

# **ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL**

## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**



### **TESIS DE GRADO**

**DISEÑO DE UNA RED PUBLICA DE BANDA ANCHA USANDO  
TECNOLOGIA ATM**

### **TESIS DE GRADO**

Previa la obtención del título de :

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD  
Especialización Electrónica**

Presentada por:

**DANNY BARONA VALENCIA  
DANNY MAZA OCHOA  
IVAN RODRIGUEZ ASQUI**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2002**

## **AGRADECIMIENTO**

Al Ing. LUIS ALFREDO MARIÑO director  
de Tesis. A los Ing: Sergio Flores, César  
Yépez y Freddy Macías, quienes con su  
valiosa experiencia nos ayudaron en la  
realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

*A Dios,*

*A mi familia,*

*A mis amigos.*

Iván Rodríguez Asqui

## **DEDICATORIA**

A MIS PADRES,

A MIS HERMANOS,

A MIS AMIGOS

DANNY BARONA VALENCIA

## **DEDICATORIA**

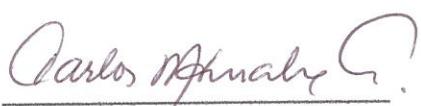
A DIOS

A MI FAMILIA Y

A MIS AMIGOS

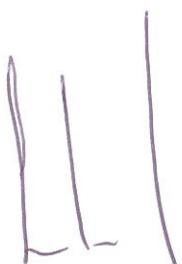
DANNY MAZA OCHOA

## TRIBUNAL DE GRADUACIÓN



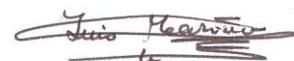
Ing. Carlos Monsalve A.

Subdecano de la FIEC



Ing. César Yépez

Miembro Principal



Ing. Luis Mariño

Director de Tesis



Ing. Sergio Flores

Miembro Principal

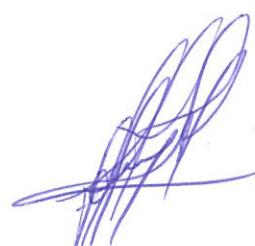
## DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

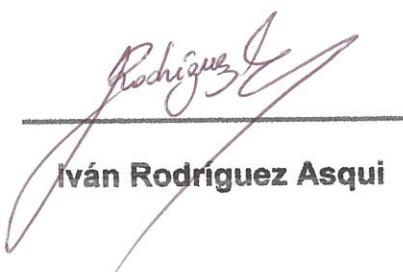
( Reglamento de Graduación de la ESPOL )



Danny Barona Valencia



Danny Maza Ochoa



Iván Rodriguez Asqui

## RESUMEN

El presente trabajo tiene como objetivo proponer una solución al problema que representa el acceso de usuarios residenciales y pequeñas y medianas industrias (PYME) a una red pública de banda ancha metropolitana. Dicha red está compuesta por las centrales telefónicas conmutadas propiedad de Pacifictel interconectadas por enlaces de fibra óptica utilizando topología de anillos SDH y conmutación ATM.

En su mayoría los usuarios desean accesar a la red Internet y/o redes corporativas con enlaces cada vez más rápidos debido a aplicaciones exigentes como transferencia de archivos, distribución de contenido multimedia, videoconferencia, teletrabajo, etc. Por tanto las redes telefónicas tradicionales que fueron diseñadas para tráfico de voz y llamadas de tres minutos en promedio podrían verse abrumadas en un futuro por el incremento de tráfico de datos y circuitos ocupados por largo tiempo. El método de acceso conocido como línea de subscriptor digital asimétrica (ADSL) es la alternativa estudiada con más énfasis en este proyecto, ya que por el mismo par de cobre que se accesa a la red pública se envía la voz y los datos a velocidades mucho mayores, y una vez en la central, el tráfico de voz es separado del de datos aliviando así la carga de los circuitos de voz.

En este proyecto se presenta la tecnología ADSL en los Capítulos 1 y 2 como solución a la red de acceso, posteriormente en los Capítulos 3 y 4 se hace un estudio de las tecnologías SDH y ATM. En el Capítulo 5 se presenta un estudio de la implementación de la red de banda ancha en el núcleo de la red pública. En el Capítulo 6 describimos los equipos necesarios para el desarrollo del sistema. Y finalmente en el Capítulo 7 se presenta un análisis de costos para que los proveedores de servicios puedan ofrecer servicios de Internet y acceso a los usuarios en un entorno de competencia que ofrezca mejores servicios a los usuarios.

## INDICE GENERAL

<b>DECLARACION EXPRESA .....</b>	<b>V</b>
<b>RESUMEN .....</b>	<b>VI</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>VIII</b>
<b>INDICE DE FIGURAS.....</b>	<b>XIV</b>
<b>INTRODUCCION .....</b>	<b>1</b>
<b>CAPITULO 1 TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE COBRE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL .....</b>	<b>5</b>
1.1    INTRODUCCIÓN.....	5
1.2    LÍNEA DE SUBSCRIPTOR DIGITAL.....	7
<b>CAPITULO 2 LÍNEA DE SUBSCRIPTOR DIGITAL ASIMÉTRICA ADSL..</b>	<b>10</b>
2.1    INTRODUCCIÓN.....	10
2.2    MODELO DE REFERENCIA DE ADSL.....	11
2.3    DESCRIPCIÓN DE LA MODULACIÓN ADSL.....	15
2.4    DSLAM: MULTIPLEXOR DSL DE ACCESO .....	23
2.5    ATM SOBRE ADSL .....	24
2.6    ASOCIACIONES Y ESTANDARIZACIÓN DE ADSL .....	28
2.7    MODELOS PARA OFRECER SERVICIOS .....	30

<b>CAPITULO 3 JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA SDH.....</b>	<b>31</b>
3.1    INTRODUCCION.....	31
3.2    JERARQUÍAS DE MULTIPLEXACIÓN.....	32
3.3    MULTIPLEXACION PLESIÓCRONA.....	34
3.4    LIMITACIONES DE PDH.....	35
3.5    MULTIPLEXACIÓN SÍNCRONA (SDH).....	36
3.6    VENTAJAS DE SDH.....	37
3.7    ESTRUCTURA NUMÉRICA DE LAS SEÑALES EN SDH .....	39
3.7.1    EL STM-1 .....	39
3.7.1.1    CARACTERISTICA DE LA TRAMA STM-1 .....	40
3.7.1.2    ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1.....	41
3.7.1.3    LA UNIDAD ADMINISTRATIVA AU-4.....	43
<b>CAPITULO 4 MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO ATM .....</b>	<b>46</b>
4.1    INTRODUCCION.....	46
4.2    FUNDAMENTOS .....	47
4.3    CELDAS ATM.....	49
4.3.1    VPI Y VCI .....	51
4.4    MODELO DE REFERENCIA ATM.....	53
4.4.1    PLANO C .....	54
4.4.2    PLANO U .....	54
4.4.3    PLANO M .....	54
4.4.4    NIVEL FISICO.....	54
4.4.5    NIVEL ATM .....	55

4.4.5.1	CONEXIÓN DE CAMINO VIRTUAL (VPC).....	56
4.4.6	NIVEL DE ADAPTACION ATM (AAL) .....	59
4.5	CLASES DE SERVICIOS .....	60
4.5.1	VELOCIDAD BINARIA CONSTANTE (CBR) .....	63
4.5.2	VELOCIDAD BINARIA VARIABLE (VBR).....	64
4.5.3	DATOS ORIENTADOS A CONEXIÓN.....	65
4.5.4	DATOS SIN CONEXIÓN .....	66
4.5.5	AAL5 .....	67
4.6	APLICACIONES .....	69
4.6.1	REDES DE EMPRESAS HOMOGÉNEAS.....	69
4.6.2	GRUPOS DE TRABAJOS VIRTUALES .....	69
4.6.3	DESARROLLOS EN COLABORACIÓN.....	70
4.6.4	COMPUTACIÓN DISTRIBUIDA CON USO INTENSIVO DE ANCHO DE BANDA .....	70
4.6.5	VÍDEO CONFERENCIA DE SOBREMESA MULTIVENTANA.....	71
4.6.6	SOPORTE Y FORMACIÓN REMOTA .....	71
4.7	CONCLUSIÓN.....	72
<b>CAPITULO 5</b>	<b>DISEÑO DE LA RED.....</b>	<b>73</b>
5.1	CONSIDERACIONES DE DISEÑO .....	73
5.2	OPCIONES TÉCNICAS PARA EL ACCESO COMPARTIDO .....	75
5.3	RED DE TRANSPORTE.....	78
5.4	UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS ANILLOS SDH .....	79
5.5	PROVEEDORES DE SERVICIOS.....	81
5.6	USUARIOS .....	81

5.7	ABONADOS TELEFONICOS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL ...	81
5.7.1	USUARIOS CONSIDERADOS PARA EL DISEÑO .....	83
5.8	CALCULO DE ENLACES POR CENTRAL.....	83
5.9	CONSIDERACIONES PARA EL SWITCH ATM.....	84
5.10	DESCRIPCIÓN DEL ENLACE CENTRAL TELEFÓNICA-SWITCH ATM	85
5.11	DESCRIPCIÓN DEL ENLACE ISP-CENTRAL TELEFÓNICA .....	86
<b>CAPITULO 6</b>	<b>EQUIPOS PARA EL PROYECTO.....</b>	<b>88</b>
6.1	INTEGRACIÓN ADSL EN EL ALCATEL 1000 E10 .....	88
6.1.1	SERVICIOS.....	90
6.1.2	ARQUITECTURA.....	90
6.1.3	INTERCONEXIÓN DE LOS CONCENTRADORES DE ABONADOS (CN)	91
6.1.4	UNIDAD TERMINAL ADSL (UT ADSL).....	93
6.1.5	SUPERVISIÓN .....	95
6.2	SWITCH PRINCIPAL.....	97
6.2.1	SWITCH MULTISERVICIO MAINSTREETXPRESS 36170 .....	97
6.2.2	ARQUITECTURA MODULAR .....	98
6.2.3	RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS .....	99
6.3	EQUIPOS DE USUARIO .....	100
6.3.1	DESCRIPCIÓN DEL MÓDEM SPEED TOUCH OFFICE DE ALCATEL..	100
6.3.2	VENTAJAS DE DMT.....	100
6.3.3	CABLEADO DEL ATU-R SPEED TOUCH OFFICE DE ALCATEL .....	103
6.3.4	SIGNIFICADO DE LOS LEDS DEL ATU-R SPEED TOUCH OFFICE DE ALCATEL.....	104

6.3.5 CONFIGURACIÓN DE UN PC PARA QUE OBTENGA SU DIRECCIÓN IP POR DHCP.....	108
6.3.5.1 PC CON WINDOWS NT .....	109
6.3.5.2 PC CON WINDOWS 95 .....	112
6.3.5.3 PC CON WINDOWS 98 .....	115
<b>CAPITULO 7 ANALISIS DE MERCADO.....</b>	<b>119</b>
7.1 ANÁLISIS DE MERCADO DE ACCESO DE INTERNET DE BANDA ANCHA.....	120
7.1.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO.....	121
7.1.2 SUSTITUCIÓN ENTRE ALTA Y BAJA VELOCIDAD.....	121
7.2 ANÁLISIS DE MERCADO DE SERVICIOS DE INTERCONEXIÓN .....	128
7.2.1 INTERCONEXIÓN .....	128
7.2.2 PRODUCTOS DE BACKHAUL .....	129
7.2.3 ANÁLISIS DEL MERCADO DE INTERCONEXIÓN.....	132
7.3 CONCLUSIONES .....	136
<b>CAPITULO 8 ANALISIS DE COSTOS.....</b>	<b>138</b>
8.1 PRINCIPIOS DE PRECIOS PARA LOS BUCLES COMPARTIDOS .....	138
8.2 RECUPERACIÓN DE LOS COSTOS COMUNES DE LOS BUCLES COMPARTIDOS.....	139
8.2.1 COSTOS INCREMENTALES, COSTOS CONJUNTOS Y COSTOS COMUNES .....	139

8.2.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS COSTOS COMUNES.....	141
8.3 DETERMINACIÓN DE LOS CARGOS DEL ACCESO	
COMPARTIDO .....	148
8.3.1 PRINCIPIOS DE LOS CARGOS DEL ACCESO COMPARTIDO.....	148
8.3.2 COMPOSICIÓN DE LOS CARGOS DEL ACCESO COMPARTIDO.....	150
8.3.2.1 NATURALEZA DE LOS CARGOS .....	150
8.3.2.2 COMPOSICIÓN DE LOS CARGOS .....	152
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	156
<b>BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>159</b>

## INDICE DE FIGURAS

FIGURA 1-1 CONEXIÓN VÍA MODEM	5
FIGURA 2-1 MODELO DE REFERENCIA DEL SISTEMA	11
FIGURA 2-2 ENLACE ADSL	17
FIGURA 2-3 FUNCIONAMIENTO DEL SPLITTER	17
FIGURA 2-4 MODULACIÓN ADSL DMT CON FDM	19
FIGURA 2-5 MODULACIÓN ADSL DMT CON CANCELACIÓN DE ECOS	19
FIGURA 2-6 CAUDAL MÁXIMO (KBPS) DE LOS MÓDEMS ADSL EN FUNCIÓN DE LA LONGITUD DEL BUCLE DE ABONADO	23
FIGURA 2-7 DSLAM	24
FIGURA 2-8 DSLAM ATM	27
FIGURA 2-9 TORRE DE PROTOCOLOS CON ATM SOBRE ADSL	28
FIGURA 2-10 MODELOS PROPUESTOS POR EL ADSL FORUM PARA LA PRESTACIÓN DE SERVICIOS CON ACCESO ADSL	30
FIGURA 3-1 JERARQUÍAS DIGITALES PDH	34
FIGURA 3-2 MULTIPLEXACIÓN PDH	35
FIGURA 3-3 MULTIPLEXACIÓN SINCRÓNICA (SDH)	37
FIGURA 3-4 TRAMA STM-1	39
FIGURA 3-5 ESTRUCTURA DE LA UNIDAD ADMINISTRATIVA AU - 4	43
FIGURA 3-6 ESTRUCTURA INTERNA DE KA AU-4	45
FIGURA 4-1 FUNCIONAMIENTO DE UN NODO ATM	47
FIGURA 4-2 CELDA ATM	49

FIGURA 4-3 CABECERA DE LA CELDA ATM	50
FIGURA 4-4 TABLAS DE ENCAMINAMIENTO	52
FIGURA 4-5 MODELO DE REFERENCIA ATM	53
FIGURA 4-6 PILA DE PROTOCOLOS ATM	57
FIGURA 4-7 FORMATOS UNI Y NNI	58
FIGURA 4-8 SERVICIOS PROPORCIONADOS POR ATM	61
FIGURA 4-9 FORMATO DEL SEGMENTO CBR	63
FIGURA 4-10 FORMATO DEL SEGMENTO VBR	64
FIGURA 4-11 FORMATO DEL SEGMENTO CON CONEXIÓN	66
FIGURA 4-12 FORMATO DEL SEGMENTO SIN CONEXIÓN	67
FIGURA 5-1 BUCLE LOCAL EN LA CENTRAL ANTES DE INTRODUCIR ADSL	75
FIGURA 5-2 OPCIÓN 1 PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ADSL	76
FIGURA 5-3 OPCIÓN 2 PARA LA PROVISIÓN DE SERVICIOS ADSL	77
FIGURA 5-4 ANILLOS SDH	80
FIGURA 5-5 CONEXIONES	87
FIGURA 6-1 CONFIGURACIÓN DE LA RED	89
FIGURA 6-2 ARQUITECTURA GLOBAL	91
FIGURA 6-3 INTERCONEXIÓN ENTRE CNLMM	92
FIGURA 6-4 VISTA FUNCIONAL DE LA UT ADSL	94
FIGURA 6-5 CONFIGURACIÓN DE LA RED DE SUPERVISIÓN	95
FIGURA 6-6 36170 SWITCH MULTISERVICIO MAINTSTREETXPRESS	98

FIGURA 6-7 VISTA POSTERIOR DEL EQUIPO ADSL DE USUARIO SPEED TOUCH OFFICE DE ALCATEL	104
FIGURA 6-8 LEDS EN EL FRONTAL DEL SPEED TOUCH OFFICE	104
FIGURA 6-9 CONFIGURACIÓN TCP/IP	110
FIGURA 6-10 OBTENCIÓN DE DIRECCIÓN IP	111
FIGURA 6-11 CONFIRMACIÓN DE LA OBTENCIÓN DE DIRECCIÓN IP POR DHCP (WNT)	112
FIGURA 6-12 PROTOCOLO TCP-IP	113
FIGURA 6-13 ESPECIFICACIÓN DE DIRECCIÓN IP	113
FIGURA 6-14 MENÚ DE RED (W98)	115
FIGURA 6-15 DIRECCIÓN IP Y MÁSCARA DE SUBRED	116
FIGURA 6-16 MENÚ DEL PROTOCOLO TCP/IP (W98)	117
FIGURA 6-17 OBTENCIÓN DE DIRECCIÓN IP MEDIANTE DHCP (W98)	118
FIGURA 7-1 CONFIGURACIÓN DEL BUCLE LOCAL	130
FIGURA 7-2 ESQUEMA DE LA CONFIGURACIÓN DE RED DE UN OPERADOR DE BANDA ANCHA	131
FIGURA 7-3 MERCADOS DE SERVICIOS DE BANDA ANCHA E INTERCONEXIÓN	133

## INTRODUCCION

La liberalización de los mercados constituye una pieza clave de la política económica desarrollada por los Gobiernos que se ha hecho patente, de manera particular, en el sector de las telecomunicaciones, por cuanto este sector se constituye como elemento dinamizador y de mejoramiento de la competitividad de los restantes sectores de la economía.

Para alcanzar una situación de mayor competencia resulta imprescindible que exista simultáneamente una mayor apertura en todos los elementos que componen la cadena de provisión de servicios de telecomunicaciones. La presencia de segmentos en dicha cadena en los que no existen posibilidades de elección, o éstas se presentan de modo limitado ocasiona que no exista un dinamismo de mercado en igual medida que en los segmentos donde sí existe competencia efectiva disminuyendo los estímulos para la adopción de los avances tecnológicos.

El acceso por operadores autorizados al bucle de abonado de la red pública telefónica fija de los operadores dominantes, permitirá la prestación más competitiva de servicios de telecomunicaciones de alta velocidad, propiciando que la innovación tecnológica se extienda de manera más rápida.

Se considera operadores dominantes a los operadores designados con peso significativo del mercado de la telefonía vocal y sobre el servicio universal de Telecomunicaciones, para el caso ecuatoriano PACIFICTEL Y ANDINATEL.

La provisión del acceso completamente desagregado al bucle de abonado se entiende que los operadores dominantes están obligados a satisfacer otras formas de acceso, incluyendo el acceso compartido al bucle de abonado, y que dichos operadores deberán observar el principio de no-discriminación cuando utilicen la red pública telefónica fija para prestar servicios de alta velocidad a terceros, aplicando las mismas condiciones que a sus propios servicios.

Mientras este desarrollo de tecnología promoverá una efectiva competencia en la provisión de servicios de banda ancha, se considera que algunas barreras de mercado entrarían también a existir. Con un bucle de esas características, el usuario desearía adquirir servicios de banda ancha del mismo proveedor de servicios de voz o requerir de una segunda línea para tales servicios de un operador alternativo. Por ejemplo si un usuario desease mantener su proveedor de servicio de voz para tales fines, tendrá que incurrir a un costo de instalación de una línea adicional para obtener servicios de banda ancha de otro operador.

Con la introducción del acceso compartido o línea compartida se ayuda a quitar esas barreras y dar mejores opciones a los consumidores. El acceso

compartido permite a los operadores arrendar solamente el espectro de altas frecuencias del bucle local para proveer servicios de datos de alta velocidad, de tal modo que los consumidores adquieran servicios de datos de un operador de la competencia mientras que conserva el servicio de voz del proveedor del bucle local, sin tener que conseguir una línea adicional.

Los beneficios del acceso compartido promueven el uso eficiente de los recursos existentes, incrementa la competencia en la provisión de servicios de banda ancha, mientras genera solamente costos limitados.

El acceso compartido requiere del uso de divisores de línea (splitters) para dividir el espectro de frecuencias. Hay dos posibles arreglos. En el primero el proveedor dominante es dueño del splitter y arrienda el espectro de frecuencias altas al otro operador. Y en el segundo el proveedor de servicios de banda ancha es dueño del splitter y arrienda las frecuencias de telefonía de voz al dominante.

Los operadores de telecomunicaciones acceden o al espectro de frecuencias altas de los bucles de abonado o a la banda de frecuencia de voz. Esto es lo que se llama acceso compartido. Los operadores autorizados proveen servicios de datos de alta velocidad sobre el espectro de alta frecuencia, mientras que el operador dominante provee servicios de voz sobre las bajas.

La habilitación del bucle local para acceso compartido facilita la competencia entre otros operadores de telecomunicaciones para arrendar tal bucle de telefonía fija e instalar equipos en las centrales. Mediante el upgrade de estas líneas, usando tecnologías DSL, los operadores pueden entregar servicios de datos de banda ancha directamente a los usuarios, incentivando así la competencia.

Para regular los cargos del acceso compartido se deben aplicar los mismos principios de cargos que son utilizados para el bucle estándar. Específicamente para regular el acceso compartido es hallar como dividir los costos comunes del bucle entre las porciones de baja y alta frecuencia. Una propuesta puede ser que estos costos comunes sean completamente atribuidos a la porción de la línea usada para proveer servicios de telefonía de voz.

# CAPITULO 1

## TECNOLOGÍAS DE ACCESO DE COBRE EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

### 1.1 INTRODUCCIÓN

El término módem es una sigla que significa MOdulador/DEModulador. Un módem permite a dos computadoras comunicarse usando la red telefónica conmutada pública (PSTN, public switched telephone network) que para el caso de Guayaquil es de propiedad de Pacifictel. Esta red puede transportar sólo sonidos, así que los modems necesitan traducir la información digital de la computadora en una serie de tonos audibles que pueden ser transportados sobre las líneas telefónicas. La red trata estas señales igual que señales de voz. Cuando los sonidos llegan a su destino, éstos son demodulados y cambiados nuevamente en información digital para la computadora receptora.

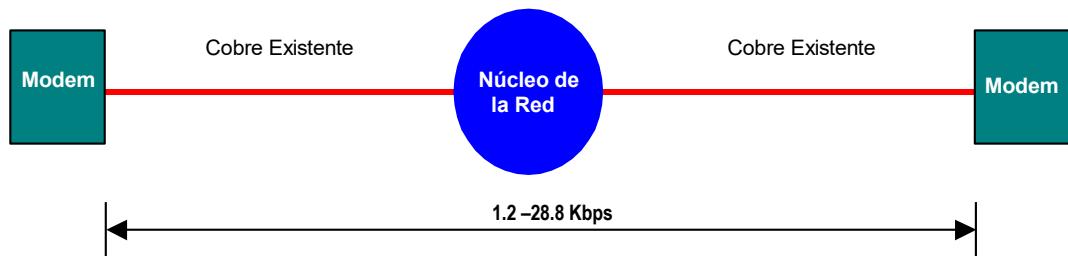


Figura 1-1 Conexión vía Modem

Todos los módems usan alguna forma de corrección y compresión de errores. Los algoritmos de compresión mejoran la salida de dos a cuatro veces. La corrección de errores examina la integridad de la información que llega y solicita retransmisión de un paquete cuando detecta problemas.

Todos estamos acostumbrados a los modems de datos de banda vocal. Dichos modems en el presente transmiten hasta 28.8 kbps sobre una línea telefónica común, aunque el límite práctico hace 20 años era 1.2 kbps. Nadie creyó que se pudiera llegar a 33.6 kbps en el futuro. El ancho de banda de la banda de voz no excede los 3.3 kHz. Modems como V.34 alcanzan 10 bits por Hertz de ancho de banda, una figura asombrosa que se acerca a los límites teóricos. No sólo eso, los modems V.34 transmiten y reciben simultáneamente, en la misma banda y se los consigue por menos de \$200. A pesar de su baja velocidad, pueden ser conectados inmediatamente donde sea que haya una línea telefónica, y hay cerca de 600 millones de dichos lugares.

Las limitaciones de ancho de banda de las líneas de banda de voz no vienen de la línea del subscriptor. Vienen del núcleo de la red. Filtros en la frontera del núcleo de la red limitan el ancho de banda de voz a 3.3 kHz. Sin filtros, las líneas de acceso de cobre pueden pasar frecuencias a la región de los MHz, aunque con atenuación considerable. En efecto, la atenuación, que se incrementa con la longitud de la línea y la frecuencia, limita la velocidad so-

bre una línea de par trenzado. Los límites prácticos *en una dirección* comparada con la longitud de la línea (diámetro 24) son:

DS1 (T1)	1.544 Mbps	18,000 pies
E1	2.048 Mbps	16,000 pies
DS2	6.312 Mbps	12,000 pies
E2	8.448 Mbps	9,000 pies
1/4 STS-1	12.960 Mbps	4,500 pies
1/2 STS-1	25.920 Mbps	3,000 pies
STS-1	51.840 Mbps	1,000 pies

## 1.2 LÍNEA DE SUBSCRIPTOR DIGITAL

La Línea de Subscriptor Digital (DSL: Digital Subscriber Line) es una tecnología de modems que utiliza las líneas telefónicas de par trenzado existentes para transportar datos de gran ancho de banda, como multimedia o video, a los abonados del servicio. El término xDSL cubre un número de formas de DSL aún en competencia, incluyendo ADSL, SDSL, HDSL, RADSL, y VDSL. xDSL llama la atención a los proveedores de servicio porque promete entregar datos de gran ancho de banda a localidades dispersas con cambios relativamente pequeños a la infraestructura de telecomunicaciones existente. Los servicios xDSL son dedicados, punto a punto, accesados mediante el cable

de cobre de la última milla de redes públicas a la central de un proveedor de servicios de red (network service provider, NSP), o en lazos locales creados ya sea entre edificios o entre campus.

Dependiendo de la versión discutida, DSL tiene limitaciones de distancia. El cliente debe estar dentro de cierto número de kilómetros a la oficina central (CO). ADSL es disponible hasta 3.6 Km, SDSL (línea de subscriptor digital simétrica) hasta 5.5 Km, y una versión de DSL como ISDN (IDSL) puede alcanzar hasta 9 Km. La Tabla 1 provee información de las variaciones en la familia DSL.

Tipos de Servicios de Línea de Subscriptor Digital		
Tipo	Velocidad Promedio (Ascenso/Descenso)	Comentarios
ADSL	384 kbps/128kbps a 768/384 kbps son típicas, pero el descenso puede llegar de 1.5 Mbps a 9Mbps y subida de 64 kbps a 1.5 kbps	De alta orientación residencial. Descenso (carrier a cliente) es usualmente más rápido que el ascenso (cliente al carrier), soportando tipos de servicio típicamente vistos en aplicaciones residenciales/pequeñas y medianas industrias.
ADSL lite o G.lite	Velocidades de ADSL más bajas (384kbps/128kbps).	Una versión de baja velocidad de ADSL que extiende el estándar T1.413. Esta versión no usa splitter.

Consumer DSL (CDSL)	1.5 Mbps a 10 Mbps	Es una versión propietaria de DSL de Rockwell International.
Ethernet local loop (Etherloop)	1.5 Mbps a 10 Mbps	Es una versión propietaria de Nortel Networks. Utiliza técnicas DSL DMT con esfuerzos de ráfagas de paquetes como Ethernet.
HDSL	Velocidades de hasta 1.544 Mbps o 2.048 Mbps (ETSI) son posibles.	Es usado como un substituto de transmisiones E1/T1. Provee una ruta full-duplex simétrica y usa tecnologías de ISDN, desarrollada por Ascend.
IDSL	128 kbps	
Rate-adaptive DSL (RADSL)	Velocidades son ofrecidas en proporciones entre ascenso y descenso	Este servicio DSL puede ajustar su velocidad dependiendo de estadísticas de la calidad de la línea.
SDSL	Velocidades de 192 kbps hasta 1.1 Mbps son posibles.	Es una versión de dos hilos de HDSL para los negocios.
Very-high-bit-rate DSL (VDSL)	Velocidades mayores a 10 Mbps	Esta es una versión de lazo local corto de hasta 1 Km.

## **CAPITULO 2**

### **LÍNEA DE SUBSCRIPTOR DIGITAL ASIMÉTRICA ADSL**

#### **2.1 INTRODUCCIÓN**

La tecnología ADSL es asimétrica. Permite más ancho de banda en descenso, desde la central de un NSP hasta el abonado, que en ascenso, desde el abonado hasta la central. Esta asimetría, combinada con una conexión permanente (lo que elimina establecimiento de llamada), hace ADSL ideal para navegar en Internet, video sobre demanda, y acceso a LAN remotas. Los usuarios de estas aplicaciones típicamente bajan mucha más información de la que ellos envían.

ADSL transmite más de 6 Mbps al abonado, y tanto como 640 kbps en ambas direcciones. Tales velocidades expanden la capacidad de acceso existente por un factor de 50 o más sin nuevo cableado. ADSL puede literalmente transformar redes públicas existentes de una limitada a voz, texto, y gráficos de baja resolución a un poderoso, omnipresente sistema capaz de traer multimedia, incluido video, a cada hogar en este siglo.

ADSL jugará un papel crucial en un mercado desregulado mientras nuevas compañías telefónicas ingresan a nuevos mercados de entrega de información en formatos de video y multimedia. A nuevo cableado de banda ancha le

tomará décadas en alcanzar a todos los posibles clientes. El éxito de estos nuevos servicios dependerá en alcanzar tantos clientes como sea posible en los primeros años. Al traer películas, televisión, catálogos en video, CD-ROMs remotos, LAN corporativas, y el Internet a casas y pequeños negocios, ADSL hará estos mercados viables y rentables para compañías telefónicas y proveedores de aplicaciones similares.

## 2.2 MODELO DE REFERENCIA DE ADSL

Las siguientes definiciones son tomadas del Modelo de Referencia del Fórum ADSL.

