

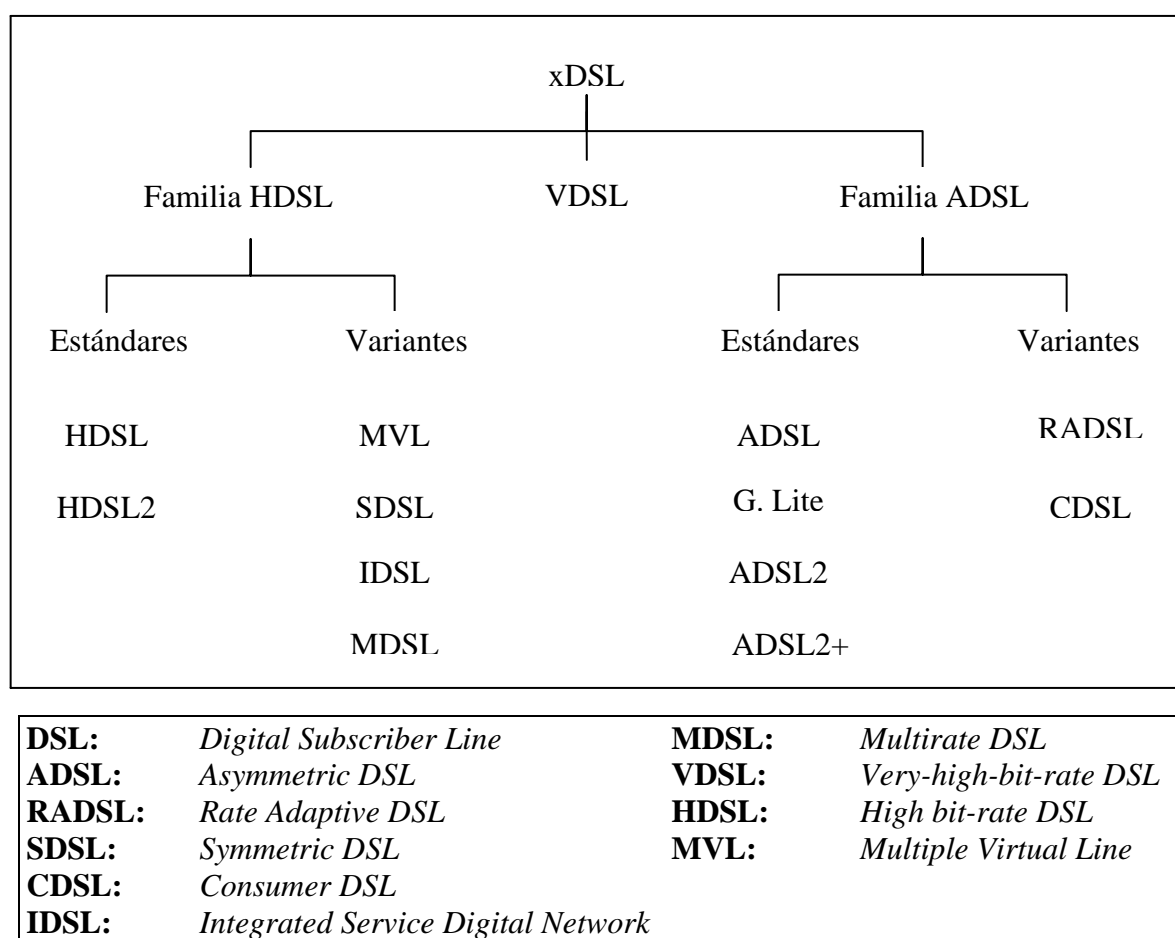
# Estudio comparativo de ADSL con otras tecnologías de acceso a Internet

La revolución tecnológica de las comunicaciones en los últimos tiempos no se ha detenido y por el contrario, ha experimentado un crecimiento exponencial. Las tecnologías de acceso a Internet de banda ancha han jugado un papel muy importante en lo anterior y también son parte fundamental del fenómeno de convergencia de redes que estamos viviendo. Estamos en un punto de la historia donde las redes de telecomunicaciones (PSTN, CATV, Móvil Celular, etc.) y las redes de computadoras (Internet, MAN, WAN, etc.) interactúan unas con las otras para ofrecer nuevos y mejores servicios multimedia de voz, video y datos, que requieren velocidades de acceso y transmisión de datos muy altas que puedan dar viabilidad a tales servicios [CAR02].

