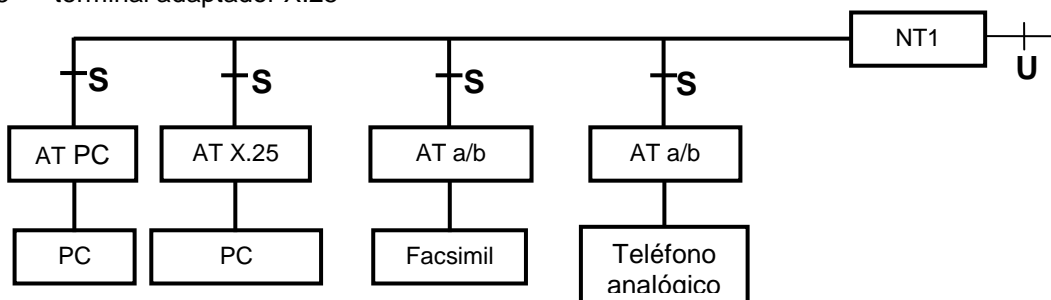


Fig. 4 - Uso de adaptadores especiales

**A. 6. 2. 6. Topología del acceso N-ISDN**

El acceso básico utiliza un protocolo mas complicado que el acceso primario, puesto que existen diferentes especificaciones para el cableado al usuario (puntos de referencia S/T) y cableado en el bucle local (punto de referencia U). La ITU-T considera a la interfaz U, como parte de la red externa, mientras que el tramo entre los puntos S/T como red interna de las instalaciones del usuario.

En el acceso básico ISDN, el tramo S/T, podrá ser implementado en la configuración punto a punto o punto a multipunto. Una conformación físicamente punto a punto, podrá ser del tipo estrella, conectando todos los TE al NT, y mantener una configuración lógica tipo bus.

En esta configuración, entre los equipos terminales o adaptadores de terminal (TE1 ó TA) y los terminadores de red (NT) se podrán tener hasta mas que 1 Km.

Se dispone de dos tipos de configuraciones punto a multipunto, ambas utilizan un Bus pasivo, que no contiene ningún componente activo, tal como amplificador o repetidor. En una longitud reducida de hasta 200 m, en la configuración Bus pasivo, se podrá conectar a un NT hasta ocho TE. Mientras que en una longitud de 1 Km, se podrá conectar solo un TE, Se permite conectar hasta ocho TE siempre que estos se hallen agrupados al final de la línea.

Estas distancias suponen una interfaz que defina convenientes especificaciones de atenuación y retardo de señal. En el Bus punto a multipunto corto de 200 m, con 150 Ohm de impedancia, se asume un tiempo de retardo total de hasta 14  $\mu$ s. En la configuración punto a punto se requiere una atenuación máxima en el cable de 6 dB y un tiempo de retardo total (ida y vuelta) de hasta 42  $\mu$ s.

El conexionado de una ramificación debe permitir el acceso múltiple del canal D y ambos canales B, de cada TE. La señalización usuario-red asegura que, los canales B no sean tomados simultáneamente por dos o más TE. Sin embargo, todos los TE podrán ser capaces de tomar simultáneamente un mensaje de datos. Los dos canales del acceso básico, de 64 Kb/s cada uno, se podrán adicionar entre sí, lográndose un canal de 128 Kb/s. También es posible configurar un acceso básico 1B+D o un canal D simple, 0B+D.

### **A. 6. 2. 7. Alimentación eléctrica del abonado N-ISDN**

Un aparato telefónico análogo usual, requiere una potencia de alimentación de 150 mW, debido a la atenuación de línea, la central telefónica envía alrededor de 370 mW. La complejidad de los equipos NT, TA y TE, tales como disponer de memoria electrónica, obliga disponer de 200 mW para los TE y 400 mW para los NT.

Estos valores de potencia eléctrica requerida, mas la circunstancia de utilizar en el bucle de abonado un tramo de fibra óptica, lleva a tomar la determinación de alimentación local con toma auxiliar a la red eléctrica del usuario. Se deberá emplear también baterías recargables, que contemplen los casos de emergencia de falta de alimentación de energía eléctrica. Soluciones comúnmente empleadas para el empleo de las PBX. Se debe cumplir que el valor de la impedancia en los equipos terminales TE1, debe ser de 135 Ohm resistiva, sobre una banda de frecuencia de 0 á 160 KHz.

El equipo terminal TE1 debe conectarse mediante un conector miniatura de 8 contactos, utilizando solo los terminales (pin) 4 y 5. No existe exigencia de polarización, luego los conductores podrán invertirse en su conexionado.

### **A. 6. 2. 8. Requisitos de transmisión en el acceso N-ISDN**

Para transmitir las señales sobre las líneas de abonados, se debe hacer uso de la interfaz U, asimismo se tendrá que emplear aparatos de abonado apropiados y una codificación de línea adecuada. Estas redes urbanas deben soportar la transmisión bidireccional digital de la comunicación de los abonados por un solo par (transmisión dúplex), problema no presentado con las técnicas analógicas.

El aparato del abonado y la interfaz U podrá tomar distintas metodologías para efectuar la transmisión bidireccional sobre los pares de la red existente. Una de estas metodologías se refiere al método de multiplexación por separación de frecuencias, compresión de tiempo o cancelación del eco.

El estándar T1.601 de ANSI, indica que el sistema de transmisión a emplear en USA, para la velocidad básica, utilizará el principio de cancelador de eco, con uso de transformadores híbridos, para permitir el suministro de operación dúplex, sobre un par de bucle de abonado de hasta 5.5 Km.

### **A. 6. 2. 9. Codificación de línea N-ISDN**

La transmisión digital, en secuencia de unos y ceros, de una señal de audio analógica, así como los pulsos correspondientes a la señalización y a la supervisión, constituyen un tren de impulsos unipolares dificultosos de ser transmitidos por la línea y equipos. Por ello se recurre a transformar tal trama de pulsos, según una codificación de línea.

En principio, se lleva a un tren de pulsos bipolares, ya que:

- a) Un tren de pulsos bipolares carece de componente de CC, mientras que ésta, en un tren de pulsos unipolares, impide pasar a través de transformadores, capacitores, etc.
- b) La frecuencia fundamental de un tren de pulsos bipolares, es la mitad de un tren de pulsos unipolares.
- c) Se reduce el factor de forma al 50%, con ello disminuye la interferencia entre pulsos.

La velocidad de Baud se relaciona directamente con la interferencia por diafonía. Para un tren de bit binario la velocidad de transmisión en bit/s, será igual al valor en Baud (por Emile Baudot). Sin embargo, mediante una conveniente codificación puede lograrse para una determinada velocidad de información en bits, una baja velocidad de Baud a expensas de una mayor cantidad de niveles transmitidos.

La forma del pulso definido así, en la codificación, afectará al espectro de potencia y a la diafonía.

Diferentes y variados códigos de línea se han definido, como ser el 4B3T y el 2B1Q. El ITU-T considera el código 2B1Q y ANSI la especifica en la norma T1.601. En el código 4B3T, cuatro bits binarios consecutivos se transmiten como un solo bit, con un valor de nivel, de alguno de sus tres niveles posibles, +1, 0, -1 (Capítulo 6).

El código 2B1Q corresponde a la modulación de pulsos por amplitud PAM. En el mismo dos bit consecutivo son codificados en un solo bit, con un valor de nivel de los cuatro disponibles por el sistema ++1, +1, -1, - -1 (Quat).

La velocidad en Baud resulta ser la mitad que la correspondiente a la velocidad de la información expresada en bit/seg.

Los problemas que afectan principalmente a un bucle de abonado son:

- a) El ruido impulsivo.
- b) La interferencia entre símbolos.
- c) El ruido de eco.
- d) El ruido de cuantificación.
- e) La diafonía en el extremo cercano (paradiafonía).

La razón del seleccionar el código de línea 2B1Q, ha sido considerar que los factores que mayor afectaban a la transmisión corresponden a la interferencia entre símbolos y a la paradiafonía, ya que este código representa ser el menos afectado por ellos.

Se podrá disponer, como ejemplo, un flujo de pulsos codificados en el método 2B1Q, con niveles como: +1, +3, -1, -3 (Fig. 5).



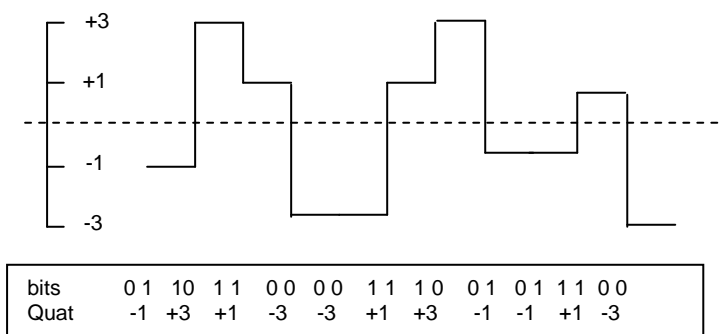


Fig. 5 - Codificación cuaternarios 2B1Q

Cada par de bit se denomina “Quat”.

El primer bit se califica como de signo y el segundo como de magnitud. La combinación de bit en el Quat se muestra en la tabla siguiente:

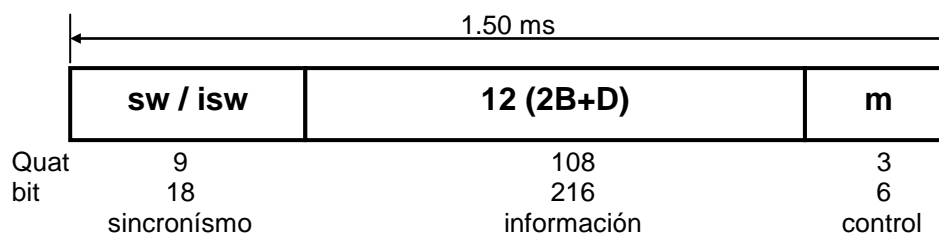
COMBINACIÓN DE BIT EN EL QUAT

Primer bit (signo)	Segundo bit (magnitud)	Símbolo cuaternario (Quat)	Nivel de tensión (V)
1	0	+3	+2.5
1	1	+1	+5/6
0	1	-1	-5/6
0	0	-3	-2.5

**Estructura de trama**

Los equipos terminales TE1 se sincronizan hacia la red, mediante el reloj extraído de la señal recibida del patrón de la misma red.

El flujo de información a través de la interfaz U se estructura en tramas y supertramas. Una trama consta de 120 Quat (240 bit), con 1.50 ms (Fig. 6).



sw palabra de sincronismo  
isw palabra de sincronismo invertida

Fig. 6 - Trama con codificación de línea

Tal trama se forma con los primeros 9 Quat como SW (Synchronization Word) palabra de sincronismo, 108 Quat correspondientes a la información y los 3 Quat últimos al canal de control m, a los fines de operación y mantenimiento.

Una supertrama esta formada por 8 tramas, donde la primera trama contiene una palabra llamada de sincronización invertida ISW (Inverted Synchronization Word) (Fig. 7).

1	sw/isw	12 (2B+D)	m	12 ms
2	sw	12 (2B+D)	m	
3	sw	12 (2B+D)	m	
4	sw	12 (2B+D)	m	
5	sw	12 (2B+D)	m	
6	sw	12 (2B+D)	m	
7	sw	12 (2B+D)	m	
8	sw	12 (2B+D)	m	

Fig. 7 - Supertrama de codificación de línea

En la transmisión en línea, el flujo de datos para cada dirección en la interfaz U, es convenientemente aleatorizado. Para ello se emplea un polinomio determinado, antes de insertar la palabra de sincronismo SW.

### A. 6. 2. 10. ISDN de banda ancha, B-ISDN

Cuando se requiere un ancho de banda para un servicio superior N-ISDN primario de 2 Mb/s, como ser alta fidelidad en audio, televisión de alta definición HDTV, datos de alta velocidad para una WAN, etc., deberá emplearse sistemas de banda ancha o de broadband B-ISDN, capaces de transmitir velocidades hasta alcanzar los Gb/s.

Los sistemas B-ISDN solo podrán cubrir las altas velocidades digitales, cuando empleen redes constituidas con cables de fibras ópticas. A estos fines, también se podrán combinar redes ópticas, con redes de cables coaxiales, con radio enlaces de alta capacidad o con cables de pares en cobre, con uso de sistemas ADSL ó VDSL.

La ITU-T en su recomendación I.121, fija los factores inherentes al sistema B-ISDN:

- Satisfacer el incremento de la demanda de servicios de banda ancha.
- Facilita la disponibilidad creciente de tecnologías para la conmutación, transmisión y procesamiento de señal de alta velocidad.
- Trata el procesamiento de aplicaciones de software en computadoras e industria.
- Mejora en las facilidades de procesamiento de datos e imágenes disponibles.
- Integra servicios interactivos, de distribución y modos de transferencia de circuitos y paquete, en una red de banda ancha universal.
- Satisface la necesidad de incrementar la flexibilidad para satisfacer los requerimientos de usuario y operadores.
- Logra la integración de los servicios con ventajas, en la planificación, el desarrollo, los diseños, implementación, operación y mantenimiento de la red.

#### A. 6. 2. 10. 1. Servicios en B-ISDN

La B-ISDN, con el beneficio de ATM, soporta tanto conexiones permanentes como semipermanentes, punto a punto y multipunto, según recomendaciones de la ITU-T. Esto posibilita proveer servicios en cualquier instante, según lo requiera la demanda.

Las conexiones son orientadas al modo circuito en red conmutada, sin embargo, se podrá del implementar como semiconexiones, de modo paquetes, del tipo mono o multimodo, en codificación unidireccional o bidireccional.

De tal forma, se posibilita disponer de una red inteligente que provea facilidades de servicios agregados y que soporte poderosos métodos de operación y mantenimiento, como así del control y gestión de la red.

La recomendación I.211 de la ITU-T, divide a los servicios de la B-ISDN en dos categorías, los servicios interactivos por un lado y los de distribución por otro:

Los Servicios Interactivos podrán tener el carácter de hombre - hombre, hombre - máquina o máquina - máquina, tomando el carácter de:

- a) Conversacionales, comprenden el intercambio de datos, documentos, transferencias de imágenes o sonido (telefonía, videotelefonía, videoconferencia, datos, etc).
- b) De mensajería, permiten tanto el envío de información, documentos, figuras y sonidos, a una base de datos, como de usuario a usuario.
- c) De consulta, posibilitan la extracción de información almacenada en una base de datos como ser textos, gráficos, sonidos, etc.

Los Servicios de Distribución son dedicados esencialmente a entretenimiento tal como programas de TV, o también de distribución de datos (gráficos, imágenes, sonidos, etc).

Se podrán considerar varios ejemplos como servicio interactivo y como de distribución:

- Videoconferencias y televideo en banda ancha,
- Vigilancia con video,
- Transmisión de datos y de archivos a alta velocidad,
- Facsímil de alta resolución,
- Recuperación de documentos con datos, voz y video,
- Acceso a Internet y servicios similares,
- Distribución de TV y *TV-de-definición-mejorada* EDTV,
- Distribución de *TV-de-alta-definición* HDTV.

Ejemplos de velocidades de B- ISDN son:

- T3 /DS-3        44.736 Mb/s
- OC-3 /STM-1   155.520 Mb/s (SONET/ SDH)
- OC-12 /STM-4 622.080 Mb/s (SONET/ SDH)

#### **A. 6. 2. 10. 2. Modelo del protocolo B-ISDN**

En el modelo del esquema ISDN, la capa de red Nivel 3, actúa como adaptación al servicio a brindar. Soportará las funciones superiores correspondientes al usuario y al control, así como las conexiones de las interfaces.

Las recomendaciones ITU-T referentes a las interconexiones de ISDN, por ejemplo con las redes móviles terrestres públicas, se encuentran en la serie Q.1000 á Q.1032.

### **A. 6. 2. 10. 3. Interfaz B-ISDN, Usuario - Red**

La configuración de referencia general para la interfaz usuario-red de una B-ISDN es similar al especificado para la N-ISDN. Se conectan varios terminales de banda ancha en los puntos de referencias, a la interfaz estándar, desde donde se accede a la red de banda ancha.

Se han considerado interfaces mayores a 600 Mb/s, con subdivisiones en módulos de 150 Mb/s. En USA, también se implementa la B-ISDN en canales DS-3 de 44.736 Mb/s. Así, se podrá diseñar la distribución de paquetes de TV de alta definición HDTV, combinándola con servicios de video sobre demanda VoD.

La configuración de referencia general, para la interconexión entre ISDN y redes que operan a velocidades menores a 64 Kb/s, se considera en la recomendación I.525. En estos casos la interconexión se efectúa sobre acceso primario a 2.048 Kb/s provisto por una interfaz V5.1 ó V5.2. La función de interconexión IWF (Interworking Function), incluye codificación de la señal de voz, adaptación de las velocidades para información no vocal y conversión de protocolo de señalización.

#### **Arquitectura de la B-ISDN**

La B-ISDN debe hacer frente a una amplia gama de valores de tráfico en distintas áreas geográficas y diversas etapas durante su evolución, originado por una variedad de nuevos servicios con alto ritmo de crecimiento. El valor de tráfico será un parámetro necesario, sin embargo, no suficiente.

Al comparar los servicios de banda ancha con los de banda estrecha, surgen dos grandes diferencias. En las B-ISDN debido a la gran variedad de anchos de banda para los distintos servicios, el tráfico deberá definirse con el número de Erlang y también por el ancho de banda, pues no será suficiente el valor de tráfico, para los diferentes servicios a cursar.

Además, la relación Erlang e intentos de llamada que en la N-ISDN es relativamente estable, en la B-ISDN toman valores muy dispersos para los diferentes servicios a cursar. La introducción de servicios con características muy distintas puede afectar ampliamente la carga de tráfico, si la red no está diseñada adecuadamente. Todos estos factores conducen a aplicar una arquitectura, en la que pueden dimensionar los recursos de acuerdo con las necesidades reales y ampliarse fácilmente en el tramo requerido cuando ésta lo solicite.

La estructura de la B-ISDN está determinada por las características de las aplicaciones que ofrezca y necesidades de los usuarios, y estarán restringidos por las capacidades de las técnicas utilizadas. Es importante disponer una correcta red final B-ISDN, para ello se debe elegir una arquitectura de red que tenga la suficiente flexibilidad para adaptarse a los cambios tecnológicos y a la demanda de nuevos servicios de forma sencilla y económica.

Mientras que la utilización de las fibras ópticas permite adaptar nuevas topologías de transmisión la, jerarquía digital síncrona SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y fundamentalmente el modo ATM, ofrece los niveles de multiplexación, tiempo y canales que proveen amplias capacidades de gestión y administración con gran flexibilidad, para el establecimiento y la modificación de trayectos. Los nodos ATM constituidos en las centrales de conmutación telefónicas permiten encausar el tráfico de datos y el enrutamiento de paquetes sirviéndose de la técnica de circuitos virtuales.

### **A. 6. 3. Acceso mediante tecnología xDSL**

En una red de telecomunicaciones, el proceso de las comunicaciones resulta más eficiente si las señales mantienen su condición de digital durante todo su desarrollo. Este es el criterio guía en la evolución a las nuevas redes. La transición a una red digital, depende sobremanera del estado de la red existente, su topología y correcto mantenimiento.

### A. 6. 3. 1. Transformación de la red de acceso

El primer paso lo impuso la necesidad en las áreas céntricas, en contar con ductos vacantes en las canalizaciones, para poder efectuar el pasaje de nuevos cables entre centrales, como reposición o ampliación. La solución vino, a principios de los años 1970, de la mano de los equipos PCM. Pero para digitalizar un enlace, para aquella época al ser las centrales locales analógicas, cada enlace requería cuatro conversiones digitales a analógica en cada uno de sus extremos. Se demandaba dos conversiones en cada sentido, equipos sumamente costosos. Estos altos costos, forzaron la introducción del HDSL, más económico por duplicar las distancias de enlace y con mayores ventajas técnicas.

Ya a fines de esa década las centrales comenzaron a digitalizar sus equipos, principiando por las centrales concentración locales que presentaran excesivo tráfico. Con una red totalmente analógica, para proveer vínculos digitales PCM, se requería emplear cuatro conversiones analógicas /digitales por concentración. A mediados de los años 1980, ya se hacía necesario integrar todos los servicios aprovechando una red digital. Su inconveniente mayor fue disponer de áreas locales muy extensas, algunas con abonados alejados hasta 10 Km. Los cálculos económicos comparativos, demostraban la conveniencia de utilizar, unidades remotas de abonados URA, como concentradores digitales, formando pequeñas áreas de servicio digital, empleando vínculos equipados con sistemas xDSL.

Al irrumpir la fibra óptica en el ámbito de enlaces interurbanos e internacionales, se continuó con su uso en la red de abonado. El emplazamiento de concentradores se realizó con enlaces de fibra óptica, además, se crearon anillos de fibra para grandes clientes. En ambos casos, trajo como lógica consecuencia extender las líneas hasta el abonado, reutilizando los pares de cobre, pero empleando técnicas de la familia del HDSL. Los formatos asimétricos ADSL y VDSL fueron los adecuados, para ese fin.

#### ***El módem de banda angosta en red telefónica***

Otra historia confluyente lo representa la evolución y empleo masivo de los módem. Hasta los años de 1970, las redes telefónicas existentes eran de concepción esencialmente analógica. El empleo masivo de teletipos dio origen a la transmisión de datos de baja velocidad en la red telefónica. Luego, los facsímiles digitales, el empleo de sistemas PCM y posteriormente la proliferación de computadoras radicalmente digitales, llevaron paulatinamente a la necesidad de disponer de una red totalmente digital.

Esa necesidad de transmitir señales digitales, usando las redes telefónicas existentes analógicas, obligó al empleo de equipos moduladores y demoduladores módem, combinados en ambos extremos de las líneas a utilizar. En estos módem, los pulsos digitales son transformados en ondas analógicas de diferentes frecuencias. Por cada símbolo o ausencia del mismo se enviaba un cierto valor de frecuencia. Subsecuentemente se requirió el envío de señales digital de mayores velocidades, consecuentes con un mayor ancho de banda analógico. En ese contexto, la evolución de los módem ha mantenido una curva asintótica, para alcanzar el valor definido por la UIT en velocidad digital de 64 Kb/s, equivalente al canal analógico de voz de 4 KHz (Fig. 8).