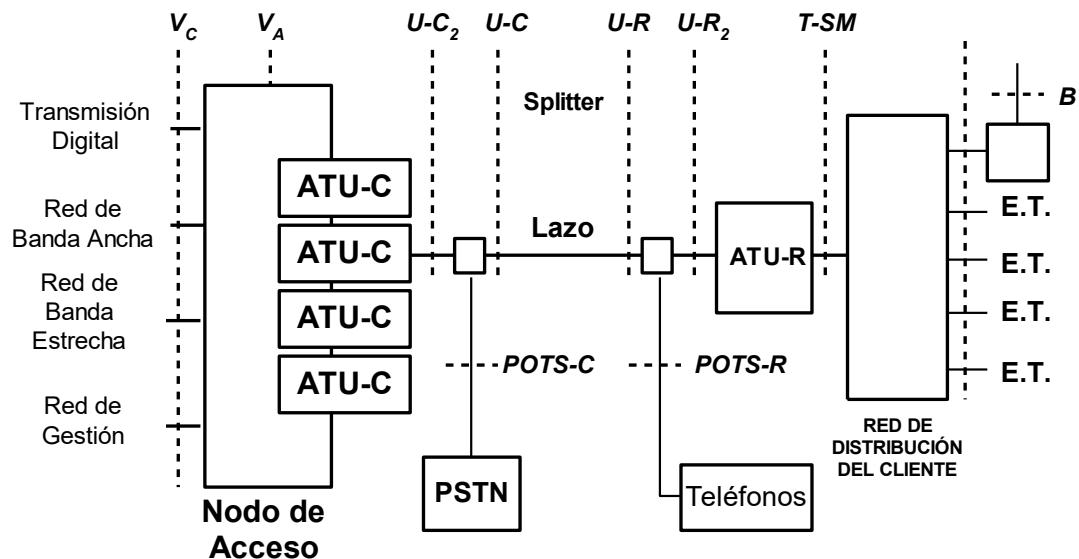


Figura 2-1 Modelo de Referencia del Sistema

**ATU-C:** Unidad de transmisión ADSL en el lado de la red. El ATU-C podría estar integrado con el Nodo de Acceso.

**ATU-R:** Unidad de transmisión ADSL en el lado de las instalaciones del clientes (Customer Premises End, CPE). El ATU-R podría estar integrado en un SM.

**Nodo de Acceso:** Punto de concentración de datos de banda ancha y banda estrecha. El Nodo de Acceso podría estar localizado en la Oficina Central o en un sitio remoto.

**B:** Entrada de datos auxiliar (como servicio satelital) al Modulo de Servicio (como una Set Top Box).

**Broadcast:** Entrada de datos de banda ancha en modo simplex (típicamente distribución de video).

**Red de Banda Ancha:** Sistemas de conmutación para velocidades mayores a 1.5/2.0 Mbps.

**Lazo:** Línea telefónica de cobre de par trenzado. Los lazos podrían diferir en distancia, diámetro, antigüedad, y características de transmisión dependiendo de la red.

**Red de Banda Estrecha:** Sistema de conmutación para velocidades a o debajo de 1.5/2.0 Mbps.

**POTS:** Servicio Telefónico Tradicional.

**POTS-C:** Interface entre la PSTN y el splitter de POTS de lado de la red.

**POTS-R:** Interface entre teléfonos y el splitter de POTS de lado del cliente.

**PDN:** Red de distribución del Cliente. Sistema para conectar el ATU-R a Módulos de Servicio. Podría ser punto a punto o multipunto, podría ser cableado pasivo o una red activa. Multipunto puede ser un bus o una estrella.

**PSTN:** Red Telefónica Pública Conmutada.

**SM:** Modulo de Servicio. Desempeña funciones de adaptación de terminal. Ejemplos son set top boxes, interfaces de PC, o ruteador LAN.

**Splitter:** Filtros que separan señales de altas frecuencias (ADSL) y bajas frecuencias (POTS) en el lado del cliente y de la red. El splitter podría estar integrado en el ATU, físicamente separado del ATU, o dividido entre paso alto y paso bajo, con la función de paso bajo físicamente separada del ATU. La provisión de splitters POTS y funciones relacionadas con POTS es opcional.

**T-SM:** Interface entre el ATU-R y la Red de Distribución del Cliente. Podría ser la misma que T cuando la red es alambrado pasivo punto a punto. Un ATU-R puede tener más de un tipo de interface T-SM implementada (eso es, una conexión T1-E1 y una conexión Ethernet). La interface T-SM puede estar integrada en el Modulo de Servicio.

**T:** Interface entre la Red de Distribución del Cliente y los Modulos de Servicio. Puede ser la misma que T-SM cuando la red es de alambrado pasivo punto a punto. Note que la interface T puede desaparecer a nivel físico cuando el ATU-R es integrado en un Módulo de Servicio.

**U-C:** Interface entre el Lazo y el Splitter de POTS en el lado de la red. Definir separadamente ambos lados de la interface del Lazo surge por la asimetría de las señales de la línea.

**U-C<sub>2</sub>:** Interface entre el splitter de POTS y el ATU-C. El estándar ANSI T1.413 no define tal interface y separar el splitter de POTS del ATU-C presenta algunas dificultades técnicas en estandarizar la interface.

**U-R:** Interface entre el Lazo y el Splitter de POTS en el lado del cliente.

**U-R<sub>2</sub>:** Interface entre el splitter de POTS y el ATU-R. El estándar ANSI T1.413 no define tal interface y separar el splitter de POTS del ATU-R presenta algunas dificultades técnicas en estandarizar la interface.

**V<sub>A</sub>:** Interface lógica entre el ATU-C y el Nodo de Acceso. Como esta interface estará frecuentemente en los circuitos de una misma tarjeta, el Forum ADSL no considera interfaces V<sub>A</sub> físicas. La interface V puede contener STM, ATM o ambos modos de transferencia. En el caso de conexión punto a punto entre un puerto de switch y un ATU-C (esto es, un caso sin concentración o multi-

plexación), entonces las interfaces  $V_A$  y  $V_C$  se vuelven idénticas (alternativamente, la interface  $V_A$  desaparece).

**$V_C$ :** Interface entre el Nodo de Acceso y la red. Puede tener múltiples conexiones físicas (como se muestra) aunque podría también llevar todas las señales a través de una única conexión física. Una portadora digital (SONET o SDH) puede ser interpuesta en la interface  $V_C$  cuando el nodo de acceso y el ATU-C estan localizados en un sitio remoto. La interface a la PSTN puede ser una interface de anillo universal o una interface de telefonía multiplexada como la especificada en Bellcore TR-08 o TR-303. EL segmento de banda ancha de la interface  $V_C$  puede ser conmutación STM, conmutación ATM, o conexiones de tipo de líneas privadas.

### **2.3 DESCRIPCIÓN DE LA MODULACIÓN ADSL**

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

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

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

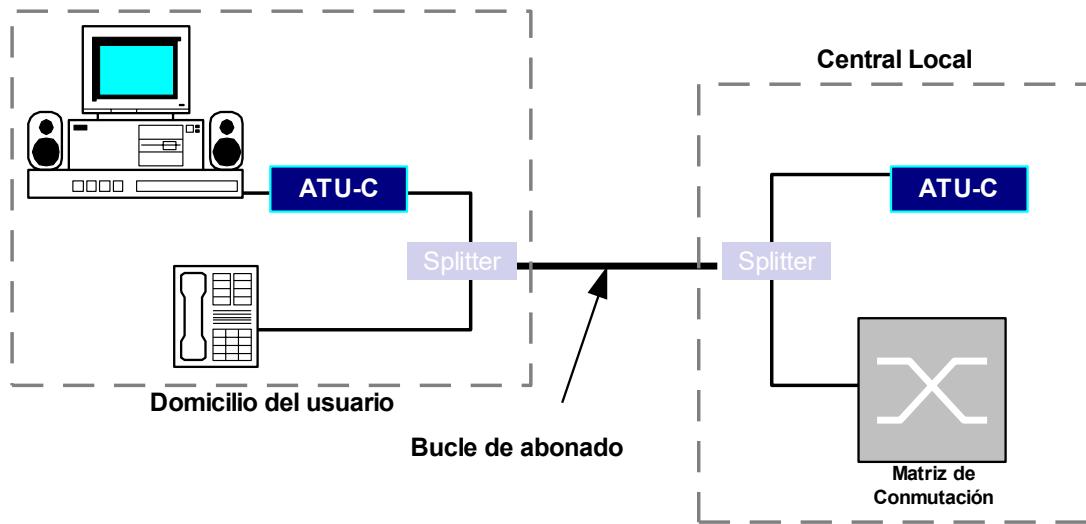


Figura 2-2 Enlace ADSL

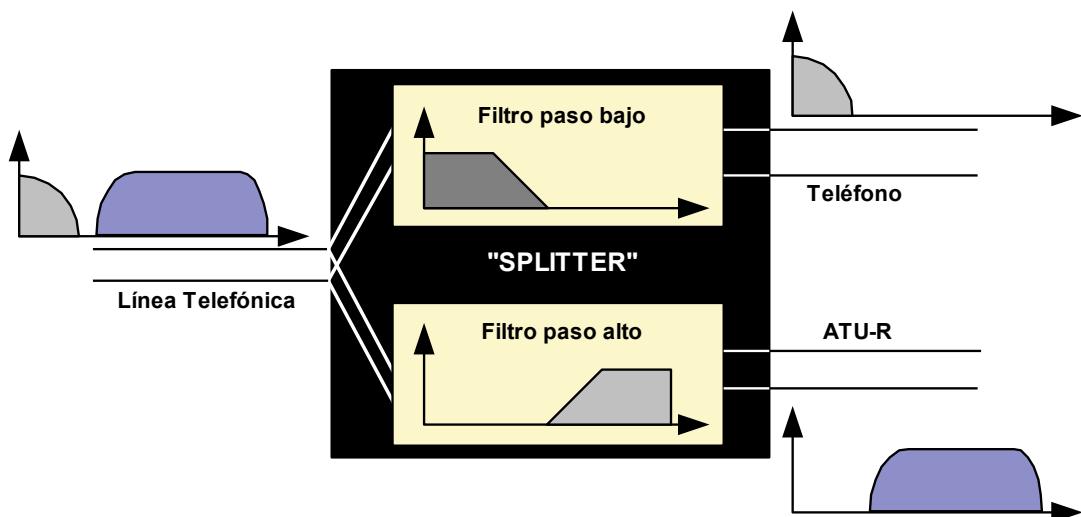


Figura 2-3 Funcionamiento del Splitter

En una primera etapa coexistieron dos técnicas de modulación para el ADSL: CAP ("Carrierless Amplitude/Phase") y DMT ("Discrete MultiTone"). Finalmente los organismos de estandarización (ANSI, ETSI e ITU) se han decantado por la solución DMT. Básicamente consiste en el empleo de múltiples portadoras y no sólo una, que es lo que se hace en los módems de banda

vocal. Cada una de estas portadoras (denominadas subportadoras) es modulada en cuadratura (modulación QAM) por una parte del flujo total de datos que se van a transmitir. Estas subportadoras están separadas entre sí 4,3125 KHz, y el ancho de banda que ocupa cada subportadora modulada es de 4 KHz. El reparto del flujo de datos entre subportadoras se hace en función de la estimación de la relación Señal/Ruido en la banda asignada a cada una de ellas. Cuanto mayor es esta relación, tanto mayor es el caudal que puede transmitir por una subportadora. Esta estimación de la relación Señal/Ruido se hace al comienzo, cuando se establece el enlace entre el ATU-R y el ATU-C, por medio de una secuencia de entrenamiento predefinida. La técnica de modulación usada es la misma tanto en el ATU-R como en el ATU-C. La única diferencia estriba en que el ATU-C dispone de hasta 256 subportadoras, mientras que el ATU-R sólo puede disponer como máximo de 32. La modulación parece y realmente es bastante complicada, pero el algoritmo de modulación se traduce en una IFFT (transformada rápida de Fourier inversa) en el modulador, y en una FFT (transformada rápida de Fourier) en el demodulador situado al otro lado del bucle. Estas operaciones se pueden efectuar fácilmente si el núcleo del módem se desarrolla sobre un DSP.

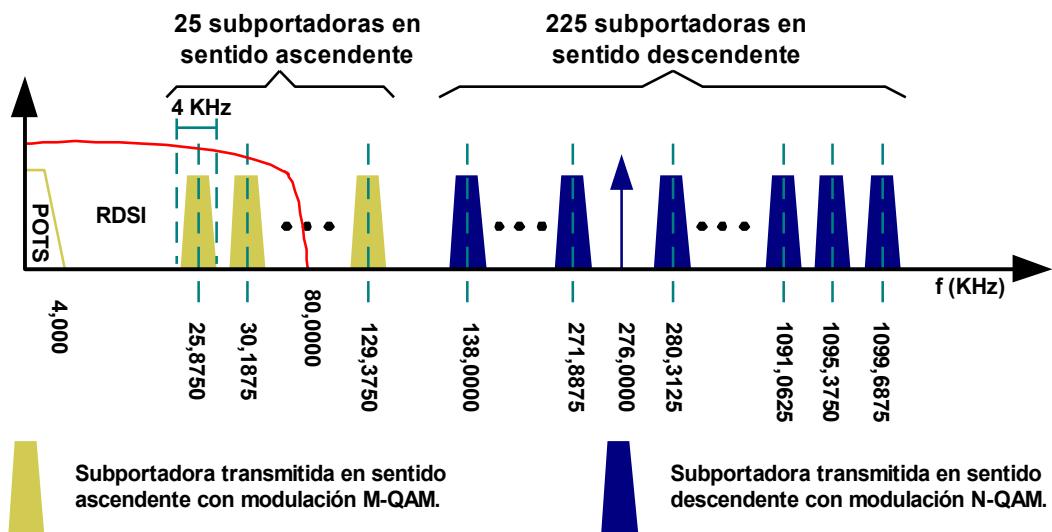


Figura 2-4 Modulación ADSL DMT con FDM

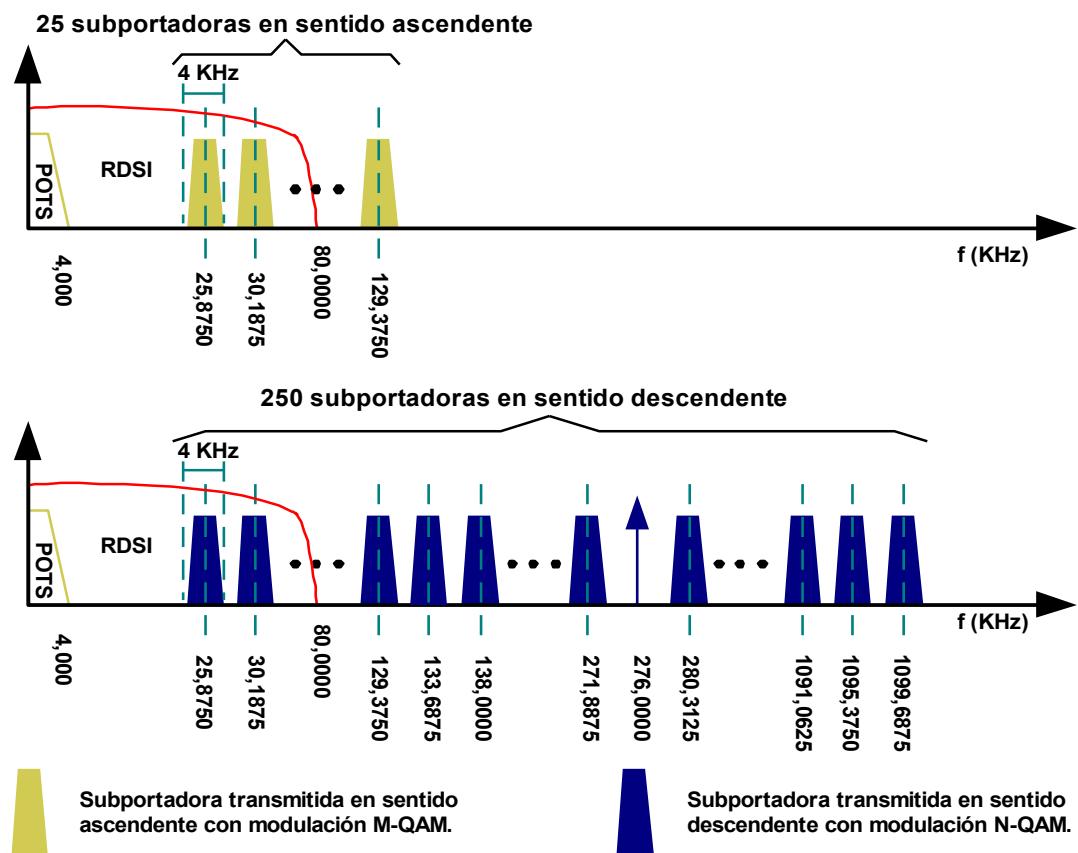


Figura 2-5 Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos

En general se siguen los siguientes pasos:

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

En las dos figuras anteriores se han presentado las dos modalidades dentro del ADSL con modulación DMT: FDM y cancelación de ecos. En la primera, los espectros de las señales ascendente y descendente no se solapan, lo que simplifica el diseño de los módems, aunque reduce la capacidad de transmisión en sentido descendente, no tanto por el menor número de subportadoras disponibles como por el hecho de que las de menor frecuencia, aquéllas para las que la atenuación del par de cobre es menor, no están disponibles. La segunda modalidad, basada en un cancelador de ecos para la separación de las señales correspondientes a los dos sentidos de transmisión, permite mayores caudales a costa de una mayor complejidad en el diseño

En la Figura 2-4: Modulación ADSL DMT con FDM y en la Figura 2-5: Modulación ADSL DMT con cancelación de ecos se muestran los espectros de las señales transmitidas por los módems ADSL tanto en sentido ascendente como descendente. Como se puede ver, los espectros nunca se solapan con la banda reservada para el servicio telefónico básico (POTS o "Plain Old Telephone Service"), y en cambio sí que se solapan con los correspondientes al acceso básico RDSI. Por ello el ADSL y el acceso básico RDSI son incompatibles.

En un par de cobre la atenuación por unidad de longitud aumenta a medida que se incrementa la frecuencia de las señales transmitidas. Y cuanto mayor es la longitud del bucle, tanto mayor es la atenuación total que sufren las señales transmitidas. Ambas cosas explican que el caudal máximo que se puede conseguir mediante los módems ADSL varíe en función de la longitud del bucle de abonado. En la Figura 2-6: Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado se representa la curva del caudal máximo en Kbps, tanto en sentido ascendente como descendente, que se puede conseguir sobre un bucle de abonado con un calibre de 0,405 mm., sin ramas multipladas. En la figura se representan las curvas con y sin ruido. La presencia de ruido externo provoca la reducción de la relación Señal/Ruido con la que trabaja cada una de las subportadoras, y esa disminución se traduce en una reducción del caudal de datos que modula a cada

subportadora, lo que a su vez implica una reducción del caudal total que se puede transmitir a través del enlace entre el ATU-R y el ATU-C.

Hasta una distancia de 2,6 Km de la central, en presencia de ruido (caso peor), se obtiene un caudal de 2 Mbps en sentido descendente y 0,9 Mbps en sentido ascendente. Esto supone que en la práctica, teniendo en cuenta la longitud media del bucle de abonado en las zonas urbanas, la mayor parte de los usuarios están en condiciones de recibir por medio del ADSL un caudal superior a los 2 Mbps. Este caudal es suficiente para muchos servicios de banda ancha, y desde luego puede satisfacer las necesidades de cualquier internauta, teletrabajador así como de muchas empresas pequeñas y medianas.

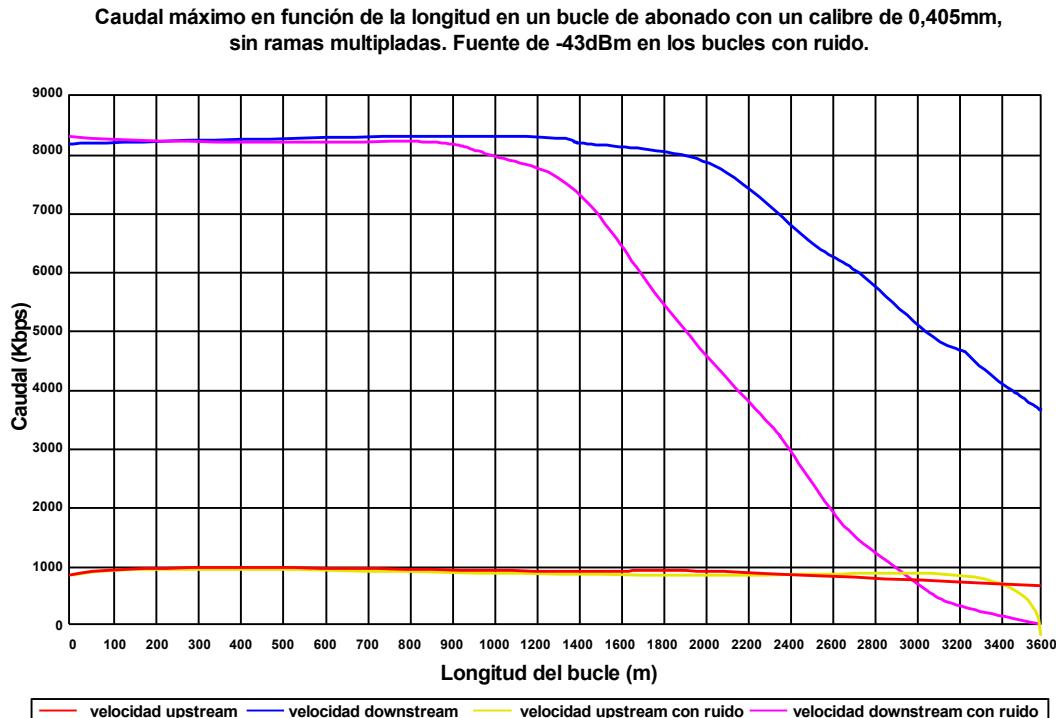


Figura 2-6 Caudal máximo (Kbps) de los módems ADSL en función de la longitud del bucle de abonado

## 2.4 DSLAM: MULTIPLEXOR DSL DE ACCESO

Como antes se ha explicado, el ADSL necesita una pareja de módems por cada usuario: uno en el domicilio del usuario (ATU-R) y otro (ATU-C) en la central local a la que llega el bucle de ese usuario.

Esto complica el despliegue de esta tecnología de acceso en las centrales. Para solucionar esto surgió el DSLAM ("Digital Subscriber Line Access Multiplexer"): un chasis que agrupa gran número de tarjetas, cada una de las cu-

les consta de varios módems ATU-C, y que además concentra el tráfico de todos los enlaces ADSL hacia una red WAN (Figura 2-7: DSLAM).

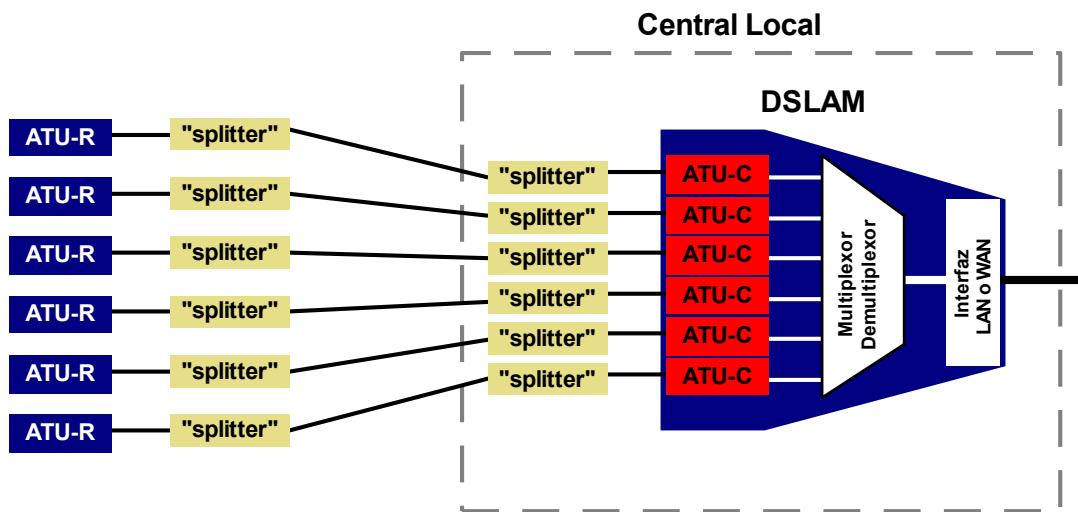


Figura 2-7 DSLAM

La integración de varios ATU-Cs en un equipo, el DSLAM, es un factor fundamental que ha hecho posible el despliegue masivo del ADSL. De no ser así, esta tecnología de acceso no hubiese pasado nunca del estado de prototípico dada la dificultad de su despliegue.

## 2.5 ATM SOBRE ADSL

Estas son las ventajas del acceso ADSL:

- Gran ancho de banda en el acceso: permite el intercambio de información en formato digital a gran velocidad entre un usuario y la central local a la que se conecta mediante un par de cobre.

- Este ancho de banda está disponible de forma permanente.
- Se aprovecha una infraestructura ya desplegada, por lo que los tiempos de implantación de los servicios sobre la nueva modalidad de acceso se acortan.
- El acceso es sobre un medio no compartido, y por tanto intrínsecamente seguro.

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

La información, ya sean tramas de vídeo MPEG2 o paquetes IP, se distribuye en células ATM, y el conjunto de células ATM así obtenido constituye el flujo de datos que modulan las subportadoras del ADSL DMT.

Si en un enlace ADSL se usa ATM como protocolo de enlace, se pueden definir varios circuitos virtuales permanentes (CVPs) ATM sobre el enlace ADSL entre el ATU-R y el ATU-C. De este modo, sobre un enlace físico se pueden definir múltiples conexiones lógicas cada una de ellas dedicadas a un servi-

cio diferente. Por ello, ATM sobre un enlace ADSL aumenta la potencialidad de este tipo de acceso al añadir flexibilidad para múltiples servicios a un gran ancho de banda.

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

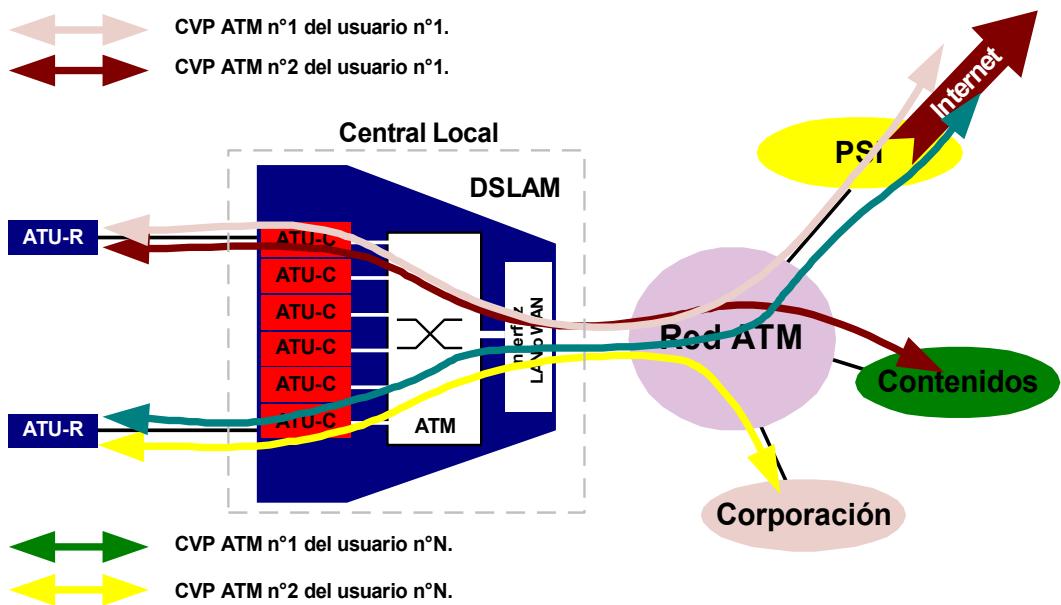


Figura 2-8 DSLAM ATM

En los módems ADSL se pueden definir dos canales, uno el canal "fast" y otro el "interleaved". El primero agrupa los CVPs ATM dedicados a aplicaciones que pueden ser sensibles al retardo, como puede ser la transmisión de voz. El canal "interleaved", llamado así porque en él se aplican técnicas de entrelazado para evitar pérdidas de información por interferencias, agrupa los CVPs ATM asignados a aplicaciones que no son sensibles a retardos, como puede ser la transmisión de datos.

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

tráfico de los usuarios con acceso ADSL. En la Figura 2-9: Torre de protocolos con ATM sobre ADSL se muestra la torre de protocolos con ATM sobre ADSL

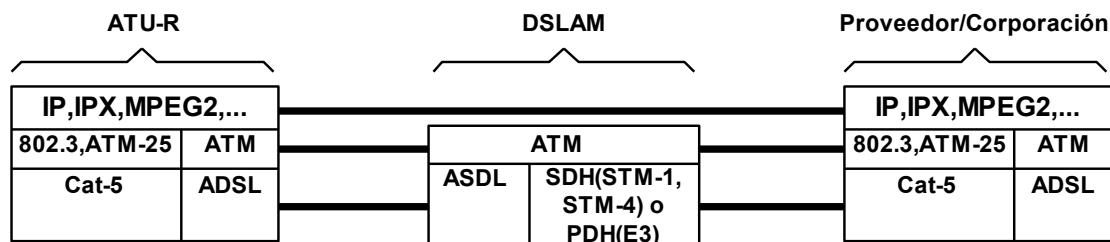


Figura 2-9 Torre de protocolos con ATM sobre ADSL

## 2.6 ASOCIACIONES Y ESTANDARIZACIÓN DE ADSL

El Grupo de Trabajo T1E1.4 del Instituto Nacional de Estándares Americanos (American National Standards Institute, ANSI) aprobó un estándar de ADSL de velocidades de hasta 6.1 Mbps (Estándar ANSI T1.413). El Instituto Europeo de Estándares Técnicos (European Technical Standards Institute) ETSI contribuyó un anexo a T1.413 para reflejar los requerimientos Europeos. T1.413 actualmente indica una interface terminal sencilla del lado del abonado. La edición II expande el estándar para incluir una interface multiplexada del lado del abonado, protocolos para configuración y administración de la red, y otras mejoras.

El Forum ATM y el Consejo de Audio-Video Digital (Digital Audio-Visual Council, DAVIC) han reconocido a ADSL como un protocolo de transmisión capa física para medios UTP.

El Forum ADSL fue formado en Diciembre de 1994 para promover el concepto de ADSL y facilitar el despliegue de arquitecturas, protocolos e interfaces para la mayoría de las aplicaciones ADSL. El forum tiene más de 200 miembros, representando proveedores de servicio, fabricantes de equipos, y compañías de semiconductores alrededor del mundo. El trabajo técnico del Forum está dividido en las siguientes seis áreas, cada una con un grupo de trabajo separado y un comité técnico:

- ATM sobre ADSL (incluyendo aspectos de transporte y arquitectura punto a punto).
- Paquetes sobre ADSL
- Configuración e interfaces de CPE/CO (equipo de cliente/oficina central).
- Operaciones
- Administración de la red.
- Pruebas e interoperabilidad.

