

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**MANTENIMIENTO DE LA RED DE ACCESO
ADSL SOBRE TRANSPORTE ATM**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

RONALD DAVID PINEDA BERNABEL

PROMOCIÓN

1987-1

LIMA - PERÚ

2008

**MANTENIMIENTO DE LA RED DE ACCESO
ADSL SOBRE TRANSPORTE ATM**

DEDICATORIA

Al Supremo Hacedor por permitirme dar un paso más en mi proyecto de vida al ejecutar la presente investigación.

A mis queridos Padres, en especial a mi madre María que desde el cielo siempre me ilumina y protege.

A mi esposa e hijos por su comprensión y apoyo en el logro de objetivos para afianzar mi carrera profesional.

SUMARIO

El presente trabajo intenta resumir de modo práctico los aspectos teóricos de las tecnologías ADSL, ATM y de su soporte en el servicio de mayor despliegue en banda ancha a nivel nacional, así como los elementos técnicos que permiten un mantenimiento óptimo de su red de acceso.

Los aspectos teóricos son tratados en el capítulo uno, la infraestructura de toda la red ADSL en el capítulo dos, asimismo la nueva red de despliegue . La Ingeniería de la Red ADSL en el capítulo tres, con información simulada. La Operación y Mantenimiento de la Red de acceso ADSL en el capítulo cuatro, mostrando la experiencia en el tema y finalmente algunas sugerencias para mejorar el servicio al cliente.

El graduando en base a la teoría y sus aplicaciones muestra los criterios técnicos que permiten mantener una planta y equipos de red de acceso ADSL en su más alto grado de disponibilidad, las exigencias que se deben tener en cuenta para reducir drásticamente las averías generadas por la red de acceso.

Finalmente el graduando esboza algunas conclusiones y sugerencias que permitan un mejor uso de la infraestructura existente en beneficio de los usuarios, y las eventuales tendencias de las tecnologías que compiten por el mercado.

ÍNDICE

Pág.

PRÓLOGO

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS xDSL, ADSL Y ATM

1.1. Tecnología xDSL	2
1.1.1. Digital Subscriber Line (DSL). Acceso Básico RDSL	3
1.1.2. High Speed Digital Subscriber Line (HDSL).....	4
1.1.3. Simetric High Speed Digital Suscriber Line (SHDSL)	4
1.1.4. Very High Speed Digital Suscriber Line (VDSL)	5
1.1.5. Rdsl (Rate Adaptive Digital Subscriber Line)	7
1.2. Tecnología ADSL.....	7
1.3. Espectro de Frecuencias	12
1.4. Técnicas de Modulación	14
1.4.1. Modulación Multitono Discreta (DMT).....	15
1.4.2. Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)	17
1.5. Transporte ATM.....	20
1.5.1. Características Destacables	21
1.5.2. Canal y Camino Virtual	23
1.5.3. Principios Básicos de Funcionamiento	25
1.5.4. Modelo de Red	26
1.5.5. Modelo de Referencia por Capas en las Redes ATM	28
1.5.6. Estructura de los AALs	34
1.5.7. AAL 5	35
1.5.8. Calidad de Servicio (QoS)	36
1.5.9. Contrato de servicio entre usuario y red	37
1.5.10. El protocolo de señalización	38
1.5.11. Direccionamiento.....	39

CAPITULO II

EQUIPAMIENTO DE RED, DSLAM ATM & IP

2.1. Equipos de la Red ADSL	41
2.1.1. Red de Transporte.....	42

2.2. DSLAM ATM-ASAM.....	45
2.3. Hardware y Descripción de tarjetas (ASAM)	47
2.4. DSLAM IP	54
2.5. Configuración, Gestión Local y Remota	57
2.5.1. Gestión DSLAM ATM	57
2.5.2. Códigos de comando.....	58
2.5.3. Acuses de Recibo TL1.....	59
2.5.4. Mensajes de Salida TL1	59
2.5.5. Mensajes Autónomos TL1	60
2.5.6. Resumen de mensajes de Entrada Salida	61
2.5.7. Aplicaciones	62

CAPITULO III

DISEÑO DE LA RED ADSL

3.1. Diagrama de Red de Banda Ancha.....	63
3.1.1 Asignación de puertos en el ERX	64
3.1.2 Asignación de puertos en el Concentrador	65
3.1.3 Asignación de puertos IMA en el DSLAM Concentrador.....	66

CAPITULO IV:

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.1. Problemática de Mantenimiento.....	67
4.2. Pruebas de Caracterización.....	68
4.3. Mediciones y Pruebas.....	71
4.3.1. Pruebas	72
4.3.2. Mediciones con el equipo Sunset xDSL.....	72
4.3.3. Mediciones usando un módem ADSL.....	73
4.3.4. Pruebas de Verificación de pares en MDF.....	74
4.4. Atención de Averías	75
4.4.1. Pérdida de Gestión del DSLAM	75
4.4.2. Pérdida de comunicación del DSLAM por problema en medio de transmisión	76

CONCLUSIONES

BIBLIOGRAFÍA

PRÓLOGO

El propósito del presente trabajo pretende demostrar como actualmente opera la red de Banda Ancha de mayor cobertura en el Perú aún con las limitaciones logísticas y de Recursos Humanos actuales, conscientes que en un mundo de tanta competitividad los operadores permanentemente están buscando la reducción de costos.

En el informe se ha plasmado gran parte de la experiencia en mantenimiento del suscrito en los servicios de acceso vía ADSL, y algunas conclusiones obtenidas de las estadísticas de averías que permanentemente se presentan en nuestra Zonal, intentando demostrar que una planta de cobre puede ser muy redituable si el personal que participa en la recepción de las obras de planta externa se ajusta a todos los protocolos de pruebas que exige el medio.

La búsqueda de información en internet nos ha permitido encontrar gran parte de la información del marco teórico exigido por el capítulo uno, el capítulo dos ya permite visualizar como está estructurada la red de acceso a Internet, el equipamiento con el que tiene que contar un sólido proveedor de servicios, en todos los niveles, acceso, transporte, plataforma. El capítulo tres es el más complicado por la falta de información, que de algún modo es un privilegio de personal de planificación con acceso restringido. Asimismo el capítulo cuatro es el que está directamente ligada con la labor diaria del suscrito.

Finalmente quiero agradecer la colaboración de personal de Banda Ancha, Ingeniería de Radioenlaces de una prestigiosa empresa transnacional, de mi asesor y de mis compañeros de trabajo de Multifunción, por su valiosa colaboración en la confección del presente informe.

CAPÍTULO I

DESCRIPCIÓN DE LAS TECNOLOGÍAS xDSL, ADSL Y ATM

Este capítulo trata de demostrar la contribución de las diferentes tecnologías xDSL de banda ancha en la implantación del ADSL, aprovechando el despliegue de infraestructura en cobre de la planta externa implementada por el operador a nivel nacional que le permite revalorar una planta que fue construida con fines de transportar voz y que se potencia con la transmisión de datos.

1.1. Tecnología xDSL

Las siglas xDSL denotan cualquier tecnología de la familia DSL que traducida significa línea de abonado digital, donde la 'x' se utiliza para identificar precisamente a los diferentes estándares y versiones que se han desarrollado. Esta técnica permite tratar a los pares telefónicos ordinarios como canales de banda ancha para transmitir datos de alta velocidad en ambos sentidos. Los módems tradicionales pueden alcanzar una velocidad de 56 kbps, aproximadamente, sobre una línea telefónica estándar. Usualmente estos utilizan el ancho de banda del canal telefónico de 4 KHZ .La tecnología xDSL surge por la necesidad de aumentar la capacidad de transmisión del par de cobre. Hace referencia a toda la familia DSL las que utilizan técnicas de modulación modernas y avanzado procesamiento digital de señales.

En la Fig. 1.1 se observan los anchos de banda que cada tecnología xDSL requiere transmitir por el par de cobre así como los caudales permitidos para cada una de ellas.

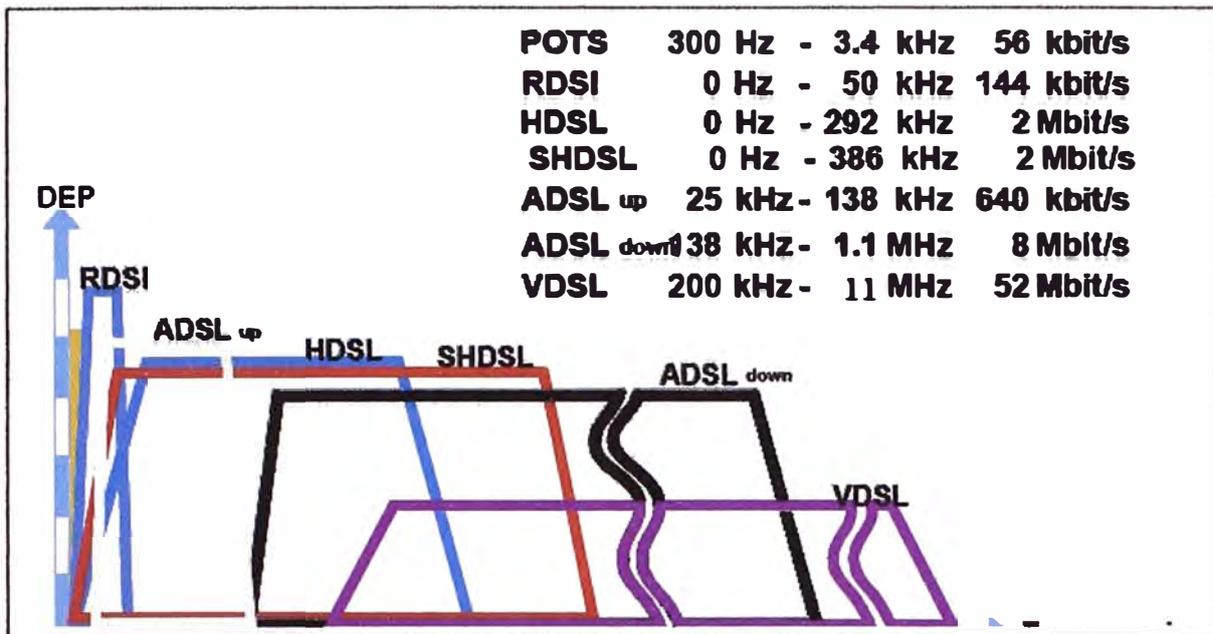


Fig. 1.1 Anchos de banda y caudales de xDSL

Ahora haremos una breve descripción de cada una de las tecnologías agrupadas en la familia xDSL.

1.1.1. Digital Subscriber Line (DSL). Acceso Básico RDSI.

Se desarrolló como código de línea para la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI) con el objetivo de transmitir a través del par de cobre dos canales de 64kbps (canales B), que pueden ser usados para voz y un canal de 16kbps (canal D) para la señalización. Adicionalmente había que transmitir una tara de 16kbps para funciones de mantenimiento, lo que hacía una carga total de transmisión de 160kbps.

Inicialmente usó un código 4Binario/3Temario (4B3T) que fue sustituido por el código (2B1Q) que ocupa menos ancho de banda y por consiguiente mayor alcance. Asimismo existe un Acceso Primario cuya velocidad es de 2Mbps, transporta 30 canales B de 64kbps y un canal D de 64kbps, con mayor aplicación en la interconexión de centralitas privadas digitales.

Existe un sistema denominado IDSL (RDSI Línea de Abonado Digital) desarrollado por Lucent que utiliza el código de línea del acceso básico pero que a diferencia del sistema anterior proporciona 144kbps de manera permanente, sin tener que ser conmutado por ninguna central RDSI, por tanto no es un servicio conmutado y evita los problemas de congestión de la RTC.

1.1.2. High Speed Digital Subscriber Line (HDSL)

Es la tecnología más difundida de todas las xDSL. Ha sido estandarizada por dos organismos:

- a) ANSI o Instituto de Normas Nacional Americana, formado por miembros voluntarios que representan su país en la organización de normas internacionales (ISO).
- b) ETSI o Instituto de Normas Técnicas Europeas, consorcio de fabricantes que se responsabiliza de especificar las normas técnicas en la industria de telecomunicaciones europea.

Se trata de una tecnología simétrica, por tanto ofrece la misma velocidad para enviar y recibir datos. Soporta velocidades de 2Mbps a través de dos pares trenzados de hilos, aplicable siempre que se requiera transmitir un E1 entre usuarios o entre un usuario conectado a un centro de comunicaciones a través de planta externa, por ejemplo acceso al servicio de líneas alquiladas, como sistema de transporte a concentradores remotos de abonados, como línea de transmisión para accesos primarios etc.

Existe una segunda generación propuesta como HDSL II para las regiones ANSI y SHDSL en regiones con normativa ETSI, que ofrece las mismas prestaciones de HDSL pero sobre un único par de hilos, que tiene mayor alcance que los sistemas HDSL con una gran ventaja en la compatibilidad espectral con otros sistemas DSL, particularmente ADSL, que comparten el mismo alimentador de pares.

1.1.3. Simetric High Speed Digital Subscriber Line (SHDSL)

Esta tecnología se puede considerar como una mejora sustancial del HDSL, que estaba llamado a reemplazarlo (también conocido como SDSL). Grandes esfuerzos en su normalización permitieron que se definiera por tres organismos:

- a) ANSI: T1E1.4/2001-174 para Norteamérica.
- b) ETSI: TS 101524 para Europa (2003).
- c) ITU-T (G.991.2) para todo el mundo (2001).

Está diseñado para el transporte de datos de forma simétrica, a regímenes que se adaptan a las características del canal y que van desde 192kbps a

2.3Mbps. Dirigido principalmente para las empresas por manejar gran cantidad de información en ambos sentidos.

El objetivo de SHDSL era obtener una tecnología con las mismas prestaciones que HDSL utilizando un solo par, pero menos interferente, de manera que fuera compatible con otras tecnologías xDSL como ADSL.

SHDSL emplea un sistema de modulación sobre una única portadora conocida como TC-PAM (Trellis Code Pulse Amplitude Modulation). El ancho de banda utilizado depende de la velocidad de transmisión sobre cada bucle, llegando hasta los 300-400kHz cuando se emplean las máximas velocidades de transmisión. Puesto que SDSL se estandarizó con posterioridad a ADSL, se tuvo en cuenta su compatibilidad con ADSL al definir los estándares.

La UIT a fines del 2004 publicó una nueva versión de la recomendación G.992.1 en la que se han definido variantes de SDSL que permiten aumentar la velocidad de transmisión sobre un único par hasta 5,7 Mbit/s simétricos, bien sea aumentando la banda de transmisión o mejorando la eficiencia de la modulación. Tales modalidades se conocen como SDSL mejorado o e-SDSL. En la práctica dichas velocidades se aplican sólo a pares muy cortos, siendo la velocidad más habitual entre 3 y 4 Mbit/s para pares de longitud superior a 1 km.

1.1.4. Very High Speed Digital Subscriber Line (VDSL)

La técnica definida como VDSL permite transmitir a velocidades del orden de decenas de Mbits/s sobre un único par telefónico. Ello se logra gracias al uso de un rango de frecuencias que abarca hasta cerca de los 30 MHz. Los módems VDSL pueden operar en modo simétrico o en modo asimétrico.

El modo asimétrico está concebido para el ámbito residencial, donde el carácter de los servicios que se van a ofrecer responde a dicha asimetría (navegación por páginas web de internet, vídeo bajo demanda, enseñanza a distancia, teletrabajo, etc.). En este modo de operación es deseable, además, mantener los servicios de telefonía vocal o de RDSI preexistentes. Los regímenes binarios que se consiguen dependen de la distancia entre los módems. Para distancias inferiores a 1 Km, el régimen binario en el sentido descendente se encuentra entre 13 y 26 Mbits/s, y el ascendente, entre 2 y 3 Mbits/s. Sobre distancias más cortas, menores de 300 m, el régimen binario

en sentido descendente puede llegar a los 52 Mbits/s. Debido a su elevada capacidad de transmisión y a las reducidas distancias toleradas en el par de cobre, VDSL se considera la técnica idónea en el último tramo de los sistemas FTTC ("Fiber to the curb"), o de fibra hasta el bordillo.

El modo de operación simétrico está orientado hacia el sector empresarial. Las tasas binarias que se alcanzan son de 13 Mbits/s (en ambos sentidos) sobre pares de hasta 1 Km de longitud y de 26 Mbits/s cuando la longitud es inferior a los 300 m. Una aplicación típica de este modo de operación es la interconexión de redes de área local de alta velocidad.

Como en ADSL, para la tecnología VDSL se han propuesto esquemas de modulación basados en CAP o en DMT. En el primer esquema se emplea multiplexación por división en frecuencia para separar los dos sentidos de transmisión. Para la modulación DMT se ha propuesto una variante denominada SDMT (DMT sincronizada), en la que se combinan la técnica de DMT con el propósito de adaptar el uso del espectro al estado de la línea y un esquema dúplex por división en el tiempo o TDD ("Time Division Dúplex), destinado a permitir que ambos sentidos de transmisión utilicen el rango completo de frecuencias, pero evitando los problemas derivados de la diafonía NEXT. En el esquema TDD, los dos sentidos de transmisión alternan en el tiempo sus correspondientes transmisiones. Todos los cables del mismo par se sincronizan, cambiando de sentido de transmisión simultáneamente: durante un intervalo de tiempo todos transmiten en sentido ascendente y en el intervalo siguiente todos transmiten en sentido descendente, previniendo de este modo la diafonía NEXT. La ventaja de esta técnica radica en la flexibilidad de la proporción de tasas binarias asignadas a cada sentido. Por ejemplo, si los intervalos de tiempo son de la misma duración para ambos sentidos se obtiene un modo de operación simétrico. Adicionalmente se reduce la complejidad del equipo, ya que se comparte hardware entre el transmisor y receptor, pues sólo uno de los dos se encuentra funcionando en un instante dado. Por ejemplo las transformadas rápidas de Fourier directa e inversa que realizan el receptor y el transmisor, respectivamente, son equivalentes. Del mismo modo los componentes se simplifican puesto que emisor y receptor operan en la misma banda de frecuencias.

1.1.5. Radsl (Rate Adaptive Digital Subscriber Line)

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

1.2. Tecnología ADSL

Es una tecnología de acceso a Internet de banda ancha que nos permite tener y correr aplicaciones multimedia de gran ancho de banda, tales como video conferencias, video en demanda, video en tiempo real, TV digital, etc. Es una tecnología hecha realidad en muchos hogares y empresas que requieren de acceso a la red de redes a una velocidad muy rápida y en la actualidad es una de las tecnologías comerciales de acceso a Internet más populares del mundo, esto debido en gran parte a que permite la coexistencia de servicios de telefonía de voz, y aplicaciones multimedia de banda ancha, todo sobre líneas telefónicas ordinarias. Lo anterior se cumple debido a que ADSL opera a frecuencias por encima de las frecuencias de operación de la telefonía estándar sobre el mismo par trenzado, lo que permite servicios simultáneos de voz y datos.

El origen de ADSL se remonta a fines de los años 80 en la que Bellcore propone una nueva forma de soportar tráfico de manera asíncrona para aplicaciones multimedia donde la mayor cantidad de información debe fluir hacia el usuario y la menor hacia la oficina central.

Los estudios realizados por Bellcore fueron cedidos a universidades y compañías fabricantes a fin de refinar la teoría matemática y construir diversos prototipos. Estos trabajos dieron origen a estándares internacionales, Uno fue creado para Norteamérica por la ANSI bajo el nombre T1.413 y otro creado para Europa y otros países por La ITU bajo el nombre de ITU-T G.992.1.

Una de las características distintivas de ADSL respecto de otras tecnologías es su asimetría, esto es la velocidad de transmisión de bajada es mucho mayor que la velocidad de transmisión de subida. Las velocidades que ADSL puede soportar van de 6 a 8 Mbps en el canal de bajada, también conocido como downstream, mientras que en el canal de subida o upstream soporta actualmente un máximo de 0,800 Mbps de subida (G.dmt ratificado en 1999). Estas velocidades están especificadas por la ITU G.992.1 y la ANSI T1.413, sin embargo, no son las únicas velocidades estandarizadas.

En general la velocidad de transmisión en ADSL depende de las características del lazo de abonado, que conecta a un usuario a la oficina central (CO). Cada lazo consiste en un par de cables de cobre aislados con calibres entre 26 AWG y 19 AWG (American Wire Gauge) que equivalen a un rango entre 0.4 mm y 0.91 mm. Una planta de lazos típicamente consiste de un cable alimentador multipar que sale de la oficina central; éste puede contener hasta 50 grupos de cables, cada uno de los cuales puede contener 10,25 o 50 pares de cobre. En la interface de distribución o armario se divide el cable alimentador multipar en varios cables de distribución pequeños (hasta 50 pares), mismos que se dividen en varios pares que son los que finalmente llegan a los usuarios. Dentro de los cables los dos hilos de cada par están trenzados uno con el otro para formar un par trenzado sin blindaje (UTP) categoría 3, ya que ésta es apropiada para la telefonía tradicional.



Fig. 1.2: Par trenzado no blindado

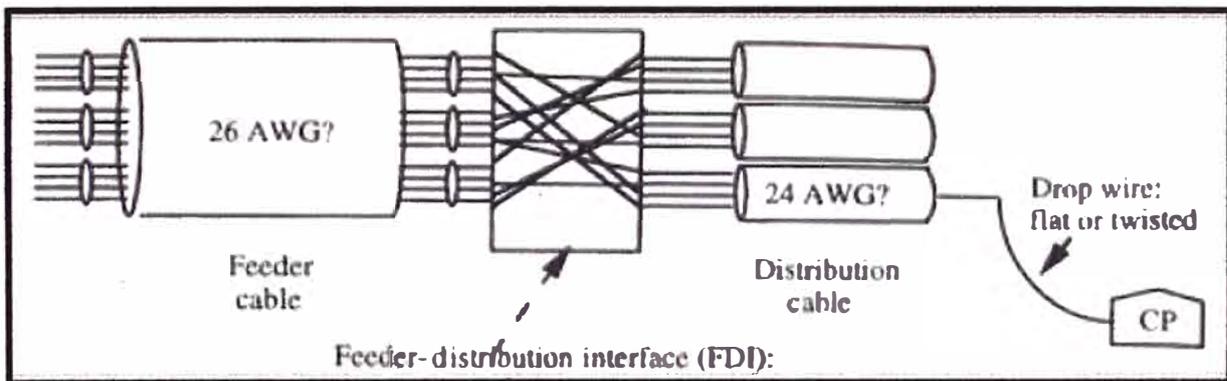


Fig. 1.3: Planta de lazos típica

Algunos de los factores a considerar en el comportamiento del lazo de abonado son la longitud de línea, el calibre del cable, la presencia de los bridged taps (puentes o circuitos abiertos sobre la línea telefónica) y la interferencia por acoplamiento cruzado. A mayor frecuencia y longitud de línea, las pérdidas se incrementan, mientras que para diámetros de cables a mayores, las pérdidas disminuyen. La Tabla 1.1 muestra el desempeño del ADSL.