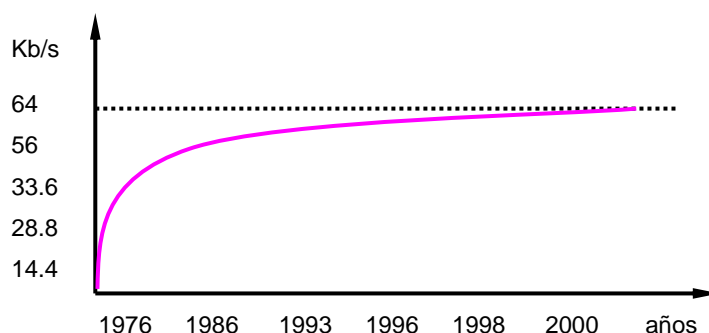


Fig. 8 - Evolución del módem de banda angosta

Los primeros módems permitían la transmisión en un solo sentido, luego por requerimientos del mercado se lanzaron los módems bidireccionales, con transmisión en ambos sentidos.

**MÓDEM EN BANDA ESTRECHA**

Año	Velocidad	Estándar UIT	Modulación
1940 - 1060	300 b/s-1.2 Kb/s	V.22	----
1968	2.4 Kb/s	V.26	QPSK
1972	4.8 Kb/s	V.27	8-PSK
1976	9.6 Kb/s	V.29	16-QAM
1986	14.4 Kb/s	V.33	64-QAM+TCM
1989	19.2 Kb/s	V.33 bis	64-QAM+TCM
1993	28.8 Kb/s	V. 34	DMT
1996	33.6 Kb/s	(KFlex)	DMT
1998	56 /33 Kb/s	V.90	DMT

El módem V.90 designado como de velocidad digital en 56 Kb/s, en sentido descendente, permite la transmisión ascendente de 33.6 Kb/s, aunque realmente en la práctica por ser de tráfico compartido en ciertos tramos de la red, obtiene velocidades máximas ascendentes de 44 ó 48 Kb/s. El modelo V.92 permitió velocidades descendentes /ascendentes en 56 Kb/s y 44.8 Kb/s. Nuevos requerimientos del mercado de negocios y el advenimiento masivo de Internet, han impulsado la comercialización intensiva de los módems de banda ancha.

Su primera distinción fue solventar la necesidad de una comunicación asimétrica, como lo es Internet, bajar mucha información desde la central y requerir poca capacidad hacia la central. Otros servicio interactivos presentes y programados a un futuro cercano exigían aun más esta particularidad. Por ejemplo, la televisión interactiva o la, televisión sobre demanda TVoD (TV over demand), las que son fundamentalmente bidireccionales.

**A. 6. 3. 2. Sistemas DSL**

Si deseamos transmitir datos sobre la línea telefónica analógica de pares trenzados, deberemos utilizar módems. Las velocidades de datos requeridas por Internet obligan a disponer para nuestra computadora un módem de velocidad mayor a 56 Kb/s (Fig. 9).

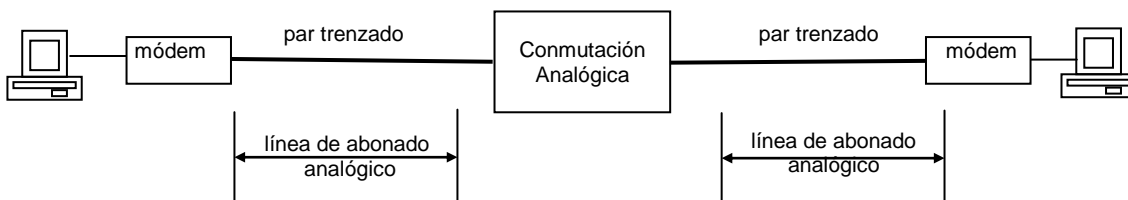


Fig. 9 - Módems en banda vocal

Vimos que a principio de los años 1970, se comenzó a aplicar con gran éxito la multiplexación digital mediante sistemas PCM, incrementando la eficiencia del as redes de enlace entre centrales. De dos pares se lograban aprovechar 24 canales (USA) o 30 canales en el resto del mundo.

A principio de los años 1980 surgieron equipos económicos que permitieron aplicar este sistema a las líneas de abonados. Mediante una, unidad de servicio de canal / unidad de servicio de datos CSU / DSU (Channel Service Unit / Digital Service Unit), se obtuvo el bucle de abonado digital, al que se le asignó el nombre de, línea de abonado digital DSL (Fig. 10).

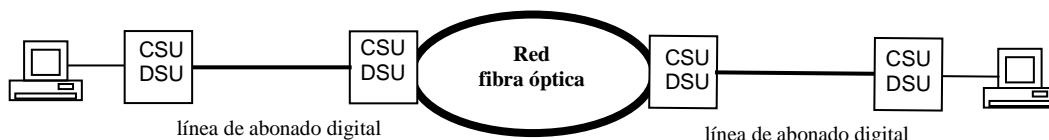


Fig. 10 - Bucle de abonado digital (DSL)

El pronto éxito obtenido con estos sistemas, radicó en su utilización para satisfacer los pedidos de líneas directas dedicadas de clientes corporativos y disponer de alta calidad de transmisión. Se dio servicio a 24 abonados mediante dos pares desde el domicilio corporativo hasta la oficina central. También se solía entregar un canal T1 (nivel DS-1) de 1.544 Mb/s (realmente 1.536 Mb/s para el abonado) extendiéndose varios kilómetros, cubriéndose hasta 1800 m sin emplear repetidor.

Con estos sistemas y otros de mayor velocidades, se logran alcanzar menores, longitudes del bucle de abonado, las especificamos en la siguiente tabla, referida siempre a pares de calibre 0.50 mm. Estos datos dependen de la calidad de transmisión y de la conservación dada a los cables.

#### ALCANCE CON MODEM DE BANDA VOCAL

Técnica	Velocidad (Mb/s)	Distancia (pies)	Distancia (m)
T1	1.544	6000	1800
E1	2.048	5300	1590
T 2	6.312	4000	1200
E 2	8.448	3000	900
1/4 STS -1	12.960	1500	450
1/2 STS -1	25.920	1000	300
STS -1	51.840	330	100

El éxito dado a estos servicios propulsó el desarrollo de la tecnología del HDSL, creándose una familia de equipos xDSL. De entre ellos, con ADSL se puede obtener toda gama de velocidades, llegando hasta 8.1 Mb/s. Para mayores velocidades, se puede emplear el VDSL, que actualmente alcanza hasta más de 50 Mb/s.

La familia xDSL integra los sistemas de línea de abonado digital DSL, compuesta por las siguientes tecnologías:

- HDSL línea de abonado digital de alta velocidad,
- SDSL línea de abonado digital simétrico de par único,
- ADSL línea de abonado digital asimétrica,
- RADSL línea de abonado digital de velocidad adaptable,
- CDSL línea de abonado digital del consumidor,
- MDSL línea de abonado digital de velocidad media,
- IDSL línea de abonado digital de RDSI,
- VDSL línea de abonado digital de muy alta velocidad.

Varias son las ventajas de los sistemas xDSL respecto a otras tecnologías para la red de acceso. Por de pronto no requiere cambio alguno en los equipos de conmutación, para utilizar RDSI, por ejemplo, debe de acoplarse una placa especial en la central. Otra ventaja es que algunas versiones como ser ADSL, RADSL y VDSL pueden sustentar tanto una PC, como un STB (Set Top Box) para televisión, así como redes LAN del tipo Ethernet.

COMPARACIÓN DE SISTEMAS xDSL

Tipo	Velocidad de datos	Modo	Referencia		
			Clase	Línea	Máx. Long.
HDSL	1.544 Kb/s 2.048 Mb/s	simétrico	HDSL	2 prs	3.6 Km
			HDSL 2	1 par	3.6 Km
SDSL	768 Kb/s	simétrico	-	1 par	3 Km
ADSL	1.5 a 8 Mb/s 16 a 640 Kb/s	descendente ascendente	-	1 par	5.4 Km
RADSL	1.5 a 8 Mb/s 16 a 640 Kb/s	descendente ascendente	-	1 par	5 Km
CDSL	hasta 1 Mb/s 16 a 128 Kb/s	descendente ascendente	-	1 par	4 Km
MDSL	272 Kb/s	simétrico			6.7 Km
IDSL	144 Kb/s	simétrico	-	1 par	5.5 Km
VDSL	13 a 55 Mb/s 1.5 a 55 Mb/s	descendente ascendente		en Cobre en FO.	300 m 1300 m

Incluso con xDSL es válido utilizar una configuración de cableado eléctrico CEBus (Consumer Electronics Bus). Ofrece desde el domicilio del abonado transporte ATM, constituyendo redes de muy alta velocidad y se puede asociar según el caso a B-ISDN y emplear líneas Ethernet, como TCP/IP.

Por último, xDSL se emplea tanto en redes de cobre para la baja velocidad de Internet de un usuario residencial, como sobre sistemas SDH, con una extensión de fibra óptica, para dar servicio a una corporación o a toda un área barrial.

Para efectuar el análisis de cada una de estas técnicas, hagamos una revisión de la evolución de esta tecnología digital, en su aplicación a la red de acceso. Se debe tener en cuenta que los límites de velocidad y alcance dados, son parámetros de diseño ofrecidos generalmente por los fabricantes, en la práctica se deben efectuar las respectivas pruebas de campo para determinar las reales condiciones de la red y comportamiento sobre ésta de los distintos equipos.

**A. 6. 3. 3. Sistema HDSL**

La historia del desarrollo de la familia xDSL nos manifiesta su pujante y acelerado potencial. Esta tecnología comienza con el sistema denominado línea de abonado digital de alta velocidad HDSL (Hight bit rate Digital Subscriber Line). Como vimos, el mismo ha sido utilizado, en sus inicios, para proveer mayor cantidad de vínculos entre centrales locales, sustituyeron al método empleado con los sistemas de multiplexación digital PCM.

Su empleo más significativo consiste en establecer líneas directas dedicadas de extremo a extremo, sin el empleo de conmutación. También, HDSL ha permitido vincular con pares de cobre las unidades remotas de abonados URA. Empleando varios sistemas HDSL ya no es necesaria la reconversión de la red a fibra óptica para multiservicios de hasta 7 Mb/s en distancias de 3 Km (o más según el calibre y estado de la línea). La tabla siguiente nos da una idea de la variación de distancia máxima alcanzada, según calibre de conductor utilizado:

ALCANCES MÁXIMOS HDSL PARA 2 Mb/s

CALIBRE		DISTANCIA Km
AWG	mm	
#26	0.41	2.70
#24	0.51	3.60
#22	0.64	7.93



Emplea la adaptación al estado de las líneas mediante una auto ecualización. También se agregaron canceladores de eco para minimizar las autodiafonías. Si se empleara FDM para eliminar la autodiafonía se requerirán filtros terminales. El empleo del control de errores como el FEC podrá producir latencia, que al sobrepasar los 500  $\mu$ s origina eco en la línea.

Con HDSL, el usuario debe implementar teléfonos digitales o en su defecto para usar los teléfonos analógicos existentes colocar un *adaptador-de-terminal* TA, al igual que se efectúa en la RDSI.

**Requerimientos de la planta en sistemas HDSL**

El sistema digital de línea de abonado de alta velocidad HDSL, G.703 de la ITU-T es un sistema de transmisión básicamente de 2 Mb/s, que incorpora avanzada tecnología de transmisión. Un sistema HDSL, consiste en dos equipos HDSL y dos pares de cobre, cada uno transmitiendo a 1.168 Kb/s dúplex, totalizando 2.336 Mb/s. Los equipos HDSL terminales en la central se denominan LTU (Line Termination Units), mientras que en el lado abonado, NTU (Network Termination Units). Mediante el sistema HDSL2, actualmente se permite emplear solo un par.

Los equipos HDSL de USA, cuando se emplean para establecer líneas dedicadas, se utilizan un distribuidor digital DCS (Digital Cross Conect System ) y plaquetas como *unidad-terminal-HDSL central* HTU-C, ubicadas en los bastidores de la central. En el otro extremo, se utilizan las *unidad-terminal-HDSL remota* HTU-R, para formar un área-de-servicio-de-portadora CSA o en los domicilios de los abonados, para dar servicio a los dispositivos de los equipos del usuario CPE (Fig. 11).

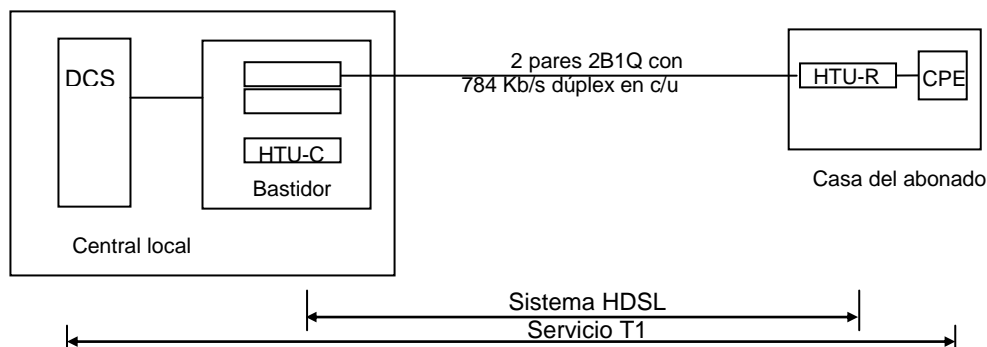


Fig. 11 - Canal T1 mediante sistema HDSL

Cada uno de los dos pares opera a 784 Kb/s en modo dúplex, difiriendo del método tradicional donde cada par transmite los bits en un solo sentido. Los equipos terminales tienen ambas funciones, transmisor y receptor constituyendo un tranceptor (transceiver). El sistema HDSL emplea el código de línea cuaternario 2B1Q (dos símbolos binarios son codificados como un símbolo cuaternario). El método de transmisión HDSL, optimizado supera los alcances de los primitivos sistemas PCM (Fig. 12).

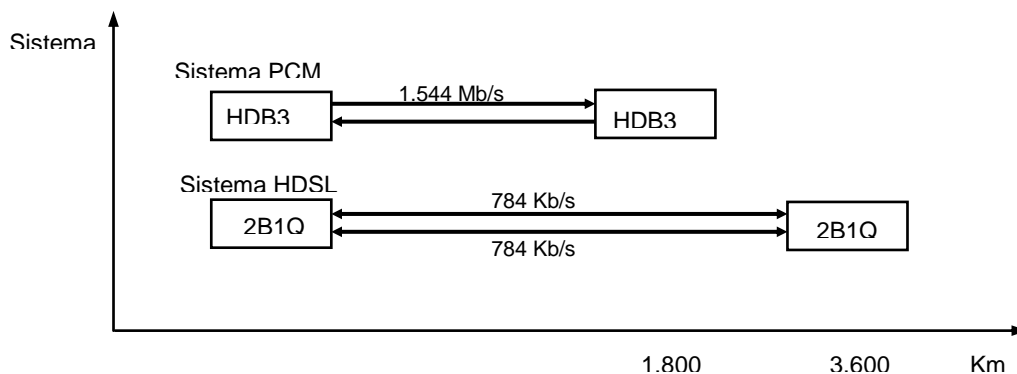


Fig. 12- Comparativo de alcances PCM y HDSL para calibre #24 AWG

Los sistemas HDSL se aplican con mayor éxito para enlaces de centrales locales e interconexión de estas centrales con PBX, proveedores de Internet ISP, entre LAN o para el acceso dedicado a WAN, ahorrando pares de cobre. En este esquema de manejar datos, un acceso integral concentrado en la central telefónica local toma el tráfico Internet, transmitido desde su operador sobre una red Ethernet y lo combina con la conmutación del tráfico vocal sobre la red pública.

Esta intervención de la central podrá ser implementada por el operador de servicios básicos telefónicos, de CATV u otro administrador de servicios de valor agregado.

Las características de transmisión hacen que el equipo sea muy restrictivo con respecto a la calidad de los pares que presenten múltiples. En general no hay problema en utilizar líneas con pares multiplexados, pero siempre que no se excedan de dos ramales y cada una con longitudes que no excedan 1.525 Km.

Los ramales múltiples son mas críticos cuando se localizan cerca del extremo final de los pares, aproximadamente a 250 m y con una longitud también aproximada de 250 m. Los pares utilizados no deben estar pupinizados.

### A. 6. 3. 4. SISTEMA SDSL

La tecnología denominada *línea-de-abonado-digital-simétrica* SDSL (Symetrical Digital Subscriber Line), permite brindar las mismas utilidades que el sistema HDSL, operando con T1 ó E1, pero concediendo menores alcances. Tiene un alcance máximo de 3 Km. El equipamiento del sistema SDSL es equivalente al HDSL2, requiriendo solo un solo par para el enlace. Existen varios modelos disponibles, de los cuales el más económico tiene una velocidad de 768 Kb/s con interfaz V.35.

VELOCIDADES Y ALCANCES SDSL

VELOCIDAD Kb/s	ALCANCE MÁXIMO	
	Km	Pies
128	6.71	22 000
256	6.56	21 500
384	4.42	14 500
768	3.97	13 000
1024	3.51	11 500

Supongamos que queremos crear un área de servicio de portadora CSA, mediante una terminal-remota RT, a varios kilómetros de la central local y un equipo *terminal-de-oficina-central* COT, ubicado en su interior. Con SDSL, se sustentan los RT mediante cuatro T1 (60 Mb/s) y desde allí se derivan canales subsidiarios fracción de T1, por ejemplo, de 784 Kb/s, ó 4 canales de 64 Kb/s, ó 2 canales de 64 Kb/s. De esta forma, con SDSL se permite brindar a los abonados bajo costo, alcance y velocidad de servicio.

### A. 6. 3. 5. Sistema RADSL

Los equipos del sistema de *línea-de-abonado-digital-asimétrico-adaptable* RADSL (Rate Asymetrical Digital Subscriber Line), son similares a los ADSL, con la diferencia que pueden ajustar su velocidad de acuerdo a la línea sobre la que funcionen. Esto significa que la velocidad de operación puede ser establecida por el usuario o ajustada automáticamente por el equipo, a la máxima velocidad posible de obtener sobre la línea en la que esté funcionando y sus condiciones de transmisión en cada instante.

Los requerimientos de tráfico de los usuarios varían de casa en casa y de momento en momento, lo mismo que las condiciones de transmisión de la línea de acceso, para días lluviosos o de mucho calor, ello llevó a crear el RADSL y luego el ADSL adaptativo. No difiere en cuanto a velocidades y alcances con respecto al sistema ADSL con velocidad adaptable entre 1.5 Mb/s y 8 Mb/s en downstream y entre 16 Kb/s y 640 Kb/s en upstream.

Emplea la modulación del tipo Multitonos Discretos DMT (Discrete MultiTone). Ambos sistemas ofrecen amplia aplicación para los servicios de Internet, VoD o accesos a LAN. Como ADSL permite continuar con los servicios de telefonía analógica.

### **A. 6. 3. 6. Sistema CDSL (Little ADSL)**

Los equipos *línea-de-abonado-digital-del-consumidor* CDSL (Consumer Digital Subscriber Line), son similares a los ADSL y RADSL, con la diferencia que no se requiere filtro (splitter) que separe los servicio de datos y de teléfono en la casa del abonado. En la central local no obstante se demanda aún un filtro, el que separe al tráfico de datos del de voz, hacia los conmutadores. Algunos fabricantes denominaron a este sistema Little ADSL pues dispone de solo hasta 1 Mb/s de velocidad. Al limitar la velocidad en línea, permite restringir la carga de tráfico sobre ella, además, tiene un costo menor al usuario. Permite aun sin filtro, las comunicaciones simultáneas de telefonía y de datos, como ser Internet.

### **A. 6. 3. 7. Sistema MDSL**

El universo de xDSL se ha expandido al fundirse el HDSL y ADSL y obtener la *línea-de-abonado-digital-de-velocidad-media* MDSL (Medium bit rate Digital Subscriber Line),. Estos tienen una velocidad de 1 Mb/s en ambos sentidos sobre un simple par, pero con un alcance limitado. Puede operar a 384 Kb/s ó a 272 Kb/s alcanzando de 6 a 6.7 Km. La rapidez de adaptación del MDSL hará mantener la oferta del cobre, a las velocidades demandadas por los nuevos sistemas.

### **A. 6. 3. 8. Sistema IDSL**

El principal problema de ISDN, no es el límite de velocidad BRI ó PRI, sino que opera a través del conmutador de voz de la central local, con la consiguiente congestión de los equipos debido sobretudo al tráfico generado por los servicios de Internet. El mayor beneficio de IDSL se obtiene al permitir desviar el tráfico ISDN BRI del conmutador de circuitos cuando se usa para un acceso ISP de Internet, aliviando la congestión del conmutador

La línea de abonado digital ISDN, resulta ser DSL + ISDN. Es decir, que soporta inherentemente una línea DSL y una estructura ISDN de acceso básico con 2B+D que opera a 128 Kb/s en ambos sentidos de transmisión. El canal D del BRI en ese caso de IDSL, no se usa para la señalización de voz. También se confecciona un sistema tipo tunelado empleando ambos canales B más el D totalizando 144 Kb/s. Esta línea simétrica sobre un par, tiene un alcance máximo de 5.5 Km

Mediante RDSI con DSL se posibilitó ofrecer el servicio-de-datos-digital DDS, constituyendo líneas dedicadas. La línea al estar organizada en canales BRI de 144 Kb/s, el cliente puede adquirir cualquier equipo TE compatible con ISDN. Otra ventaja importante de IDSL es no requerirse las placas ISDN en la central.

### **A. 6. 3. 9. Sistema VDSL**

Los sistemas, línea de abonado digital de muy alta velocidad VDSL (Very high bit rate Digital Subscriber Line), operan con velocidades superiores al sistema ADSL, pero con alcances menores. El hecho del menor alcance de distancia, permite simplificar los circuitos de los módems utilizados y aumentar sus velocidades.

Esta tecnología es considerada asimétrica, aunque cuando se demanda puede tomar una configuración simétrica. Las altas velocidades se alcanzan en tramos cortos o implementando portadora-de-bucle-digital DLC. En este caso se acerca al abonado con fibra óptica hasta un área de servicio de portadora CSA y continúa en ella con una red de conductores metálicos. Estas configuraciones CSA se han incrementado en USA en los últimos 15 años.

Se han dictado normas limitando los bucles a 3.6 Km con pares de calibre AWG #22 ó #24 y 2.7 Km con calibre AWG #26 y la prohibición de bobinas de carga. Las líneas con pares en múltiple, son limitadas a 762 m y con ramales que no superen los 600 m. Estas CSA podrán estar servidas mediante SONET /SDH y ATM (Fig. 13).