## 2.7 MODELOS PARA OFRECER SERVICIOS

Los modelos para ofrecer servicios propuestos por el ADSL Forum son los que se muestran en la siguiente figura:

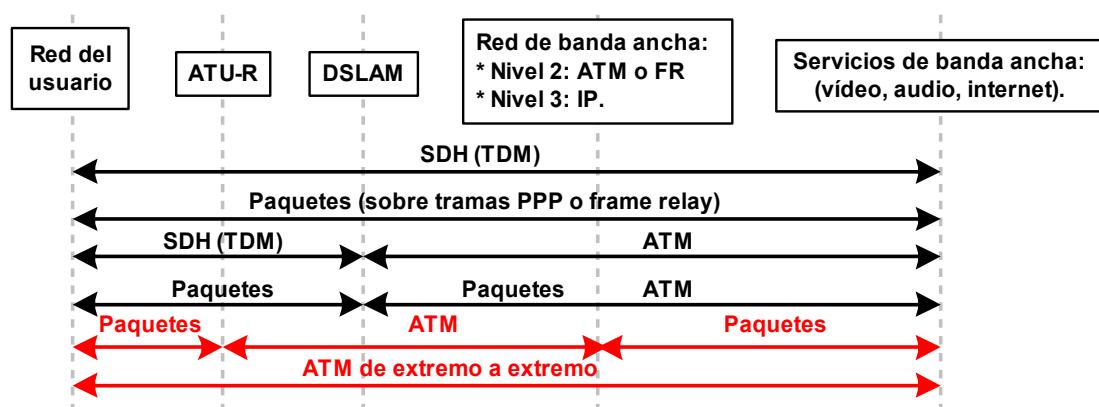


Figura 2-10 Modelos propuestos por el ADSL Forum para la prestación de servicios con acceso ADSL

De acuerdo con lo que ya explicamos en el apartado anterior, la solución que se ha impuesto pasa por el envío de células ATM sobre el enlace ADSL (entre el ATU-R y el ATU-C situado en el DSLAM). Por lo tanto, de los seis modelos que propone el ADSL Fórum sólo son válidos los dos últimos.

## **CAPITULO 3**

### **JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA SDH**

#### **3.1 INTRODUCCION**

Antes de SDH la primera generación de sistemas de fibra óptica en redes de telefonía pública usaban equipos de codificación de línea, formatos de multiplexación y procedimientos de mantenimiento de diversas arquitecturas. Los usuarios de estos equipos buscaban estándares de modo que ellos podían mezclar y acoplar equipos de diferentes proveedores.

La tarea de creación de un estándar fue formulada en 1984 por la Exchange Carriers Standards Association (ECSA) para establecer normas que conecten un sistema de fibra óptica con otro. Posteriormente la CCITT empezó a involucrar un estándar internacional único que debería ser desarrollado para interconectar redes de telefonía de diferentes países. El resultado de este estándar internacional es conocido como Synchronous Digital Hierarchy (SDH).

SDH (Jerarquía digital síncrona) es una norma usada en telecomunicaciones para el transporte de información formulado por la ITU (Internacional Telecommunication Union), antes llamada CCITT.

SDH fue inicialmente introducida en las redes de telecomunicaciones en el año 1992, y desde ahí ha ido en crecimiento.

Se despliega a todos los niveles de infraestructura de red incluyendo el acceso a red y redes troncales de larga distancia. Fue también creada para usos sobre enlaces de radio, enlaces satelitales e interfaces entre diferentes equipos.

SDH fue establecido para dar infraestructura de transporte para las telecomunicaciones en todo el mundo, por lo menos en las próximas dos o tres décadas.

La flexibilidad de configuración y ancho de banda disponible de SDH provee significantes ventajas sobre los antiguos sistemas de telecomunicaciones.

Este estándar sincrónico simplificará enormemente la red y proveerá la flexibilidad necesaria para manejar requerimientos de servicios en desarrollo.

### **3.2 JERARQUÍAS DE MULTIPLEXACIÓN**

En la transmisión de señales digitales se recurre a la multiplexación con el fin de agrupar varios canales en un mismo vínculo. Si bien la velocidad básica utilizada en las redes digitales se encuentra estandarizadas en 64 Kbps, las velocidades de orden de multiplexación en cambio forman varias jerarquías.

**La Jerarquía Europea** utilizada en Latinoamérica agrupa 30+2 canales de 64 Kbps para obtener 2.048 Mbps. Luego por multiplexado de cuatro tributarias

rios sucesivamente se obtienen las velocidades de 8.448 Kbps, 34.368 Kbps y 139.264 Kbps.

**La Jerarquía Norteamericana** agrupa en cambio 24 canales a una velocidad de 1.544 Kbps. Posteriormente genera dos ordenes superiores (x4) a 6.312 Kbps y (x7) a 44.736 Kbps.

**La Jerarquía Japonesa** recupera el valor de 6.312 Kbps pero obtiene los ordenes jerárquicos de (x5) 32,64 Kbps (x3) 97.728 Kbps.

Las velocidades de cada orden son levemente superiores al producto de la velocidad anterior por el número de tributarios de entrada, debido al agregado de información adicional. A las jerarquías mencionadas se las denomina plesiócronas PDH porque el reloj usado en cada nivel de multiplicación es independiente de los otros niveles. En oposición se encuentra la jerarquía sincrónica SDH que adopta un solo reloj para toda la red.

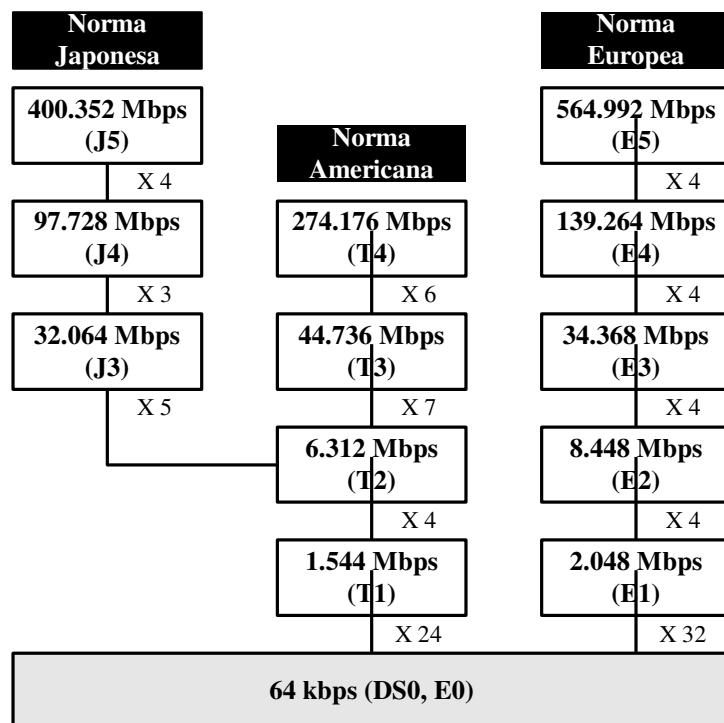


Figura 3-1 Jerarquías Digitales PDH

### 3.3 MULTIPLEXACION PLESIÓCRONA

Tradicionalmente los sistemas de transmisión digital y jerarquías han sido basados en señales de multiplexación que son plesiócronas (llevadas casi a la misma velocidad). También en varias partes del mundo utilizan diferentes jerarquías que conllevan a problemas de interconexión internacional; por ejemplo, en USA y Japón usan sistemas de 1.544 Mbps, en otros países usan sistemas de 2.048 Mbps.

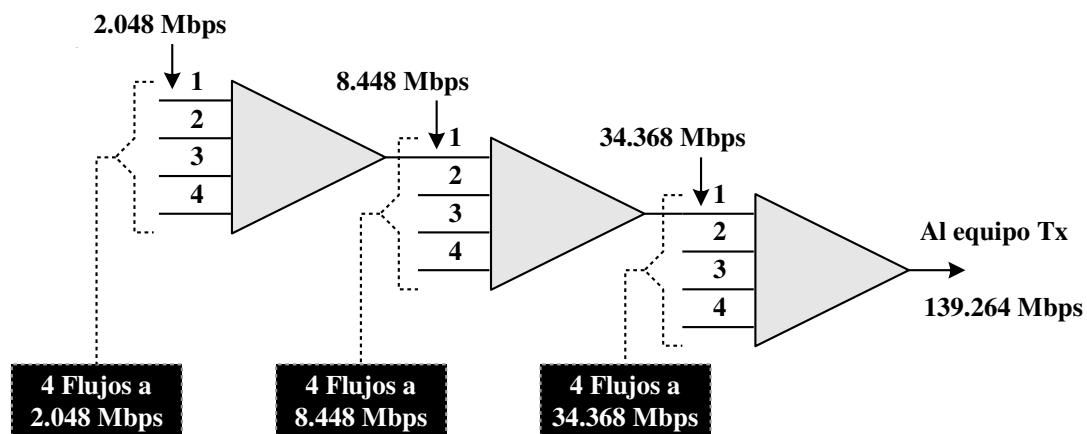


Figura 3-2 Multiplexación PDH

Para recuperar un canal de 64 Kbps desde una señal PDH de 140 Mbps, es necesario demultiplexar la señal hasta llegar al nivel de 2 Mbps antes de localizar dicho canal. PDH requiere pasos de demultiplexación (140-34, 34-8, 8-2) y multiplexación (2-8, 8-34, 34-140) para extraer o insertar un canal de datos o voz. Esto es debido al bit-stuffing usado en cada nivel jerárquico. Vea la siguiente figura.

### 3.4 LIMITACIONES DE PDH

Las principales limitaciones de PDH son:

- Incapacidad para identificar canales individuales en cadenas de bits de órdenes más altos.
- Capacidad insuficiente para la gestión de red.
- La gestión de red PDH va de acuerdo al fabricante.

- No hay definición estandarizada de velocidades de bits PDH mayores a 140 Mbps.
- Hay diferentes jerarquías utilizadas alrededor del mundo. Equipos de interfaces especializados son requeridos para interconectar las dos jerarquías.

### **3.5 MULTIPLEXACIÓN SÍNCRONA (SDH)**

Tradicionalmente, los sistemas de transmisión han sido asíncronos, con cada terminal en la red corriendo con su propio reloj. Antes estos relojes no estaban sincronizados, grandes variaciones podían ocurrir en la señal de reloj, variando así la velocidad de la señal.

Una señal E3 especificada en 34 Mbps  $\pm 20$  ppm (partes por millón) puede producir una variación de tiempo de hasta 1789 bps entre una señal E3 y otra.

Es un sistema síncrono como SDH, la frecuencia promedio de todos los relojes es la misma. Cada reloj esclavo puede ser definido a una referencia estable de reloj. Así, la STM-1 permanece en 155.52 Mbps, permitiendo que varias señales STM-1 síncronas sean multiplexadas sin algún procedimiento bit-stuffing. De modo que las STM-1s tienen fácil acceso a órdenes STM-N mayores.

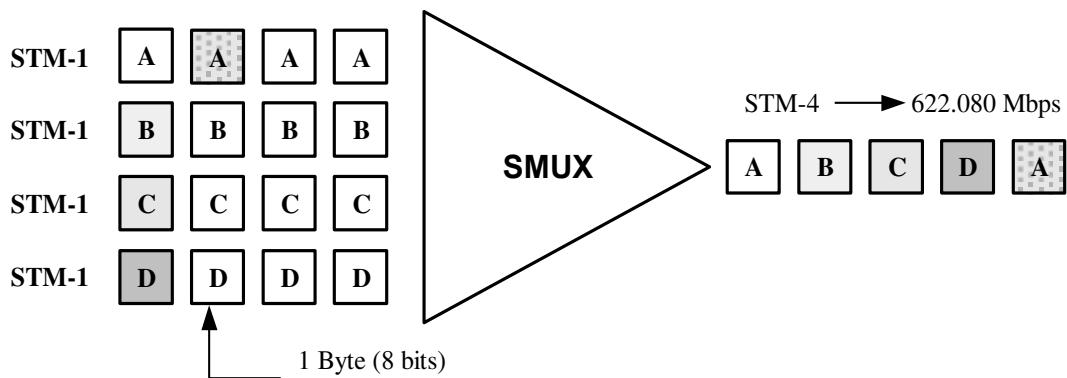


Figura 3-3 Multiplexación Síncrona (SDH)

Las señales de los contenedores virtuales (VC) síncronos de baja velocidad son también simples para el intercalado y transporte en velocidades más altas. En velocidades bajas, las señales E1 son transportadas dentro de señales VC-12 síncronas que corren en una velocidad constante de 2.304 Mbps. La multiplexación en el STM-1 no requieren bit-stuffing y los VC son fácilmente accesibles.

### 3.6 VENTAJAS DE SDH

- Permite una reducción en la cantidad de equipos y un incremento en la confiabilidad de la red.
- Permite la sincronización bajo un mismo reloj en todos los componentes de la red.

- Permite transmitir todas las jerarquías digitales existentes. Cualquier velocidad de estas jerarquías puede ser transmitida o transportada en la carga útil de la trama STM-1 a 155 Mbps.
- Contiene una reserva de capacidad de transmisión suficiente para el control y administración de la red.
- Permite la multiplexación de canales síncronos y asíncronos. Se conoce la posición de cada tributario dentro de la trama indicada, mediante los punteros.
- Se puede acceder a la velocidad de 155.520 Mbps directamente con 63 canales de 2.048 Mbps.
- Permite una arquitectura de tipo anillo (Ring) en lugar de malla. Esto es posible gracias al enrutamiento en ambos sentidos que permiten los equipos Add/Drop y Cross/Connect.
- Permite la definición de las interfaces S y R (transmisión y recepción), entre equipos terminales y repetidores de fibra óptica para uniformidad de distintos fabricantes (Compatibilidad Longitudinal).
- Es un estándar de la industria. Todos los proveedores de STM-1 deben construirlos idénticamente y por lo tanto podrán ser interconectados.

- El formato básico de una señal SDH permite llevar diferentes servicios en su contenedor virtual (VC), porque su ancho de banda es flexible. Esta capacidad permite la transmisión de servicios packet-switched de alta velocidad, ATM, vídeo conferencia y distribución de vídeo.

### 3.7 ESTRUCTURA NUMÉRICA DE LAS SEÑALES EN SDH

#### 3.7.1 EL STM-1

La trama STM-1 es el formato de transmisión básico para SDH. La trama dura 125 µseg, y por lo tanto hay 8000 frames por seg.

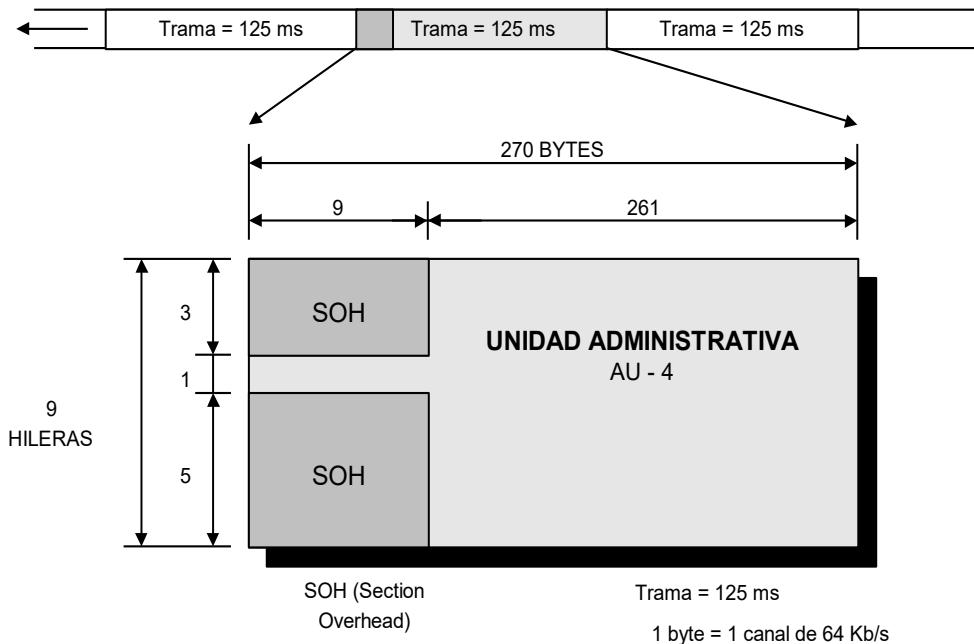


Figura 3-4 Trama STM-1

La estructura numérica base, en la SDH está constituida por la trama del así llamado módulo de transporte sincrónico del primer nivel jerárquico indicado con la sigla STM-1 (synchronous Transport Module of 1º Nivel) con el cual, a través de un proceso de multiplexación de intercalado de octetos, se construyen los módulos de transporte sincrónico de nivel superior (STM-N) de la jerarquía SDH.

### **3.7.1.1 CARACTERISTICA DE LA TRAMA STM-1**

- Separa la carga útil (Payload) del encabezado (Overhead); la naturaleza sincrónica de la señal, permite que la ubicación de los bytes sea claramente identificada.
- Provee una sección de carga útil flexible; cualquier señal estandarizada puede ser transportada y fácilmente identificada.
- Es una unidad básica para todas las señales STM-N de mayor velocidad.
- Es un estándar de la industria; Todos los proveedores de STM-1s deben construirlos idénticamente y por lo tanto podrán ser interconectadas.

### 3.7.1.2 ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1

En la figura 3-5 se muestra la estructura de la trama de una señal STM-1.

Una trama consiste de 9 hileras, cada una de ellas con 270 bytes y cada byte se compone de 8 bits.

La frecuencia de la trama es 8 KHz y es seleccionada de tal modo que 1 byte de la trama pueda corresponder a la capacidad de transición de un canal a 64 Kbps.

De ello resulta una capacidad de transporte completo igual a:

$$C_{STM-1} = 8 \times (9 \times 270) \times (8 \times 10^3) = 155.520 \text{ Mbps}$$

- a) Número de bits de cada byte
- b) Número de bytes comprendidos para cada trama
- c) Frecuencia de trama

Esencialmente, cada trama se compone de:

1. Una tara de sección, llamada **SECTION OVERHEAD** indicada con la sigla "SOH" que utiliza los 9 primeros bytes de cada hilera, excepto la cuarta, normalmente usada para la transmisión de la información de servicio.

2. Un campo de 261x9 bytes mas los 9 primeros bytes de la cuarta hilera del STM-1 que constituyen la unidad administrativa indicada con la sigla “AU-4” en la que se carga la carga útil a transportar.

### 3.7.1.3 LA UNIDAD ADMINISTRATIVA AU-4

La unidad administrativa AU-4 se compone de dos partes:

1. Un campo formado por los primeros 9 bytes de la cuarta hilera que constituye el **OVERHEAD** de la unidad administrativa indicado con la sigla "AUOH".
2. El campo de 261x9 bytes remanentes, dividido en celdas temporales de 9 bytes cada una de dirección dada, en la que se insertará la así llamada carga útil.

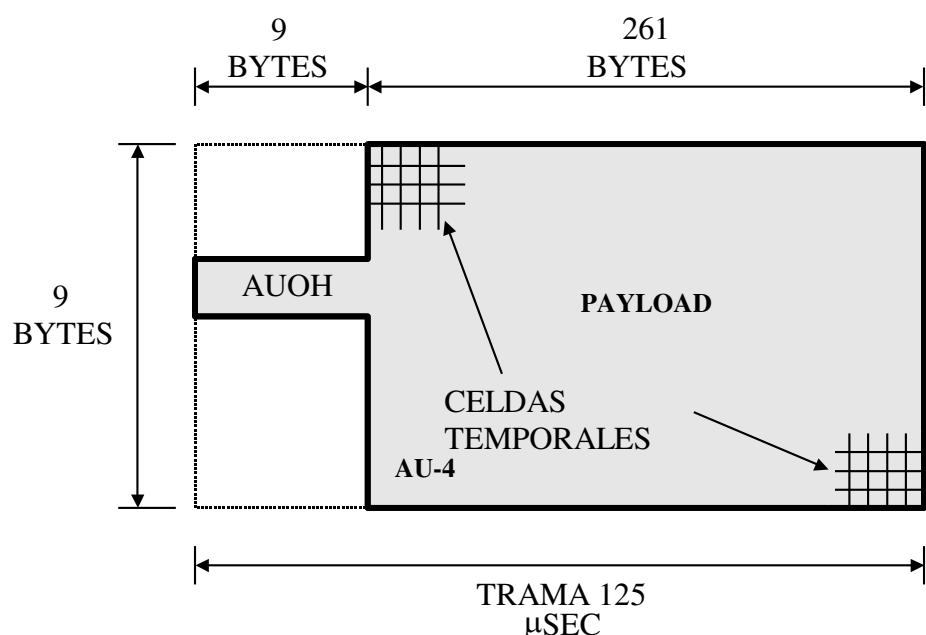


Figura 3-5 Estructura de la Unidad Administrativa AU - 4

Su capacidad de transporte completo resulta igual a:

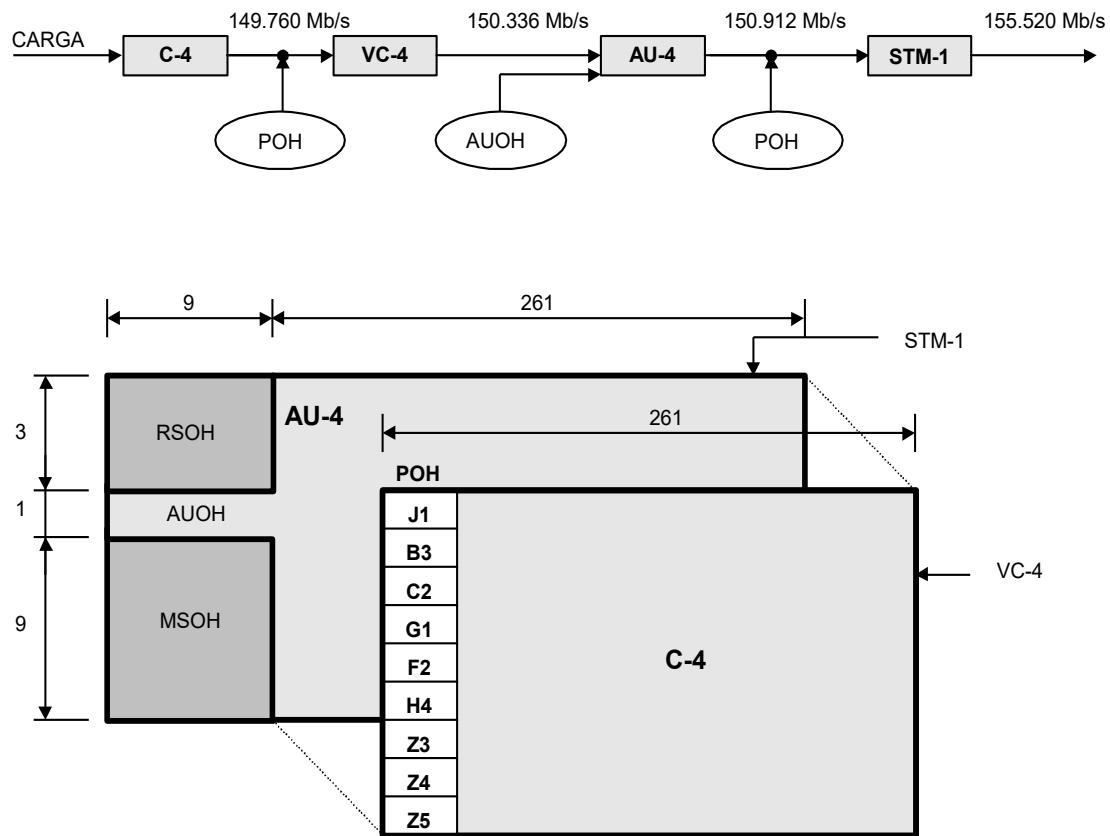
$$C_{AU-4} = 8 \times (9 + 261 \times 9) \times 8 \times 10^3 = 150.912 \text{ Mbps}$$

1. Número de bits con los que se compone cada byte
2. Bytes ocupados por la sección overhead de la unidad administrativa “AUOH”.
3. Bytes disponibles para la carga útil.
4. Frecuencia de la trama STM-1.

Los 9 bytes del AUOH servirán para el envío por medio de los punteros, de la dirección de la celda temporal de la parte PAYLOAD en la cual la señal a transportar tiene su inicio J1.

La estructura de dicha señal luego llamada contenedor virtual es indicada con la sigla VC-4, a su vez, como se muestra en la figura 3-6. Se compone de dos partes:

1. Un campo de 9x260 bytes llamado CONTENEDOR es indicado con la sigla “C-4” en la que se carga la señal útil propiamente dicha.
2. Una parte agregada de 9 bytes llamada PATH OVERHEAD es indicada con la sigla “POH” necesaria para la transmisión del servicio relativo al canal.



J1	Identificación del canal ( Path Identifier)
B3	Byte de paridad para el control de la tasa de error en el canal
C2	Indicación: canal equipado/no utilizado
G1	Mensaje de estado de canal para el transmisor(alarma)
F2	Comunicaciones del usuario
H4	Indicación de varias tramas enlazadas (para señales útiles especiales)
Tres bytes (Z3 + Z5) son reservados para aplicaciones futuras	

Figura 3-6 Estructura Interna de ka AU-4

## **CAPITULO 4**

### **MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONO ATM**

#### **4.1 INTRODUCCION**

Propuesto por la industria de las telecomunicaciones, se ha convertido en la tecnología más promovida dentro de la industria de las comunicaciones y computadoras.

Las recomendaciones iniciales propuestas por el CCITT, fueron que ATM y la Red Optica Síncrona (SONET) formasen la base de la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN).

Emplea el concepto de conmutación de celdas, el cual combina los beneficios de la conmutación de paquetes usada en datos, y la conmutación de circuitos utilizada en redes de voz.

ATM se basa en el concepto de Comutación Rápida de Paquetes (Fast Packet Switching) en el que se supone una fiabilidad muy alta a la tecnología de transmisión digital, típicamente sobre fibra óptica, y por lo tanto la necesidad de recuperación de errores en nodo intermedios. Tampoco se utilizan direcciones de red ya que ATM es una tecnología orientada a conexión, en su lugar se utiliza el concepto de Identificador de circuito o canal virtual VCI.

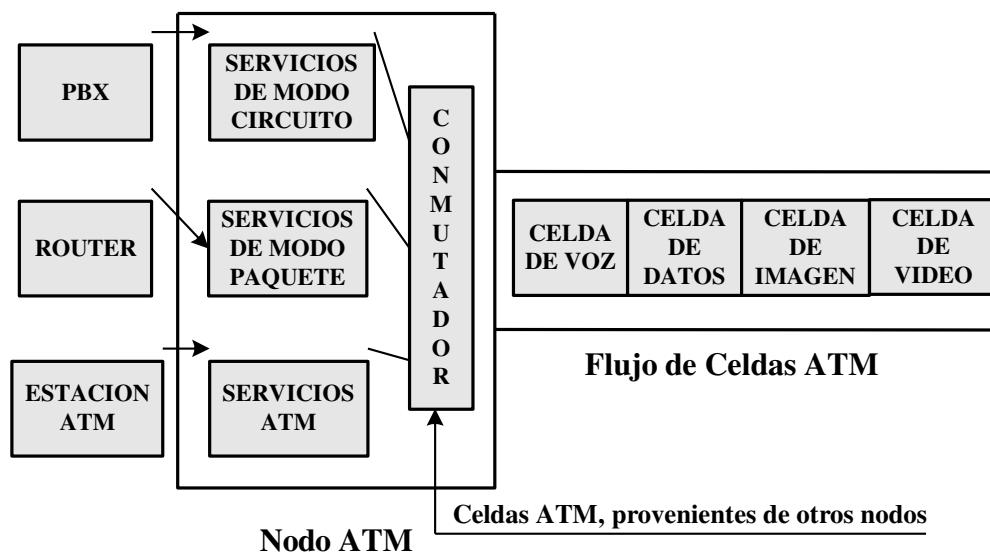


Figura 4-1 Funcionamiento de un Nodo ATM

ATM ha sido definido para soportar de forma flexible, la conmutación y transmisión de tráfico multimedia comprendiendo datos, voz, imágenes y vídeo. ATM soporta servicios en modo circuito, similar a la conmutación de circuitos y servicios en modo paquete, para la transmisión de datos.

## 4.2 FUNDAMENTOS

El tráfico de voz PCM o vídeo no comprimido, tradicionalmente es transmitido y conmutado por redes de conmutación de circuitos o multiplexores por División en el Tiempo (TDM), que utilizan el Modo de Transmisión Síncrono (STM).

En STM, los multiplexores por división en el tiempo dividen el ancho de banda que conecta dos nodos, en contenedores temporales de tamaño pequeño

y fijo o ranuras de tiempo ("Time Slots"). Cuando se establece una conexión, esta tiene estadísticamente asignado un "slot" (o varios). El ancho de banda asociado con este "slot" está reservado para la conexión en presencia o ausencia de información útil.

El conmutador receptor sabe a qué canales corresponden los "slots" y por lo tanto no se requiere ningún direccionamiento adicional. Este procedimiento garantiza la permanente asignación de un ancho de banda durante el tiempo que dura la llamada, así como un tiempo de latencia pequeño y constante.

En contraste, los datos son normalmente transmitidos y conmutados en forma de tramas o paquetes de longitud variable, sin embargo este mecanismo de transporte tiene retardos impredecibles y en consecuencia la conmutación de paquetes no es adecuada para tráfico con tasa de bit constante como la voz. Tampoco la conmutación de circuitos se adecua para la transmisión de datos, ya que si se asigna un ancho de banda durante todo el tiempo para un tráfico en ráfagas, se derrocha mucho ancho de banda cuando este no se lo utiliza.

Al igual que en las redes de conmutación de paquetes (X.25 y Frame Relay), ATM es una tecnología orientada a conexión. Esto significa que antes de que el usuario pueda enviar celdas a la red, es necesario realizar una llamada y que esta sea aceptada para establecer una conexión virtual a través de la red.

A diferencia de la commutación de circuitos ATM no reserva “Slots” para la conexión. En su lugar, una conexión obtiene “slots” o celdas, solo cuando está transmitiendo información. Cuando una conexión está en silencio no utiliza celdas, estando estas disponibles para otras conexiones.