Tabla 1.1: Características de la línea y velocidad de transmisión

VELOCIDAD DE TRASMISIÓN	CALIBRE DEL CABLE AWG	DISTANCIA FT	DIÁMETRO DEL CABLE MM.	DISTANCIA KM.
1.5 o 2	24	18000	0.5	5.5
1.5 o 2	26	15000	0.4	4.6
6.1	24	12000	0.5	3.7
6.1	26	9000	0.4	2.7

A fin de estudiar la tecnología ADSL vamos a definir su modelo de arquitectura publicado por DSL Forum. Este modelo de referencia es importante para comenzar el estudio de la tecnología ADSL y comprender en que parte de la red de comunicaciones funciona.

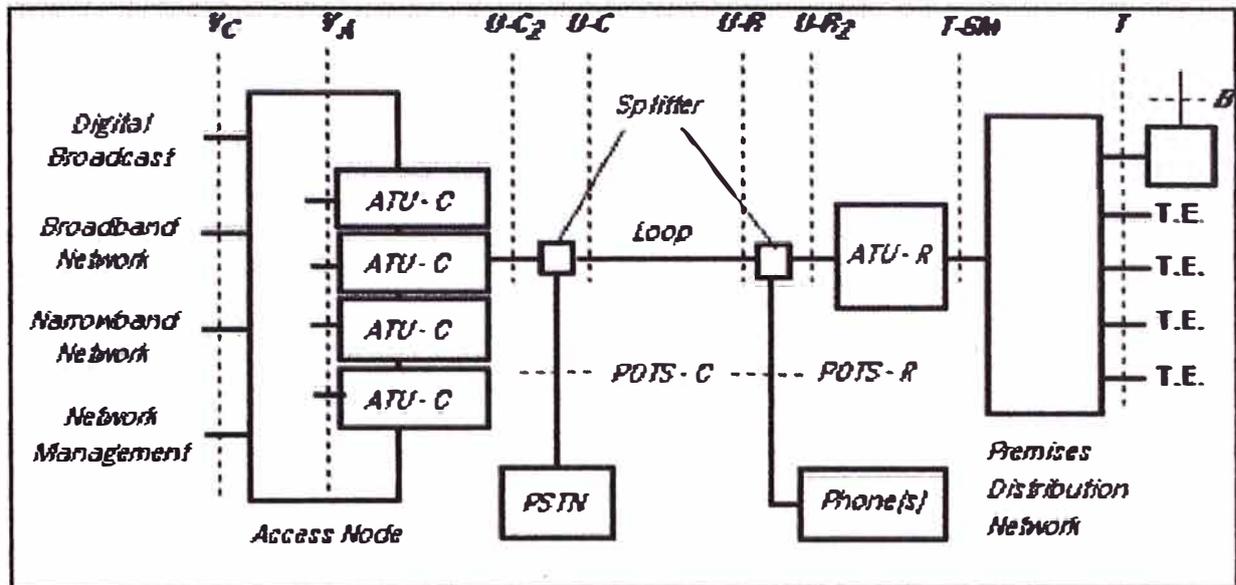


Fig. 1.4: Modelo de Referencia del sistema publicado por DSL Forum

Definiciones:

- **ATU-C:** Unidad de transmisión-recepción ADSL en la oficina central, que puede estar incluida dentro del nodo de acceso.
- **ATU-R:** Unidad de transmisión-recepción ADSL (módem ADSL) remoto del cliente o suscrito, que puede estar incluida dentro del módulo de servicio.
- **Access Node:** Punto de concentración para datos de banda ancha y banda angosta. Puede ubicarse tanto en la oficina central o en un sitio remoto.
- **B:** Entrada auxiliar de datos (por ejemplo, de un satélite) al módulo de servicio (por ejemplo, un set top box).
- **Broadcast:** Entrada de datos de banda ancha en modo simple (típicamente broadcast video).
- **Broadband Network:** Sistemas de conmutación para tasas de transmisión de datos iguales o superiores a 1.5/2.0 Mbps.
- **Loop:** Lazo o bucle de la línea telefónica de par trenzado. Los lazos pueden variar en distancia, diámetro, antigüedad y características de transmisión dependiendo de la red.

- **Narrowband Network:** Sistema de conmutación para tasas de transmisión de datos iguales o menores a 1.5/2.0 Mbps.
- **POTS:** Servicio tradicional de telefonía.
- **POTS-C:** Interfase entre la PSTN y el filtro POTS en la parte final de la red.
- **POTS-R:** Interfase entre los teléfonos y el filtro POTS en el lado del cliente.
- **PDN:** Red de distribución de premisas, Sistema para interconectar ATU-R con los módulos de servicio. Puede ser interconexión punto a punto o multipunto; para este último caso la topología puede ser bus o estrella.
- **PSTN:** Red de Telefonía Pública Conmutada.
- **SM:** Módulo de servicio, Realiza función de adaptación de terminales. Algunos ejemplos son las interfases de PC, ruteadores LAN o Set Top Boxes.
- **Splitter:** Filtro que separa las señales de alta frecuencia de ADSL de las señales de baja frecuencia de POTS, localizado tanto en la parte de la oficina central como en la parte del cliente. El filtro puede estar integrado dentro de los ATU o físicamente separado de ellos.
- **T-SM:** Interfase entre ATU-R y PDN, y puede estar integrada dentro de un módulo de servicio. Ejemplos son conexiones T1/E1 y conexión Ethernet.
- **T:** Interfase entre la PDN y los módulos de servicio. Esta interfase puede desaparecer a nivel físico cuando un ATU-R está integrado a un módulo de servicio.
- **U-C:** Interfase entre el lazo y el filtro POTS en el lado de la red.
- **U-C₂:** Interfase entre el filtro POTS y ATU-C.
- **U-R:** Interfase entre el lazo y el filtro POTS en el lado del cliente.
- **U-R₂:** Interfase entre POTS y ATU-R.
- **V_A:** Interfase lógica entre ATU-C y el nodo de acceso. Esta interfase puede contener STM (Modo de Transferencia Síncrona), ATM (Modo de Transferencia Asíncrona), o ambos modos de transferencia.
- **V_C:** Interfase entre el nodo de acceso y la red. Para el segmento de banda ancha de esta interfase pueden utilizarse conmutación STM, conmutación ATM o conexiones de línea tipo privada.

El modelo de referencia puede ser simplificado según se muestra en la siguiente Fig. 1.5:

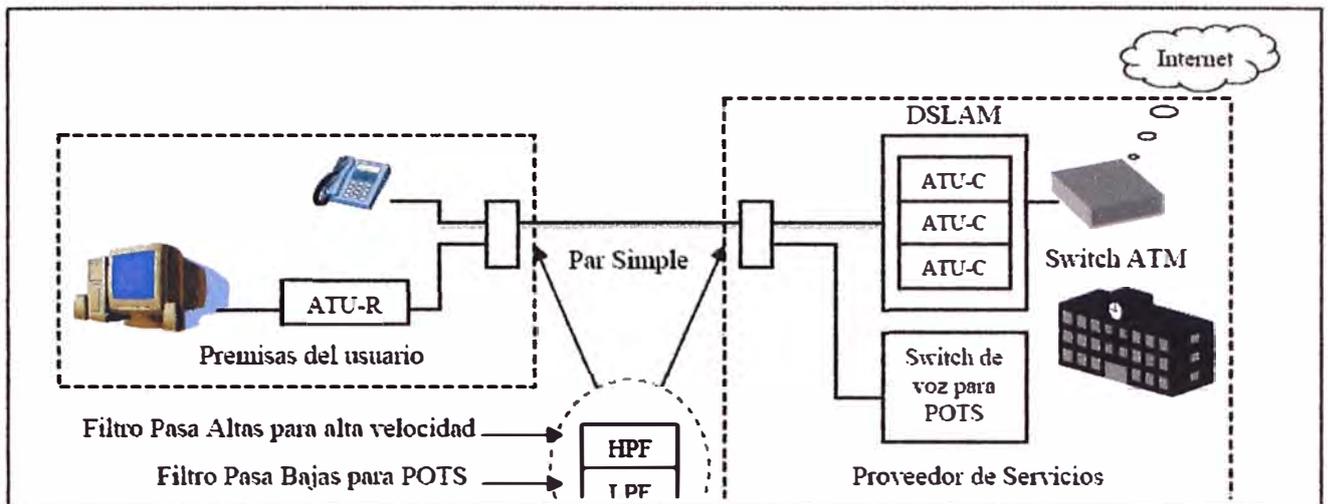


Fig. 1.5: Modelo de Referencia Simplificado

Entre los elementos básicos de esta arquitectura encontramos a los módems ADSL en ambos lados del lazo (ATU-R y ATU-C) y el separador o filtro (splitter). El lazo de cobre entre el usuario y la oficina central termina en un filtro que separa el tráfico ADSL del tráfico de telefonía tradicional (POTS). En el lado del usuario este filtro separa el lazo de cobre en dos pares, uno para conectar el aparato telefónico y el segundo para conectar un módem ADSL (ATU-R). En el lado de la oficina central ocurre lo mismo, sólo que el proceso es más diferenciado. El filtro manda un par a un conmutador de servicio telefónico y el otro par al módem ADSL (ATU-C). En la oficina central una determinada cantidad de ATU-C pueden incluirse en una sola caja que se conoce como DSLAM. Este dispositivo también puede ubicarse en un sitio remoto cercano a varios usuarios. Además de funciones administrativas la función primaria de un DSLAM es multiplexar y demultiplexar los varios ATU-C incluidos hacia alguna red de transporte, típicamente una red ATM.

1.3. Espectro de Frecuencias

Una de las ventajas de ADSL con respecto a las tecnologías de acceso basadas en dial up es la característica de conexión permanente a Internet. Cuando un usuario final enciende el ATU-R o módem ADSL éste se sincroniza automáticamente con el ATU-C. Aquí las células ATM que residen en la capa de enlace contienen información de direccionamiento que especifica a que proveedor de servicios Internet debe conectarse. Cuando la conexión se establece, una conexión virtual permanente (PVC) también se establece entre el ATU-R y el proveedor de servicios de Internet. Como resultado el usuario final tiene un enlace directo a Internet durante el tiempo que éste permanece encendido.

ADSL utiliza una técnica de modulación de portadora, conocida como DMT, que divide el ancho de banda disponible de 1.104 MHz en 256 sub-portadoras o tonos que van desde 0 Hz hasta 1.104 MHz. Cada tono ocupa 4.3125 KHz del ancho de banda total y utiliza una técnica de modulación en cuadratura conocida como QAM. Lo anterior se debe a que cada tono puede transportar hasta un máximo de 15 bits de información, dependiendo de la relación señal a ruido presente en cada tono y es necesario aplicar esta técnica de modulación para codificarlos. De la observación de que muchos servicios tienen unas necesidades de ancho de banda distintas en cada sentido de la comunicación (superiores en el sentido desde la central al abonado) surgió la idea de repartir el espectro también de forma asimétrica, la división del espectro de los sistemas actuales, es la siguiente:

- a) El primer tono o sub-canal se utiliza para los servicios de telefonía de voz tradicional (POTS), en tanto que los tonos entre el rango de frecuencias de 4.3125 KHz a 25.875 KHz (tonos del 2 al 6) se utilizan para evitar la interferencia entre POTS y ADSL. En la banda de frecuencias comprendida entre 300 Hz y 4 KHz se mantiene el servicio telefónico tradicional (dúplex). Ello garantiza que el usuario disponga de servicio telefónico incluso si falla el suministro de energía en el módem ADSL.
- b) La banda de frecuencias que abarca desde 25 KHz a 100 KHz se reserva un canal en el sentido desde el abonado a la central (ascendente). La banda comienza en 25 KHz por que no es fácil construir filtros separadores a frecuencias menores. Los tonos del 7 al 32 ubicados entre 25.768 KHz y 138 KHz se utilizan para la transferencia de datos en la dirección de subida, mientras que los tonos del 33 al 256 ubicados entre 138 KHz y 1.104 MHz son utilizados para la transferencia de datos en la dirección de bajada. El régimen binario de operación típico se encuentra entre 16-64 Kbps, para distancias de 5-6 Km o cerca de 1.5 Mbps para distancias de 3-4 Km, en última instancia, la distancia máxima alcanzable depende de la sección del par de cobre.
- c) Las frecuencias comprendidas desde 138 KHz hasta donde lo permita la línea, usualmente hasta 1 MHz se dedican a un canal en sentido desde la central al abonado (descendente), con una tasa de transmisión que habitualmente se encuentra entre 1.5 Mbps y 8.5 Mbps. Existe también la posibilidad de que este canal se solape espectralmente con el ascendente, utilizando todo el rango de frecuencias desde 25 KHz hasta 1 MHz, aunque en ese caso se necesita un mecanismo supresor de ecos. La ventaja de esta última opción radica en que el

sentido descendente utiliza más proporción de frecuencias en la parte baja del espectro, la cual posee mejores propiedades de transmisión. Su desventaja radica en que es muy complejo de implementar, por lo tanto esta técnica no es muy usada.

Estas frecuencias están estandarizadas por la ANSI bajo ANSI T1.413 La Fig. 1.6 muestra un esquema de FDM para el ancho de banda disponible en un cable par trenzado y que hace posible la coexistencia entre POTS y ADSL.

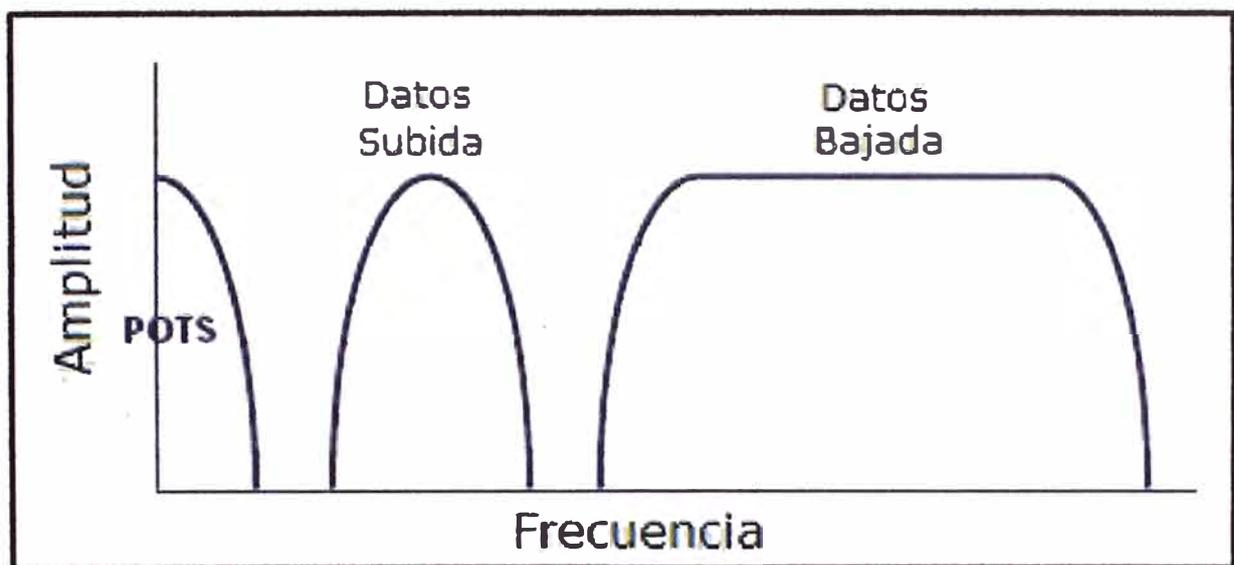


Fig. 1.6: FDM para un cable par trenzado

1.4. Técnicas de Modulación

Si nos remitimos a la arquitectura de un transceiver ADSL podríamos decir que está basada en tecnología avanzada de Procesamiento Digital de Señales. Sus bloques funcionales están bien definidos tanto en el transmisor como en el receptor y realizan funciones tales como conversión serial a paralelo, paralelo a serial, conversión digital-análoga, análoga-digital, modulación y demodulación QAM, generación y eliminación de espejos de datos, transformada rápida de Fourier (FFT), transformada rápida inversa de Fourier (IFFT), adición y sustracción de prefijos cíclicos y ecualización en el dominio del tiempo y la frecuencia.

1.4.1. Modulación Multitono Discreta (DMT)

Es una forma común de modulación multiportadora que fue introducida por IBM para hacer uso de los avances científicos en procesadores digitales de señales y algoritmos FFT. Ha sido ampliamente usada en los módems tradicionales y actualmente los estándares ANSI T1.413 e ITU G.992.1 la han adoptado para los módems ADSL.

La elección de esta técnica de modulación como estándar para ADSL se debe a que en el ambiente de transmisión de ADSL se necesitan técnicas de modulación y ecualización muy eficientes para garantizar un buen desempeño, debido a la presencia de muchos factores negativos tales como la atenuación en el canal, interferencia entre símbolos, crosstalk, ruido gaussiano blanco aditivo (AWGN) y ruido impulsivo.

El objetivo fundamental de la modulación DMT es dividir el ancho de banda del canal de transmisión en un conjunto de sub-canales ortogonales cada uno con su propia sub-portadora. Los datos se transmiten a través de cada sub-canal de manera independiente a los otros sub-canales y al mismo tiempo. Cada sub-canal puede transmitir un número diferente de bits los mismos que pueden asignarse convenientemente a los diferentes sub-canales. Existen muchos algoritmos para la asignación del número de bits por cada sub-canal, pero la mayoría coincide en asignar el mayor número de bits a aquellos sub-canales con mayor relación señal a ruido (SNR), mientras que el menor número de bits se asignan a los sub-canales con menor SNR.

El estándar T1.413 para ADSL divide el ancho de banda del canal de transmisión, en este caso, el ancho de banda de 1.104Mhz de la línea telefónica en 256 sub-portadoras o sub-canales donde los tonos del 7 al 256 se utilizan para la transmisión de datos.

En ADSL el número de bits que puede transportar cada sub-canal varía entre 0 y 15 bits, cuya asignación se realiza en forma de tablas de asignación de bits cuando esta se intercambia entre el transmisor y receptor durante el período de inicialización y prueba.

Durante este proceso, el transmisor adquiere una estimación de la respuesta al impulso del canal y del espectro de ruido de crosstalk antes que la transmisión comience. Con esta estimación el receptor también calcula el SNR del canal necesario para determinar el número de bits que ese canal puede transportar y lo devuelve al transmisor. Este proceso entre transmisor y receptor se resume de la siguiente manera:

- a) Definen un modo común de operación y reloj, así como un símbolo de sincronización.
- b) Identifican el canal.
- c) Calculan la asignación óptima de bits y energía por cada sub-canal.
- d) Intercambian las tablas de asignación de bits y energía.

El número total de bits que pueden transmitirse a través del canal se determina con la siguiente ecuación:

$$b_{total} = \sum_{i=n1}^{n2} b_i \quad (1.1)$$

Donde b_i es el número de bits en el i -ésimo sub-canal. Para el canal de subida $n1$ es igual a 7 y $n2$ igual a 33. Para el caso del canal de bajada $n1$ es igual a 33 y $n2$ es igual a 256. Con la ecuación (1.1) podemos determinar la capacidad del canal según las fórmulas de Shannon:

$$C = \sum_{n1}^{n2} \Delta f \cdot b_i = 4.3125 \cdot b_{total} \quad (1.2)$$

Donde Δf es el ancho de banda de cada sub-canal, que para el caso de ADSL es 4.3125 KHz.

Una vez que el transceiver se ha inicializado, cada sub-canal o sub-portadora conteniendo los bits determinados por la tabla de asignación se modula usando la técnica de modulación digital QAM (Modulación de Amplitud en Cuadratura). Con este esquema de modulación, cada sub-canal puede transmitir a una tasa de transmisión que varía entre 0 y 60 kbps. La suma de las tasas de transmisión de todos los sub-canales es igual a la tasa total de transmisión de datos del sistema. En teoría con cada sub-canal llevando información a 60kbps sería posible transmitir a una tasa de transmisión de

15.36 Mbps. En la práctica esto no es posible debido a muchos factores negativos del canal de transmisión y la implementación del sistema.

1.4.2. Modulación de Amplitud en Cuadratura (QAM)

La modulación QAM es una modulación digital en la que el mensaje está contenido tanto en la amplitud como en la fase de la señal transmitida. Se basa en la transmisión de dos mensajes independientes por un mismo y único camino. Esto se consigue modulando la misma portadora, desfasada entre uno y otro mensaje. Esto supone la formación de dos canales ortogonales en el mismo ancho de banda, con lo cual se mejora la eficiencia del ancho de banda.

En el transmisor el modulador QAM mapea una serie de bits de entrada a un punto (x,y) del mapa de constelaciones. Estas variables x e y especifican la amplitud de las ondas coseno y seno respectivamente, que serán enviadas por el canal. Por lo tanto la expresión de la onda enviada es $V(t) = X \cos(wt) + Y \sin(wt)$. En el receptor, el demodulador QAM trata de recuperar la amplitud de cada componente.

El tamaño de cada constelación QAM depende del número de bits que cada sub-portadora transporta, es decir, b bits resulta en una constelación con 2^b puntos. Por ejemplo una constelación QAM de cuatro puntos corresponde a 2 bits (00, 01, 10, 11), una constelación QAM de 16 puntos corresponde a 4 bits y así sucesivamente. El tamaño máximo de la constelación en ADSL es 32,768 que corresponde a 15 bits.

Las etiquetas de los puntos de la constelación son la representación en números decimales de los bits que serán mapeados y transmitidos. Los símbolos resultantes de este mapeo son números complejos que pueden representarse como $C_k = a_k + jb_k$ donde a es la componente en fase y b es la componente en cuadratura.

