

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D.T.C.H.,

Yo **José Luis Castro Paternina**, identificado con número de cédula 7921668 de la ciudad de Cartagena, autorizo a la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.

JOSÉ LUIS CASTRO PATERNINA

AUTORIZACIÓN

Cartagena de Indias, D.T.C.H.,

Yo **Hernán Emiro Julio Álvarez**, identificado con número de cédula 92601490 de Colosó (Sucre), autorizo a la Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar para hacer uso de mi trabajo de grado y publicarlo en el catálogo online de la Biblioteca.

HERNÁN EMIRO JULIO ÁLVAREZ

Cartagena, Mayo del 2003

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingeniería eléctrica, electrónica y mecatrónica

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

La ciudad

Cordial saludo.

A través de la presente me permito entregar la monografía titulada “**ADSL COMO TECNOLOGÍA DE ÚLTIMO KILÓMETRO EN CARTAGENA**” para su estudio y evaluación, como requisito fundamental para obtener el Título de Ingeniero Electrónico.

Agradecemos de antemano la atención prestada.

Atentamente.

José Luis Castro P.

Codigo: 9704954

Hernan Emiro Julio A.

Codigo: 9604504

Cartagena, Mayo del 2003

Señores:

COMITÉ DE EVALUACIÓN DE PROYECTOS DE GRADO.

Facultad de Ingeniería eléctrica, electrónica y mecatrónica

Corporación Universitaria Tecnológica de Bolívar

La ciudad

Cordial saludo.

A través de la presente me permito hacer presentación ante ustedes de la monografía titulada “**ADSL COMO TECNOLOGÍA DE ÚLTIMO KILÓMETRO EN CARTAGENA**”, la cual fue realizada por los estudiantes JOSÉ LUIS CASTRO P. y HERNÁN EMIRO JULIO A., a quienes asesore en su ejecución.

Cordialmente,

Francisco Jiménez
Ingeniero Electrónico.

**ADSL COMO TECNOLOGÍA DE ÚLTIMO KILÓMETRO EN
CARTAGENA**

JOSÉ LUIS CASTRO

HERNÁN JULIO A.

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE
BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA y
MECATRÓNICA**

CARTAGENA DE INDIAS

2003

**ADSL COMO TECNOLOGÍA DE ÚLTIMO KILÓMETRO EN
CARTAGENA**

JOSÉ LUIS CASTRO

HERNÁN JULIO A.

**Monografía, presentado para optar al título de
Ingeniero Electrónico**

Director

FRANCISCO JIMÉNEZ

Ingeniero Electrónico

**CORPORACIÓN UNIVERSITARIA TECNOLÓGICA DE
BOLÍVAR**

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA y
MECATRÓNICA**

CARTAGENA

2003

Nota de aceptación

Firma de presidente del jurado

Firma del Jurado

Firma del jurado

Cartagena 17 – 06 – 03

CONTENIDO

| | pág. |
|---|------|
| INTRODUCCIÓN | |
| 1. ADSL | 7 |
| 1.1 MODELO DE REFERENCIA DEL SISTEMA ADSL | 7 |
| 1.2 BENEFICIOS Y CAPACIDADES DE ADSL | 12 |
| 1.3 TECNOLOGIA | 13 |
| 1.3.1 FDM | 13 |
| 1.3.2 Cancelación de eco | 14 |
| 1.3.3 G.lite ADSL | 16 |
| 1.4 TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN PARA ADSL | 16 |
| 1.4.1 Codificación CAP | 16 |
| 1.4.2 Codificación DMT | 17 |
| 1.4.3 Diferencias entre CAP y DMT | 17 |
| 1.5 LIMITACIONES DEL ADSL Y MEDICIONES DE ESTAS | 19 |
| 1.5.1 Formas de combatir la ISI | 24 |
| 1.5.2 Regeneración ideal | 24 |

| | |
|--|----|
| 1.5.3 Regeneración lineal vs. no lineal. | 25 |
| 1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE COBRE Y MEDICIONES | 26 |
| 1.6.1 Condiciones de línea para prestar servicio ADSL | 29 |
| 2. ACTUALIDAD ADSL | 30 |
| 2.1 SITUACIÓN MUNDIAL EN EL CRECIMIENTO DE LA DSL DE BANDA ANCHA | 30 |
| 2.2 SITUACIÓN EN COLOMBIA RESPECTO CON ADSL | 31 |
| 2.2.1 Cartagena | 31 |
| 2.2.2 Barranquilla | 35 |
| 2.2.3 Bogota | 35 |
| 2.2.4 Bucaramanga | 37 |
| 2.2.5 San Juan de Pasto | 39 |
| 2.2.6 Telecom | 40 |
| 3. APLICACIONES | 43 |
| 4. DISPOSITIVOS ADSL | 46 |
| 5. ADSL EN CUALQUIER PARTE | 60 |
| 5.1 SOLUCIÓN DE ACCESO SOBREPUESTO | 60 |
| 5.1.1 Multiplexores de acceso remoto | 61 |

| | |
|----------------------------------|----|
| 5.2 SOLUCIÓN DE ACCESO INTEGRADA | 63 |
| 5.2.1 Tarjetas de líneas DLC | 64 |
| CONCLUSIONES | 67 |
| BIBLIOGRAFÍA | 73 |

LISTA DE CUADROS

| | Pág. |
|---|------|
| Cuadro 1. Desempeño de ADSL | 13 |
| Cuadro 2. Diferencias entre CAP y DMT | 19 |
| Cuadro 3. Condiciones de línea para prestar servicio ADSL | 29 |
| Cuadro 4. Total y porcentajes del crecimiento anual de líneas DSL en el mundo | 30 |
| Cuadro 5. Planes y tarifas ofrecidas por ETB | 36 |
| Cuadro 6. Características de los <i>modems</i> Cisco 677 y 605 | 57 |
| Cuadro 7. Tarifas y anchos de banda de distintos medios de acceso a Internet | 71 |

LISTA DE FIGURAS

| | pág. |
|--|------|
| Figura 1. Esquema global de la conexión del DSLAM y <i>Modem</i> DSL | 3 |
| Figura 2. MVLDLDSL | 5 |
| Figura 3. Modelo de referencia del sistema ADSL | 8 |
| Figura 4. Apreciación global de los dispositivos que constituyen el transceptor ADSL | 14 |
| Figura 5. División del ancho de banda por FDM y Cancelación de Eco | 15 |
| Figura 6. Canales de DMT | 18 |
| Figura 7. NEXT y FEXT | 22 |
| Figura 8. Regeneración ideal | 25 |
| Figura 9. Metrodata | 32 |
| Figura 10. Suscriptores ADSL por velocidad de acceso Junio 2002 | 42 |
| Figura 11. Distribución de usuarios según el medio de acceso Junio 2002 | 42 |
| Figura 12. Cisco DSLAM 6130 | 46 |
| Figura 13. Megaplex-2100/2104 <i>Modular Integrated Access Multiplexers</i> de RAD | 47 |

| | |
|--|----|
| Figura 14. SpeedTouch 330 USB ADSL <i>modem</i> de ALCATEL | 48 |
| Figura 15. SpeedTouch 610 / 610i / 610s / 610v | 49 |
| Figura 16. Cisco 6260 DSLAM | 50 |
| Figura 17. Cisco 677 ADSL DMT <i>modem/router</i> | 53 |
| Figura 18. Cisco 605 PCI ADSL <i>modem</i> | 55 |
| Figura 19. Escenario genérico del despliegue RAM | 62 |
| Figura 20. Uso de los puertos del RAM para subtender y crear enlaces de alta velocidad | 63 |
| Figura 21. Modelo de despliegue DSL para tarjetas de línea digital | 65 |

GLOSARIO

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*): la línea de subscritor digital asimétrica es una tecnología de transmisión digital de datos basada en *modem* y cuyo medio físico de transmisión es el par de cobre utilizado por el servicio telefónico tradicional, El término asimétrico se refiere a que la velocidad de transferencia de información que se mueve desde la Internet al computador (*downstream*) es mayor que la velocidad de transferencia de información que se mueve desde el computador hacia la Internet (*upstream*).

ATM (*Asynchronous Transfer Mode*): el modo de transferencia asíncrono es un estándar internacional para *relay* de celdas en el que múltiples tipos de servicios (como por ejemplo, voz, vídeo o datos) se transmiten en celdas de longitud fija (53 bytes). Las celdas de longitud fija permiten que el procesamiento de las celdas se produzca en el hardware, reduciendo así los retrasos de tránsito. ATM se encuentra diseñado para aprovechar los medios de transmisión de alta velocidad como E3 y SDH.

ATU (*ADSL Transceiver Unit*): la unidad de transmisión ADSL se conecta directamente con el par de cobre por lo que codifica y decodifica los datos provenientes de los usuarios o de la oficina central (debe haber uno en cada extremo del lazo de cobre).

Auto-NEXT/Auto-FEXT: se produce cuando se presta un mismo servicio digital desde la

oficina central produciendo interferencia en todos los pares con el mismo servicio.

CAP (*Carrierless Amplitude modulation Phase modulation*): sin portadora de amplitud y fase es una técnica de modulación usada en sistemas ADSL donde la portadora se suprime antes de la transmisión y se reconstruye en el receptor.

CO (*Central Office*): la oficina central es el establecimiento de la compañía telefónica donde todos los lazos subscriptores finalizan, y donde se alojan los equipos de telecomunicaciones de conmutación.

Códigos trellis: decodificados por un algoritmo de Viterbi; precedidos por un interleaver para evitar ráfagas de errores.

DLC (*Digital Loop Carrier*): la portadora de lazo digital es un sistema de telecomunicaciones que conecta la localidad de los clientes desde la oficina central.

DMT (*Discrete MultiTone*): la multiportadora discreta es una técnica de modulación usada en sistemas ADSL.

Downstream: se refiere a la velocidad del flujo de información que se mueve desde la red remota al computador.

DSLAM (DSL Access Multiplexer): el multiplexor de acceso DSL es un mecanismo en la oficina central que multiplexa muchas conexiones DSL a una conexión de gran velocidad.

FEC (Forward Error Correction): la corrección de error hacia delante es usada para asegurar un óptimo desempeño. Se basa en los códigos Reed-Solomon, Códigos trellis y Ganancia de código.

Ganancia de código: aumento equivalente del nivel de una señal sin FEC que tuviera el mismo BER (Tasa de Error de Bit).

G.Lite: G.Lite ADSL es una versión en escala más baja que entrega hasta 1.5 Mbps en *downstream* y 384 Kbps en *upstream*, por lo tanto los precios son más bajos y es más fácil de instalar.

IMA (Inverse Multiplexing for ATM): la multiplexación inversa para ATM es una normativa que explica cómo transportar un flujo de celdas ATM de alta velocidad, de manera transparente para el nivel ATM, distribuyéndolas sobre varios enlaces de baja velocidad, y como reconstruir el flujo original en el extremo remoto de la conexión para ser entregado al nivel superior ATM, que lo procesará normalmente. La especificación IMA permite agrupar hasta 32 enlaces sencillos E1 que pueden unirse formando un grupo IMA, alcanzando una tasa agregada (múltiplo de la tasa de un enlace E1) de hasta unos 64 Mbps, suficiente para dar servicio a la mayoría de las aplicaciones actuales de banda ancha.

ISI (*Inter Symbol Interference*): la interferencia ínter-simbólica sucede cuando los pulsos recibidos son extendidos fuera del tiempo causando que las frecuencias se pierdan y haciendo las decisiones de *bit* imposibles.

NI-2: las tarjetas de interfaz de red de segunda generación se encuentran en los DSLAM Cisco, son controladas por el *software* Cisco IOS, realizan funciones de controladores del sistema y se desempeñan como procesadores centrales, también sirven para subtender otros DSLAM.

POTS (*Plain Old Telephone Service*): el antiguo servicio telefónico sencillo es el servicio telefónico transportado por la PSTN. Fue desarrollado para manejar comunicación de voz teléfono a teléfono.

PSTN (*Public Switched Telephone Network*): la red telefónica pública conmutada es el sistema telefónico normal. Término general que se refiere a la diversidad de redes y servicios telefónicos existentes a nivel mundial. A veces se denomina POTS.

Reed-Solomon: código de corrección de errores, añade n bytes de comprobación que pueden corregir $n/2$ bytes.

Splitter: filtros que separan las señales de alta frecuencia (ADSL) y baja frecuencia (POTS) en el extremo de la red y en el extremo local.

Telecommuters: son teletrabajadores que trabajan en sus casas y luego envían la información a la oficina a través de ADSL.

Upstream: se refiere a la velocidad del flujo de información que se mueve desde un computador a otra red remota.

xDSL: el termino xDSL representa la familia de tecnologías DSL. La “x” de “xDSL” se refiere al miembro específico de la familia de tecnologías DSL. Todos los miembros de la familia xDSL tienen una capacidad única para transmitir información.

RESUMEN

Este es un trabajo de investigación teórico con respecto a la tecnología ADSL, el cual comprende una explicación de las características de las distintas tecnologías xDSL a la cual pertenece ADSL y en lo que tiene que ver con ADSL se detallan los elementos del modelo de referencia del sistema ADSL, el manejo del ancho de banda con las técnicas FDM y Cancelación de Eco, el manejo de las transmisiones con las técnicas CAP y DMT, los beneficios de ADSL, sus capacidades y ventajas con respecto a otras tecnologías. También se muestran las distintas aplicaciones de ADSL, la situación actual de ADSL en ciudades como Bogota, Bucaramanga, San Juan de Pasto, Barranquilla, Cartagena y como se podría masificar el uso de ADSL.

Los objetivos principales de la monografía es explicar técnicamente como funciona ADSL, la actualidad ADSL en Cartagena y como las empresas como COLOMBIATEL o TELE CARTAGENA pueden masificar el servicio de ADSL, los dispositivos ADSL que se pueden utilizar para prestar el servicio en oficina central y en la localidad del cliente. Para ello se realizo una visita en las instalaciones de la empresa Colombiatel, compañía proveedora de telecomunicaciones con sede en Cartagena, y por ultimo mostrar que ADSL es más rentable, eficaz y seguro que otras tecnologías actualmente ofrecidas por distintos proveedores de servicios de Internet en Cartagena (COLOMBIATEL, DETEC S.A., ENRED).

INTRODUCCIÓN

En el ámbito internacional, las primeras instalaciones de esta tecnología se empezaron a hacer en 1998 y desde entonces han crecido a un ritmo acelerado en Norte América, Europa y ahora en Latinoamérica. En los inicios de ADSL (Linea de Subscriptor Digital Asimétrica) se crearon muchos grupos de investigación y Desarrollo, y un primer equipo llevo a CAP (sin portadora de amplitud y fase), después con los años de manera casi simultanea se crearon G.Lite y DMT (Multiportadora Discreta), quedando actualmente DMT como el mas utilizado, pero es el mas costoso de implementar, pues requiere mayor integración a nivel de *chips*.

Según NORTEL NETWORKS con el advenimiento y crecimiento dramático de redes de datos digitales, hay una competencia dramática para proporcionar alto ancho de banda, conectividad omnipresente. Ya no hay ninguna pregunta sobre si hay un mercado y necesita para el tal conectividad, pero como el número de casas en línea crece exponencialmente, la pregunta es cómo satisfacer las demandas rentablemente para el ancho de banda aumentado.

Varias veces en la última década, tecnologías (fibra a la casa, la fibra coaxial híbrida) han ofrecido el ancho de banda aumentado por causa de la actualización técnica, pero falló debido a una falta de aplicaciones. Hoy el crecimiento de aplicaciones de datos, como el

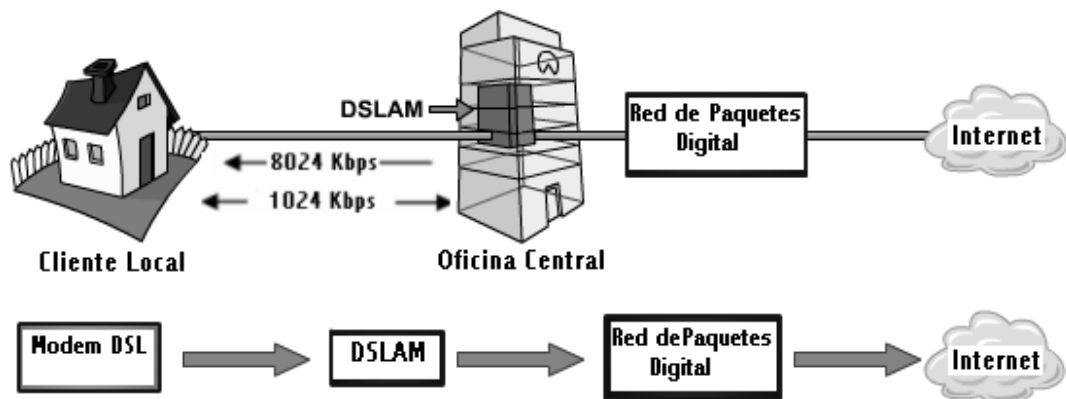
tráfico de Internet IP conduce en el avance para traer tasas de datos de megabit en el lazo local (par trenzado de cobre). Las tecnologías del xDSL son una solución a este problema. En los últimos 100 años, los proveedores de telecomunicaciones del mundo han construido una infraestructura enorme basada en el alambre de cobre. Mientras ha habido mucha discusión acerca de reemplazar las líneas de cobre con fibra óptica o cable coaxial, y mucho progreso haciendo los medios de transmisión e interfaces menos caras, el costo y el tiempo necesario asociados con instalar nuevos medios de transmisión para evitar la planta de cable de cobre existente se dominan por el proceso de la instalación misma. Por consiguiente, los servicios más rentables intentarán hacer el uso óptimo de los centenares de billones de dólares ya invertidos en la instalación de cable de cobre alrededor del mundo.

