

FUNDAMENTOS DE LA ADSL

1.1 ¿QUÉ ES ADSL?

Bajo el nombre ADSL se definen una serie de tecnologías que permiten el uso de una línea de cobre (la que conecta nuestro domicilio con la central de Telefónica) para transmisión de datos de alta velocidad y, a la vez, para el uso normal como línea telefónica. Se llaman ADSL ya que los acrónimos de estas tecnologías acaban en DSL, que está por "Digital Subscriber Line" (línea de abonado digital): HDSL, ADSL, RADSL, VDSL.

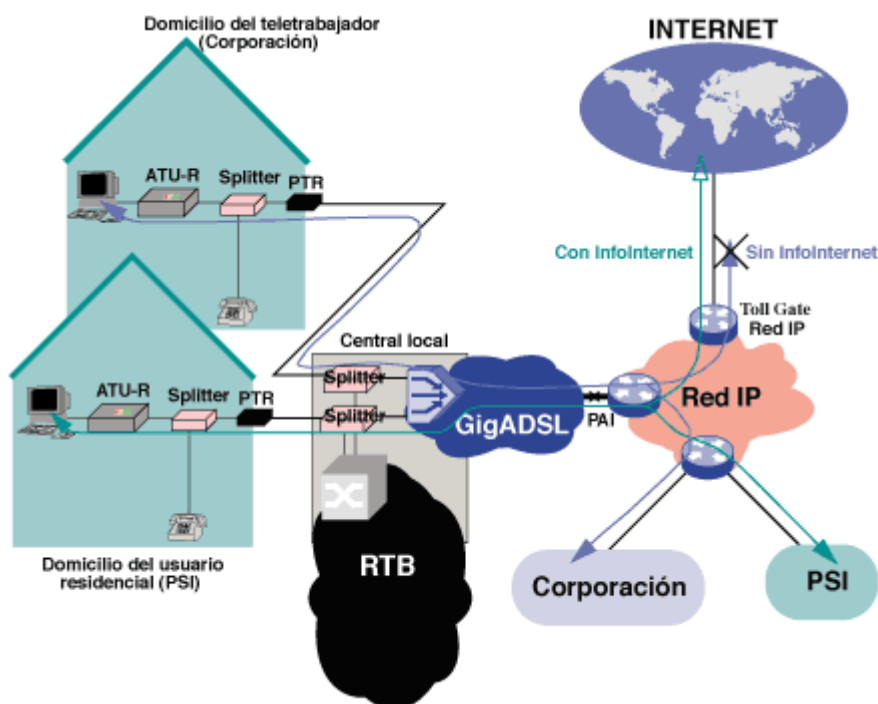
Cada una de estas tecnologías tiene distintas características en cuanto a prestaciones (velocidad de la transmisión de datos) y distancia de la central (ya que el cable de cobre no estaba pensado para eso, a cuanto más distancia peores prestaciones). Entre estas tecnologías la más adecuada para un uso doméstico de Internet es la llamada ADSL.

ADSL – Asymmetric Digital Subscriber Line

Línea de abonado digital asimétrica. Permite la transmisión de datos a mayor velocidad en un sentido que en el otro (de eso viene el "asimétrica" en el nombre). Típicamente 2 megabits/segundo hacia el usuario y 300 kilobits/segundo desde el usuario y puede alcanzar muchos kilómetros de distancia de la central.

El hecho que permita estas velocidades no quiere decir que vengan "gratis": las compañías normalmente limitan la velocidad y cobran en función de la velocidad "contratada".

1.2 INSTALACION



Para aprovechar la tecnología ADSL Telefónica debe instalar un "discriminador" (splitter o microfiltro) tanto en el domicilio del usuario como en la central, antes de que el cable entre en la centralita de conmutación. El discriminador tiene dos conexiones: a una se conectan los aparatos telefónicos que siguen funcionando como siempre, a la otra se conecta un módem especial ADSL que a su vez se conecta al ordenador (en el domicilio del usuario) o a la red de datos (en la central telefónica). El PTR no es necesario, se suele quitar.