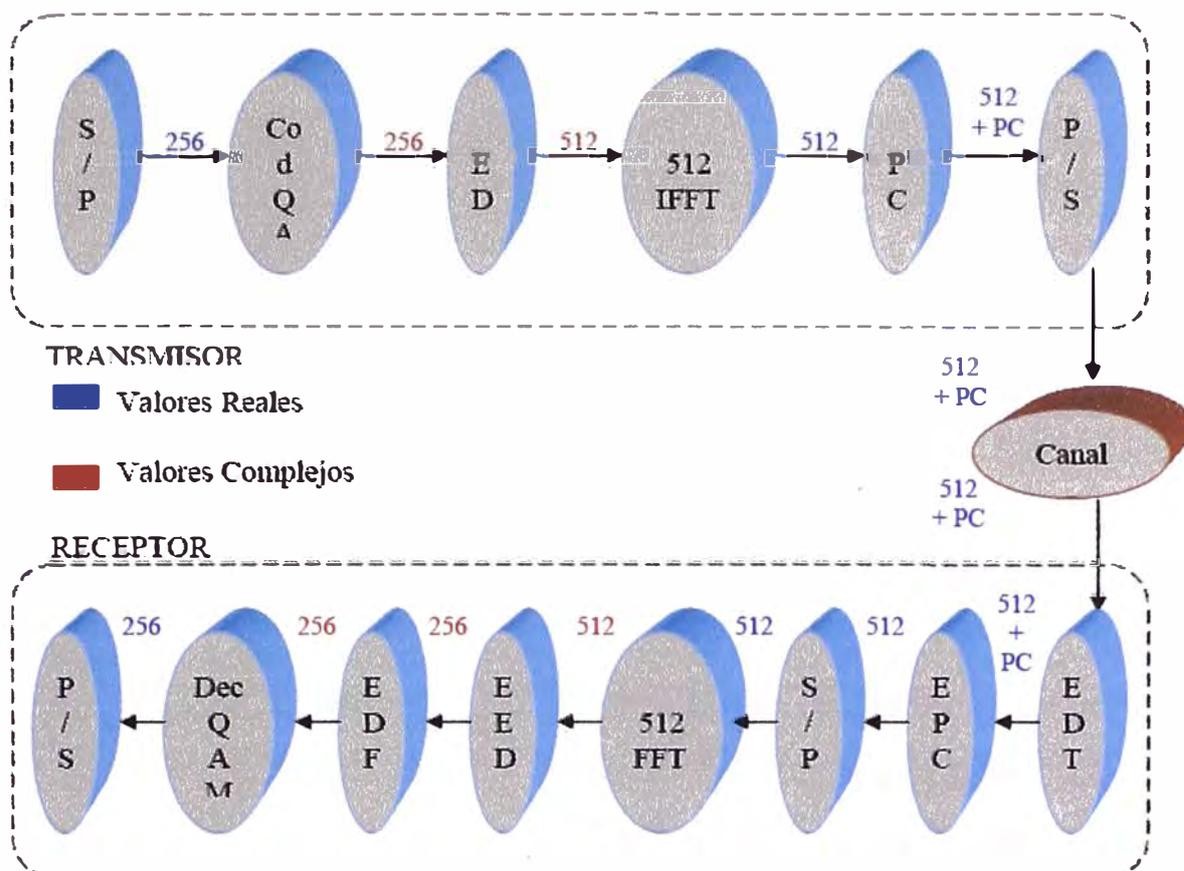


Fig. 1.7: Modelo de un ADSL transceiver que utiliza 256 sub-canales

En la Fig. 1.7 se muestra un modelo de modulación DMT en un módem ADSL que utiliza 256 sub-portadoras. Esta figura permite explicar este tipo de modulación y los bloques que intervienen en la misma.

En el transmisor DMT el primer bloque es un convertidor serial a paralelo cuya tarea es dividir la serie de bits que entra en el transmisor en un conjunto de varias series de bits cuyo destino es el banco de codificadores QAM, donde a cada sub-canal se le asigna un número determinado de bits como se describió anteriormente. El número total de codificadores/decodificadores en el banco QAM es igual al número de sub-portadoras utilizadas por el sistema. Cada una de estas series de bits es codificada en sub-símbolos, que contienen el número de bits determinado por la tabla de asignación de bits en cada sub-canal o tono. Estos sub-símbolos son números complejos que pueden verse como elementos en el dominio de la frecuencia.

La siguiente etapa realiza una imagen de las salidas del banco QAM con los complejos conjugados de los sub-símbolos, lo que se conoce como espejo de

datos, con el objeto de implementar un bloque que realice una IFFT de $2N$ puntos, donde N es el número de sub-canales. Este bloque se implementa con el fin de realizar la modulación DMT, ya que ésta última puede ser implementada utilizando la transformada discreta inversa de Fourier (IDFT) que a su vez puede implementarse mediante la IFFT. Para el caso del canal de bajada de ADSL, $N=256$. Debido a este procesamiento, a las salidas del bloque IFFT tendremos $2N$ muestras con valores reales en el dominio del tiempo. Este bloque de $2N$ sub-símbolos forma lo que se conoce como símbolo DMT.

El bloque de adición de un prefijo cíclico se utiliza para introducir una banda de separación en el dominio del tiempo entre los símbolos DMT, para evitar la interferencia entre símbolos. Otra de las ideas de este bloque es que hace más fácil el proceso de ecualización, además que hace posible la eliminación de la mayor parte de las componentes de la interferencia entre símbolos. Este bloque para formar la trama que se transmitirá, sin embargo, la adición de este prefijo disminuye la eficiencia de potencia y la velocidad de transmisión del transceiver. Este prefijo se forma con las últimas u muestras (típicamente 32 muestras) de las $2N$ muestras que forman un símbolo DMT, por lo tanto, un bloque consiste de $2N + u$ muestras. En la Fig. 1.8. a continuación mostramos el mecanismo para insertar el prefijo cíclico a cada uno de los símbolos DMT, que se pretenden transmitir en una trama.

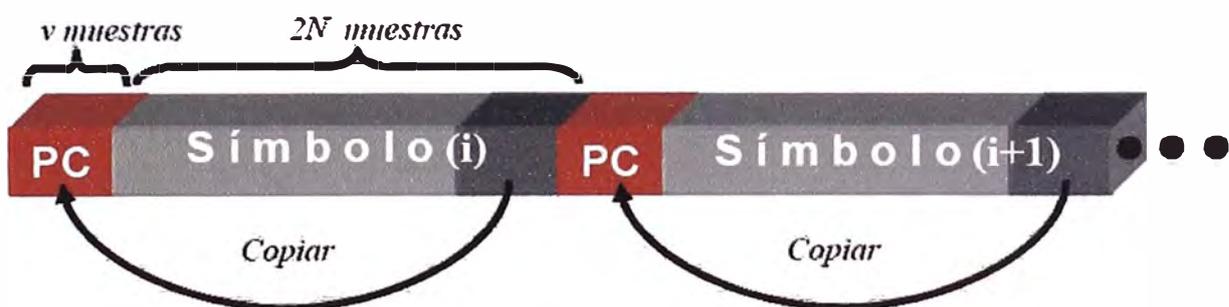


Fig. 1.8: Mecanismos para adición del prefijo cíclico a los símbolos DMT.

Posteriormente a la adición de este prefijo, se realiza una conversión paralelo-serial para formar precisamente la trama que se transmitirá. Esta trama llega a un convertidor digital-análogo que transforma las señales digitales a señales eléctricas analógicas que pueden transmitirse a través del canal.

1.5. Transporte ATM

ATM es un modo de transferencia de información más próximo a la conmutación de paquetes que a la conmutación de circuitos, permitiendo el transporte de cualquier teleservicio independientemente de características como su tasa binaria, su coeficiente de ráfaga o sus requerimientos de calidad.

La diferencia entre la técnica de multiplexación ATM y la multiplexación tradicional basada en STM radica en que en el segundo caso las conexiones sólo pueden ocupar aquellas ranuras temporales (slots) que tienen asignados, a diferencia de ATM en que las conexiones establecidas sobre un enlace van ocupando ranuras temporales de éste a medida que cada una de ellas lo va necesitando, considerando que una ranura ya no identifica una conexión es necesaria la incorporación de etiquetas en cada una de las ranuras que identifique la conexión que está haciendo uso de ellas.

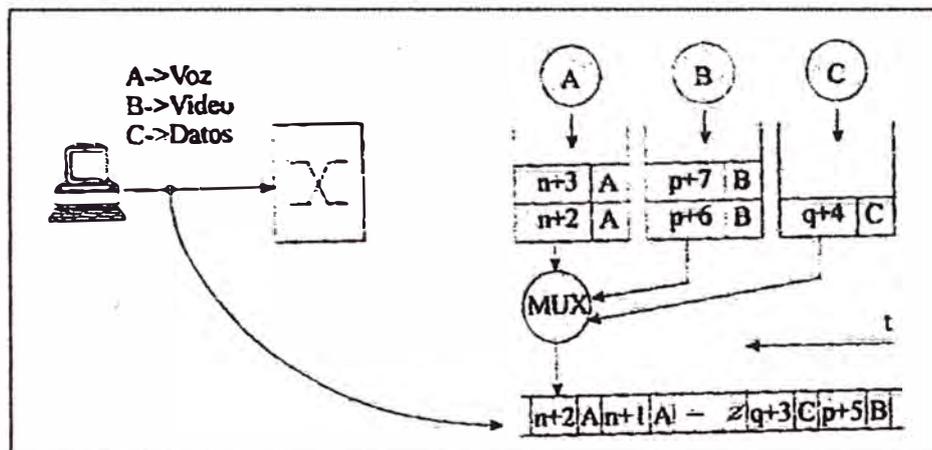


Fig. 1.9: Ocupación de un portador ranurado en ATM

En una red ATM la información viaja encapsulada en paquetes, cada conexión identifica su información con la etiqueta en la cabecera del paquete.

El ATM permite crear redes que son flexibles, porque puede soportar cualquier teleservicio actual y futuro, y eficientes en el uso de sus recursos porque no existen recursos específicos para cada teleservicio, en vista que todos comparten los mismos recursos y con ello se consigue el efecto de la Ganancia Estadística.

Respecto del conmutador ATM podemos adelantar su operación como interfaz con el exterior del cual describiremos la técnica de conmutación.

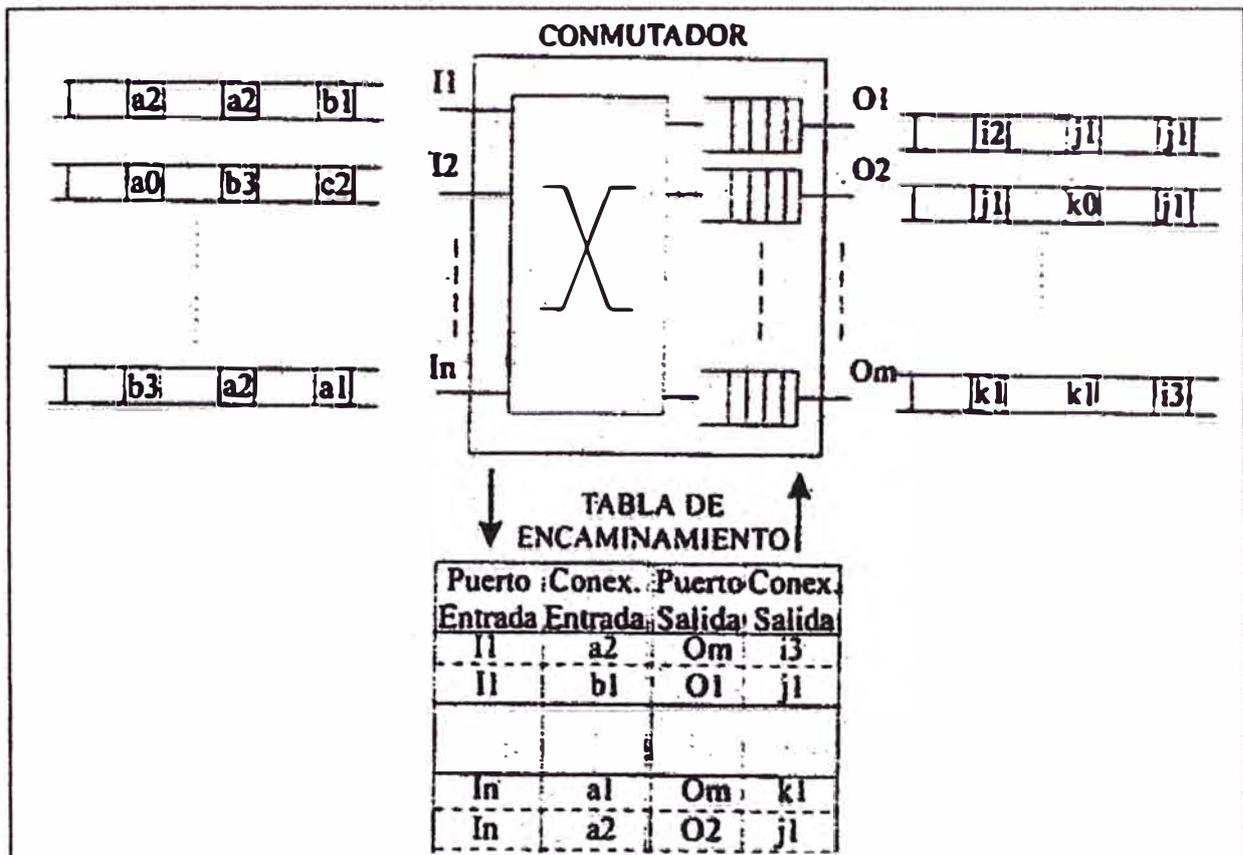


Fig. 1.10: El principio de la conmutación en ATM

La conmutación se realiza asociando un puerto de entrada más conexión de entrada (aparece en los campos de la cabecera) con un puerto de salida más conexión de salida (valor escrito sobre los paquetes por el conmutador). Este proceso es observado en la Fig. 1.10, considerando que esta comunicación es asíncrona es imposible garantizar la ausencia de llegadas simultáneas de paquetes compitiendo por el mismo puerto. Por ello los conmutadores acostumbran a incorporar elementos de almacenamiento (buffers), al igual que los conmutadores tradicionales.

1.5.1. Características Destacables

- a) Las comunicaciones son orientadas a la conexión, antes de iniciarse la transferencia de información, el terminal origen debe solicitar el establecimiento de una conexión con el destino deseado. La solicitud viene acompañada de un conjunto de parámetros como son la calidad deseada para la conexión y el descriptor de tráfico.

- b)** No existe protección contra errores o control de flujo entre los conmutadores internos de la red, Se confía en la calidad de los equipos de transmisión conmutación y al igual que en la red de conmutación de circuitos no se realiza ninguna acción para recuperar la información deteriorada. Debido a la naturaleza impredecible del tráfico se pueden producir algunas condiciones de desbordamiento de los buffers con la consiguiente pérdida de paquetes. Posteriormente se indica cómo se minimizan las mismas.
- c)** Funcionalidad de una cabecera muy reducida. La funcionalidad de la cabecera se reduce básicamente a: un campo para la identificación de la conexión virtual, para efectos de multiplexación de distintas comunicaciones sobre el mismo enlace. Un campo de detección de errores (HEC) que controla sólo la cabecera para evitar un efecto multiplicativo de errores, considerando que un bit errado en la cabecera y por ende un mal encaminamiento del paquete puede generar n errores consecutivos en otra conexión.
- d)** Los paquetes son de longitud constante, Los teleservicios más comunes serán la transferencia de señales de voz video y grandes volúmenes de datos. La ganancia en la eficiencia de transmisión que se consigue con paquetes de longitud variable no se compara con la ganancia en cuanto a rapidez y sencillez en la conmutación que se consigue con paquetes de longitud fija.
- e)** El tamaño del campo de datos es pequeño (48 bytes). En la elección se ha tenido en cuenta los siguientes aspectos:
- Eficiencia en la transmisión, definido por la expresión:

$$n_H = \frac{L}{L+H}$$
 donde: H representa la longitud del campo de cabecera (control) y L representa la longitud del campo de datos.
 - Retardo sufrido por las celdas, con sus componentes:
 - Retardo por empaquetado. Es decir el tiempo que hay que esperar hasta que se llena un paquete con información útil.
 - Retardo de conmutación. Dividido en dos partes, una fija (depende de la arquitectura del conmutador) y la otra variable por efecto de las colas (función de la carga del conmutador).
 - Retardo de desempaquetado. El receptor debe eliminar la variación de retardo de celda.

Del estudio anterior se desprende que los tamaños de celda apropiados están entre los 32 y 64 bytes.

1.5.2. Canal y Camino Virtual

Considerando que la cabecera ATM es de 5 bytes, este tamaño no permite el uso de direcciones origen-destino en la cabecera. Sin embargo esto no es inconveniente debido a que las comunicaciones son orientadas a la conexión, por lo que se debe establecer el circuito virtual antes de iniciar la transferencia de información.

En la cabecera se incluye un identificador de la conexión virtual y este tiene un significado exclusivamente local, o sea sólo tiene significado sobre el enlace que los une.

Como se observa en la Figura a continuación el identificador de conexión está dividido en dos campos:

- a) Identificador de camino virtual (VPI). Se usa comúnmente para definir conexiones estáticas, es decir su valor identifica un destino geográfico.
- b) Identificador de canal virtual (VCI). Se usa comúnmente para definir conexiones dinámicas, es decir, su valor identifica una conexión entre los terminales correspondientes.

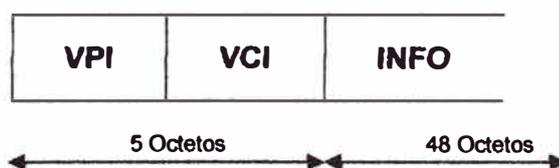


Fig. 1.11: Estructura simplificada de una celda ATM

De la estructura jerárquica de la Fig. 1.11, podemos decir que un canal virtual es un término que describe un conjunto de recursos de comunicación que permiten el transporte unidireccional de celdas.

Un VC queda identificado por el conjunto VPI+VCI, la concatenación de un conjunto de VCs entre conmutadores ATM de frontera y que permiten la comunicación entre dos terminales de red se denomina una conexión de canal virtual (VCC).

Un VP es un término genérico que se asocia a un conjunto de VCs establecidos entre los mismos extremos, describe un conjunto de recursos de comunicación que permiten el transporte unidireccional de celdas. La concatenación de un conjunto de VPs entre conmutadores ATM de frontera asociados con el mismo conjunto de VCs se denomina conexión de camino virtual (VPC).

Las funciones más comunes que deben realizar los conmutadores ATM son:

- Cada conmutador debe identificar el puerto de salida hacia el cual las celdas deben ser encaminadas.
- En la fase de establecimiento debe encaminar la nueva conexión de manera que elija el siguiente salto en la ruta hacia el destino. Esta operación lleva asociada la actualización de las tablas de encaminamiento para reflejar el resultado de la decisión tomada.
- Simultáneamente a la decisión de la ruta de conexión el conmutador debe asegurarse que en el enlace de salida se dispone de suficiente ancho de banda para asegurar el QoS de la nueva conexión como de las ya establecidas. Estas son las funciones del control de admisión de llamadas (CAC).
- El concepto de camino virtual simplifica alguna de estas funciones, reduce la complejidad y el número de operaciones requeridas para el establecimiento de una nueva conexión. Las características de un VP son:
 - Conceptualmente un VP es un enlace lógico directo entre dos conmutadores (no necesariamente contiguos) y tiene asociados un conjunto de canales virtuales.
 - Para cada VP se define una ruta a través de la red. Estas rutas son cuasi-estáticas y sólo cambian en situaciones excepcionales.
 - A cada VP se le asocia una capacidad (ancho de banda) que determina el número máximo de VCs que puede multiplexar.
 - Los VPs se multiplexan sobre los enlaces a nivel de celdas.
 - Las ventajas sobre la gestión de recursos de la red mediante VPs son:
 - Para el establecimiento de un nuevo canal virtual no es necesario actualizar las tablas de encaminamiento de los conmutadores intermedios, esto es posible cuando hay establecido un VP entre los

conmutadores origen y destino del VC. En este caso las celdas en los conmutadores intermedios son encaminadas según su VPI.

- Las funciones de encaminamiento son eliminadas de los conmutadores intermedios. La decisión la toma el conmutador extremo mediante el VP más apropiado para la conexión.
- Los conmutadores intermedios no asignan el ancho de banda en la fase de establecimiento. El conmutador extremo simplemente compara el ancho de banda solicitado contra el restante que le queda libre al VP.

1.5.3. Principios Básicos de Funcionamiento

- a) En cuanto al direccionamiento, todos los terminales de la red están identificados por una dirección. El sistema de direccionamiento estandarizado por la UIT-T está basado en el que se usa para las redes telefónicas actuales, el descrito bajo la recomendación E.164. Sin embargo el ATM-Forum ha creado un nuevo sistema de direccionamiento extendiendo el propuesto por el de la UIT-T.
- b) En la fase de establecimiento, cuando un terminal desea establecer una conexión con otro lo hace saber a través de un protocolo de señalización. La red necesita saber:
 - La dirección destino de los terminales, debemos destacar que la red ATM soporta comunicaciones punto a punto, punto multipunto y multipunto a multipunto. También soporta comunicaciones Broadcast (comunicación unidireccional de un emisor a un conjunto ilimitado de receptores) y Multicast (Comunicación unidireccional de un emisor a un conjunto bien definido de destinatarios, miembros de una misma clase).
 - La calidad de servicio demandada por la conexión (QoS), para una conexión se expresa por medio de un conjunto de parámetros que pueden ser: tasa de pérdida de celdas (CLR), el retardo máximo a través de la red (CTD) y la varianza de ese retardo (CDV). Un cliente que requiera emitir un teleservicio de tiempo real puede solicitar un acotamiento de los parámetros de calidad, ésta es la gran diferencia con otras redes de conmutación de paquetes.
 - Un descriptor del tráfico que va a generar un terminal. Este descriptor está formado por un conjunto de parámetros como son: tasa media de celdas, tasa pico y longitud máxima de ráfagas.

La red hace funcionar sus mecanismos de CAC explicados anteriormente, si la respuesta es positiva las tablas de encaminamiento de los conmutadores se actualizarán y se indica a los terminales que la comunicación puede comenzar. Una respuesta afirmativa a una petición de conexión es equivalente al establecimiento de un “contrato de servicio” entre los terminales y la red, en virtud del cual los primeros se comprometen a mantener el perfil de tráfico especificado y el segundo a garantizar un QoS.

- c) La fase de transferencia de información es responsabilidad de la red, puesto que debe monitorizar el tráfico que envían los terminales a la red para evitar el incumplimiento del contrato de servicio. Al conjunto de funciones de monitorización de tráfico y toma de acciones se las denomina funciones policía (UPC/NPC).

Las funciones UPC están localizadas en el punto en el que tráfico de abonado entra a la red, mientras que las NPC tienen lugar entre redes pertenecientes a administraciones diferentes.