Frecuentemente encontramos en la literatura la expresión “*last mile access technology*” [PHA00] para hacer referencia a todo tipo de tecnología cuyo objetivo sea proveer acceso a Internet y trabajar sobre la última parte de la infraestructura de redes existentes (aquella cercana a los hogares y negocios) tales como la red de televisión por cable (CATV) o la red de telefonía pública (PSTN). El presente capítulo ofrece una perspectiva general de comparación de ADSL respecto a algunas de las tecnologías de acceso a Internet de banda ancha existentes. Se enfoca exclusivamente en las dos tecnologías que compiten y dominan el mercado de acceso a Internet para millones de computadoras personales conectadas a la red de redes: la familia xDSL (*Digital Subscriber Line*), de la cual forma parte ADSL y HFC (*Hybrid Fiber Coax*).

### 3.1 ORIGEN DE LAS TECNOLOGÍAS XDSL

El acrónimo xDSL se refiere a una familia de tecnologías y estándares relacionados que constituyen las diferentes tecnologías DSL, donde la 'x' se utiliza para identificar precisamente a los diferentes estándares y versiones que se han desarrollado. ADSL es una más de las tecnologías xDSL que existen y trabajan sobre la infraestructura de la red telefónica pública, es decir, sobre el lazo de abonado local (*Subscriber Line*). La Figura 3.1 muestra una clasificación general de las diversas categorías de la familia xDSL.



**Figura 3.1. La familia xDSL [GOR99]**

Algunos autores [CAR02, PHA00, URL02] consideran que la primera de las tecnologías xDSL que se desarrolló fue ISDN, esto debido a que esta tecnología de servicios digitales integrados fue diseñada bajo la premisa de ofrecer servicios de telefonía

y aplicaciones de transmisión de datos, con tasas de transmisión relativamente bajas (144 Kbps).

Antes de comenzar a describir algunas de las tecnologías xDSL más importantes, es conveniente conocer las tasas de transmisión necesarias para la viabilidad de algunas de las aplicaciones de banda ancha más comunes (ver Tabla 3.1 y Tabla 3.2). Esto nos permitirá ubicar que tipo de tecnología es capaz de soportar cierta aplicación, basado en la tasa de transmisión que necesita y la tasa de transmisión que las diversas tecnologías ofrecen.

**Tabla 3.1 Aplicaciones residenciales comunes [ARS00].**

<b>Aplicación</b>	<b>Tasa de Transmisión de Datos de Bajada (kb/s)</b>	<b>Tasa de Transmisión de Datos de Subida (kb/s)</b>
Telefonía de voz	16-64	16-64
Acceso a Internet	14-3000	14-384
Correo electrónico	9-128	9-64
Televisión de alta definición	12000-24000	0
Video difusión	1500-6000	0
Música en demanda	384-3000	9
Videófono	128-1500	128-1500
Aprendizaje a distancia	384-3000	128-3000
Acceso a base de datos	14-384	9
Descarga de software	384-3000	9
Compras en el hogar	128-1500	9-64
Video juegos	64-1500	64-1500

**Tabla 3.2 Aplicaciones comunes en negocios [ARS00].**

<b>Aplicación</b>	<b>Tasa de Transmisión de Datos de Bajada (kb/s)</b>	<b>Tasa de Transmisión de Datos de Subida (kb/s)</b>
Telefonía de voz	16-64	16-64
Acceso a Internet	14-3000	14-384
Intranet	64-3000	64-1500
Comercio electrónico	28-384	28-384
Oficina en el hogar	128-6000	64-1500
Interconexión LAN	384-10000	384-10000
Correo electrónico	9-128	9-64

**Tabla 3.2 Aplicaciones comunes en negocios (continuación).**

Videófono	128-1500	128-1500
Acceso a base de datos	14-384	9
Descarga de software	384-3000	9
Súper computo: CAD	6000-45000	6000-45000
Video Conferencia	3000	3000