El router/módem ADSL típicamente se conecta a una tarjeta de red instalada en el ordenador, ya que la velocidad de un puerto serie no es suficiente.

Para evitar el desplazamiento de un técnico en el domicilio del usuario para instalar el discriminador y el módem ADSL se ha creado una variación de este sistema, que se llama ADSL LITE. Sacrifica las

prestaciones un poco pero simplifica la instalación: un usuario puede comprar el router/módem en una tienda, enchufarlo en su casa, llamar para que activen el servicio en la central y ya está. En las rosetas donde se ponen teléfonos habrá que poner filtros. Máximo 3 microfiltros, por lo tanto, máximo 3 teléfonos. El PTR si es obligatorio en este caso.

1.3 VENTAJAS DEL ADSL

Para el usuario:

- ACCESO DE ALTA VELOCIDAD
- CONEXION PERMANENTE
- A DIFERENCIA DEL CABLE, LA CAPACIDAD NO SE COMPARTE CON OTROS USUARIOS

Para la compañía telefónica:

- DOBLE FUNCION DEL MISMO CABLE
- NULA OCUPACION DE LA CENTRAL
- NO EXISTE RIESGO DE COLAPSO EN LA RED CONMUTADA
- Además no hace falta acondicionar toda una central, es suficiente instalar el servicio solo en aquellas líneas de los clientes que lo requieran.

1.4 INCOVENIENTES DE ADSL

Son varias las desventajas, pero casi ninguna técnica, se trata de problemas políticos o comerciales, así que esperamos que la acción del regulador (la CMT y/o el Ministerio de Fomento) contrarresten estas desventajas:

- a) No todas las líneas pueden ofrecer este servicio (por ejemplo las que se encuentren en muy mal estado o a mucha distancia de la central)
- b) En el caso del "ADSL lite" la (mala) calidad del cableado en el domicilio del usuario puede afectar negativamente el funcionamiento del sistema.
- c) Los router/módems ADSL son caros. Con la introducción del estándar ADSL LITE los precios bajarán considerablemente (de hecho en EEUU ya hay ordenadores que los incluyen en la placa base), pero tardarán todavía. Es previsible que la compañía ofrezca el módem en alquiler, igual que lo hacen las compañías de cable, pero esto influiría en la cuota mensual.
- d) El coste mensual es demasiado elevado para un usuario normal.
- e) Solo cubre el tramo desde el domicilio del usuario hasta la central de Telefónica. Si otros operadores no están autorizados a instalar sus equipos (que en todo caso son aparatos pequeños, tratándose de transmisión de datos y no conmutación de circuitos) en la central de Telefónica, nos encontraremos que el único proveedor de acceso puede ser Telefónica, con los evidentes peligros de este nuevo monopolio.

2.1 Descripción de la modulación.

Es una técnica de modulación para la transmisión de datos a gran velocidad sobre el par de cobre. La primera diferencia entre esta técnica de modulación y las usadas por los módems en banda vocal (V.32 a V.90) es que éstos últimos sólo transmiten en la banda de frecuencias usada en telefonía (300 Hz a 3.400 Hz), mientras que los módems ADSL operan en un margen de frecuencias mucho más amplio que va desde los 24 KHz hasta los 1.104 KHz, aproximadamente.

Otra diferencia entre el ADSL y otros módems es que el ADSL puede coexistir en un mismo bucle de abonado con el servicio telefónico (véase en el párrafo anterior el intervalo de frecuencias en el que trabaja el ADSL), cosa que no es posible con un módem convencional pues opera en banda vocal, la misma que la telefonía.