- d) En la fase de liberación de los recursos, ésta se hace saber a la red mediante un protocolo de señalización. A partir de este momento los recursos liberados pueden ser utilizados por otras conexiones. De manera genérica puede decirse que los recursos usados son: ancho de banda en los enlaces, buffers y entradas en las tablas de encaminamiento de los conmutadores, equipamiento para las funciones de policía.

1.5.4. Modelo de Red

Existe un modelo de red aplicado en la RDSI-BA que permite hacer agrupaciones funcionales con el postfijo BA pero que no será abordado, ya que en la práctica es más común referirse a las interfaces que separan al abonado de la red (UNI) y a dos conmutadores de red entre sí (NNI).

La relación de los UNI/NNI con los puntos de referencia se pueden apreciar en la Fig. 1.12, como se observa existen dos tipos de UNIs, uno público y otro privado ambas interfaces sólo difieren en su capa física.

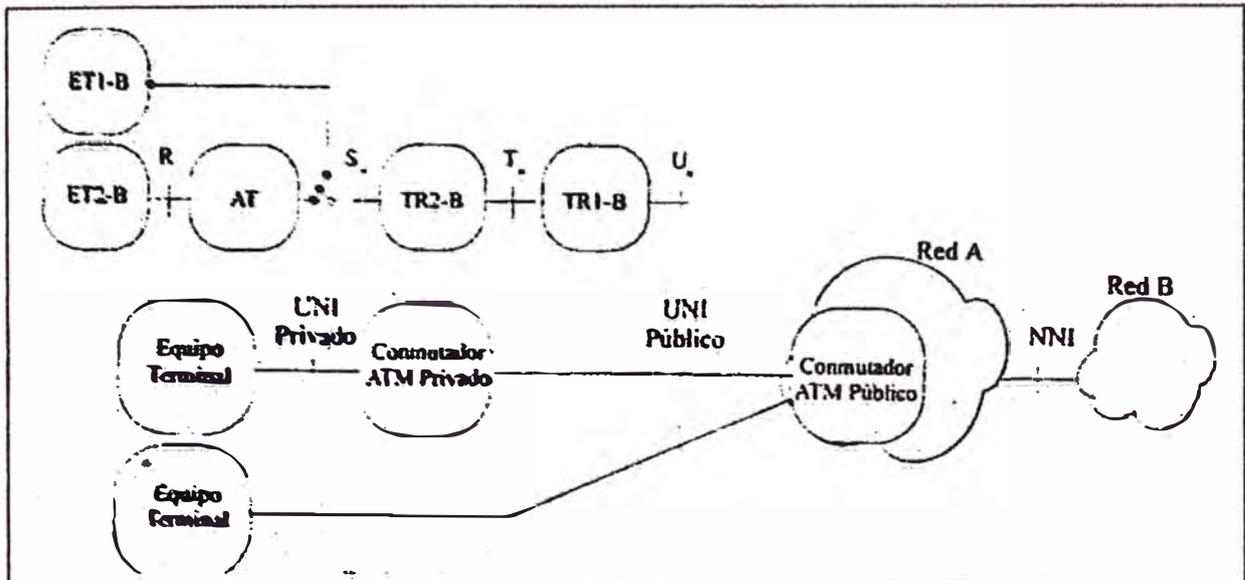


Fig. 1.12: Modelo de red en ATM

Del esquema podemos notar que los equipos terminales de conexión directa al conmutador privado o público se conectan punto a punto y no a través de algún medio compartido.

Los equipos que se conectan a través de la interfaz (UNI) son capaces de interfuncionar con éste por medio de un protocolo de señalización (por ejemplo en la fase de establecimiento de conexión).

Las otras interfaces que pueden conectarse directamente son los sistemas de interfuncionamiento (IWUs).

Las redes del futuro deben ofrecer simultáneamente: transparencia semántica (tradicionalmente asociada a la red de conmutación de paquetes) y transparencia temporal (tradicionalmente asociada a las redes de conmutación de circuitos).

La transparencia semántica, es una función de la red por la cual ésta garantiza la entrega correcta en destino de los bits transmitidos por la fuente. Existen errores producidos por los equipos de transmisión digital y los producidos en los equipos de multiplexación/conmutación.

Para el primer caso los errores se cuantifican a través del parámetro BER, y para el segundo caso pueden ser de dos tipos: por celdas perdidas (no llegan a destino) o celdas insertadas (que no pertenecen a la conexión). Los

parámetros para medirlos son: tasa de celdas erradas (CER), tasa de celdas perdidas (CLR), tasa de inserción de celdas (CIR).

A continuación mostramos en la Fig. 1.13 la evolución del control de errores en los conmutadores de red.

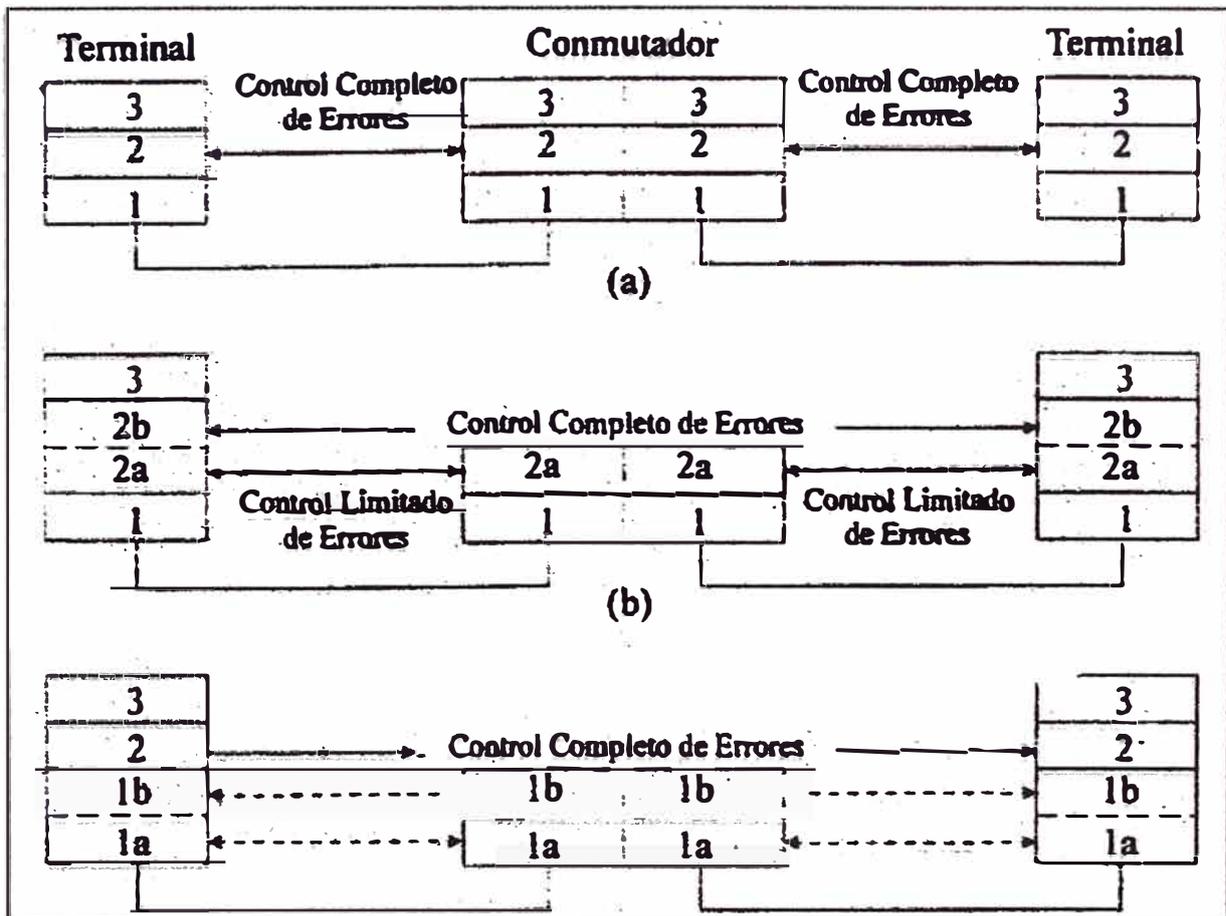


Fig. 1.13: Evolución del control de errores en los conmutadores de la red.

De la Figura podemos resaltar que el segundo modelo es una evolución del primero y que permite velocidades de hasta 2Mbps, pero sigue haciendo control de errores por tramo lo que le quita velocidad, en el tercer caso ATM ejecuta control de errores pero de extremo a extremo consiguiendo velocidades de hasta 600Mbps.

1.5.5. Modelo de Referencia por Capas en las Redes ATM

El modelo de referencia utilizado en ATM no guarda ninguna relación con el OSI de ISO, aunque de él se aprovecha el concepto de separación de la complejidad por capas. La novedad es la incorporación de tres planos en el modelo ATM.

- **Plano de usuario:** que describe los protocolos que permiten la transferencia de información.
- **Plano de control:** que describe los protocolos que permiten la señalización (establecimiento, liberación y otras funciones).
- **Plano de gestión:** está a su vez dividido en las funciones de Gestión de Capa y de Plano. Las primeras permiten la configuración de parámetros específicos a los protocolos de las diferentes capas, las segundas permiten la gestión de sistema en su conjunto.

Como se puede observar en la siguiente Fig. 1.14. Los tres planos comparten los servicios proporcionados por tres capas.

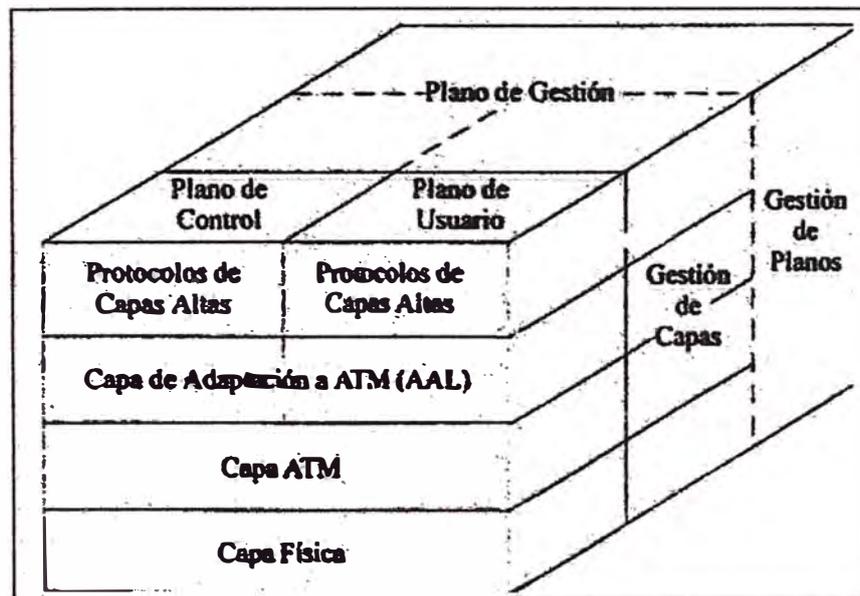


Fig. 1.14: Modelo de referencia para la RDSI-BA basada en ATM

a) **La capa física:** es equivalente a la capa física en OSI, es la encargada del transporte de información. Asimismo ésta se divide en dos subcapas la subcapa medio físico (PM) y convergencia de transmisión (TC).

Entre las funciones de la capa PM destacan las que dependen propiamente del medio (eléctrico, óptico, etc.) como son la recuperación del sincronismo de bit en recepción y las inserción de código de línea en la transmisión.

La subcapa TC es responsable de cinco funciones como se muestra en la Fig. 1.15; la primera es la adaptación de los bits al sistema de transmisión correspondiente, éstos pueden ser SDH, SONET, PDH incluso FDDI.

Esta subcapa también es responsable de la generación y verificación del HEC, dentro de sus funciones permite la delimitación de las celdas y de otro lado permite la detección y corrección de errores en la información de la cabecera de celda.

Finalmente permite insertar en transmisión y eliminar en recepción celdas sin información cuando no hay información útil que transmitir con el objetivo de mantener sincronizado el receptor al nivel correspondiente.

Convergencia	CS	AAL
Segmentación y Re-esamblado	SAR	
Generic Flow Control (GFC) Traducción de Identificadores (VPI/VPI) Multiplexado y Demultiplexado de celdas		ATM
Adaptación/Desadaptación de la tasa de celdas Generación/Verificación del HEC Delimitación de celda Adaptación al formato de la trama del sistema portador Generación /Recuperación de tramas del sistema portador	TC	PHY
Sincronización de bit Medio Físico	PM	

Fig. 1.15: Subcapas y funciones en el modelo de referencia de la RDSI-BA.

b) Capa ATM: es totalmente independiente de la capa física y su funcionalidad se centra a nivel de celda. Las celdas constan de 5 bytes de cabecera y 48 de información. La estructura de cabecera es distinta según se trate del UNI o del NNI, como se ve en la Fig. 1.16 la descripción de los distintos campos es la siguiente:

- **GFC (control de flujo genérico):** Es un campo de 4 bits usado por las funciones de control de flujo y de uso exclusivo en el UNI, permite el control de flujo de celdas que el ET inyecta a la red.
- **VPI (identificador de camino virtual):** Es un campo de 8 bits en el UNI y de 12 bits en el NNI, que identifica el camino virtual al que pertenece la comunicación.
- **VCI (identificador de canal virtual):** Es un campo de 16 bits que identifica al canal virtual al que pertenece la comunicación.
- **PTI (identificador de tipo de carga):** Es un campo de 3 bits que permite distinguir entre celdas de distinto tipo (información de usuario, funciones de gestión, etc.) Este campo también se utiliza para

codificar un indicador de congestión, un conmutador lo usa para indicar su estado a todas las fuentes que atraviesan el mismo.

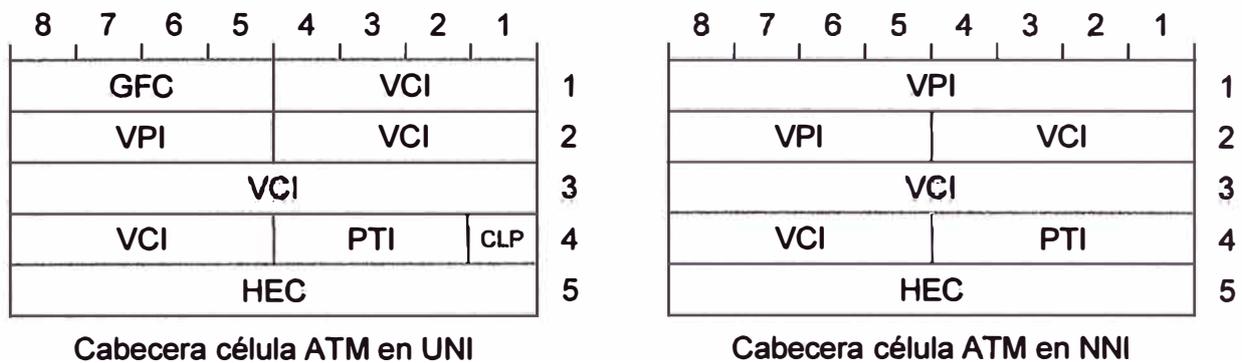


Fig. 1.16: Cabecera celda ATM en UNI y NNI

- **CLP (prioridad de pérdida de celda):** Es un campo de 1 bit y permite diferenciar las celdas normales con (CLP=0) de las celdas con mayor probabilidad de ser descartadas (CLP=1). Este campo usado por el ET permite diferenciar entre tráfico de alta y baja prioridad que son usados por los mecanismos UPC/NPC para marcar aquellas celdas que no son conformes con el tráfico acordado.
- **HEC (control de error de cabecera):** Es un campo de 8 bits que se utiliza para realizar el control únicamente de los 5 bytes de cabecera, la capa física también lo utiliza para la delimitación de celdas.

c) Capa de Adaptación a ATM (AAL): Permite mejorar el servicio ofrecido por la capa ATM y adaptarlo a los protocolos de capas superiores que lo utilizan (protocolos de usuario, señalización y gestión).

Los servicios ofrecidos por la capa ATM se clasificaron de acuerdo a tres parámetros:

- **Relación temporal origen y destino:** Los servicios tradicionales de voz codificada requieren un retardo extremo a extremo lo más pequeño posible, en general los teleservicios denominados de tiempo real (voz y video) requieren una relación temporal entre origen y destino mientras que los teleservicios de datos (comunicación entre ordenadores) no.

- **Tasa Binaria:** Algunos teleservicios ofrecen una tasa binaria constante (CBR) en cambio otros ofrecen una tasa binaria variable (VBR) debido, por ejemplo a realizar una codificación de fuente.
- **Modo de conexión:** Algunos teleservicios son orientados a la conexión y otros son no orientados a la conexión (sin conexión).

Clases de Teleservicios/Aplicaciones	A	B	C	D
Relación Temporal Origen-Destino	Si	Si	No	No
Tasa Binaria	Contante	Variable	Variable	Variable
Modo de Conexión	Orientado Conexión	Orientado Conexión	Orientado Conexión	No Orientado Conexión
Tipo de AAL	1	2	3/4 y 5	5

Fig. 1.17: Definición inicial de tipos de teleservicios y AAL asociados

De acuerdo con la Fig. 1.17, inicialmente se definieron cuatro tipos de teleservicio asociados a un tipo diferente de AAL, posteriormente tanto la definición de teleservicio como la de las AALs evolucionó.

El ATM Forum propone un conjunto de servicios portadores denominados **categorías de servicio** para soportar diferentes tipos de teleservicios, éstos son:

- **Tasa de Bit Constante (CBR).**
Permite soportar el servicio portador de las redes de conmutación de circuitos basadas en TDM mediante la denominada "emulación de circuito". Esta categoría ofrece un retardo de transferencia de celda (CTD) pequeño y constante y por tanto un CDV prácticamente nulo. Apropiado para teleservicios de voz y video.
- **Tasa de Bit Variable para teleservicios en tiempo real (rt-VBR)**
Pensado para teleservicios en tiempo real en el que varía la tasa de emisión con el tiempo, tiene un comportamiento tipo ráfaga , requiere valores ajustados de CDV , puede soportar multiplexación estadística o no. Apropiado para voz y video comprimidos.

- **Tasa de Bit Variable para teleservicios de no tiempo real (nrt-VBR)**

Pensado para teleservicios que no son de tiempo real en los que la fuente es de tipo ráfaga. La aplicación espera un bajo CLR y una cota razonable para el CTD. La red provee indicación de congestión al usuario de esta clase de servicio para que se actúe en consecuencia.

- **Tasa sin Especificar (UBR)**

Pensado para teleservicios que no son de tiempo real y que no requieren valores específicos para el retardo o pérdidas y por tanto la red no garantiza ningún QoS. La red no provee indicación alguna del estado de congestión, ésta se advierte implícitamente por la pérdida de celdas. Apropiado para la comunicación de ordenadores, transferencia de ficheros y correo electrónico.

- **Tasa de Bit Disponible (ABR)**

Para soportar las clases de servicio CBR o VBR garantizando un QoS, la red debe reservar una cierta cantidad de recursos (ancho de banda, etc.). El resto de recursos pueden ser utilizados por otras aplicaciones con requerimientos menos estrictos.

El servicio ABR se caracteriza por que las fuentes están dispuestas a realizar un control de flujo de acuerdo a la información que le suministra la red, es decir que las funciones de gestión de tráfico se realizan, exclusivamente, mediante funciones de bucle cerrado.

El servicio ABR no está pensado para aplicaciones de tiempo real y por tanto no garantiza un CTD determinado. Por tanto si las fuentes adaptan sus tipos de emisión de acuerdo a las indicaciones de la red, entonces pueden esperar un CLR bajo. A este servicio se le denomina "best effort", sin embargo no recupera la información dañada o perdida.

En la fase de establecimiento se debe especificar la tasa de pico de celdas (PCR) y la tasa mínima de celdas (MCR) pudiendo ser ésta última cero, la red ajustará la tasa de emisión de las fuentes entre sus dos tasas, de acuerdo a su carga de tráfico. Es apropiado para los teleservicios que requieran mejor calidad que la ofrecida por UBR.

1.5.6. Estructura de los AALs

Para el soporte de cada una de estas clases de servicio se han desarrollado unos AALs específicos. Como se observa en la Fig. 1.15 la capa AAL se ha dividido en dos subcapas: la subcapa de convergencia (SC) y la subcapa de segmentación y re-ensamblado (SAR), para el caso de las capas AAL3/4 y AAL5 la subcapa de convergencia se ha dividido en dos subcapas más: la subcapa de partes comunes (CPCS) y la subcapa CS específica de servicio (SSCS).

a) **AAL1:** Diseñado para el soporte de aplicaciones de tiempo real con tasa de bits constante, particularmente para los sistemas de transmisión basados en TDM síncrona, que son comunes en las redes de conmutación de circuitos denominados como servicios de "emulación de circuitos".

Los servicios que el AAL1 proporciona a la capa superior son:

- Transferencia y entrega de SDUs (unidad de datos de servicio)
- Transferencia de información de reloj entre fuente y destino.
- Indicación de pérdidas o errores en la información no recuperables por el AAL1, las indicaciones pueden ser; información errónea de usuario, pérdida de reloj, desbordamiento de buffer y buffer vacío son pasadas del plano de usuario al plano de gestión.

Entre las funciones de la **capa SAR** ésta agrega un byte a cada bloque de 47 bytes provenientes de la subcapa CS, para formar la SAR-PDU. En el extremo remoto, la subcapa SAR toma los 48 octetos de la capa ATM y separa la cabecera de los otros 47 bytes. Éstos últimos son pasados a la subcapa CS.

A continuación detallamos los campos de la cabecera de un SAR-PDU compuesta por:

- **CSI (CS indicador):** soporta las funciones de sincronización
- **SN (Número de Secuencia):** consta de 3 bits y permite definir secuencias del 0 al 7 crea una estructura repetitiva de 8 celdas.
- **SNP (Protección de Número de Secuencia)** formado por 4 bits, es capaz de corregir errores simples y detectar errores múltiples en los campos CSI+SN.

En la **subcapa CS** el valor del campo CSI de las celdas impares (1,3,5,7) contiene información que permite sincronizar los enlaces TDM extremos, se envían 4 bits cada 8 celdas. El valor del campo CSI de las celdas pares (0, 2, 4, 6) se utiliza para usar el servicio estructurado.

El servicio estructurado es aquel en que se percibe una secuencia de canales, sólo se transmiten canales activos y es útil para los enlaces Ei utilizados.