### 4.3 CELDAS ATM

La unidad de conmutación y transmisión en ATM es de tamaño fijo y longitud pequeña. Esta unidad es conocida como celda, tiene una longitud de 53 bytes divididos en 5 de cabecera y 48 de información o carga útil.

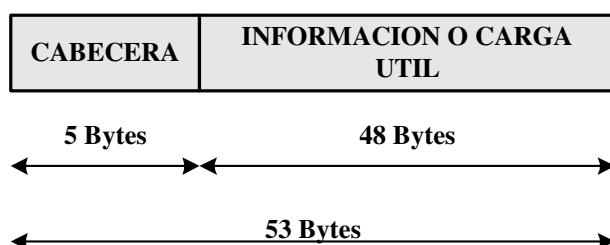


Figura 4-2 Celda ATM

Las celdas pequeñas y de longitud constante son ventajosas para tráfico con tasa de bit constante (Voz, Vídeo) y son muy útiles en general ya que permiten un tiempo de latencia muy bajo, constante y predecible, así como una comutación por hardware a velocidades muy elevadas.

La adopción de una cabecera de 5 bytes ha sido posible, porque ATM no realiza recuperación de errores en los nodos intermedios, tampoco se emplean direcciones válidas a nivel de toda la red, tales como la dirección MAC

en Ethernet o IP en redes tipo TCP/IP. La cabecera presente en cada celda, consume aproximadamente un 9.5% del ancho de banda, siendo este el precio que hay que pagar por la capacidad para disponer de ancho de banda bajo demanda.

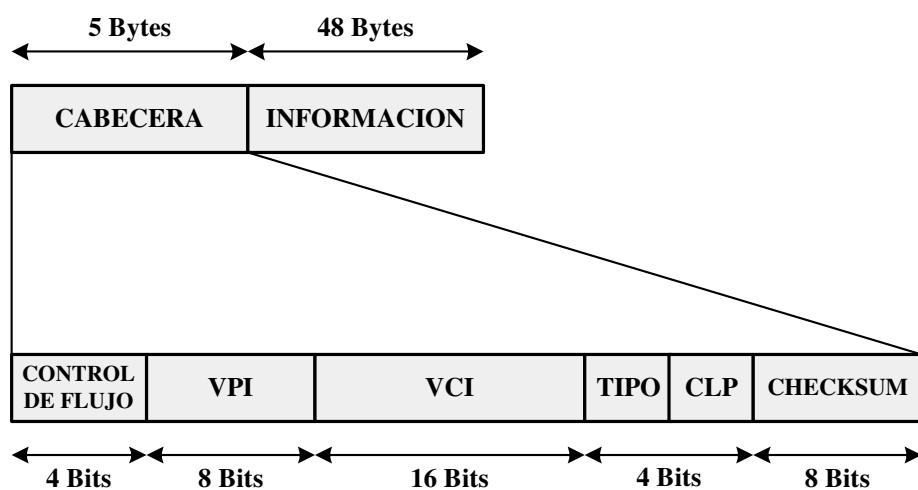


Figura 4-3 Cabecera de la celda ATM

En el caso de pérdida de celdas por congestión, la pérdida no es muy grande siendo en muchos casos remediable o recuperable. De hecho, el tráfico de Voz y Vídeo, no es muy sensible a pequeñas pérdidas de información, pero si es muy sensible a retardos variables, sucediéndole lo contrario al tráfico de datos.

La Celda ATM a diferencia del Time Slot en STM, debe transportar la identificación de la conexión a la que pertenece, de esta forma no existirán Celdas vacías ya que serán utilizadas por conexiones pendientes. Esta es una diferencia fundamental del ATM frente al STM.

### 4.3.1 VPI Y VCI

Las conexiones lógicas a través de la Red ATM se realizan por medio de Identificadores de conexión virtual, que se asignan a cada usuario conectado a la red ATM, los cuales son:

- Identificador de Camino Virtual (VPI)
- Identificador de Canal Virtual (VCI)

Estos identificadores forman parte de la cabecera de las celdas ATM, y determinan la ruta que debe seguir una celda a través de la red. A su vez son necesarios para establecer **Conexiones de Camino Virtual (VPC)** y **Conexiones de Canal Virtual (VCC)**, en una red ATM.

El identificador que sea asignado a cada usuario, sólo tiene significado a nivel de enlace local, y cambia de un enlace a otro, según las celdas pertenecientes a una conexión pasan a través de cada conmutador ATM.

Asociado con cada enlace o puerto entrante al conmutador ATM, hay una tabla de encaminamiento que contiene el enlace o puerto de salida y el nuevo VCI que va ha ser utilizado en correspondencia a cada VCI entrante, ver la figura 4-4.

The diagram illustrates three routers (ENLACE 1, ENLACE 2, and ENLACE 3) with their respective VCI-IN inputs and output tables. Each table has columns for OUT and VCI.

ENLACE 1 R-	
T	
OUT	VCI
1	2
2	4
3	3
4	6
.	.
.	.
.	.
.	.

ENLACE 2 R-	
T	
OUT	VCI
2	.
2	.
3	1
4	1
.	.
.	.
.	.
.	.

ENLACE 3 R-	
T	
OUT	VCI
3	.
3	.
4	3
6	3
.	.
.	.
.	.
.	.
.	.

Figura 4-4 Tablas de Encaminamiento

De este modo el encaminamiento de celdas en ambas direcciones a lo largo de la ruta es muy rápido, ya que consiste de una simple operación de consulta en una tabla. Como resultado, las celdas procedentes de cada enlace pueden ser conmutadas independientemente a velocidades muy altas.

## 4.4 MODELO DE REFERENCIA ATM



Figura 4-5 Modelo de Referencia ATM

El modelo de referencia ATM propuesto por el CCITT está constituido por los siguientes niveles.

Nivel Físico

Nivel ATM

Nivel de Adaptación ATM (AAL)

Las funciones han sido divididas en tres grupos, conocidos como planos.

El Plano C (Control y señalización)

El Plano U (Usuario)

El Plano M (Gestión)

#### **4.4.1 PLANO C**

Los protocolos del plano C se encargan de la señalización, es decir del establecimiento, mantenimiento y cancelación de conexiones virtuales.

#### **4.4.2 PLANO U**

Los protocolos del plano U dependen de la aplicación y en general operan extremo a extremo (usuario a usuario).

#### **4.4.3 PLANO M**

Los protocolos del plano M se encargan de la operación, administración y mantenimiento de la red ATM.

#### **4.4.4 NIVEL FISICO**

En la capa física se efectúa la adaptación al medio físico, interfaces físicas, protocolos de trama y codificación para la red ATM.

La especificación del ATM-FORUM con relación a la interface Usuario-Red actualmente define: SONET/SDH (155.52 Mbps), T3 (44.736 Mbps), E3 (34.368 Mbps), T1 (1.544 Mbps), E1 (2.048 Mbps), puede ser un enlace di-

recto sobre fibra óptica o mediante mapeado de celdas ATM en una trama E1 o STM-1.

El nivel físico, proporciona al nivel ATM los medios para transportar celdas ya configuradas. Este nivel esta dividido en dos subniveles.

- Subnivel de Convergencia de Transmisión (TC)
- Subnivel dependiente del Medio Físico (PM)

El Subnivel PM define parámetros tales como: formas de onda, ordenación de los bits, codificación en línea, recuperación del reloj, sincronización, etc.

El Subnivel TC es la clave para que la celda ATM viaje libremente sobre una amplia variedad de medios. Este subnivel empaqueta las celdas ATM salientes en la estructura de trama del medio de transmisión, rellenando con celdas nulas según se necesite. A la recepción, el subnivel TC determina los contornos de las celdas, extrayéndolas del flujo de bits, descartando celdas nulas o erróneas y finalmente entregándolas al nivel ATM.

#### **4.4.5 NIVEL ATM**

Este es el nivel de conmutación y transmisión de ATM. Define la estructura de la cabecera de celda, y como las celdas fluyen sobre las conexiones lógicas en la red ATM. Realiza las funciones de multiplexación estadística de

celdas procedentes de diferentes conexiones, y su encaminamiento sobre las conexiones virtuales. Las conexiones lógicas en el nivel ATM, están basadas en el concepto de Camino Virtual (Virtual Path) y Canal Virtual (Virtual Channel).

#### **4.4.5.1 CONEXIÓN DE CAMINO VIRTUAL (VPC)**

Una Conexión de Camino Virtual (VPC) es una colección de Conexiones de Canal Virtual (VCC), tributarios que son transportados a lo largo del mismo camino o ruta. Un conmutador de tránsito podría reaccionar únicamente a la información de camino (VPC), mientras que los conmutadores terminales reaccionarían a la información de fan-out (VCC), pudiéndose mapear diferentes sesiones contra VCIs sobre la misma conexión VPC.

Cada VPC o VCC puede estar establecido permanentemente, con lo que tendremos una Conexión Virtual Permanente (PVC), o establecido dinámicamente bajo demanda disponiéndose entonces, de una Conexión Virtual Comutada (SVC).

Funciones de control y señalización asociadas con el plano C, y por lo tanto fuera del modelo de referencia ATM, permiten al usuario establecer y terminar dinámicamente VPCs y VCCs.

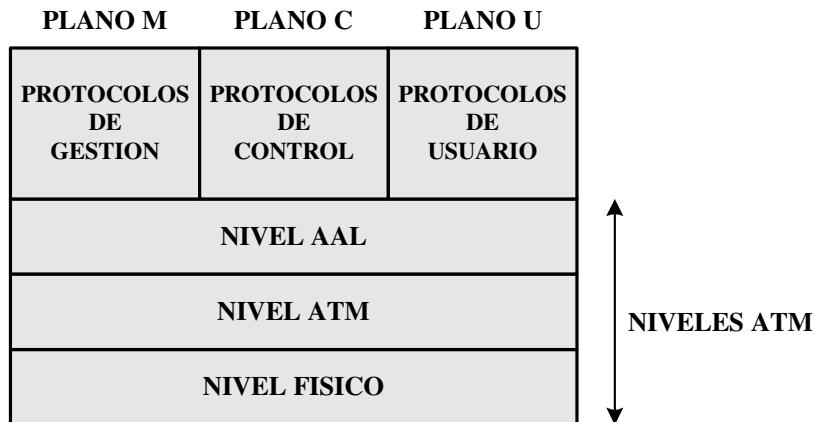


Figura 4-6 Pila de protocolos ATM

El primero se utiliza en el enlace de acceso entre el usuario y la red (ATM-UNI), y está pensado para usuarios que utilizan equipos que trabajan en modo nativo ATM y que generan directamente celdas. El campo Control de Flujo Genérico (GFC) tiene significado únicamente en este enlace y se incluye para asignar prioridades a las diferentes celdas, dependiendo del tipo de información que transportan, y que estas sean colocadas en diferentes colas de salida según su prioridad. No está presente dentro de la red, y en su lugar se amplia el campo VPI.

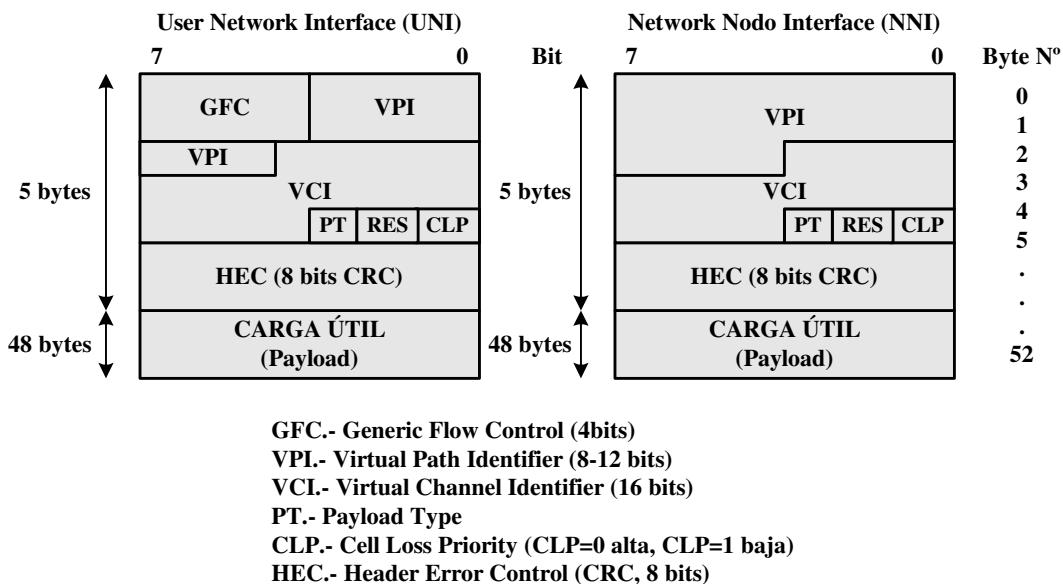


Figura 4-7 Formatos UNI y NNI

El campo Tipo de Carga útil (PT) se utiliza para permitir que las celdas de los planos C y M, se distingan de las celdas conteniendo información de Usuario, y también para informar de la existencia de congestión. El protocolo AAL5 utiliza un bit del campo PT para indicar el fin del mensaje (EOM) de una trama AAL5 (PT=0x1). El bit CLP permite que las celdas tengan una de dos prioridades: alta (CLP=0) y baja (CLP=1). Debido a que un conmutador ATM opera por multiplexación estadística de sus entradas, es posible que múltiples entradas compitan por una misma salida, dando lugar a que un buffer temporal se desborde en un enlace de salida de un nodo ATM. El bit CLP se utiliza para marcar aquellas celdas que en caso de congestión se puedan descartar primero. El campo HEC es un CRC de 8 bits para detección de errores en la cabecera (solo), especialmente si el direccionamiento es correcto.

to. Si falla, la celda es descartada. Si es correcto, se puede proceder inmediatamente a la conmutación. Celdas vacías también son descartadas y se caracterizan por que su VPI/VCI es cero.

#### **4.4.6 NIVEL DE ADAPTACION ATM (AAL)**

Como su nombre lo indica, realiza las funciones de adaptación (convergencia) entre las clases de servicio proporcionadas al usuario. Como por ejemplo, transportar tramas de datos entre dos LANs y el servicio basado en celdas proporcionados por ATM.

Cuando una trama o flujo de bits, cualquiera que sea su origen (voz, datos, imagen o vídeo) entra en una red ATM, el nivel de adaptación la segmenta en celdas. El proceso comienza inmediatamente cuando la primera parte de la trama entra al conmutador de acceso de la red ATM, no hay que esperar hasta que la trama entera haya llegado.

Las celdas generadas son enviadas a través de la red ATM a alta velocidad, bastará que haya un número suficiente de celdas en el punto de salida para comenzar la entrega al usuario.

En los conmutadores intermedios, todas las celdas son repartidas tan rápidamente como llegan. De hecho, en el momento que la trama ha entrado

totalmente en el conmutador de acceso a la red, la mayor parte de la trama estará ya en el puerto de destino, próxima a salir o saliendo de la red ATM.

Esta tecnología evita el retardo de serialización causado por otras técnicas, permitiendo el intercalado y priorización de celdas en los buffers de salida de los conmutadores ATM, reduciendo la sensibilidad a la congestión.

El nivel de adaptación ATM, soporta cuatro clases de servicios: Clases A, B, C y D. Hay cuatro tipos de AAL: AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5.

AAL1 y AAL2 soportan los servicios A y B respectivamente, mientras que AAL3/4 y AAL5 soportan los servicios C y D indistintamente. El nivel AAL5 soporta las clases de servicios C y D para datos de alta velocidad.

Otras funciones de AAL son: segmentación y reensamblado (SAR) para mappear la información de niveles superiores, control y recuperación de la temporización para las clases de servicios A y B, así como la detección y manejo de celdas perdidas y fuera de secuencia.

## 4.5 CLASES DE SERVICIOS

Las clases de servicios que soporta ATM, han sido clasificadas de acuerdo a tres criterios.

- La existencia de una temporización relacionada entre los usuarios origen y destino.

- La tasa de bit o velocidad binaria asociada con la transferencia (constante/CBR o variable/VBR).
- El modo de conexión (con conexión o sin conexión).

CLASE A	CLASE B	CLASE C	CLASE D
SI		NO	
CONSTANTE			VARIABLE
ORIENTADO A CONEXION		SIN CONEXION	

Figura 4-8 Servicios proporcionados por ATM

Los servicios en clase A y B están orientados a conexión y existe una temporización relacionada entre los usuarios origen y destino. La diferencia entre las dos clases, es que la clase A proporciona un servicio con tasa de bit constante, mientras que en la clase B la tasa de bit es variable. Un ejemplo de servicio clase A, es un canal de voz a 64Kbps (Similar a un canal B en ISDN). La clase A es también conocida, como Emulación de Circuito Comunicado.

Un ejemplo de uso de la clase B, es la transmisión de un flujo de bits variable asociado con vídeo comprimido. Aunque el vídeo produce tramas a velocidad constante, un codec de vídeo produce tramas contenido una cantidad variable de datos comprimidos.

Las clases C y D no tienen temporización relacionada entre el origen y el destino. Ambas proporcionan servicios en modo paquete, con velocidad binaria variable entre origen y destino. La clase C está orientada a conexión y la clase D sin conexión.

Para realizar las funciones anteriores, el nivel AAL está dividido en dos subniveles.

- Subnivel de Convergencia (CS)
- Subnivel de Segmentación y Reensamblado (SAR)

El subnivel CS realiza las funciones de convergencia entre el servicio ofrecido al usuario y el proporcionado por el nivel ATM.

El subnivel SAR, realiza las funciones de ensamblado y segmentación de los datos origen, para colocarlos en el campo de información de la celda y a su vez de la correspondiente función de desensamblado/reensamblado en el destino.

Asociada con cada clase de servicio existe un Punto de Acceso al Servicio (SAP) y un protocolo asociado. Clase A tiene un SAP1, Clase B tiene un SAP2 y así sucesivamente.

#### 4.5.1 VELOCIDAD BINARIA CONSTANTE (CBR)

En este servicio, el protocolo AAL1 se esfuerza en mantener un flujo con tasa de bit constante entre los SAPs de origen y destino (entrega sincronizada).

La velocidad binaria acordada debe ser mantenida, incluso con pérdidas ocasionales de celdas o variaciones de transferencia en el tiempo de las mismas. Este servicio se asemeja al proporcionado por el sistema telefónico existente, ya que garantiza un número fijo de celdas por unidad de tiempo.

El formato de información de la celda, conocida como segmento incluye un número de secuencia de 4 bits (SN) y un campo asociado de 4 bits utilizado para proteger el Número de Secuencia (SNP) contra errores de un bit.

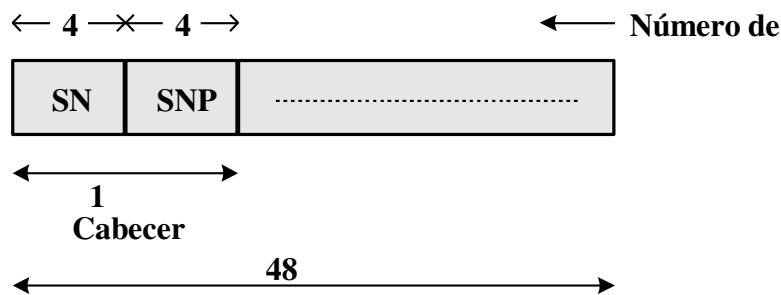


Figura 4-9 Formato del segmento CBR

De esta forma es posible detectar perdidas de segmentos. El uso de buffeado en destino también proporciona un modo sencillo de superar cualquier pequeña variación entre las velocidades binarias en origen y destino, por ejemplo si cada uno está basado en un reloj diferente. Una solución mejor, es

que la red proporcione los relojes de entrada y salida, normalmente extraídos de la codificación en línea del flujo de bits transmitidos.

#### 4.5.2 VELOCIDAD BINARIA VARIABLE (VBR)

En este tipo de servicio, aunque exista una temporización relacionada entre los SAPs fuente y el destino, la velocidad de transferencia real de información, puede variar durante la conexión. Como con el tipo 1, el segmento contiene un Número de Secuencia de 4 bits para la recuperación de celdas perdidas.

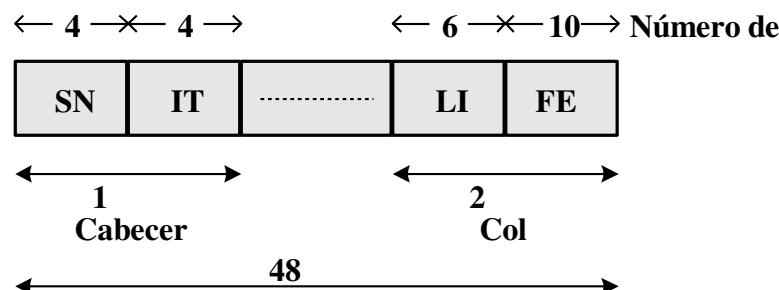


Figura 4-10 Formato del segmento VBR

El campo de Tipo de Información (IT) indica, o bien la posición relativa del segmento con relación al mensaje remitido, por ejemplo, una trama comprimida procedente de un video-codec, o si el segmento contiene información de temporización, o de otro tipo. Los tres tipos de segmento con relación a la información posicional son: comienzo de mensaje (BOM), continuación de mensaje (COM) y fin de mensaje (EOM). Debido al tamaño variable de las

unidades de mensaje remitidas, un Indicador de Longitud (LI) en la cola del segmento indica el número de bytes útiles en el último segmento. Finalmente, el campo FEC habilita la detección y corrección de errores.

#### **4.5.3 DATOS ORIENTADOS A CONEXIÓN**

El protocolo AAL3/4 proporciona dos tipos de servicios para la transferencia de datos:

- Orientado a conexión (CO)
- Sin conexión (CLS)

La diferencia entre los dos es que con el primero, antes de que cualquier dato pueda ser transmitido, debe establecerse una conexión virtual.

El servicio orientado a conexión tiene dos modos operacionales: asegurado y no asegurado, cada uno soportando envío de unidades de datos del Servicio (SDUs) o mensajes de usuario de tamaño fijo o variable.

El modo asegurado proporciona un servicio fiable que garantiza que todas las SDUs son entregadas sin errores y en la misma secuencia con que fueron remitidas.

En el modo no asegurado, los segmentos son transmitidos sobre la base del mejor intento; esto es, cualquier segmento corrompido es simplemente des-

cartado y se deja a los niveles de protocolo de usuario superar esta eventualidad.

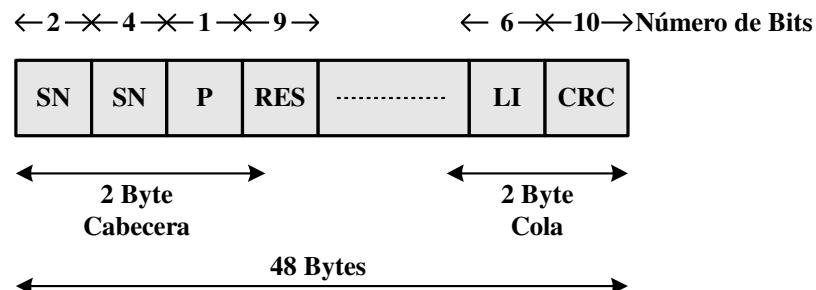


Figura 4-11 Formato del segmento con conexión

El número de secuencia (SN) se emplea para detectar segmentos perdidos o duplicados y también para control de flujo. Un único bit de Prioridad (P) permite que los segmentos tengan uno de dos niveles de prioridad. En la cola, el indicador de longitud (LI) indica el número de bytes útiles en el segmento y el CRC está presente para la detección y corrección de errores.

#### 4.5.4 DATOS SIN CONEXIÓN

Este servicio es probablemente el primero en ser utilizado. Está pensado para la interconexión de LANs a alta velocidad. Para este servicio no hay señalización de llamada ni terminación, en su lugar conexiones permanentes o semi-permanentes están siempre establecidas entre cada par de SAPs origen y destino.

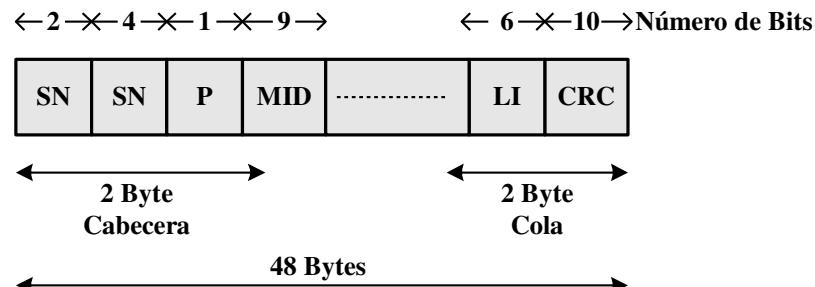


Figura 4-12 Formato del segmento sin conexión

El campo RES(reservado) está sustituido por el identificador del Mensaje (MID). Normalmente celdas relacionadas con diferentes tramas estarán en tránsito en cualquier instante, el campo MID se utiliza para habilitar al subnivel SAR de destino o relacionar cada celda recibida a su SDU específica. La utilización del MID permite la multiplexación de múltiples sesiones en una misma conexión virtual VPI/VCI.

#### 4.5.5 AAL5

AAL5 es un protocolo para soportar transmisiones de datos con o sin conexión. Elimina parte de la complejidad y sobrecarga introducida por AAL3/4, proporcionando un nivel de adaptación simple y eficiente para la transmisión de tramas de datos entre dispositivos tales como "Routers", sobre una red ATM.

AAL5 define un formato de trama de longitud variable, así como los procedimientos para segmentar la trama en celdas para su transmisión sobre la red ATM, y el reensamblado en destino.

El subnivel de convergencia CS, para realizar sus funciones añade 8 bytes por trama: Un CRC-32 para detectar errores de trama y celdas perdidas, 2 bytes de para especificar la longitud de la trama (0-65.535 bytes), 2 bytes de control reservados. Hay un campo de relleno (PAD) contenido de 0 a 47 bytes con el fin de el número total de bytes sea múltiplo de 48. La unidad de datos del protocolo así generada (CS-PDU), es transportada al subnivel SAR para su segmentación.

El subnivel SAR utiliza un bit del campo PT de la cabecera de la celda ATM, para indicar que es la última celda (EOM) perteneciente a la trama (PT = 0x1), o no es la última (not EOM, PT = 0x0). No consume ninguna parte de la carga útil de la celda para realizar esta función, obteniéndose una mejora de 4 bytes por celda frente a AAL3/4.

AAL5, a diferencia de AAL3/4, no permite la multiplexación de mensajes de diferentes usuarios (diferentes SDUs) dentro de un mismo VPI/VCI ya que no contiene el IDentificador de Mensaje (MID), así que requiere un VPI/VCI dedicado.

## 4.6 APLICACIONES

### 4.6.1 REDES DE EMPRESAS HOMOGÉNEAS

ATM puede utilizarse para crear una verdadera red homogénea a través de una gran compañía. ATM puede utilizarse como una red de área local altamente efectiva, como un backbone en un campus, como red de área metropolitana, como red de área extensa, o como una combinación de todas las anteriores. Es concebible que redes de grandes empresas estén basadas principalmente en ATM, con una infraestructura que cubra la empresa entera. Esta red ATM soportaría tráfico multimedia, es decir, todo tipo de tráfico transportado por una red única y homogénea.

### 4.6.2 GRUPOS DE TRABAJOS VIRTUALES

Con ATM como núcleo principal de una red de empresa, los usuarios remotos pueden pertenecer al mismo grupo de trabajo, sin notar el impacto de la distancia geográfica mientras se comunican con miembros del mismo grupo. ATM commuta y transmite las celdas sobre los enlaces de alta velocidad proporcionando una latencia muy baja independientemente de la localización. Las limitaciones físicas de las redes de hoy desaparecen, y la red se convierte en transparente para las aplicaciones remotas.

#### **4.6.3 DESARROLLOS EN COLABORACIÓN**

Los departamentos de ingeniería de diferentes países pueden trabajar conjuntamente en la especificación de un nuevo diseño, utilizando una aplicación de conferencia para documentación sobre una red ATM. El documento podría ser un sencillo texto, o un documento complejo constando de una combinación de texto, gráficos de alta resolución, anotaciones de voz y un vídeo clip. Los beneficios resultantes incluyen un mejor diseño, aumento de la productividad, y un menor tiempo para su comercialización.

#### **4.6.4 COMPUTACIÓN DISTRIBUIDA CON USO INTENSIVO DE ANCHO DE BANDA**

Con la difusión de la arquitectura cliente-servidor, y el rápido aumento del número de servidores, se necesita un mayor ancho de banda. Con la escalabilidad de ATM, el ancho de banda de la red se puede incrementar añadiendo puertos de acceso a los commutadores, o incrementando la velocidad de algunos de los puertos. Cuando los 155 Mbps destinados a un servidor se convierten en un cuello de botella, se puede añadir una interfase de 622 Mbps sin impacto sobre el resto de la red. El beneficio es la protección de la inversión en la infraestructura de red.

#### **4.6.5 VÍDEO CONFERENCIA DE SOBREMESA MULTIVENTANA**

##### **NA**

Una red ATM proporciona una alta calidad a un coste efectivo en el transporte de múltiples tipos de información. Por ejemplo, un grupo de ejecutivos podría revisar los planes comerciales de un nuevo producto, un equipo de científicos podría revisar los resultados de un nuevo experimento, un equipo de doctores podría diagnosticar a un paciente en una clínica remota. La información podría ser un documento complejo, un vídeo con movimiento en tiempo real, de un experimento científico, o una combinación de radiografías, cardiogramas e imágenes TAC. Los beneficios serían menos viajes, mejor utilización de los recursos caros (tales como ejecutivos, científicos y doctores), y una comunicación muy superior a la de voz.

#### **4.6.6 SOPORTE Y FORMACIÓN REMOTA**

Un cliente llama, al centro de soporte del vendedor, con un problema. El vendedor inmediatamente obtiene sobre su pantalla la información acerca del cliente, y le transfiere al ingeniero de soporte apropiado para revisar su problema. El cliente envía un vídeo clip con los síntomas del problema, o muestra el problema en tiempo real según está ocurriendo en vídeo en movimiento, junto con los informes de diagnósticos previamente capturados. El suministrador trabaja con el cliente remotamente para resolver el problema en

tiempo real. Los beneficios serían una rápida respuesta al cliente, una mejora de las relaciones entre el cliente y el suministrador, y ahorros de gastos para ambos.