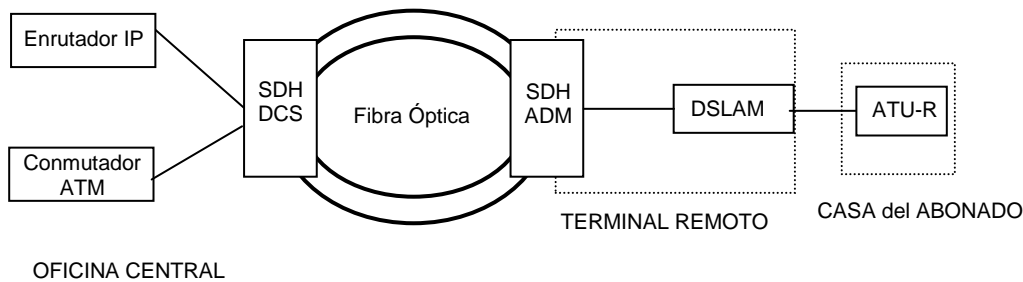


Fig. 13 - xDSL y SONET /SDH

Se combinan velocidades de 13 Mb/s a 52 Mb/s en downstream y de 1.5 a 26 Mb/s en upstream. Se han definido las distancias máximas que se pueden alcanzar con VDSL:

CARACTERÍSTICAS DE LOS SISTEMAS VDSL

VELOCIDAD DESCENDENTE (Mb/s)	VELOCIDAD ASCENDENTE (Mb/s)	DISTANCIA MÁXIMA (m)
12.96 - 13.80	1.5 - 13.80	1300
25.92 - 27.60	1.5 - 27.60	900
51.84 - 55.20	1.5 - 55.20*	300

\* no simultáneo

Si se requiere canales upstream de alta velocidad juntamente con canales downstream se necesitará utilizar técnicas de cancelación de eco. Una versión del VDSL se ha materializado con un nuevo juego de chips y módems. El módem suministra tres canales: de voz, datos con tráfico descendente de 160 Kb/s a 7 Mb/s y ascendente a 640 Kb/s. El diseño tiene separado los puertos para datos y video, con tramas de video que soportan las compresiones MPEG-1 y MPEG-2. Con estas características mas su simplicidad, permitirán que esta tecnología sea de alta aplicación a la hora de implementar accesos en redes públicas ATM.

Se podrá esquematizar áreas de distribución con líneas de cobre, efectuando un enlace de fibra óptica a una terminal-remota RT, desde una *terminal-de-oficina-central* COT. En este caso se tiene la topología de *red-de-fibra-al-barrio* FTTH. En el mismo, se emplea la tecnología VDSL para transportar vídeo y datos (asimétricos) en celdas ATM. También se adapta al protocolo IP y a combinaciones con redes SONET /SDH. Mediante ATM ó IP se podrá disponer todo tipo de tráfico de voz, audio, datos o video (Fig. 14).

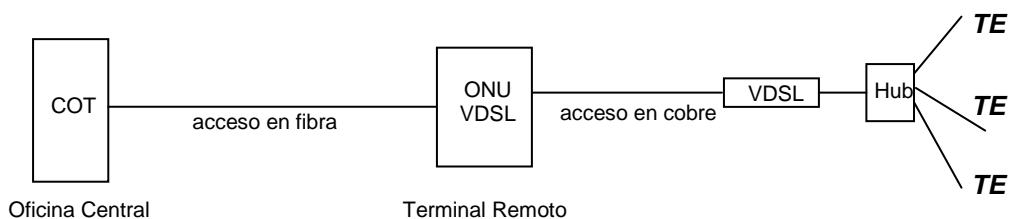


Fig. 14 - Arquitectura VDSL

La distribución a cada casa de abonado y a cada dispositivo conectado al sistema, se podrá realizar con técnicas TDM para el sentido downstream, mientras que en sentido upstream se emplea generalmente acceso múltiple TDMA. También se podrá utilizar algún método de acceso múltiple con paso de testigo (token passing), o simplemente dividir los canales mediante técnicas FDM. Al igual que con ADSL se podrán aplicar el acceso en Ethernet, ATM o directamente TCP/IP.

Para este esquema se utiliza electrónica activa en la central local CO y en el terminal remoto RT una unidad de red óptica ONU, donde se dispone la conversión electroóptica de las señales. En este sistema se requiere el uso de filtros separadores (splitter) de los servicios de datos y de telefonía, en la central y casa del abonado. Los equipos terminales TE de abonado implicar, tanto una PC, una LAN, electrodomésticos o terminales de, video digital conmutado SDV.

Las aplicaciones de sistemas VDSL son las mismas que las provistas por los sistemas ADSL, adicionando la posibilidad de servicios de televisión de alta definición. Deutsche Telekom ha sido la primera operadora en Europa en emplear el equipamiento VDSL, brindando velocidades de hasta 26 Mb/s en cada sentido, en longitudes de línea reducidas.

También se ha publicado el desarrollo de un chip VDSL para 52 Mb/s en dirección descendente y 2 Mb/s ascendente. En este caso se considera a esta tecnología apropiada para las redes Deutsche Telekom, ya que las distancias que manejan desde la central hasta los usuarios son en un 90% inferior a los 500 metros.

En USA ocurre un equivalente, pues al implementarse múltiples enlaces DLC a numerosas áreas CSA, cada una con un pequeño conmutador local y distanciadas pocos kilómetros una de otra, da como resultado bucles de como máximo 1300 m.

## **A. 6. 4. Sistema ADSL**

La empresa Orckit ubicada en Tel Aviv, Israel, en el año 1989, comenzó el desarrollo de la técnica ADSL. En USA el concepto ADSL fue propuesto por investigadores de los Laboratorios AT&T Bell y de la Universidad de Stándford, a principios de 1990.

El instituto de normalización ANSI de USA, en el año 1995, lo describe para la Capa Física como T1.413, por otra parte, el ITU-T cuenta con la recomendación G.992.1. La disimilitud entre ambas solo radica en la sustentación al modelo de red artificial básica. Ambos conjuntos de modelos representan líneas multipladas en deferentes calibres y longitudes y pares puente. El modelo ITU cuenta con 6 estándares de redes de acceso y el modelo ANSI con 15 redes tipo.

El sistema, línea de abonado digital asimétrico ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line), se denomina asimétrico pues la mayor cantidad de información digital, de 8 Mb/s, se envía en el sentido descendente hacia el cliente (downstream), mientras que en el sentido inverso hacia la central (upstream), es mucho menor, de 1/2 Mb/s. Una ventaja adicional lo representa disponer de un tercer canal analógico bidireccional, para el servicio de telefonía básica POTS. Así, el servicio telefónico queda siempre disponible por el cable de cobre, aún si se interrumpe el sistema ADSL. Esta cualidad agrega beneficios respecto al sistema HDSL, pues en este caso no se debe implementar un adaptador de terminal TA. Las nuevas versiones ADSL2 y ADSL2+, emplea compresión MPEG-2 y MPEG-4.

El sistema digital asimétrico, por sus características, aporta beneficios de transmisión en su aplicación a servicios asimétricos, en especial a los sistemas iterativos, como lo es Internet. Esta técnica divide el canal de transmisión en 256 bandas de 4 KHz. Como la atenuación en una línea es función directa del acoplamiento capacitivo distribuido que se produce entre conductores, la que se incrementa por las longitudes de los cables y por el valor de la frecuencia a emplear.

El mayor inconveniente, es usar una gama tan amplia de frecuencia con un comportamiento no lineal del bucle de abonado, la atenuación será mayor a 1100 KHz que a 30 KHz.

Los significativos efectos perjudiciales producidos para estas mayores frecuencias son minimizados, al poseer tan ancho de banda, por el establecimiento de la partición de canales y el proceso de prorrato de la potencia transmitida.

La velocidad de acceso es harto alta comparada a la de otros sistemas, este sistema permite transmitir desde 2 á 8 Mb/s (con un máximo de 8.192 Mb/s) en sentido hacia el abonado y en el sentido inverso de 16 Kb/s hasta 640 Kb/s, sobre la red de acceso de pares existente. Es cierto que los pares de cobre trenzados, limita la distancia de operación del sistema ADSL, para velocidades de 8 Mb/s, en aproximadamente 3 Km, en el calibre #24 AWG (0.50 mm), y para redes con buen estado de mantenimiento. Pero la mayoría de los abonados, mas del 50%, se encuentra dentro de esta distancia. Para distancias de 6 Km la capacidad descendente es de 1 á 1.5 Mb/s y la ascendente de 64 á 80 Kb/s.

#### VELOCIDADES Y ALCANCES EN ADSL

VELOCIDAD DESCENDENTE	#24 AWG	#26 AWG
1.455 Mb/s (T1)	5.4 Km	4.5 Km
2.048 Mb/s (E1)	4.8 Km	3.6 Km
4.632 Mb/s (3xT1)	4.2 Km	3.6 Km
6.312 Mb/s (T2)	3.6 Km	2.7 Km
8.192 Mb/s (límite superior)	3 Km	2.1 Km

### A. 6. 4. 1. Servicios del ADSL

Generalmente los módem ADSL son externos y se conectan al computador a través de una interfaz 10/100 Ethernet ó ATM de 25 Mb/s. La capacidad total de 8.1 Mb/s se puede operar para utilizando servicios como:

- 1 canal para telefonía analógica independientemente del sistema digital.
- 4 canales de TV de 1.5 Mb/s c/u, dirección downstream, calidad videocasetera VCR.
- 1 canal ISDN-H<sub>0</sub> de 384 Kb/s, bidireccional, para videoconferencias.
- 1 canal ISDN de Acceso Básico de 160 Kb/s, bidireccional.
- 1 canal bidireccional de señalización y control en 64 Kb/s, con una VCR virtual, VoD como TV interactiva o cualquier otro servicio interactivo.

También, en vez de receptionar cuatro canales de 1.5 Mb/s, se podrá seleccionar un solo canal de alta definición que emplea 3 Mb/s.

### A. 6. 4. 2. Diferencias ADSL al ISDN

Los distintos sistemas ISDN de banda angosta y banda ancha desde sus años iniciales, prevalecieron en la novedad de proporcionar distintos servicios digitales al abonado telefónico. Posibilitaban el uso simultáneo de varias aplicaciones y de considerable número de servicios suplementarios. Estos sistemas tuvieron considerable éxito en Europa, sobretodo en Alemania (65% de penetración), pero baja aceptación en EE.UU. y Latinoamérica. En Argentina por ejemplo, su comercialización se basó solo en ofrecer servicio de videoconferencia a 128 y 384 Kb/s.

Sin embargo, estos ofrecimientos fue superado prontamente en la aparición comercial del ADSL a fines de la década del 1990, por brindar mayores posibilidades de ancho de banda en una superior concepción y simple procedimiento (Fig. 15):

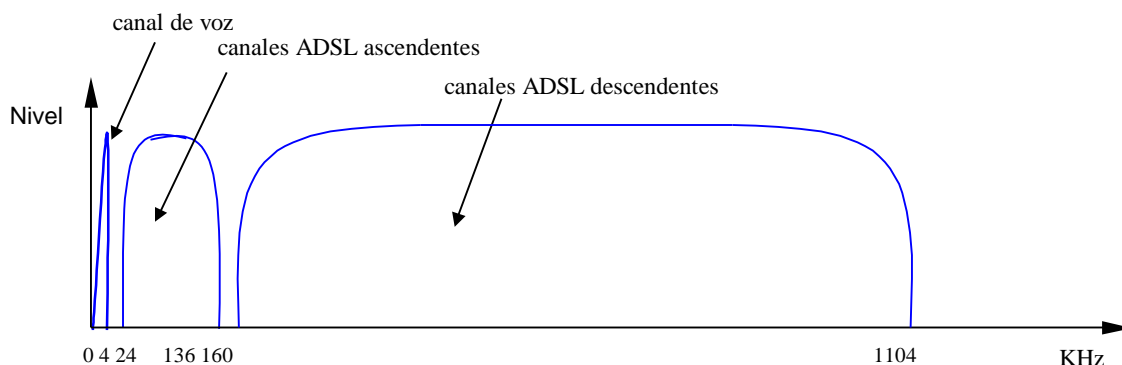


Fig. 15 - Estructura espectral del sistema ADSL

Varias son las diferencias distintivas entre el ISDN y ADSL. Mediante N-ISDN se posibilita alcanzar velocidades de hasta 160 Kb/s en acceso básico y hasta 2 Mb/s en acceso primario, mientras que con tan solo el original ADSL se puede obtener velocidades hasta tanto como 8 Mb/s. Con la introducción más reciente del ADSL2 y el ADSL2+, se alcanzan velocidad digitales, respectivamente de hasta 12 Mb/s y 27 Mb/s. Mientras que ISDN comprende una gama de frecuencia en la transmisión hasta los 80 KHz, con ADSL se supera 1.1 MHz (Fig. 16).

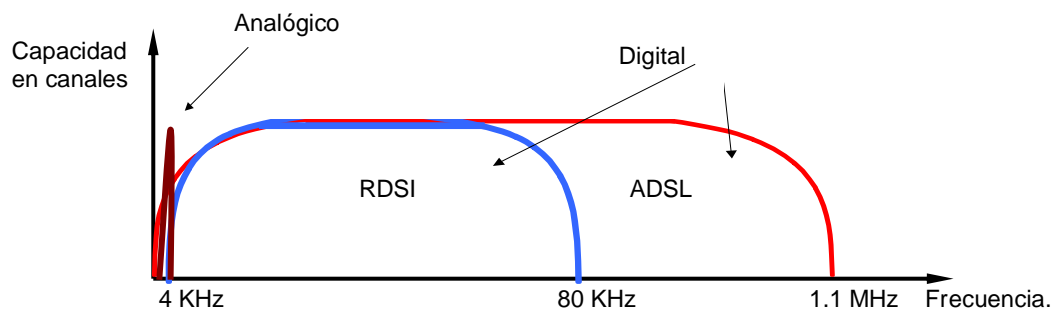


Fig. 16 -- Diferencia entre una transmisión ISDN simétrica y la ADSL asimétrica

Otra distinción entre los ISDN y los xDSL se refiere a su modo de transmisión, como línea conmutada para los ISDN y en modo permanente punto a punto (sin conexión), para los xDSL. Básicamente los primeros actúan en la red POTS y los segundos en la red de Internet, entre las centrales telefónicas, los proveedores de servicio de Internet ISP (Internet Service Provider) y los puntos de acceso principales de redes, NAP (Network Access Point).

## A. 6. 4. 2. Modulaciones en la ADSL

Los métodos de modulación nos permiten adaptar la información a un medio de transmisión. Ciertas cualidades podrán ser entregadas según el tipo de modulación, por ejemplo facilitar la radiación en radioenlaces, asignación de frecuencias, multiplexación, superar limitaciones del medio, etc. Es el caso de las señales emitidas por un computador, admite ser transportadas en forma más apta por un par de cobre. Ese proceso podrá ser realizado más eficientemente por el modem ADSL, que emplea la modulación QAM, en conjunción a la modulación DSL.

### A. 6. 4. 2. 1. Modulación de amplitud en cuadratura, QAM

La modulación de amplitud en cuadratura QAM (Quadrature Amplitude Modulation), consiste en la modulación multinivel de amplitud, de dos portadoras en cuadratura en forma independiente, describiendo una constelación de círculos. En este sistema de modulación, se combinan las variaciones de amplitud y fase. Se obtiene gran densidad de modulación, por ejemplo en el caso de 14 bit por muestra.

Como resultado de tomar las variaciones de dos parámetros independientes, consecuentemente estas modulaciones emplearán códigos bidimensionales. Estos esquemas de constelaciones, se entienden como el conjunto de puntos formados por las distintas posiciones posibles y su combinación digital respectiva.

En el caso de transmitir a 3 bit /Baud y se describe un patrón de constelación de 8 puntos, resultado de 8 combinaciones de amplitud y fase, con dos niveles de amplitud y con defasajes a 0°, 90°, 180° y 270° (Ver Anexo III).

La ecuación de la señal QAM se puede escribir como:

$$s_i(t) = a_i \cos \omega_0 t + b_i \sin \omega_c t$$

Los factores  $a_i$  y  $b_i$  toman en forma independiente valores discretos previstos según un número de niveles establecidos, con los que se podrá obtener:

$$A = \sqrt{a^2 + b^2}$$

$$h = \arctan(b/a)$$

De los cuales se puede obtener esquemas donde cada canal en cuadratura puede tomar distintos niveles. Por ejemplo cuatro niveles distintos, resultando el sistema que es denominado 16 QAM. Con otros parámetros se definirán otros esquemas más complejos (Fig. 17).

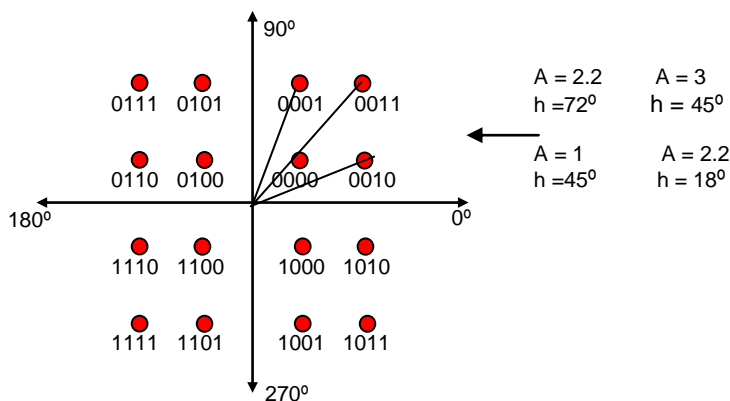


Fig. 17 - Patrón 16 de QAM

Las constelaciones multinivel, al crecer requieren mayores anchos de banda, asimismo disponen de menor tasa de error e introducen mejores valores de la relación señal a ruido S/N. Sin embargo, se hacen más sensibles a las variaciones de los parámetros de línea.

PATRÓN DE CONSTELACIÓN vs. RELACIÓN S/R

Nº de bit / muestra (r)	CONSTELACIÓN (2 <sup>r</sup> -QAM)	S/N (dB) para 10 <sup>-7</sup> ≥ BER
4	16-QAM	21.8
6	64-QAM	27.8
8	256-QAM	33.8
9	512-QAM	36.8
10	1024-QAM	39.9
12	4096-QAM	45.9
14	16284-QAM	51.9



Cada estándar de módem tiene su propio patrón de constelación. El modelo ITU V.32 del módem en 9.6 Kb/s, emplea la transmisión de 4 bit /Baud a 2400 Baud y resulta el patrón de 16 combinaciones, de la figura anterior. Se debe optar por el código de línea que satisfaga la longitud requerida y solviente la QoS, estipulada para el mismo.

**A. 6. 4. 2. 2. Modulación por multitonos discretos DMT**

Tenaces investigaciones fueron realizadas por los laboratorios Bellcore, Nynex, de GTE y British Telecom, formado a fin de estudiar la *tecnología-de-múltiples-portadoras-discretas* DMT. Mediante simuladores computarizados y pruebas de prototipos, demostraron que el modelo DMT ofrece las mejores prestaciones. Integrado como grupo de tarea T1E1.4 de ANSI, decidió anexar su definición a la norma DMT, en marzo de 1993, en La Florida, USA.

Se utiliza la técnica DMT para dividir el rango de frecuencia en tal alta cantidad de canales estrechos y manejar cada canal de forma independiente. En su aplicación, la modulación QAM se realiza sobre una banda previamente canalizada por DMT, en 256 canales. Los módem ADSL comunican entre sí por estos canales y reparten el tráfico por todos ellos en forma equilibrada. La modulación DMT para dividir el espectro de frecuencia en 256 canales, emplea 256 portadoras distintas. Mediante QAM se inyecta la señal en cada canal, con una codificación particular, acorde a la condición de transmisión.

La canalización se realizará a un ancho de banda similar al empleado en sistemas analógicos para obtener una mayor adaptabilidad a los sistemas existentes. Cada uno de estos canales tiene un ancho de banda de 4025 Hz, con una separación entre canales de 287.5 Hz, con lo que se obtiene un ancho real de 4025 Hz, lo que permite una mejor adaptabilidad e inmunidad en la línea (Fig. 18).

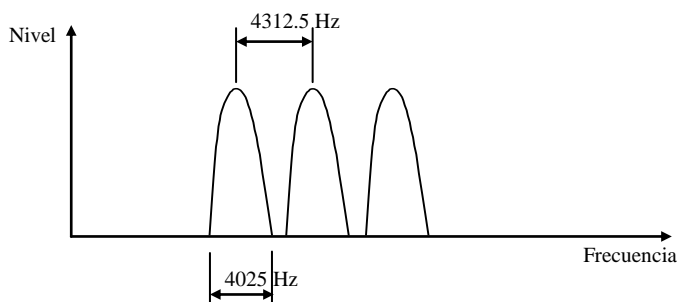


Fig. 18 - Canalización digital ADSL

Se establece, inalterable la banda de 0 á 4 KHz para el canal telefónico analógico, más una banda de 24 á 136 KHz para 20 canales digitales ascendente y de 160 á 1104 KHz para 219 canales descendentes. (Fig. 19).

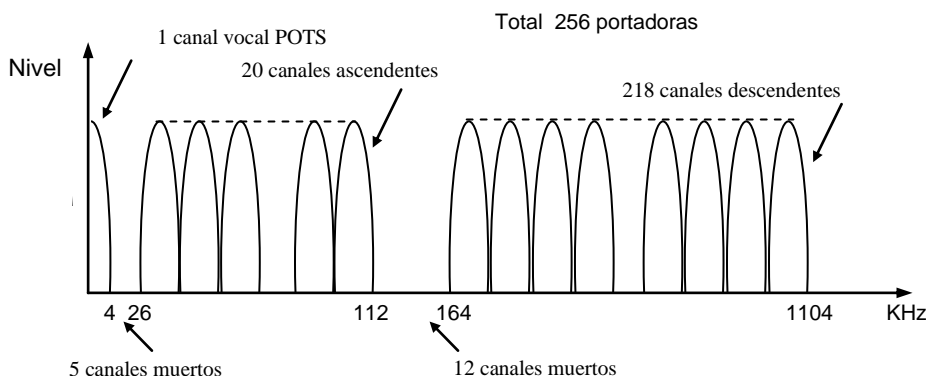


Fig. 19 - Modulación DMT con 256 canales

Asimismo, se puede comenzar su equipamiento por los canales en la parte inferior de cada banda, ello permite una mejor calidad de servicio (QoS), debido a las mejores cualidades de los cables en red con respecto a las frecuencias altas, atenuaciones más bajas y menores ruidos interferentes.