El termino xDSL representa la familia de tecnologías DSL. La “x” de “xDSL” se refiere al miembro específico de la familia de tecnologías DSL. Todos los miembros de la familia xDSL tienen una capacidad única para transmitir información, también como algunas limitaciones en el servicio debido a la distancia del usuario desde la oficina central (CO). A continuación se dan a conocer la gran mayoría de los miembros de la familia de tecnologías DSL.

ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*) es única porque los datos digitales de alta velocidad pueden coexistir con el POTS (antiguo servicio telefónico sencillo) en la línea telefónica. La conversión de una línea POTS a una ADSL es llevada a cabo utilizando *splitters* POTS, localizados en cada extremo del lazo de abonado (una en la residencia del

cliente y otro en la CO). El término asimétrico se refiere a que la velocidad de transferencia de información que se mueve desde la Internet al computador (*downstream*) es mayor que la velocidad de transferencia de información que se mueve desde el computador hacia la Internet (*upstream*). A continuación en la figura 1 se muestra un esquema global de la conexión del DSLAM (Multiplexor de acceso DSL) y *Modem DSL*

Figura 1. Esquema global de la conexión del DSLAM y *Modem DSL*



El DSLAM es un mecanismo en la oficina central que enlaza muchas conexiones DSL (tanto residenciales como corporativos, asignando un puerto en el DSLAM por cada uno de sus clientes con la posibilidad de ampliar la capacidad de los puertos a medida que estos son asignados) a una sola línea de alta velocidad. La Red de Paquetes Digital esta compuesta de dispositivos Ethernet, *switches* ATM y *routers* IP.

La Línea de abonado Digital asimétrica (ADSL), una tecnología de *modem*, convierte las líneas telefónicas de par trenzado existentes en los caminos de acceso para multimedia y

comunicaciones de datos de gran velocidad. ADSL puede transmitir a 8024.Kbps a un suscriptor, y tanto como 1024 Kbps en ambas direcciones. Tales proporciones extienden la capacidad de acceso existente por un factor de 50 o más sin nuevo cableado.

SDSL (*Single-line DSL*) a diferencia de ADSL, SDSL no soporta datos digitales y voz sobre el mismo par de cobre, solamente datos digitales. La velocidad de transmisión de SDSL es 1.544 Mbps tanto en *downstream* como *upstream*. Tiene una limitación de distancia de menos de 3 Km de la CO (Oficina Central).

RADSL (*Rate-adaptive DSL*) y ADSL tienen las mismas tasas de transmisión, *downstream* y *upstream*. Permite transmisiones de datos asimétricas y simétricas y soporta POTS (*Plain Old Telephone Service*). RADSL difiere de ADSL porque permite una adaptación automática de la velocidad. Con adaptación automática de la velocidad las tasas de transmisión de datos se ajustan automáticamente a limitaciones tales como las condiciones de la línea y a la barrera de la longitud del par de cobre.

VDSL (*Very-high-bit-rate DSL*) es una ultra alta velocidad xDSL. VDSL es una tecnología asimétrica que soporta POTS. VDSL es sensitiva a la distancia y puede ser usada solo en sitios que están a menos de 1.6 Km de la CO. Entre más cerca este el sitio, más alta será la transmisión de datos, mas de 51 Mbps.

MVLDL (*Multiple Virtual Lines DSL*) a diferencia de ADSL, MVLDL es una tecnología basada en *Modem* que no requiere el uso de *splitters*. Los *modems* pueden ser

conectados al *jack* telefónico del usuario, interconectando los computadores dentro del sitio permitiendo transferencias de datos de *modem* a *modem* (ver figura 2). Las empresas consideran que la tecnología MVLDLDSL es capaz de cumplir las necesidades de un multiusuario, redes de comunicación de alta velocidad.

Figura 2. MVLDLDSL



IDSL (*Integrated Services Digital Network DSL* o *ISDN DSL*) *ISDN* (red digital de servicios integrado) en combinación con *DSL* crean la tecnología *IDSL*. *IDSL* usa el *hardware* de interfaz de tasa básica (*ISDN - BRI*). La transmisión de datos es simétrica con el *hardware* *ISDN - BRI*. Una diferencia entre las dos tecnologías es que *ISDN* usa la red telefónica pública conmutada (*PSTN*), mientras que *IDSL* no. *IDSL* se conecta a la red de datos de paquetes, eliminando el costo en los equipos de red *PSTN*. Las señales de voces no están soportadas por la tecnología *IDSL*. *IDSL* habilita transmisiones de datos simétricas con velocidades de más de 144 Kbps.

IDSL es sensitivo a la distancia pero puede tomar ventaja del *hardware* *ISDN - BRI* tal como el uso de repetidores que permiten distancias de 8 Km o más. La conexión a la red de paquetes le ahorra dinero al cliente ya que elimina el cargo por acceso telefónico. Las

desventajas de la tecnología IDSL son que las velocidades de transmisión de datos no cambian sobre lazos de abonado cortos o largos debido al diseño del sistema de código de línea, y que los datos y voz no pueden coexistir en una línea IDSL.

HDSL (*high-bit-rate DSL*) Las compañías telefónicas han usado a HDSL como el *backbone* de las líneas T1 por muchos años. La tecnología HDSL ha incrementado su capacidad y confiabilidad para la transmisión digital. El lazo HDSL consiste en dos pares de alambres trenzados. Como SDSL, HDSL es una tecnología simétrica que no soporta POTS. Proporciona velocidades de más de 1.544 Mbps.

La ITU (Unión Internacional de Telecomunicaciones) ha aprobado la tecnología HDSL mejorada. HDSL-2 necesita solo un par trenzado con mas de 5.5 Km. Debido al mejoramiento hecho en la estructura del servicio T1, HDSL-2 decrementa el costo de uso.

Los objetivos principales de la monografía es explicar técnicamente como funciona ADSL, la actualidad ADSL en Cartagena y como las empresas como COLOMBIATEL o TELE CARTAGENA pueden masificar el servicio de ADSL, los dispositivos ADSL que se pueden utilizar para prestar el servicio en oficina central y en la localidad del cliente. Para ello se realizo una visita en las instalaciones de la empresa Colombiatel, compañía proveedora de telecomunicaciones con sede en Cartagena, y por ultimo mostrar que ADSL es más rentable, eficaz y seguro que otras tecnologías actualmente ofrecidas por distintos proveedores de servicios de Internet en Cartagena (COLOMBIATEL, DETEC S.A., ENRED)

1. ADSL

ADSL es Ideal para el mercado residencial y corporativo por su condición asimétrica, la cual ofrece una mayor tasa de transmisión de información en dirección *downstream* (velocidad de bajada) que en dirección *upstream* (velocidad de subida). Esta diferencia se debe a que la cantidad de información que se obtiene de Internet al ingresar a un sitio Web o al utilizar una aplicación en la red, es mayor que la cantidad de información que exigen los servidores para mostrar las páginas o para enviar un correo electrónico. Una característica de ADSL es que obvia la conversión digital - analógica que los *modems* tradicionales realizan para conectarse con el Proveedor de Servicios de Internet (ISP por sus siglas en inglés), y conecta ambos extremos de forma digital. Por lo tanto, se obtiene un mayor ancho de banda que permite velocidades mayores de las que normalmente se logran.

1.1 MODELO DE REFERENCIA DEL SISTEMA ADSL

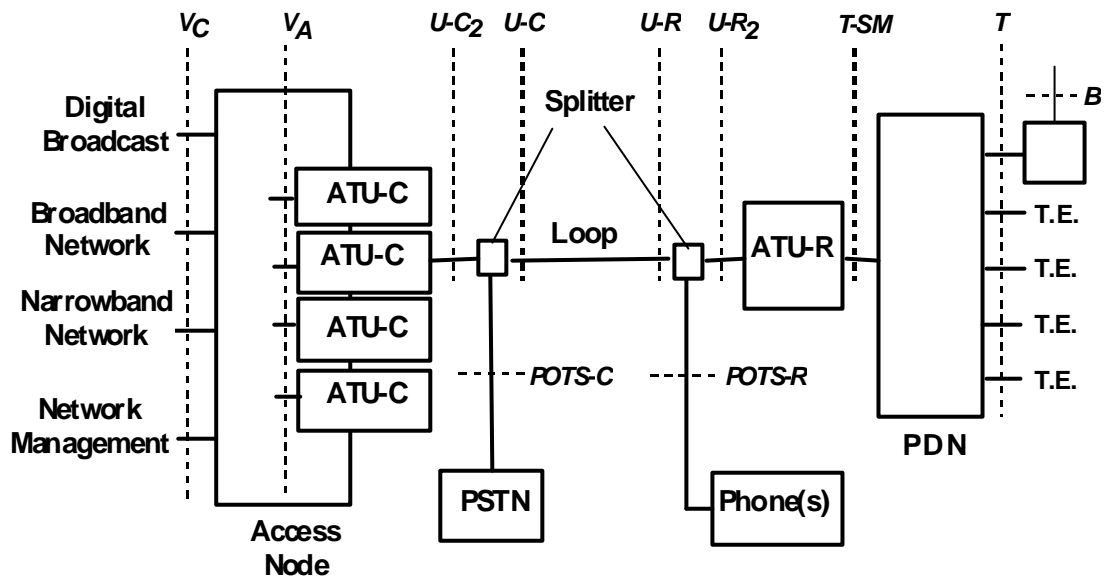
El modelo de referencia del sistema ADSL se muestra en la figura 3 con todas sus interfaces y módulos, a continuación se explican cada una de ellas.

ATU-C: unidad de transmisión ADSL en el extremo de la red. El ATU-C puede estar integrado dentro del *Access Node*. En el ATU-C los datos son convertidos a unidades analógicas. Estas son transportadas junto a señales telefónicas convencionales (POTS)

hacia el terminal remoto. Además ATU-C recibe y decodifica los datos provenientes de los usuarios, enviados por el transceptor remoto (ATU-R).

ATU-R: unidad de transmisión ADSL en el extremo local del cliente. El ATU-R puede estar integrado dentro de el SM (Modulo de Servicio).

Figura 3. Modelo de referencia del sistema ADSL



Fuente: DSL Forum. *Technical Report* TR-001. 1996. Disponible desde Internet: www.dslforum.org

Access Node (Nodo de Acceso): punto de concentración para datos de banda ancha y banda angosta (DSLAM). El Node de Acceso puede estar localizado en la oficina central o en un sitio remoto, desde donde se distribuyen los cables de cobre hasta los abonados. Los nodos

de acceso DSL son alimentados por enlaces de transmisión (E1, E3, STM1, etc.) vía fibra óptica hasta nodos de mayor jerarquía de la red de datos (conmutadores ATM) utilizando protocolo ATM principalmente.

B: entrada de datos auxiliar (tal como una alimentación satelital) a un SM.

Digital Broadcast: entrada de datos de banda ancha en modo *simplex* (típicamente transmisión de video).

Broadband Network (Red de Banda Ancha): sistema de conmutación para tasas de datos por encima de 1.5/2.0 Mbps.

Loop (Lazo de par trenzado): línea telefónica de par trenzado de cobre.

Narrowband Network (Red de Banda Angosta): sistema de conmutación para tasas de datos a 1.5/2.0 Mbps o por debajo de estas.

POTS-C: interfaz entre la PSTN y el splitter en el POTS en el extremo de la red.

POTS-R: interfaz entre los teléfonos y el splitter en el POTS en el extremo local.

PDN (Red de Distribución Local): sistema Para conectar el ATU-R al SM. Puede ser punto a punto o multipunto; puede ser alambrado pasivo o una red activa. La topología

multipunto puede ser bus o estrella, generalmente es una LAN (Red de Área Local) compuesta con dispositivos Ethernet como *Hubs*, *Switches* y *Routers*.

PSTN: Red Telefónica Pública Conmutada.

SM (Modulo de Servicio): ejecuta las funciones de adaptación terminal. Los ejemplos son los conjuntos de cajas de cabeza, interfaces PC, o *routers* LAN.

Splitter: filtros que separan las señales de alta frecuencia (ADSL) y baja frecuencia (POTS) en el extremo de la red y en el extremo local. El *splitter* puede estar Integrado dentro del ATU, estar físicamente separado del ATU, o dividido entre pasa alto y pasa bajo, con la función pasa bajo físicamente separado del ATU. La mayoría de los DSLAMs traen incorporado los *splitters*, tal como veremos cuando se describa la Red de ADSL en Cartagena y los dispositivos que la conforman.

T-SM: interfaz entre el ATU-R y el PDN. Puede ser la misma T cuando la red es un alambrado pasivo punto a punto. Un ATU-R puede tener más de un tipo de interfaz T-SM implementada (Por ejemplo, una conexión E1 y una conexión Ethernet). La interfaz T-SM puede estar integrada dentro del SM.

T: interfaz entre el PDN y el SM. Puede ser la misma T-SM cuando la red es un alambrado pasivo punto a punto. Nota que la interfaz T puede desaparecer a nivel físico cuando el ATU-R esta integrado dentro del SM.

U-C: interfaz entre el lazo y el *Splitter* del POTS en el lado de la red definiendo ambas Interfaces de lazo separadamente, surge debido a la asimetría de las señales en la línea.

U-C₂: interfaz entre el *Splitter* del POTS y el ATU-C.

U-R: interfaz entre el lazo y el *Splitter* del POTS en el lado local.

U-R₂: interfaz entre el *Splitter* del POTS y el ATU-R.

V_A: interfaz lógica entre el ATU-C y el *Access Node*. Como esta interfaz estará a menudo dentro de los circuitos de una tarjeta común, el Foro de ADSL no considera las interfaces de VA físicas. La interfaz de V puede contener STM (Modo de Transferencia Síncrona), ATM (Modo de Transferencia Asíncrona), o los dos modos de transferencia. En el caso primitivo de conexión punto a punto entre un puerto conmutador y un ATU-C (es decir, un caso sin concentración o multiplexación), entonces las interfaces VA y VC se vuelven idénticas (alternativamente, la interfaz de VA desaparece).

V_C: interfaz entre el *Access Node* y la red. Puede tener múltiples conexiones físicas (como es mostrado) aunque también puede llevar todas las señales por una sola conexión física. Una facilidad de la portadora digital (por ejemplo, SONET (Red Óptica Síncrona) o extensión de SDH (Jerarquía Digital Síncrona)) puede interponerse a la interfaz VC cuando se localizan el nodo de acceso y las ATU-Cs en un sitio remoto. La interfaz a la PSTN

puede ser una interfaz universal *tip-ring* (nombre que reciben cada uno de los alambres de cobre del lazo de abonado) o una interfaz telefónica multiplexada. El segmento de la banda ancha de la interfaz VC puede ser conmutación STM, conmutación ATM, o conexiones de tipo de línea privada.

1.2 BENEFICIOS Y CAPACIDADES DE ADSL

- Internet simultáneo y capacidades del voz/fax encima de una sola línea telefónica
- Acceso de Internet no interrumpido, de gran velocidad que siempre está en línea
- Solución rentable para los clientes residenciales, *telecommuters* y negocios pequeños
- Seguridad en los datos que excede a otras tecnologías

Las velocidades de datos *downstream* dependen de varios factores, incluyendo la longitud de la línea de cobre, su calibre, la presencia de puentes de derivación, e interferencia electromagnética debido al *crosstalk* (todos estos factores se explicarán más adelante). La atenuación de la línea aumenta con la longitud de la línea y la frecuencia, y disminuye con los aumentos de diámetro del alambre. Ignorando los puentes de derivación, ADSL se desempeñará como se muestra en el cuadro 1¹. Colombiatel, compañía proveedora de telecomunicaciones con sede en Cartagena, ofrece velocidades desde 128 Kbps hasta 8 Mbps dependiendo de la longitud del par de cobre y de otros factores que se explicarán más adelante.