## 4.7 CONCLUSIÓN

ATM, con su núcleo de conmutación de celdas, promete ser la tecnología global de red dominante en los 90 y más allá. Es igualmente adecuada para entornos de LAN y WAN, para aplicaciones de voz, datos, imagen y vídeo, para redes públicas y privadas. A diferencia de otras tecnologías utilizadas hoy, ATM puede manejar tráfico isócrono y tráfico en ráfagas y proporcionar la Calidad de Servicio (QoS) solicitada. Combina los beneficios de la conmutación de paquetes y la conmutación de circuitos, reservando ancho de banda bajo demanda de una manera eficaz y de coste efectivo, a la vez que garantiza ancho de banda y calidad de servicio para aquellas aplicaciones sensibles a retardos.

Esta es la primera vez que los vendedores de telecomunicaciones, junto con los vendedores de computadores, y de comunicaciones de datos, están trabajando conjuntamente con las PTTs y suministradores de servicios a escala internacional. Aquí radica la verdadera fuerza de los estándares y tecnología ATM.

## **CAPITULO 5**

### **DISEÑO DE LA RED**

#### **5.1 CONSIDERACIONES DE DISEÑO**

Para el acceso indirecto al bucle de abonado, los operadores establecerán canales virtuales, con estructura de trama de Modo de Transferencia Asíncrono, entre el punto de terminación de red del abonado al servicio telefónico y el punto de acceso indirecto al bucle de abonado, en el que se conecta el operador autorizado.

Los medios técnicos para la provisión del acceso indirecto al bucle de abonado mediante tecnologías ADSL, se componen de:

- a) Punto de terminación de red de la red pública telefónica fija, al que se conecta el terminal del abonado.
- b) Medios digitales de transmisión ADSL establecidos sobre el bucle de abonado de la red pública telefónica fija.
- c) Elementos de transmisión y concentración de tráfico, que proporcionen el transporte de los flujos digitales ATM desde los elementos ADSL establecidos, hasta el punto de acceso al bucle de abonado en las centrales. Cada bucle de abonado podrá ser accedido por un único operador.

En función de las características técnicas específicas de cada bucle, podrá ser preciso disponer, en el punto de terminación de red, de una interfaz específica para la conexión del terminal ADSL, que facilite el uso compartido del bucle de abonado entre las comunicaciones telefónicas y las realizadas a través del acceso indirecto.

Asimismo, conforme a las características técnicas a que se refiere al párrafo anterior, podrá ser necesario que al equipo de usuario incorpore un elemento de filtrado para las señales ADSL.

Los usuarios dispondrán de un equipo terminal con un modem ADSL, que permita al establecimiento del trayecto de transmisión digital sobre al bucle de abonado, compatible con al equipamiento instalado por los operadores dominantes en su red. Este equipo debe estar debidamente certificado.

## 5.2 OPCIONES TÉCNICAS PARA EL ACCESO COMPARTIDO

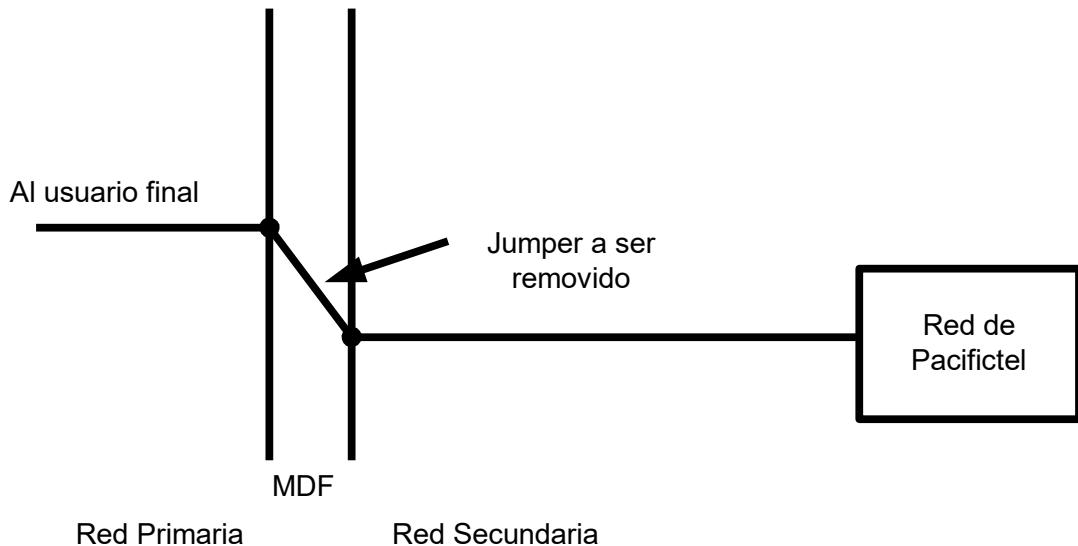


Figura 5-1 Bucle local en la central antes de introducir ADSL

El acceso compartido puede ser implementado de diferentes maneras. Las dos configuraciones técnicas fundamentales posibles son:

El dominante usa sus propios splitters para separar las frecuencias de telefonía de voz y las de los servicios de banda ancha, arrendando al otro operador la porción de frecuencias altas del bucle; o

El operador de banda ancha usa sus propios splitters para separar las frecuencias, y regresa las frecuencias de telefonía tradicional al dominante.

### Opción 1

Con este arreglo el dominante preserva la calidad de su servicio de telefonía de voz, escogiendo los apropiados splitters.

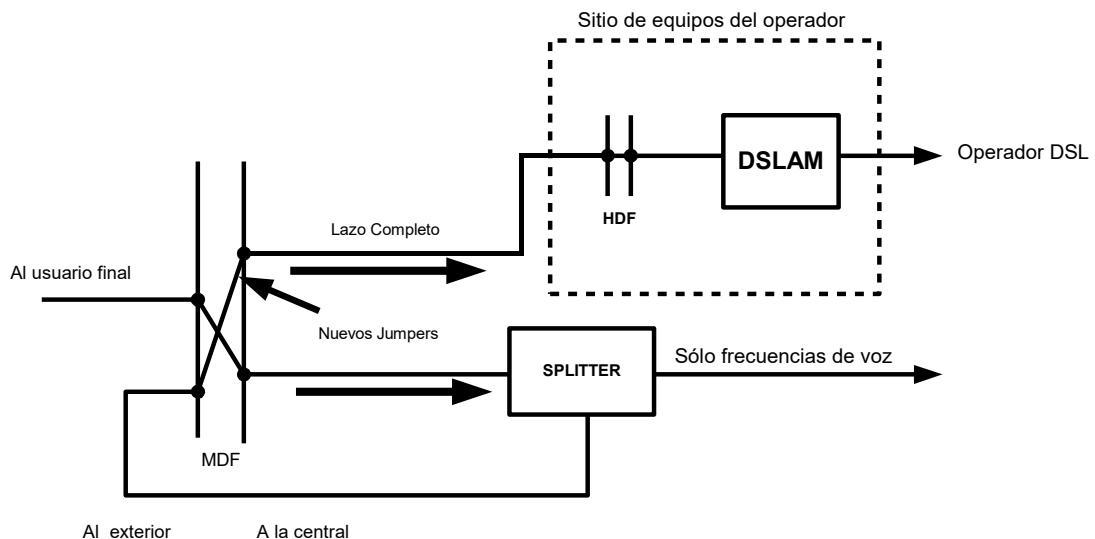


Figura 5-2 Opción 1 para la provisión de servicios ADSL

También el dominante controlaría los splitters localizados en la central, así simplificaría el proceso de pruebas. Bajo esta opción el dominante fácilmente desconectaría el splitter, cuando una falla aparece, y rápidamente ejecutaría las pruebas necesarias. Esto sería realizado remotamente o manualmente.

Un proceso de notificación tendría que ser establecido para asegurar que el dominante informe al otro operador cuando algunas pruebas estén siendo ejecutadas en la línea, interrumpiendo el servicio DSL.

## Opción 2

Bajo esta opción el operador de banda ancha arrendaría el bucle total al dominante. Dividiría las frecuencias a través su splitter y regresaría la porción de bajas frecuencias al dominante. El operador también proveería al usuario final con un splitter igual.

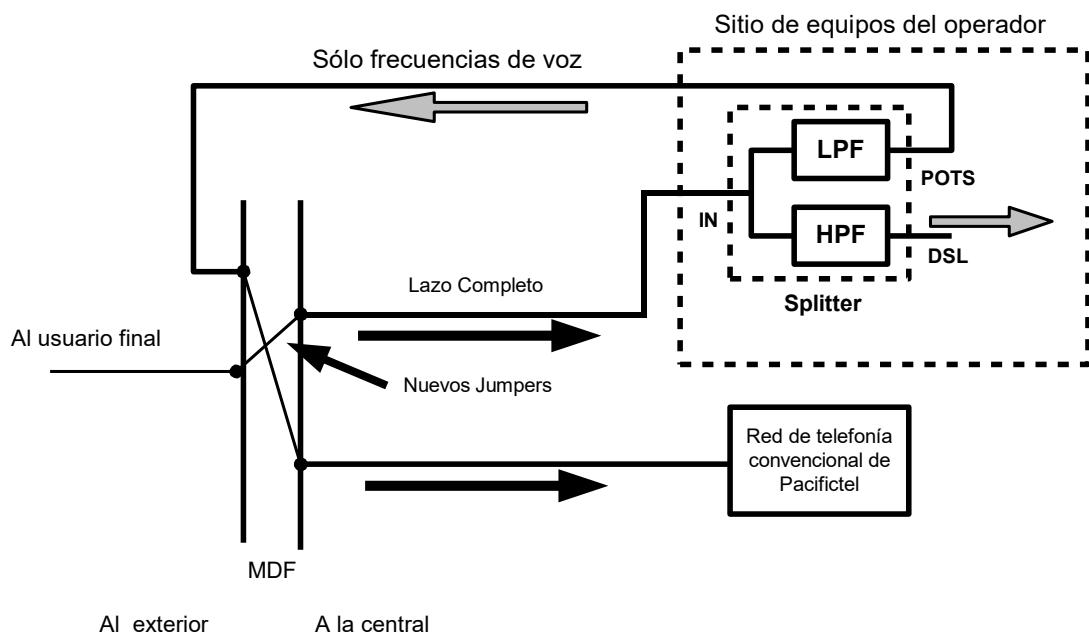


Figura 5-3 Opción 2 para la provisión de servicios ADSL

Puede darse que el operador instale splitters que interfieran con la telefonía de voz suministrada por el dominante y por lo tanto degradar la calidad de los servicios telefónicos de voz. Este problema podría ser resuelto estableciendo especificaciones que todos los splitters necesitarían reunir.

### 5.3 RED DE TRANSPORTE

- Como todas las centrales cuentan con sus equipos DSLAM, toda esta información debe ser concentrada en el switch ATM localizado en alguna central específica del dominante o en determinado sitio del operador autorizado. Así mismo esta información del switch ATM debe llegar a la red del operador autorizado, si estuviera localizado en instalaciones del dominante.
- Para tales fines el operador autorizado debe construir su propia red de transporte, y por lo tanto incrementará sus gastos operativos que se reflejarán en la tarifa del usuario. Por otro lado no se está siendo eficiente en el uso de recursos ya disponibles.
- La solución optima sería utilizar como transporte la red SDH de Pacifictel que se encuentra implementando. Por lo cual los operadores autorizados tendrían que incurrir en gastos de interconexión con el dominante.
- Por consiguiente, como medio de Transporte, se utilizará los 5 anillos de fibra óptica que PACIFICTEL está implementando en la ciudad de Guayaquil.

## 5.4 UBICACIÓN GEOGRAFICA DE LOS ANILLOS SDH

En el siguiente gráfico se describe cómo están configurados los anillos SDH que interconectan las centrales telefónicas de la ciudad de Guayaquil.

## UBICACIÓN GEOGRÁFICA DE LOS ANILLOS SDH EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

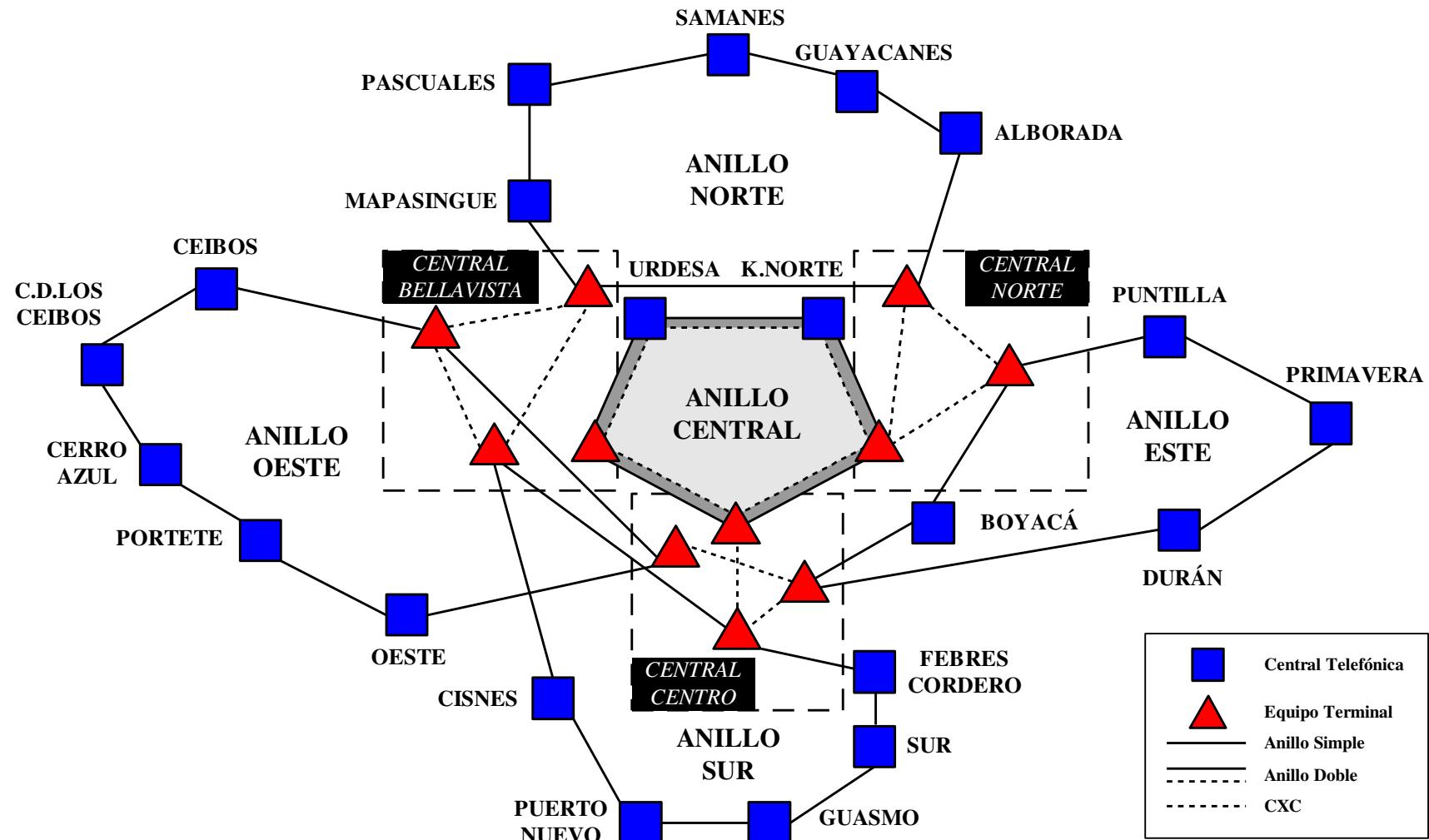


Figura 5-4 Anillos SDH

## 5.5 PROVEEDORES DE SERVICIOS

- Para el diseño se considera cuatro proveedores de servicios ISPs.
- Los ISPs, podrán estar ubicados en cualquier punto geográfico de la ciudad de Guayaquil,

## 5.6 USUARIOS

- El servicio ADSL va dirigido inicialmente a los usuarios comerciales, pertenecientes a las centrales Kennedy Norte y Centro, ya que la planta externa de estas centrales está apta para ofrecer el servicio ADSL.
- Para cuestiones de diseño todos los usuarios tendrán una velocidad de 512 Kbps de acceso.
- Los usuarios ADSL podrán elegir cualquier proveedor de servicios, sin importar donde estén ubicados los ISPs.

## 5.7 ABONADOS TELEFONICOS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

A continuación describiremos el número de abonados telefónicos, que maneja cada central en la ciudad de Guayaquil dividido por categorías.

Categoría A: Popular

Categoría B: Residencial

Categoría C: Comercial

<b>ABONADOS TELEFÓNICOS EN LA CIUDAD DE GUAYAQUIL</b>			
<b>CENTRAL</b>	<b>Categoría C</b>	<b>Categoría B</b>	<b>Categoría A</b>
Guayacanes	34	10140	15
Alborada	3508	28697	441
Samanes	77	3988	242
Pascuales	1000	5411	883
Mapasingue	2620	12071	2978
Ceibos	677	3315	171
C.d.los ceibos	458	4108	19
Cerro azul	641	2932	90
Portete	208	15849	460
Oeste	2276	17885	82
Febres cordero	2569	9382	10
Sur	2657	24457	498
Guasmo	590	22060	2188
Puerto nuevo	502	8512	1042
Cisnes	39	9935	2335
Boyacá	8062	8703	30
Puntilla	750	5209	19
Primavera	112	5505	236
Durán	1078	10908	748
Bellavista	2865	6236	169
Urdesa	3944	13510	185
Kenedy norte	2185	1278	5
Norte	9679	16743	25
Centro	13287	11797	311
Total	59818	258631	13182

### **5.7.1 USUARIOS CONSIDERADOS PARA EL DISEÑO**

Para la elaboración del diseño de red, se consideró a las centrales Centro y Kennedy norte dado que estas dos centrales son las que poseen mejor planta externa.

Se ha estimado 45 usuarios en Kennedy Norte y 60 usuarios en Centro, dando un total de 105 usuarios ADSL.

### **5.8 CALCULO DE ENLACES POR CENTRAL**

Dado que se va a ofrecer servicios de banda ancha, se tomará 512 Kbps para calcular el número de enlaces requeridos por cada central.

El ancho de banda que requerirá cada central se aproxima a un flujo E1 el cual maneja 32 canales a 64 Kbps. En dichas centrales, se tendrá ancho de banda de reserva, el cual servirá para usos futuros.

Para el cálculo de la capacidad requerida en la central Kennedy Norte y Centro, se multiplica el número de usuarios ADSL estimado inicialmente por la velocidad de acceso, teniendo como resultado:

45 X 512 Kbps = 23.04 Mbps para la central Kennedy Norte, equivalentes a 12 E1s y 60 X 512 Kbps = 30.72 Mbps para la central Centro, es decir 15 E1s.

Para el caso de Kennedy Norte este flujo de 12 E1s tendrá que viajar hacia el Switch, ubicado en Centro, a través de la red SDH encapsulados como 12 VC-12.

Como en Centro está localizado el switch no es necesario utilizar la red SDH para el transporte de las 15 E1s, sino que serán directamente conectadas entre los dos equipos.

## **5.9 CONSIDERACIONES PARA EL SWITCH ATM**

Para que haya interacción entre la red ATM y los proveedores de servicios se requiere de uno o varios Switchs ATM dependiendo del diseño.

Este switch tiene que soportar el total de E1s de las centrales por el lado de los usuarios. Este valor se lo encontró en el ítem anterior y corresponde a 27 E1s.

Por el lado de los ISP, se considera que los 4 ISP tienen cuotas iguales, cada uno de ellos necesita  $53.76 \text{ Mbps} / 4 = 13.44 \text{ Mbps}$  que es equivalente a 7 E1s por cada ISP. Por lo tanto se necesita un enlace PDH con 8 puertos de 2.048 Mbps por cada ISP, dejando como reserva 1 E1 por enlace.

Por lo tanto se requiere  $7 \text{ E1} \times 4 = 28 \text{ E1s}$  por el lado de los ISP.

Dada la capacidad obtenida, se concluye que con un solo switch ATM configurado con 55 puertos de 2 Mbps se podrá abastecer los requerimientos de la red inicialmente.

La red SDH tiene los suficientes recursos de capacidad para poder brindar el transporte de datos desde cualquier ISP ubicado en cualquier punto geográfico de la ciudad hacia el Switch ATM ubicado en Centro.

## **5.10 DESCRIPCIÓN DEL ENLACE CENTRAL TELEFÓNICA-SWITCH ATM**

Para el enlace de las diferentes centrales con el Switch ATM, ubicado en CENTRO, se utiliza como medio de transporte los anillos de fibra óptica de PACIFICTEL.

Las centrales telefónicas consideradas en el diseño cuentan con el Sistema Alcatel 1000 E10 el cual permite la introducción de abonados ADSL en dicho entorno.

Este equipo es análogo a un DSLAM (Digital Subscriber Line Access Multiplexer), los cuales tienen interface ATM de tal manera que haya compatibilidad con el Switch ATM.

Para establecer el enlace entre el Alcatel 1000 E10 ubicado en la central Kennedy Nortel y el Switch ATM, se tendrá que establecer una ruta pasando

por las diferentes centrales, para esto cada una de ellas a lo largo del recorrido deberán poseer suficientes recursos para satisfacer la capacidad requerida.

Cabe recalcar que este enlace cuenta con la debida protección, dada por la red SDH, pudiendo garantizar el funcionamiento normal de la misma.

## **5.11 DESCRIPCIÓN DEL ENLACE ISP-CENTRAL TELEFÓNICA**

Para establecer el enlace entre los diferentes ISPs y las centrales telefónicas, cada una de éstas deberá contar con los recursos de transporte necesarios para así poder comunicar a los ISPs con el Switch ATM Central.

En este diseño cada ISP requerirá 7 E1 de capacidad para cubrir con la demanda establecida. Utilizando un enlace PDH a 17 Mbps se conecta el ISP con la central más próxima, donde éste se encuentre, luego la información viajará a través de la red SDH hasta el switch ATM, estableciéndose así la comunicación.

Para este enlace una opción sería que los costos de adquisición, instalación y mantenimiento corren por cuenta del los proveedores de servicios y no por la empresa telefónica.

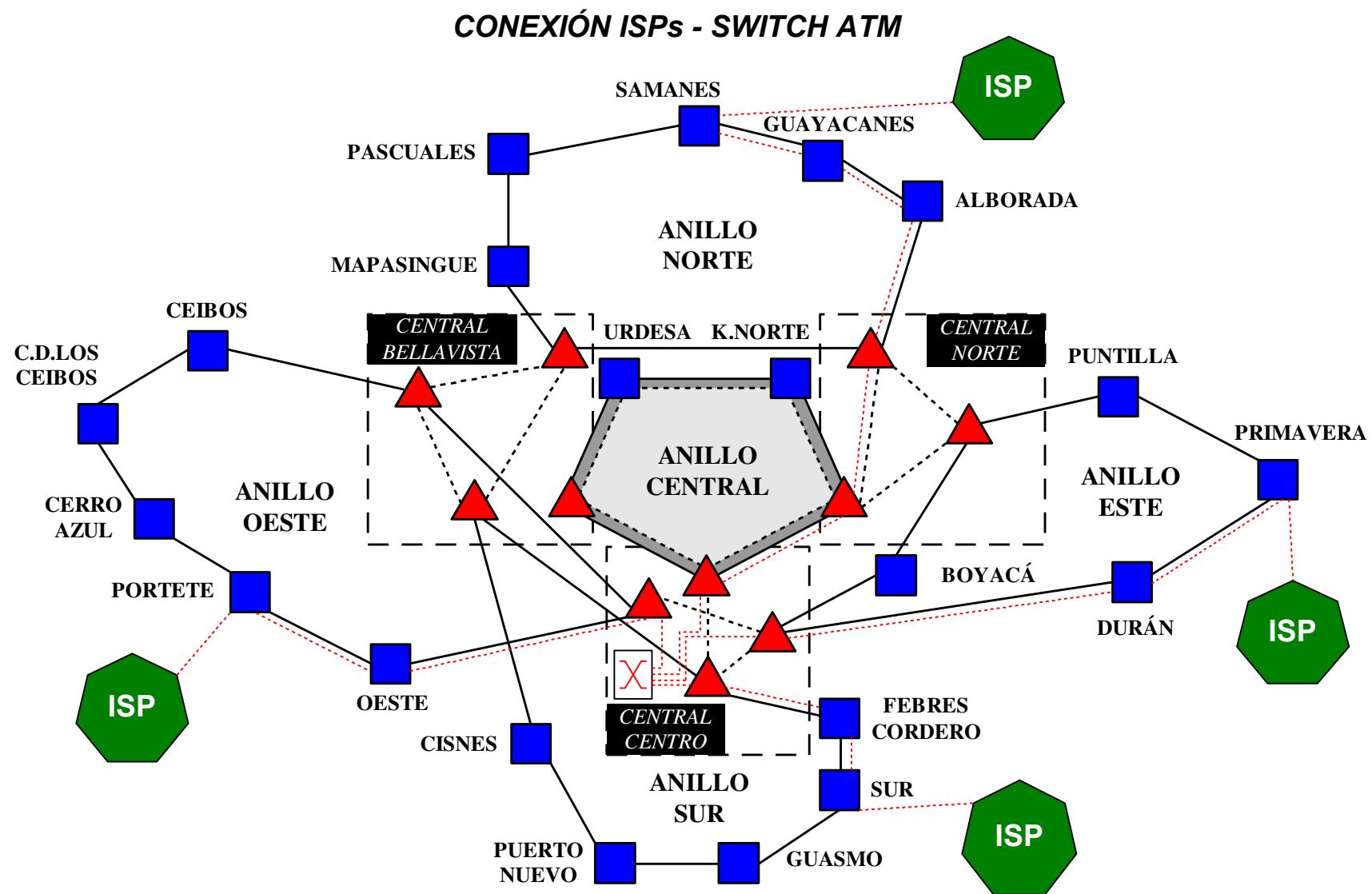


Figura 5-5 Conexiones

## **CAPITULO 6**

### **EQUIPOS PARA EL PROYECTO**

#### **6.1 INTEGRACIÓN ADSL EN EL ALCATEL 1000 E10**

El CSNMM (Unidad de Abonados Multimedia) permite la introducción de abonados ADSL en el entorno Alcatel 1000 E10.

Esta solución mantiene las ventajas de las Unidades de Abonados existentes Alcatel 1000 E10, esto es el CSN. El CSN, directamente conectado al MDF, ya permite la conexión de diferentes tipos de abonados: analógicos 2 hilos, accesos básicos RDSI (2B + D), accesos primarios RDSI (30B + D) o líneas dedicadas. La nueva solución, o sea el CSNMM, permite además conectar directamente abonados ADSL y realizar la función DSLAM sin necesidad de agregar equipos extra generalmente requeridos en soluciones superpuestas.

La configuración de la red es descrita en la Figura 6-1:

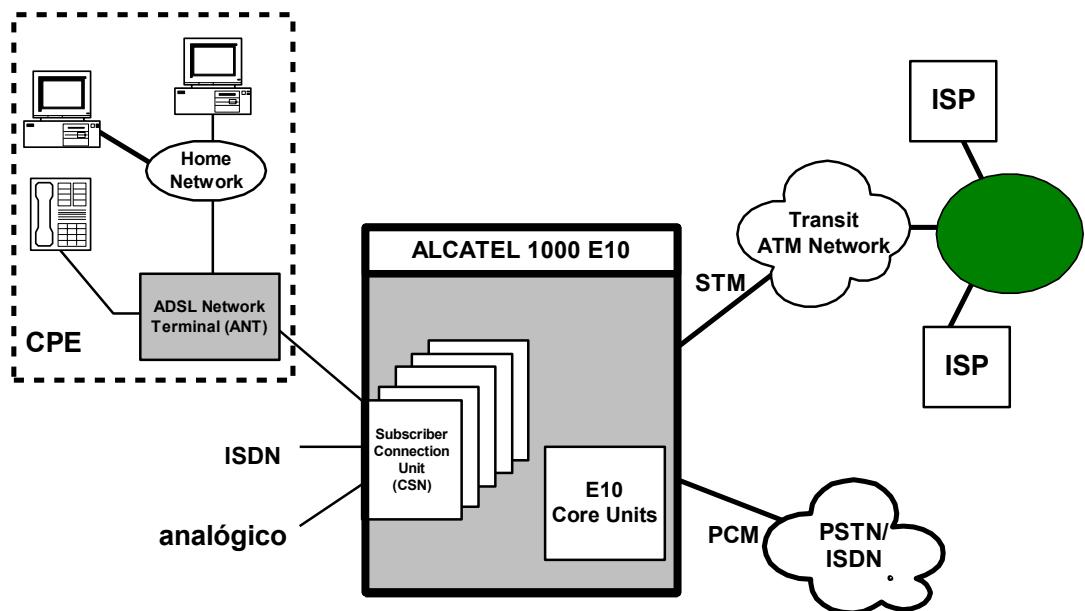


Figura 6-1 Configuración de la Red

Las funciones de Operación & Mantenimiento (O&M) de la parte ADSL son realizadas por el Alcatel 1000 E10.

Los beneficios de esta configuración son los siguientes:

- Consistencia con respecto a la distribución existente de líneas. Facilita las labores de instalación sin intervención del lado MDF.
- Simplificación en la planificación de líneas ADSL. En cualquier momento se puede introducir líneas ADSL nuevas con solo reemplazar tarjetas.
- Separación clara del O&M de los abonados ADSL que queda bajos la responsabilidad del operador de la central.

- Flexibilidad para introducción de los abonados ADSL. Posibilidad de mezclar todo tipo de abonados en un mismo bastidor.

### **6.1.1 SERVICIOS**

- Provisión de servicios de Banda Ancha y de telefonía sobre líneas ADSL se basa en:
  - ✓ Subscripciones separadas: los servicios telefónicos (analógicos o RDSI) de un lado que son manejados al nivel de la central como los abonados conectados directamente, y los servicios de Banda Ancha que son manejados a nivel de la Red de Banda Ancha.
- Para los servicios Internet, la señalización en la banda (parámetro de negociación de nivel 2, sesiones, autentificación, alocación de la dirección IP, ... ) entre el abonado y el ISP es transparente al Alcatel 1000 E10.

### **6.1.2 ARQUITECTURA**

La posibilidad de conectar abonados ADSL en el CSN impacta una serie de bloques funcionales en cada extremo del invariable par de cobre, como descrito en la Figura 2.