La finalidad de mantener un canal de voz analógico en forma inalterable, se debe a que de esta forma no es necesario cambiar la gran cantidad de aparatos telefónicos existentes y asimismo emplear los equipos de conmutación de esta red telefónica. Por medio de un filtro pasabajo en el domicilio del abonado se filtra las frecuencias mayores, las que portarán los datos para los sistemas digitales.

El propósito de emplear canales de 4 KHz, con 256 portadoras, radica en aprovechar los equipos normales de multiplexación telefónica y toda la tecnología digital de 64 Kb/s. Tal disposición favorecerá a los equipos ADSL adaptativos a RDSI.

### Ajuste automático de la DMT

Podemos considerar un módem ADSL como una gran batería de módems convencionales puestos en paralelo sobre líneas físicas diferentes. El hecho de utilizar canales estrechos asegura un comportamiento lineal en cuanto a atenuaciones y distorsiones dentro de cada canal y permite a los módem ADSL ajustar la transmisión dentro de cada canal a sus características específicas. Por ejemplo, si detecta que un determinado canal tiene mas ruido que el resto o si acusa una interferencia en esa gama de frecuencias, transmitirá por él con menor velocidad, o incluso puede llegar a anularlo.

Debido a la gran cantidad de tareas, que han de desempeñar los módems ADSL, se requiere procesadores muy potentes. La adaptación del módem a las características y condiciones de la línea lo efectúa, luego de un chequeo interno con la medición de los valores de una curva de atenuación y las condiciones de S/N, de la línea. Con ambos datos adapta el módem a los estados temporales de la línea, compensando o minimizando sus efectos adversos (Fig. 20).

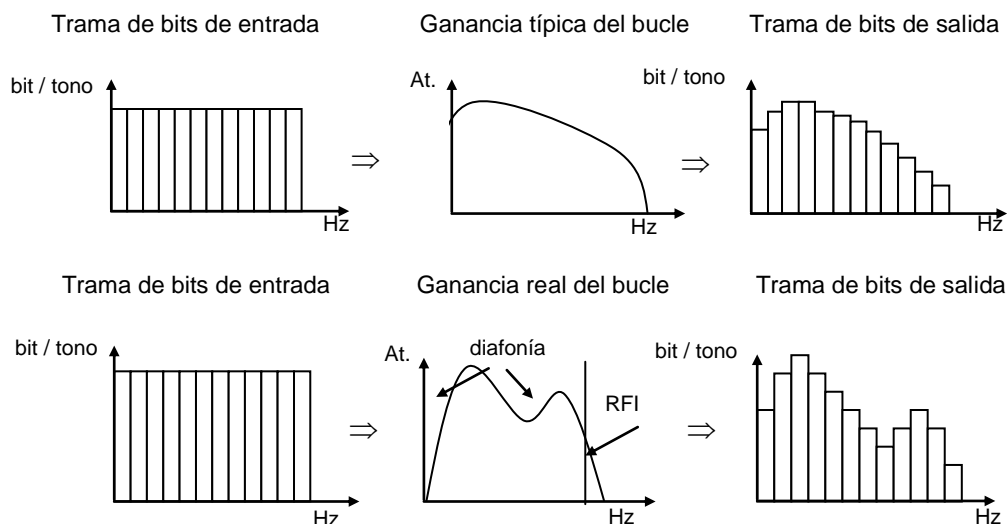


Fig. 20 - Ajuste automático de la DMT según estado del bucle

La altura de cada trama nos indica la carga en cantidad de bits. Para conocer la velocidad que está poseyendo cada canal, se debe multiplicar la cantidad de bit empleados en el mismo por 4000, obteniendo la velocidad en bit/seg.

El modular con un valor de 4000, parte del efecto de interferencia entre símbolos, si este valor disminuye habrá distorsión en la recepción. La velocidad total de transmisión será la suma las velocidades de cada canal.

### **Cancelador de Eco, versus FDM**

Vimos algunas consideraciones que diferencian a los ISDN de los xDSL. Otra diferenciación importante se refiere a la disposición de los canales en su sentido de transmisión bidireccional. Mientras que ISDN emplea fundamentalmente los equipos canceladores de eco, ADSL en particular tiene una conformación de canales en modulación de frecuencia FDM, es decir, separando los canales en dos bandas cada una para un sentido de transmisión, ubicando cada banda en diferentes gamas de frecuencias.

Para ISDN el esquema de bandas de frecuencias en sentido ascendente y descendente, las muestra superpuestas para ambos sentidos de transmisión. El transmisor y el receptor operan en bandas iguales de frecuencias. En servicio estas frecuencias se las separa mediante el cancelador de eco.

Los fabricantes de equipos, acostumbrados al uso del cancelador de eco para los servicios de ISDN y HDSL, propiciaban su utilización en ADSL. Sin embargo, las pruebas efectuadas empleando la, *modulación por división de frecuencias FDM*, resolvió esta cuestión.

El cancelador de eco opera inyectando una muestra de la señal transmitida en su mismo receptor, para un intervalo de tiempo dado. El receptor cuando recibe la onda del transmisor remoto elimina las señales correspondientes a esa muestra. El cancelador, compara entre la señal emitida y la recibida, en un intervalo de tiempo prefijado. Si la señal recibida no es suprimida por el cancelador se genera una señal de ruido.

Las desadaptaciones de la línea, fundamentalmente variables debido a los parámetros que la afectan, hacen que este sistema complique o malogre su principio de funcionamiento. Se podrá degradar la transmisión e incluso hacer caer la misma interrumpiendo el servicio.

El principal problema se crea al tener en la central un alto número de trancceptores. La diafonía entre sistemas es el principal factor de error ya que un receptor desprecia por comparación la señal emitida por su transmisor, pero ignora las muestras de otros transmisores de ese mismo extremo de la línea. A gran escala se requeriría implementar muchos filtros para actuar con los canceladores de eco, y cada uno de alto costo (Fig. 21).

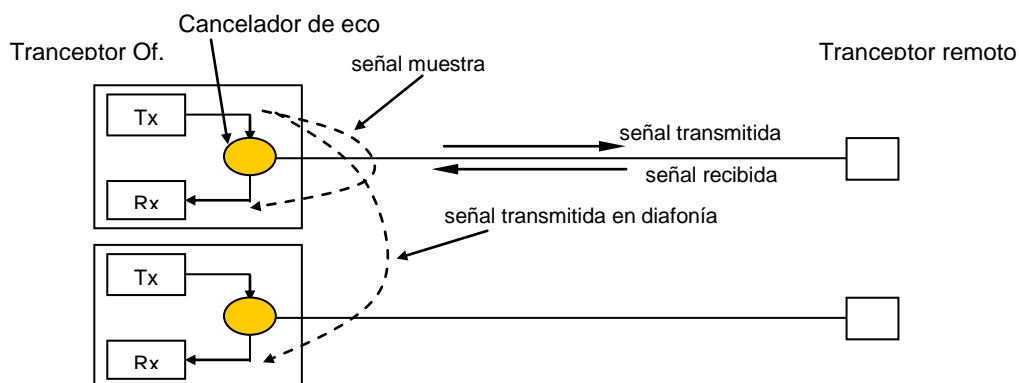


Fig. 21 - Operación y diafonía en el cancelador de eco

En tal situación el ITU recomendó para los sistemas ADSL el método de multiplexión por división de frecuencias FDM. Se transmiten canales en una banda descendente de altas velocidades y en canales ascendentes en una banda de velocidades más lentas.

De esta forma, se operan ambas bandas simultáneamente, sin que se produzcan interferencias entre ellas y al canal telefónico de frecuencia vocal. En su caso, se pueden emplear filtros pasabajo y/o pasa altos.

**Corrección de errores**

La presencia de ruidos en las líneas de pares trenzados, originados en perturbaciones internas y/o externas, sobremanera del ruido impulsivo de origen aleatorio, hace necesario implementar mecanismos que confieran al trancceptor ADSL

la robustez necesaria para brindar una calidad de servicio adecuado. Para ello, debe de cumplir una tasa de error admisible.

Los códigos de corrección-de errores-avanzado FEC, cumplen este requisito. El código FEC-RS (FEC-Reed Slomon) ha sido declarado de uso obligatorio por el instituto de normalización ANSI.

La capacidad del FEC-RS para la corrección de errores viene determinada por la adición de códigos redundantes. Este método consiste en intercalar palabras de datos en código RS. De esta manera se potencia la capacidad de corrección en un factor proporcional al nivel de intercalado, pero a costa de agenciar un retardo extra.

Es de hacer notar, que algunos servicio proveen sus propios códigos de corrección contra errores de transmisión. Por ejemplo, el esquema de compresión MPEG-2, del servicio de video sobre demanda, incluye su propio cancelación de errores.

**Código Reed Solomon**

El código Reed Solomon para la corrección de errores, trabaja bajo el vector de síndrome (síntoma) igual al vector (magnitud) cero, para definir la ausencia de errores.

Si este vector es distinto de cero, al vector recibido se le agrega un patrón de errores para corregir los errores de transmisión. El patrón de errores es n dimensional. El receptor selecciona un patrón de errores que tenga el mismo síndrome de error que el vector recibido. Como varios patrones de error pueden dar como resultado el mismo resultado de error, es posible que la parte receptora seleccione un patrón incorrecto.

Cuanto mayor sea la distancia entre palabras de código, menor será la probabilidad de seleccionar un patrón incorrecto (Fig. 22).

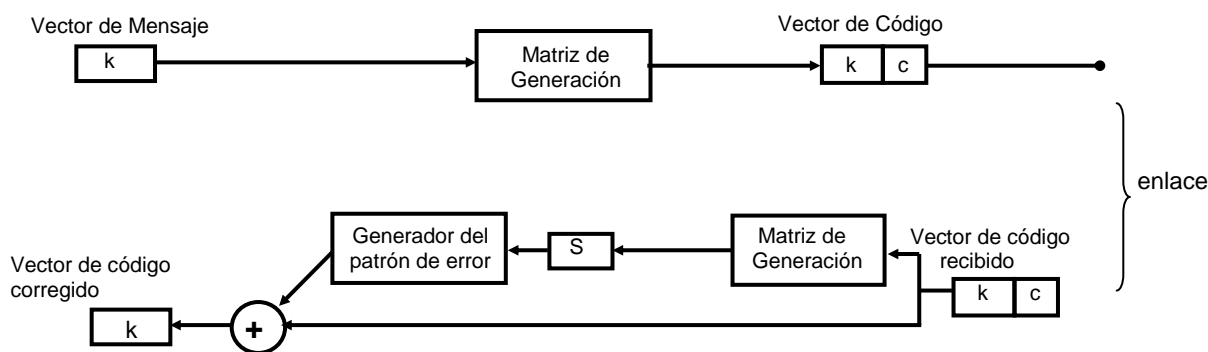


Fig. 22 - Implementación del código de corrección

El código Reed Solomon proporciona, mediante la implementación mejorada de paridad y la utilización de matrices complejas, obtener una muy buena relación relleno /corrección. El agregado de 16 bit al mensaje y la implementación de paridad permite obtener la detección y corrección de hasta 8 Byte errados.

El entremezclado del mensaje anterior a la transmisión y su reordenamiento posterior a la recepción, logra el mayor distanciamiento posible entre errores originados y un mejor rendimiento del Reed Solomón.

El receptor debe conocer el patrón de redistribución de bit para poder reagrupar el flujo de símbolos antes de comenzar la codificación. El espacio necesario depende de la duración de la ráfaga.

### **Entrelazado**

El entrelazado de un mensaje, se refiere al entremezclado previo del mismo antes de su emisión y al reordenamiento posterior en su recepción.

Ello se efectúa para lograr el mayor distanciamiento posible entre errores originados durante la transmisión y conseguir el mayor rendimiento de la corrección Reed Solomón. Para ello el intercalador reparte los símbolos de código sobre un intervalo de longitudes fijas (Fig. 23).

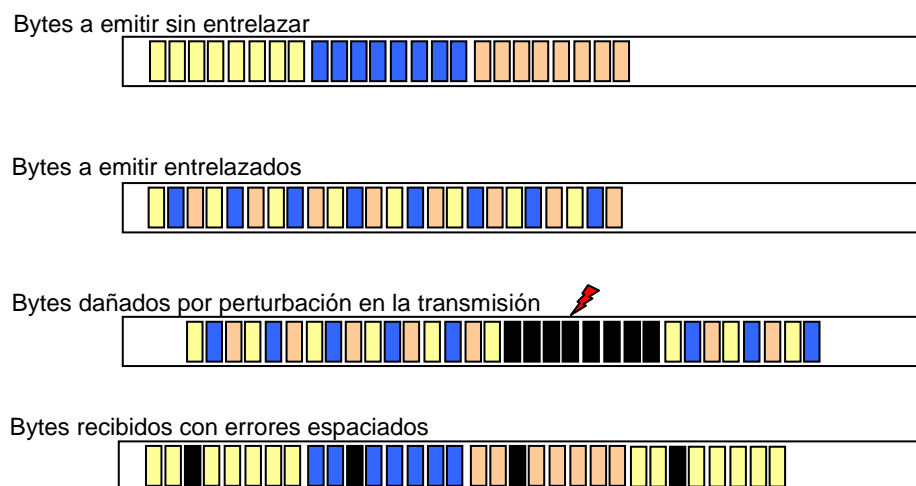


Fig. 23 - Proceso de entrelazado

El espacio asignado al entrelazado depende de la duración de la trama a emitir. El receptor debe conocer este patrón de entrelazado para poder reagrupar el flujo de símbolos antes de comenzar la codificación.

### **A. 6. 4. 3. Estructura general de un sistema ADSL**

Para poder adecuar la actual red de acceso analógica a un sistema digital, se debe estructurar un equipamiento específico. También la red troncal, aunque ya conformado sobre la base de una plataforma ATM, debe sufrir adaptaciones en particular.

En su análisis, partiremos desde la casa del cliente, donde se instala un módem ADSL (Cisco 677) "esclavo" llamado, unidad terminal ADSL-Remota ATU-R (ADSL Terminal Unit-Remote).

Esta unidad podrá servir a una PC residencial o varias conectadas en red a través de un Hub. Un divisor de señal (splitter) podrá dar servicio hasta tres teléfonos analógicos.

En la central telefónica del abonado, pasando primero por un filtro pasabajo similar al ubicado en el domicilio del cliente, para encaminar las comunicaciones telefónicas al MDF y el conmutador de la central, se instala un módem denominado, unidad terminal ADSL-Central (ATU-C), en función "maestro". Este módem, compone un grupo de equipos, en un bastidor al que se le denomina DSLAM.

El DSLAM tiene capacidad para conectar hasta 240 módem, (Cisco modelo 6260) y concentra las comunicaciones a en un multiplexor de acceso, que encamina la transmisión digital a la red troncal ATM (Fig. 24).

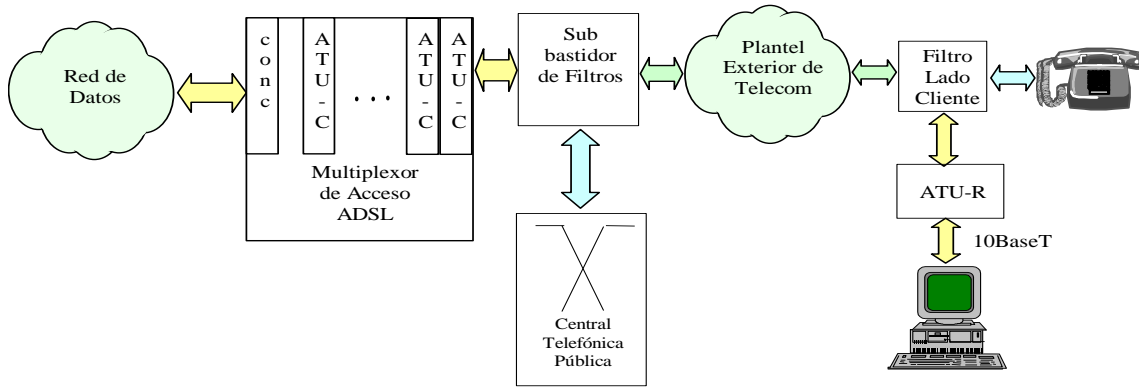


Fig. 24 - Red de acceso digitalizada ADSL

Desde allí y agrupando varios DSLAM se constituyen las interfaces a una concentración que sirve de borde a la nube ATM. El conjunto podrá comprender una o varias centrales y podrá estar constituido con hasta 4 DSLAM y estarán asociados en topología de árbol binario. En los distintos tramos según lo amerite el tráfico requerido se utilizan velocidades en E1, 4 x E1, E3, STM-1 ó llegado el caso de alto tráfico STM-4 (Fig. 25).

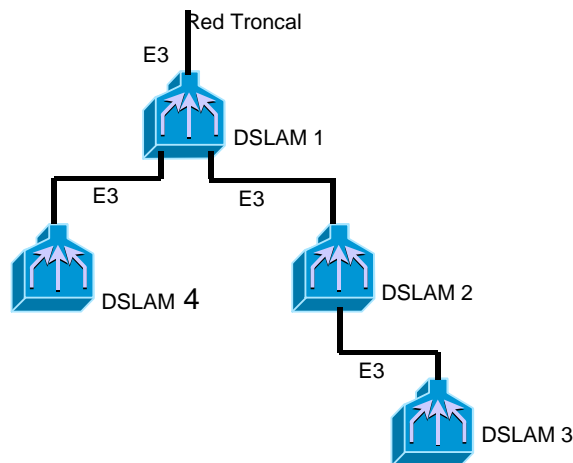


Fig. 25 - Concentración de DSLAM en tipo árbol digital

En general se asigna al conjunto de 4 DSLAM la velocidad E3, en consecuencia, por cada E3 se tiene un nodo constituido por un máximo de 960 ports (240 x 4). Teniendo en cuenta que E3 tiene 34 Mb/s, resultará que por cada port le corresponde 35 Kb/s.

Si se comercializan dos productos, uno como Acceso Rápido (AR) con 256/128 Kb/s y otro como Acceso Rápido Plus (ARP) con 512/128 Kb/s, de valor máximos, podremos corresponderle, según el equipamiento establecido antes, al AR una velocidad promedio de 22 Kb/s y al ARP de 40 Kb/s.

En el otro extremo, ya saliendo de la nube ATM, se instala un agregador de servicio, que denominamos, servidor de acceso de banda ancha BAS (Broadband Access Server), desde donde se selecciona el camino a tomar por la transmisión de datos, según el servicio elegido por el cliente. Podrá optarse por continuar en la red del operador local o ser derivado a un ISP. El proveedor de servicio Internet ISP (Internet Service Provider) podrá ser particular o propiedad del mismo operador de la red telefónica.

La vinculación al servidor de acceso BAS, se realiza mediante un camino virtual VP (Virtual Path), dentro del cual se establecerán los distintos circuitos virtuales VC (Virtual Circuit), que corresponden a cada módem.

La nube ATM, en su corazón central está sustentada por una red óptica SONET /SDH. Mientras que las derivaciones a los proveedores de servicio, en su caso ISP, están cubiertas por una red TCP/IP, en caso de faltar equipamiento ATM hacia estos suministradores de servicios (Fig. 26).

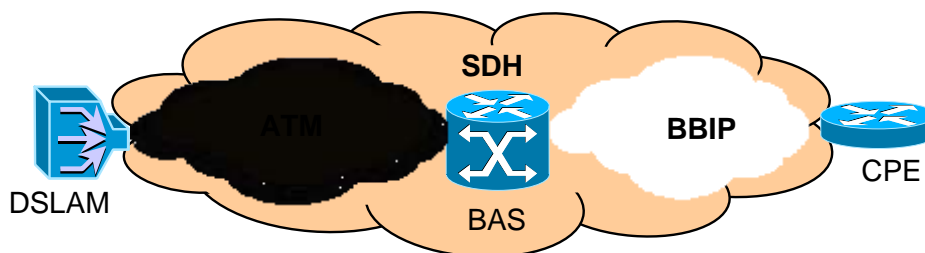


Fig. 26 - Red troncal ATM / IP

La planificación de implementación de los sistemas ADSL se basa en el estudio de las tasas de tráfico y de una matriz de tráfico a confeccionar. La red de ATM permitirá el flujo de tráfico tanto en sistemas TDM, Frame Relay y ATM, aunque solo en la tecnología ATM convergen las tres clases de tráfico indicadas. Estos tráficos se transportarán en circuitos con calidad de servicio diferenciada.

#### A. 6. 4. 4. Arquitectura de la red troncal

La arquitectura de la red ADSL, se apoya en un modelo de capas, constituido por una troncal central (backbone), en red malla, alrededor del cual se despliega una topología tipo árbol jerárquico, donde los nodos de capas más cercanas al centro (core) de la red concentran el tráfico de los niveles más alejados (edge)

En la figura se indican modelos de equipos Alcatel. Se clasifican en grupos TDM, FR y ATM. Los TDM contienen a los modelos 3645, 3600 y 3630, mientras que los equipos FR y ATM al modelo 7470 (Fig. 27).

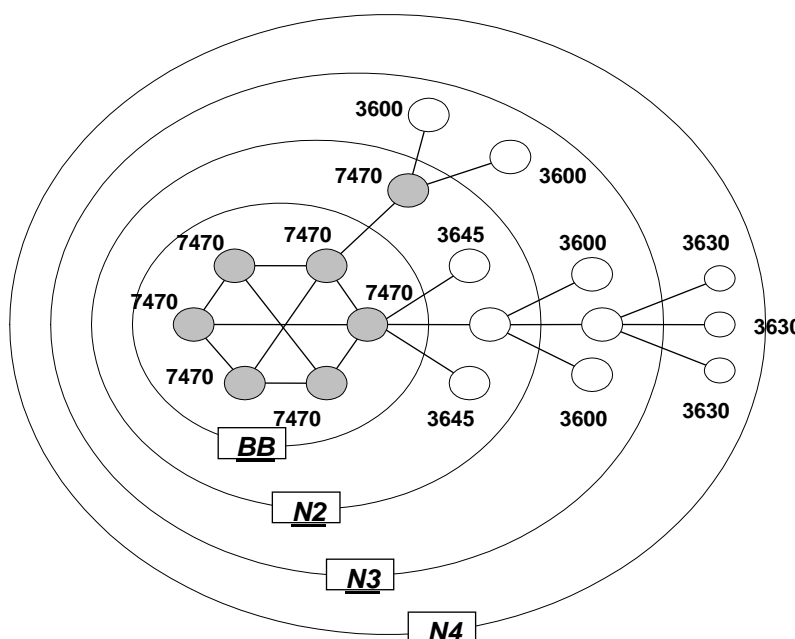


Fig. 27 - Red jerárquica troncal

Las rutas y los enlaces, unen nodos en velocidades específicas, según sistema empleado:

- TDM para voz o para datos en E1.
- FR en E1.
- ATM en E3 y STM-1 tanto óptico como eléctrico.