La subcapa CS depende de cada servicio concreto, contiene las siguientes funciones:

- Eliminación de la variación de retardo de celda (CDV)
- Manejo del retardo de ensamblado de datos
- El campo de datos en la SAR-PDU puede ser llenado parcialmente por información de usuario, evitando un mayor retardo en el ensamblado.
- 3.-Recuperación del reloj de fuente en recepción.
- El UIT-T recomienda el uso de marca de tiempo residual (RTS), que se encarga de medir y transportar hacia el receptor la diferencia entre la referencia del reloj de la red, común para origen y destino, y el del transmisor.
- Recuperación de la estructura de datos en recepción.
- Mediante un puntero se indican los límites de datos en recepción.
- Monitorización y posibles medidas correctoras sobre pérdidas e inserción de celdas.
- Monitorización y posibles medidas correctoras sobre información de control de protocolos AAL para errores de bit.
- Monitorización y posibles medidas correctoras sobre el campo de información de usuario para errores de bit.

1.5.7. AAL 5

No referenciamos AAL3/4 porque los fabricantes de equipos de usuario consideran que como está recomendado por UIT-T no responde realmente a sus necesidades, en vista que tiene demasiados bytes destinados a cabecera y cola: 4 bytes de 48, además de los 10 bits de CRC para la detección de los segmentos erróneos junto con los 4 bits del número de secuencia para la detección de segmentos mal insertados.

Debido a esto ATM Forum especifico un nuevo tipo de AAL, el AAL 5. Ofreciendo menor gasto en cabecera y cola y mejorando la detección de errores.

Entre las funciones de la **capa SAR** ésta acepta SAR-SDUs variables, aunque siempre en múltiplos de 48 bytes. Para la delimitación de la SAR-SDU utiliza un bit del campo PTI de la cabecera de la celda. Se indica con "0" comienzo o continuación de un CPCS-PDU, mientras que un "1" indica fin de CPCS-PDU.

Para las funciones de la **capa CS**, éstas son las mismas que las ofrecidas por la AAL 3/4, excepto que en la AAL 5 no se indica el tamaño del buffer asignado a la entidad receptora, asimismo en esta capa se maneja completamente el control de errores, mientras que en la capa AAL 3/4 se comparte entre el SAR y el CPCS. A continuación mostramos el formato CPCS-PDU en el AAL 5.

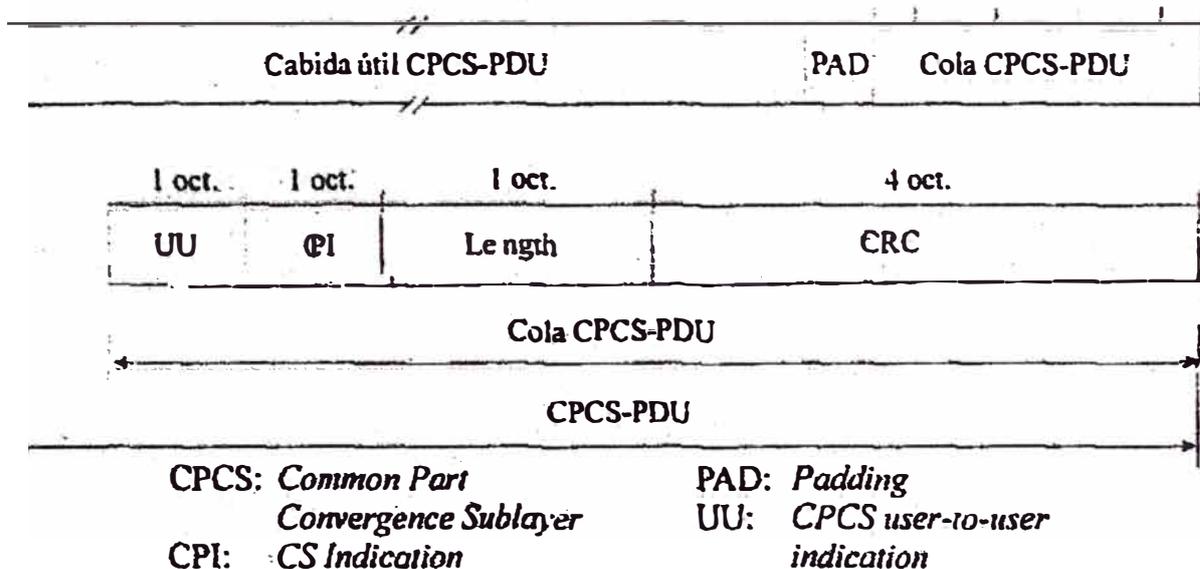


Fig. 1.18: CPCS-PDU en AAL 5

1.5.8. Calidad de Servicio (QoS)

Los parámetros que pueden negociarse sobre la fase de establecimiento, mediante el protocolo de señalización definido sobre el UNI son:

- Retardo de transferencia de celda (CTD): El CTD se define como el tiempo transcurrido entre el evento salida de la celda del punto de partida UNI en la fuente y el evento entrada de la celda en el extremo UNI del

destino. El CTD se computa como la suma de los retardos de propagación y de proceso introducidos por los elementos de la red atravesados por la conexión entre los UNI fuente y destino.

- Variación de retardo de celda de pico a pico (CDV): Se define como la diferencia entre el MaxCTD y el valor fijo CTD. El término pico a pico se refiere a la diferencia entre el mejor y el peor caso CTD según la Fig.1.19

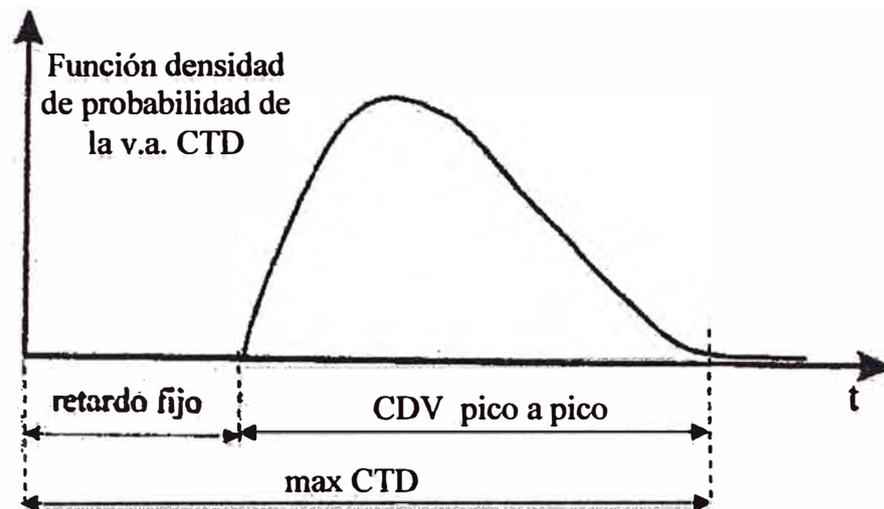


Fig. 1.19: Relación entre las CDV pico a pico y la MaxCTD

- Tasa de pérdida de celdas (CLR): Es la relación entre el número de celdas perdidas y el número total de celdas transmitidas.

Estos parámetros se negocian en cada uno de los sentidos de la conexión. La red se compromete a garantizarlos sólo desde el punto de vista probabilístico.

1.5.9. Contrato de servicio entre usuario y red

El contrato de servicio es un acuerdo explícito por el cual el usuario solicita de la red que se le garantice un objetivo de QoS, y se compromete por su parte a garantizar un perfil de tráfico acorde con el Descriptor de Tráfico de la Fuente, durante el tiempo que dure la conexión. Por su parte la red solicita al usuario que se le garantice el mantenimiento del perfil de tráfico declarado a través del descriptor de tráfico de la fuente y se compromete a garantizar el objetivo de calidad de servicio solicitado por el usuario.

Atributos	Clases		
	CBR	VBR-rt	VBR-nrt
Parámetros de Tráfico			
PCR	X	X	X
SCR	---	X	X
MBS	---	X	X
Parámetros de QoS			
MaxCTD	X	X	—
CDV	X	X	—
CLR	X	X	X

Fig. 1.20: Parámetros de tráfico y QoS por clase de servicio

El gráfico indica que parámetros son necesarios especificar para una determinada clase de conexión.

Las clases de servicio UBR, ABR no se han incluido en la Fig.1.20 puesto que para ellos la red no se compromete a ofrecer garantías absolutas para ningún parámetro QoS.

1.5.10. El protocolo de señalización

La señalización ATM utiliza el método denominado "one-pass", señalización tramo por tramo para el establecimiento de la conexión. Este método es similar al usado en las redes tradicionales con la diferencia que el tiempo de establecimiento es mucho menor.

En el modelo de siete capas esta señalización está basada en la recomendación Q.2931 del UIT-T, residiendo en la capa de red.

De forma simplificada cuando un terminal origen desea establecer una conexión envía un mensaje *setup* a través de la interface UNI. Este mensaje contiene varios elementos de información que definen el tipo de conexión deseada, los más destacables son:

- a) Tasa de celdas de usuario: Especifica el ancho de banda deseado en celdas por segundo, si la comunicación es bidireccional describe los anchos de banda tanto para la ida como la vuelta pudiendo ser distintas.

- b) Selección del servicio portador: Define la clase de servicio deseada.
- c) Información para las capas superiores e inferiores: Especifica información necesaria para que la entidad direccionada realice una verificación de compatibilidad.
- d) Números y subdirecciones de los terminales que intervienen en la conexión
- e) Calidad de servicio.
- f) Selección de la red de tránsito.

El primer conmutador de ingreso en la red responde con un mensaje *Call_Proceeding* reconociendo el mensaje *Setup*. Este mensaje contiene el identificador de conexión que notifica al terminal del canal virtual (VPI/VCI) que se le ha reservado.

El conmutador de salida enviará un mensaje de *Setup* al terminal destino a través de la UNI. Si el terminal acepta la llamada devuelve el mensaje *Connect* hacia su conmutador. Éste responde con un mensaje de *Connect_Acknowledge* y pasa el mensaje *Connect* hacia el terminal origen. El terminal origen debe reconocer la recepción con un mensaje *Connect_Acknowledge* , a partir de este momento cualquiera de los terminales puede comenzar la transferencia de la información.

El protocolo de señalización usado entre conmutadores a través de la interface B-ICI es conocido como BISUP.

Si el terminal de destino rechaza la llamada debe devolver al origen el mensaje *Release* ,el cual irá liberando los recursos reservados, también este mensaje se utiliza para que cualquiera de los terminales pueda liberar una conexión, el otro terminal reconocerá este mensaje con un *Release_Complete*.

1.5.11. Direccionamiento

Cualquier protocolo de señalización necesita un esquema de direccionamiento que le permita identificar los terminales origen destino que participan en la conexión.

La UIT-T ha estandarizado un sistema de direccionamiento para la RDSI-BA pública basada en la recomendación E.164, que son las utilizadas por el plan de numeración telefónico tradicional.

Para direcciones de red privada el ATM Forum ha definido 3 formatos de direcciones NSAP de 20 bytes.

CAPÍTULO II

EQUIPAMIENTO DE RED, DSLAM ATM & IP

2.1. Equipos de la Red ADSL

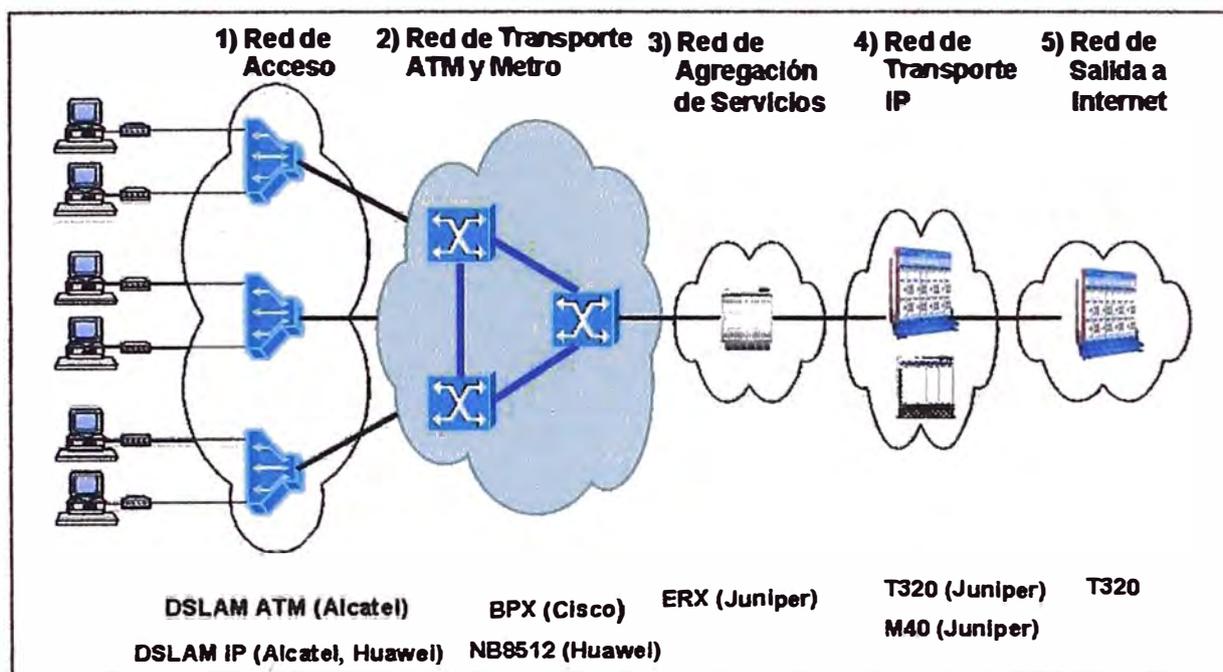


Fig. 2.1: Diagrama de la Red ADSL

Toda la descripción de equipos va a ser enfocada tomando como referencia el servicio Speedy.

La Red ADSL está compuesta por:

- a) La Red de Acceso: Está compuesta por DSLAMs ATM o DSLAMs IP de diversas marcas como Alcatel , Huawei etc.
- b) La Red de Transporte: ATM, Metro etc. Conformada por switches ATM o switches Metro; para el caso de Cisco (BPX), para Huawei (NB8505, NB8512).
- c) La Red de Agregación de Servicios: Conformada por Agregadores de servicios, para el caso ERX Juniper.
- d) La Red de transporte IP: Conformada por Routers de Core, del proveedor Juniper con modelos M40, T320.
- e) La Red de Salida a Internet: Conformada por los Routers de Interconexión, con el modelo T320 del proveedor Juniper.

- f) Los módems ADSL cuyos proveedores son: 3COM, Alcatel, Cisco, D-Link Zyxel etc.
- g) El módem ADSL puede trabajar con diferentes interfaces tales como: RJ11 para conectar la línea ADSL., interfaces Ethernet para conectar los equipos directamente o bien subredes de comunicación a través de un hub, switch etc., interfaces para puertos USB, el cual permite conectar normalmente un solo equipo al módem, finalmente las interfaces de tipo inalámbricas.

Considerando que la red de acceso detalla al Dslam en el próximo ítem, detallamos la red de transporte.

2.1.1. Red de Transporte

Los conmutadores de Paquetes de Banda Ancha (BPX), son switches ATM que envían y reciben celdas a través de la red. Todo tráfico que ingresa a este conmutador ya está en formato de celdas. Debido a la longitud fija de las celdas, no requieren de un proceso adicional para asignación de memoria.

Debido a la capacidad de la red para asignar dinámicamente ancho de banda (BW) por demanda, las celdas son encoladas según el tipo de tráfico. Para prevenir posibles pérdidas de datos, el BW es asignado basándose en un mínimo de requisitos para cada conexión cuando el tráfico es ruteado a través de la red.

a) El BPX soporta una variedad de tráfico en circuitos virtuales permanentes (PVCs) y este es conocido como una conexión en el BPX siguiendo la siguiente estructura:

Slot. Puerto. VPI. VCI: Los dos primeros definidos físicamente y los dos últimos de manera lógica. Cada conexión es definida con una clase de servicio en particular, ejemplo: UBR, nrt-VBR, etc.

FROM	Remote NodeName	Remote Channel	State	Type	Route Avoid COS 0
1.1.94.101	WASHBPX2	2.3.1.101	Ok	ubr	
1.1.94.103	WASHBPX2	2.3.1.103	Ok	ubr	
1.1.94.104	WASHBPX2	2.3.1.104	Ok	ubr	
1.1.94.105	WASHBPX2	2.3.1.105	Ok	ubr	
1.1.94.106	WASHBPX2	2.3.1.106	Ok	ubr	
1.1.94.107	WASHBPX2	2.3.1.107	Ok	ubr	
1.1.94.108	WASHBPX2	2.3.1.108	Ok	ubr	
1.1.94.109	WASHBPX2	2.3.1.109	Ok	ubr	
1.1.94.110	WASHBPX2	2.3.1.110	Ok	ubr	
1.1.94.111	WASHBPX2	2.3.1.111	Ok	ubr	
1.1.94.112	WASHBPX2	2.3.1.112	Ok	ubr	
1.1.94.113	WASHBPX2	2.3.1.113	Ok	ubr	
1.1.94.114	WASHBPX2	2.3.1.114	Ok	ubr	

Last Command: dspcons 1.1.94.101

Next Command: █

MAJOR ALARM

Fig. 2.2: Mapeo de usuarios en un BPX

En la Fig. 2.2 observamos algunas conexiones de usuarios existentes en el BPX-2 de Washington (puerto 1.1) el VPI es 94 para las conexiones con VCI desde 101 hasta 114.

b) El Switch Metro: Habitualmente una Red Metro es una arquitectura destinada a suministrar servicios de conectividad de redes WAN a nivel de enlace (OSI capa 2). Soporta una amplia variedad de servicios, aplicaciones y mecanismos que incluyen los de tiempo real, multimedia bajo demanda y flujo de datos continuo (audio y video).

Entre sus beneficios tenemos:

- **Facilidad de uso:** la interconexión de redes mediante esta arquitectura simplifica las operaciones de red y la administración.
- **Costo efectividad:** Interfaces Ethernet de costo menor.
- **Ancho de banda:** Permite acceder a conexiones de banda ancha.
- **Flexibilidad:** Manipulación de una manera más dinámica y eficiente.

Los Switches Metro conforman una red de tipo Banda Ancha para brindar servicios de valor agregado y aplicaciones de demanda masiva a múltiples puntos empleando VLANs.

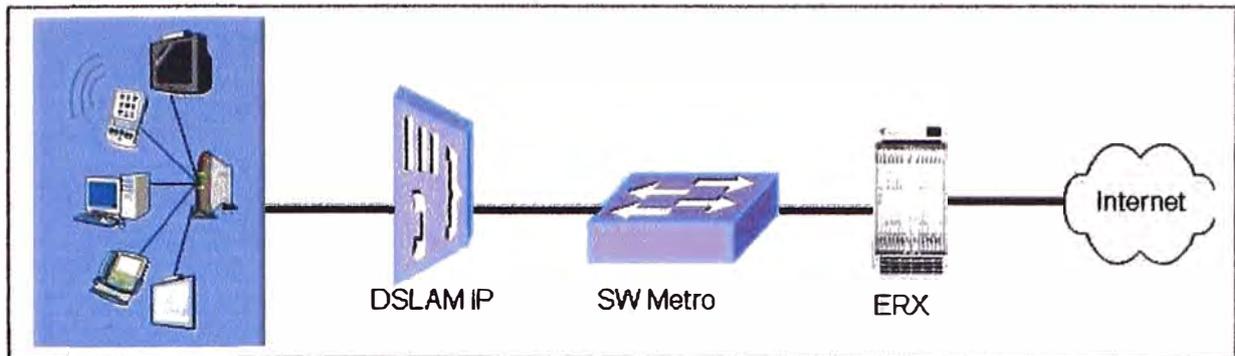


Fig. 2.3: Equipamiento de la Red de Transporte Metro

c) El ERX: Es un router de agregación para solucionar las necesidades de enrutamiento en el borde de la red. Provee la habilidad de desplegar múltiples servicios de borde desde una sola plataforma.

Esta unidad provee soportes a servicios IP de valor agregado como VPNs, QoS, y MPLS.

Posee diferentes tipos de interfaces:

- Interfaces POS para la comunicación y envío de tráfico IP (capacidades STM-1, STM-4).
- Interfaces ATM para el tráfico de usuarios con tipo de encapsulado PPPoA (capacidad STM-1).
- Interfaces Ethernet para el tráfico de usuarios con tipo de encapsulado PPPoE y para el envío de tráfico IP (capacidad GigaEthernet).

El ERX maneja protocolos de comunicación para intercambiar sus tablas de rutas con otros routers : BGP , empleado en Internet y OSPF, empleado en el core.

Finalmente maneja pool de direcciones IP públicas, las cuales asignará dinámicamente a los usuarios autenticados con el servicio masivo.

d) M40: Son routers de core de altas prestaciones, maneja protocolos de ruteo como OSPF. Ofrece capacidad de procesamiento de 40Gbps. Posee interfaces GigaEthernet, POS (STM-1, STM-4, STM-16). Es considerada como parte de la Red de Transporte IP.

e) T320: Son Tera routers de Plataforma de Core,, maneja protocolos de ruteo como OSPF , BGP. Ofrece capacidad de procesamiento de 320Gbps, es parte de la red de Transporte IP. Del servicio masivo.

2.2. Dslam ATM-ASAM

El multiplexor de accesos DSL (DSLAM), surge para dar solución al par de módems que exigía la tecnología de acceso ADSL en las centrales locales donde estaba conectado el bucle de abonado.

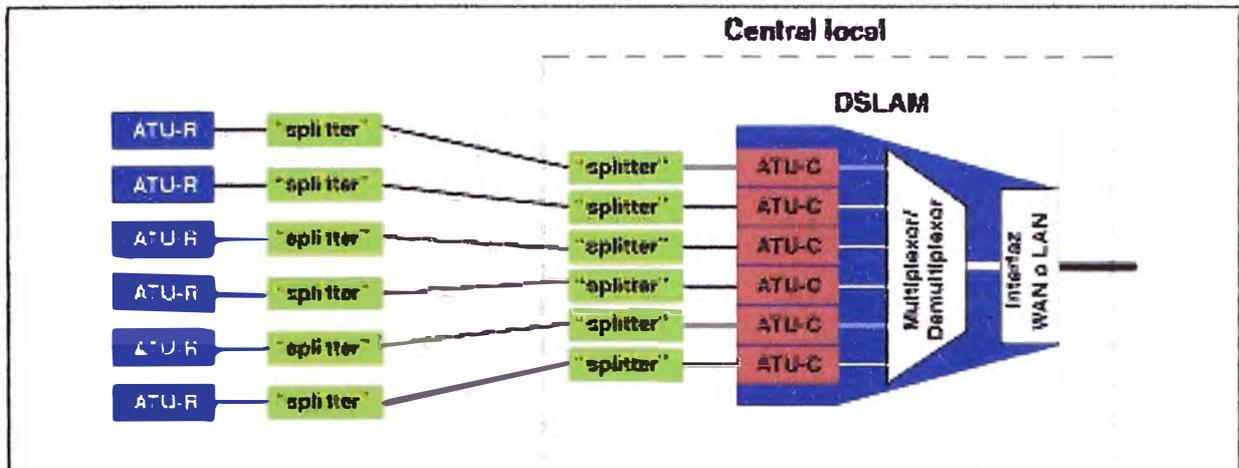


Fig. 2.4: DSLAM ATM

El DSLAM consiste en un armario que contiene varios módems ATU-C (unidad terminal ADSL central) y que concentra todo el tráfico de los abonados del ADSL hacia Internet.