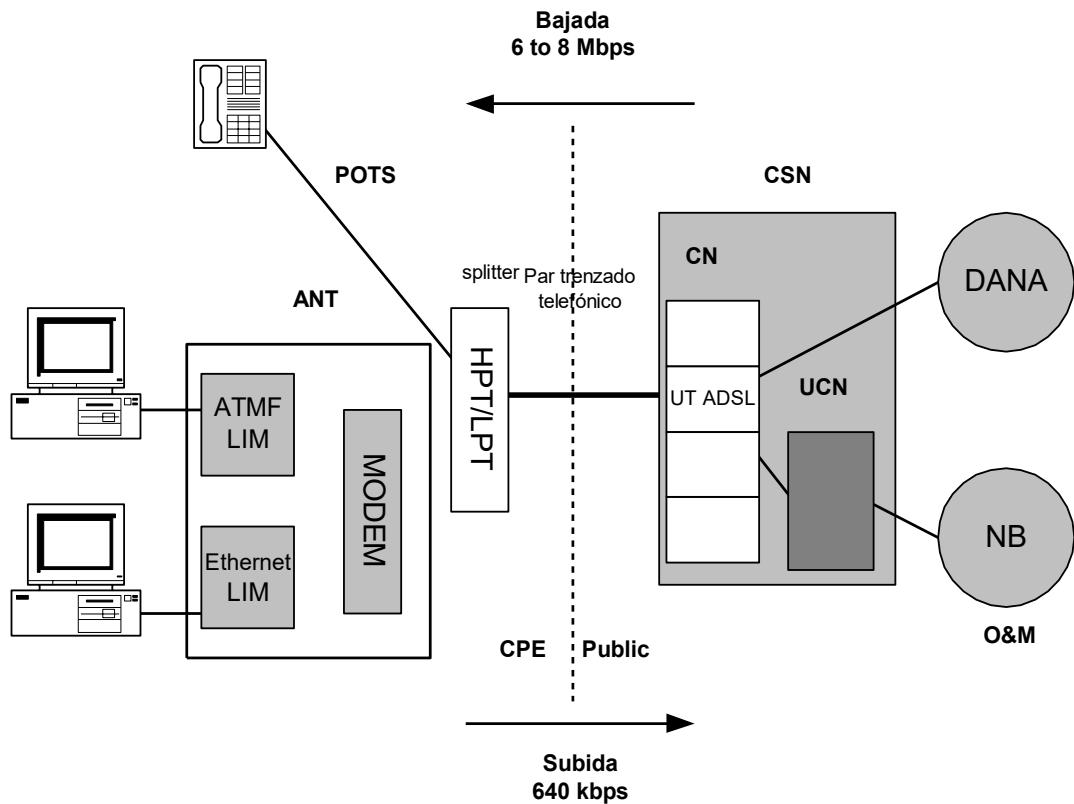


Figura 6-2 Arquitectura Global

### 6.1.3 INTERCONEXIÓN DE LOS CONCENTRADORES DE ABONADOS (CN)

La unidad terminal ADSL (UT ADSL) puede colocarse en cualquier Concentrador de Abonados (CN) del CSNMM. Los flujos de Banda Ancha son dirigidos a través de un bus BB a una interfaz de transporte STM1. Varios CN pueden ser conectados a un mismo STM1 en una red de transporte dedicada.

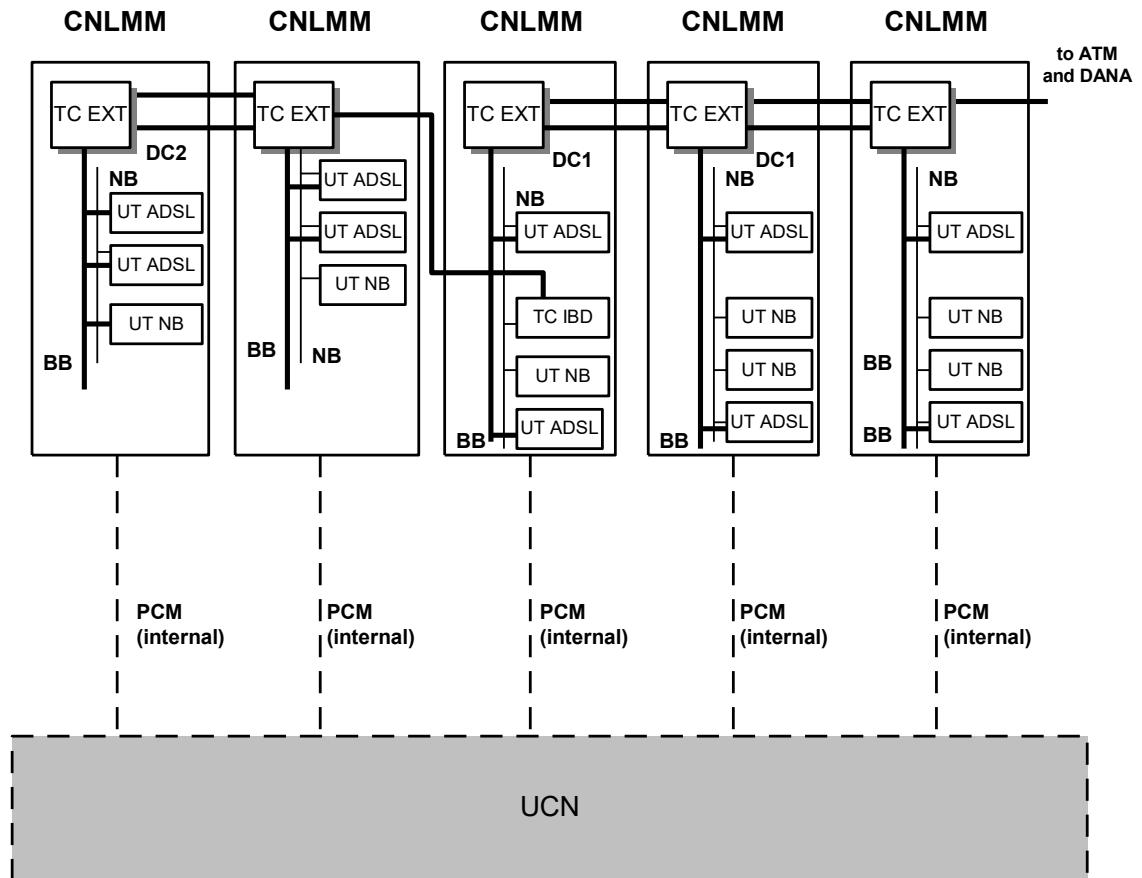


Figura 6-3 Interconexión entre CNLMM

Los cambios principales son:

- Un bus Banda Ancha (bus BB) en el panel posterior del CN ademas del bus ya existente y llamado ahora bus Banda Estrecha (bus NB),
  - Conexión del bus BB a una tarjeta de transporte STM1,
  - Posibilidad de interconectar los CN en la red de transporte STM1,
  - La conectividad 64 Kbps no cambia.

El CSNM mantiene el principio de conexión universal. En el panel posterior se puede conectar cualquier tipo de tarjeta en un slot CNMM (tarjeta de abonados analógicos, tarjetas RDSI, tarjeta para enlaces especializados y tarjeta de abonados ADSL)

Como para la introducción de los abonados RDSI en su tiempo, el CSNMM es ahora capaz de conectar abonados ADSL con simplemente agregar o reemplazar una tarjeta de abonados en un sub-bastidor CNLMM.

#### **6.1.4 UNIDAD TERMINAL ADSL (UT ADSL)**

La unidad ADSL tiene las características siguientes:

- Maneja ambos tráficos analógicos & ADSL
- Interfaz analógica
- Supervisión de los tráficos analógicos y ADSL a través de la señalización CN-UCN
- 4 ADSL (+ POTS) puertos por UT ADSL.

El diagrama funcional de la UT ADSL es descrito en la Figura 6-4:

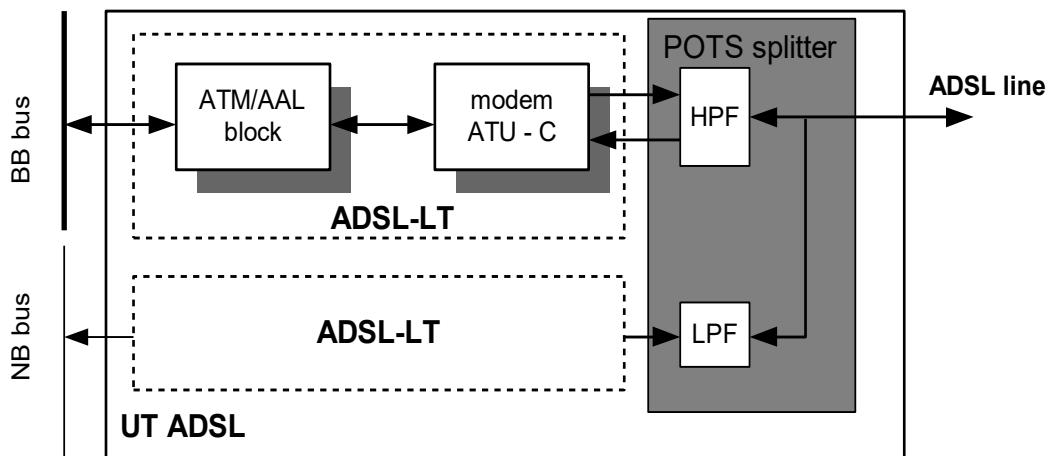


Figura 6-4 Vista Funcional de la UT ADSL

Realiza las siguientes funciones:

- Comutación
- Control
- Supervisión de la transmisión ADSL
- Supervisión de la transmisión ATM
- Comunicación con el ANT

Permite realizar la interfaz entre el módem ADSL y la función de interconexión ATM. Incluye las funciones para las capas ATM y AAL: fila de celdas, terminación AAL.

- Traducción de encabezado

- Flujo de bajada
- Flujo de subida.

Las interfaces hacia la red de datos son STM1-VC4 155 Mbit/s (SDH)

### 6.1.5 SUPERVISIÓN

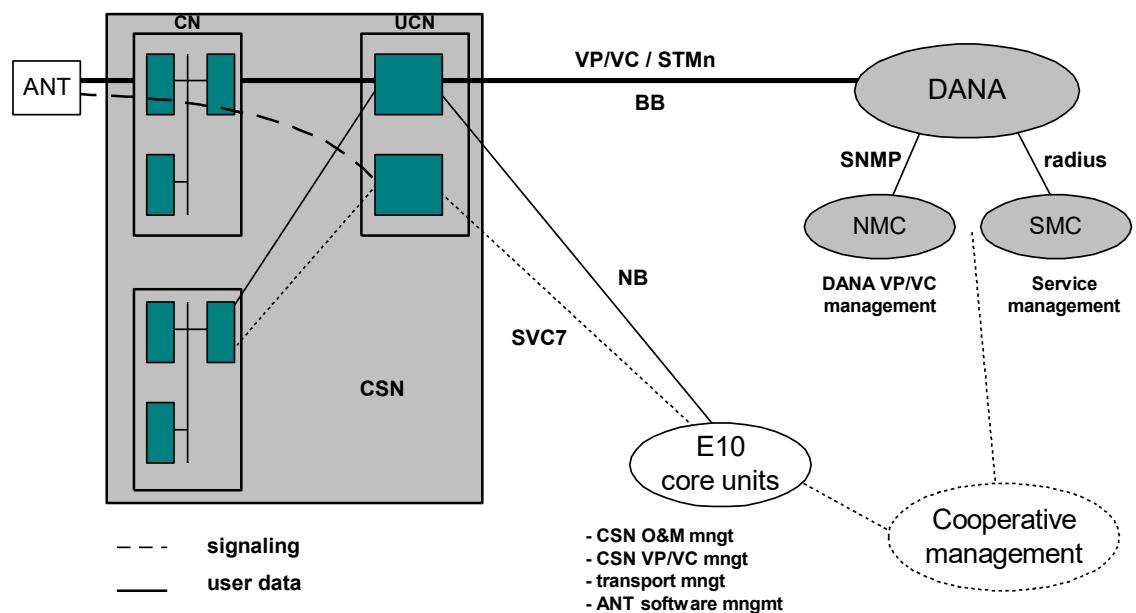


Figura 6-5 Configuración de la red de supervisión

El Alcatel 1000 E10 realiza las siguientes funciones,

Reportes de Fallas,

- Configuración,
- Rendimiento,

- Inicialización

Y adicionalmente maneja:

- Los elementos de red incluyendo equipos específicos ADSL.

El Alacatel 1000 E10 realiza la supercisión de los abonados, incluyendo la supervisión de los abonados ADSL:

- Equipos CSN (tarjetas)
- Equipos de abonados (software ANT solamente)
- Transporte externo

El E10 permite O&M simplificado de

- SMT1 (SDH), 2 Mbit/s y 34 Mbit/s (PDH) y accesos CSN
- Conexiones ATM

El Alcatel 1000 E10 permite manejar el establecimiento de las conexiones, supervisión a nivel de CSN solamente (que implica la función “cooperative management”).

- Flujo de subida
  - ✓ Del ANT al CSN: control y adaptación del flujo CBR + UBR

- ✓ Del CSN al DANA: control y adaptación del flujo en CBR + UBR
- Flujo de bajada
  - ✓ Del DANA al CSN; no regula el tráfico (el DANA esta a cargo de regular el tráfico, del control ATM, de la gestión de las prioridades, de la limitación al flujo máximo VP)
  - ✓ Del CSN al ANT: no modela el tráfico

## 6.2 SWITCH PRINCIPAL

### 6.2.1 SWITCH MULTISERVICIO MAINSTREETXPRESS 36170

El Switch Multiservicio MaintStreetXpress es una plataforma de servicios ATM escalable de alta capacidad y líder de la industria. Soporta varios servicios de gran ancho de banda incluyendo cell relay, frame relay, emulación de circuitos e intenetworking. Es la solución ideal para ofrecer esta variedad de servicios a través de una única infraestructura ATM. Con una capacidad de 12.8Gbit/s, interconecta y commuta celdas entre T1, E1, T3, E3, OC-3, STM-1, OC-12 y STM-4. El 36170 es ideal para redes backbone que utilizan múltiples servicios usando circuitos virtuales permanentes (PVCs) y circuitos virtuales commutados (SVCs)



Figura 6-6 36170 Switch Multiservicio MaintStreetXpress

### 6.2.2 ARQUITECTURA MODULAR

La arquitectura modular del switch 36170 permite crecer de una simple a unidad a un sistema de múltiples unidades en base a las necesidades. El 36170 puede crecer hasta conmutar 12.8 Gb/s.

La disponibilidad del 36170 está garantizada por muchas características, incluyendo redundancia del núcleo de conmutación, interfaces de sincronización, control y procesamiento de llamadas. El 36170 soporta fuentes estánдар de sincronización como BITS o G.703. Todas las tarjetas pueden ser insertadas o removidas en caliente.

### 6.2.3 RESUMEN DE CARACTERÍSTICAS

- ✓ Multiplexación estadística escalable para tráfico ABR/UBR.
- ✓ Funciones I.610 de OAM: verificación de continuidad, monitoreo de alarmas y desempeño.
- ✓ Probabilidad de celdas perdidas menor que  $10^{-10}$
- ✓ Interfaces UNI>NNI: octal T1/E1 con opción de multiplexación inversa. Triple T3/E3, STM-1 eléctrica, y las siguientes interfaces ópticas: SR, IR, LR, XLR, para OC-3, OC-12, STM-1 y STM-4
- ✓ Comutación automática de protección (APS) 1+1 para todas las intercaces OC-3, STM-1, OC-12 y STM-4
- ✓ Tarjetas de línea ADSL de ocho puertos.
- ✓ PVCs punto a punto y punto-multipunto.
- ✓ IP sobre frame relay y PPP en los puertos T1/E1 y T3/E3.
- ✓ IP sobre ATM

## 6.3 EQUIPOS DE USUARIO

### 6.3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÓDEM SPEED TOUCH OFFICE DE ALCATEL

El módem Alcatel ADSL 1000 es un módem de velocidad completamente adaptable utilizando modulación DMT. DMT fue seleccionado por los europeos de estandarización de ANSI y ETSI y recomendada por DAVIC, por su desempeño superior.

### 6.3.2 VENTAJAS DE DMT

- Optimo uso de la capacidad de la línea.
- Velocidad ajustable en pequeños pasos.
- Ajuste de densidad espectral de potencia muy flexible, para evitar interferencia con servicios existentes.
- Mejor inmunidad contra interferencia a frecuencias específicas.
- Alta inmunidad contra ruido impulsivo.
- No se necesita ecualizador retroalimentado (no hay propagación de errores).

- Estándar mundial.

La tecnología utilizada para alcanzar este desempeño utiliza múltiples portadoras simultáneas para transferir la información. Un número variable de bits son modulados en cada portadora, número que depende de las características del par trenzado y el espectro de las señales de interferencia. De esta manera, las velocidades transportadas se pueden optimizar haciendo posible usar los mismos módems para lazos locales de diferentes características.

Como pionero de la industria, Alcatel Telecom ha combinado la tecnología DMT con el modo de transferencia ATM. Esto provee las siguientes características particulares:

- Varios servicios, con diferentes anchos de banda y características de tráfico, pueden ser mezclados eficientemente maximizando la capacidad física ofrecida por el módem DMT. Es posible en un momento dado proveer un servicio de ancho de banda garantizado (como VoD, basado en MPEG), mientras se mantiene la velocidad restante disponible para un servicio de datos a ráfagas (basado en TCP/IP).
- La máxima velocidad física es determinada automáticamente durante la instalación del equipo. El servicio de administración del sistema entonces establece la velocidad de línea al valor correcto, dependiendo del perfil de servicio del cliente, maximizando así el margen de ruido y/o minimizando

la potencia transmitida. Esto permite la oferta de diferentes grados de servicio, por ejemplo ofreciendo las más altas velocidades a nivel premium o asegurando una velocidad garantizada. Las velocidades pueden ser seleccionadas linealmente, hasta el máximo límite físico. Las velocidades pueden diferir entre usuarios.

- El uso combinado de DMT y ATM permite al sistema iniciar y operar a muy bajas velocidades, por ejemplo para líneas degradadas. Por su robustez inherente, el sistema iniciará bajo las peores condiciones y lo reportará al sistema administrador de la red. El operador puede entonces descargar los parámetros ADSL y tomar medidas apropiadas.
- Estas características permiten la instalación del equipo por parte del mismo usuario, como un importante elemento en los costos de operación totales.

El uso de la tecnología ATM en el acceso no impide al sistema interoperar con otras redes no ATM. Al contrario, apropiadas interfaces están disponibles en ambos lados, e incluso en estos ambientes los servicios sí se benefician de la combinación DMT y ATM.

### 6.3.3 CABLEADO DEL ATU-R SPEED TOUCH OFFICE DE ALTEL

Para realizar el cableado entre el PC, el ATU-R (*Speed Touch Office* de Alcatel) y el filtro ADSL ("splitter"), se deben seguir los siguientes pasos:

1. Comprueba que el módem está apagado (interruptor en OFF). Conecte el módem a la red eléctrica (220 VAC) utilizando para ello el cable de poder que viene en el "kit".
2. Conecte el módem (conector etiquetado como 10BASE-T en la parte posterior del módem) al PC (puerto de red Ethernet del PC, conector RJ45), utilizando para ello el cable que viene en el "kit" etiquetado como TPE Crossover.
3. Asegúrese que el cable que viene del filtro ADSL (el "splitter") se conecta al conector etiquetado como ADSL R-DMT situado en la parte posterior del módem.
4. Encienda el módem.

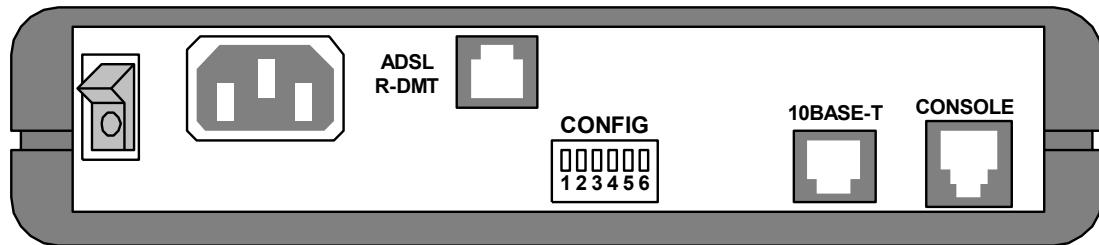


Figura 6-7 Vista posterior del equipo ADSL de usuario Speed Touch Office de Alcatel

No debe modificar la posición de los microinterruptores que hay en la parte posterior del módem ADSL situados bajo la etiqueta CONFIG. La disposición que deben tener es la siguiente: los microinterruptores 1, 2, 3 y 4 en ON, y los 5 y 6 en OFF

### 6.3.4 SIGNIFICADO DE LOS LEDS DEL ATU-R SPEED TOUCH OFFICE DE ALCATEL

El *Speed Touch Office* de Alcatel es un "router" de gama baja equipado con una interfaz ethernet 10BaseT y una interfaz WAN ADSL DMT. En su frontal dispone de seis diodos LED, tal y como se muestra en la figura 6-8.

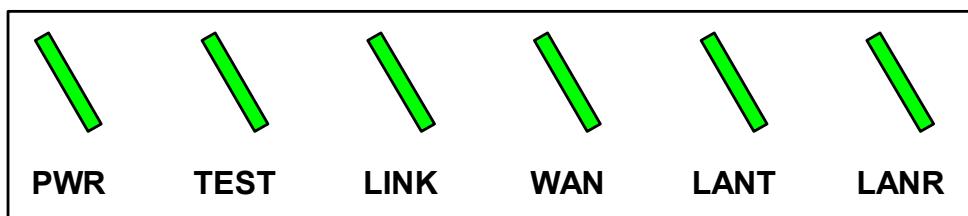


Figura 6-8 LEDs en el frontal del Speed Touch Office

Este es el significado de cada uno de ellos:

- PWR: cuando está encendido (color verde) indica que el equipo tiene alimentación.
- TEST: cuando está encendido (color amarillo) indica que el equipo está pasando su secuencia de "autotest". Cuando pasa a color verde, el test ha sido pasado correctamente.
- LINK: cuando está encendido (color amarillo) indica que el módem ATU-R del equipo está intentando sincronizarse con el módem situado en la central, al otro lado de la línea. Cuando este LED pasa a color verde, eso quiere decir que se ha sincronizado correctamente.
- WAN: cuando está encendido (color verde) significa que se está transmitiendo o recibiendo tráfico a través de la conexión ADSL. Si no está encendido eso representa que en ese momento no se está cursando tráfico alguno ni en sentido "upstream" ni en sentido "downstream", aun cuando el enlace ADSL está establecido (**LINK** en color verde).
- LANT: cuando está encendido (color verde) significa que el equipo está transmitiendo por la interfaz ethernet 10BaseT.
- LANR: cuando está encendido (color verde), el equipo está recibiendo por la interfaz ethernet 10BaseT.

La secuencia normal seguida por el conjunto de LEDs del *Speed Touch Office* al encenderlo es la siguiente:

1. Se activan los pilotos PWR (color verde) y TEST (color amarillo).
2. Durante unos instantes se encienden todos los LEDs:
  - PWR: verde.
  - TEST: amarillo
  - LINK: amarillo.
  - WAN: verde.
  - LANT: verde.
  - LANR: verde.
3. El piloto TEST comuta a color verde. En caso de que este LED permaneciera en amarillo es señal de que existe un problema tipo hardware.
4. Una vez que ha finalizado el "autotest" satisfactoriamente (LED de TEST en color verde) el "router" intenta sincronizarse con el módem ADSL instalado al otro lado del bucle, en la central local. Lo indica a través de su piloto LINK que pasa al amarillo.

5. Una vez que el "router" ADSL *Speed Touch Office* se ha sincronizado a nivel ADSL con el módem de central, el piloto LINK pasa a color verde. Si la sincronización falla, dicho piloto permanecerá en amarillo.
6. En este punto (LEDs PWR, TEST y LINK en verde), el equipo está preparado para transmitir y recibir datos siempre que el equipo esté correctamente configurado a nivel ATM e IP tanto en las interfaces ethernet y ADSL.

Cuando hay tráfico en la ethernet a que está unido el "router" se encienden los LEDs LANT y LANR (ambos en color verde). Como ya se ha indicado antes, cuando existe tráfico a través de la conexión WAN del "router", el piloto WAN se enciende (color verde).

En el modo normal de funcionamiento los LEDs PWR, TEST y LINK deben estar en verde de forma permanente.

En cuanto a la detección de problemas mediante los LEDs:

- Si el piloto TEST permanece en ámbar es debido a que existe un problema hardware.
- Si el LED LINK no se enciende puede que la versión software cargada no sea la adecuada, o bien, que los microinterruptores situados en la parte posterior del equipo no estén correctamente configurados, tal y como se

ha explicado en el Apartado A.1 Cableado del ATU-R Speed Touch Office de Alcatel.

- Si LINK permanece en amarillo, asegúrese que el equipo está conectado al filtro ADSL y que éste a su vez está conectado con la PTR.

### **6.3.5 CONFIGURACIÓN DE UN PC PARA QUE OBTENGA SU DIRECCIÓN IP POR DHCP**

En este apartado se explica cómo hay que configurar un PC para que obtenga su dirección IP de un servidor DHCP. En el caso que nos ocupa, el servidor DHCP es el configurado en el ATU-R, el *Speed Touch Office* de Alcatel.

Se va a aplicar para tres casos:

- PC con Microsoft *Windows NT*.
- PC con Microsoft *Windows 95*.
- PC con Microsoft *Windows 98*.

Como se podrá comprobar, en los tres casos el procedimiento es prácticamente idéntico, pero se ha optado por explicarlo por separado para una mayor seguridad.

### **6.3.5.1 PC CON WINDOWS NT**

En el Panel de Control seleccione el icono de Red (Network). Aparecerá la ventana de Red (Network) tal y como aparece en la Figura 6-9: Menú de Red (WNT). Elija la pestaña de Protocolos (Protocols) y escoja Protocolo TCP/IP (TCP/IP Protocol). Después seleccione el botón de Propiedades (Properties) y aparecerá el menú de la Figura 6-9: Menú del Protocolo TCP/IP (WNT). En este menú se puede ver cuál es la dirección IP asignada a la tarjeta de red ethernet instalada en tu PC

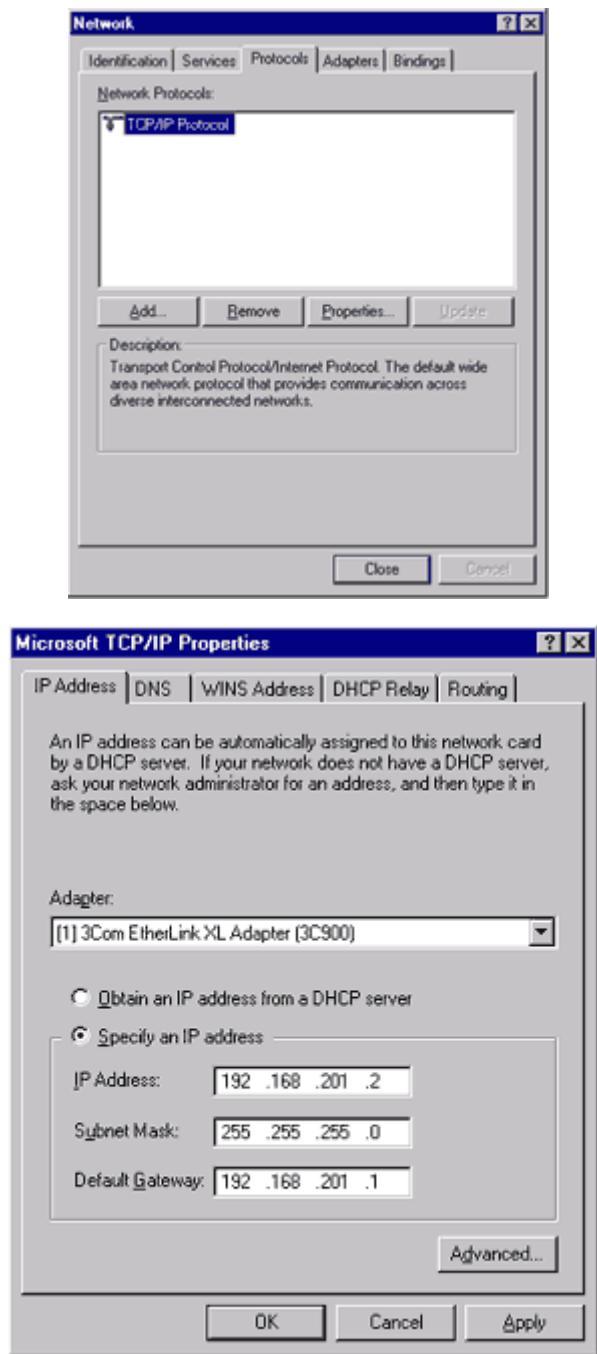


Figura 6-9 Configuración TCP/IP

Hay dos opciones a la hora de configurar la dirección IP del PC.

- Si se quiere asignar una IP fija seleccione Especifique una dirección IP (Specify an IP address) y escriba la dirección IP, la mascara de subred y la puerta de enlace que indique su proveedor. Luego presione en Apply y después en OK.
- Pero si la dirección se ha de obtener de un servidor DHCP, como el configurado en el "router" ADSL, debe seleccionar la opción Obtener una dirección IP de un servidor DHCP (Obtain an IP address from a DHCP server). Después de elegir esta opción, aparecerá la ventana que se muestra en la Figura 6-10: Obtención de dirección IP mediante DHCP (WNT). Luego pulse en Apply y después en OK.

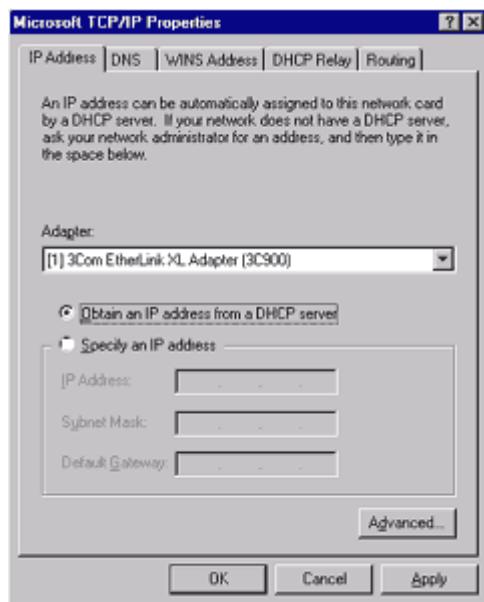


Figura 6-10 Obtención de dirección IP

Una vez configurado que el PC obtenga su dirección mediante DHCP, el sistema advierte que se ha realizado este cambio y que si se acepta se cambiarán las direcciones IP del PC. Para habilitar la asignación dinámica de direcciones indique con el ratón en Sí (Yes), tal y como se muestra en la siguiente figura.