Al tratarse de una modulación en la que se transmiten diferentes caudales en los sentidos Usuario → Red y Red → Usuario, el módem ADSL situado en el extremo del usuario es distinto del ubicado al otro lado del bucle, en la central local. En la Figura 2-1: Enlace ADSL se muestra un enlace ADSL entre un usuario y la central local de la que depende. En dicha figura se observa que además de los módems situados en casa del usuario (ATU-R o "ADSL Terminal Unit-Remote") y en la central (ATU-C o "ADSL Terminal Unit-Central"), delante de cada uno de ellos se ha de colocar un dispositivo denominado "splitter". Este dispositivo no es más que un conjunto de dos filtros: uno paso alto y otro paso bajo. La finalidad de estos filtros es la de separar las señales transmitidas por el bucle de modo que las señales de baja frecuencia (telefonía) de las de alta frecuencia (ADSL).

Figura 2-1: Enlace ADSL

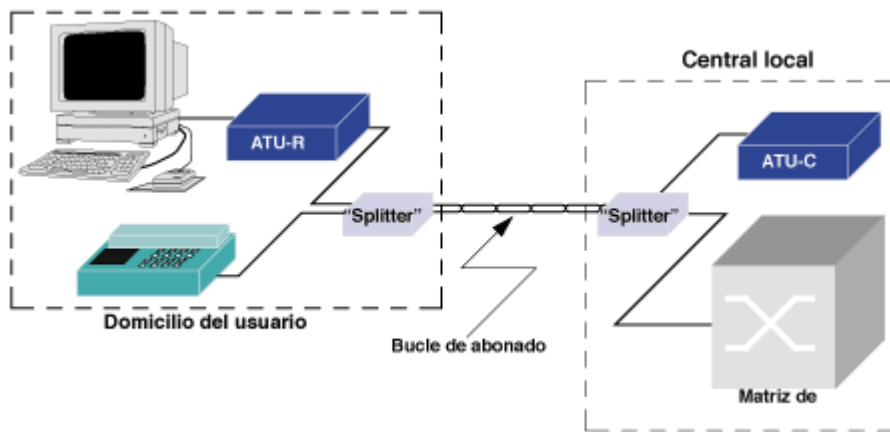
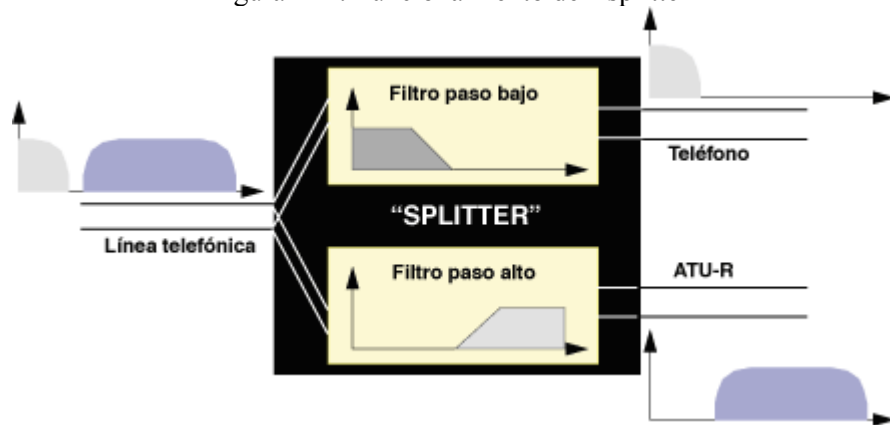


Figura 2-2: Funcionamiento del "splitter"



La modulación para el ADSL utilizada es la DMT ("Discrete MultiTone"). Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida. La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia estriba en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32. La modulación parece y realmente es bastante complicada, pero el algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se desarrolla sobre un DSP.