¹ DSL Forum, Digital Subscriber Line [online]. 2001. Disponible desde Internet: www.dslforum.org

Cuadro 1. Desempeño de ADSL

| Velocidades | Calibre | Distancia |
|--------------|-----------------|-----------|
| 1.5 o 2 Mbps | 24 AWG (0.5 mm) | 5.5 Km |
| 1.5 o 2 Mbps | 26 AWG (0.4 mm) | 4.6 Km |
| 6.1 Mbps | 24 AWG | 3.7 Km |
| 6.1 Mbps | 24 AWG | 2.7 Km |

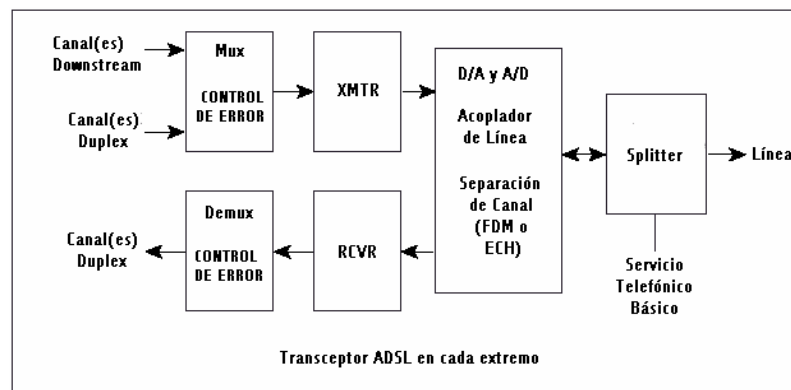
1.3 TECNOLOGIA

Según DSL Forum, ADSL depende en el procesamiento digital de señales avanzado y en algoritmos para comprimir la tanta información a través de las líneas telefónicas. Además, se han requerido muchos adelantos en los transformadores, filtros analógicos, y conversores A/D. Las líneas telefónicas largas pueden atenuar las señales a un megahertz (el borde exterior de la banda usado por ADSL) por tanto como 90 dB, forzando a las secciones análogas de los *modems* ADSL a trabajar muy duro para comprender los grandes rangos dinámicos, separar los canales, y mantener las cifras de ruido bajas. A continuación se explican los 2 métodos que usan los *modems* ADSL para dividir el ancho de banda disponible del par de cobre.

1.3.1 FDM (Multiplexación por División de Frecuencia). Para crear múltiples canales, los *modems* de ADSL dividen el ancho de banda disponible de una línea telefónica en una de dos maneras -- FDM o Cancelación de Eco. FDM asigna una banda para *upstream* (30-

138 KHz) y otra banda para *downstream* (160-1.104 KHz), algunas compañías telefónicas prefieren este formato debido a su mitigación del auto-NEXT (el auto-NEXT se produce cuando se presta un mismo servicio digital desde la oficina central produciendo interferencia en todos los pares con el mismo servicio). El *downstream* es entonces dividido con multiplexación por división de tiempo (TDM) en uno o más canales de alta velocidad y uno o más canales de baja velocidad. El *upstream* también es multiplexado por TDM en los correspondientes canales de baja velocidad. A continuación en la figura 4 se muestra el esquema del transceptor ADSL y la localización del proceso FDM y Cancelación de eco.

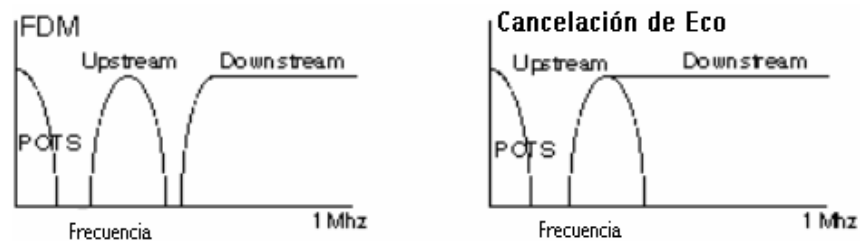
Figura 4. Apreciación global de los dispositivos que constituyen el transceptor ADSL



1.3.2 Cancelación de Eco. La Cancelación de eco asigna la banda *upstream* para traslaparse a la banda *downstream*, ósea, ambas son enviadas en las mismas frecuencias, y separa los dos por medio de la cancelación de eco local, una técnica bien conocida en *modems* V.32 y V.34. Con cualquier técnica, ADSL separa la región de 4 kHz para los POTS en el extremo DC de la banda con *splitters*. La ventaja de cancelación de eco es que

las señales son mantenidas en las frecuencias más bajas posibles (ya que las pérdidas del cable y ruido por diafonía aumentan con la frecuencia y la distancia) y por consiguiente se logra una mayor distancia del cable para una velocidad de datos dada. De cualquier modo la cancelación de eco es más complicada pero reduce la complejidad de los filtros requeridos en el extremo análogo, y evita el ISI (interferencia íter-simbólica) causado por los filtros abruptos de separación de banda. En la figura 5 que sigue a continuación se describe como realizan FDM y Cancelación de eco la división del ancho de banda.

Figura 5. División del ancho de banda por FDM y Cancelación de Eco



Un *modem* de ADSL organiza el flujo de datos agregado creado por la multiplexación junta de los canales downstream, canales *duplex*, y los canales de mantenimiento en bloques, y adjunta un código de corrección de error (FEC (*Forward Error Correction*)) a cada bloque. FEC (*Forward Error Correction*)

El receptor entonces corrige los errores que ocurren durante la transmisión arriba de los límites implicados por el código y la longitud de bloque. La unidad puede, a la opción de los usuarios, también crear superbloques entrelazando los datos dentro de subbloques; esto

le permite al receptor corregir cualquier combinación de errores dentro de un rango específico de bits. Esto permite una transmisión eficaz de tanto datos como señales de video.

1.3.3 G.Lite ADSL. G.Lite ADSL es una versión en escala más baja que entrega hasta 1.5 Mbps en *downstream* y 384 Kbps en *upstream*, por lo tanto los precios son más bajos y es más fácil de instalar.

1.4 TÉCNICAS DE TRANSMISIÓN PARA ADSL

1.4.1 Codificación CAP (*Carrierless amplitude/phase*). Es una modulación pasa banda bidimensional similar a QAM (QAM permite un canal de transmisión POTS y un canal *upstream* con *downstream* separados usando la técnica de multiplexación por división de frecuencia (FDM)), donde los componentes de seno y coseno son modulados independientemente. El sistema CAP ADSL consiste de un canal *downstream* y un canal *upstream*, con un transmisor y un receptor para cada canal (ATU-C y ATU-R). La portadora se suprime antes de la transmisión (no contiene la información, y puede reconstruirse en el receptor).

El sistema inicial CAP para ADSL el cual se llevó a cabo bajo el liderazgo de Bellcore implementó una sola velocidad de transmisión *downstream* de 1.5 Mbps y una tasa *upstream* de 64 Kbps. El último CAP propuesto es de una tasa adaptativa, desde 640 Kbps

a 8192 Kbps en la dirección *downstream* y desde 272 Kbps a 1088 Kbps en la dirección *upstream*.

1.4.2 Codificación DMT. Esta técnica divide un canal dentro de numerosos subcanales y transmite datos en cada uno. Teóricamente esta técnica se ha considerado como un código óptimo, pero no había sido implementada debido a los costos de los transceptores y los problemas de estabilidad con circuitos análogos. A comienzos de 1980 se mostró que múltiples canales podrían obtenerse con técnicas digitales usando la transformada rápida de Fourier (FFT), dando lugar a DMT (*Discrete MultiTone*), la versión de multiportadora usada en ADSL.

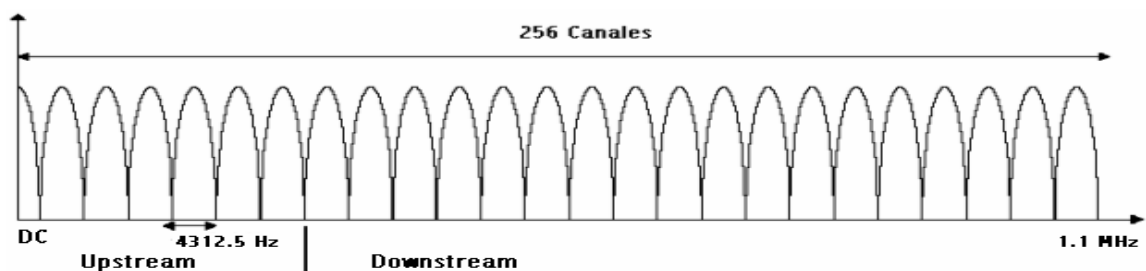
Para ADSL (T1.413), DMT es un sistema con 256 portadoras (o subcanales de los cuales 32 están en *upstream*) separadas por un espacio de 4.3125 kHz cada una usando modulación QAM (vea figura 6), asignándole más bits a los tonos que mejor se propagan (según el perfil de la razón señal a ruido de la línea, hasta 15 bits por portadora) y anulando las portadoras que tienen muy baja respuesta (ósea que, evita interferencia aislando en partes el espectro simplemente por el reasignamiento de bits). Es decir el DMT se ajusta a las condiciones y características de la línea dando una transmisión robusta sin alterar el espectro de transmisión.

1.4.3 Diferencias entre CAP y DMT. ADSL DMT y CAP usan esquemas de frecuencia similares, de manera que sus desempeños son semejantemente. La mayoría de las

diferencias realmente no son las diferencias en los códigos de línea, sino diferencias en las aplicaciones o comercialización del producto.

CAP inherentemente usará menos potencia análoga que DMT ya que produce señales con picos de voltajes más bajos para la misma potencia promedio. Con *drivers* eficientes, esta diferencia ha sido recientemente minimizada. CAP usa señales con una alta razón de baudios, como opuesto al bloque de modulación FFT de DMT con una tasa lenta de 4 kHz, así CAP tiene una latencia inherentemente más baja que DMT.

Figura 6. Canales de DMT



Por otro lado, DMT es de velocidades variables y no necesita alterar su espectro de transmisión. Las señales CAP generalmente necesitan alterar su tasa de baudio y por lo tanto cambiar su espectro de transmisión (los cambios de velocidades bastos pueden ser logrados alterando los bits/símbolos). Al cambiar el espectro se altera el desempeño y características de compatibilidad de la modulación. DMT también es más ágil en frecuencia debido a su habilidad de reasignar bits independiente del espectro (En el cuadro 2 se

resumen las diferencias entre CAP y DMT). De cualquier modo, DMT tiene un mejor futuro que CAP debido a su estandarización².

² DSL Forum, xDSL Tutorial [online]. 2000. Disponible desde Internet: www.dslforum.org

Cuadro 2. Diferencias entre CAP y DMT

| CAP | DMT |
|-----------------------------------|---------------------------------|
| menos potencia análoga | mas potencia análoga |
| menor latencia (µseg) | mayor latencia (mseg) |
| menos flexibilidad en velocidades | velocidades variables |
| esquema de frecuencia fija | frecuencia ágil |
| mayor experiencia de campo | menos experiencia de campo |
| una sola fuente de tecnología | múltiples fuentes de tecnología |
| no estandarizado | Estándar ANSI (T1.413-1995) |

1.5 LIMITACIONES DEL ADSL Y MEDICIONES DE ESTAS

Longitud: la longitud del par de cobre es una limitación debido a las pérdidas propias del alambre (también se pueden producir pérdidas debido a cortes en el cable, baja calidad del cable o ingreso de agua (humedad)). Entre mas largo el cable las perdidas serán mayores provocando tasas de transmisión mas bajas. La medida de la capacitancia en uno de los extremos puede proporcionar una determinación rápida, exacta y barata de la longitud del lazo, incluyendo puentes con derivaciones. La longitud también puede ser determinada usando una medida de resistencia, pero este método es raramente usado ya que se requiere insertar un corto circuito entre el *tip* y el *ring* (nombre que reciben cada uno de los alambre de cobre del lazo de abonado).

Puentes con derivaciones (*Bridged Taps*): presentan un problema potencial para los servicios de xDSL. Estos Puentes son longitudes de alambre abierto que se conectan en paralelo con el lazo y luego se deja el cable inservible atado al lazo. Los *Bridged taps* pueden existir entre la oficina central y el cliente, o puede extenderse más allá del cliente. El efecto negativo de estos *Bridged taps* en el servicio de xDSL se relaciona directamente con la localización, longitud, y calibre del alambre; el tipo de servicio xDSL que se despliega; y las frecuencias usadas por el servicio.

Un dispositivo de comprobación se exige para descubrir la longitud y localización de puentes. El Reflectómetro en el Dominio del Tiempo (TDR) es uno de muchos dispositivos de prueba disponible para determinar la longitud y localización de puentes conectados. Corto circuitos, circuitos abiertos y bobinas de carga también pueden localizarse usando el TDR.

Diafonía y ruido: los estiramientos largos del cable que corre lado a lado con otros cables son susceptibles a la diafonía. Hasta que punto la diafonía es un problema es dependiente en muchos factores, algunos de los cuales son el número, potencia y tipo de las fuentes de diafonía, (algunos servicios digitales como E1 o RDSI son incompatibles espectralmente con ADSL), la susceptibilidad del receptor a la diafonía, la distancia que separa la fuente del receptor, y hasta que punto las frecuencias de la fuente y sus armónicos se solapan con las frecuencias de transmisión del receptor. Cuando estas fuentes de diafonía se combinan con otras fuentes de ruido el ruido efectivo puede elevarse al punto dónde la transmisión se vuelve mas lenta o incluso se detiene.

Estas fuentes de ruido, y sus efectos en la transmisión de xDSL, pueden observarse usando un analizador de espectro con un ancho de banda de hasta 1.6 MHz. Luego de tener la medida hecha se hace una comparación con las máscaras establecidas en la recomendación ITU-T G.996.1 (Métodos de prueba para sistemas ADSL) en su numeral 7. Como con el TDR (Reflectómetro en el Dominio del Tiempo), el analizador del espectro puede proporcionar mucha información al ojo entrenado. Sino existe ese entrenamiento, sistemas que tienen *software* de análisis incorporado son críticos para determinar cuando y donde las interferencias existen y así dar el mantenimiento para la reparación y eliminación de las interferencias (debido a motores eléctricos AC, emisiones de radio AM, teléfonos análogos celular, Radio aficionado, apertura y cierre de contactos en la central telefónica (ruido impulsivo)).

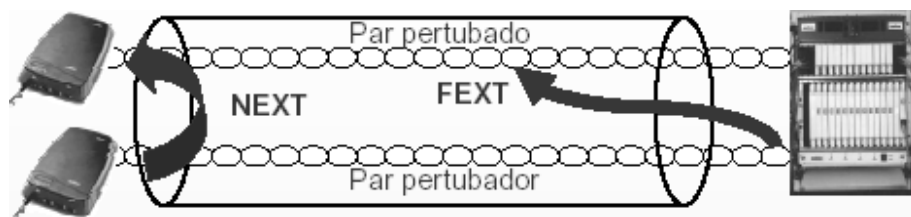
Las mediciones de ruido impulsivo son realizadas con muestreos en períodos de tiempo (en el orden de los milisegundos) y en tres niveles de potencia (bajo, medio y alto). En la recomendación ITU-T M.1020 numeral 2.6 (esta recomendación proporciona las características de un circuito, especialmente aplicable para el uso de *modems* sin ecualizador, para la transmisión de tasas de datos mas altas que aquéllas que normalmente se logran en los circuitos de tipo telefónico) y la Recomendación ITU-T. O.71 se muestran los valores para redes de transmisión digital. El resultado de esta medición es el número de pulsos encontrados en cada uno de los tres niveles de potencia en un determinado periodo de medición.

Si existiese un balance perfecto de capacitancia entre cada cable en el par, cosa que no es posible en este mundo real, El ruido resultante final sería de CERO.

NEXT (*Near-End Crosstalk*): perturbadores que transmiten en el mismo extremo del cable donde esta el receptor (ver figura 7). Básicamente, la mayoría de la diafonía entre los pares viene de aproximadamente 6 pares. Así, es posible, pero sumamente improbable (1 en aproximadamente 14 millones) que 6 perturbadores en una cubierta de 50 pares puedan ser tan malos como todos los 49.