El modelo conforma una estructura jerárquica en donde típicamente los niveles más cercanos al backbone incluyen los nodos más importantes con relación al parque total de clientes conectados a la red. El estudio de tráfico se mide en requerimientos de ancho de banda, para ello, se evalúa los recursos disponibles a fin de la confección de la planificación final. Una matriz permite conocer el volumen de tráfico entre nodos de red, determinado por el origen-destino de todas las conexiones en servicio.

La matriz no mide tráfico real sino que evalúa la cantidad de recursos reservados (en términos de ancho de banda) para cursar tráfico, de acuerdo a los parámetros de configuración de las rutas (path) de los clientes. Es conveniente desdoblarse la matriz en TDM, FR y ATM, para evaluar cada tipo de tráfico en forma particular.

**A. 6. 4. 3. 2. Proceso de la interconexión troncal**

En la oficina central, el DSLAM, recupera los bit enviados sobre el lado de acceso del abonado y los vuelve a armar en celdas ATM. Es algo más que un distribuidor (cross connect) digital es más bien un conmutador ATM.

En sentido hacia el abonado (downstream), divide el tráfico y en el sentido hacia la central (upstream) combina los flujos de bits de los distintos clientes y es enviada a la red ATM, actuando con función de servidor-de-acceso-remoto.

El multiplexor de acceso a línea digital de abonado DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), es la puerta de entrada a la red, de los módem remotos ATU-R en casa del abonado. Consiste en un bastidor ubicado en la Oficina Central Telefónica, que tiene capacidad para conectar hasta 240 módem, (Cisco modelo 6260).

El DSLAM accede generalmente hacia la red troncal, a través de una interfaz E3 en ATM, que la vincula al, servidor de acceso de banda ancha BAS, mediante un camino virtual VP, dentro del cual se establecerán los distintos circuitos virtuales VC, que corresponden a cada módem.

**EQUIPAMIENTO DEL DSLAM**

Líneas por bastidor	Líneas por sistema	Red de interconexión	Interfaz hacia red de datos	Categoría ATM	ATU-R	Clientes por BAS
92 á 1280 (144 - 240)	92 á 1280 (576 - 1560)	cascada ----- 4 etapas de concentración ----- árbol ----- estrella	4 x E1 ----- E3 ----- SMT-1 ----- SMT-4	CBR rt CBR nrt UBR VBR	Bridge y Router Ethernet  ATM-F25 PC NIC USB	768 á 48000 (4800 á 14000)

La agrupación en E3 se realiza en topología de árbol binario compuesto por 4 DSLAM. En consecuencia, por cada E3 se tiene un nodo constituido por un máximo de 960 puertos (240 port /módem x 4). Teniendo en cuenta que E3 tiene 34 Mb/s, resultará que por cada puerto le corresponde 35 Kb/s.

Si se comercializan dos productos, uno como Acceso Rápido (AR) con 256/128 Kb/s y otro como Acceso Rápido Plus (ARP) con 512/128 Kb/s, de valor máximos, podremos corresponderle, según el equipamiento establecido antes al AR, una velocidad promedio de 22 Kb/s y al ARP de 40 Kb/s.



Mediante la red de interconexión troncal, desde los DSLAM, se envían las celdas ATM hasta el centro concentrador de la red ATM en E3. En jerarquías inferiores podría emplearse TDM o Frame Relay.

En la red óptica ATM, se emplea SDH en STM-1. Asimismo el sistema permite el uso del sistema GigaEthernet.

En su lado remoto, estas redes ATM confluyen en un agregador de servicio BAS (Cisco 6400), que encamina la comunicación al operador de servicio seleccionado en tráfico IP. Se podrán disponer de hasta diez servicios diferentes, videoconferencias, VoD, etc. Puesto que en general, los Operadores de Servicio Agregado, no disponen de equipos ATM, se los vincula mediante técnica IP.

El BAS, posee la función de separar e identificar el tráfico proveniente de cada uno de los módem conectados a la red, como PVC ATM y enrutar el mismo hacia el ISP contratado por el cliente dentro de un túnel, constituido por el, protocolo de tunelado de nivel 2 L2TP (Label 2 Tunneling Protocol), o hacia un troncal IP, BBIP (Broadband IP), urbano, interurbano o internacional, de destino.

El CAR trabaja en conjunto con el BAS y está compuesto por un servidor RADIUS donde se encuentran los distintos perfiles que se deberán aplicar a cada conexión. Cuando un cliente inicia una sesión, el BAS lo identifica y realiza la consulta en el CAR sobre qué parámetros aplicar a esa conexión y cuál será el destino que debe tener y su tratamiento.

Otros componentes de esta red son:

CPE de acceso del abonado: Selecciona AR ó ARP y provee servicio corporativo en PPP/ATM, con interfase 10/100BaseT para LAN o de una PC con placa Ethernet.

CPE del ISP: Selecciona y encamina a un cliente propio o del BBIP

NOC: Centro de supervisión de la red

AC: Equipo de acceso al VIP

PIX: Equipo firewall

Radius: Equipo que identifica y valida el acceso del usuario a la red.

NAT: Protocolo que traslada la dirección IP, de privada a pública.

NRP: Nodo, router procesador

LNS: Router en la ISP que junto a NRP conforman y finalizan la L2TP.

DHCP: Asigna IP a las PC en formación LAN, con NAT comparten la IP pública.

Se instala un agregador de servicio por cada 4 o 5 oficinas centrales. Desde el agregador de servicio podrán formarse backbone a cada proveedor de servicio determinado o reuniendo varios de ellos. Los proveedores de servicio podrán constituir grandes Centros de Datos (Data Center).

Se debe resaltar el alto uso de canales virtuales privados PVC, aprovechando la posibilidad que brinda ATM para generar tunelados.

### ***Protocolos del sistema ADSL / ATM / IP***

Es importante enfatizar que ADSL permite usar en forma indistinta, en la casa del usuario la tecnología Ethernet en 10BaseT o placas ATM, así como la interoperatividad troncal entre los sistemas ATM y TCP/IP.

De tal forma, el proveedor de servicios, podrá explotar el uso TCP/IP actual o transportado sobre ATM, aprovechando los mayores beneficios en velocidad y capacidad y posibilidades de los diferentes servicios.

De tal forma cada tramo de tal red dispondrá de una serie de protocolos en diferente cantidad y niveles de capas (Fig. 28).

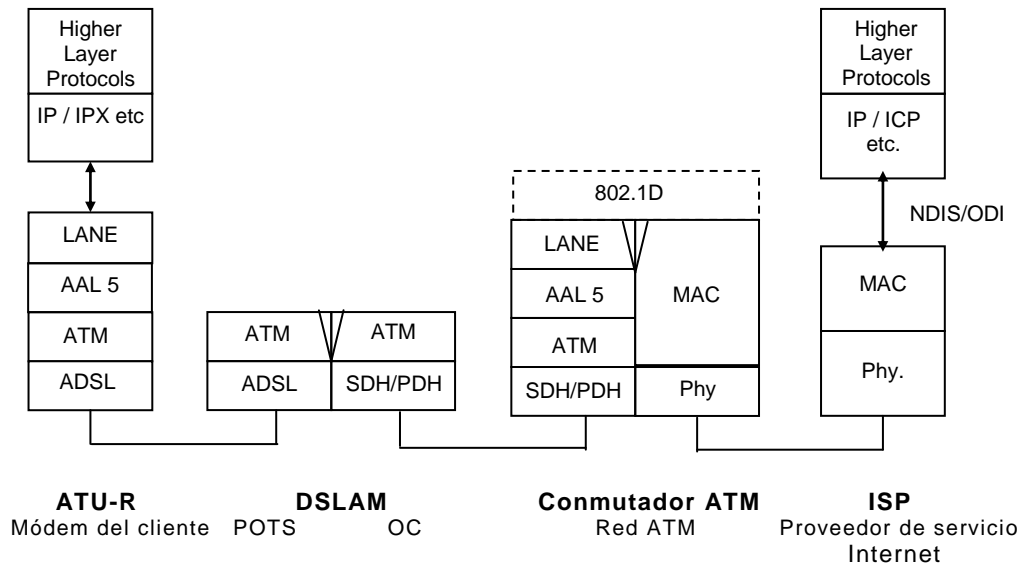


Fig. 28 - Esquema global de protocolos en un sistema ADSL / ATM / IP

**Configuración PPPoA y PPPoE**

En el modelo de referencia ofrecido por el FORUM ADSL, podremos apreciar la disposición de elementos constitutivos, para el análisis de operatividad (Fig. 29).

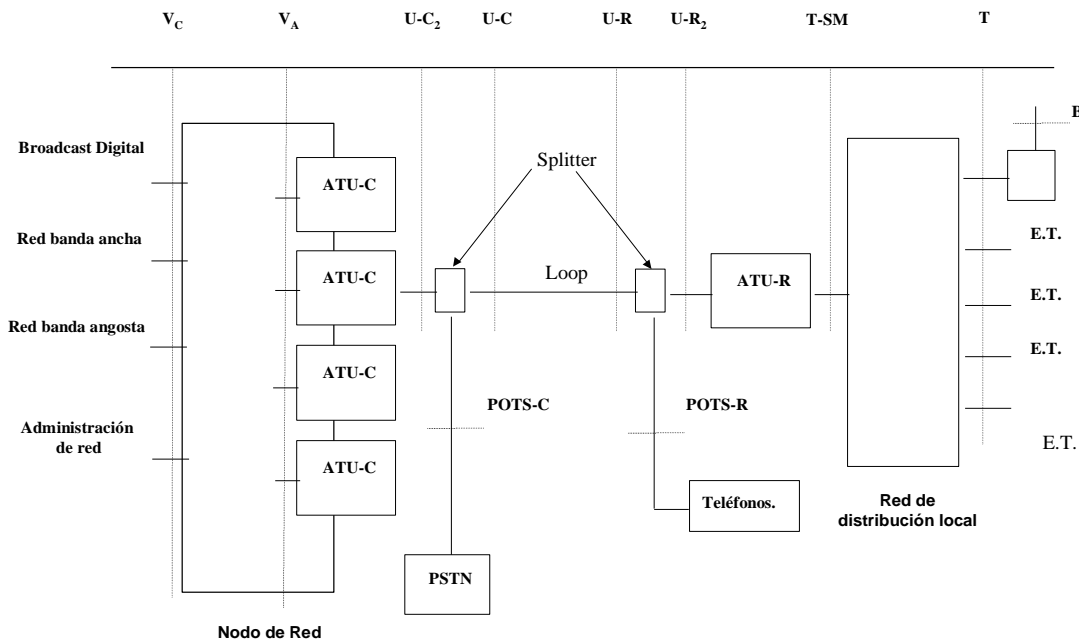


Fig. 29 - Modo de referencia del ADSL FORUM

La configuración del modo de conexión podrá ser del tipo PPP sobre ATM, PPPoA o del tipo PPP sobre Ethernet, PPPoE. Según la placa utilizada por el cliente en su PC. Con una placa ATM se configura en PPPoA y con una placa Ethernet se configura en PPPoE.

Con esta configuración, la conexión llega hasta el módem o a la PC. La conexión como PPPoA (Point to Point Protocol over ATM) permite la formación de canales virtuales de trayecto (VP) y de canal (VC), extremo a extremo, con posibilidad de agregar un túnel sobre el lado cliente. La firma Alcatel denomina esta conexión como modo PPTP/PPP (Point to Point Tunneling Protocol /Point to Point Protocol).

### **Servicio de agregación de acceso con tunneling**

Se denomina sesión a una unidad lógica de la red ADSL. Se establece cuando el usuario realiza una conexión con su ISP. Comienza en la PC y termina en su ISP, permaneciendo activa mientras el usuario mantenga la conexión.

Por port de DSLAM es posible establecer solamente una sesión PPP por vez. Las sesiones se contratan desde el CAR.

En el modelo de servicio, se debe iniciar una sesión de PPP desde la PC del abonado. La PC tiene un driver que inicia la sesión *PPP sobre Ethernet* PPPoE. En este caso el módem está configurado en modo Bridge. La sesión PPP será validada por el *nodo-router-procesador* NRP y transportada hacia el proveedor de servicio, en un modelo transparente vía un túnel L2TP. El objetivo de este modelo es hacer que el usuario de ADSL se vea como un usuario de dial-up para el ISP (Fig. 30).

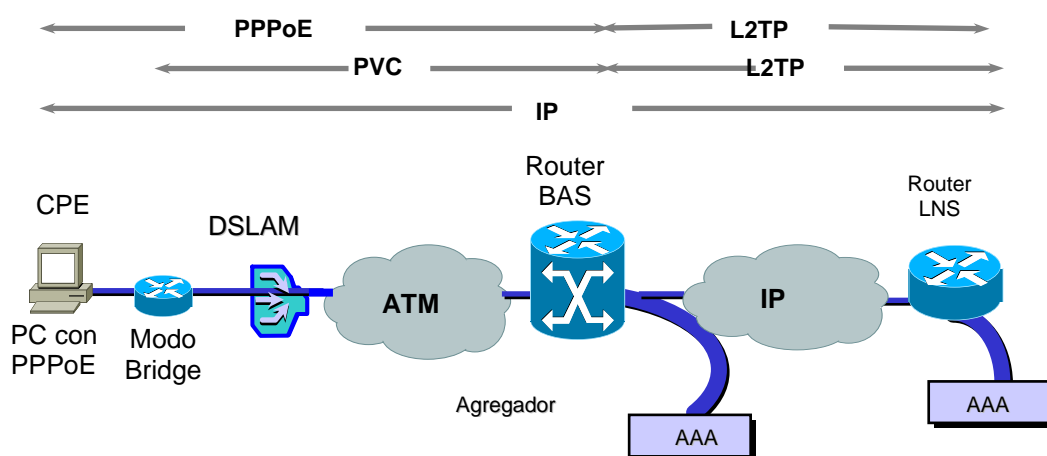


Fig. 30 - Modelo de agregación de accesos mediante tunneling L2TP

Cada elemento de la red troncal se dimensiona para un máximo de secciones simultáneas, por ejemplo un BAS podrá soportar hasta 6000 sesiones simultáneas. En un típico modo de tunneling L2TP, el dispositivo de agregación examina la estructura del nombre del usuario, en la sesión PPP y obtiene toda la información (profile) necesaria para crear el túnel L2TP, de la base de datos local del servidor Radius, a través de este nombre de dominio. Este "profile", contiene la dirección IP del servidor-de-red-L2TP LNS, y una password para el túnel.

### **Secuencia de conexión. AR /ARP**

1º Paso. El usuario utilizando el WinPoet, inicia la sesión PPP desde su PC ingresando "usuario&isp-region-servicio + password". Esta sesión PPP atraviesa el CPE-DSLAM y llega al BAS. El BAS recibe la sesión y consulta al CAR sobre el destino de la misma.

2º Paso. El CAR, ejecuta "isp-region-servicio", indicando al BAS hacia donde tiene que dirigir la sesión del cliente, en caso de no existir un túnel L2TP hacia el destino, el BAS inicia uno y continúa la sesión iniciada del cliente, hasta el LNS del ISP.

3º Paso. El LNS del ISP, termina la sesión PPP iniciada por la PC del usuario y continuada por la NRP del BAS. Para terminar la sesión consulta al Radius del ISP por "usuario y password" del cliente. El LNS le asigna una dir IP pública al cliente. Este la utilizará para navegar por Internet.

4º Paso. El cliente después de localizar usuario y dominio, dispone de una conexión al ISP con una IP pública pudiendo navegar en Internet.

**Circuito virtual permanente PVC**

La conexión punto a punto sobre ATM PPOA permite la formación de trayectos virtuales VP y de canales virtuales VC, extremo a extremo y la posibilidad de agregar un túnel sobre el lado cliente. Con la creación de un PVC, se podrá utilizar la IP Pública como si fuese IP Privada (Fig. 31).

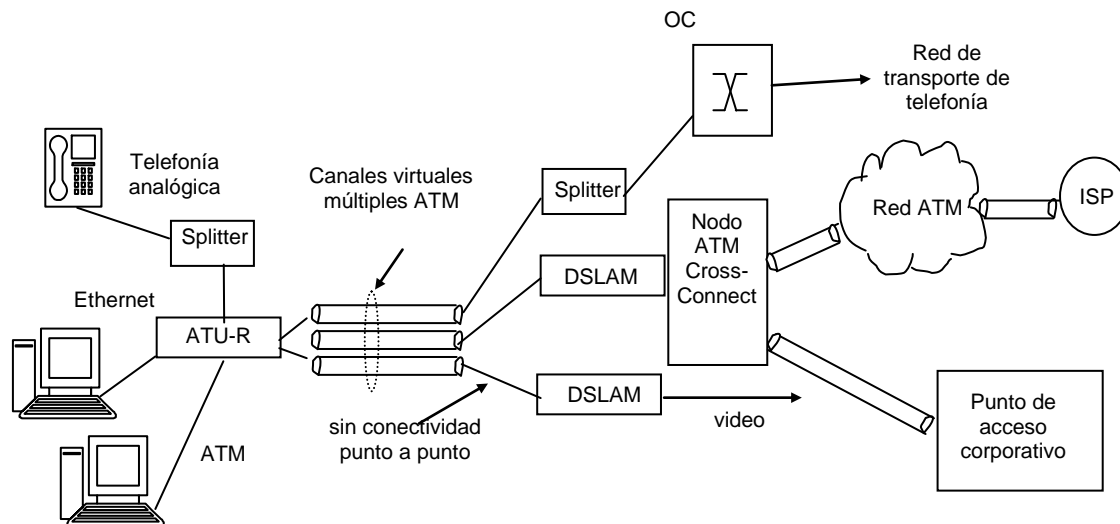


Fig. 31 - Esquema ADSL /ATM canalizado

La creación de PVC, permite la conexión telefónica o de PC, en forma compartida o no. Faculta asimismo preservar el secreto de la información. Mediante la formación de una red canalizada, esto es con formación de túneles, se podrá seleccionar cualquiera de las PVC disponibles.

En el ATU-R se colocan TCP/IP, en tramas PPP, que disponen de su propio control de enlace y chequeo de errores, en el interior de la trama y soporte ADSL.

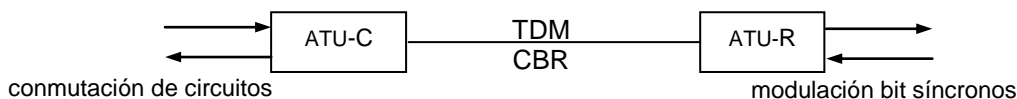
El método para soportar PPP sobre ATM, consiste en ofrecer una serie de PVC sobre ADSL para alcanzar independientemente al proveedor seleccionado. Ello se realiza mediante los identificadores VCI y VPI de cada dispositivo.

El manejo de valores VP /VC permite crear circuitos virtuales entre el modem del cliente y los distintos proveedores de servicio, en forma de conexiones independientes con calidad de servicio asegurada y ancho de banda definido.

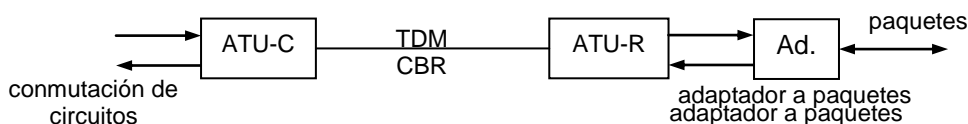
**Distintos modos de transmisión**

El ADSL Forum ha definido cuatro diferentes modos de distribución, para todas las tecnologías xDSL. El modo de distribución indica la forma en que se envían los bits de las tramas (Fig. 32).

Modo 1 = Sincronía en bits



Modo 2 = Adaptador de paquetes



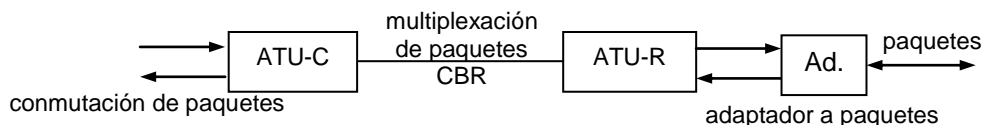
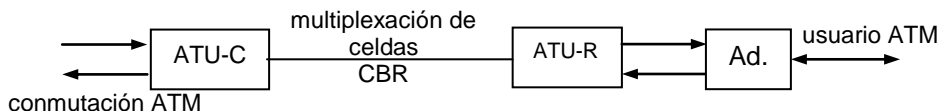
**Modo 3 = Paquete extremo a extremo****Modo 4 = ATM**

Fig. 32 - Modos de distribución del ADSL Forum

**Modo 1, Sincronía de bits:**

Se puede colocar hasta cuatro dispositivos por cada ATU-R, ya que hay flujos de bits descendentes AS0 al AS3, a un STB de TV o una PC, además, por lo menos un LS0, para el control C. De este modo el enlace ADSL es una tubería que desemboca en una línea fija, al igual que una línea directa alquilada.

**Modo 2, Adaptador de paquetes:**

Los paquetes de diferentes fuentes y destinos pueden, compartir un único canal LS1 del acceso. El ATU-R mapea estos paquetes sobre canales fijos en el acceso. Si detrás del AT-C y el nodo de acceso existe un enrutador Internet, los paquetes son entregados en forma efectiva como flujo de bits en canales AS y LS multiplexados en TDM a los puntos finales, mediante circuitos en secuencia de tramas ADSL.

**Modo 3, Paquetes punto a punto:**

Los paquetes enviados por varios dispositivos del usuario son enviados en el enlace ADSL por flujos ascendentes y descendentes sin formar canales. Los paquetes del usuario deben ser del mismo tipo que los usados por el proveedor del servicio mediante un dispositivo adaptador multiplexor de paquetes como TCP/IP.

**Modo 4, De transferencia ATM punto a punto:**

Se multiplexa y envía celdas ATM, en vez de paquetes IP, desde su adaptador en el ATU-R. En el ATU-C se transvasa las celdas a la red ATM. El contenido de las celdas podrán ser paquetes IP, mediante el protocolo IP punto a punto (PPP) sobre ATM para la distribución.