## 3.2 COMPARACIÓN DE ADSL CON OTRAS TECNOLOGÍAS DE LA FAMILIA xDSL

### 3.2.1 HDSL

*High bit-rate Digital Subscriber Line* (HDSL) fue desarrollado por Bellcore a finales de los años 80's y la primera versión fue puesta en servicio en marzo de 1992. HDSL opera simétricamente a velocidades de 1.544 Mbps y 2.048 Mbps, es decir, las mismas de T1 y E1 respectivamente, a distancias superiores y sin repetidores (12,000 ft o 3.65 km). Esta tecnología no es la más ideal para los servicios residenciales de banda ancha por dos razones fundamentales, mismas que constituyen las principales diferencias con ADSL: Primera, HDSL utiliza dos líneas de cobre, lo cual no es viable económicamente si se sabe que ADSL utiliza una sola línea. Segunda, HDSL no puede coexistir con los servicios tradicionales de voz sobre el mismo par trenzado, tal y como lo hace ADSL [PHA00].

### 3.2.2 HDSL2

Esta tecnología es una evolución de HDSL, también conocida como SHDSL o G.shdsl por la ITU, cuyo estándar está definido como ITU-T G.991.2. Una de sus características innovadoras respecto a HDSL es su capacidad de proveer las velocidades T1 o E1 en el área de servicio del operador (CSA, *Carrier Service Area*) utilizando un solo par trenzado y por lo tanto, los beneficios económicos para las compañías operadoras son considerables. Otra de las especificaciones para esta tecnología incluye la opción de potencia variable adaptiva, es decir, varía y ajusta los niveles de potencia de acuerdo a las condiciones de la

línea para disminuir el ruido presente; esto también limita y reduce los niveles de *crosstalk* en la líneas cercanas o adyacentes en un 50 o 70%. Esto tiene implicaciones positivas en el diseño de otras tecnologías DSL. Para el caso de un lazo ADSL que se encuentre cercano a un lazo HDSL2, una disminución en la potencia de este último provocaría una disminución significativa en los niveles de *crosstalk* del lazo ADSL, lo que evitaría la necesidad de ADSL de ajustar su tasa de transmisión, una de sus primitivas más interesantes [CAR02].

### 3.2.3 SDSL

*Symmetric Digital Subscriber Line (SDSL) o Single Line DSL* es una tecnología que tiene muchas cosas en común con HDSL. La principal diferencia es que SDSL trabaja sobre una sola línea telefónica. SDSL es una tecnología que ofrece velocidades de transmisión hasta de 2.048 Mbps simétricamente, esto es, la misma velocidad tanto de bajada como de subida, lo que permite correr ciertas aplicaciones que no son viables con ADSL, donde la tasa de transmisión de bajada es mucho más alta que la de subida. Es por esta situación, que SDSL ha sido utilizada principalmente por empresas e instituciones, ya que éstas suelen tener aplicaciones tales como servidores de correo electrónico, servidores Web, servidores FTP, etc. donde la tasa de transmisión de datos en ambas direcciones es una premisa necesaria e importante. SDSL no permite la coexistencia de los servicios de banda ancha y telefonía al mismo tiempo, una diferencia más respecto a ADSL [CAR02].

### 3.2.4 IDSL

*Integrated Services Digital Network DSL (IDSL o ISDN DSL)* fue desarrollado por la ANSI entre 1982 y 1988, y se trata de una tecnología que utiliza todo el ancho de banda de ISDN para transmitir datos, es decir, IDSL transmite a una velocidad máxima de 144 Kbps a una distancia máxima de 5.48 km de la oficina central utilizando una sola línea o par trenzado. A diferencia del acceso tradicional de ISDN (servicio conmutado), IDSL provee un acceso dedicado, lo que contribuye a que esta tecnología cumpla con dos criterios muy importantes para los servicios personales de banda ancha: cobertura amplia y la utilización de una sola línea. Sin embargo, las grandes diferencias respecto a ADSL son su incompatibilidad con

los servicios de voz y un ancho de banda muy pequeño para las aplicaciones de banda ancha actuales [PHA00].