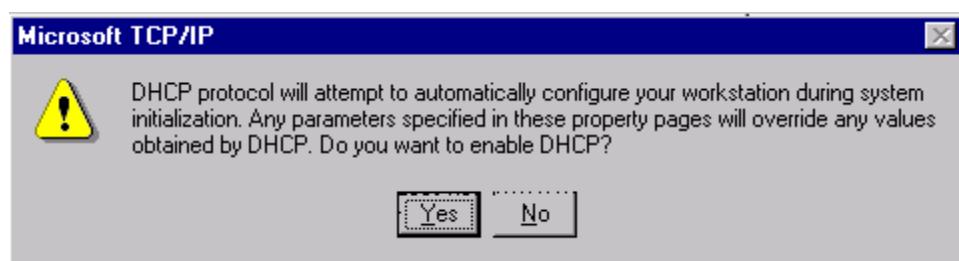


Figura 6-11 Confirmación de la obtención de dirección IP por DHCP (WNT)

En principio *Windows NT* no solicita reiniciar el PC al hacer cualquier cambio de dirección IP, pero se recomienda el reinicio de la máquina.

Cuando vuelva a arrancar el PC, éste obtendrá su dirección IP del servidor DHCP del "router" ADSL. Si quiere ver cuál es la dirección asignada al PC, basta con ejecutar el comando ipconfig en una ventana MS-DOS.

### 6.3.5.2 PC CON WINDOWS 95

En la ventana con las opciones del Panel de Control, hay que elegir el ícono de Red. Aparecerá la ventana de Red (Figura 6.12: Menú de Red (W95)). Elige la pestaña de Configuración y selecciona TCP/IP. Despues selecciona el botón de Propiedades y aparecerá el menú de la Figura 6.13: Menú del

Protocolo TCP/IP (W95). En este menú se puede ver cuál es la dirección IP asignada a la tarjeta de red ethernet de su PC con *Windows 95*.

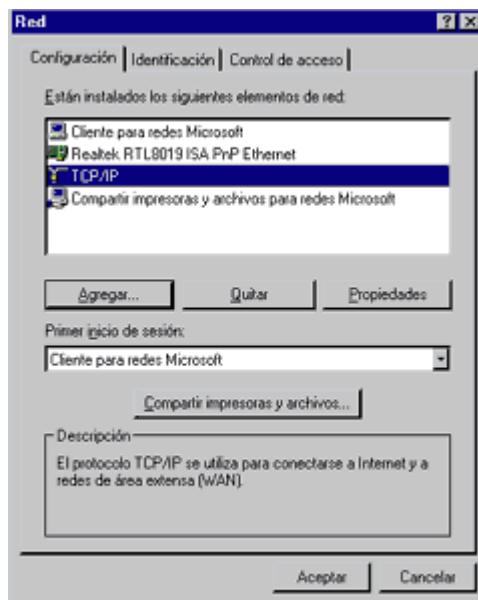


Figura 6-12 Protocolo TCP-IP

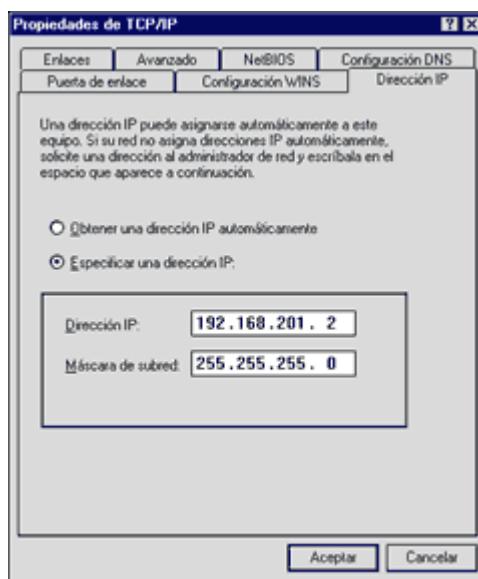


Figura 6-13 Especificación de dirección IP

Al igual que en el caso de un PC con *Windows NT*, hay dos opciones a la hora de configurar la dirección IP del PC.

- Se puede asignar una dirección IP determinada. Para ello hay que seleccionar Especifique una dirección IP y escribir la dirección IP, la máscara de subred y la puerta de enlace que haya indicado el proveedor (PSI/Corporación). Luego se pulsa Aceptar.
- Pero si la dirección se ha de obtener de un servidor DHCP, debe seleccionar con el ratón la opción Obtener una dirección IP de un servidor DHCP. Después se pulsa Aceptar en la ventana de confirmación.

Una vez configurado que el PC obtenga la dirección IP mediante DHCP, el sistema avisa que se ha realizado esta acción y que si se acepta se cambiarán las direcciones IP del PC. Para habilitar la asignación dinámica de direcciones hay que seleccionar la opción Sí (Yes). Al contrario que en el caso de un PC con *Windows NT*, en el caso de *Windows 95* sí que es necesario reiniciar el PC.

Cuando vuelva a arrancar el sistema, el PC obtendrá su dirección IP del servidor DHCP del "router" ADSL. Si quiere ver cuál ha sido la dirección asignada al PC, basta con ejecutar el comando `winipcfg` en una ventana *MS-DOS*.

### 6.3.5.3 PC CON WINDOWS 98

En la ventana con las opciones del Panel de Control, seleccione el icono de Red. Aparecerá la ventana de Red tal y como se puede ver en la Figura 6.14: Menú de Red (W98). Elija la pestaña de Configuración y selecciona TCP/IP. Después seleccione mediante el ratón el botón de Propiedades y aparecerá el menú de la Figura 6-15: Menú del Protocolo TCP/IP (W98). En este menú se puede ver cuál es la dirección IP asignada a la tarjeta de red ethernet instalada en su PC con *Windows 98*.

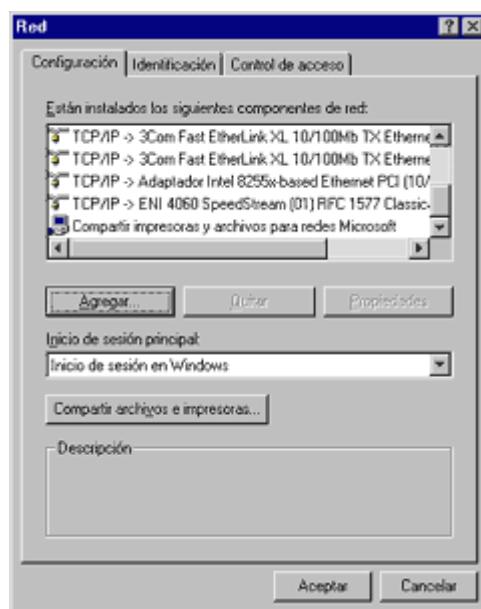


Figura 6-14 Menú de Red (W98)



Figura 6-15 Dirección IP y Máscara de Subred

Como en los casos anteriores, hay dos posibilidades a la hora de configurar la dirección IP del PC.

- Si se quiere asignar una determinada dirección selecciona Especifique una dirección IP y escribe la dirección IP, la máscara de subred y la puerta de enlace que te indique tu proveedor (Figura 6-16: Menú del Protocolo TCP/IP (W98)). Luego pulsa en Aceptar.
- Pero si la dirección se ha de obtener de un servidor DHCP, debes seleccionar con el ratón la opción Obtener una dirección IP de un servidor DHCP. Después de elegir esta opción, aparecerá la ventana de la Figura 6-17: Obtención de dirección IP mediante DHCP (W98). Luego pulsa Aceptar.

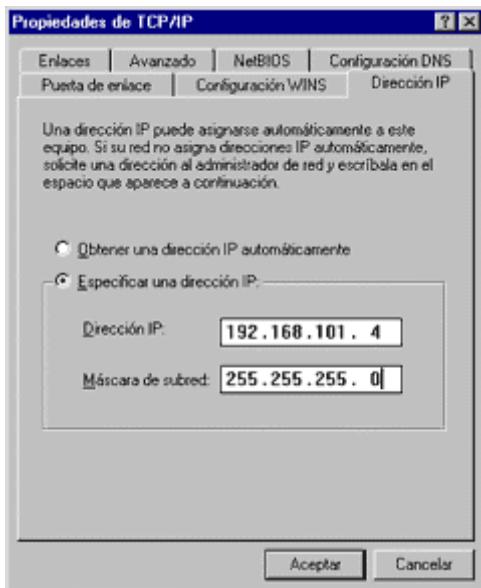


Figura 6-16 Menú del Protocolo TCP/IP (W98)

Una vez configurado que el PC obtenga la dirección IP mediante DHCP, el sistema informa de este cambio, y que si se acepta se cambiarán las direcciones IP del PC. Para que esta nueva configuración sea efectiva pincha con el ratón en Sí (Yes), tal y como se mostraba en la Figura 6-17: Confirmación de la obtención de dirección IP por DHCP (WNT). Al contrario de lo que ocurre en un PC con *Windows NT*, con *Windows 98* sí que es necesario reiniciar la máquina.

Cuando vuelva a arrancar el sistema, el PC obtendrá su dirección IP del servidor DHCP del "router" ADSL. Si quieras ver cuál es la dirección que ha dado a tu PC, emplea el comando ipconfig en una ventana MS-DOS.

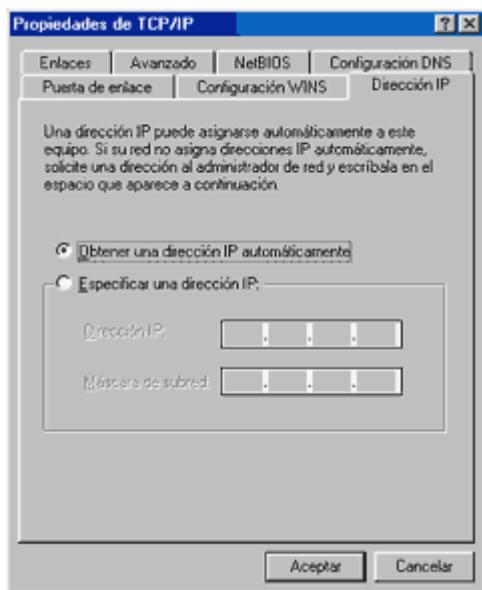


Figura 6-17 Obtención de dirección IP mediante DHCP (W98)

## **CAPITULO 7**

### **ANALISIS DE MERCADO**

Existen dos dimensiones para la definición de un mercado relevante: los productos relevantes que se incluirán en el mismo mercado y la extensión geográfica del mercado. Los límites del mercado son determinados identificando variaciones en el comportamiento del precio que fijan las compañías. Hay dos variaciones competitivas principales a considerar: como cuánto es posible que los clientes substituyan los servicios que reciben por otros (sustitución por el lado de la demanda); y cómo los proveedores podrían cambiar, o aumentar, la producción para ofrecer los productos relevantes o los servicios seguido de un aumento del precio (sustitución por el lado de la oferta).

El concepto de “prueba hipotética monopolista” es una herramienta útil para identificar sustitutos similares por el lado de la oferta y la demanda. Un producto es considerado para constituir un mercado separado si un proveedor hipotético monopolista pudiese imponer un aumento pequeño pero significativo, no-transitorio del precio sin perder ventas, a tal grado que se haga improductivo. Tal subida del precio fuese improductiva, porque los consumidores se cambiarían a otros productos, o porque los proveedores de otros productos comenzarían a competir con el monopolista, luego la definición del mercado se debe ampliar para incluir los productos sustitutos. Sin embargo, el mercado relevante no es necesariamente el más pequeño que es posible

definir con la prueba hipotética monopolista. Puede ser apropiado incluir en el mercado relevante, un número de productos (o áreas), en la provisión en las que las condiciones competitivas sean homogéneas.

En primer lugar los mercados a usuarios finales (al por menor) serán definidos y luego los mercados a operadores (al por mayor) serán considerados con relación a los mercados al por menor. Esta aproximación es definida probablemente para afectar la tasación del poder del mercado al por menor en relación de un mercado al por mayor existente. Por ejemplo, el tamaño de un mercado al por menor puede determinarse si un proveedor de servicios al por mayor tiene poder del mercado en el mercado al por mayor.

Como la industria está cambiando rápidamente se acepta que la definición del mercado también puede cambiar. Probablemente los desarrollos futuros de la industria son considerados para determinar la magnitud de tarificación de algunos de los cambios que pueden ocurrir.

## **7.1 ANÁLISIS DE MERCADO DE ACCESO DE INTERNET DE BANDA ANCHA**

Se considera que los productos disponibles sobre los bucles locales regulados son: acceso de Internet de banda ancha, líneas dedicadas y vídeo sobre demanda (VOD). El acceso de Internet, las líneas dedicadas y VOD son diversos productos con diversas características y pueden formar parte de mer-

cados separados, por ejemplo VOD no es probablemente un substituto para el acceso del Internet o viceversa. Por lo tanto las definiciones del mercado comenzarán de la premisa que estos productos son parte de mercados separados. En primer lugar, el acceso de Internet de banda ancha será considerado y luego las líneas dedicadas y el VOD.

### **7.1.1 DEFINICIÓN DEL MERCADO**

El acceso a Internet vía DSL facilitado por cobre tiene tres características que no están disponibles en el acceso a Internet vía PSTN e ISDN. Es más rápido (por el ancho de banda mayor), está siempre disponible (no requiere el dial up), y el contenido ofrecido (música, video clips), los cuales no están disponibles con el acceso de banda angosta. El acceso DSL difiere de la línea dedicada o del acceso fijo (link) en que es asimétrico y generalmente requiere una estructura de transporte (backhaul).

Actualmente el acceso de banda estrecha de marcado manual (dial up) es el más importante medio de acceso a Internet para los usuarios residenciales, las pequeñas empresas y para los negocios del tamaño mediano.

### **7.1.2 SUSTITUCIÓN ENTRE ALTA Y BAJA VELOCIDAD**

Una primera característica se presenta al hacer una distinción entre los productos de banda angosta y de banda ancha: ¿pueden ser vistos formando

parte del mismo mercado, o de mercados separados?. Para el propósito del análisis, se define banda ancha como el acceso del Internet siempre disponible a velocidades superiores a 128 Kbit/s y banda estrecha el acceso del Internet hasta e incluido 128 Kbit/s. La diferencia de precio sustancial entre el acceso de banda estrecha y de banda ancha tendería a sugerir que los dos productos están en mercados separados. El precio del dial up del PSTN de tarifa plana es unas tres veces inferior que el acceso de banda ancha más barato de DSL y es por lo menos la mitad que los servicios de banda ancha más baratos de cable MODEM.

La definición del mercado o de los mercados para el acceso del Internet depende primeramente si es acceso de banda angosta o de banda ancha. Es posible que el acceso de banda ancha pueda afectar los precios del acceso de banda estrecha, pero el acceso de banda estrecha no puede afectar el precio del acceso de banda ancha. El desarrollo tecnológico da lugar a menudo a la introducción de productos sofisticados de más alta calidad en industrias de tecnología. En tales situaciones, es razonable creer que el precio del producto de una calidad más baja es afectado cada vez más por los movimientos en el precio del producto de más alta calidad. Esto es, sobre la base que, probablemente los suficientes clientes tengan una voluntad de pago mayor por el servicio de más alta calidad que el costo diferencial. Un proveedor de acceso de banda estrecha puede encontrar improductivo el hecho de subir sus precios perceptiblemente, pues se animaría a los consumidores

cada vez más a que se cambiaron al producto de velocidad de alta calidad. Sin embargo, lo contrario no puede ser tan real, ya que los usuarios de banda ancha probablemente admitan un valor relativamente alto del producto de más alta calidad, debido a que se relaciona con las funcionalidades específicas que el producto tiene y eso no puede proporcionar el producto de banda estrecha. Por lo tanto, desde el punto de vista del acceso de banda ancha, el acceso de banda ancha y estrecha pueden crear mercados separados.

Puede ser que también sea el caso que existe dos grupos distintos de clientes, unos con una alta voluntad de pagar la funcionalidad ofrecida por el acceso del Internet de alta velocidad y otros con una voluntad relativamente baja de pagar. En estas circunstancias puede ser que ni los productos de alta, ni de baja velocidad proporcionarían una diferencia competitiva en la tasación de tales servicios para estos grupos de clientes. Los productos de alta y baja velocidad de acceso del Internet podrían crear así mercados económicos separados cuando fijen los productos.

Las valuaciones de los consumidores de los productos de alta velocidad pueden cambiar en un cierto tiempo, pues la disponibilidad más extensa y los precios bajos del acceso de alta velocidad se traduce en el suministro de productos nuevos que no se podrían ofrecer de otra manera. El cambio en la valuación implica que si el mercado actualmente fuese formado por banda estrecha y ancha, esto puede generar un cambio. Es probable que en la va-

luación futura de los consumidores de los productos alta velocidad sea cada vez más mayor, como el conocimiento y las expectativas se ajustan a la disponibilidad más extensa de los productos de alta calidad. Un monopolista que proporciona productos de alta velocidad entonces estaría en una posición cada vez mejor para conservar a sus clientes cuando haga un incremento no-transitorio del precio, puesto que la valuación de los consumidores se impondría a los productos de alta velocidad y probablemente excedería el costo diferencial más el aumento del precio. Es decir, ellos necesitarían un diferencial de precio mucho más grande para que cambien al acceso de baja velocidad. Esto implicaría que, cuando consideren productos de alta velocidad, los mercados para el acceso de Internet de alta y baja velocidad serán separados, dado que la sustitución por el lado de la demanda no afecta al monopolista de acceso de alta velocidad. La sustitución por el lado de la oferta se considera más abajo.

Otra diferencia entre el acceso a Internet del ISDN y del PSTN y las tecnologías de banda ancha, tales como el DSL y cable módem, es que ISDN y PSTN son tecnologías de marcado manual. El acceso de marcado manual es menos conveniente que el DSL ya que el usuario requiere el marcado manual siempre que se desee el acceso. Los consumidores pueden por lo tanto estar preparados para pagar más por los servicios siempre disponibles. En este caso, la disponibilidad de la competencia del acceso de marcado manual no puede afectar los precios del acceso DSL a niveles competitivos.

En vista de las diferencias en velocidad, los progresos futuros previstos en el contenido de banda ancha y la conveniencia de conexiones siempre disponibles comparados con el acceso de marcado manual, entonces se consideran que la disponibilidad del acceso a Internet del PSTN y del ISDN no afectará el precio del acceso de banda ancha de Internet, como DSL a niveles competitivos.

Hay una variedad de tecnologías para proporcionar el acceso de banda ancha de Internet siempre disponible (always on): DSL, cable módem, líneas dedicadas y acceso fijo. Los accesos fijos y las líneas dedicadas proporcionan una capacidad dedicada entre un cliente y un ISP, no obstante los accesos fijos se diferencian de líneas dedicadas en que pueden ser cambiados y no necesitan proporcionar una capacidad cuando no están en uso. Estas diferencias probablemente dar lugar a que el acceso fijo tenga un costo más bajo comparado con una línea dedicada equivalente. Por otra parte, hay diferencias significativas entre el DSL y el acceso del Internet del cable módem, la línea dedicada y el acceso fijo de Internet. Las líneas dedicadas y el acceso fijo proporcionan por ejemplo el acceso simétrico, es decir, la misma capacidad de subida como de bajada y ellos también proporcionan servicios backhaul dedicados por consiguiente no comparten la capacidad del backhaul. Es posible proporcionar acceso de Internet simétrico y dedicado usando SDSL, no obstante, las líneas dedicadas y los enlaces fijos no se pueden proporcionar como acceso asimétrico y con capacidad de backhaul.

Según lo precisado en el estudio de mercado el nivel de la contención del elemento del backhaul tiene un impacto significativo en el costo. Puede también haber diferencias significativas entre el costo del DSL habilitado sobre el bucle local y el costo de las líneas dedicadas.

El análisis ha procedido hasta ahora sobre la base que hay un mercado de banda ancha de acceso de Internet. Sin embargo, se debe considerar que un número de mercados de banda ancha de acceso de Internet que pueden ser distinguidos como: acceso de banda ancha comercial simétrico y asimétrico, acceso de banda ancha residencial simétrico y asimétrico, de Internet. Las necesidades y la voluntad de pagar por servicios de banda ancha de los consumidores residenciales y comerciales pueden ser probablemente diferentes. Los usuarios comerciales probablemente tienen una mayor necesidad de servicios de banda ancha, otros, en cambio pueden tener una mayor necesidad de capacidad enlace ascendente. Se sugiere que no solamente pueden ser separados los mercados residenciales y comerciales para el acceso de banda ancha. Puede también haber un mercado separado para el acceso simétrico y asimétrico de Internet.

En cualquier caso, respecto a los mercados de banda ancha, la substitución por el lado de la oferta a partir de uno de estos mercados en cualquier otro de los mismos, requerirá el acceso a los servicios de banda ancha de transporte (backhaul). Sin embargo el propósito de este estudio de mercado es

determinar si el mercado de servicios, afectará a un operador con poder de mercado en la disposición de servicios de banda ancha de transporte. La conclusión es que ya se que el acceso comercial y residencial simétrico como asimétrico estén en el mismo o en mercados separados no limitarían el ejercicio del poder de mercado con relación al mercado al por mayor (backhaul).

Se considera que SDSL dedicado y las líneas dedicadas de banda ancha equivalente proporcionan el mismo servicio y por lo tanto se deben considerar que deben estar en el mismo mercado. Es probable en ciertas circunstancias que SDSL costará menos que las líneas dedicadas proporcionadas por otras tecnologías, aunque hay escasa evidencia para llegar a una conclusión definitiva.

Es posible que Video sobre demanda (VOD) sea afectado por la presencia de la TV pagada, pagar por ver (pay-per-view), alquileres de video digital (video/DVD), o una combinación de estos productos. Por ejemplo, un cliente puede considerar los alquileres de video junto con la grabación de video de los programas de TV pagada como un substituto potencial para los productos de video sobre demanda. Está claro que estos substitutos posibles son suficientes para afectar los precios del VOD a un nivel competitivo. Por lo tanto no hay suficientes diferencias entre VOD y los servicios similares para crear un mercado separado.

## 7.2 ANÁLISIS DE MERCADO DE SERVICIOS DE INTERCONEXIÓN

### 7.2.1 INTERCONEXIÓN

Se define la interconexión como "el enlace físico y lógico de las redes de telecomunicaciones usado por una o diversas organizaciones, además de permitir que los usuarios de una organización se comuniquen con los usuarios de la misma u otra organización, o tengan acceso a los servicios proporcionados por otra organización. Los servicios pueden ser proporcionados por los partes implicadas u otros partes que tengan acceso a la red".

Dada esta definición concluimos que los productos de backhaul son interconexión. También definiremos a una red de telecomunicaciones como: "sistemas de transmisión, donde es aplicable la interconexión de equipos y otros recursos que permiten transportar señales entre puntos de terminación definidos por cobre, por radio, por medios ópticos o por otros dispositivos electrónicos."

### 7.2.2 PRODUCTOS DE BACKHAUL

El backhaul proporciona una capacidad que transporta los servicios de telecomunicaciones entregados por el MPF (Metallic Path Facility), desde el MDF (Main Distribution Frame) en el sitio de equipos de los operadores de banda ancha hasta un punto de conexión con la red del dominante. Probablemente hay una variedad de tipos de backhaul, dependiendo del sitio de localización de equipos de los operadores y el tipo y localización del punto de interconexión con la red del dominante. El backhaul puede utilizar la red SDH (Synchronous Digital Hierarchy) del Dominante, que se describió con más detalle anteriormente. Esto se ilustra en el cuadro siguiente. Algunos operadores pueden preferir utilizar tecnología alternativa a la red SDH tal como servicios de extensión LAN (red de área local).

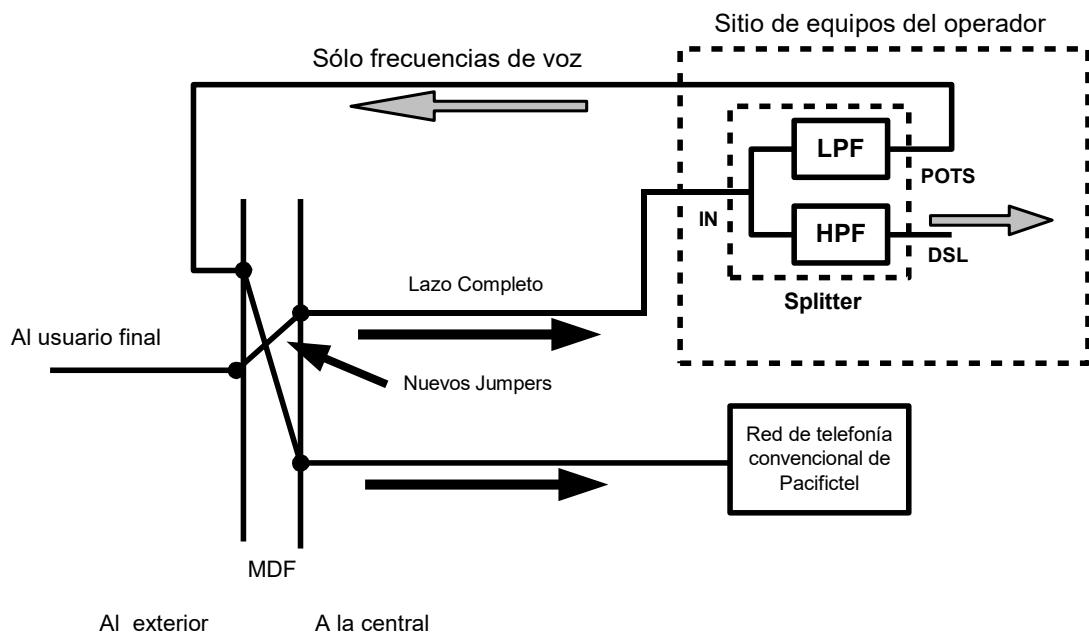


Figura 7-1 Configuración del bucle local

Los operadores necesitarán una capacidad específica y dedicada, similar a una línea dedicada para los propósitos del backhaul. Un enlace backhaul no necesita ser una conexión física separada y como una línea dedicada puede ser llevado, formando una cierta capacidad asignada dentro de un medio físico compartido. En este arreglo el enlace de backhaul se puede considerar como una línea dedicada sin ninguna conexión final con el abonado.

El cuadro proporciona una ilustración del backhaul entre la localización distante en un MDF y el núcleo de red del operador. El diagrama demuestra dos productos de backhaul. Enlaces backhaul del bucle local, el cual conecta un sitio de MDF con un punto de interconexión de primer nivel de la red SDH. Las troncales backhaul proporcionan capacidad más allá del primer nivel de

la red del SDH. Los circuitos de extensión de LAN no tienen capacidad de ser multiplexados en una red de troncal, por lo tanto pueden ser utilizados solamente para enlaces backhaul y no para troncales backhaul. Los servicios de extensión de LAN (LES) se pueden utilizar para el backhaul en vez de un medio de transmisión basado en SDH para distancias menores de 25 kilómetros. Este servicio transmite Ethernet sobre fibra. No hay uso de SDH como medio de transmisión subyacente.

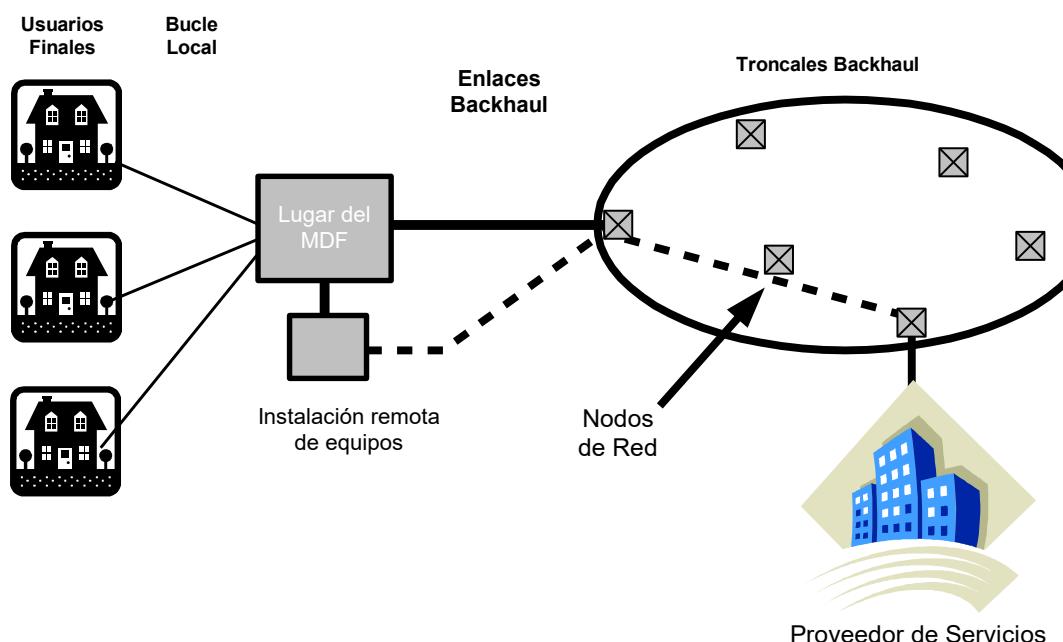


Figura 7-2 Esquema de la configuración de red de un operador de banda ancha

Un operador necesitará conectar el sitio distante de localización al MDF de la central local del dominante por medio de un circuito externo de bucle. Un operador puede elegir conectar su sitio alejado con el MDF en la central local usando dos diversos servicios:

El dominante proporciona el circuito externo de bucle para conectar el MDF con el equipo remotamente localizado del operador; o

El operador proporciona su propio circuito externo de bucle. El dominante a través de su central lo conecta con el MDF.