La combinación de estos cuatro modos, con los formatos de información de los equipos, conforman los típicos seis casos operativos de tráficos de la red de banda ancha (Fig. 33).

**Caso 1** - La red ADSL es una tubería pasiva de bits en TDM, en velocidad de bits constante CBR, sobre canales ADSL. La red utiliza el modo de sincronismo de bits extremo a extremo.

**Caso 2** - La red ADSL discurre paquetes IP de extremo a extremo. Los paquetes podrán representar otros protocolos o servicio siempre que ambos extremos entiendan el formato de los paquetes.

**Caso 3** - El ATU-C maneja una tubería de bits, la que requiere un gran potencial para administrar la red ATM y sus diferentes tipos de tráfico.

**Caso 4** - La red ADSL emplea paquetes IP y se deshace de la tubería de bits pasiva.

**Caso 5** - Permite proporcionar servicios ADSL basados en ATM, manteniendo el uso de interfaces de paquetes IP.

**Caso 6** - La red ADSL fluye celdas ATM entre los extremos de la red. Es conveniente por disponer menos latencia y mayor ancho de banda en diferentes tipos de tráfico a clientes corporativos

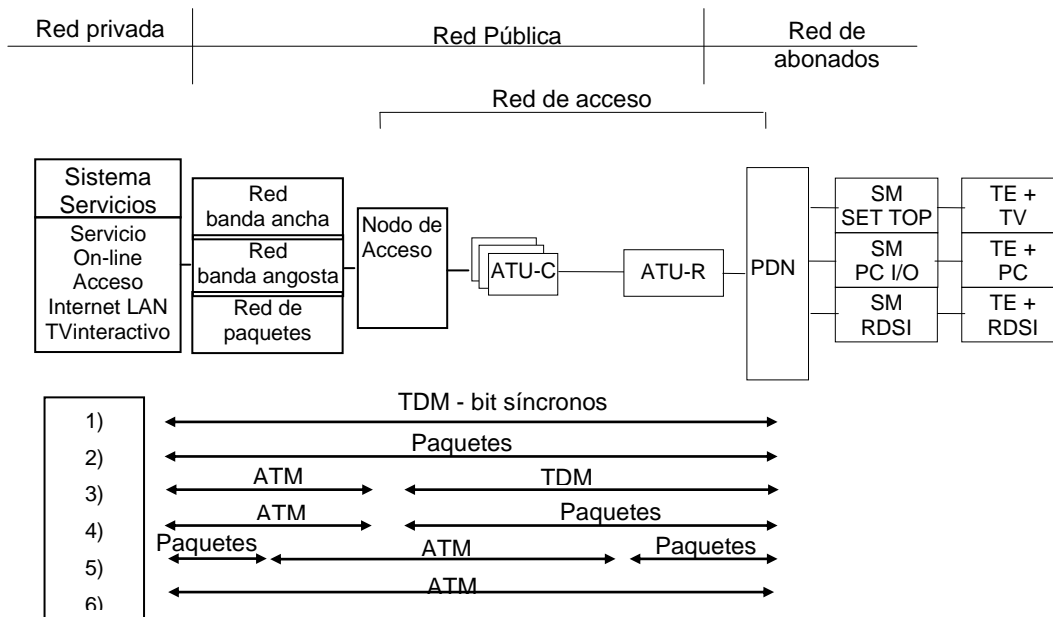


Fig. 33 - Distintos casos de transmisión según el Forum ADSL

### A. 6. 4. 5. Limitaciones de la red de acceso en cobre

Existe una serie de limitaciones teóricas y otras prácticas, que afectan brindar este servicio. Algunas remediables, pero otras intrínsecas al diseño de la planta externa local no enmendables, pero a considerar para evitar sus efectos:

- Ancho de banda mínimo teórico (Teorema de Nyquist)
- Capacidad del vínculo (Teorema de Shannon-Hartley)
- Atenuación
- Reflexiones
- Dispersión del pulso
- Paradiafonía y telediafonía
- Efectos de Ruidos
- Interferencias de radiofrecuencias

#### A. 6. 4. 5. 1. Teorema de Nyquist

Según el teorema del muestreo, enunciada en 1924 por Harry Nyquist, es posible reconstruir completamente una señal analógica si se conoce un número suficiente de muestras y se cumple que la frecuencia de muestreo sea igual o mayor dos veces la frecuencia máxima ( $2 f_{max}$ ) de la onda a transmitir.

Si esto se cumple, la señal original se podrá, mediante filtros, recuperar por completo con fidelidad. La separación entre dos muestras consecutivas de cada onda, o sea, que el periodo de muestreo está definido por esa frecuencia de muestreo.

$$H_{mínimo} = 2 f_{máx \text{ de muestreo}}$$

Si deseamos modular un canal de voz, como la banda vocal es de 300 Hz a 3400 Hz, le corresponderá una frecuencia de muestreo de 8 MHz, es decir, el doble de 4 KHz, considerando los márgenes debidos a los filtrados.

Asimismo, este investigador ha enunciado lo que se podría considerar como segundo Teorema de Nyquist, de tanta importancia como el anteriormente descrito. El mismo indica que el ancho de banda, BW (Bandwidth) mínimo teórico necesario para detectar  $R_s$  símbolos por segundo, deberá ser igual a  $R_s / 2$ , expresado en Hertz.

$$BW = \frac{R_s}{2} \text{ [Hz]}$$

#### A. 6. 4. 5. 2. Teorema de Shannon-Hartley

Para estudios integrales de la capacidad de un sistema, se deberá emplear una función analítica más real, haciendo intervenir la relación entre el valor de una señal y del ruido aleatorio interferente, S/N (Sign /Noise), como ser la formulada en 1948 por Claude Shannon.

Esta ley nos indica que la tasa máxima de datos en bits /seg, o sea, la velocidad de transmisión C (b/s), de un canal ruidoso cuyo ancho de banda es BW expresado en Hz y cuya relación señal al ruido es del valor S/N, estará dada por la expresión:

$$C \text{ (b/s)} = BW \log_2 (1+S/N)$$

La capacidad máxima del sistema definida según dicha fórmula, da origen a curvas teóricas que se podrán comparar con curvas prácticas que describen su variación en función de la longitud de la línea (Fig. 34).

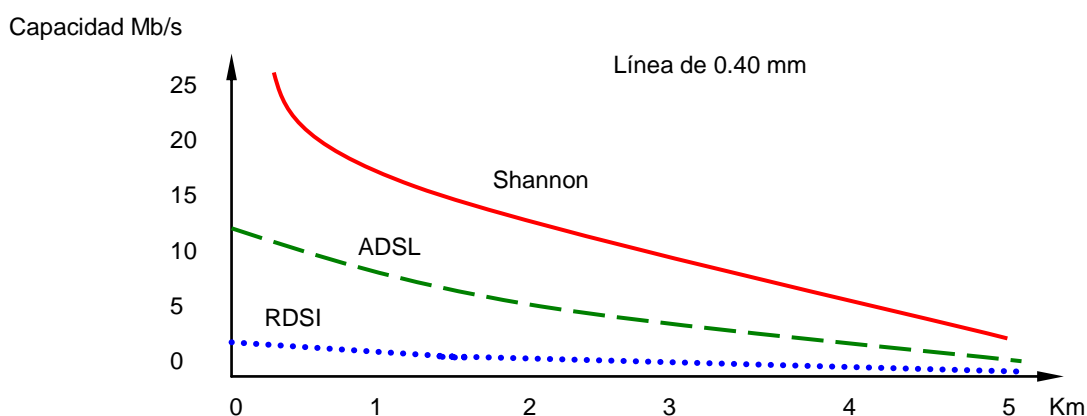


Fig. 34 - Capacidad máxima de un sistema según la relación S/N de la línea

### Atenuación

En una red digital los pulsos sufrirán una atenuación de amplitud de acuerdo a la longitud de línea recorrida, por efectos capacitivos y de resistencia óhmica en el conductor, empalmes derivaciones y desadaptaciones. Considerando banda ancha, las pérdidas que se obtienen en una línea son mayores que a frecuencias vocales de 4 KHz.

Una línea de longitud de 2 Km, constituida en calibre 0.50 mm, tiene una pérdida por atenuación de 20 dB, medida a 600 MHz. Esta misma línea a 4 Km tendrá una pérdida de 60 dB. Si midiésemos a un valor menor de frecuencia, a 300 KHz, veríamos que su pérdida es menor, por ejemplo esta línea tendría una pérdida de 55 dB.

Las sucesivas mediciones a distintas longitudes desde la central y frecuencia nos describirán correspondientes curvas (Fig. 35).

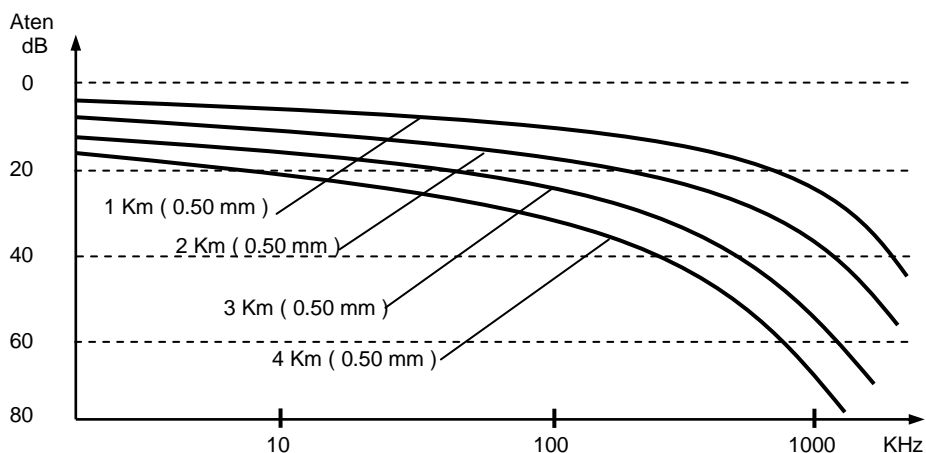


Fig. 35 - Atenuación de la línea según distintas longitudes y frecuencia

## **Reflexiones**

Las reflexiones están originadas por diversos factores:

- Un trancceptor desacoplado.
- Cambio de diámetro del cable.
- Toma en puente.
- Tipos de cables no homogéneos.

### Desacoplo del trancceptor

Se debe cuidar la correcta adaptación de las líneas y los trancceptores. Los conexiones de ingreso y salida deberán disponer de las mismas características de impedancia característica..

En su defecto se producirán reflexiones, atenuaciones y ruidos por desadaptaciones entre ambos. Ello podrá originar faltas y/o mala calidad de la transmisión.

### Combinación de calibres

La técnica empleada en la Argentina para la red de acceso, a fin de reducir atenuaciones por efecto óhmico por su distancia hasta la central, fue combinar las distintas secciones de los conductores, calibres en la jerga telefónica. Instalando mayores secciones se logra disminuir las atenuaciones en las señales.

Sin embargo, los cambios de diámetros significan crear desadaptaciones de impedancias en las líneas, lo que provoca reflexiones de ondas, incrementando la relación señal al ruido.

Cuando se opera con canales de frecuencia vocal estos efectos en la transmisión son despreciables, no así en cuanto la frecuencia de trabajo es mayor.

Otros países parten de la central con cables multipares de un cierto calibre, el que sirve una determinada zona del acceso, con 0.40 mm la zona más cercana a la central, con 0.50 mm la zona contigua más alejada y así sucesivamente (Fig. 36).



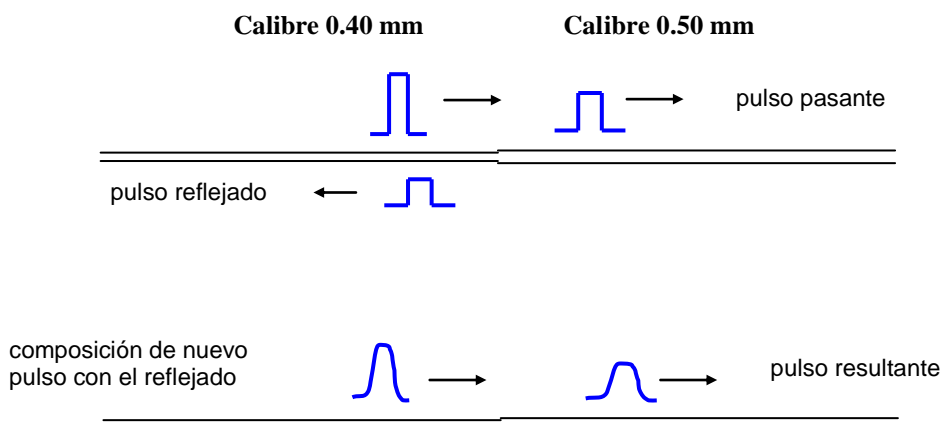


Fig. 36 - Resultando de un pulso más atenuado y con mayor dispersión:

Con la técnica de combinar calibres, se parte desde la central siempre con secciones de 0.40 mm, esto permite partir con cables de capacidad en pares, que ocupen con mayor eficiencia los conductos subterráneos. En su recorrido una vez que los cables han alcanzado una cierta distancia y amerita una pérdida óhmica comprometida para el tramo restante, se cambia a un valor de sección superior de 0.50 mm y así sucesivamente. Se debe estudiar las distintas secciones de conductores que den servicio a determinadas áreas de servicio.

De esta forma, se conforma una red de mínimo costo, considerando el alto precio del cobre. Se crean áreas a cubrir con calibres de 0.40, 0.50, 0.65 mm y en algunos casos hasta de 0.90 mm. Así, a la vez que se consiguen áreas más baratas, se obtiene alcances mayores con líneas más largas.

Este factor de desadaptación es agravado si tenemos en cuenta que ya de por sí hay varios puntos en la red de acceso que cuenta con desadaptaciones por cambios de calibre, los alambres internos de la central, las cruzadas en el repartidor general, los cables multipares, las acometidas a los abonados y sus cableados internos.

Las acometidas o bajadas (drop) son de todas estas secciones de red la mayor lesiva, por estar constituida en alambre de cobre acerados. Además, estas tienen un componente fuertemente inductivo, debido a tener los conductores muy separados y en disposición paralela. Ello genera componentes en frecuencia no lineales, con amplios picos

**Pares en doble**

En función a la distancia hasta la central, el efector de mayor perjuicio no lo representa el factor resistencia óhmica, sino la capacidad mutua entre conductores de un mismo par. Este factor se agrava si se emplean tomas en puente, o sea, instalar pares en doble creando una red de acceso llamada multiplada (Fig. 37).



Fig. 37 - Pares multiplados

Esta práctica facilita la disposición de pares vacantes para las nuevas solicitudes de servicio, se diseñan redes de acceso empleando pares en doble. Tal técnica de diseño, además de agregar más puntos de falta introduce una longitud de líneas ficticia.

De tal forma se incrementa innecesariamente el valor de capacidad mutua, aunque estos tramos extras no sean utilizados. Estos pares en puentes originan pulsos de eco que distorsión de los pulsos de la señal principal de la transmisión (Fig. 38).

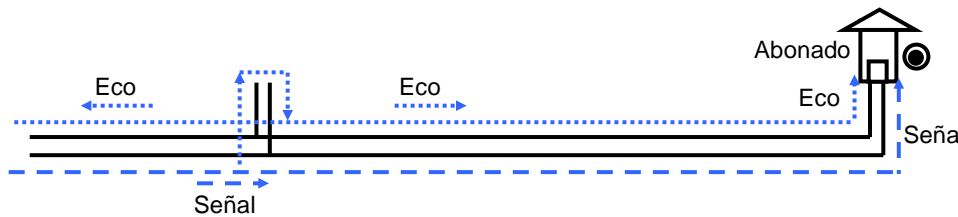


Fig. 38 - Pulsos distorsivos por eco

Si efectuamos un análisis por barrido de frecuencia, se observará en el punto de toma en puente un incremento de la atenuación (Fig. 39).

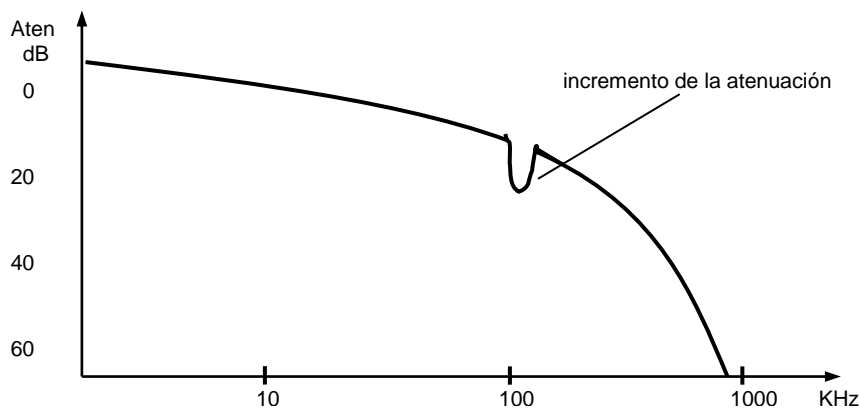


Fig. 39 - Efecto sobre la atenuación de un punto en puente

### Tipos de cables no homogéneos

En los sucesivos relevos de ampliaciones de la planta, efectuadas en diferentes períodos, muchas veces dilatados en el tiempo, se instalan cables de refuerzo. Al corresponder a diferentes épocas podrán diferir en su tipología de construcción, asilamientos disímiles, calibres de diferentes normas, blindajes y cubiertas heterogéneas.

Ello origina también desadaptaciones de impedancia, por los diferentes valores de resistencia ohmica y capacidad mutua. Aunque de menor cuantía, también originan, atenuación, reflexión y ruido, en la transmisión.

### Dispersión del pulso

Considerando redes de acceso que den servicio enteramente digitales, los efectos por atenuación en las líneas serán variados. Los pulsos sufrirán pérdidas de amplitud y también experimentarán la dispersión de su ancho. Ambos efectos causarán errores de transmisión, pero la dispersión del pulso, además, provocará la reducción del ancho de banda efectivo del canal.

Por otra parte, considerando redes digitales constituidas con cambios de calibres y pares multipados, se tendrán pulsos reflejados en cada desadaptación, en cada bifurcación y en todo final de línea. Cada par en doble significará un tramo (stub) abierto o en corto circuito, según de que frecuencia de trabajo se trate. Luego, la señal digital reflejada llega de regreso hasta colisionar con otra nueva señal digital emitida provocando la distorsión del pulso y con ello ocasionar errores en la transmisión.

### Paradiafonía y telediafonía

El efecto de diafonía hace al mayor detrimento de la transmisión digital, limitando la calidad del servicio. Se origina principalmente en el acoplamiento capacitivo entre pares de un mismo grupo y de grupos adyacentes. La transmisión indeseable entre distintos sistemas de telecomunicaciones se denomina diafonía (CrossTalk) y se estudia en sus distintos efectos diferenciándolos en paradiafonía y telediafonía.

Se indica con paradiafonía, NEXT (Near End Crosstalk), al efecto de diafonía que ocurre entre pares adyacentes, causado del lado trancceptor cercano. Se mide el ruido inducido sobre otro par en el extremo cercano al que se inyecta la señal al par inductor. Mientras que con telediafonía, FEXT (Far End Crosstalk), al efecto de diafonía que ocurre entre pares adyacentes, causado del lado trancceptor remoto. Se mide el ruido inducido sobre otro par en el extremo lejano, al que se inyecta la señal en el par inductor (Fig. 40).

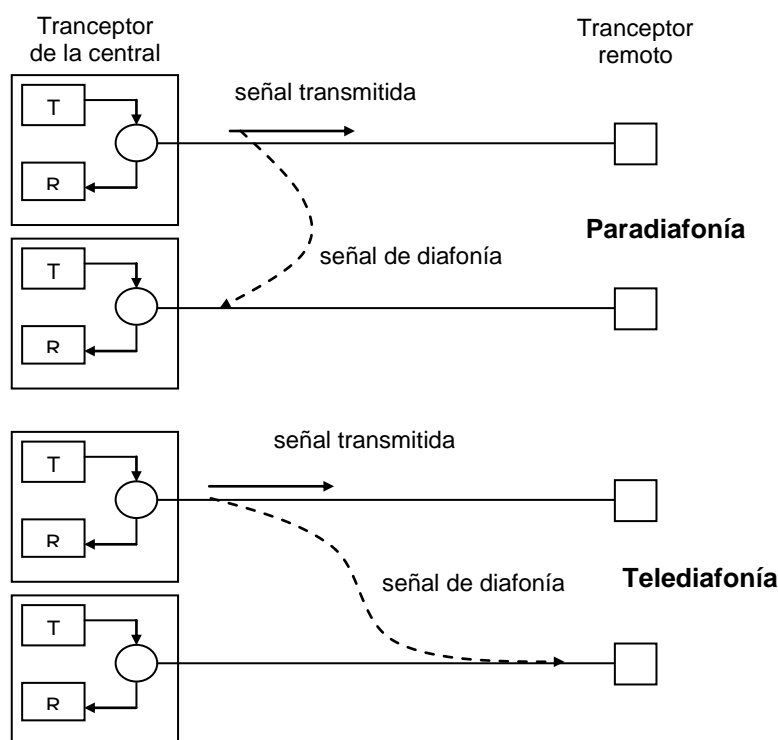


Fig. 40 - Diferenciación entre paradiafonía y telediafonía

Otra consideración destacable la constituye la acción perjudicial de paradiafonía, considerada de afección mucho mayor respecto a la acción de telediafonía. Esto se debe a que la paradiafonía actúa en función distribuida, esparciendo su efecto en varios puntos de la red y con menor valor de señal.

Por el contrario, la paradiafonía actúa básicamente en un solo punto, afectando a varios equipos ubicados todos en el mismo lugar, concentrando señales interferentes concatenadas y de mayor nivel. Aunque la sumatoria de las señales de telediafonía fuese superior afectaría menos que las señales de paradiafonía

Para estos sistemas ADSL, de banda ancha, los efectos de diafonía son mucho más importantes, por trabajar en gamas de frecuencia mucho mayor, hasta 1.1 MHz. Prevenir estos detrimentos del servicio se logrará principalmente separando los diferentes servicio, sus cableados e instalando cables de categoría superiores a las telefónicas de Categoría 3. Mientras que estos disponen un trenzado con un paso cada 15 cm, la Categoría 5 dispone un paso cada 10 cm.

En realidad, la condición de mejor calidad del cable se obtiene cuando cumple los valores de paradiafonía del conjunto de los grupos de pares del mismo. Este tipo de medición se denomina PSN (Power Sum Next). En redes internas es necesario el empleo de esta categoría de cables.