FEXT (*Far-End Crosstalk*): perturbadores que transmiten en el extremo opuesto del cable donde esta el receptor (ver figura 7). Además de este acoplamiento, FEXT es atenuada por las mismas pérdidas de transmisión del cable usado por la señal. El FEXT acoplado debe pasarse a través de la función de transferencia de la línea, entonces el ruido FEXT comprende la misma pérdida que la señal hace cuando el recorrido se aumenta. Como resultado, FEXT es típicamente mucho menos desastroso que NEXT. Esto es particularmente verdad en recorridos largos.

Figura 7. NEXT y FEXT



Es frecuente que el uso de un mismo código de línea (2B1Q, CAP, DMT, etc.) produzca auto-NEXT o auto-FEXT, pues este tipo de perturbaciones se presentan cuando un mismo tipo de servicio se presta desde la central. Otra perturbación es ocasionada por los servicios de transmisión de datos puestos sobre el mismo multipar, por ejemplo, si en un multipar de 25 pares se encuentran servicios RDSI, HDSL o E1, ya que estos son espectralmente incompatibles con ADSL³.

³ DSL Forum, Ibid.

Interferencia ínter simbólica (ISI): los pulsos recibidos son a menudo extendidos fuera del tiempo causando que las frecuencias se pierden o se atenúen por la forma en que cambia el canal la forma de la onda. Si la extensión en el tiempo es mayor que el reloj de la señal, los pulsos pueden solaparse en el receptor. ISI disminuye la separación entre los niveles de señal (“cierra el ojo”) provocando menos tolerancia al ruido y tasas de datos más bajas (menos niveles de señal posible).

Las características de pérdida muy inclinadas de los cables en el lazo local introducen una distorsión sustancial en las señales recibidas. Generalmente en la transmisión xDSL, los pulsos son inidentificables sin regeneración, debido a la interferencia de pulso a pulso. Típicamente muchos centenares de pulsos interferirán, ya que la red telefónica se diseñó para funcionar a 4000 Hz (voz) y xDSL pueden usar frecuencias de 400,000 Hz. Cuando las señales interfieren en los instantes de muestreo, la interferencia Intersimbólica (ISI) ocurre. ISI reduce (o completamente oculta) la separación entre los niveles de señalización,

haciendo las decisiones de *bit* imposibles. Esto baja las tasas de datos debido a que reduce el número de niveles de señalización o porque obliga a unas tasas de pulsos más lentas.

1.5.1 Formas de combatir la ISI. A continuación se enumeran las técnicas.

1) Pulsos lentos: necesariamente no significa tasas de datos bajas (si envías muchos pulsos por bit). Pulsos complicados pueden llevar muchos bits/pulsos. DMT usa este acercamiento en la transmisión ADSL, bastante eficazmente. Sin embargo, el proceso necesariamente involucra el uso de un número grande de bits almacenados en buffer en cada símbolo, lo cual añade latencia (retraso de extremo a extremo) a la transmisión.

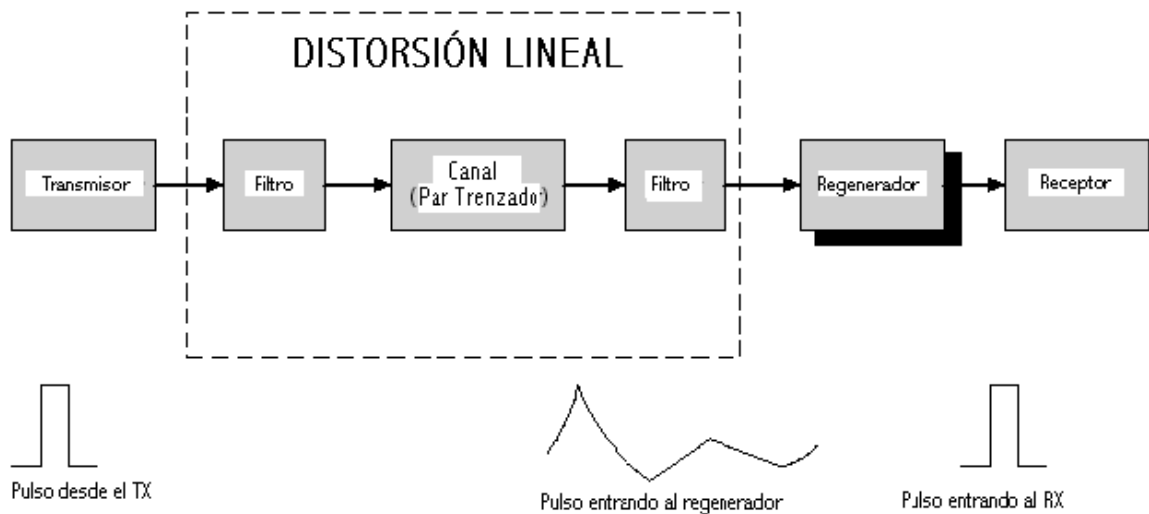
2) Señales rápidas y uso de (uno o en combinación):

- Compensación o regeneración lineal (Técnicas como la compensación pueden limpiar las señales en los instantes de muestreo y pueden permitir tasas de comunicación más grandes sin tal latencia)
- Decisiones de regeneración realimentadas (DFE)
- Estimación en serie

1.5.2 Regeneración ideal. Los regeneradores de alto rendimiento se encuentran en el corazón de todos los sistemas xDSL; pero muchos usan una combinación de técnicas como los pulsos lentos en DMT combinados con la regeneración lineal, en ADSL, o estimación en serie (código trellis) combinado con decisiones de regeneración realimentadas

(precodificación Tomlinson) en HDSL2. A continuación en la figura 8 se presenta la regeneración ideal.

Figura 8. Regeneración ideal



La combinación de los filtros (en el Tx y Rx) y el canal de par trenzado introducen una distorsión lineal, y ya que la distorsión de la señal es una combinación lineal de los pulsos transmitidos, con un modelo apropiado, se puede regenerar. Por supuesto que el ruido del canal (diafonía), también pasa a través del regenerador, y restaura la señal sin aumentar el contenido del ruido aditivo, lo cual es uno de los desafíos principales de la regeneración.

1.5.3 Regeneración lineal vs. no lineal. En la regeneración lineal la señal y el ruido ven el mismo filtro y el ruido puede ser “mejorado” por filtros. En la regeneración no lineal la no linealidad separa la señal y el ruido, la señal puede regenerarse sin realzar al ruido y el

ruido puede ser minimizado sin afectar la señal. Decisiones de regeneración realimentadas (DFE) es la forma mas común.

DFE es un ejemplo de regeneración no lineal. El mecanismo de decisión (el que separa la señal del ruido) determina cuál de los cuatro niveles fue transmitido y entonces realimenta la decisión a través de un filtro diseñado para emparejar la distorsión del canal. Esta distorsión modelada es entonces substraída del próximo pulso recibido. Como la señal y el ruido recibido ven diferentes funciones de transferencia - sólo la señal deseada ve el filtro de realimentación del DFE (Decisiones de regeneración realimentadas).

En contraste, en la regeneración lineal convencional la señal y el ruido ven el mismo filtro regenerador, y el ruido puede ser “mejorado” por la naturaleza del pasa alto del filtro regenerador. Los sistemas xDSL típicamente usan una combinación de regeneración lineal y no lineal para lograr el buen desempeño.

1.6 CARACTERÍSTICAS DE LA RED DE COBRE Y MEDICIONES

Con el fin de maximizar la calidad del enlace xDSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre y evaluar su aplicabilidad al xDSL específico. Algunos de los parámetros importantes se mencionan a continuación.

1. Continuidad, Impedancia (resistencia del *loop*, aislamiento y capacitancia)
2. Voltaje AC y DC inducido en la línea

3. Balance longitudinal de impedancias
4. Pérdida de retorno, pérdidas por inserción
5. Diafonía NEXT (Extremo cercano, *Near End Crosstalk*) y FEXT (Extremo lejano, *Far End Crosstalk*)
6. Longitud del cable, detección de empalmes, bobinas de carga y presencia de agua.
7. Atenuación, dependiendo de la aplicación.
8. Ruido en banda ancha, ruido impulsivo, relación señal a ruido, según la aplicación.
9. Medición de la velocidad máxima y efectiva de transmisión del xDSL.
10. Medición de la tasa de error de bit (BER) del enlace xDSL.

De los parámetros primarios (resistencia, capacitancia, inductancia y conductancia) es posible derivar los parámetros secundarios: impedancia característica, atenuación, constante de propagación y constante de fase. Por su constitución más compleja, estos parámetros proporcionan una mejor imagen de las propiedades prácticas de la línea.

Es importante que al momento de seleccionar las herramientas para pruebas de xDSL, se consideren aquellas que cubran la mayor cantidad de parámetros importantes. Se debe tener en cuenta que en la medida en que aumente la velocidad de transmisión de los *modem* xDSL, más crítica será la influencia de parámetros como la capacitancia y NEXT.

De la OAM&P (Operación, Administración, Mantenimiento y Aprovechamiento) depende mantener una calidad de servicio estable para xDSL, sin importar si hace frío o calor; si es tiempo seco, época de lluvias o si se adiciona un nuevo *modem* xDSL al grupo de cables.

Para esto encontramos en el mercado: instrumentos de medición de la calidad del par trenzado; instrumentos gestores sobre la red de cobre como los Sistemas de Prueba de Línea de Abonado (LTS, *Line Test System*); los sistemas de soporte de administración del servicio; los Sistemas de Información Geográfica (SIG); los Centros de Atención de Llamadas (*Call Centers*) y los Sistema de Gestión del Servicio (SGS).

Los fabricantes de tecnologías de acceso con cobre utilizan medios digitales para gestionar el servicio al cliente y sus exigencias (por ejemplo de mayor ancho de banda). Por eso las tecnologías xDSL utilizan (al igual que RDSI), mensajes de señalización para ver el estado del enlace, si se realizó la conexión, la velocidad de la conexión, la velocidad de transferencia de datos, la tasa de errores de bit (BER), la relación señal a ruido (S/N), y la conectividad (a Internet u otra red de interés).

Las mediciones entonces se pueden hacer mediante el *software* de gestión propio del equipo, tanto por el cliente como por parte del prestador del servicio, por medio de la observación y comparación de los datos obtenidos gracias a la interfaz de monitoreo. O también, las mediciones se pueden hacer mediante la simulación de los equipos terminales (remoto y de central) por medio del equipo de medición. Esta última solución es mucho mejor ya que se disminuyen los costos de transporte de equipos terminales y de conexiones⁴.

⁴ SALAZAR, Juan Francisco. Revista colombiana de Telecomunicaciones. Servicios sobre xDSL, la importancia de la calidad de la red de cobre. 2001. 6 p.

1.6.1 Condiciones de línea para prestar servicio ADSL. En el siguiente cuadro se muestran las condiciones mínimas para prestar el servicio de ADSL.

Cuadro 3. Condiciones de línea para prestar servicio ADSL

| Condiciones | Especificaciones |
|--------------------------|--|
| Longitud Máxima | Hasta 5.5 Km en un cable de 24 AWG incluyendo derivación de puente |
| Impedancia de bucle | Hasta 1300 O |
| Bobinas de Carga | Ninguna |
| Repetidoras | Ninguna |
| Puentes con derivaciones | Menos de 760 m en total, sin que exista ninguna conexión de más de 300 m. Evitar de ser posible puentes cerca del NID (<i>Network Interface Device</i> , separa el alambrado de la compañía de teléfonos y del cliente local) |
| Ruido | Estas condiciones pueden comprometer el máximo promedio de bits de la línea durante la sincronización y causar potencialmente falla del servicio después de la sincronización |
| Capacidad Espectral | Evítese poner puntos de conexión cerca de E1 o donde se lleve a cabo servicio de alto ancho de banda. Evítese el uso de pares donde opere el E1 |

Fuente: FERNÁNDEZ, José. Revista colombiana de Telecomunicaciones. El ABC de servicios ADSL. 2001. 4 p.

2. ACTUALIDAD ADSL

2.1 SITUACIÓN MUNDIAL EN EL CRECIMIENTO DE LA DSL DE BANDA ANCHA

Las cifras mundiales de fin del año económico de DSL Forum y de Point Topic revelan una expansión récord de la DSL en Latinoamérica como se muestra en el cuadro 4.

Cuadro 4. Total y porcentajes del crecimiento anual de líneas DSL en el mundo

| | Miles de líneas al 31 de diciembre de 2002 | | | | | |
|-------------------------------|---|-------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------------|--------------------------------|
| Region | Total | Abonados Residenciales | % Residencial del total | Abonados comerciales | % Comercial del total | % del Crecimiento Anual |
| Asia y el Pacífico | 14,517.8 | 12,977.3 | 89.39 | 1,540.4 | 10.61 | 82.64 |
| Europa Occidental | 9,378.7 | 7,637.8 | 81.44 | 1,740.9 | 18.56 | 121.01 |
| Norteamérica | 8,177.0 | 6,894.4 | 84.32 | 1,282.5 | 15.68 | 48.42 |
| Sur y Este de Asia | 2,652.0 | 2,489.4 | 93.87 | 162.6 | 6.13 | 321.76 |
| Latinoamérica | 874.5 | 697.5 | 79.76 | 176.9 | 20.24 | 117.42 |
| Medio Oriente y África | 173.4 | 137.0 | 78.96 | 36.5 | 21.04 | 262.11 |
| Europa Oriental | 124.1 | 69.7 | 56.18 | 54.4 | 43.82 | 274.91 |
| Total Mundial | 35,897.4 | 30,903.2 | 86.09 | 4,994.3 | 13.91 | 90.80 |

Fuente: Crecimiento de la DSL de Banda Ancha Global para el 2002 [online]. DSL Forum: Londres, 2003. [11 Mayo 2003]. Disponible desde Internet: www.dslforum.org/PressRoom/news_dslgrowth_spanish_3.12.03.html

2.2 SITUACIÓN EN COLOMBIA RESPECTO CON ADSL

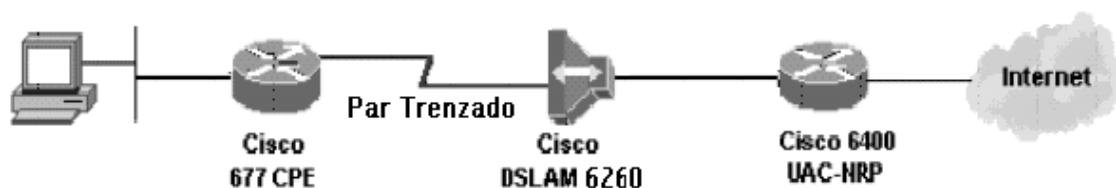
2.2.1 Cartagena. Colombiatel, compañía proveedora de telecomunicaciones con sede en Cartagena, puso al servicio la primera red ADSL del país el pasado marzo/2000. Según Rafael Fong, Jefe de Servicios de Valor Agregado de Colombiatel, "en la actualidad con la red ADSL están ofreciendo conexiones LAN a LAN (interconexión de redes de área local); servicio de acceso Internet de alta velocidad corporativo y próximamente Internet comunitario para conjuntos residenciales e Internet para los hoteles, para crear un *core* en cada hotel".

Metrored está construida de extremo a extremo con tecnología ADSL de Cisco Systems, y el integrador de la red es Unisys de Colombia, compañía de soluciones empresariales de tecnología, quien con su portafolio de servicios de telecomunicaciones en acción se encargó de la instalación, mantenimiento e implementación de estos nuevos servicios.

"Cisco Systems y Unisys han sido nuestros consultores y asesores en todo el proyecto. Nos han brindado todo el apoyo, soporte, instalación y mantenimiento; y nos han orientado en cuanto a cuál debe ser el rumbo del negocio para explotar al máximo esta tecnología ADSL, nueva para nosotros e incluso en Latinoamérica", añadió José Manuel Gómez, Gerente del Proyecto. "El servicio ha sido excelente de parte de Cisco Systems y ha sido nuestro aliado estratégico y asesor número uno".

La red de Colombiatel (ver figura 9) está compuesta por seis nodos o Cisco DSLAM 6260/6130 con los que se pueden atender en su máxima capacidad hasta 480 Usuarios por nodo, pero por la demanda de mercado la capacidad actual esta para atender 48 Usuarios por DSLAM. Cada DSLAM esta interconectado a un equipo multiservicio de Cisco 6400 (es un *switch* ATM con un modulo de Enrutamiento IP). Como son conexiones ATM lo que se maneja, en cada extremo a nivel físico se maneja interfaces STM-1/OC-3 tipo óptico. La distribución de los nodos permite dar servicios en las principales zonas de convergencia que son: Centro, Bocagrande, Torices, Bosque, Badel y Mamonal, en los cuales también se ubicaron un *Gateway* para acceso a Internet de alta velocidad. Los equipos de los clientes que son *Modem/Router* Cisco 677 con un puerto Ethernet 10/100 BaseT del lado de las instalaciones del cliente y un puerto ADSL del lado de la Red Metropolitana. También se utilizan los *Modem/Router* Cisco 827-4v que están equipados adicionalmente con cuatro puertos de voz para aplicaciones VoIP. Los equipos Cisco realizan la interconexión con tecnología VoIP. La capacidad actual de la Red es de 288 puertos (48 en cada nodo) pero con incremento de tarjetas en los DSLAM se puede tener hasta 2000 puertos con la actual infraestructura. La infraestructura instalada soporta todos los estándares xDSL disponibles en la actualidad.