El Gestor de Accesos a Servicios Avanzados (ASAM) es un tipo de DSLAM con un núcleo ATM y realiza la agregación del tráfico de todas las líneas de acceso xDSL. La línea de acceso ADSL es empleada para el transporte de celdas ATM, proporcionándole al usuario una conexión ATM desde su módem hasta el Proveedor de Servicios de Internet.

Cada conexión ATM es identificada por su PVC o circuito virtual permanente el cual sólo tiene importancia local,

Dos categorías de servicios son actualmente soportadas en el ASAM: la Tasa de bits constante (CBR) y la Tasa de bits no especificada (UBR).

Los tipos de ASAM que se manejan son los 7300 y los 7301.

En la Fig. 2.5., observamos como el ASAM une la información de voz y datos la cual es transmitida hacia el usuario, el splitter se encargará de separar la información de voz de los datos.

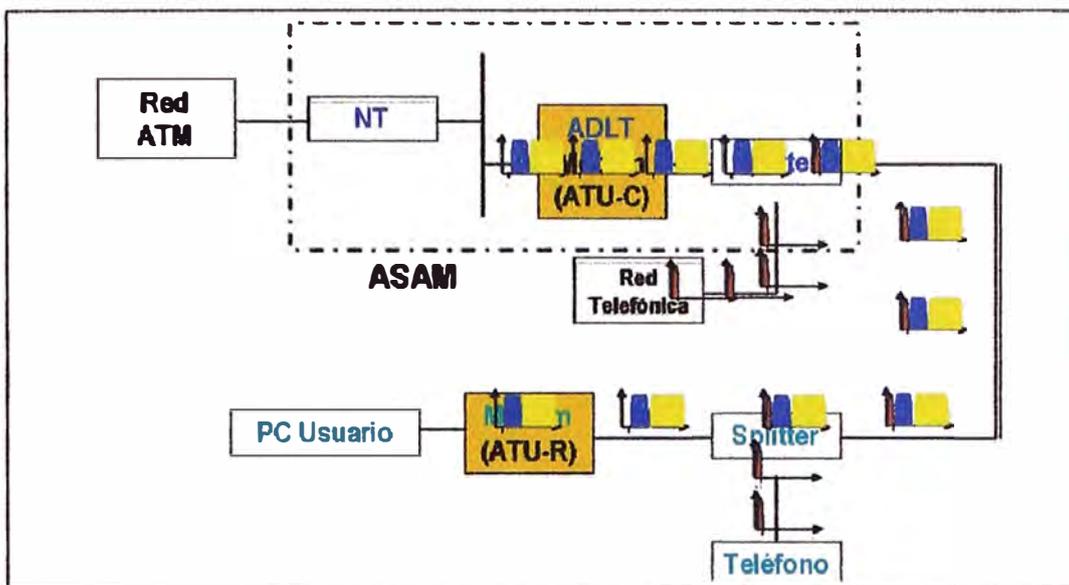


Fig. 2.5: Control V+D en la Red de Acceso

El ASAM realiza funciones de multiplexaje y demultiplexaje de celdas ATM, así como también de terminación de red y Splitter para voz.

El ASAM puede conectarse directamente tanto a líneas ADSL como a otros DSLAs, los cuales se denominan DSLAMs subtendidos.

En la siguiente Fig. 2.6, se puede apreciar las interfaces de red que soportan pueden ser STM-1, E3 o E1y para los subtendidos E1 o E3.

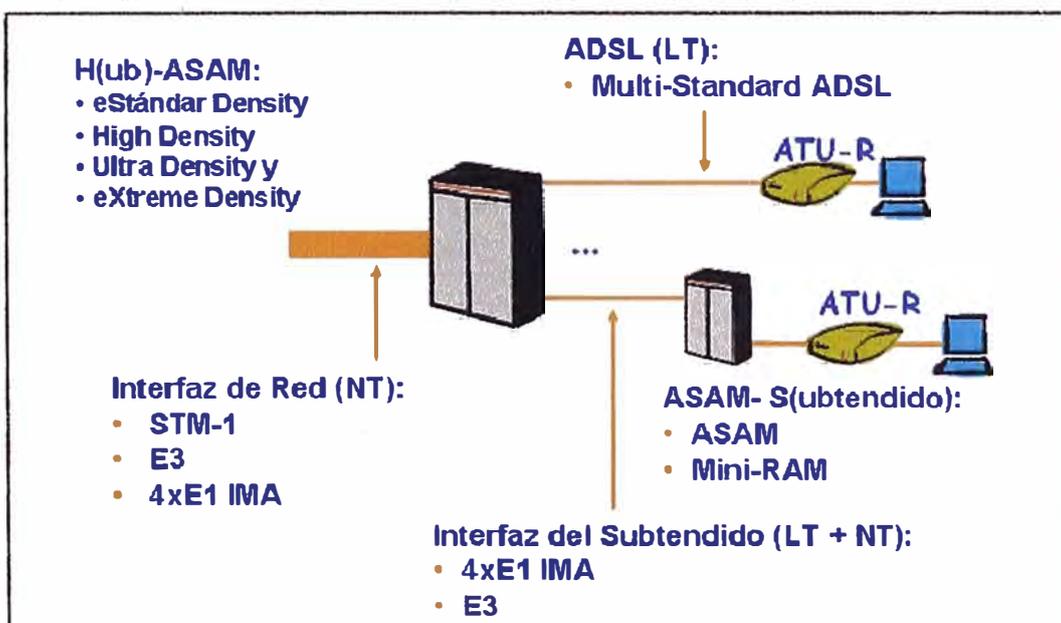


Fig. 2.6: Control de DSLAM subtendido de ASAM

2.3. Hardware y Descripción de Tarjetas (ASAM)

En la Fig. 2.7, a continuación haremos una descripción del diagrama de bloques del ASAM 7300, en la misma representamos su arquitectura interna.

- La tarjeta **NT** (terminación de la línea de Red) es la parte principal del sistema pues administra el software de todas las tarjetas del ASAM.
- Las tarjetas **ADLT** son las tarjetas de abonado y contienen los módems.
- **LPF**- son los filtros pasa bajo.
- La tarjeta **AACU**- es la unidad de control de alarmas, gestiona las alarmas de ASAM.
- Todas las tarjetas se conectan al bus IQ, el control y la comunicación de datos entre la NT y las tarjetas ADLT es posible gracias al bus IQ, la capacidad del bus IQ es de 155Mbps en total.
- La tarjeta **ADSE** – Interface de extensión serial, permite extender el bus IQ a fin de ampliar la capacidad del ASAM.
- La tarjeta **E1LT** – permite la conexión con otros DSLAM mediante enlaces E1.

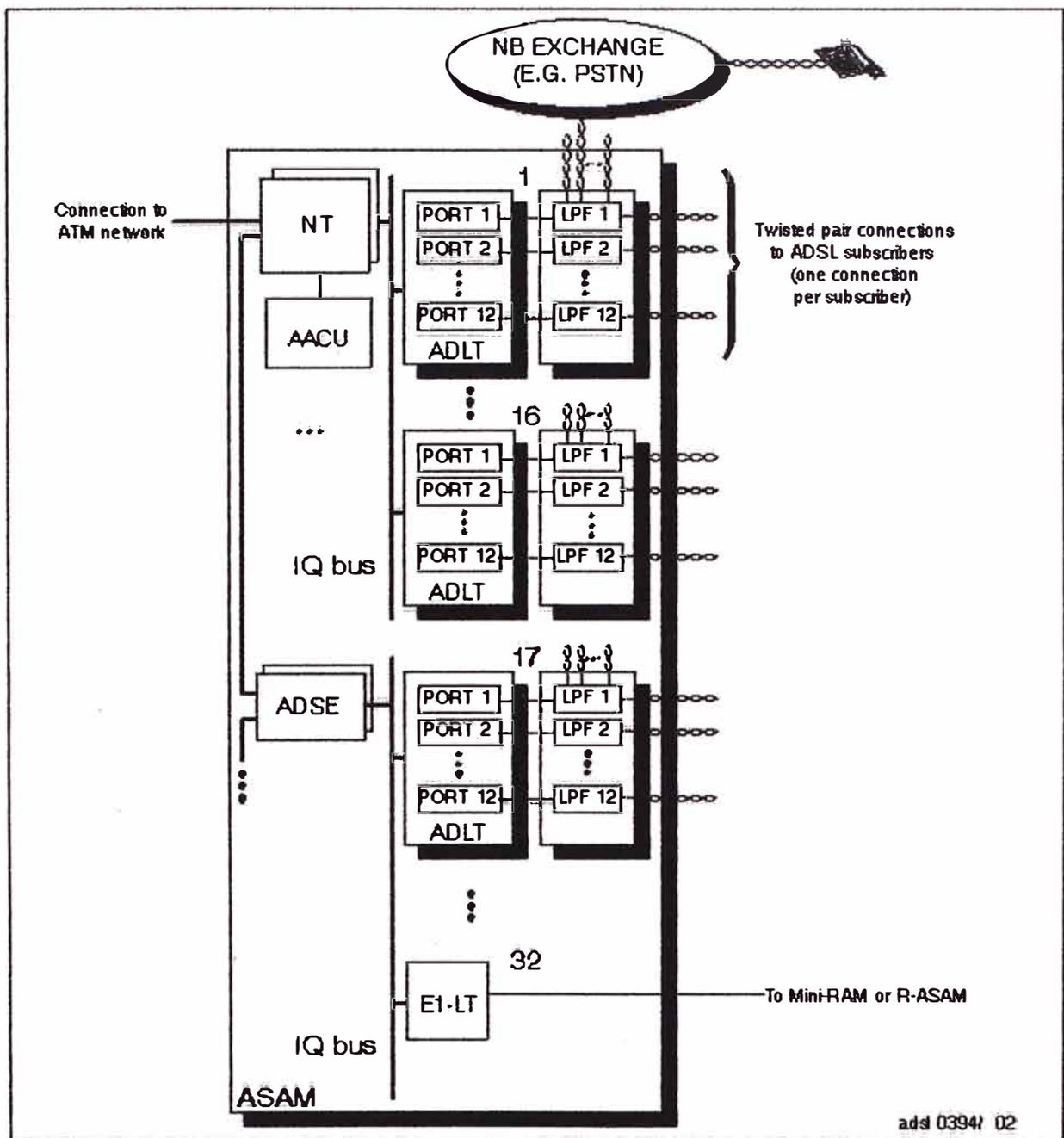


Fig. 2.7: Diagrama de bloques ASAM 7300

La organización modular del ASAM permite una amplia gama de tamaños físicos y opciones de capacidad de tráfico. Los bloques básicos del ASAM son los subracks o repisas. Habitualmente cada repisa se diferencia una de otra por manejar tarjetas de diferente densidad de abonados; las mismas que pueden manejar desde 6, 12, 24 y 48 usuarios.

La arquitectura básica de los bastidores standard es la que se muestra en la Fig. 2.8.

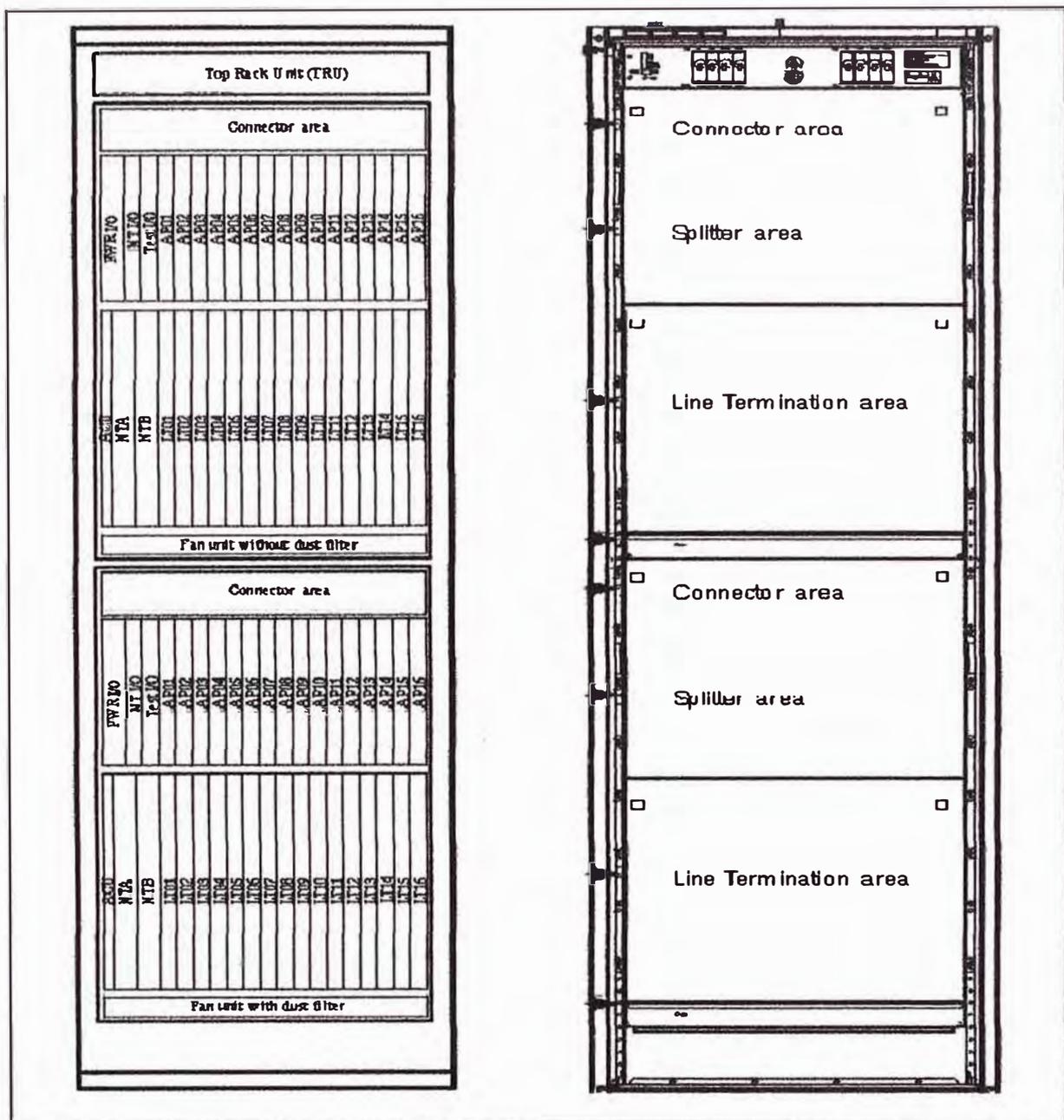


Fig. 2.8: Distribución de repisas en ASAM 7300

La unidad superior del rack permite provisionar el cableado de alimentación, fusible, interruptores, indicador de alarmas etc.

Soporta sólo 2 subracks dentro de un bastidor de 2.2 metros. de altura.

Los sistemas contienen unidades de ventiladores diseñados para mantener una temperatura constante evitando el sobrecalentamiento de las tarjetas.

a) Tarjeta NT

La tarjeta de terminación de red provee una interfaz de transporte entre el ASAM y la red de transporte ATM, realiza la adaptación de las celdas ATM transportadas sobre el bus IQ al sistema de transmisión digital y viceversa.

El tipo de transporte es determinado por la tarjeta NT, Provee los datos al subrack principal y a los extendidos. Las distintas versiones soportan sistemas de transporte SDH, SONET, E3 y tasas de nxE1.

La tarjeta NT administra el software de todas las tarjetas así como también la configuración y fallas. Administra el tráfico interno ATM entre terminales de línea (ADLT).

Provee una interfaz a la tarjeta ADSE. Provee funciones necesarias para la operación y mantenimiento del ASAM, incluyendo interfaz local y alarmas locales.

Los tipos de tarjeta NT son:

- SANT: Interfaz STM-1 hacia la red ATM
- E3NT: Interfaz E3 hacia la red ATM
- E1NT: Hasta 4 interfaces E1 hacia la red ATM, utilizando la multiplexación inversa ATM (IMA).

El **DSLAM subtendido**, se denomina a un ASAM remoto que se conecta a un ASAM que está directamente conectado a la red ATM. Son utilizados para localidades remotas con un número bajo de usuarios, usualmente emplean enlaces E1 o E3.

En la siguiente Fig. 2.9, podemos ver el detalle del DSLAM subtendido, los enlaces E1 se conectan entre las tarjetas E1LC del ASAM y el E1NC del DSLAM subtendido.

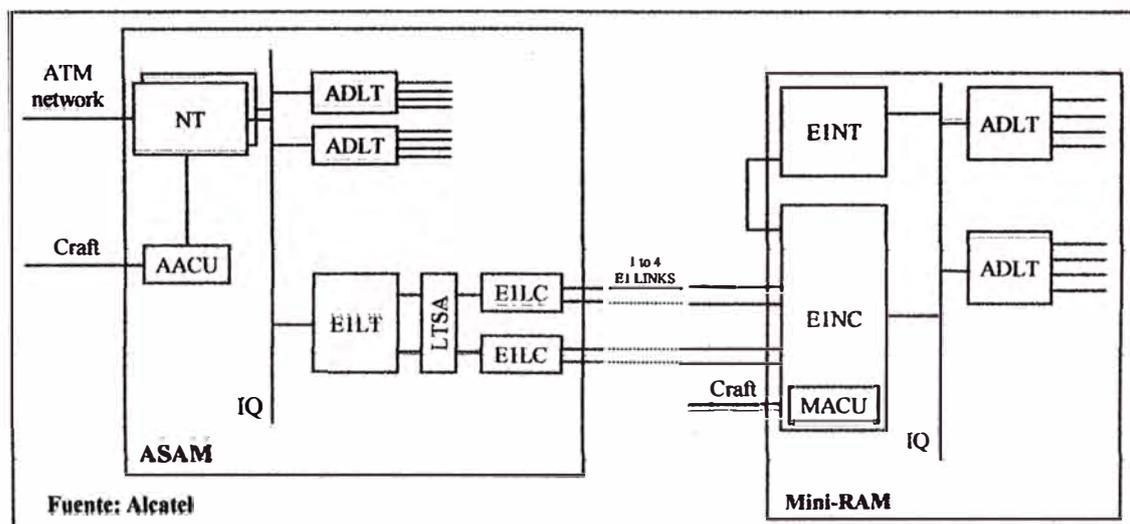


Fig. 2.9: Conexión de DSLAM subtendido de un ASAM

b) Tarjeta Power:

Provee alimentación al subrack, al panel de alarmas y la unidad de ventilación, se instala una por subrack y se conectan en serie vía cable externo. La tarjeta es aterrada a través de un conector en el backplane del ventilador.

c) Tarjeta ADLT:

La tarjeta de terminación de línea ADSL, en sus diferentes versiones contiene un número independiente de terminaciones de línea, dando soporte de tráfico de datos a todas ellas.

Cada terminación de línea permite un acceso bidireccional a un cliente sobre un par de cobre, el cual puede ser utilizado para el servicio POTS.

En el lado de la central, la tarjeta ADLT se conecta a la unidad NT vía un bus IQ.

Esta tarjeta provee el acceso a la red de transporte basada en celdas ATM.

La tarjeta ADLT puede ocupar cualquiera de las ranuras LT de una repisa dentro del ASAM. Puede ser insertada o extraída con el equipo funcionando y su rango de operación de temperatura va de 40°C a 85°C.

d) Tarjeta PSPC

La tarjeta Filtro pasa bajos para la Oficina Central, permite el paso de la señal POTS y rechaza la señal de ADSL.

La tarjeta PSPC sólo contiene filtros pasa bajos (LPF), el filtro pasa altos está ubicado en la tarjeta ADLT.

e) Tarjeta E1LT

Esta tarjeta provee una terminación de línea en un subrack.

En el lado upstream, la E1LT se conecta a una unidad NT vía el bus IQ. La E1LT adapta las celdas ATM sobre el bus IQ hacia y provenientes de un sistema de transmisión digital E1.

En el lado downstream, la E1LT provee el acceso eléctrico de hasta 4 interfaces a una velocidad de 2.048 Mbps en ambas direcciones. Estas interfaces son conectadas de una hasta cuatro ASAM-remotos o Minidslams.

La tarjeta E1LC es requerida como interfaz hacia el medio físico. La tarjeta E1LT opera en el modo Multiplexaje Inverso para ATM (IMA), donde las señales E1 son agrupadas. Desde uno hasta cuatro enlaces E1 son conectados hacia la unidad E1NT del mismo ASAM remoto.

f) Tarjeta ADSE

La interface extensora serial, permite la extensión de subracks que contienen la tarjeta ADSE hacia el subrack principal (aquel que contiene la NT), con un

En la dirección upstream Los datos son soportados hasta velocidades de 8.192 Mbps y los datos que vienen del bus IQ se distribuyen sobre cuatro puertos E1 y transmitidos usando IMA.

La tarjeta E1NT es insertada en la ranura que corresponde a las tarjetas NT.