### **Efectos de Ruidos**

Los inconvenientes originados como efecto de ruidos, surgen de los campos eléctricos y magnéticos, al circular corriente eléctrica por los conductores adyacentes de energía eléctrica o de los mismos circuitos de telecomunicaciones. Estos campos inducen voltajes y corrientes en los conductores de telecomunicaciones sumergidos en los mismos.

Estos efectos espurios de perturbación eléctrica se deben a voltajes de los equipos interferentes y al efecto electromagnético de las corrientes que circulan por sus circuitos, como ser, letreros luminosos, transformadores, líneas de alta tensión. Los valores de ruido son siempre relativos a los valores de la señal. Un ruido elevado podrá ser tolerado ante valores de señal altos, pero no así cuando la señal es pobre, luego lo que vale es el número de ruido, o sea, la relación del ruido a la señal en el punto de medición.

Se debe preservar altos valores en la relación señal ruido, previendo efectuar las instalaciones siempre alejada de fuentes electromagnéticas que generen inducciones de ruido. Tales como, transformadores o líneas de alta tensión para la planta externa y motores o tubos fluorescentes en la red interna de los edificios de abonados.

### Ruido blanco

El ruido expresado como, valor de la corriente eficaz de fluctuación de la carga de los electrones en un conductor, por unidad de ancho de banda, se denomina ruido blanco o de granalla. Es el resultado de emisiones catódicas en variaciones aleatorias.

$$I_n = \sqrt{2 Q_e I_b BW}$$

$I_n$  = Valor eficaz de la corriente de ruido, Ampere

$Q_e$  = Carga del electrón,  $1.6 \cdot 10^{-19}$  Coulomb

$I_b$  = Valor medio de la corriente, Ampere

$BW$  = Ancho de banda, Hz

Este efecto recibe el nombre de ruido blanco, por disponer un comportamiento similar a la luz blanca, en la cual la relación de potencia por unidad de intervalo de frecuencia es uniforme al lo largo de todo el espectro. Aunque el valor de ruido blanco es independiente de la temperatura tiene el mismo comportamiento estadístico de la agitación térmica.

El ruido blanco se manifiesta como un ruido de fondo. Es producido por múltiples causas circuitales y es de difícil eliminación práctica.

### Ruido térmico

Todo conductor eléctrico en circuito abierto, produce una tensión irregularmente variable entre sus terminales, como resultado del movimiento aleatorio de los electrones libres en el mismo, como producto de la agitación térmica.

$$e_n = \sqrt{4 k T R BW}$$

$e_n$  = Valor eficaz de la tensión de ruido térmica, Volt

$k$  = Constante de Boltzmann,  $1.374 \cdot 10^{-23}$  Joule /°K

$T$  = Temperatura absoluta, °K

$BW$  = Ancho de banda, Hz

Pruebas realizadas sobre cables tendidos en la planta externa han obtenido valores de temperaturas internas en los pares superiores a 10°C y hasta 30 °C en algunos casos, respecto al valor de temperatura ambiente. Para el caso de los módem ADSL estos equipos compensan las variaciones de atenuación debidos a estos efectos.

### Ruido impulsivo

Los ruidos impulsivos son producidos por transitorios electromagnéticos externos al circuito considerado, los que generan perturbación en este último. Estos se caracterizan por estar constituidas en:

- Ráfagas aleatorias de gran amplitud.
- Generadas principalmente en la central de conmutación.
- Pulsos de marcado.
- Corrientes de llamadas.
- Señales discontinuas.

También por descargas de rayos o proximidades con equipos de ascensores, ferrocarriles, fábricas, etc. Son originados por sistemas de ignición eléctrica en automotores o lámparas fluorescentes, disrupciones en líneas de transmisión o inducciones provocadas por interruptores, motores o transformadores eléctricos. Sus efectos son directamente proporcionales al ancho de banda de trabajo.

Se calcula que el nivel de ruido pico en líneas activas puede sobrepasar los 200 V, mientras que en pares inactivos, por efecto paradiafónico, se podrá acoplar tensiones pico de hasta 60 mV.

### Interferencias de radiofrecuencias

En los tendidos aéreos de las redes telefónicas, los desbalances de resistencia óhmicas entre conductores de un mismo par, permiten fuertes inducciones de ondas de radio frecuencia.

También podrán ser originadas por artefactos eléctricos domésticos, equipos industriales, de teléfonos celulares y emisoras de onda media como las de banda ciudadana o de onda larga. Los ruidos distantes de los 220 V son se evitan con un buen trenzado de pares en cables y alambres de bajada. El blindaje del apantallado en los cables y su correcta continuidad impide la influencia de ruidos externos.

Las ondas emitidas por emisoras de radio de amplitud modulada AM, que transmiten en elevadas potencias son las más nocivas. Aunque teóricamente ocupar sus emisiones la gama de frecuencia desde 530 á 1610 KHz, sus frecuencias espurias se superponen a las bandas, ascendente y descendente de ADSL, desde 10 á 100 y desde 115 á 1100 KHz respectivamente, lo que preocupa un perjuicio directo (Fig. 41).

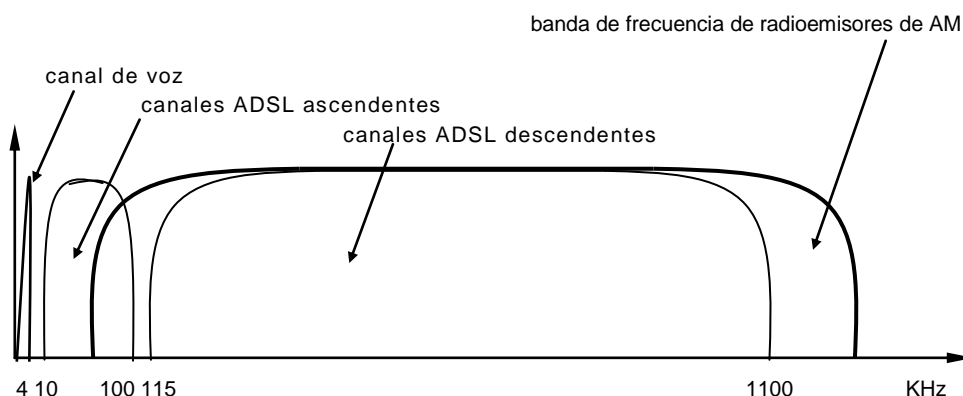


Fig. 41 - Interferencias de radiofrecuencias

Se debe medir el ruido y la densidad de ruido en banda ancha. Una gran ventaja de los sistemas ADSL es el de selección automática de la portadora del canal de menor ruido.

### A. 6. 4. 6. Requisitos de la red de abonado

Como corolario, podremos sintetizar los requisitos para la aplicación de ADSL aprovechando la red de pares de cobre. En principio, se deberá contemplar la utilización de pares de red sin tener que efectuar una selección previa y aplicación en toda su área de cobertura. Ninguna de estas dos premisas se cumplen en la práctica, se selecciona el mejor par, dentro de los disponibles al abonado y se limita el área de cobertura en general a 3 Km. Tampoco se entrega la capacidad que el sistema permite, sino que (como vimos) se comercializan rangos muchos menores.

Sin embargo, las condiciones en particular serán, no disponer por lo menos en los pares a utilizar, bobinas de pupinización. La multiplicación de pares no representa una limitación para algunos equipos, sin embargo, siempre causarán alta atenuación de las señales. La velocidad máxima a lograr es proporcional a las buenas condiciones de transmisión de la red, e inversamente proporcional a la distancia al usuario. Si tenemos en cuenta una red existente, con pérdidas en el cable de pares trenzados, considerando el estado de mantenimiento presente, se podrán obtener aproximadamente los siguientes valores:

LONGITUDES DEL ANILLO DE ABONADO vs. VELOCIDADES

Velocidad (Mb/s)	1.544	2.048	3.152	6.312	8.448
Longitud Km (AWG# 26)	4.600	4.100	3.600	2.800	2.300
Longitud Km (AWG# 24)	5.500	4.900	4.400	3.700	2.700

#### Valores de transmisión sobre el par de acceso

Satisfacer la línea de cobre, ciertos valores de transmisión permitirá ofrecer al usuario, un servicio de apropiada calidad de servicio (QoS). Para ello deberá cumplir los parámetros:

- Característica de aislamiento, a-b, a-G y b-G, igual o superior de 5 MΩ.
- La potencia de transmisión no superará los -32 dBm, para los canales más críticos o sean los canales de mayor frecuencia, que son más afectados por la atenuaciones de la línea. Se podrá llegar a -40 dBm según cantidad y posición en el cable de sistemas vecinos.
- La máxima atenuación admisible es de 30 dB como promedio en banda angosta, aunque se podrá llegar hasta 55 dB si la relación señal /ruido es alta. En la zona de banda ancha la atenuación depende del canal analizado.
- El par utilizado debe tener la menor cantidad de pares multiplados (en doble), ya que la capacidad mutua entre pares se incrementa, perjudicado aún más, que la resistencia en Ohm. Los cambios de calibre también perjudican al valor de transmisión.

Los instrumentos de medición, operan las funciones digitales de velocidad, cantidad de bits y características del ADSL, también ofrece las funciones de medición analógicas de la línea, como multímetro y reflectómetro.

#### A. 6. 4. 6. 1. Método de selección de pares a emplear

Un método prácticamente obvio para la selección de los pares a emplear para instalar sin inconvenientes los módems ADSL o VDSL, es conectar físicamente los mismos en pares que pudiesen dar servicio a las respectivas solicitudes de los abonados. En su sustitución se podrán emplear instrumentos de medición que simulen su función.

Sin embargo, aunque es un método práctico efectivo, no justifica realizar esta operación en todos los casos ya que distraería al personal capacitado, desplazándolo hasta cada cliente y, además, requerirse el instrumental involucrado.

Es más competente realizar para todos los pedidos de servicio, un estudio anticipado del plantel de cables, determinando las condiciones teóricas de transmisión según las distancias desde la central, calibres de los conductores, situación de los pares multiplados y estado del mantenimiento real del plantel.

Para ello se consideran los estudios realizados por la ITU en su recomendación G.996.1 "Procedimientos de prueba para tranceptores de línea de abonado digital". Estos estudios se han basados en ensayos realizados en laboratorio, sobre líneas artificiales, que simularan distintas topologías de red de acceso, con diversas condiciones de ruido y sobre cables de conductores con calibre 0.40 mm.

Esta recomendación ha publicado una serie de curvas que reflejan el comportamiento de distintos módem, según diversos alcances, velocidades digitales y en función de valores de nivel de ruido en banda ancha. Esta recomendación se ha basado en el Modelo A de ETSI, que a su vez se fundamenta en la Norma ANSI T1.413.

Estos gráficos se han confeccionado de acuerdo, a los factores limitantes de los alcances del par en su trayecto desde la central, debido al valor de atenuación y del nivel de ruido inducido presente en el par en cuestión, para las distintas velocidades digitales a comercializar. A su vez, la atenuación estará dada en función de la longitud del par, el calibre de sus conductores y la presencia y cantidad de ramas multipladas sobre el mismo.

Se emplean curvas de alcance de los módem ADSL, para un par de cobre de calibre 0.40 mm, diferenciadas según la cantidad de ramales multiplados, sin ramal en múltiple, con un ramal y con dos ramales. Se proveen dos series de gráficos, una serie con mediciones de atenuación y ruido a 1 KHz, y otra serie referida a ruido en banda ancha sobre la base de mediciones realizadas a 1.5 MHz.

### **Criterio de selección en oficina**

Para discriminar que pares podrán estar incluidos en el ofrecimiento de venta del servicio ADSL se definen tres Zonas Diferenciadas de Venta (Fig. 42):

Zona real de venta ( $L < d1$ ): corresponde a la franja lindera a la central, donde se espera que el servicio funcione a la velocidad digital definida en la venta, aun en las condiciones desfavorables de ruido y un par de ramales multiplados.

Zona con imposibilidad de venta ( $L > d2$ ): corresponde a la franja distante a la central, donde aun en las mejores condiciones de la línea (bajo nivel de ruido y ausencia de pares multiplados), no se puede asegurar el funcionamiento óptimo del servicio a la velocidad digital definida en la venta.

Zona de incertidumbre ( $d1 < L < d2$ ): corresponde a la franja intermedia de la cual no se puede asegurar previamente, el brindar un servicio satisfactorio.

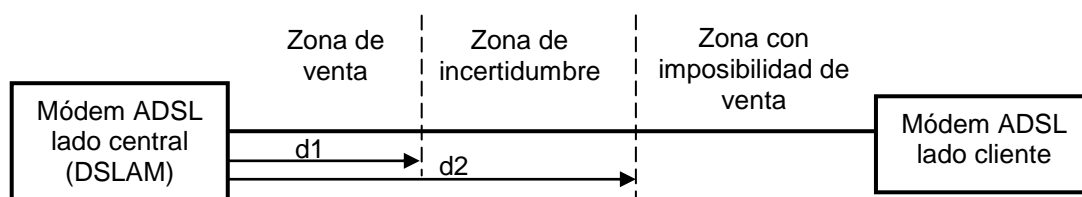


Fig. 42 - Definición de zonas para la venta

### **Método para definir las distintas zonas**

#### **Zona con imposibilidad de venta ( $L > d_2$ )**

Para determinar la distancia  $d_2$ , que define la zona con imposibilidad de venta, se utiliza el Gráfico 1, que corresponde a la ausencia de pares multiplados. Se hallan las distintas distancias  $d_2$ , para las distintas velocidades digitales en la condición de línea con bajo nivel de ruido, considerado para ello un valor de -75 dB.

Velocidad de 256 Kb/s / 128 Kb/s -  $d_2 = 5200$  m  
 Velocidad de 512 Kb/s / 128 Kb/s -  $d_2 = 4900$  m  
 Velocidad de 1 Mb/s / 128 Kb/s -  $d_2 = 4500$  m  
 Velocidad de 2 Mb/s / 128 Kb/s -  $d_2 = 3800$  m

#### **Zona de venta ( $L < d_1$ ),**

Para determinar la distancia  $d_1$ , que define la zona de venta, se utiliza el Gráfico 3, que considera la presencia de 2 ramales multiplados. Se hallan las distintas distancias  $d_1$ , para las distintas velocidades digitales en la condición de línea con alto nivel de ruido, nominando para ello el valor desfavorable de -40 dB.

Velocidad de 256 Kb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 2500$  m  
 Velocidad de 512 Kb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 2300$  m  
 Velocidad de 1 Mb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 2000$  m  
 Velocidad de 2 Mb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 1700$  m

Se toma un coeficiente de seguridad del 10%, por lo que las distancias halladas se reducen a los siguientes valores:

Velocidad de 256 Kb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 2250$  m  
 Velocidad de 512 Kb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 2070$  m  
 Velocidad de 1 Mb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 1800$  m  
 Velocidad de 2 Mb/s / 128 Kb/s -  $d_1 = 1530$  m

Con lo que se obtiene los radios específicos de cobertura de venta:

Velocidad	Zona de venta	Zona con imposibilidad de venta
256 Kb/s / 128 Kb/s	hasta 2250 m	más 5200 m
512 Kb/s / 128 Kb/s	hasta 2070 m	más 4900 m
1 Mb/s / 128 Kb/s	hasta 1800 m	más 4500 m
2 Mb/s / 128 Kb/s	hasta 1530 m	más 3800 m

La franja definida entre ambas distancias se califica como de incertidumbre. Para ellas se debe profundizar la investigación de las características particulares de la línea, en sus condiciones topológicas o mediante mediciones a efectuar en la planta.

### **Método de las condiciones topológicas**

El método para determinar las condiciones de topología de la línea bajo estudio, se realiza con la disponibilidad de los planos de recorrido de los cables y sus características de calibre y multiplicación. Con los datos de la longitud de la línea analizada hasta el cliente, el calibre de los conductores y la cantidad de ramales en múltiple, se podrá mediante los gráficos correspondientes contrastar el alcance real de los módem y las velocidades de transmisión upstream/downstream máximas.



Según el dato de ramales multiplados, extraído de los planos, se elige el gráfico correspondiente. Debido a la incertidumbre del caso, se toman dos valores de nivel de ruido en banda ancha. Se toma un punto con elevado nivel de ruido (-40 dBm) y un punto con bajo nivel de ruido (-75 dBm). La curva de velocidad considerada con esos valores nos define respectivamente los alcances d1 y d2.

Por ejemplo del Gráfico 2 (un ramal en múltiple), para un servicio de 1 Mb/s:

d1 (-40 dBm) alcance reducido, condiciones desfavorables, resulta 2.4 Km.

d2 (-75 dBm) alcance extenso, condiciones favorables, resulta 4 Km.

Se compara la longitud real del par según plano, con los alcances obtenidos del gráfico, existiendo tres posibilidades:

- La longitud del par supera el alcance d2, resulta un par no apto para el servicio.
- La longitud del par es menor al alcance d1, resulta un par apto para el servicio, sujeto a validación por mediciones.
- La longitud del par esta comprendida entre el alcance d2 y el d1, resulta un par a verificar mediante mediciones del nivel de ruido que efectivamente esté presente.

### **Selección mediante medición de parámetros**

La medición de los parámetros básicos de transmisión de los pares a seleccionar, define el estado de conservación, su longitud y la presencia de múltiples. Para ello se realizan las mensuras de resistencia del lazo, desbalances de resistencia, resistencia de aislación y capacidad mutua.

#### Resistencia del par

En Telefónica de Argentina se toma como valor teórico esperado de resistencia a cumplir en Ohm, según calibres y a 20°C, los indicados en la tabla siguiente.

RESISTENCIA DEL BUCLE

Calibre en mm	Resistencia del bucle ( $\Omega$ /Km)
0.40	286.0
0.50	182.8
0.65	109.0
0.90	56.4

Con el valor de la medición de la resistencia del bucle del par obtenida y dividiendo por el correspondiente de la tabla hallamos el valor de longitud real del par en el terreno. Se debe tener en cuenta los posibles cambios de calibres a lo largo del recorrido.

#### Desbalance de resistencia

El valor del desbalance de resistencia entre los conductores del par, no será superior al 5%.

#### Resistencia de aislación

La resistencia de aislación se realiza entre los conductores del par. El valor obtenido deberá ser como mínimo de 300 Mohm, Además, se toma la medición de aislamiento entre cada conductor del par y el blindaje del cable. La diferencia entre los valores obtenidos no deberá ser superior al 30%.

## Capacidad mutua

La capacidad mutua, tomado con un capacitmetro, deberá estar dentro de los  $32 \pm 3$  nF/Km.

Se puede detectar la presencia de múltiples, comparando el valor medido y el teórico calculado. El valor teórico se calcula multiplicando la longitud del bucle en Km, hallada en la medición de resistencia, por 32 nF/Km. Si el valor medido excede el calculado nos indica la presencia de por lo menos un múltiple.

## Medición en alta frecuencia

Adicionalmente a los parámetros básicos medidos, se tomará la atenuación de línea y el nivel de ruido inducido en banda ancha.

## Atenuación de línea

La mensura de la atenuación de línea estará dada en dB y se realiza a 1 KHz, fijando una Impedancia en el generador de nivel de 600 Ohm.

En los gráficos de alcance vs nivel de ruido, para el correspondiente múltiple, se incluye el valor de atenuación en el eje vertical derecho. Considerando un valor de 1.8 dB/Km, para una línea de 0.40 mm y con el valor hallado de atenuación, en dB, podremos obtener sobre el eje vertical izquierdo del gráfico, la longitud de la línea

## Barrido de frecuencia

Para detectar la presencia de ramales multiplados, se podrá efectuar el barrido de frecuencia cada 10 KHz y obtener una curva de atenuación de la línea en función de la frecuencia.

Si los valores de atenuación no son monótonamente crecientes, indica la presencia de múltiple. La tabla siguiente válida para una sola múltiple indica el barrido necesario a realizar, en relación con la longitud de la múltiple a detectar.

DETECCIÓN DE MÚLTIPLES

Longitud de la múltiple (m)	Amplitud del barrido (KHz)
50	10-1000
100	10-500
200	10-300
300	10-200
mayor a 400	10-150

## **Nivel de ruido en banda ancha**

También para banda ancha (considerando aproximadamente 1.5 MHz), se realizan mensuras del nivel de ruido inducido, y de ruido impulsivo. Para las mensuras se utiliza una Impedancia de entrada de 100 y 130 Ohm.

El procedimiento de selección de los pares será:

- Se ingresa al gráfico correspondiente a la cantidad de múltiples que tenga la línea, con el valor de la medición del valor de ruido en banda ancha hallado y se obtendrá para la velocidad de transmisión deseada, la atenuación máxima admisible en el eje vertical derecho.

- b) El par será apto si es de valor de atenuación medido, es menor a de atenuación hallada con el gráfico.

Se recomienda en caso de desconocer la cantidad de múltiples existentes, el correspondiente a dos múltiples.

Se acompaña tres gráficos, que corresponden al procedimiento que emplea Telefónica, con Módem Alcatel, para hallar alcance y atenuación máxima, a 1 KHz, medidos desde el Repartidor General hasta la Caja de Distribución, sobre un par calibre 0.40 mm, en función del nivel de ruido. Modelo "A" según ANSI T1.413 (Fig. 43).