### 3.2.5 RADSL

*Rate Adaptive Digital Subscriber Line* (RADSL) es una tecnología desarrollada por la empresa *Westell* que tienen la particularidad de adaptar la velocidad de transmisión de datos sobre la línea telefónica donde se encuentre instalado el servicio ADSL por medio de software [CAR03] y es por ello, que RADSL puede verse como una versión inteligente no estandarizada de ADSL. Esta es una característica muy importante porque la calidad de las líneas telefónicas varia ampliamente dependiendo de la antigüedad, las técnicas de instalación, la proximidad con interferidores electromagnéticos, así como de una variedad de factores tales como las condiciones meteorológicas, la hora del día, etc. Los módems RADSL compensan la tasa de transmisión automáticamente para tales condiciones, permitiendo así tener una óptima velocidad a costa de perder ancho de banda. La principal diferencia entre ADSL y RADSL es precisamente esta capacidad de adaptación a las condiciones de la línea, que en el caso de ADSL, sólo es posible al momento de inicializar el módem ADSL (establecimiento del enlace), mientras que en el caso de RADSL, la adaptación se realiza automáticamente cuando el enlace ha sido establecido [CAR02].

### 3.2.6 VDSL

*Very high data rate Digital Subscriber Line* (VDSL) es la más reciente de las tecnologías DSL y la que promete concluir con la evolución continua de estas tecnologías, ya que ofrece la posibilidad de transmitir datos a una velocidad máxima de bajada que oscila entre 13 y 52 Mbps, para distancias de 1.3 km o menos de la oficina central. Las velocidades de subida sugeridas oscilan entre 1.6 y 2.3 Mbps para esas mismas distancias. Actualmente, esta tecnología ha sido estandarizada tanto por la ANSI bajo el grupo T1E1.4 como por la ITU bajo G.993.1, para lograr ponerla en marcha de la mejor manera posible. Según lo explica [URL02], VDSL es mucho menos complejo que ADSL en muchos sentidos; el hecho de que VDSL funcione para distancias muy pequeñas implica que los

inconvenientes en la línea de transmisión sean menores y por tanto, la complejidad del módem o *transceiver* también se reduce incluso si consideramos que VDSL es diez veces más rápido. En general, la principal diferencia entre ADSL y VDSL radica en las velocidades de transmisión de datos de cada una y desde luego, en los servicios que se pueden ofrecer con estas velocidades.

La siguiente tabla incluye una breve comparación de las tecnologías descritas anteriormente.

**Tabla3.3 Comparación de las tecnologías de la familia xDSL [CAR03].**

COMPARACIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS DSL						
Tecnología	Simetría	Comparte uso del teléfono	Requiere filtro	Velocidad máxima	Distancia máxima de la central	Año Introducción
ADSL	Asimétrico	Si	Si	9Mbps/640 Kbps	6 km	1995
SDSL	Simétrico	No	No	2.32 Mbps	6 km	Principios 90's
HDSL	Simétrico	No	No	2.32 Mbps	6 km	1992
SHDSL	Simétrico	No	No	2.32 Mbps	7 km	Principios 90's
IDSL	Simétrico	No	No	144 Kbps	12 km	1982-1989
G.Lite	Asimétrico	Si	No	1.5 Mbps/512 Kbps	6 km	1998
RADSL	Asimétrico	Si	Si	9 Mbps/640 Kbps	6 km	1997
VDSL	Asimétrico	Si	En discusión	52 Mbps/6 Mbps	1.5 km	1999

### 3.3 COMPARACIÓN DE ADSL CON *HYBRID FIBER COAX* (HFC)

La lucha por la supremacía en el mercado de servicios de acceso a Internet de alta velocidad (banda ancha) constituye, sin duda alguna, una gran oportunidad para millones de personas deseosas de conectarse a la red de redes para contar con acceso ilimitado y tasas de transmisión altas y de esta manera, poder disfrutar de los servicios multimedia novedosos que ofrecen tanto las compañías de cable como las compañías de telefonía. Los resultados de esta tenaz contienda son positivos en muchos aspectos económicos, tecnológicos y legislativos. Las dos principales tecnologías líderes en el mercado mundial de servicios de banda ancha son:

- ADSL, implementada por las compañías telefónicas (también conocidas como *telcos*), cuya red soporte es la Red de Telefonía Pública Conmutada (PSTN).
- HFC, desarrollada por las compañías de cable sobre su red de televisión por cable o CATV (*Community Antenna Television*).