Figura 9. Metrodata



"Con esta tecnología, adicionalmente, Colombiatel cuenta con la infraestructura para convertirse en un Proveedor de Servicio de Aplicaciones, ASP (*Application Service Provider*), lo que le permitirá correr aplicaciones en servidores centralizados desde cada uno de los puntos remotos localizados en los clientes. "Ese es un proyecto a mediano plazo: para el 2001 esperamos ser proveedores de este tipo de soluciones, pues ya contamos con la red y la infraestructura para hacerlo", manifestó José Manuel Gómez⁵.

⁵ Colombiatel [online]. Colombia [Enero 2000]. Disponible desde Internet: www.cisco.com/global/LA/SNE/pc/colombiatel2.shtml

La tecnología Adsl de Metrodata permite conexión dedicada a Internet de alta velocidad y una gran variedad de servicios de valor agregado corporativos como son las VPN o Redes Privadas Virtuales para interconectar las sedes de una misma compañía (INTRANET) o las de esta con sus clientes o proveedores (EXTRANET); Videoconferencias multipunto, conexiones LAN a LAN, VoIP, en fin todas las aplicaciones posibles actualmente con protocolo IP.

El paquete de servicios que hoy está disponible a los usuarios en Cartagena de Indias incluye los servicios que se describen a continuación:

1. METROBASIC: este servicio corresponde a la conexión básica de la Red con el número de puertos virtuales que el cliente requiera. Hay un Metrobasic para cada categoría de usuarios y es así como se tienen las siguientes conexiones:

1.1. METROPERSONAL: este servicio se ofrece a usuarios residenciales y oficinas en el hogar. Considera la conexión de hasta 4 estaciones de trabajo por puerto.

1.2. METROCOMERCIAL: este servicio se ofrece para las pequeñas y medianas empresas y consiste en habilitar la conexión de la misma a la Red Metropolitana de servicios. Considera la conexión entre 4 y 8 estaciones de trabajo en cada oficina.

1.3. METROEMPRESARIAL: este servicio se ofrece a las medianas y grandes empresas. Consiste igualmente en habilitar conexiones entre las sedes de la misma o entre esta y otras oficinas, este servicio contempla la conexión de 16 estaciones de trabajo o más en cada sede.

2. METROVIRTUAL: este servicio se habilita cuando se requieren conexiones multipunto entre sedes de una misma empresa o entre estas y las oficinas de sus clientes o proveedores. Mediante este servicio se crean las Redes Privadas Virtuales que garantizan la completa privacidad de la información entre oficinas.

3. INTEGRACIÓN DE SERVICIOS: es posible la interconexión de oficinas en Cartagena, con sedes de la empresa en otras ciudades del país o del exterior. Para habilitar este servicio se requiere la interconexión de la Red Metropolitana "METRODATA" con la red del *carrier* nacional o internacional. En la actualidad se tiene este tipo de servicios con clientes de TELECOM e INFORMACIÓN & TECNOLOGÍA, que son *carriers* con quienes se tienen interconexión.

2.2.2 Barranquilla. Metrotel invirtió en el año 2000 inicialmente US\$200.000 en servicios de valor agregado, los cuales la compañía espero atraer a 1.000 usuarios de Internet extras, llegando a un total de 4.000. Otro proyecto es la implementación de la tecnología ADSL, la cual aumentará la velocidad de transmisión de datos a 128Kbps. La compañía espera aumentar su base de clientes de transmisión de datos de 400 a 600.

Metrotel conciente de que mucho de sus abonados telefónicos son pequeñas y medianas empresas así como usuarios residenciales con necesidades de acceder a los servicios de Internet mediante conexiones de banda ancha ofrece a través de su servicio de ADSL METROTEL lo siguiente:

- Cobertura en Barranquilla, Soledad y Malambo.
- Conexión ilimitada y permanente siempre disponible, sin generar impulsación
- Costo fijo mensual independiente del tiempo de conexión
- Garantía de conexión optima hasta un máximo de cinco computadores⁶

⁶ Adsl Metrotel [online]. Disponible desde Internet: www.metrotel.net.co

2.2.3 Bogota. Con el interés de aumentar la variedad de servicios de banda ancha de alta calidad, ETB actualmente ofrece su servicio ADSL. El programa viene siendo liderado por un equipo interdisciplinario de profesionales al interior de la Empresa, que han adquirido el conocimiento y generado una oferta de valor para los clientes ETB con el empaquetamiento de servicios, incluyendo Internet. Lo anterior minimizará la presencia de problemas que han

sido detectados por otros operadores internacionales en la introducción de esta clase de servicios.

Cuadro 5. Planes y tarifas ofrecidas por ETB

| Plan | Número de PCs | Down stream (Kbps) | Upstream (Kbps) | Tipo de puerto PC | Cargo de conexión con permanencia mínima a un año | Cargo fijo mensual |
|---------------------------|---------------|--------------------|-----------------|-------------------|---|--------------------|
| Internet Extremo 128 | 1 | 128 | 64 | USB | \$ 30.000 | \$99.999 |
| Internet Extremo 256 | 1 | 256 | 128 | USB o Ethernet | \$ 30.000 | \$116.000 |
| Internet Extremo 256 Plus | 1-3 | 256 | 128 | Ethernet | \$ 30.000 | \$135.000 |
| Internet Extremo 256 SOHO | 1-5 | 256 | 128 | Ethernet | \$ 30.000 | \$150.000 |

Fuente: ADSL [online]. Disponible desde Internet: www.etb.com.co

Se han hecho inversiones del orden de \$150.000 millones en los últimos años, en la reposición de red primaria y secundaria, y se vienen desarrollando pruebas de campo desde mayo de 2001.

ETB como líder del Plan de Conectividad del Distrito, enfocado inicialmente en el sector educativo, ha instalado los primeros puntos ADSL, los cuales se encuentran en operación desde junio del 2000 en más de 300 escuelas, de acuerdo a un convenio firmado con la Secretaría de Educación de Bogotá. El proyecto alcanzará un total de 750 centros educativos en los próximos meses, la mayor parte de ellos ubicados en sectores de bajos recursos.

2.2.4 Bucaramanga. Telebucaramanga cuenta con la Red Multiservicios con la tecnología ADSL, con el fin de diseñar y ejecutar soluciones de conectividad, iniciando con los servicios de transmisión de datos e Internet por medio de la interconexión entre las redes de AT&T Latin America y Telebucaramanga. Telebucaramanga es pionera al poner en funcionamiento la tecnología xDSL en Colombia para servicios como transmisión de datos, Internet y un amplio y creciente portafolio de conectividad.

Por su parte, Tiberio Gómez Bohórquez, gerente de la Empresa de Telecomunicaciones de Bucaramanga S.A. E.S.P. - Telebucaramanga - expresó 'Con la alianza estratégica establecida con AT&T Latin America, Telebucaramanga, amplia su portafolio de servicios y entra con paso firme en la utilización de nuevas tecnologías con el fin de ofrecer mayores oportunidades de crecimiento y conectividad a los empresarios de Bucaramanga'.

La red Multiservicios esta basada en IP y ATM incorpora servicios de conmutación, pasarelas mediáticas, sistemas de acceso DSL, servidores de comunicación y sistemas de gestión. La red permite realizar comunicaciones digitales de alta velocidad, para todo tipo

de protocolos y servicios de conectividad, empleando enlaces de fibra óptica y cables multipares dependiendo de los requerimientos de cada caso.

INTERMAX es la conexión a Internet para clientes de Telebucaramanga que requieren un servicio de alta velocidad de navegación en la Web. Intermax utiliza la tecnología llamada ADSL.

Se establecieron diferentes paquetes de conexión, los cuales aplican según las diferentes necesidades de comunicación:

INTERMAX Plus: es la conexión a Internet para clientes RESIDENCIALES de Telebucaramanga que requieren un servicio con un ancho de banda de hasta 128 Kbps (red-usuario) y de hasta 64 Kbps (usuario-red). Soporta hasta 2PCs

INTERMAX SOHO: es la conexión a Internet para profesionales independientes, microempresas y pymes que requieran un servicio con un ancho de banda de hasta 128Kbps (red-usuario) y de hasta 64 Kbps (usuario-red). Soporta hasta 5PCs

INTERMAX Ultra: es la conexión a Internet para clientes CORPORATIVOS de Telebucaramanga que requieren un servicio con un ancho de banda de hasta 256 Kbps (red-usuario) y de hasta 128 Kbps (usuario-red). Soporta hasta 10PCs

INTERMAX Premium: es la conexión a Internet para clientes CORPORATIVOS de Telebucaramanga que requieren un servicio con un ancho de banda de hasta 512 Kbps (red-usuario) y de hasta 256 Kbps (usuario-red). Soporta 20 PCs

Telebucaramanga ofrece servicio de **CAFE INTERNET ULTRA** a salas y cafés que requieran el servicio con las siguientes características con un ancho de banda de hasta 256 Kbps (red-usuario) y de hasta 128 Kbps (usuario-red). Soporta de 1 a 10 PCs

Telebucaramanga ofrece servicio de **CAFE INTERNET PREMIUM** a salas y cafés que requieran el servicio con un ancho de banda de hasta 512 Kbps (red-usuario) y de hasta 256 Kbps (usuario-red). Soporta de 10 a 20 PCs⁷.

⁷ Intermax [online]. Disponible desde Internet: www.telebucaramanga.com.co

2.2.5 San Juan de Pasto. TELENARIÑO en su afán de encaminarse en esta gama de servicios (usuarios de Internet y de aplicaciones de banda ancha) inicia la implantación de redes de acceso de banda ancha, proceso que se viene gestando desde mediados del año 2000.

TELENARIÑO en sus planes de expansión tecnológica y nuevos servicios, adquirió un sistema de red de acceso, el cual soporta interfaces xDSL que brinda a nuevos usuarios servicios de banda ancha. El proyecto piloto en su primera y segunda etapa cobija áreas aledañas a la ciudad de San Juan de Pasto, donde la presencia de TELENARIÑO no estaba enmarcada en el concepto mismo de nuevos servicios. Sin embargo, este proyecto se orientó con este tipo de tecnología, pues, el objetivo primordial de la empresa es acercarse cada vez más tecnológicamente a nuestros clientes. Es por ello que TELENARIÑO concibe sus ampliaciones de redes a todo nivel en equipos que puedan brindar estas capacidades.

El proyecto piloto determino la manera como TELENARIÑO dio inicio al cambio de infraestructura de red urbana local por soluciones acordes a las topologías propias de los equipos de acceso. El sistema de acceso mencionado está basado en equipos *BroadAccess* de ADC Teledata y fue instalado por la firma Singer Products. Este sistema permite al equipo comercial y de ingeniería de TELENARIÑO poner a punto los nuevos servicios.

Una próxima ampliación del canal de acceso de Internet de TELENARIÑO a una capacidad de 10 Mbps, permitirá brindar a nuestros usuarios servicios dedicados de acceso a Internet de alta velocidad utilizando las ventajas del ADSL, para el acceso al medio de usuarios residenciales, comerciales y/o grandes clientes. En la medida que la capacidad de este acceso a Internet se vea copada, TELENARIÑO adelantará las gestiones correspondientes para aumentar la dimensión del canal conforme con el aumento del número de usuarios⁸.

⁸ ADSL [online]. Disponible desde Internet: www.telenarino.com.co

2.2.6 Telecom. CAPITEL-TELECOM viene trabajando en el análisis técnico y económico de la tecnología xDSL como una solución multiservicio y multiprotocolo de acceso de último kilómetro para sus servicios de transmisión de datos (ATM, *Frame relay*, IP, X.25, *Clear Channel*, etc.) en las zonas y ciudades donde Telecom presta (directamente o a través de empresas tele asociadas) el servicio de telefonía básica.

CAPITEL-TELECOM tiene grandes ventajas competitivas para prestar servicios de acceso sobre xDSL, dada la gran distribución de su red, basada en un gran número de

concentradores remotos en cuyas áreas de distribución se conectan en promedio 500 abonados (aunque hay concentradores desde 250 abonados hasta contenedores de 2000 abonados y centrales de 5000 abonados), los cuales se conectan a las centrales telefónicas a través de anillos de fibra óptica SDH. Por lo anterior, las distancias en los pares de cobre de la red de CAPITEL-TELECOM son muy cortas, entre 500 y 1500 metros, lo que permite ofrecer toda la capacidad del xDSL (8 Mbps en *downstream*) hasta el usuario final.

Para ADSL, CAPITEL-TELECOM tiene en operación un piloto con equipos en evaluación de Alcatel/Newbridge y RCNetworks, con clientes residenciales y corporativos. Adicionalmente entrarán a participar del piloto equipos Cisco y Ericsson⁹.

⁹ SALAZAR, Op. Cit., 2001. 6 p.

En las ciudades de Bogotá, Bucaramanga y Cartagena existe un total de 2,086 suscriptores con accesos xDSL, siendo en su mayoría usuarios ADSL con enlaces de 512kbps (*downstream*). Este servicio es contratado por PYMEs y usuarios residenciales de estratos socioeconómicos altos, como una alternativa más económica que la conexión dedicada convencional.

Los datos siguientes (figuras 10 y 11) de usuarios conmutados y dedicados arrojan un total de 1.982.037 usuarios de Internet en Colombia para finales del primer semestre del 2002, correspondiente a un cubrimiento del 4,5% de la población nacional¹⁰.

¹⁰ Reporte de Internet en Colombia [online]. Colombia: Diciembre 2002. Disponible desde Internet: www.ccit.org.co/pages/html/club/descargas/documentos/crt_internet_2002.pdf

Figura 10. Suscriptores ADSL por velocidad de acceso Junio 2002

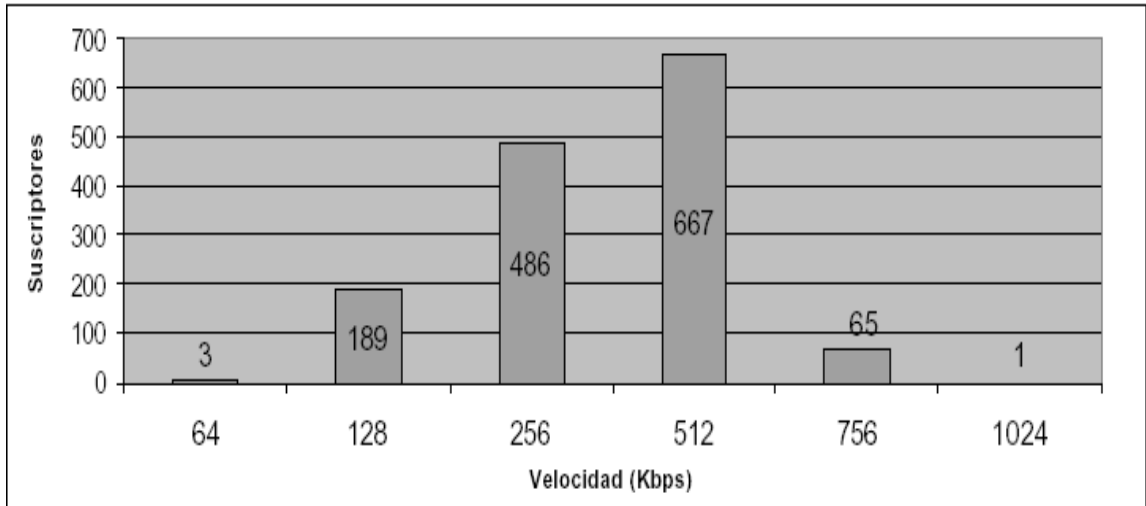
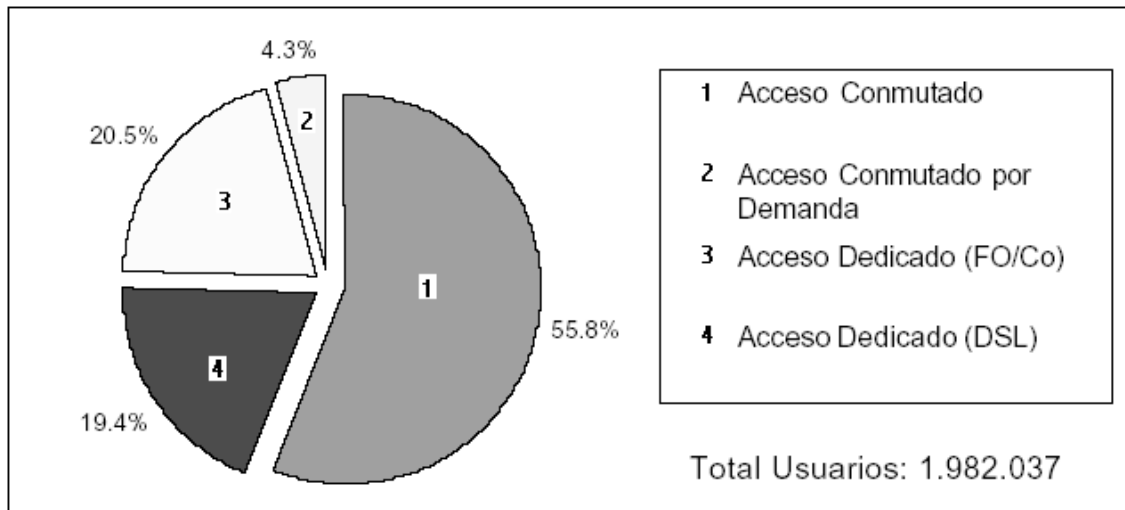


Figura 11. Distribución de usuarios según el medio de acceso Junio 2002



3. APLICACIONES

Acceso a Internet: usando ADSL el acceso a Internet es rápido, fácil y continuo debido a la conexión constante e incremento de la velocidad.