### **7.2.3 ANÁLISIS DEL MERCADO DE INTERCONEXIÓN**

Entre estos mercados se considera los siguientes:

- Acceso
- Enlaces Backhaul
- Troncales Backhaul
- Circuitos externos del bucle
- Espacio de colocación de equipos

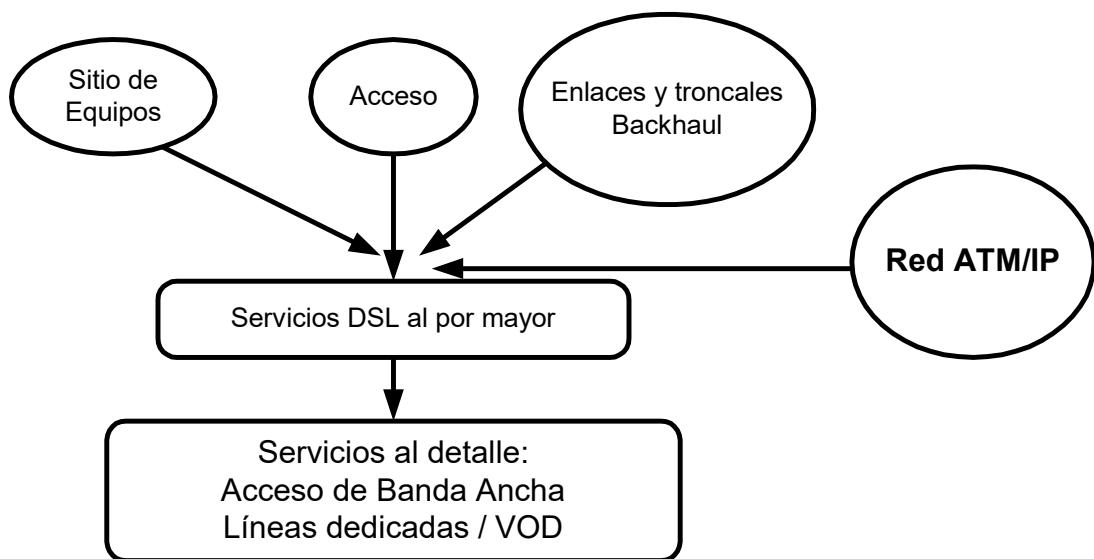


Figura 7-3 Mercados de servicios de Banda ancha e Interconexión

Todos estos servicios forman parte de mercados separados porque se complementan en lugar de ser sustitutos los unos de los otros para la provisión de servicios de banda ancha. Para proporcionar servicios al por mayor de DSL, un operador requerirá bucles, el espacio de colocación de equipos, troncales y enlaces backhaul, y posiblemente una red ATM/IP. Un proveedor de DSL puede utilizar tecnología ATM o IP en su núcleo de red, no obstante la tecnología de ATM/IP no se requiere para el backhaul. Un operador es probable que incurra en costos significativos en extender su red hacia el cliente desde la sección troncal hacia el acceso. Los mercados dominantes para este análisis son el acceso, y los mercados de troncales y enlaces backhaul.

El backhaul se puede dividir en dos mercados distintos, un mercado para el backhaul de troncales (más allá del primer nivel en términos de la red SDH, ampliamente equivalente en términos de PSTN a la transmisión intertandem) y un mercado para el backhaul de enlaces (desde el equipo DSLAM del operador hasta la red de troncal). Hay diferencias técnicas y de costo significativas entre los dos productos. No se sustituyen entre ellos, pero se complementan, por ejemplo, para proporcionar un servicio DSL un operador requiere ambos Backhaul, troncal y enlace. Pues los costos realizados para proporcionar enlaces backhaul son mayores, es improbable que un operador que proporcione troncales backhaul se cambie fácilmente a proporcionar enlaces backhaul.

Se considera que el acceso será un mercado separado de otros componentes tales como los enlaces backhaul debido a los altos costos realizados para que un operador extienda su red más allá del enlace backhaul. Por el lado de la demanda, el acceso de banda estrecha no será un substituto para el acceso de banda ancha. Por el lado de la oferta, los costos realizados para permitir el acceso son probablemente los que determinen la sustitución por el lado de la oferta. El acceso habilitado incluye productos como el cable módem de y el acceso DSL. Por el lado de la demanda el acceso asimétrico no será un substituto razonable para el acceso simétrico. Por el lado de la oferta, es confuso determinar si habría barreras significativas de costo al cambiar de acceso simétrico a asimétrico o viceversa. Sobre esta base, se define mercados

separados en el acceso asimétrico y simétrico. No hay mercados separados con relación a los mercados residenciales y comerciales para el acceso, pues no hay distinciones relevantes entre los dos.

Los circuitos externos del bucle proporcionan una conexión entre el MDF en las centrales del dominante y el sitio distante de equipos del operador. El dominante que provee los cables externos del bucle es probable que pueda subir los precios sobre niveles competitivos. Un operador no podría utilizar un sitio de equipos sin un cable externo. No hay alternativas por el lado de la oferta en la provisión de cables externos. Por el lado de la demanda, puede ser posible que un operador en algunos casos cambie la localización física y use un cable interno de bucle en respuesta a un aumento en el precio de los cables externos. Sin embargo, durante el desarrollo del DSL, no es claro si la co-localización física será un substituto para la co-localización distante. La co-localización distante puede ser requerido debido a una escasez de espacio físico en un sitio o un operador puede preferir la co-localización distante pues tienen control de los costes excesivos asociados a la provisión de la facilidad de co-localización. Además, se considera deseable que el operador tenga la opción de co-localización distante, incluso en casos donde es viable la co-localización física. Sobre esta base, los circuitos externos de bucle son necesarios para la co-localización distante y esa co-localización física no es siempre un substituto para la co-localización distante, por lo tanto los circuitos externos del bucle son un mercado separado.

### 7.3 CONCLUSIONES

En este capítulo, se ha definido cuatro mercados para el acceso de banda ancha del Internet: comercial asimétrico, comercial simétrico, residencial simétrico y residencial asimétrico. Las líneas dedicadas de SDSL son parte de un mercado más amplio. No se ha logrado una visión sobre si el VOD es probablemente un mercado separado. Se ha definido dos mercados al por mayor separados para el backhaul: Troncales backhaul y enlaces backhaul.

Los mercados para el acceso, simétrico y asimétrico, y para los enlaces backhaul no son efectivamente competitivos, mientras que el mercado de troncales backhaul es anticipadamente competitivo. La disponibilidad del bucle local regulado permite la entrada de los mercados simétricos y asimétricos del acceso. Sin embargo, el poder del mercado de los dominantes en los mercados de enlaces y Troncales de backhaul, además del bucle local, pone de manifiesto que la entrada de operadores de acceso no resultará tan efectivo en el desarrollo del acceso de Internet de banda ancha competitivo. En ausencia de backhaul orientado al costo, los nuevos operadores no podrán competir eficientemente con los dominantes en los mercados de acceso de Internet de banda ancha. Por lo tanto para asegurarse que bucle local regulado sea completamente eficaz en promover la competición en el acceso de banda ancha del Internet, se propone que los dominantes deberían ser obligados a proporcionar backhaul orientado al costo. De acuerdo con la inter-

pretación de orientación al costo precisada arriba, implica que los precios de los enlaces backhaul se deben fijar sobre los costos incrementales a largo plazo (LRIC) más una base fijada, mientras que los precios de las troncales backhaul deberían ser no discriminatorios y establecidos entre los costos incrementales a largo plazo (LRIC) y los costos stand-alone (SAC).

## **CAPITULO 8**

### **ANALISIS DE COSTOS**

Es necesario determinar los precios para los bucles compartidos porque los proveedores de servicio telefónico de voz tienen una fuerte posición en el mercado de provisión de líneas de acceso local. En ausencia de controles, los dominantes tasarían a los bucles en niveles que ellos tendrían un mercado competitivo y obtendrían ganancias en exceso.

#### **8.1 PRINCIPIOS DE PRECIOS PARA LOS BUCLES COMPARTIDOS**

Los siguientes principios establecen el precio inicial de los bucles compartidos:

El precio del bucle será orientado al costo y establecido sobre las bases de los costos incrementales de largo plazo incurridos necesariamente, más un plus (mark up) de los costos que son comunes para la línea y otros servicios del dominante.

Los cargos por otras entradas necesarias, como son los splitters, cables, accesorios; también deben ser incurridos sobre los costos incrementales de largo plazo más un plus (mark up);

El dominante debería recuperar los costos incurridos para el establecimiento de procesos, así como los costos incurridos como resultado del mantenimiento con los otros operadores.

## **8.2 RECUPERACIÓN DE LOS COSTOS COMUNES DE LOS BUCLES COMPARTIDOS**

Para establecer los cargos de los bucles compartidos, los principios listados arriba no son suficientes. En los bucles compartidos un operador que tiene acceso compartido con el dominante arrienda solamente la porción de alta frecuencia. La metodología de los costos incrementales de largo plazo requiere que el bucle local esté tasado sobre las bases de los costos incrementales, pero algunos de los costos del bucle son invariables de la cantidad de ancho de banda que se use, o el número de servicios que viajen por él. Por lo tanto estos costos son incrementales a la línea completa y no sólo a las porciones de alta o baja frecuencia, son comunes para ambas partes y necesitan ser divididos antes que un cargo sea establecido.

### **8.2.1 COSTOS INCREMENTALES, COSTOS CONJUNTOS Y COSTOS COMUNES**

Los costos incurridos en la producción de dos o más productos son clasificados de la siguiente manera:

*Costos incrementales* –son aquellos costos incurridos directamente como consecuencia de la producción de un bien o servicio específico.

*Costos conjuntos* –son los costos que se presentan cuando dos o más bienes o servicios son producidos en proporciones fijas. Estos costos no pueden ser únicamente asociados con la producción de un bien o servicio en particular.

*Costos comunes* - son los costos que se presentan cuando dos o más bienes o servicios, no son producidos en proporciones fijas, y que no incrementan la producción de alguno específicamente, refiriéndose a esos bienes o servicios.

Un operador que ofrece acceso compartido sobre el bucle local incurre en todos estos tipos de costos. Algunos de los costos que incurre son incrementales a los servicios específicos suministrados por la línea compartida, tal como servicios de ancho de banda baja y alta, y por lo tanto se pueden atribuir a estos servicios. Un ejemplo es el costo de instalar un divisor (splitter), que es incremental a los servicios de banda ancha, pues no habría sido incurrido en estos servicios sino lo había suministrado.

### 8.2.2 ESTABLECIMIENTO DE LOS COSTOS COMUNES

Los costos incurridos en la provisión de una línea compartida individual, que no son incrementales a un servicio particular, son costos conjuntos. Estos costos son conjuntos en el sentido que, si la línea existe para soportar un servicio, también existe para soportar el otro. Para los clientes que usan la línea para los dos servicios, es una pregunta irrelevante ¿Qué proporción de los costos conjuntos se atribuye a cada servicio?. El cliente pagará la misma cantidad total, sin importar esos costos que se atribuyen; por lo tanto, la asignación de costos conjuntos es simplemente una presentación. Además, también hay algunos costos comunes que se relacionan con el hecho de que las líneas compartidas son parte de una red. Estos costos incluyen los costos de la red de acceso, comunes a todas las líneas, y los costos que son comunes entre el acceso y la red del transporte.

Como estos costos comunes probablemente sean relevantes, la pregunta de como repartirlos entre las porciones de voz y datos del bucle no es trivial. Es necesario establecer una regla sobre como calcular el mark-up que cuenta para estos costos.

Existen algunos enunciados de costos que pueden ser usados cuando es necesario repartir los costos comunes a diferentes servicios. Particularmente se analizará los siguientes:

**a) Precios Ramsey:** la tasación para los costos comunes en cada porción del bucle toma en cuenta la voluntad por pagar del consumidor para acceder a tales servicios. La voluntad por pagar es típicamente medida en términos de la elasticidad del precio, por ejemplo un cambio relativo en la demanda sigue un cambio relativo en el precio del servicio. La aplicación de este método implica que mientras más grande es la voluntad por pagar (o la demanda es más inelástica para un servicio), es más grande la cantidad de costos comunes recuperados sobre el servicio.

Los precios Ramsey son conceptualmente atractivos porque reducen al mínimo las distorsiones de eficiencia de asignación de costos, mientras permite la recuperación de los costos comunes. Sin embargo, los precios de Ramsey no son fáciles de implementar debido a la alta carga de información que impone ante el regulador. Esto es esencialmente verdad en una situación específica, como no toda la información necesaria sobre las elasticidades del precio de los servicios ofrecidos en una línea compartida está disponible. La elasticidad del precio para la telefonía básica de la voz se podría estimar, y se ha estimado en el pasado, pero no hay datos hasta ahora disponibles que permitirían un cálculo significativo de la elasticidad del precio para los servicios del DSL, debido a su introducción extremadamente reciente en el mercado.

**b) Precios proporcionales iguales (EPMU, Equal Proportionate Markup):**

La fijación de los costos comunes en cada porción del bucle es proporcional al costo incremental del servicio ofrecido. Esto implica que si, por ejemplo, el costo incremental por proveer el servicio de banda ancha es tres veces más grande que el costo incremental por ofrecer el servicio telefónico, los costos comunes serán repartidos un 75% para los servicios de banda ancha y un 25% para el servicio telefónico.

Este método no favorece a la eficiencia de asignación de costos, sino que, cuando los costos comunes son relativamente pequeños a los costos incrementales, no introduce ninguna distorsión significativa. Sin embargo, cuando los costos comunes representan una considerable porción de los costos totales, el método de EPMU puede tener un substancial impacto sobre la asignación de costos, y así también en los precios finales.

**c) Prorrata favorable (Pro-Rata Apportionment):** la fijación de costos comunes se decide estableciendo proporciones fijas. Este método permite diferentes soluciones:

- Los costos comunes podrían ser completamente recuperados sobre la porción de baja frecuencia del bucle (por ejemplo una relación 100:0); o
- Los costos comunes podrían ser completamente recuperados sobre la porción de alta frecuencia del bucle (por ejemplo una relación 0:100); o
- Proporciones fijas pueden ser establecidas en función del número de servicios (por ejemplo una relación 50:50); o
- Sobre la base de la cantidad de ancho de banda utilizado (aprox. una relación 5:95).

Relativamente todas son fáciles de implementar, pero son completamente arbitrarias. Garantizan simplemente la recuperación total de todos los costos comunes, pero no incentivan a la eficacia de asignación de costos ni a la minimización de costos.

Bajo estas circunstancias el ente regulador debe adoptar un criterio que asegure que al tomar servicios de banda ancha no esté desalentando ni disuadiendo. Se debe establecer los cargos para los bucles compartidos creando las condiciones que promuevan el desarrollo de la competencia en la provisión de servicios DSL. Éste debe ser parte de un plan más amplio para forta-

lecer el crecimiento del mercado de telecomunicaciones competitivas y avanzadas que provea a los consumidores una amplia gama de servicios de comunicaciones de banda ancha.

Desde esta perspectiva ninguno de los métodos dichos anteriormente son superiores los unos de los otros. La razón es que, sin importar la manera en que los costos comunes estén divididos, cualquier voluntad del cliente será tasada exactamente la misma cantidad que antes, que es una cantidad igual al costo total de la línea. Para evitar la sobre-recuperación de costos, cualquier porción de costos comunes asignados a los servicios de banda ancha se debe compensar exactamente con una reducción en las cargas de la telefonía de voz por esa misma porción de costos comunes. Esto significa que un consumidor que toma servicios banda ancha pagaría cargos reducidos de la telefonía de la voz, mientras que un consumidor que no toma servicios banda ancha vería su cuenta del teléfono sin cambiar. Por lo tanto, al final, todos los usuarios pagarían los costos totales de la línea, sea cualquier número de servicios que eligieran adquirir. Claramente, aquellos que toman servicios banda ancha pagarían solamente los costos incrementales relacionados a la disposición de esos servicios.

Por lo tanto una posibilidad sería permitir al dominante determinar los porcentajes de los costos comunes para ser asignados a la telefonía y a los servicios de banda ancha, sujetos solamente a:

- a) La regla de compensación exacta descrita en el párrafo anterior;
- b) La regla de “no-discriminación”, por ejemplo que el dominante asigne los mismos costos comunes a sus propios servicios de banda ancha como a los competidores.

Sin embargo, hay razones pragmáticas significativas de concluir que el conjunto de los costos comunes, con el tiempo debe ser asignado a la porción de la telefonía de voz del bucle. Primero, esto es en efecto lo qué sucede actualmente en Europa, específicamente con las telefónicas dominantes del Reino Unido. En segundo lugar, cualquier otra solución requiere acuerdos de contabilidad para ser instalados y supervisados, para verificar que el dominante está siguiendo las reglas. Éstos darían lugar a los costos adicionales, que serían evitados por la relación de 100:0 de costos comunes.

Finalmente esta asignación de costos comunes tiene una ventaja de presentación importante. Cualquier otra división que atribuya algunos costos comunes a la porción de banda ancha del bucle aumenta el precio evidente de los servicios DSL al consumidor, puesto que estos costes adicionales aumentan los precios al detalle. Aunque la aplicación de la regla de compensación descrita anteriormente parece simplemente una regla de presentación, tendría un impacto significativo en la fijación de precios de nuevos servicios. Además, los consumidores que no tomarían servicios de DSL pudieran sentirse discriminados a la vez, puesto que su carga de renta del servicio de voz sería

más alta que la que están pagando los usuarios banda ancha. Esto podría aparecer al caso, aunque en total todos los clientes pagarían la misma cantidad.

Por lo tanto los costos comunes para las porciones de baja y alta frecuencia de un bucle deberían ser completamente asignados a la porción de baja frecuencia, y los cargos para la porción de alta frecuencia estarían limitados a los costos incrementales incurridos por el dominante para la provisión de tales servicios. Aunque esto último podría atraer un problema en el futuro. Si se introduce voz sobre DSL, los clientes pueden decidir cesar sus suscripciones de telefonía de voz con el dominante para recibir datos y servicios de voz en la porción de frecuencias altas del bucle. Esta ocurrencia no causaría ningún problema en el caso de un bucle completamente desregulado. El problema estaría en la recuperación de costos cuando se comparte un bucle de abonado. Puesto que todos los costos comunes se proponen ser recuperados en la porción de la frecuencia baja del bucle, el dominante no sería capaz de recuperar los costes comunes que incurre en el aprovisionamiento del bucle, si un cliente con un lazo compartido cancelara su contrato de telefonía de voz con el dominante. Una opinión al respecto es que cuando un cliente con un bucle compartido decide cancelar los servicios de voz del dominante, el bucle entonces será considerado completamente independiente y el operador competidor lo cargará por consiguiente.

## **8.3 DETERMINACIÓN DE LOS CARGOS DEL ACCESO COMPARTIDO**

Los únicos costos causados como resultado de la introducción del acceso compartido probablemente pueden ser:

- Modificaciones adicionales de los sistemas;
- Adquisición de equipo adicional; y
- Pruebas y / o acondicionamiento de líneas.

La naturaleza y tamaño de los costos específicos impuestos por la introducción del acceso compartido dependerá de la opción escogida para su implementación. Estas opciones serán discutidas más adelante. Sin embargo, los costos son poco probables de variar en un grado significativo.

En conclusión, con la mayoría de las modificaciones necesarias de la red para implementar el acceso compartido, los costos adicionales son probablemente pequeños, mientras que los beneficios podrían ser sustanciales.

### **8.3.1 PRINCIPIOS DE LOS CARGOS DEL ACCESO COMPARTIDO**

Los cargos de acceso al bucle del usuario deberían establecerse para:

- Permitir recuperar de una manera apropiada los costos comunes;
- Permitir recuperar razonablemente los costos incrementales de largo plazo y necesariamente incurridos por el operador dominante como resultado de la provisión de estos servicios; e
- Incluir un retorno razonable sobre el capital empleado

Se establece que los cargos para los bucles compartidos no deberían incluir alguna contribución para la recuperación de los costos comunes incurridos por el dominante para la provisión de líneas compartidas. Lo razonable detrás de esta decisión es que ya en las tarifas normales de telefonía se están recuperando los costos comunes asociados con la provisión del servicio telefónico (tanto en la renta por el uso de la PSTN como en los cargos de llamada). Por lo tanto la inclusión de estos costos en los cargos por acceso compartido conduciría a una doble recuperación, en ausencia de un ajuste de los cargos de la PSTN.

También se debe considerar la posibilidad que los operadores dominantes ajusten sus cargos por PSTN, a fin de evitar la doble recuperación de ellos, de modo que los servicios de banda ancha también puedan contribuir a los costos comunes. Este argumento tiene alguna justificación teórica, pero implicaría que todos los bucles serían tarifados sobre la base del servicio o usos que tienen.

### **8.3.2 COMPOSICIÓN DE LOS CARGOS DEL ACCESO COMPARTIDO**

#### **8.3.2.1 NATURALEZA DE LOS CARGOS**

Los cargos que se analizan a continuación están basados en los costos incrementales incurridos por el operador dominante para poder ofrecer los servicios de acceso compartido del bucle local. Algunos de los cargos que incurren son:

- a) Cargo de renta anual (alquiler)
  - b) Cargo de conexión
  - c) Cargo de desconexión
  - d) Cargo de conversión, y
  - e) Derecho de cargo de pruebas
- a) El cargo de renta anual tiene que ser pagado por cada bucle compartido. Este cargo cubre los gastos incurridos por el dominante para proveer el bucle de acceso compartido. También incluye una contribución de algunos de los costos que tiene que hacer el dominante cuando invierte en activos que to-

davía tienen vida útil (por ejemplo en upgrades de equipos terminales de la central).

- b) El cargo de conexión tiene que ser pagado cuando en el bucle local se implementase el acceso compartido. Este cargo cubre la mayoría de los costos que incurre el dominante para proveer el acceso compartido. Otros costos que fueron explicados en el párrafo anterior son anualizados e incluidos en la renta anual.
- c) El cargo de desconexión tiene que ser pagado cuando un bucle compartido es retorna a la red del operador dominante y el cliente no está tomando ningún servicio de banda ancha del dominante. Cuando el bucle compartido se transfiere entre operadores competidores de banda ancha, el cargo de desconexión sería pagado por el operador que está atrayendo al cliente. El cargo de desconexión cubre los costos efectuados por el dominante para reconectar completamente el bucle a su red.
- d) El cargo de conversión es pagado cuando un operador de banda ancha desea utilizar el canal de frecuencia de voz de un bucle compartido y por lo tanto convertirse en un bucle completamente de banda ancha. Esto incluye el caso cuando un cliente decide cancelar los servicios de voz del dominante y el operador de banda ancha decide retener el previamente bucle compartido, por lo cual se considera al bucle completamente de banda ancha y por consiguiente será tarifado.

e) El derecho de cargo de pruebas es pagado sobre la base de ocasión, siempre que un operador de banda ancha reporte una falla sospechosa al dominante. Cubre los costes incurridos por el dominante para despejar la avería reportada. Este cargo se ha introducido para dar a los operadores de banda ancha un incentivo para investigar alguna avería y verificarla en sus equipos, antes de reportarla al dominante. Un operador puede también solicitar al dominante emprender otras investigaciones además de la prueba estándar. En estos casos, el operador será tarifado por separado por el costo de estas actividades adicionales.

### **8.3.2.2 COMPOSICIÓN DE LOS CARGOS**

Los principales costos incluidos en estos cargos están relacionados a:

- a) Pruebas en líneas para investigar fallas;
- b) Reparación de fallas;
- c) Costos de ingeniería en las Centrales;
- d) Costos de establecimiento del sistema;
- e) Upgrade de líneas telefónicas; y
- f) Reemplazo de equipos terminales no compatibles.

### a) Pruebas de fallas

Cuando un usuario final tenga un problema con su línea compartida y sospeche que hay una falla, él la reportará ó a su operador de telefonía fija ó a su operador de banda ancha. La falla puede afectar sólo al servicio de banda ancha, o sólo al servicio de voz o a ambos servicios. En los dos últimos casos la falla tiene que ser investigada por el operador dominante. En el primer caso se espera que la falla sea reportada al operador de banda ancha, quién decidirá su diagnóstico y reparación. Si el operador falla en determinar la causa de la misma, será reportada al dominante. Los costos incurridos por el dominante para investigar fallas reportadas están incluidos en el cargo de renta anual.

Las pruebas de las líneas son también necesarias sobre las fallas reportadas por el servicio de voz. Según informes estas fallas son significativamente más altas sobre una línea compartida que sobre una línea estándar PSTN (casi el doble); esto se debe al hecho de que el bucle es compartido con otro servicio. Estas fallas están siendo investigadas ya que todos estos costos que el dominante tiene sobre su línea estándar son incluidos en el cargo de renta anual.

Cuando el operador de banda ancha reporta una falla sobre su línea para que se le ejecuten pruebas, él incurrirá a un cargo por ocasión que cubre el

costo de la investigación ejecutada por el dominante. Esto es, después que el dominante determinó luego de sus pruebas que el daño no es de su parte.

b) Reparaciones de fallas

El cargo de renta incluye los costos de reparación de los bucles compartidos, los cuales no incluyen reparaciones efectuadas debido a fallas sobre el servicio estándar PSTN.

c) Costos de Ingeniería de Central

Estos son los costos de las actividades que son realizadas en las centrales telefónicas para brindar el servicio de banda ancha de los competidores, como son los cargos de conexión y desconexión. En ambos caso se incluyen los costos de las pruebas técnicas en las líneas, además del hardware necesario.

d) Costos de establecimiento del sistema

Estos son los costos significativos que el dominante tiene que incurrir para modificar su sistema de soporte operacional de modo que pueda ofrecer el acceso compartido. Algunos de los cambios introducidos son específicamente para proveer el acceso compartido, mientras otros son comunes a la provi-

sión de ambos servicios. Estos costos son recuperados a través del cargo de conexión.

e) Upgrade de líneas telefónicas

Cuando dos usuarios reciben el servicio de telefonía fija a través de un solo bucle local se requiere de un equipo que permite realizar este arreglo. Este equipo no permitirá la provisión de servicios ADSL y por lo tanto una nueva línea sería necesaria ser instalada para luego disponer del servicio de banda ancha. El costo de esta intervención incrementa los servicios de banda ancha. Este costo debe ser promediado sobre todas las líneas existentes, alargado sobre la vida económica del bucle de cobre e incluido en el cargo de renta.

f) Reemplazo de equipos terminales no compatibles

Los equipos terminales se refieren a los localizados en el lugar del cliente, para agregar dispositivos adicionales de telecomunicaciones como por ejemplo teléfonos, faxes, modems, etc.. Estos equipos no permitirán la provisión de servicios DSL. El costo de esta intervención incrementará los costos del servicio de banda ancha. Este costo debe ser promediado sobre las líneas existentes, alargado sobre la vida económica del Nuevo equipo e incluido en el cargo de renta.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Como consecuencia de la utilización creciente de la red telefónica para el acceso a Internet, se plantea, la necesidad de impulsar la implantación de nuevos elementos tecnológicos en la red telefónica que permitan una oferta significativa para el acceso a Internet, ya que su actual diseño, al estar orientado a atender comportamientos de los usuarios para llamadas de voz y tarificación dependiente del tiempo de uso, no se adapta a la naturaleza de los servicios de acceso a Internet.

Para ello, se requiere el uso de tecnologías innovadoras en el bucle de abonado que permitan, coexistiendo con el servicio telefónico tradicional, el envío y recepción de datos sin afectar al citado servicio telefónico, ni ocupar, por tanto, recursos imprescindibles de la red telefónica, facilitando, en definitiva, el acceso indirecto a dicho bucle. En la actualidad, las tecnologías que hacen posible esta separación de los servicios sobre el tradicional par de cobre, son las denominadas tecnologías de Línea de Abonado Digital (conocidas con las siglas DSL).

Las tecnologías DSL constituyen una nueva plataforma para la prestación de servicios que requieran un mayor ancho de banda que el tradicional servicio telefónico. Se trata de un acceso asimétrico de velocidades de transmisión elevadas que posibilita la conexión entre dos puntos extremos (usuario y

prestador de servicios), con la posibilidad de seleccionar, por parte del usuario, una de entre varias velocidades de acceso, y que permite la facilidad de «conexión permanente», consistente en que no se precisa de marcación para establecer la conexión en cada llamada.

Se debe establecer las condiciones en las que los operadores que tengan la consideración de dominantes en el mercado de redes públicas telefónicas fijas y servicios telefónicos fijos disponibles al público, proveerán a otros operadores el acceso desagregado al bucle de abonado y recursos asociados.

Los operadores dominantes atenderán las solicitudes razonables de los operadores autorizados para el acceso desagregado a los bucles de abonado de su red y a los recursos asociados, en condiciones transparentes, equitativas y no discriminatorias. Dichas solicitudes sólo podrán ser rechazadas sobre la base de criterios objetivos, en relación con su viabilidad técnica o la necesidad de mantener la integridad de la red.

Los operadores dominantes que ofrezcan acceso indirecto al bucle de abonado de su red respetarán el principio de no-discriminación y de transparencia en relación con las condiciones técnicas económicas, operativas y comerciales, en particular, frente a los operadores de redes y servicios de telecomunicación que puedan requerir este acceso.

Los precios por el acceso al bucle de abonado de la red del operador dominante y de los recursos asociados se determinarán sobre la base de orientación a costos.

El organismo regulador velará para que los precios aplicados en la provisión del acceso al bucle de abonado fomenten una competencia leal y sostenida.

Los operadores dominantes deberán presentar anualmente cuentas separadas para sus actividades relacionadas con el acceso al bucle de abonado.

Las cuentas incluirán información sobre los accesos que el operador preste a sus entidades filiales o asociadas y sobre los suministrados a otros operadores que pongan de manifiesto la inexistencia de subvenciones cruzadas entre los distintos segmentos de la actividad.

Los operadores dominantes proveerán, siempre que sea viable, las condiciones adecuadas para la ubicación de los equipos de los operadores autorizados en los edificios en los que se facilita el acceso desagregado al bucle de abonado, en condiciones transparentes, proporcionales y no discriminatorias.

En el supuesto de que para efectuar esta ubicación se requiera realizar un reacondicionamiento de los locales, los costos del reacondicionamiento directamente imputables a la ubicación serán sufragados por todos los operadores peticionarios.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. STALLINGS WILLIAM, Data and Computer Communications, Prentice Hall Inc., 1997
2. WAYNE TOMASI, Sistemas de Comunicaciones Electrónicas, Prentice Hall Inc., 1996
3. TANENBAUM ANDREW, Redes de Computadoras, Prentice Hall Inc., 1997
4. NORTEL NETWORKS, Asynchronous Transfer Mode Fundamentals, The International Engineering Consortium
5. TEKTRONIX, SDH Telecommunications Standard Premiere, Tektronix, 2000
6. AG COMMUNICATIONS SYSTEMS, Asymmetric Digital Subscriber Line, The International Engineering Consortium
7. ADSL FORUM, ATM Over ADSL Recommendation, , ADSL Forum, 1999
8. ARES ROBERTO, Enlaces Redes y Servicios, Itatel, 1998