El número total de suscriptores a los servicios de banda ancha (servicios de Internet y video) en todo el mundo es de 150 millones, según cifras reportadas en diciembre de 2004. [URL03]. De este total, 85 millones de suscriptores pertenecen a la familia de tecnologías xDSL, mientras que el resto corresponde a los suscriptores de Internet por módem cable o sistema HFC. La Tabla 3.4 muestra estas cifras y sus correspondientes porcentajes con respecto al número total de suscriptores.

**Tabla 3.4 Número de total de usuarios de banda ancha distribuidos por tecnología.**

<b>Tecnología</b>	<b>Número de suscriptores en el mercado</b>	<b>Porcentaje de suscriptores en el mercado</b>
xDSL	85.3 millones	56.86%
Cable módem	64.7 millones	43.14 %
<b>TOTAL</b>	<b>150 millones</b>	<b>100%</b>



Las cifras anteriores demuestran que ambas tecnologías son populares y que han sido implementadas ampliamente, pero la tendencia indica que estas cifras se incrementarán aún más en favor de las tecnologías DSL tal y como lo sugiere *DSL Forum*.

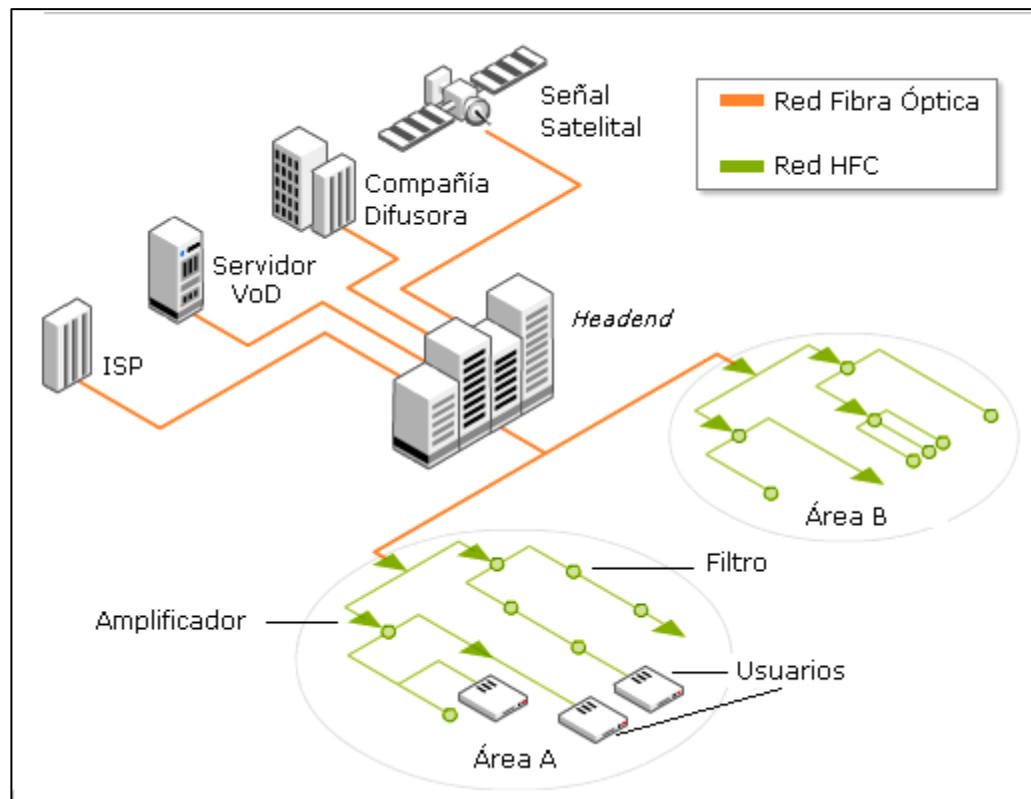
*DSL Forum* es un consorcio internacional establecido en 1994 con más de 200 empresas afiliadas (proveedores de servicios, fabricantes de equipo, centros de desarrollo, etc.), cuyos esfuerzos conjuntos se enfocan en el desarrollo de las tecnologías DSL para cumplir con las necesidades del mercado de masas. Según este consorcio, la meta es alcanzar unos 200 millones de subscriptores DSL al final del año 2005, lo que significa que un 20% del total de líneas telefónicas instaladas en el mundo serán ocupadas para la entrega de servicios digitales multimedia mediante tecnologías DSL [URL02]. Esta predicción se sustenta con el hecho de que en el año 2004 se experimentó un crecimiento del 39% con respecto al año 2003, lo que permitió alcanzar la cifra de 85 millones de usuarios. Con la introducción de nuevos estándares y aplicaciones, *DSL Forum* espera que el crecimiento de este año sea mucho mayor al 39%, lo que permitiría llegar a la cifra de 200 millones.