Figura 2-3: Modulación ADSL DMT con FDM

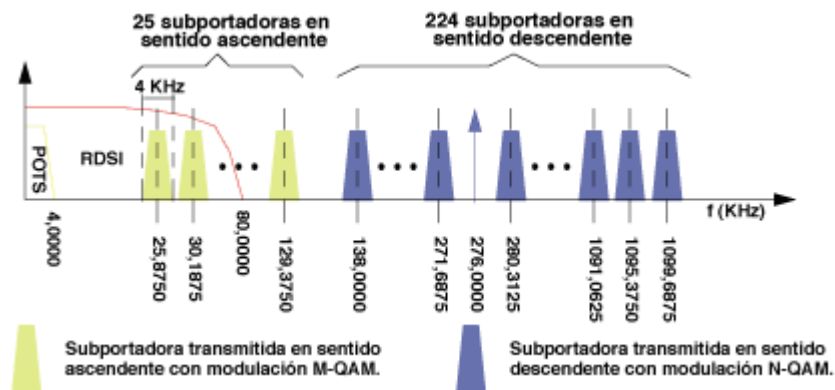
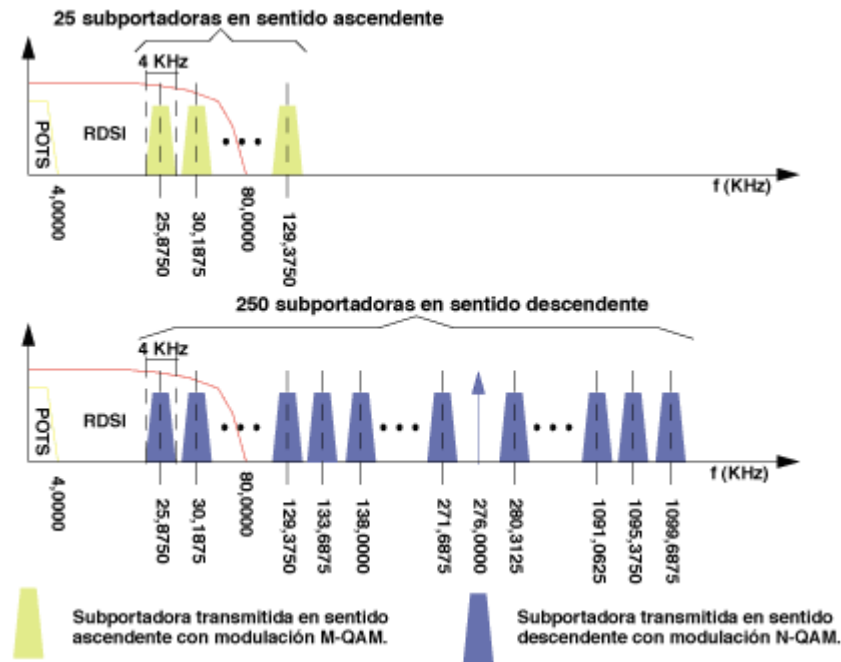


Figura 2-4: Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos



Como se puede comprobar, la modulación DMT empleada parece y realmente es bastante complicada, pero el algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se desarrolla sobre un DSP.