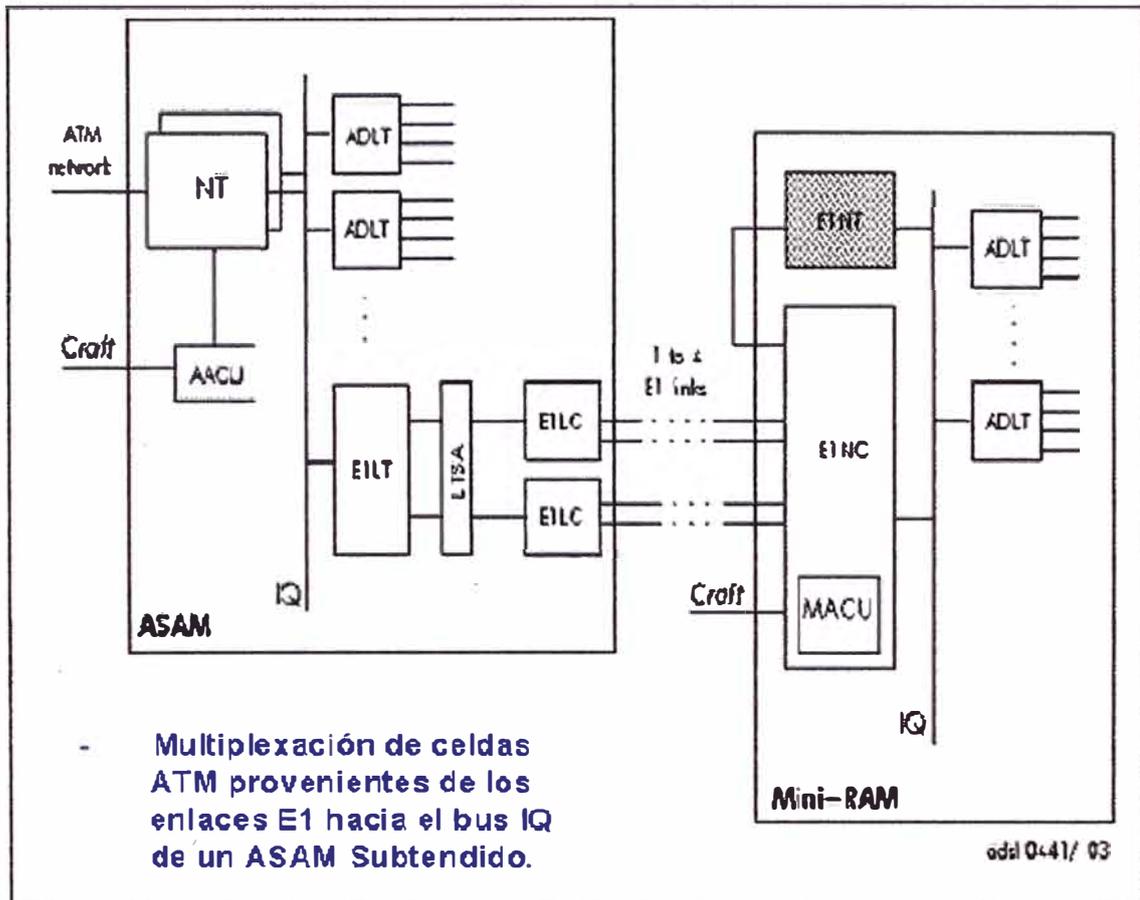


Fig. 2.10: Disposición de tarjeta E1NT

j) Tarjeta E1NC

Provee la conexión eléctrica entre una tarjeta E1NT y desde uno hasta cuatro enlaces E1 hacia el ASAM cabecera. Conocida como la soporte física hacia la E1NT.

k) Multi-ADSL

La tarjeta ABLT (terminación de línea multi-ADSL), contiene un número independiente de terminaciones que permite brindar servicios MultiADSL.

Soportan los siguientes modos de operación ADSL:

- READSL; ADSL2 de alcance extendido, aumenta el alcance de la señal gracias a una mejora de la comunicación con módems distantes.

máximo de 11 subracks adicionales. Extiende el bus IQ hacia los siguientes subracks.

En la ADSE el conector superior conecta la ADSE con la ADSE del subrack anterior, y el conector inferior con la ADSE del siguiente subrack.

El bus IQ y la señal de la tarjeta ACU son terminadas y regeneradas para que circulen localmente en el backplane.

g) Tarjeta AACU

La tarjeta unidad de control de alarmas ADSL es requerida en cada bastidor que contenga una tarjeta NT. Provee la interfaz de usuario a través del puerto Craft Terminal.

Este puerto ubicado en la parte frontal es un conector DB9-hembra, configurado como (equipo de comunicación de datos) DCE, para comunicarse con un equipo terminal de datos DTE de características asíncronas (9600,8,n,1).

Maneja la entrada y salida de información de alarmas a través de un conector hacia el panel frontal de alarmas (TRU). Provee indicación de alarmas visuales por medio de LEDs.

Provee un puerto Ethernet para propósitos de gestión fuera de banda, se instala una por ASAM.

h) Tarjeta E1LC

Provee la combinación de líneas desde una cabecera ASAM hacia los ASAM subtendidos remotos. Provee conexión eléctrica entre una tarjeta E1LT y uno o cuatro enlaces hacia los enlaces ASAMs subtendidos.

Adaptación hacia el medio físico a nivel de E1. Por ejemplo: 120Ω o 75Ω. Panel frontal de acceso hacia los 4 enlaces vía conectores RJ45 (120Ω) u 8 conectores minicoaxiales (75Ω). La tarjeta se inserta en el área de sus splitters de su correspondiente E1LT.

i) Tarjeta E1NT

Provee la terminación de red con enlaces E1. Una tarjeta E1NT es interfaz de uno hasta cuatro puertos E1 usando el modo de multiplexación inversa para ATM (IMA).

Multiplexación de celdas ATM provenientes de los enlaces E1 hacia el bus IQ de una ASAM subtendido. Una tarjeta E1NT puede actuar como interfaz de varias repisas ALTS.

En la dirección downstream, los datos entrantes en el puerto E1 son ensamblados en una simple cadena de datos de 2.048 hasta 8.192 Mbps y subsecuentemente transmitidos sobre el bus IQ.

- ADSL2+; Ofrece una mayor protección frente a las interferencias y la atenuación de la señal que se produce en el recorrido de los datos Permite alcanzar velocidades de 24Mbps de descarga.

2.4. Dslam IP

Los DSLAM IP o Ethernet ofrecen ventajas sobre tecnologías tradicionales como el aumento de eficacia, velocidades más rápidas, y gestión mejorada. Por ejemplo reducen la complejidad de conversión de formatos de datos, solucionan problemas de congestión de tráfico con alta velocidad, tecnología de conmutación Ethernet anti-bloqueo, y proporcionan un buen mecanismo para aplicaciones multicast de video.

Para el caso de Alcatel los ISAM (Gestor de Accesos a Servicios Inteligentes), son multiplexores de accesos DSL basados en Ethernet. Diseñado para responder a las exigencias que demandan mayor ancho de banda como difusión de TV o VoD.

Los DSLAM IP son equipos diseñados para proveedores de servicio que deseen implementar internet, video y voz sobre cobre así como servicios internet de empresa y acceso corporativo para PYMEs. Permiten únicamente agregación Ethernet de modo que no ofrece ninguna conectividad de red ATM.

En resumen un DSLAM IP representa un DSLAM con funciones IP/Eth que tiene interfaces con una red de agregación Ethernet.

Diferencias entre DSLAM ATM y DSLAM IP.

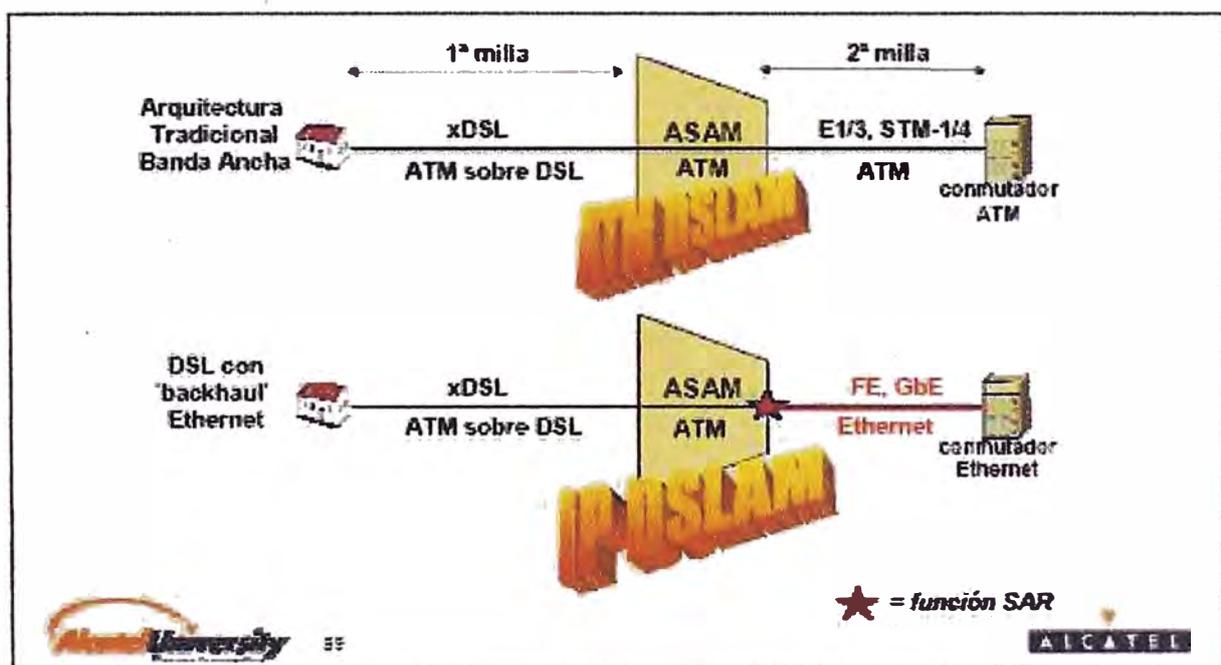
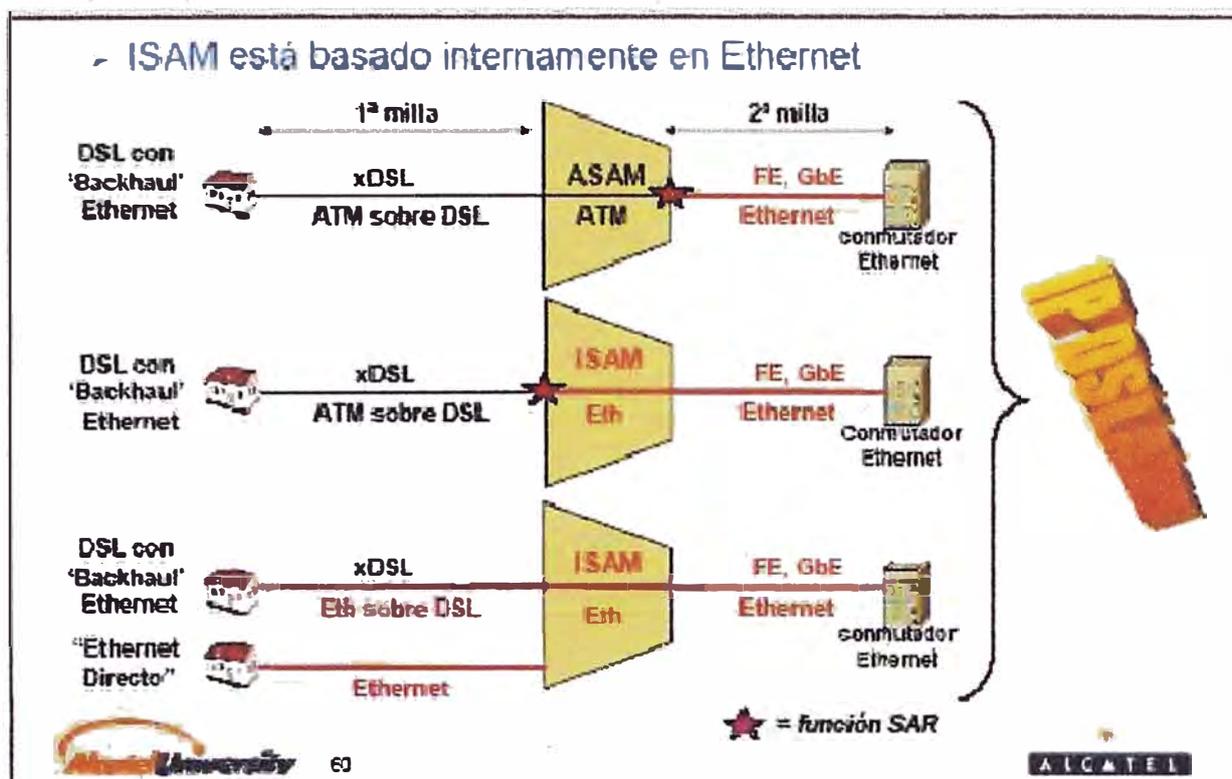


Fig. 2.11: Diferencias entre DSLAM ATM y DSLAM IP

Las eventuales interpretaciones de un DSLAM IP (ISAM) frente al DSLAM (ASAM).son mostradas en la siguiente Fig.2.12.



Fi. 2.12: Interpretaciones de un DSLAM IP

En la primera opción se observa un DSLAM ATM con función de interoperabilidad ATM/Ethernet en la interfaz troncal. En este caso el tráfico de usuario final permanece encapsulado en ATM hasta el punto en que el tráfico sea agregado para enviarlo a la red.

La segunda opción muestra la función de interoperabilidad ATM/Ethernet ya no en la interfaz troncal sino en el lado de la terminación de línea xDSL, en este caso el tráfico de usuario desencapsula ATM cuando entra al DSLAM, luego el DSLAM lo procesa internamente como tráfico Ethernet.

Finalmente la última opción muestra un DSLAM basado en un núcleo de conmutación Ethernet, además de poseer la capacidad de terminar interfaces de acceso basadas en Ethernet.

A continuación por cortesía de Alcatel mostramos la arquitectura de un DSLAM IP de Alcatel.

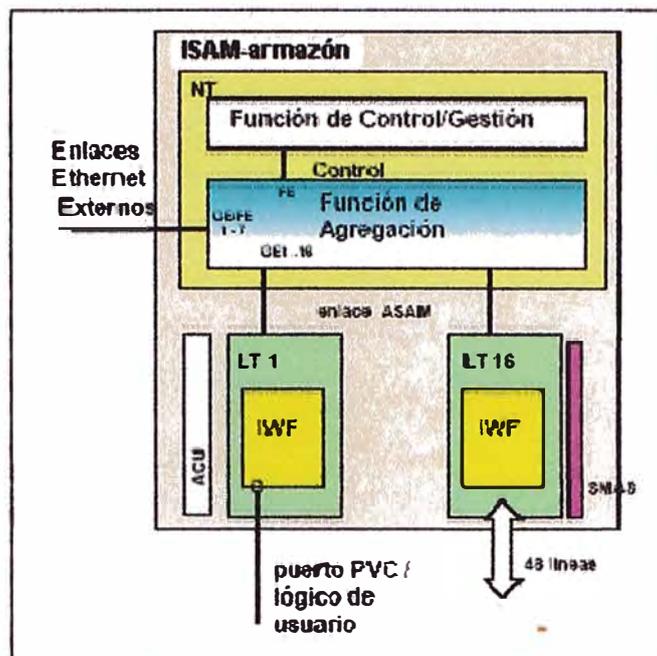


Fig. 2.13: Arquitectura de un ISAM

Similarmente a la arquitectura del DSLAM ATM, el DSLAM IP mantiene una tarjeta de tipo LT con capacidad de añadir/eliminar la capa ATM/AAL., esta tarjeta termina físicamente la parte DSL.

En la tarjeta terminadora de red (NT) la función de agregación se compone de una matriz de conmutación de 24Gbps, que usualmente se denomina hub de servicio, entrega 1Gb/s a cada tarjeta LT y ofrece 7 enlaces Gigabit Ethernet ascendentes. En esta tarjeta existe un interfaz de conversión de medios para el caso que los enlaces externos requieran usar interfaces ópticas.

La función de Control y Gestión es necesaria para efectos de operación y mantenimiento, información de inventario remoto y gestión de armazón.

La tarjeta ACU (Unidad de Control de Alarmas) es indispensable en cada DSLAM IP, resumiendo sus funciones; recoge alarmas de equipo enviándolas a la NT, alarmas de ventilador, fusible, alimentación y externas configurables por el cliente. Contiene el puerto de gestión local a través de un conector DB9 al cual se accede de manera asíncrona.

Entre los DSLAM IP Alcatel y Huawei existen algunas diferencias rescatables sobre todo para efectos de mantenimiento, como el hecho de que la tarjeta de línea del

segundo contiene un mecanismo de protección conocido como CHIPSET, el cual protege la tarjeta contra inducciones en la línea, habitualmente cada chipset protege 8 puertos ADSL, luego en cada tarjeta de línea de 48 usuarios encontraremos 6 chipset.

2.5. Configuración, Gestión Local y Remota

2.5.1. Gestión Dslam ATM

Utiliza un protocolo de comunicaciones de alto nivel de la familia de los lenguajes hombre-máquina para manejar elementos de red (NE).

El protocolo TL1 (Lenguaje de operación 1), tiene como ventajas; proveer una interfaz de línea de comandos estándar (CLI) para administrar los elementos de red. Permite la notificación de alarmas y eventos, soportando dos tipos básicos de mensajes que son usados para comunicar eventos importantes y notificar alarmas en los equipos.

Los mensajes TL1 son codificados en texto plano, lo que permite leerlos fácilmente sin necesidad de analizadores de protocolo.

Finalmente consumen poca memoria y permiten el seguimiento de eventos al poseer identificadores en los mensajes llamados etiquetas de alarmas de correlación.

El lenguaje TL1 tiene cuatro clases de mensaje; mensaje de entrada, mensaje de salida/respuesta, mensaje de reconocimiento y mensaje autónomo.

Ejemplos de comandos al DSLAM.

RTRV-EQPT::ALL::; (mensaje de entrada o comando)

IP 0 (mensaje de reconocimiento o acuse de recibo)

SURQUILLO 06-03-22 17:40:30 (mensaje de salida o respuesta)

M 0 COMPLD

/*RTRV-EQPT::ALL::*/

"NTA:E3NT-C,E3NT-

C:SWVER=\\GFDRAA4.139\\",CURSWVER=\\GFDRAA4.139\\":IS-NR,"

"SHELF-1-1:ALTS-F,ALTS-F::,"

"ACU-1-1:AACU-C,AACU-C::IS-NR,"

"LT-1-1-3:E1LT-B,E1LT-B::IS-NR"

Los mensajes de entrada pueden ser enviados por el sistema gestor de red (AWS) a través de una interface gráfica o vía una interface de línea de comandos (CLI).

2.5.2. Códigos de Comando

Son la parte del mensaje de entrada que define la naturaleza de la tarea que será ejecutada en el NE, también conocido como VMM (Verbo-modificador-modificador).

- a) **El verbo.**- Indica el tipo de acción que será ejecutada en el NE para el caso de los mensajes de entrada, o el tipo de evento ocurrido en el NE para el caso de los mensajes autónomos.
- b) **Modificador.**- Son atributos opcionales en el mensaje de entrada, dependen de la complejidad del mensaje, uno o dos modificadores son usados para identificar y describir el objeto en el NE, sobre el cual el verbo del mensaje será ejecutado. Según ejemplo:

- **RTRV-ALM-EQPT.**-El verbo RTRV indica que se muestren las alarmas de equipamiento del elemento de red, empleando los modificadores ALM, EQPT.
- **Bloques de estado.**- Son la parte del mensaje que ayuda a identificar el recurso exacto en el elemento de red, que es donde se ejecutará la acción del comando. Tiene el siguiente formato:

[TID]:[AID]:[CTAG]:[GENERAL]

- **TID:** El identificador de objetivo, puede tener un máximo de 20 caracteres ASCII, números, letras o guiones únicamente. Es nulo cuando se envía el comando al NE directamente. Es obligatorio cuando se envía el comando al NE a través del Gateway. Finalmente, debe ser igual a SID, retornado en el mensaje de respuesta proveniente del NE.
- **AID:** El identificador de acceso, contiene uno o más parámetros simples o compuestos que identifican de forma única la entidad asociada con el NE sobre el cual actuará el comando.
- **CTAG:** Etiquetas de correlación, utilizados para correlacionar las respuestas o acuses de recibo con los mensajes de entrada que lo correlacionaron.

- **Bloque General:** Contiene información adicional para la ejecución del comando y es obligatorio en comandos que contengan datos o payload. En algunos casos puede ser nulo.
- **Bloque de Parámetros.-** En general los parámetros son valores que aclaran o especifican lo que el comando realizará. Los parámetros pueden ser de estado y de datos.
- **Los bloques de estado.-** están definidos por posición, mientras que los de datos son definidos por nombres.

2.5.3. Acuses de Recibo TL1

Son mensajes cortos enviados por los elementos de red (NE) como confirmación de recepción de un comando TL1.

El formato general de un mensaje de acuse de recibo es el siguiente:

<Código de acuse de recibo> <CTAG><cr>

- a) Ctag.-** Es la etiqueta de correlación del comando, permite correlacionar las respuestas o los acuses de recibo con los mensajes de entrada que los generaron.
- b) Terminador.-** El carácter '<' indica que el final del mensaje de respuesta es parcial y serán emitidos otros mensajes hasta que se complete la respuesta al comando.

2.5.4. Mensajes de Salida TL1

Los mensajes de salida o respuestas son los mensajes enviados por los elementos de red hacia el gestor como reporte ante un mensaje de entrada o comando.

Un mensaje de respuesta simple confirma el término de la ejecución de una tarea u operación, indica si el requerimiento fue completamente exitoso o no. Un mensaje de respuesta compleja en cambio contiene información adicional sobre el estado intermedio de ejecución de una tarea e incluye información en el cuerpo del mensaje. Su formato es como sigue:

<Cabecera> <ID__de__respuesta><Bloque__de__respuesta><terminador>

- a) Cabecera de respuesta.-** La cabecera tiene el siguiente formato:

<sid> <year>-<month>-<day> <hour>:<min>:<sec>

<SIS>: representa a la fuente, típicamente el nombre del NE, se usa para identificar la procedencia del mensaje, el SID es similar al TID.

Year: 0...99, month: 01...12, day: 01.....31

Hour: 00.....23, minute: 00....59, seconds: 00.....59

b) ID de respuesta.- Identifica el tipo de mensaje, y si la respuesta es o no mensaje autónomo.

El formato del ID de respuesta es como sigue:

<M> <CTAG> <código de completamiento>

M: es usado para diferenciar la respuesta de un mensaje autónomo

CTAG: Indica la etiqueta de correlación asignada al mensaje de entrada.

Código de completamiento: es un código que indica el estado de ejecución del comando, algunos valores que puede tomar:

COMPLD: completamiento exitoso

DELAY: activación retrasada exitosa.

DENY: falla en la ejecución del comando TL1.

PRTL: respuesta parcial.

c) Bloque de respuesta.- Contiene bloques de texto conteniendo el cuerpo del mensaje y el payload de la respuesta.