Una de las razones principales de la tendencia ganadora de las tecnologías xDSL en cuanto al número de usuarios es que la mayor parte de la infraestructura de CATV se concentra en Norte América. En esta zona del planeta se concentra más de la mitad de los usuarios globales de servicios de televisión por cable y acceso a Internet, esto debido en gran parte a que en otras regiones como Europa y Asia no existe una red amplia y consolidada de CATV y al no contar con suficiente infraestructura, la única solución disponible para los usuarios es xDSL [HUM97].

La tecnología HFC o módem cable permite a los usuarios acceder a Internet a velocidades superiores a 300 Kbps. Ésta tecnología trabaja sobre una red híbrida de fibra óptica y cable coaxial, resultado de la evolución y actualización de la red de cable TV o CATV tradicional y permite a los subscriptores la entrega simultánea de programación de televisión por cable, acceso a Internet y en algunos casos, telefonía de voz. La Figura 3.2 muestra un esquema básico de la red HFC, donde las señales de programación televisiva que son transmitidas vía satélite geostacionario son recibidas por una antena parabólica,

localizada en el punto central de distribución llamado *Headend*. Esta central es equivalente a la oficina central en la red de telefonía pública conmutada.

Como se observa en la Figura 3.2, la red HFC presenta una arquitectura combinada estrella-bus. Cada FN (*Fiber Node*) se conecta al *headend* por medio de fibras ópticas y cada uno de estos FN's puede dar servicio a varios suscriptores (entre 100 y 500). En este nodo de fibra, las señales ópticas se convierten en señales electromagnéticas que son moduladas para permitir la entrega de información analógica o digital al usuario por medio de cables coaxiales [CAR00].



**Figura 3.2 Red HFC básica [CAR00].**

Los dispositivos del usuario (por ejemplo, un cable módem) se conectan a los buses de distribución de cable coaxial vía las unidades de interfase de red (NIU, *Network Interface Unit*). Cada una de estas unidades puede servir a un solo hogar o a un clúster de hogares, típicamente entre 60 y 120 suscriptores se conectan a un solo bus de cable coaxial.

De lo anterior, podemos inferir una de las principales diferencias entre HFC y ADSL; la arquitectura de la red híbrida fibra-coaxial da lugar a que todos los usuarios o suscriptores conectados a un bus de cable coaxial que da servicio a un vecindario o calle compartan el ancho de banda, lo que la hace diferente de la red telefónica de cobre, donde el usuario tiene un enlace dedicado desde la oficina central hasta el hogar. Es por esta característica que la red HFC es más vulnerable a problemas de seguridad y privacidad que ADSL [KSZ03].

Por otro lado, el desempeño de la tecnología cable módem depende de cuántos suscriptores activos están utilizando la red y del tráfico de Internet en ciertas horas pico del día. Si bien es cierto que la tecnología cable módem puede proveer un ancho de banda mayor al de ADSL, aproximadamente entre 10 Mbps y 51 Mbps, éste se comparte por todos los usuarios conectados en un área de servicio. Esto significa que cada vez que un suscriptor nuevo se conecta en cierta área de servicio, el ancho de banda disponible para cada usuario en esa área se reduce. Por el contrario, la tecnología ADSL provee un ancho de banda garantizado, esto es, el ancho de banda disponible para cada usuario y la tasa de transmisión son más consistentes en comparación con la tecnología HFC [HUM97].

Aunque ADSL es consistente en su tasa de transmisión, su desempeño depende en gran medida de las condiciones de la línea de cobre y de la distancia con respecto a la oficina central, así como de la calidad eléctrica de la misma.