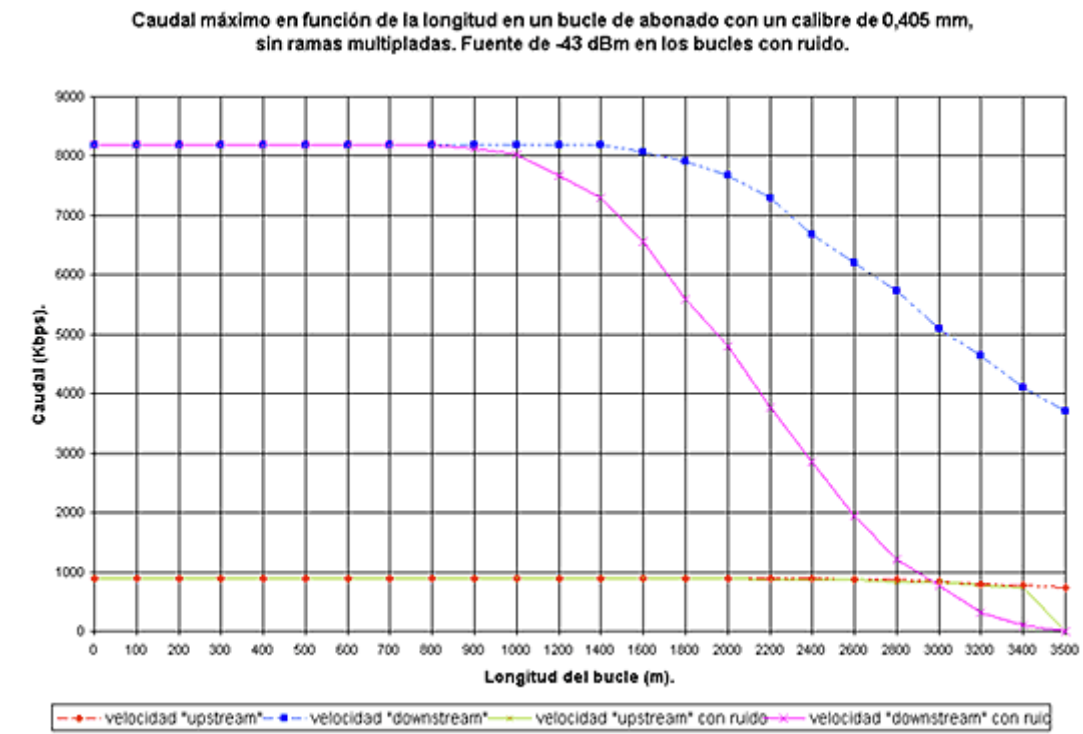
- El modulador del ATU-C, hace una IFFT de 512 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "downstream".
- El modulador del ATU-R, hace una IFFT de 64 muestras sobre el flujo de datos que se ha de enviar en sentido "upstream".
- El demodulador del ATU-C, hace una FFT de 64 muestras tomadas de la señal "upstream" que recibe.
- El demodulador del ATU-R, hace una FFT, sobre 512 muestras de la señal "downstream" recibida.

En las dos figuras anteriores se han presentado las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquéllas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de ecos para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño. En la Figura 2-3: Modulación ADSL DMT con FDM y en la Figura 2-4: Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos se muestran los espectros de las señales transmitidas por los módems ADSL tanto en sentido ascendente como descendente. Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS o "Plain Old Telephone Service"), y en cambio sí que se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Y cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle de abonado. En la Figura 2-5: Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado se representa la curva del caudal máximo en Kbps, tanto en sentido ascendente como descendente, que se puede conseguir sobre un bucle de abonado con un calibre de 0,405 mm., sin ramas multiplexadas. En la figura se representan las curvas con y sin ruido. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/Ruido con la

que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C. El ancho de banda para ADSL2+ es de 2,2MHz. Hasta una distancia de 2,6 Km de la central, en presencia de ruido (caso peor), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media del bucle de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, teletrabajador así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

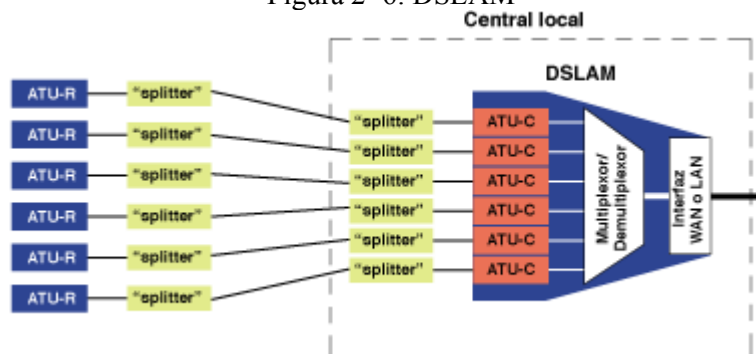
Figura 2-5: Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado



2.2 DSLAM

Como antes se ha explicado, el ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario. Esto complica el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para solucionar esto surgió el DSLAM ("Digital Subscriber Line Access Multiplexer"): un chasis que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cuales consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN (Figura 2-6: DSLAM).