GRÁFICO 1 - PAR SIN MÚLTIPLE

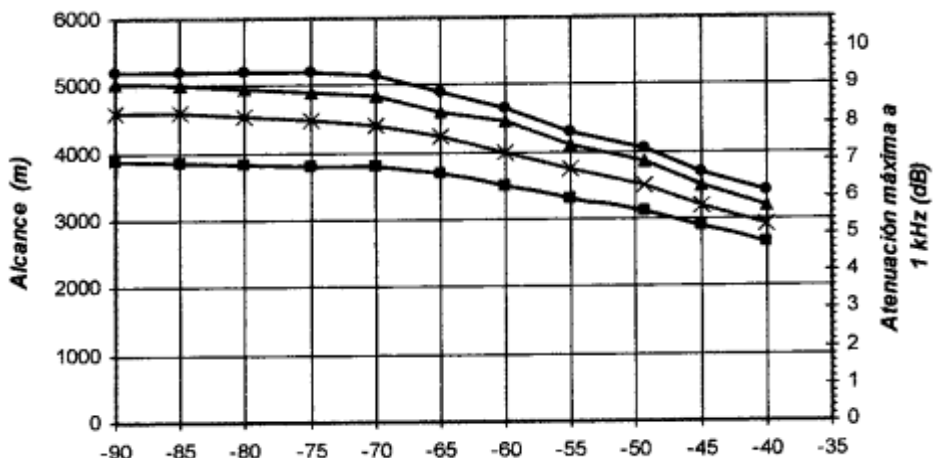


GRÁFICO 2 - PAR CON UNA MÚLTIPLE

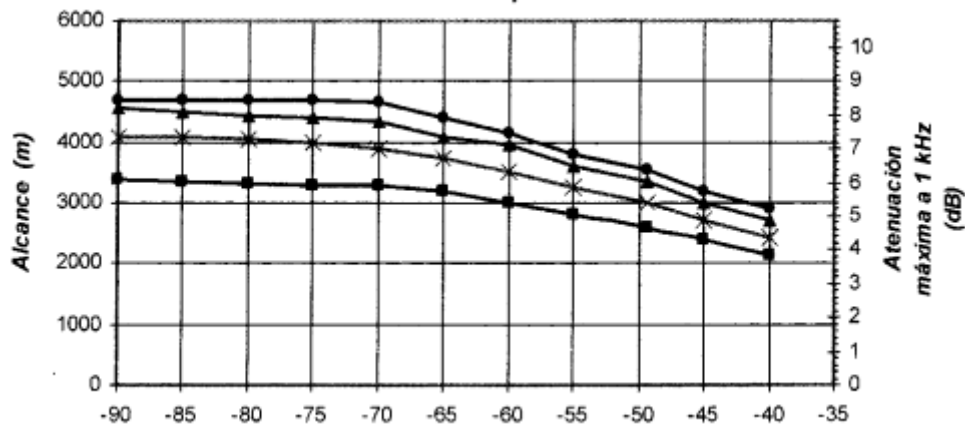


GRÁFICO 3 - PAR CON DOS MÚLTIPLES

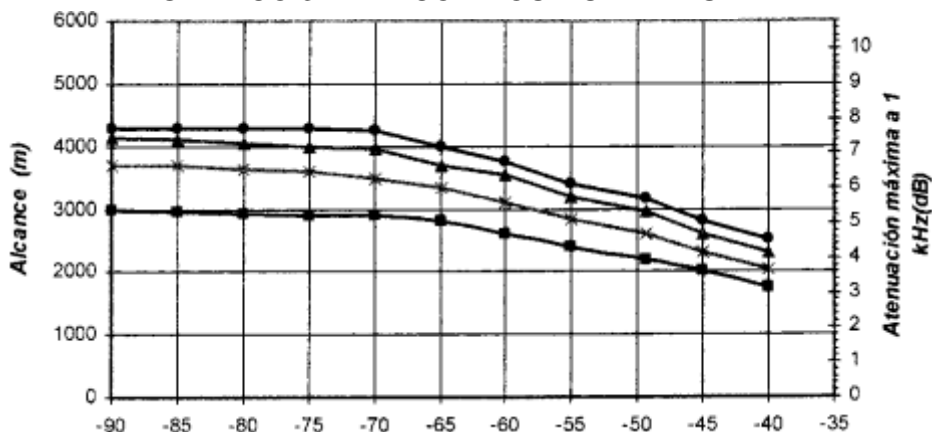


Fig. 43 – Gráficos de alcance y atenuación máxima

### A. 6. 5. ADSL 2 Y ADSL 2+

El escenario actual requiere poder ofrecer tanto los servicios atados de voz, video y datos, denominados Triple Play, con facilidades indistintas de los sistemas físicos como de los inalámbricos, que lleva la designación Quarter Play.

En tal contexto la contienda se presenta en referencia al ancho de banda de la red digital inalámbrica de 3G, o de TV directa satelital DBS (Direct Broadcast Satellite). Por ello, la red de acceso física de telecomunicaciones, se esfuerza por ser actualizada para poder brindar mayor velocidad digital, tanto como sea posible. Por otra parte, los costos actuales de la red óptica retrasa sus pretensiones de llegar individualmente a cada abonado.

Ello lleva a que se desarrollen nuevos sistemas ADSL, con mayores prestaciones de velocidad digital y alcance, a comparativamente menores costos. Las nuevas versiones se denominan ADSL 2 y ADSL 2+, las que podrán compararse en costos, velocidad digital y alcance respecto a los anteriores sistemas DSL / VDSL y algunos accesos ópticos (Fig. 44).

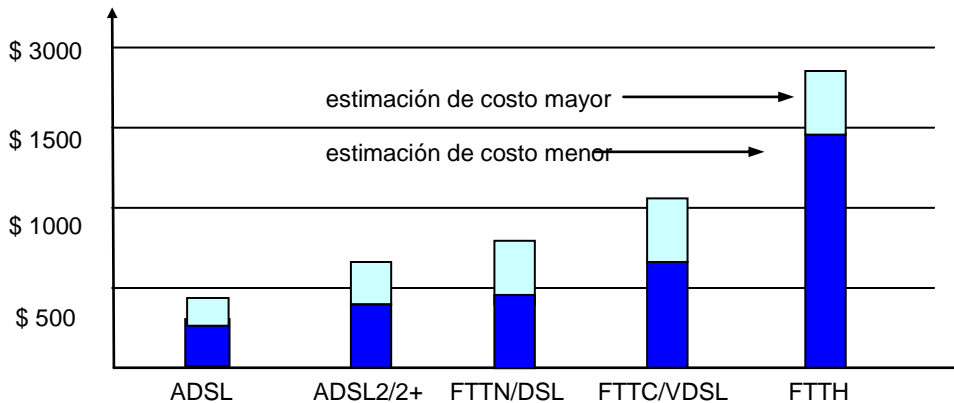


Fig. 44 - Costo de instalación por domicilio, por soporte de banda ancha

Del gráfico, se puede deducir que la introducción del ADSL2+ permite efectuar una apreciación menor en costos comparativos con los sistemas de fibra óptica, cotejo que aun no es posible efectuar con el sistema VDSL, de mayor costo.

De la tabla siguiente se puede concluir, que con los alcances y velocidades digitales que entregan los sistemas xDSL se puede satisfacer los servicios demandados por los abonados mediante la red existente de cobre, sin necesidad de efectuar erogaciones algunas para el recambio hacia una red óptica.

#### CARACTERÍSTICAS DE DISTINTOS SOPORTES DE ACCESO

Performance	ADSL2		ADSL2+		VDSL		FTTP	
	Mb/s	Km	Mb/s	Km	Mb/s	Km	Mb/s	Km
Máx. downstream	12	5.6	27 20 12	0.600 1.5 5.6	50 25	0.300 1	1000	20
Máx. upstream	1	5.6	1	5.6	6.4 3.2	0.300 1	155 5	-- 32 casas

Efectivamente, una transmisión de video con calidad DVS codificado en MPEG-2, requiere un ancho de banda entre 2.5 y 4 Mb/s, que mediante MPEG-4 puede ser reducido a 2 Mb/s.

Considerando que un hogar en el futuro podrá tener dos aparatos de TV de alta definición HDTV, Internet y varios otros servicios, cubiertos todos con 20 Mb/s de un módem ADSL2+ o VDSL. En caso de áreas superiores se empleará cable de fibra óptica, hasta un convertor opto eléctrico, desde donde se podrá emplean cables pareados con la aplicación del tipo de módem correspondiente al alcance a cubrir (Fig. 45).

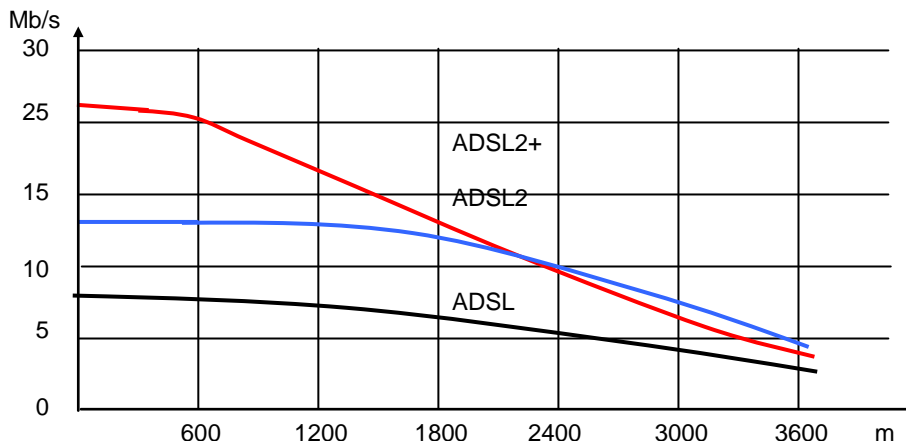


Fig. 45 - Velocidad digital vs. longitud del loop

### A. 6. 6. Instalaciones internas

Las instalaciones internas en edificios, para ADSL, no difieren físicamente de las realizadas para telefonía básica. Se podrá emplear cables de pares-trenzados-sin-blindaje UTP, de Categoría 3.

Para casos especiales, por ejemplo en ambientes con fuentes fuertes de ondas electromagnéticas, se deberán usar cables UTP de Categoría 5, trenzados en pasos amplios, o cables de, pares trenzados blindados STP, a fin de cancelar la posibilidad de ruidos inducidos.

#### Esquema residencial

En el esquema domiciliario a un cliente individual la topología se conformará instalando un filtro del tipo Splitter Central que encamine la señal analógica a los aparatos telefónicos y la señal de datos a la computadora personal.

También se podrán emplear Microfiltros, en la conformación individual, que actúen como filtros pasabajo para cada aparato telefónico (Fig. 46)

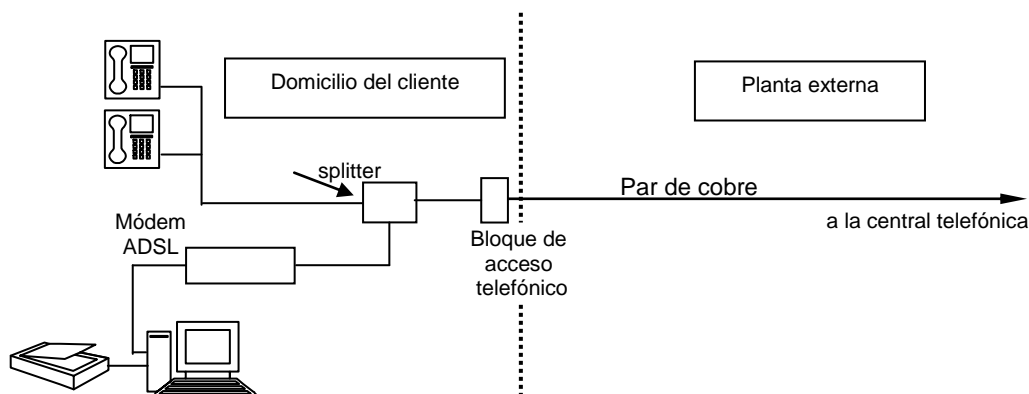


Fig. 46 - Esquema Residencial

### Esquema en institución educativa

En el esquema dispuesto para la instalación en una red interna de un locutorio (cabinas públicas) o montaje para un instituto educacional, la topología se conformará pudiendo incluir un splitter central o varios microfiltros, mientras que la señal de datos, se encamina desde el módem hasta las placas de red de la red de computadoras, empleando para ello un Hub.

A los fines de establecer sesiones independientes a cada máquina se podrá asignar una computadora en la función "Proxy" y desde la misma servir a esta red (Fig. 47).

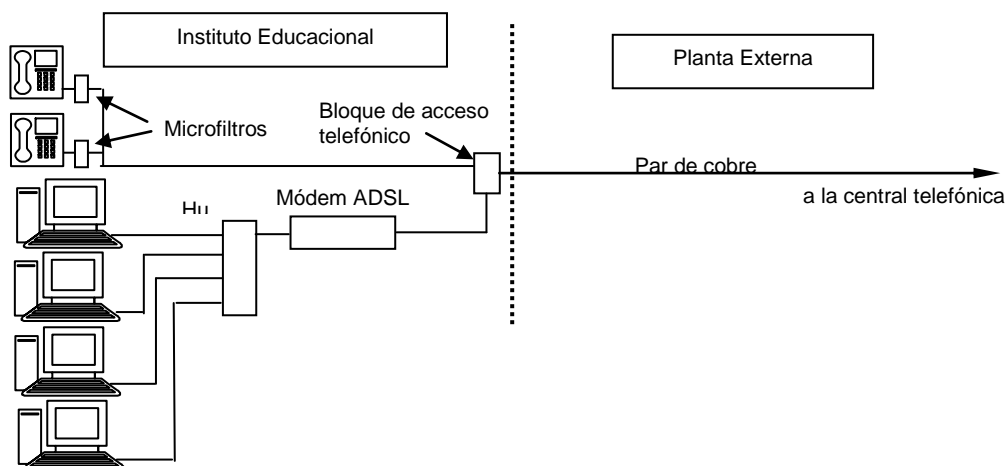


Fig. 47 - Esquema en Institución Educativa

#### A. 6. 6. 1. Conexión del módem ADSL

La conexión de las PC en el módem ADSL, se realiza siempre por un puerto de alta velocidad, descartando el puerto serie de interfaz serie RS132.

Se utilizan los puertos Ethernet, DSL o ATM F.25. Del Pentium 2 en adelante las PC introdujeron el terminal de norma universal USB, el mismo no es práctico usar en redes, solo emplear en instalaciones residenciales, sino se tiene placa Ethernet. Todos los módems tienen puerto Ethernet pero no todos USB.

Con placas Ethernet se podrá disponer de 10 Mb/s, con USB hasta 16 Mb/s y con placa ATM-F25, hasta 25.6 Mb/s. El puerto Ethernet es mucho más económico y mejor configurable por Windows, aunque el puerto ATM es mucho más rápido, su uso debe justificarse su precio. Ethernet funciona con cualquier plataforma, no depende del sistema operativo, es más rápido y más estándar.

El módem tiene un lado llamado LAN o DSL y otro llamado WAN. El primero es el lado Ethernet, 10BaseT, que va hacia la PC y el segundo es el lado ADSL, que va hacia el Splitter y a la red de acceso.

Cuando se conectan varias PC al módem, se utiliza un Hub. Los módems según modelo podrán trabajar como Bridge o como Router. Se limita hasta cuatro microfiltros, mayor cantidad carga en demasía al módem, como valor de impedancias, por lo que este pierde rendimiento.

#### A. 6. 6. 2. Elementos de instalación del abonado ADSL

En el mercado de Argentina, desde principios del año 2001, tres firmas comercializan los sistemas ADSL.

El lanzamiento lo efectuó la firma Cisco, seguida de Alcatel presentando a su vez tres modelos y Arecom un producto de fabricación coreana, con dos modelos, el DSL 800 y el DSL 1000. Se muestran los principales dispositivos para la red interna del abonado (Fig. 48):



Fig. 48 - Dispositivos de la red interna del abonado

## A. 6. 7. Evolución ISDN / xDSL / Ethernet / ATM / IP

La transmisión de servicios digitales ISDN, presenta la enorme ventaja de comercializar incontables nuevos servicios suplementarios, portadores, teleservicios y de valor agregado. Sin embargo, con la incorporación de complejos esquemas de modulación analógica y codificaciones, se solicita una planta de cobre de alta calidad.

En estas circunstancias, la introducción de las tecnologías xDSL resulta del máximo interés, por cuanto permite el reaprovechamiento de dicha planta para brindar nuevos servicios de telecomunicaciones y seguir ganando nuevos abonados. Por las características de ADSL esto se puede lograr sin desmedro del servicio básico de telefonía, que puede ser brindado en forma simultánea por el mismo par de cobre.

El tipo de aplicaciones de las tecnologías ADSL está dirigido a servicios interactivos asimétricos lo que lo hace excepcional para las redes de Internet. Asimismo, por su afinidad a Ethernet, ATM y TCP/IP es invaluable para el uso de VoIP, o VoATM (mediante la adaptación a capa 2 AAL-2) y su aplicación a la, próxima generación de redes NGN. Permite el conexionado de PBX, LAN y WAN y por su elevado ancho de banda lo habilita a los servicios de telefonía, VoD, telecompras, videoconferencias, todos en forma simultánea. Se podrá continuar con el servicio ISDN para los equipos en existencia.

Las ventajas del aprovechamiento de las nuevas redes de cobre, permiten asimismo, además, ganar nuevos abonados de nuevos servicios, lo que adicionará nuevas ganancias pecuniarias y con mínimo desembolso. La disponibilidad comercial de la técnica xDSL se ha logrado, sucediendo a la técnica ISDN. La diferencia entre estas técnicas radica en que ISDN se benefició con casi tres décadas de pruebas y desarrollos aplicadas en varios países, contar con estándares aprobados.

Se debe considerar que en años recientes las empresas de telecomunicaciones nacionales han sido en su mayoría privatizadas, con lo que han sufrido una pronta expansión de sus redes de acceso y/o renovación de sus cables, por lo que cuentan, por consiguiente, con nuevas e importantes instalaciones de plantel exterior basado en cobre. Estos incrementos de la red se han realizado, primordialmente con finalidad de dar soporte a una alta ganancia de servicio de telefonía y de los nuevos servicios interactivos, sobretodo los de entretenimiento que posibilitaran importantes réditos.

En estas circunstancias, la introducción de las tecnologías xDSL resultó del mayor interés, por cuanto permitió el reaprovechamiento de dicha planta para brindar nuevos servicios de telecomunicaciones y seguir ganado nuevos abonados. Por las características de xDSL, estos servicios se logran sin desmedro del servicio básico de telefonía, que puede ser brindado en forma simultánea a los de alto valor agregado en banda ancha, por el mismo par de cobre.

El tipo de aplicaciones de estas tecnologías es diferente al sistema HDSL apto para servicios que requieren canales simétricos tales como conexión a PBX, interconexión entre LAN y WAN, etc. En cambio ADSL es óptima para servicios que utilizan canales asimétricos, con un ancho de banda importante hacia el usuario, tales como acceso a Internet, telecompras, videoconferencias, etc.

La transmisión de servicios digitales ISDN, presentó la ventaja de comercializar incontables nuevos servicios suplementarios, portadores, teleservicios y de valor agregado. Sin embargo, con el empleo de complejos esquemas de modulación analógica y codificaciones, se solicita una planta de cobre de alta calidad. Se debe determinar en cada caso y a través de pruebas de campo, si el plantel exterior se encuentra en condiciones de soportar tales tecnologías sin antes efectuar rearrreglos.

Asimismo se requiere evaluar los métodos de proyecto y constructivos aplicados en cada caso. Es conveniente que estos equipos funcionen sobre redes sin multiplicar y es importante evitar su desempeño sobre las redes multiplicadas o de características inapropiadas. Se requieren pruebas pilotos, previas a su instalación definitiva en la planta.

También resulta interesante los proyectos de pruebas donde se adiciona la tecnología xDSL, a la metodología de redes híbrido fibra-coaxial HFC (Hybrid Fibre Coaxial System) y fibra al hogar FTTH (Fibre to the Home), donde adicionan mayores posibilidades de acceso para actuales y futuros servicios interactivos de banda ancha.

La firma Orckitm combinó ADSL y ISDN utilizando métodos dentro y fuera de banda. El método fuera de banda deja intacta la transmisión del sistema ISDN en sus frecuencias usuales. ADSL fue restringido a las altas bandas sin solaparse con las frecuencias ISDN. Al anular la mutua interferencia con un divisor (splitter) nos permitió combinar implementación de ISDN y ADSL, extendiendo los servicios de telefonía (POTS).

Los esfuerzos de los fabricantes de módem y de los organismos de estandarización, como ser el Foro ADSL, han estado dirigidos a la instrumentación del acceso de Internet, como al acceso a redes públicas ATM, al acceso remoto a las LAN y al Video sobre Demanda (VoD).

Otros avances constituyen el combinar los sistemas de modulación ATM y la multiportadora discreta DMT (Discrete MultiTone) con tecnología ADSL, proveyendo 5 Mb/s de acceso Internet y la utilización de ADSL con la cancelación de eco.



La aprobación del estándar de adaptación ATM a la capa 2 AAL-2 (ATM Adaptation Layer 2) por la ITU, que regula la transmisión de voz sobre ATM, ha dado un nuevo impulso a su uso.

La implementación del cancelador de eco permite en la transmisión, superponer la trama ascendente con la descendente. Con esta superposición, no solo se obtiene mayor capacidad de transmisión, en término de muchos más bits sobre la línea, también, en cuanto a porcentajes de abonados que se puede alcanzar, es mucho mejor.

La introducción de los nuevos sistema ADSL, el ADSL2 y el ADSL2 Plus, extendió nuevas posibilidades, por ejemplo vincular todas los cinematógrafos de un país y transmitir películas en video digital, que incluyan filmes documentales, enseñanza a distancia y teleconferencias educativas a institutos educacionales, en horas de la mañana y de la tarde. De esta forma se permitió obtener una ocupación plena en todas las horas del día, abaratando los costos y posibilitando ofrecer nuevos y mejores servicios.

#### APLICACIÓN DE LOS SISTEMAS ADSL

Aplicación	HDSL	SDSL	ADSL	ADSL+	RADSL	VDSL
Distribución de TV	-	-	SI	SI	SI	SI
Video bajo Demanda	-	-	SI	SI	SI	SI
Teleaprendizaje	-	-	SI	SI	SI	SI
Telecompras	-	-	SI	SI	SI	SI
Servicios informativos	-	-	SI	SI	SI	SI
Entretenimientos	-	-	SI	SI	SI	SI
Videoconferencia	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Videojuegos	-	-	SI	SI	SI	SI
Acceso a Internet	SI	SI	SI	SI	SI	SI
Acceso Remoto a LAN	SI	SI	SI	SI	SI	SI
POTS	-	-	SI	SI	SI	SI
Conexión a PBX	SI	SI	SI	SI	-	SI
Redes de datos privadas	SI	SI	SI	SI	SI	SI
TV de alta definición	-	-	-	SI	-	SI

#### COMPARACIÓN DE SISTEMAS xDSL

TIPO	DESIGNACIÓN	VELOCIDAD DE DATOS	MODO DE TRANSMISIÓN
xDSL	Bucle de abonado digital	160 Kb/s	dúplex
HDSL	Bucle de abonado digital de alta velocidad	1.544 Kb/s (T1) 2.048 Mb/s (E1)	dúplex
SDSL	Bucle de abonado digital Simétrico	1544 Kb/s (T1) 2.048 Mb/s (E1)	dúplex
ADSL	Bucle de abonado digital Asimétrico	1.5 á 9 Mb/s 16 á 640 Kb/s	ascendente descendente
VDSL	Bucle abonado digital de muy alta velocidad	13 á 52 Mb/s 1.5 á 2.3 Mb/s	ascendente descendente