Telecommuting: es una oficina dispersa geográficamente, donde los trabajadores trabajan en casa sobre un computador y transmiten datos y documentos a la oficina principal por medio de la línea telefónica.

La velocidad y conectividad continua de ADSL les proporciona a los *telecommuters* muchas ventajas (flexibilidad, comodidad, productividad y disponibilidad simultanea de la línea telefónica) también reciben beneficios de las VPN porque las conexiones VPN a la red de la empresa desde las casas es confiable y segura.

Aprendizaje a distancia: significa ser capaz de acceder a educación, particularmente cursos, materiales de consulta, y recursos de personas, sin estar físicamente en una escuela o campus.

Beneficios: la conexión a la red del campus permite un contacto continuo con los estudiantes, la facultad y la administración. La conexión continua a Internet permite una

investigación oportuna del contenido del curso. La velocidad permite bajar y mostrar rápidamente graficas y realizar tele conferencias.

Video conferencias: habilita a dos personas, cada una en diferente localidad, a conectarse y verse cada una a través del computador. Obteniendo alta calidad en el video. Realizando reuniones desde la oficina con un cliente distante, reuniones desde la oficina central con las sucursales, conexión con la familia y amigos, etc.

Los proveedores de servicio pueden utilizar varios estándares para prestar este servicio. Uno de ellos es el H.261 el cual codifica y decodifica video a una rata de $p \times 64\text{Kbps}$; para video conferencias con alta calidad se requiere que el parámetro p sea por lo menos igual a 6, lo cual daría tasas de 384 Kbps. Otro de los estándares es el MPEG-4 (*Motion Picture Experts Group*, este necesita mucha mas potencia de CPU para la codificación en tiempo real) el cual produce un factor de compresión de 15 y puede entregar un video comprimido de 384x288 a 25fps (25 cuadros por segundo) con 22.050 Hz de sonido monocanal con una increíble tasa de 51.2 Kbps; en otras palabras es como un 90% de la calidad de un VHS.

VoDSL: permite a dos o más personas hablar y enviar y recibir faxes sin necesidad de usar los servicios del POTS ahorrando dinero.

Streaming – Broadcasting: *streaming* es la manera en que las películas, la TV y el sonido son enviadas a través de Internet, es una de las aplicaciones de alta velocidad que más rápido ha crecido y se ha desarrollado. Técnicamente hablando, streaming envía imágenes

en movimiento y mezclas de sonidos a través de Internet, las que el usuario ve fluir en su computador.

Gracias al poder de alta velocidad y a la tecnología digital, streaming nos muestra un mundo de entretenimientos, educación y aplicaciones interactivas.

Para ver en streaming necesitas un "*player*", un *software* que procesa un flujo medial que entra en el computador a través del sitio web. Este "*player*" a la vez envía elementos de video y audio a la pantalla del computador.

Por ejemplo:

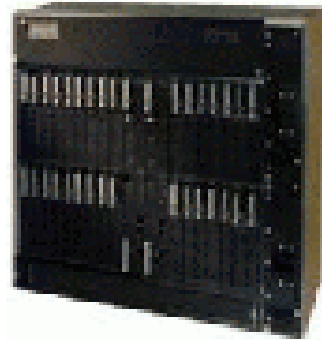
Control de video y sonido: Microsoft Windows Media Player.

Sólo en audio: America Online's Winamp, MusicMatch's Jukebox

Hoy no hay estándares de la tecnología Streaming. Lo que significa que las compañías están construyendo sus propios desarrollos y la competencia continuará fomentando la innovación, la que para los consumidores significará la transición hacia imágenes formadas, sonidos vigorizantes, mayor interactividad y contenido.

4. DISPOSITIVOS ADSL

Figura 12. Cisco DSLAM 6130



Tiene 32 ranuras *quad-port* por arquitectura de ranura que soporta la tecnología DMT ADSL. Aloja tarjetas NI-2 DS3 y OC-3 monomodo y multimodo. Soporta *modems* DMT-2. Acomoda más de 128 abonados ADSL. Tiene una arquitectura antibloqueo de *switches* ATM. Es un multiplexor de clase de portadora que funciona en una configuración instalada con o sin las POTS. Maneja tráfico digital de voz y datos—Usa la tecnología de ADSL para apoyar a más de 128 suscriptores conectados directamente o a través de un chasis *splitter* de POTS.

Los filtros separan las señales de voz y datos cuando se conectan los suscriptores al Cisco 6130 a través de un chasis *splitter* de POTS. Los cables conectados al *splitter* de POTS enrutan las señales ADSL hacia las tarjetas en línea en los Cisco 6130 y las señales de voz a

los *switches* de red de la CO. También maneja solamente datos digitales—Usa la tecnología de ADSL para apoyar a mas de 128 suscriptores conectados directamente a un Cisco 6130 desde el MDF (*Main Distribution Frame*) en la CO¹¹.

Precio USD\$1600

¹¹ Cisco 6130 *Hardware Overview* [online]. Disponible desde Internet: www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/

Figura 13. Megaplex-2100/2104 *Modular Integrated Access Multiplexers* de RAD



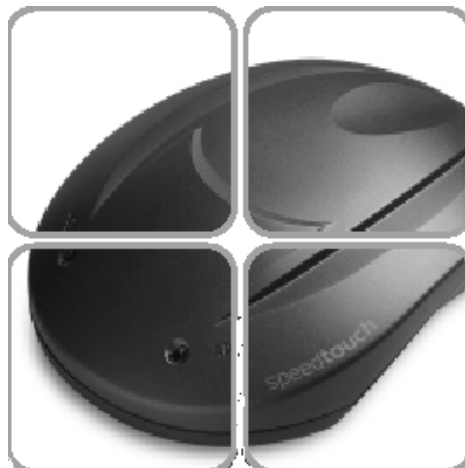
Características: integración de datos, voz/fax y tráfico de video sobre 4 enlaces principales de E1 o 5 T1. Soporta fraccionamiento múltiple de los enlaces principales E1/T1, con capacidad TDM combinada a 8Mbps. Enlaces de acceso IP de 10/100 Mbps para extensiones de circuito transparente sobre IP usando la tecnología TDMoIP de RAD. Amplio rango de módulos I/O soporta múltiples canales: 40 para datos de alta velocidad,

132 de datos de baja velocidad, 55 *full* BRI (2B+D) y 120 de voz PCM. Fibra óptica y *modems* HDSL incorporados reducen los costos de despliegue y mantenimiento y soporte de Telnet para administración remota¹².

Precio USD\$2700

¹² Megaplex-2100/2104 *Modular Integrated Access Multiplexers* [online]. 2002. Disponible desde Internet: www.rad.com

Figura 14. SpeedTouch 330 USB ADSL *modem* de ALCATEL



El SpeedTouch USB es la solución ideal para los clientes residenciales y *telecommuters* que quieren usar las aplicaciones de alto desempeño pero no pueden gastar horas configurando su sistema.

Especificaciones: ADSL (ANSI, G.dmt, G.lite (auto modo y selección), más de 8Mb/s *downstream*, 832 Kbps *upstream*. Windows 98, 98SE, 2000, ME, XP, Mac OS 8.6, 9 y X, Linux.

Módulos de protocolos WAN: *Bridged Ethernet* sobre ATM (RFC 2684), Protocolo Punto a Punto sobre ATM (RFC 2364), Protocolo Punto a Punto sobre Ethernet¹³.

Precio USD\$65

¹³ SpeedTouch 330 USB ADSL modem [online]. Disponible desde Internet: www.alcatel.com.telecom/micro

Figura 15. SpeedTouch 610 / 610i / 610s / 610v



El SpeedTouch series 610 es la solución ideal para las conexiones regionales y de oficinas sucursales. Usuarios residenciales y *telecommuter* también pueden apreciar sus características únicas. Posee un *firewall* incorporado. Sitios remotos pueden conectarse a bajo costo con IPSec, escalable a través del *Public Key Infrastructure* (PKI). Con un *firewall* cliente PPP y un cliente IP VPN todo incorporado en el *router* con bajo mantenimiento. No necesita la instalación de ningún *software* y las actualizaciones del sistema operativo se realizan sin problemas. Soporta NAT/PAT, administración remota y VPN.

Protocolos: Internet (PPPoE, PPPoA, IPoA, IPoE), LAN (ARP, Proxy ARP, IP, ICMP, IGMP, UDP, TCP), RIP v1 y v2, servidor y cliente DHCP, DNS dinámico y servidor.

Interfaces: WAN (línea DSL RJ11), LAN (4 puertos 10/100Base-T, *half-/full-duplex*),
 Seriales (RS232 - EIA / TIA-232)

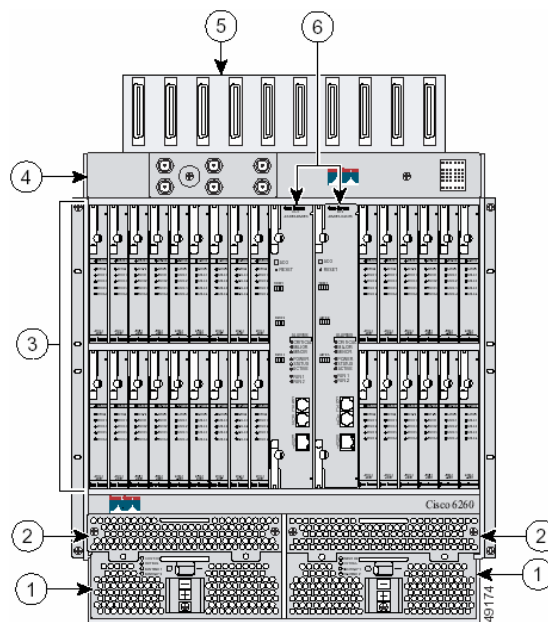
Ancho de banda: Mas de 8.192 Mbps *downstream* y 832 Kbps *upstream*

Estándares: ANSI numeral 2 - ANSI T1.413i2, *Full rate* - G.dmt ITU-T G.992.1 Anexo
 A, ADSL *lite* - G.lite ITU-T G.992.2¹⁴.

Precio USD\$310

¹⁴ SpeedTouch 610/610i/610s/610v [online]. Ibid.

Figura 16. Cisco 6260 DSLAM



| | | | |
|----------|--|----------|---------------------------|
| 1 | PEMs (Módulos de entrada de potencia) | 4 | Módulos de entrada/salida |
| 2 | Ventiladores | 5 | Conectores de suscriptor |
| 3 | Tarjetas de línea xTU-C (ranuras 1 a 9, 12 a 17, 18 a 26, y 27 a 32), cada una maneja 4 suscriptores | 6 | Tarjetas NI-2 |

El sistema Cisco 6260 es parte de la familia de productos Cisco DSL que proporciona servicio de extremo a extremo llevando voz o datos, o ambos, entre la casa de un suscriptor u oficina, una oficina central (CO), y varias redes más allá. El sistema Cisco 6260 envía y recibe los datos del suscriptor (a menudo servicio de Internet) encima de las líneas telefónicas existentes, concentrando todo el tráfico hacia una sola troncal de gran velocidad para el transporte a la Internet o una Intranet corporativa. Antes de viajar encima de las líneas telefónicas al DSLAM en la CO, los datos se modulan por dispositivos xDSL en el establecimiento del cliente, los cuales se conectan a PCs o *routers* en el sitio del suscriptor.

El sistema Cisco 6260 puede incluir los siguientes componentes: unidades de transmisión xDSL—tarjetas de línea (xTU-C) y tarjetas de interfaz (NI-2) de redes de segunda generación, módulos de entrada/salida, módulos de entrada de potencia (PEMs), *splitters* POTS (opcionales)

Software de administración:

- Cisco IOS—una interfaz de línea de comando (CLI) disponible para el aprovisionamiento de elementos de red.
- Administrador DSL de Cisco (CDM)—Un sistema de administración diseñado para configurar y administrar las series 6xxx del *software* Cisco IOS. CDM proporciona las siguientes áreas de administración de red: faltas, configuración, rendimiento, y seguridad. CDM corre dentro del Cisco EMF (*Element Manager Framework*); los dos se instalan en las *Sun workstations*.

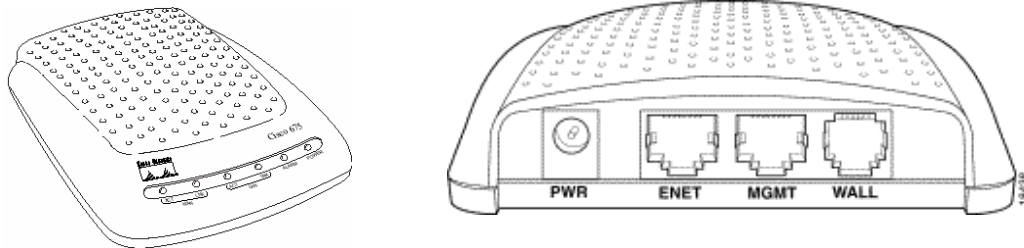
Cisco EMF esta basado en un modelo de objeto en que los elementos de red o módulos representan la entidad administrada. Cada objeto se define por una clase y los atributos específicos. Un objeto puede representar un elemento de red o una entidad más abstracta como una relación de enlace o una red.

El sistema Cisco 6260 incluye las siguientes características:

- Soporta ADSL, SDSL, y SHDSL.
- ANSI T1.413 *Discrete Multitone* (DMT), G.DMT, G.lite, y par sencillo, soporta *modems* DSL de alta velocidad (G.SHDSL), conexiones de transmisión de red E3, E1, y OC-3c.
- Finaliza más de 240 ADSL, 120 SDSL, o 240 G.SHDSL conexiones de subscritor y los multiplexa en una red troncal.
- Chasis de 19 pulgadas, chasis completamente accesible desde el frente para cableo y mantenimiento, eliminando la necesidad de acceder a la parte de atrás de la unidad.
- Chasis con 30 ranuras de tarjeta de línea, módulos de entrada de potencia redundantes (PEMs), y ventiladores de enfriamiento de dos velocidades controlados por *software*.
- Administración a través de IOS (Sistema Operativo de Internetworking) o CDM, subtiende tanto s como doce chasis Cisco 6260 para un máximo de 3120 subscritores.
- Soporta el rango total de conexiones VCI (identificador de canal virtual)/VPI (identificador de ruta virtual), y las conexiones no están limitadas por la memoria.
- cumple con la versión 3.1 de la interfaz de red de usuario (UNI) del foro ATM, arquitectura antibloqueo de conmutadores ATM, permite mas de 4 clases de servicios ATM simultáneamente, facilidad de entradas de alarmas.

Precio USD\$2500

Figura 17. Cisco 677 ADSL DMT *modem/router*



| Conector | Descripción |
|----------|--|
| PWR | Conector de potencia |
| ENET | Interfaz 10/100BaseT para la conexión a una LAN Ethernet, un PC o <i>laptop</i> . |
| MGMT | Conector de administración RJ-45—conecta a un puerto serial de un PC o <i>laptop</i> |
| WALL | Conector ADSL—conecta a un <i>jack</i> de pared |

El Cisco 677 proporciona conectividad desde la casa hacia un proveedor de servicios de red ADSL sobre una capa física ADSL/ATM. El Cisco 677 recibe en *downstream* velocidades adaptables a más 8.032 Mbps y transmite a 0.832 Mbps en *upstream*.