Una de las características comunes entre ADSL y HFC es la capacidad de proveer conexión permanente a Internet (“*Always on*”), que se traduce es una gran ventaja para aquellos usuarios que desean tener conexión al instante e ilimitada, con sus líneas telefónicas libres para utilizar el servicio de telefonía cuando así lo deseen. Sin embargo, esta característica también constituye un riesgo de seguridad, por lo que ambas tecnologías han invertido mucho dinero para mejorar los niveles de seguridad en sus redes y servicios [KSZ03]. La Tabla 3.5 nos muestra un resumen comparativo de ambas tecnologías con respecto a algunas de sus características básicas. Esta tabla recopila información importante que se ha mencionado en los párrafos anteriores.

**Tabla 3.5 Resumen comparativo de ADSL y Cable Modem.**

<b>COMPARACIÓN ENTRE ADSL Y CABLE MODEM</b>		
Característica	ADSL	Cable Módem
Velocidad máxima	2 Mbps	2 Mbps
Tipo de facturación	Fijo al mes	Fijo al mes
Red soporte	PSTN/ISDN	CATV/HFC
Tipo de medio	Dedicado	Compartido
Tipo de módem	ADSL	Cable
Equipo especial	Filtro	Filtro
Seguridad	Alta	Media
Usuario/clave de acceso	No	No
Siempre conectado	Si	Si
Eficiencia de ancho de banda	Alta	Media

Si realizamos una comparación de los diversos servicios y aplicaciones que pueden ofrecerse con estas dos tecnologías en cuestión, llegamos a la conclusión de que la elección de un usuario para suscribirse a su proveedor de cable o a su proveedor de telefonía para contar con acceso a Internet de alta velocidad, disfrutar de video en tiempo real o alguna otra aplicación multimedia, depende en muchos casos de cuestiones de mercadotecnia. En estados unidos, por ejemplo, en el año de 1996 el congreso aprobó una ley por la cual las compañías proveedoras de cable y las compañías telefónicas podrían ofrecer indistintamente los servicios que prestaban ambas, es decir, las compañías de cable podrían ofrecer servicio de telefonía sobre su red CATV mientras que las compañías telefónicas estarían en todo su derecho de ofrecer servicios de video sobre la infraestructura para las tecnologías xDSL. Esto ha ayudado lógicamente a que el mercado de banda ancha haya crecido a pasos firmes en los últimos años y que las inversiones sean mayores [CAR02].

La Tabla 3.6 es un esquema comparativo de las diferentes tecnologías estandarizadas para la transmisión de datos de alta velocidad. Incluye las principales características como son ancho de banda, tasa de transferencia, distancia de servicio, técnica de modulación, medio de transmisión y el nombre del estándar.

Tabla 3.6 Resumen comparativo de algunos estándares para acceso a Internet

Estándar	Medio de transmisión/Red soporte	Técnica de modulación	Ancho de banda	Tasa de transferencia (kb/s)	Distancia Máxima km
V.32 <i>voiceband</i> <i>módem</i>	Par trenzado / PSTN	PSK o TCM/QAM	4 KHz	9.6	-
V.34 <i>voiceband</i> <i>módem</i>	Par trenzado / PSTN	TCM/QAM	4 KHz	28.8/ 33.6	-
V.90 <i>voiceband</i> <i>módem</i>	Par trenzado / PSTN	PCM	4 KHz	56 bajada 33.6 subida	-
ISDN	Par trenzado / PSTN	2B1Q	4 KHz	144	5.5
HDSL	Par trenzado / PSTN	2B1Q	1.104 MHz	1544/2048	6
HDSL2	Par trenzado / PSTN	2B1Q	1.104 MHz	1544/2048	7
ADSL	Par trenzado / PSTN	DMT	1.104 MHz	1500-8000 bajada 16-640 subida	6
RADSL	Par trenzado / PSTN	DMT	1.104 MHz	1500-8000 bajada 16-640 subida	6
G.Lite	Par trenzado / PSTN	DMT	1.104 MHz	1500 bajada 512 subida	6
VDSL	Par trenzado / PSTN	DMT	1.104 MHz	13000-52000 bajada 1500-6000 subida	1.5
DOCSIS	Fibra óptica, Cable Coaxial / CATV	QPSK, QAM	6 MHz	27000/36000 bajada 320-10240 subida	~40 Km
IEEE 802.14	Fibra óptica, Cable Coaxial / CATV	QPSK, QAM	6 o 8 MHz	27000/36000 bajada 320-20480 subida	~40 Km