Figura 2-6: DSLAM



La integración de varios ATU-Cs en un equipo, el DSLAM, es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL. De no ser así, esta tecnología de acceso no hubiese pasado nunca del estado de prototipo dada la dificultad de su despliegue, tal y como se constató con la primera generación de módems ADSL.

2.3 ATM sobre ADSL

Estas son las ventajas del acceso ADSL:

- Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.
- Este ancho de banda está disponible de forma permanente.
- Se aprovecha una infraestructura ya desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.
- El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto intrínsecamente seguro.

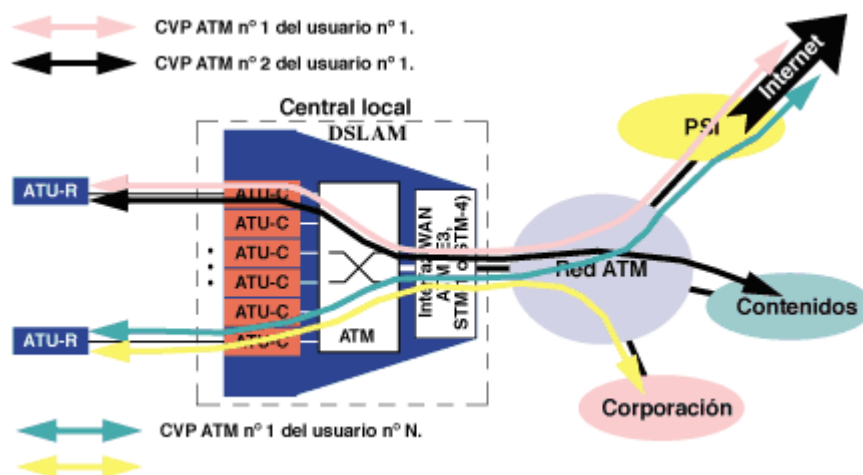
Ahora bien, ¿cómo se puede sacar provecho de esta gran velocidad de acceso? Las redes de comunicaciones de banda ancha emplean el ATM ("Asynchronous Transfer Mode") para la conmutación en banda ancha. Desde un primer momento, dado que el ADSL se concibió como una solución de acceso de banda ancha, se pensó en el envío de la información en forma de células ATM sobre los enlaces ADSL.

En los estándares sobre el ADSL, desde el primer momento se ha contemplado la posibilidad de transmitir la información sobre el enlace ADSL mediante células ATM. La información, ya sean tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en células ATM, y el conjunto de células ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servicio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

Otra ventaja añadida al uso de ATM sobre ADSL es el hecho de que en el ATM se contemplan diferentes capacidades de transferencia (CBR, VBR-rt, VBR-nrt, UBR y ABR), con distintos parámetros de calidad de servicio (caudal de pico, caudal medio, tamaño de ráfagas de células a velocidad de pico y retardo entre células consecutivas) para cada circuito. De este modo, además de definir múltiples circuitos sobre un enlace ADSL, se puede dar un tratamiento diferenciado a cada una de estas conexiones, lo que a su vez permite dedicar el circuito con los parámetros de calidad más adecuados a un determinado servicio (voz, vídeo o datos).

Figura 2-7: DSLAM ATM



A nivel de enlace, algunos suministradores de equipos de central para ADSL han planteado otras alternativas al ATM, como PPP sobre ADSL y frame-relay sobre ADSL.

Los estándares y la industria han impuesto el modelo de ATM sobre ADSL. En ese contexto, el DSLAM pasa a ser un conmutador ATM con múltiples interfaces, una de ellas sobre STM-1, STM-4 ó E3, y el resto ADSL-DMT, y el núcleo del DSLAM es una matriz de conmutación ATM sin bloqueo. De este modo, el DSLAM puede ejercer funciones de policía y conformado sobre el tráfico de los usuarios con acceso ADSL.