Características de hardware:

- Modulación de frecuencia DMT-basado en capa física ADSL.
- Interfaz RADSL, con una tasa de recepción de datos máxima de 8.032 Mbps y tasas de transmisión de datos de 0.832 Mbps.
- Interfaz ADSL, con una tasa de recepción de datos máxima de 8.032 Mbps y tasas de transmisión de datos de 0.832 Mbps.
- Auto negociación en interfaces Ethernet 10Base-T o 100Base-TX, cumple con IEEE 802.3 y 802.3u Fast Ethernet

- Delineación de celdas ATM según ITU-T I.432, soporta PVCs (Circuitos Virtuales Permanentes) según Foro ATM, LEDs de estado indicando la actividad ADSL y Ethernet, totalmente compatible con la serie Cisco 6xxx DSLAMs.

Características de software: ANSI T1.413 numeral 2, *Internet Engineering Task Force* (IETF) RFC 1661 PPP (Protocolo Punto a Punto), IETF RFC 1483 encapsulación multiprotocolo sobre ATM *Adaptation Layer 5*, versión 3.1 de la interfaz de red de usuario (UNI) del foro ATM, especificaciones de capa física IEEE 802.3 y 802.3u 10BaseT y 100BaseTX, IEEE 802.1d *transparent learning bridging*, RFC 1638 - *PPP Bridging Control Protocol* (BCP), RFC 1638 - *PPP Bridging Control Protocol* (BCP).

Soporta enrutamiento

- IP (RFC 791)
 - UDP (RFC 792)
 - ICMP (RFC 791)
 - ARP (RFC 826)
 - RIP versión 1 y RIP versión 2
- Enrutamiento estático
- Seguridad RADIUS (*Remote Authentication Dial-In User Service*) y contabilidad (RFC 2058, RFC 2059)
- Servidor y cliente DHCP
- NAT

Soporta Bridging

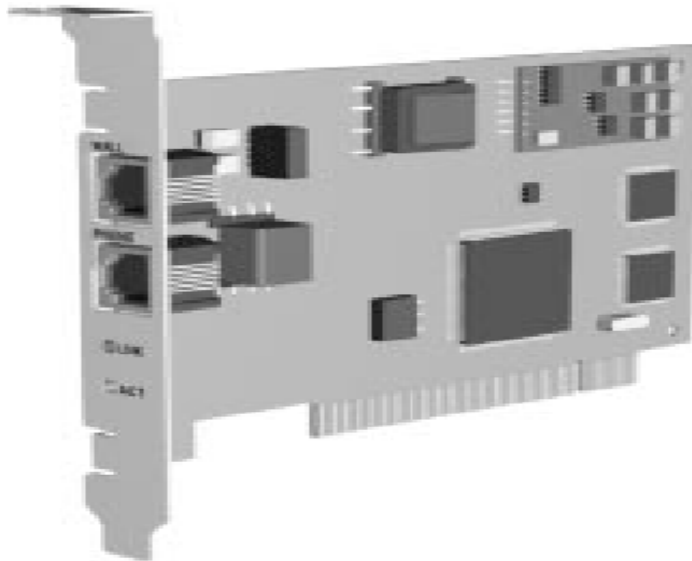
- *Transparent learning bridging*
 - RFC 1483
 - PPP (*Bridge Control Protocol*)
- Soporta administración de canal para configuración remota

Administración: interfaz de navegador HTML, interfaz de línea de comandos, soporte Telnet, TFTP, soporta SNMP MIB, protección de contraseñas multinivel.

Las aplicaciones generales soportadas por Cisco 677 son: cliente y servidor DHCP, NAT, *ping*, RADIUS, RIP, cliente SYSLOG, servidor Telnet, cliente y servidor TFTP, *traceroute*, servidor Web (Servidor HTTP)¹⁵.

¹⁵ Cisco 677 [online]. Ibid., 2001.

Figura 18. Cisco 605 PCI ADSL modem



El Cisco 605 es un adaptador de PCI para el uso en computadoras personales con ranuras PCI. Diseñado para instalación fácil, resbala en cualquier hendidura de PCI. Usando la

tecnología de gran velocidad de ADSL, el Cisco 605 proporciona una conexión a las redes como su LAN corporativa o la Internet.

Características:

- soporta RADSL con 7 Mbps en *downstream* y 1 Mbps en *upstream*
- proporciona LEDs indicativos de los datos transmitidos/recibidos y la conectividad ADSL
- soporta PCI *Plug-and-Play* en Windows 95/98 para fácil instalación y configuración
- soporta QuickDial, lo cual reduce los tiempos de cola ADSL tan bajo como una fracción de segundo
- incluye conector RJ-11 para interconexión a líneas de datos
- soporta la especificación PCI 2.1
- soporta micro-filtro EZ-DSL a través de un puerto en el tablero trasero de la unidad
- el CD-ROM Cisco 605 contiene Windows NT 4.0 Service Pack 3.0, actualización Dial-Up Networking (DUN) 1.3 y actualización WinSock 2.0.
- usando PPP en la Versión de WINDOWS NT 4.0, el Cisco 605 soporta puertos virtuales múltiples y los circuitos virtuales múltiples (VCs). Usando estos VCs, usted puede designar hasta tres conexiones ADSL virtuales y establecer cada conexión a un destino diferente. Las conexiones son idénticas a las demás y comparten la misma cantidad de ancho de banda.
- soporta protocolos PPP, IP, AAL5 y formatos *Raw Cell*
- circuitos virtuales conmutados (SVCs) protocolo de señalización a través de la especificación UNI versión 3.1
- soporta DMA

- interfaces RADSL, codificación CAP y 2 conectores RJ-11

En el cuadro 6 se citan los beneficios y características de los *modem* Cisco 677 y 605.

Cuadro 6. Características de los *modems* Cisco 677 y 605

| <i>Modem Externo Cisco 677</i> | <i>Modem Interno Cisco 605</i> |
|---|--|
| Precio USD\$245. | Precio USD\$129 |
| El <i>modem</i> es un dispositivo externo | El <i>modem</i> es una tarjeta interna PCI |
| Requiere una tarjeta de red Ethernet (NIC) | No requiere una tarjeta adicional de red Ethernet (NIC) |
| Conectores y cables son requeridos para la instalación | Conectores y cables no son requeridos para la instalación |
| Compatible con Windows 95, 98, NT4, MAC y UNIX | Solo compatible con Windows 95, 98, NT4 |
| Adaptador de potencia externo | El PC energiza la tarjeta internamente. |
| El <i>modem</i> trabaja con PCs portátiles y de escritorio, mono o multiusuario | La tarjeta solo trabaja con PCs de escritorio, monousuario |
| El PC puede ser un Pentium, MAC, o 486. | El PC debe ser un Pentium. |
| El PC debe tener un CD-ROM. | El PC debe tener un CD-ROM |

Aparte del *modem/router* Cisco 677 también se pueden usar el 675 y 678 con capacidades muy semejantes. El *router* ADSL Cisco 827 es ideal para un máximo de 20 usuarios en una empresa pequeña o como solución para los teletrabajadores, ya que admite reconocidas soluciones empresariales ampliables, seguras, de calidad y reconocidas, como por ejemplo:

- seguridad de clase empresarial para sacar partido de las oportunidades sin precedentes que ofrecen las comunicaciones y el comercio a través de Internet, la información confidencial debe estar plenamente garantizada. Los servicios de seguridad de Cisco IOS proporcionan muchas tecnologías para ayudar a implementar una solución personalizada. Entre estas tecnologías se incluyen las listas de control de acceso (ACL) estándares y ampliadas, *Lock and Key* (ACL dinámicas), autenticación del router y de la ruta, cifrado, *firewall* y *tunneling* de encapsulado de enrutamiento genérico. Las funciones de seguridad en el perímetro controlan la entrada y salida del tráfico entre redes privadas, intranets, extranets e Internet.

- voz de calidad telefónica a través de la intranet, al sacar el máximo partido del acceso de alta velocidad DSL, los proveedores de servicios pueden proporcionar servicios de voz multilínea integrados a través de un solo par de cables de cobre. Esto les permite habilitar nuevos servicios de voz y datos sin incurrir en los costos de renovación del sistema o en la costosa actualización integral de los productos.

- clases de servicio diferenciadas, emplea características de calidad de servicio (QoS), como conexión basada en las aplicaciones con características de QoS IP y la administración del tráfico con características de QoS ATM.

- capacidad de gestión utilizando el software Cisco IOS, incorpora las mismas tecnologías de Cisco IOS que utilizan los proveedores de servicios y las empresas, lo que permite a los proveedores de servicios y a los distribuidores utilizar los conocimientos existentes del

software Cisco IOS para reducir los costos de formación durante la configuración, instalación y distribución de los *routers* ADSL Cisco 827.

Para las empresas de tamaño mediano se recomienda el *router* cisco 1400, el cual tiene una interfaz ATM25 para conectividad a una infraestructura WAN basada en ATM y ofrecer acceso DSL hasta 8 Mbps, tiene una interfaz ADSL DMT, 10 interfaces Ethernet y un puerto de consola RJ-45.

5. ADSL EN CUALQUIER PARTE

Las siguientes técnicas proporcionan opciones a los proveedores de servicios (tales como Telecartagena) para masificar DSL.

5.1 SOLUCIÓN DE ACCESO SOBREPUESTO

Las soluciones de acceso sobrepuesto describen sistemas que proporcionan servicio DSL encima del equipo POTS existente en el espacio remoto (Terminales Remotas o RT). Subsecuentemente mucho de este equipo no maneja el ancho de banda exigido para proporcionar servicios DSL, las soluciones sobrepuestas o de cubierta son beneficiosas cuando uno no desea reemplazar el equipo de las POTS existente.

Las soluciones de cubierta incluyen DSLAMs en la oficina central, DSLAMs Remotos y RAM (*Remote Access Multiplexer*). El DSLAM Remoto es esencialmente sólo un DSLAM ordinario de oficina central, excepto que debe ser para ambientes industriales. Esto significa que debe operar en condiciones de -40 grados Celsius a +65 grados Celsius y reunir un conjunto severo de requisitos para el funcionamiento en el ambiente remoto. Adicionalmente, los requisitos para el acceso al tablero de frente y la configuración remota son importantes.

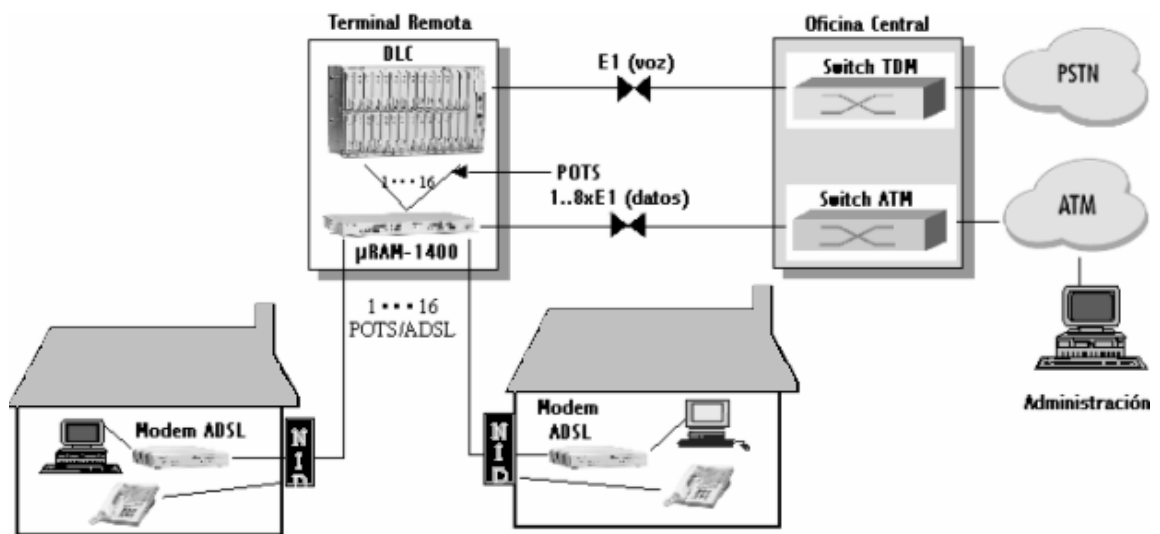
Los productos RAM son productos de perfil bajo que se diseñan para encajar en casi cualquier DLC (*Digital Loop Carrier*, es un sistema de telecomunicaciones que conecta el equipo del cliente con la oficina central o con un RT a través de un enlace de alta velocidad). Los RAMs generalmente pueden encajar en armarios de DLC que ya están llenos de equipo POTS. Esto es muy deseable cuando el proveedor de servicio desea proporcionar servicios DSL, tiene poco espacio en el armario para un DSLAM, y no desea gastar dinero en nuevo equipo de POTS o añadir armarios.

5.1.1 Multiplexores de acceso remoto. El RAM es quizás el dispositivo DSLAM más furtivo. Debido a su tamaño pequeño y el costo relativamente pequeño, ellos son rápidos y fáciles de desplegar y a menudo servir como herramientas competitivas excelentes contra los despliegues de *cable modem*, ya que los proveedores de servicios DSL pueden usarlos en barrios donde los servicios de *cable modem* están desplegándose. Hoy, se despliegan muchos miles de RAMs en muchas redes por el mundo. Los RAM de Hoy típicamente ofrecen de 8 a 48 líneas DSL por unidad en tamaños que varían desde una unidad de rack (1.75 pulgadas de alto) a tres o más. Vemos que el RAM fue diseñado para ser un dispositivo de baja densidad, lo cual proporciona fácil acceso a DSL dentro de un ambiente remoto. El beneficio global del RAM es que permite un rápido y fácil acceso a DSL en casi cualquier entorno, debido a su tamaño pequeño y temperaturas que soporta (usualmente la instalación de dispositivos RAM se realizan en una hora o menos).

Los productos RAM típicamente permiten una mezcla de G.DMT, G.LITE, y T1.413 de servicios ADSL en una sola plataforma. Algunas unidades soportan SDSL y VDSL. El

enlace de alta velocidad es soportado usando de uno a ocho enlaces E1s con IMA (Multiplexación Inversa para ATM), o a veces con DS3s o interfaces más altas. El dispositivo actúa como un puente ATM, conmutando el tráfico del cliente a la red WAN ATM. Puede desplegarse directamente fuera del switch ATM, fuera de los dispositivos de agregación ATM, o fuera de muchos DSLAMs. Muchos productos RAM incorporan el *splitter* POTS dentro de ellos, lo que permite una conectividad muy simple del *tip* y *ring* en el ambiente de DLC. La figura 19 muestra un escenario genérico del despliegue de dispositivos RAM.

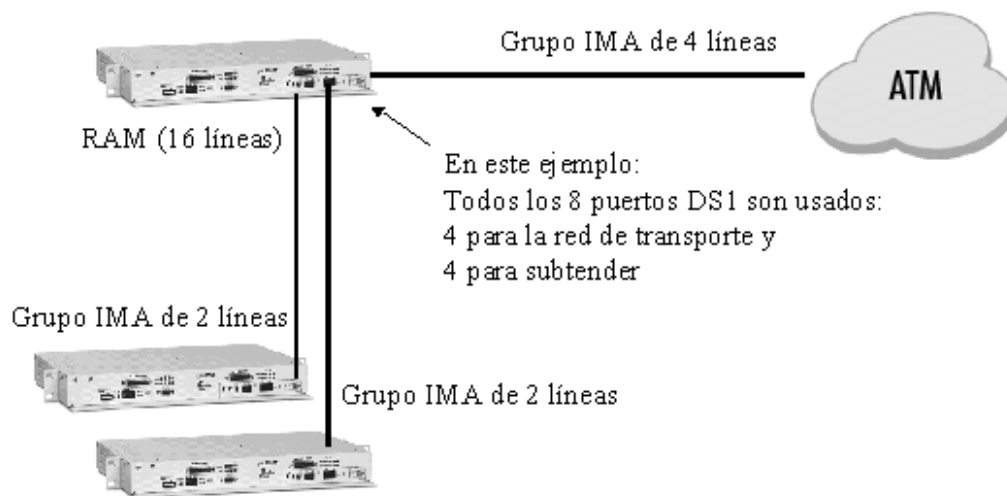
Figura 19. Escenario genérico del despliegue RAM



La mayoría de RAMs contienen dentro de ellos un switch ATM que soporta múltiples tipos de QOS (Calidad de Servicio), UBR (Tasa de Bits no especificada), CBR (Tasa de Bits Constante), VBR (Tasa de Bits Variable), etc. En algunos productos, los múltiples E1s

pueden usarse simultáneamente para el enlace de alta velocidad con la oficina central y para subtender otros RAMs, como se muestra en la figura 20.

Figura 20. Uso de los puertos del RAM para subtender y crear enlaces de alta velocidad



Este ejemplo soporta 48 suscriptores en 3 unidades de *rack*

5.2 SOLUCIÓN DE ACCESO INTEGRADA

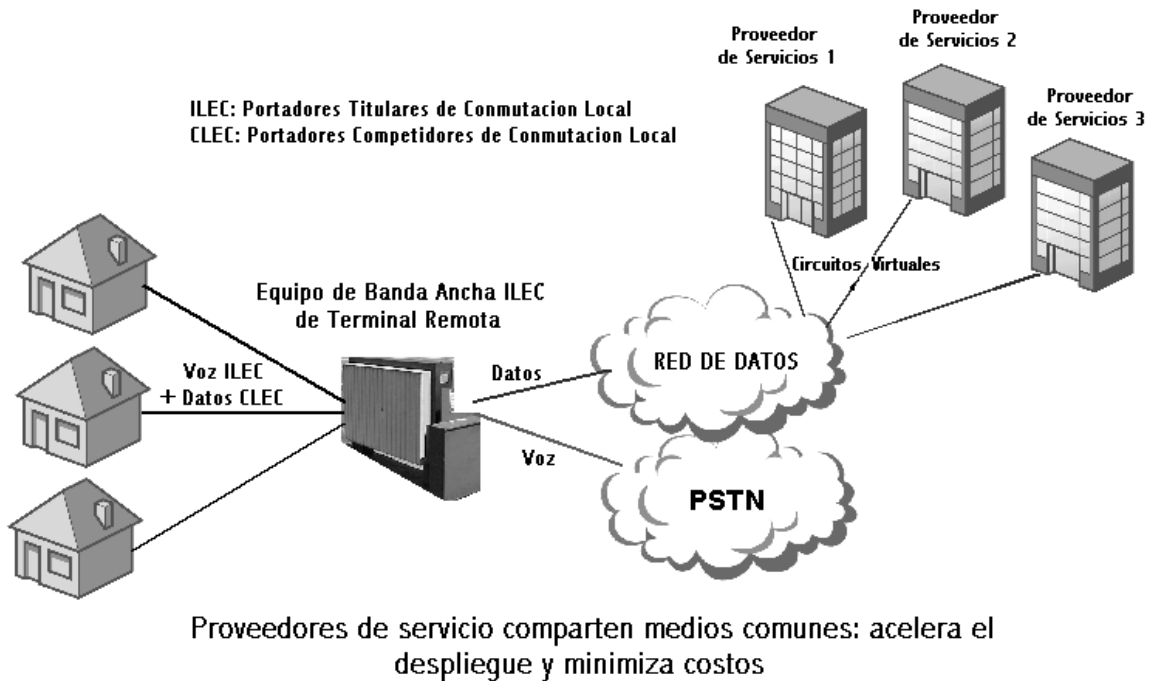
Esta sección esta dirigida a soluciones de acceso integradas de Voz + DSL que radicalmente mejoran el costo capital y operacional. Estas soluciones integradas consumen menos potencia eléctrica y proporcionan densidades más altas que las soluciones actuales, y ellas aceleran la instalación, aprovisionamiento y despliegue de servicios DSL. Inicialmente, los proveedores de servicio han desplegado DSL en la oficina central como

una red de cubierta o sobrepuesta, usando DSLAMs separados y *splitters* POTS para combinar servicios DSL en el lazo subscritor. Sin embargo, cuando las líneas DSL se incrementan y DSL se vuelve un servicio de masa, los proveedores de servicio necesitarán integrar la Banda angosta (voz) y los servicios DSL para optimizar sus costos de funcionamiento y acelerar el despliegue de DSL. Mientras estas soluciones de acceso integradas proporcionan beneficios significativos en el despliegue de DSL en la oficina central, el problema más grande que enfrentan los proveedores de servicio es la implementación de soluciones económicamente viables en la Terminal Remota (RT), ya que las oficinas centrales sirven áreas de 10.000 a 20.000 subscritores y pueden amortizar el capital y costos de inversión. Ese no es el caso con las RTs (el 80% de las RTs sirven áreas de menos de 672 subscritores).

El modelo de la figura 19 no se puede extender a las DLCs en la planta remota para servicios DSL en masa por las siguientes razones: limitaciones de espacio (las DLCs están localizadas en armarios exteriores, bóvedas, casetas o montados en postes. Por lo que no pueden albergar grandes DSLAMs), costos de capital (nuevos armarios, cemento, incremento en el consumo de energía), áreas de servicio pequeñas y velocidad de despliegue (instalaciones complejas, instalaciones de nuevos armarios, uso de concreto).

5.2.1 Tarjetas de líneas DLC. Las tarjetas de líneas POTS + DSL integradas habilitan a los proveedores de servicio a actualizar rápida y fácilmente la gran base instalada de DLCs para el servicio DSL. La arquitectura de la figura 21 ilustra la solución simple que las tarjetas de líneas POTS + DSL integradas permiten.

Figura 21. Modelo de despliegue DSL para tarjetas de línea digital



La tarjeta de línea POTS + DSL integrada encaja en la ranura de la tarjeta de línea DLC existente. Así se elimina cualquier complejidad y consumo de tiempo en las conexiones (debido a esto aumenta la confiabilidad ya que se reducen el número de puntos de falla de la red). Además, la tarjeta de línea POTS + DSL integrada elimina la necesidad de equipos adicionales, armarios adicionales, uso de concreto y todos los problemas relacionados con las soluciones anteriores. No hay cambios o impactos en las operaciones existentes de voz ILEC, mantenimiento o procedimiento.

El tráfico DSL se dirige a una nueva tarjeta común de interfaz de red ATM, puesta en una ranura disponible con acceso *backplane* (canal de alta velocidad) a cada tarjeta de línea. El

tráfico DSL es agregado en la tarjeta ATM e interfaces al sistema de transporte de la portadora a través de Els, DS-3 u OC-3. El tráfico DSL es llevado a alta velocidad a un Dispositivo de Concentración Óptico (OCD) en la Oficina Central. El tráfico DSL es desempaquetado en el OCD (el cual es amortizado sobre todos los subscriptores en área de servicio) y disponible para el ILEC y los portadores competitivos a través de circuitos virtuales permanentes (PVCs).

CONCLUSIONES

¿Porque ADSL y no fibra óptica, canales dedicados o cable *modem*? ADSL se ajusta perfectamente para Internet y acceso LAN remoto debido al conjunto de características o servicios de datos que ofrece. No es sólo ancho de banda, es un habilitador de aplicaciones que transformarían la misma Internet y redes empresariales. ADSL se puede adaptar a condiciones de línea variantes para ofrecer el mejor desempeño posible. No todas las líneas de cobre son iguales. ADSL no sólo ofrece más ancho de banda de Internet sino también una variedad de velocidades.

Con 750 millones de líneas de cobre instaladas en todo el mundo, ADSL empieza adelante de los productos de acceso (reusó de las líneas de cobre) compitiendo con el cable *modem*, fibra óptica, y satélite que exigen inversiones grandes en infraestructura para alcanzar la omnipresencia de los pares de cobre.

ADSL proporciona un servicio dedicado encima de una sola línea telefónica; el cable *modem* y la fibra óptica ofrecen un servicio dedicado encima de un medio de comunicación compartido. Mientras el cable *modem* tiene capacidades de *downstream* mayores (30 Mbps), ese ancho de banda es compartido entre todos los usuarios en una línea, y variará por consiguiente, quizás dramáticamente, cuantos más usuarios en un barrio se pongan en línea al mismo tiempo.

Para que las compañías de televisión por cable de Cartagena puedan prestar el servicio cable modem tienen que enriquecer muchísimo más su planta de cable coaxial y mejorar las condiciones de la ya existente (sin cambios de impedancia, empalmes, etc.), necesitando una inversión de capital elevada. Por eso ADSL es la solución ideal para los servicios de banda ancha en Cartagena.

En resumen DSL es comparativamente barato porque corre en las redes de cobre que ya están en el lugar. Los proveedores de servicio pueden evitar el gasto de poner fibra o cable coaxial, permitiéndole al operador que ofrece los servicios de gran velocidad a un precio más bajo que si ellos deciden invertir y desplegar los nuevos medios de transmisión. Además, ADSL proporciona confiabilidad y redundancia más alta con los múltiples pares de cobre en la red. Los costos de mantenimiento son más bajos que los de cable coaxial y fibra óptica con las nuevas herramientas de soporte.

¿Cual es la diferencia entre ADSL y los canales dedicados? la practica normal de usar una línea dedicada es conectar mi LAN con 300 computadoras a la Internet, pero ¿puedo usar ADSL si mi ISP tiene esa tecnología y servicio?

ADSL es simplemente otra manera de transportar los bits de los datos. Entonces sí, puede usarse para proporcionar una línea dedicada con precios más bajos. De hecho en su forma simétrica (es decir, HDSL) ése es el interés primario y hoy se usa para simplemente eso. Ya que ADSL es asimétrico puede usarse para proporcionar una línea arrendada que es asimétrica (diferenciándose del tráfico de E1 (simétrico) existente).

¿Sin embargo, que pasa si el usuario ya tiene disponible, o puede acceder a una planta rica en fibra o cable coaxial en el lazo local? En este caso, para una planta moderna en buenas condiciones, el costo de instalación podría ser tan bajo como el costo del propio equipo, entonces la tecnología ADSL proporcionaría menos valor de lo que ellos hacen a un usuario con una planta de cobre.

¿Qué hay sobre inalámbrico y satélite? Estas tecnologías se diseñan para evitar las molestias de proporcionar un alambre a cada usuario. Ellos pueden evitar teóricamente la construcción y reconstrucción de infraestructura en el último kilómetro. Sin embargo, estas tecnologías entran en la red alamburada. Más del 50% de las nuevas centrales celulares en EE.UU. hoy se conecta con HDSL. Como la demanda para los sistemas celulares crece, la demanda para el ancho de banda alamburado de los sitios celulares también aumenta. Así los sistemas inalámbricos son sinergia con las soluciones del xDSL en sus conexiones de último kilómetro al *backbone* de la red, y competir en sus conexiones de último kilómetro al usuario final.

Para ayudar a masificar ADSL en Cartagena se podría poner a disposición de cualquier persona *modems* ADSL PCI para uso interno en PCs y con precios tan bajos como los de un *modem* de 56K, además saldría mas barato el servicio de ADSL ya que el usuario podría auto configurar el *modem* ADSL.

En Cartagena el acceso conmutado a Internet cuesta \$35.000 mas IVA y además de eso hay que sumar el cargo por consumo telefónico, entonces, si una persona permanece 3 horas

diarias en Internet el cargo mensual sería la suma de \$35.000 + \$5600 (IVA 16%) + \$20.000 (90 horas mensuales con tarifa plana), lo cual da un total de \$60.600 pesos mensuales a través del proveedor ENRED. Si esa persona decide contratar un canal dedicado tendría que pagar USD\$300 como cargo de conexión Internet más un cargo básico de uso mensual de USD\$200 (\$560.000 pesos a 2.800 el dólar) si es un canal de 64 Kbps con un rehusó de 6:1, con un rehusó de 2:1 son USD\$340 a través del proveedor DETEC S.A. Ahora, si decide un canal dedicado para edificios o conjuntos residenciales tendría que pagar un valor mensual de USD\$50 (\$140.000 pesos) por Apto y un valor por instalación de USD\$150 por Apto a través del proveedor ENRED. Si comparamos el costo mensual de un servicio ADSL para un solo computador y un canal de 128Kbps *downstream*/64Kbps *upstream* el cual cuesta \$100.000 pesos, nos damos cuenta que se obtiene mayor economía (teniendo en cuenta que 128 Kbps no se comparan con la velocidad de un modem de 56K, solo \$39.400 pesos de diferencia si solo se consumen 90 horas mensuales por concepto de llamadas locales utilizadas para acceder a Internet), velocidad, seguridad y utilizando la línea telefónica residencial sin dejar de recibir llamadas al utilizar el servicio de ADSL. En el cuadro 7 se resume lo anterior.

Cartagena cuenta con una ventaja, la cual es que por su Bahía pasa el sistema de anillo ARCOS (*Americas Region Caribbean Optical - Ring System*) el cual es un sistema de cable de fibra óptica submarina conectando U.S., Bahamas, Turks y Caicos, Republica Dominicana, Puerto Rico, Curaçao, Venezuela, Colombia, Panamá, Costa Rica, Nicaragua, Honduras, Belice y México. ARCOS utiliza la tecnología multiplexación por división de longitud de onda densa (DWDM) y SDH, actualmente

trabaja a 15 Gbps con un diseño de capacidad múltiple actualizada de 4 Tbps y una latencia menor a 70 mseg RTD (*Round Trip Delay*, Retraso de Viaje Redondo). ARCOS ofrece productos desde E1/T1 (2.048 / 1.554 Mbps) hasta STM-64 (9.953 Gbps) los cuales pueden contratar con precios no muy altos los proveedores de servicios de Cartagena para obtener una conexión a Internet confiable y de alto desempeño ya que esta diseñada con una disponibilidad del 99.97% del tiempo.

Cuadro 7. Tarifas y anchos de banda de distintos medios de acceso a Internet

| Medio de Acceso | Cargo de Conexión | Cargo Mensual | Ancho de Banda |
|--|-------------------|---------------|--|
| Acceso Conmutado | | \$60.600 | 56 Kbps |
| Canal Dedicado | USD\$300 | USD\$200 | 64 Kbps/6:1 |
| Canal Dedicado para edificios o conjuntos residenciales | USD\$150 | USD\$50 | Varía porque es un servicio encima de un medio de comunicación compartido por todos los Aptos. |
| ADSL | \$150.000 | \$100.000 | 128Kbps <i>downstream</i> /64Kbps <i>upstream</i> |

La empresa con mas dispositivos ADSL desplegados en todo el mundo es Cisco, ya que a través de la potencia de la tecnología Cisco IOS permiten a los proveedores de servicios y distribuidores aumentar los ingresos por servicios al admitir características de seguridad de clase empresarial, voz y datos integrados, clases de servicio diferenciadas y servicios de red gestionados con el software Cisco IOS. Estas características de valor añadido, junto con la capacidad de gestión y la comprobada confiabilidad de la tecnología de Cisco IOS, proporcionan la red de misiones críticas que necesitan las empresas. Además, los

proveedores de servicios y los distribuidores pueden utilizar su formación e inversiones en el software Cisco IOS para reducir los costos globales de sus negocios. Los servicios de seguridad de Cisco IOS proporcionan muchas tecnologías para ayudar a implementar una solución personalizada.

Para garantizar una instalación rápida del servicio ADSL es necesario realizar una precalificación rápida del par trenzado y así cumplir con certificaciones de calidad al cliente. Además, se le debe realizar un mantenimiento preventivo periódicamente para mantener la alta calidad del servicio.

La arquitectura de despliegue de las tarjetas de líneas POTS + DSL integradas es una aproximación rápida, simple y rentable para proporcionar servicio ADSL en forma masiva usando la misma infraestructura.

BIBLIOGRAFÍA

Revista colombiana de Telecomunicaciones. ADSL. 2001

DSL Forum, Digital Subscriber Line [online]. 2001. Disponible desde Internet:
www.dslforum.org

DSL Forum, xDSL Tutorial [online]. 2000. Disponible desde Internet: www.dslforum.org

Crecimiento de la DSL de Banda Ancha Global para el 2002 [online]. DSL Forum:
Londres, 2003. [11 Mayo 2003]. Disponible desde Internet: [www.dslforum.org/PressRoom/
news_dslgrowth_spanish_3.12.03.html](http://www.dslforum.org/PressRoom/news_dslgrowth_spanish_3.12.03.html)

Colombiatel [online]. Colombia [Enero 2000]. Disponible desde Internet:
www.cisco.com/global/LA/SNE/pc/colombiatel2.shtml

Adsl Metrotel [online]. Disponible desde Internet: www.metrotel.net.co

ADSL [online]. Disponible desde Internet: www.etb.com.co

Intermax [online]. Disponible desde Internet: www.telebucaramanga.com.co

ADSL [online]. Disponible desde Internet: www.telenarino.com.co

Reporte de Internet en Colombia [online]. Colombia: Diciembre 2002. Disponible desde Internet: www.ccit.org.co/pages/html/club/descargas/documentos/crt_internet_2002.pdf

Cisco Product Documentation [online]. Disponible desde Internet: <http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/>

Megaplex-2100/2104 *Modular Integrated Access Multiplexers* [online]. 2002. Disponible desde Internet: www.rad.com