Los bloques de respuesta tienen: líneas encerradas por comillas, líneas sin comillas, y comentarios:

- Una línea sin comillas está formada por una lista de parámetros separados obligatoriamente por espacios en blanco y opcionalmente por comas.
- Una línea con comillas contiene comillas al inicio y fin de línea.
- Un comentario permite agregar aclaraciones que ayuden a entender mejor el cuerpo del mensaje. Los comentarios deben comenzar con /*y terminar con */.

d) Terminador.- Cada mensaje de respuesta finaliza con un terminador. El caracter > indica que continúan los datos en el siguiente bloque de mensaje. El último bloque de mensaje termina con un caracter; que indica el final.

2.5.5. Mensajes Autónomos TL1

Los mensajes autónomos pueden ser el resultado de una alarma u otra acción interna, los mensajes autónomos aparecen espontáneamente y no

son producto de ningún comando. Son generados internamente en formatos similares a los mensajes de entrada.

Su formato general es el siguiente:

<Cabecera> <Auto ID> <Bloque_de_texto> <Terminadores>

a) **Cabecera:** La cabecera indica el SID asociado al NE, la fecha y la hora.

^^^sid^year-month-day^hour:min:sec

b) **Auto ID:** El identificador de mensaje autónomo tiene el siguiente formato:

Código_de_alarmas^atag^verb[-modifier 1[-modifier2]]

Código de alarma: Indica la severidad de la alarma. Uno de cuatro posibles niveles de severidad mostrados en la siguiente Tabla:

Tabla 2.1: Niveles de severidad de alarmas

Código de Alarma	Descripción	Código de correspondencia
*C	Alarma Crítica	CR
** Major Alarm	Alarma Mayor	MJ
*^ Minor Alarm	Alarma Menor	MN
A^ Non-alarm message	Mensaje de no alarma	CL, NA

Si múltiples alarmas son reportadas, el código de alarma mostrado será el correspondiente al de mayor severidad.

c) **ATAG:** Es el TAG Autónomo, se va incrementando en cada mensaje emitido, son usados para correlacionar las alarmas.

d) **VMM:** Representa verbo-modificador1-modificador2 es decir el código de comando, indica la acción tomada en el NE, como si se tratara de un mensaje de entrada.

e) **Bloque de texto:** Utiliza la misma filosofía del Bloque de respuesta de los mensajes de salida.

f) **Terminador:** Similar al terminador de los mensajes de salida.

2.5.6. Resumen de mensajes de Entrada Salida

Las tablas que muestran la sintaxis de los mensajes de entrada salida así como sus correspondientes descripciones están adjuntas en los respectivos manuales de gestión de DSLAM.

a) Operadores Sintácticos

b) Funciones de consulta

- c) Funciones de administración de sistema
- d) Funciones de actualización de datos
- e) Primeros modificadores en mensajes de entrada
- f) Segundos modificadores en mensajes de entrada.

2.5.7. Aplicaciones

- Definir el nombre del DSLAM como CAJAMARCA

SET-SID::::CAJAMARCA; (comando)

Los mensajes generados serán:

IP 0 (código de acuse de recibo)

< (respuesta parcial)

CAJAMARCA 08-08-08 09:30:20 (mensaje de respuesta)

M 0 COMPLD

/*SET-SID::::CAJAMARCA*/

(final de la respuesta)

- Definir una primera repisa de un bastidor de alta densidad (ALTS-F)

ENT-EQPT::SHELF-1-1::ALTS-F::;

Donde: SHELF-1-1 :es la repisa del primer rack.

ALTS-F: es el tipo de repisa (ALTS-x)

Los mensajes generados son:

IP 0

<

CAJAMARCA 08-08-08 09:40:20

M 0 COMPLD (el ctag es 0 por acceder vía craft terminal)

/*ENT-EQPT::SHELF-1-1::ALTS-F::*/*

- Definir el tipo de tarjeta NT del slot NTA como E3NT-C

ENT-EQPT::NTA:::E3NT-C:SWVER=:IS;

Donde: SWVER: es la versión de software

IS: estado del software (en servicio)

Los mensajes generados son:

IP 0

<

CAJAMARCA 08-08-08 09:50:20

M 0 COMPLD

/*ENT-EQPT::NTA:::E3NT-C:SWVER=GFDRAA47.064:IS*/

CAPITULO III DISEÑO DE LA RED ADSL

3.1. Diagrama de Red de Banda Ancha

A continuación mostramos la Red de Banda Ancha soporte del servicio con mayor despliegue de Cajamarca. En el podemos observar algunos elementos de red descritos en el capítulo anterior. Como se observa esta red está compuesta por varias redes a su vez, como son: Red de Acceso, Red de Agregación, Red ATM, no son visibles las redes de Transporte IP y los Routers de Interconexión para no complicar más el esquema.

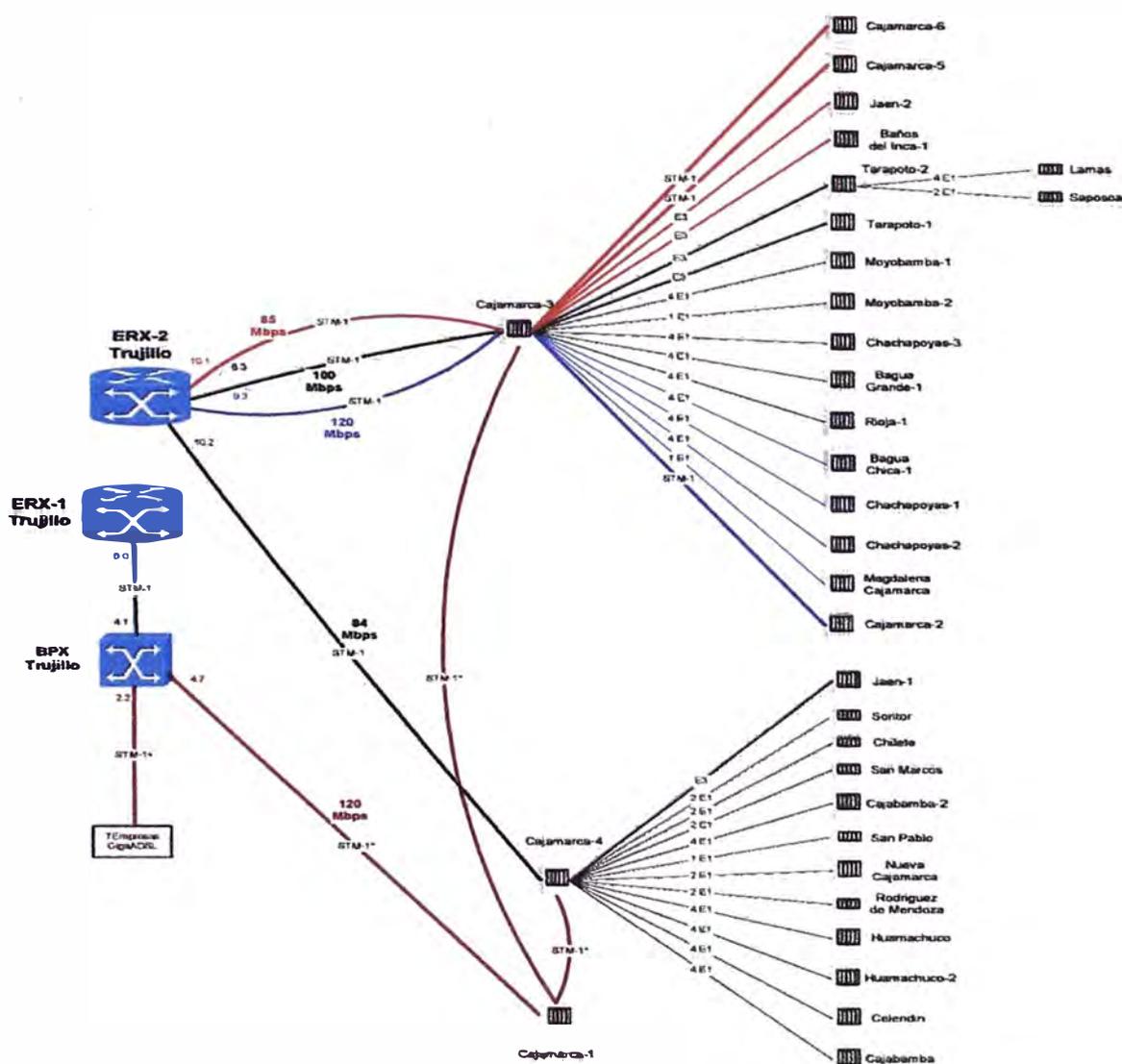


Fig. 3.1: Despliegue de Red ADSL Cajamarca

Este diagrama no es del todo exacto en la actualidad, porque el agregador ERX que inicialmente atendía Cajamarca estaba ubicado en Trujillo y ahora se encuentra en la misma Cajamarca. Pero nos servirá de guía para levantar el diseño de la red.

3.1.1 Asignación de puertos en el ERX

El Agregador es ubicado a través de una dirección IP pública desde el gestor centralizado AWS. Soporta dos direcciones, una que enruta a la red de transporte IP y otra que mapea los DSLAM de concentradores ATM.

Acorde con nuestro diagrama de Red podemos definir los puertos asignados a los distintos DSLAM's según su VPI. Por ejemplo:

Al concentrador **Cajamarca 3** lo mapeamos del siguiente modo:

Tabla 3.1: Mapeado de DSLAM en AGREGADOR Cajamarca

PUERTO	Rango ERX	Lado Agregador	Rack Shelf	Slot Pto	VPI	VCI
ERX 8.0	101-296	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	41	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	63	X
	101-557	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	149	X
	101-390	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	241	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	153	X
	101-300	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	237	X
	101-109	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	233	X
	101-472	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	92	X
	101-172	CAJAMARCA-3	R1S1	14.1	127	X
ERX 8.1	101-2496	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	68	X
		CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	68	X
ERX 8.2	101-2300	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	246	X
		CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	246	X
		CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	246	X
	101-1248	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	28	X
	101-196	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	34	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	65	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	67	X
	101-157	CAJAMARCA-3	R1S1	15.1	177	X

De la tabla desprendemos que cada VPI determina un DSLAM, por ejemplo:

El VPI 41 define el DSLAM de Chachapoyas-3

El VPI 63 define el DSLAM de San Miguel de Pallaquez

El VPI 149 define el DSLAM Baños del Inca.

En consecuencia el agregador maneja un VPI distinto por cada DSLAM a nivel nacional, y los VCI asumen valores indistintamente por cada VPI, conforme a la teoría de ATM. El puerto del agregador que mapea un cierto número de DSLAM's, permite saber por los rangos definidos por cada DSLAM, cuántos usuarios pueden ser contenidos dentro del puerto.

3.1.2 Asignación de puertos en el Concentrador

Usando la misma tabla del agregador en modo lineal el concentrador define sus puertos del siguiente modo:

Tabla 3.2 Mapeado de DSLAM en Concentrador ATM

PUERTO	Rango ERX	Lado DSLAM	Rack Shelf	Slot Pto	VPI	VCI
ERX 8.0						
	101-296	CAJAMARCA-3	R1S1	12.1	5	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	2.1	5	X
	101-557	CAJAMARCA-3	R1S1	3.1	5	X
	101-390	CAJAMARCA-3	R1S1	7.1	5	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	13.1	5	X
	101-300	CAJAMARCA-3	R1S1	8.1	5	X
	101-109	CAJAMARCA-3	R1S1	1.1	5	X
	101-472	CAJAMARCA-3	R1S1	10.1	5	X
101-172	CAJAMARCA-3	R1S1	10.1	5	X	
ERX 8.1	101-2496	CAJAMARCA-3	R1S1	16.4	5	X
		CAJAMARCA-3	R1S1	16.4	12	X-924
ERX 8.2	101-2300	CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	5	X
		CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	15	X
		CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	25	X
	101-1248	CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	11	X
	101-196	CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	12	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	14	X
	101-124	CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	16	X
101-157	CAJAMARCA-3	R1S1	16.2	13	X	

De la tabla de mapeado del Concentrador dirección DSLAM, encontramos que requerimos diferenciar aquellos DSLAM que se ubican ocupando un mismo slot y puerto, usando diferentes VPIs. El otro caso se presenta cuando ocupan diferentes slots y un mismo puerto, simplemente podemos optar por un uso repetitivo del VPI, tal como sucede en el caso de los primeros DSLAM asignados a Cajamarca3.

Los puertos definidos en el concentrador y agregador según el mapeo mostrado están completamente cross-conectados.

3.1.3 Asignación de puertos IMA en el DSLAM Concentrador

El DSLAM no sólo maneja VPIs y VCIs para usuarios, sino también puede manejar algunos DSLAM subtendidos, explicados teóricamente haciendo uso de puertos IMA (multiplexación inversa ATM), a continuación mostramos algunos ejemplos correlativos con la tabla anterior.

Tabla 3.3 Mapeado de DSLAM's subtendidos por IMA

	DSLAM	MDF	SUBTENDIDO	ENLACE
CAJAMARCA-3				STM-1
CAJAMARCA 3	Chachapoyas -3	AMCH-3	IMA R1.S1.LT12.1	4E1's
CAJAMARCA 3	S. Migue de P.	LLSM	IMA R1.S1.LT2.1	2E1's
CAJAMARCA 3	Baños del Inca	CABI	E3LTB R1.S1.LT3.1	E3
CAJAMARCA 3	Moyobamba-1	SMMO	IMA R1.S1.LT7.1	4E1's
CAJAMARCA 3	Moyobamba-2	SMMO-2	IMA R1.S1.LT13.1	1E1's
CAJAMARCA 3	Rioja-1	SMRI	IMA R1.S1.LT8.1	2E1's
CAJAMARCA 3	Magdalena-Caj	LLMD	IMA R1.S1.LT1.1	4E1's
CAJAMARCA 3	Jaén-2	CAJA	E3LTB R1.S1.LT10.1	E3
CAJAMARCA 3	San Ignacio	CASI	IMA R1.S1.LT16.1	2E1's

Finalmente de la tabla anterior desprendemos que el DSLAM Cajamarca-3 accede a la red de Transporte a través de un STM-1 (155Mbps), y que los DSLAM que subtiende los hacen a través de puertos IMA o E3LT usando capacidades de enlace menores como son múltiplos de E1's (2Mbps) o E3's (34Mbps).

CAPÍTULO IV

OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

4.1. Problemática de Mantenimiento

La problemática de mantenimiento de la red de acceso ADSL se circunscribe a dos sectores básicamente, uno de ellos es la planta externa y el otro a las unidades de hardware de ADSL, siendo la más vulnerable la referente a la planta exterior de la red telefónica.

La red telefónica opera en medio de un ambiente hostil, múltiples agentes extraños influyen en el equilibrio eléctrico, continuidad y estabilidad para la cual fue creada. Problemas como humedad, altas y bajas temperaturas, agentes químicos en el aire y la tierra, influencias eléctricas y electromagnéticas de todo tipo exigen una mejor protección dado que no solo transportan voz sino servicios de datos.

En la implantación de una red telefónica, el costo que genera el tendido de cables y su mantención demanda más de la mitad de los recursos que los demás elementos necesarios para la puesta en servicio de un sistema de telecomunicaciones. Por tan importante razón los cables deben ser sometidos a rigurosas pruebas mecánicas y eléctricas con el objeto de prolongar su vida útil.

Algunas de las características eléctricas que deben ser rigurosamente tomadas en cuenta para dotar de buenos pares telefónicos a fin de brindar un buen servicio de voz y datos son: resistencia de aislamiento, capacidad mutua, inductancia, conductancia, diafonía, atenuación, resistencia del conductor, desequilibrio resistivo y capacitivo etc. Por ejemplo el desequilibrio resistivo que se produce internamente en los pares telefónicos genera un ruido metálico conocido como ruido blanco (gaussiano), este ruido se manifiesta como diafonía. Los valores aceptables de este tipo de ruido son de -78 dBm, para una señal de 1.6 Khz.

El otro sector involucrado comprende las unidades de acceso ADSL en ambos extremos; para el lado remoto o usuario habitualmente se tiene que lidiar con la

variedad de módems, condiciones de energía suministradas, sistema de tierra, correcto uso del splitter, correcto estado de terminales y una adecuada configuración para obtener conectividad.

En el extremo ADSL lado central, se debe velar por obtener los valores apropiados de potencia, relación señal a ruido, atenuación, margen de ruido, tasa de bits en upstream/downstream, etc.

4.2. Pruebas de Caracterización

Las pruebas que habitualmente se hacen para caracterizar un par de cobre y evaluar su aplicabilidad a ADSL son muy pobres, no solo en el ámbito local, también en el nacional, un test común es prueba y error, es decir, se conecta el módem y se verifica si funciona o no. Si no, entonces hay que seleccionar otro par de cobre.

Algunas veces se utiliza un multímetro para medir la resistencia de la línea, continuidad y el voltaje inducido, antes de conectar el módem. Lo cierto es que en muy pocos lugares se realizan las pruebas necesarias para calificar el par, debido a la carencia de instrumentos necesarios. Un problema con los sistemas de prueba y error es que la mayoría de los sistemas xDSL tienen la capacidad de ajustarse a las condiciones de línea para transmitir a la mayor velocidad posible. Es decir en la mayoría de los casos va a funcionar pero no sabemos con qué velocidad? Cuál es la confiabilidad? Presentará problemas en tiempo de lluvia? Terminamos por dar una calidad de servicio al cliente que depende en gran parte del enlace efectivo instalado.

Con el fin de maximizar la calidad del enlace ADSL, es necesario que se midan las características físicas del par de cobre, algunos parámetros importantes son:

- a) Continuidad, Impedancia (resistencia de bucle, aislamiento y capacitancia)
- b) Balance longitudinal de impedancias. Desequilibrio resistivo (2% de la resistencia de bucle).
- c) Pérdidas por inserción
- d) Longitud de cable y derivaciones (TDR)
- e) Ruido de fondo y relación señal a ruido
- f) Ruido Impulsivo
- g) Voltaje AC y DC inducido en la línea

h) Corriente AC y CD en la línea

La idea no es que todas las medidas sean realizadas, pero es necesario saber el impacto de cada uno en el desempeño del ADSL:

- Los parámetros considerados fijos son: la resistencia de bucle, la capacitancia, aislamiento y longitud; a pesar que la resistencia varía con la temperatura y la capacidad con la humedad éstas no son tomadas en cuenta en la mayoría de los casos.
- Para transmitir mayor cantidad de información se requiere más velocidad de transmisión, es decir un mayor ancho de banda (espectro de frecuencia). Se requiere de más altas frecuencias para servicios de alta velocidad dando como resultado un menor alcance de bucle de abonado. A mayor frecuencia hay mayor atenuación, las señales con frecuencias altas transmitidas sobre el par de cobre se atenúan (disipan energía) más rápidamente que las frecuencias bajas, a la gráfica de atenuación con respecto a la frecuencia se le denomina “pérdida por inserción” del cable.
- Uno de los parámetros primarios de una línea de transmisión es la resistencia de aislamiento, que viene a ser la inversa de la conductancia en corriente alterna. Esta resistencia depende del material aislante con que están separados los pares entre sí y de su capa de protección aislante, se mide en $M\Omega$ aplicando una tensión continua de 500 volts por el tiempo de un minuto. La resistencia de aislamiento viene a ser la suma de las infinitas resistencias conectadas en paralelo entre la línea en prueba y todas las demás líneas conectadas entre sí y unidas a tierra en un circuito abierto.
- Una condición necesaria, para el buen funcionamiento de una línea de transmisión, es la referente al “desequilibrio resistivo”, significa que la diferencia de resistencia entre la línea A y la línea B del par no sea mayor al 2% del bucle y en ningún caso mayor a 17Ω .
- Se define como “resistencia de bucle” a la suma de las infinitas resistencias conectadas en serie, entre la resistencia de la línea A y la resistencia de la línea B del mismo par, en un circuito cerrado. La resistencia de bucle no puede ser superior a 1800Ω . Según las especificaciones técnicas de la fábrica de cables Pirelli un kilómetro de bucle en un par telefónico de AWG-19 (0.91 mm de diámetro), deberá tener una resistencia de 53,5 ohms con una tolerancia de más menos 2% en una ambiente seco y a una temperatura de 20°C .

En el gráfico siguiente mostramos algunos valores de resistencia de bucle típicos:

Tabla 4.1: Resistencia de bucles típicos

Calibre en AWG	Resistencia en [Ω /km]
26	277 +/- 10%
24	170 +/- 10%
22	108 +/- 10%
19	53,5 +/- 10%

- El concepto de diafonía o atenuación transversal involucra dos fonías. Es decir la señal transmitida por un par logra ultrapasar a los demás pares adyacentes del cable, produciendo interferencia entre las líneas del cable. Las principales causas que generan la diafonía son los desequilibrios capacitivos y el bajo aislamiento entre los pares del cable, habitualmente estos son encontrados en los empalmes. Este problema genera acoplamiento de señales en pares usados en transmisión de datos, y disminución de la velocidad de propagación de la señal. Cuando la diafonía es cercana al lugar de medición se denomina paradiafonía y cuando la diafonía es lejana se denomina telediafonía.
- Entre las fuentes de ruido que se acoplan y que no son fáciles de combatir encontramos al ruido impulsivo, que es el generado por las lámparas, líneas de potencia, maquinaria, conmutadores, luz fluorescente, etc. Asimismo tenemos un ruido que se acopla electromagnéticamente a la línea que es el generado por la propagación RF. Las transmisoras de AM son las principales fuentes. La dificultad en su eliminación radica en que son intermitentes en la naturaleza y geográficamente variables e impredecibles. Los únicos márgenes de seguridad que se dan las compañías para combatirlos radica en usar técnicas de procesamiento de señales como corrección de errores.
- Un parámetro pocas veces tomado en cuenta es la "resistencia de continuidad de pantalla", esta resistencia tiene importancia dado que es la que disipa a tierra todas las corrientes de carácter electromagnéticas que circundan en el aire y se inducen en los pares. La pantalla deberá ser continua en toda su trayectoria al igual que los pares y la impedancia de unión en los empalme deberá tener la mínima resistencia posible.

4.3. Mediciones y Pruebas

Si bien es cierto tenemos identificados los parámetros de caracterización del par de cobre a fin de proporcionar al usuario una planta en óptimas condiciones, se requieren de una instrumentación adecuada para efectuar los ajustes necesarios.

- a) Para detectar a través de la longitud de la línea un circuito abierto, o posiciones de corto circuitos, posiciones y longitud de líneas paralelas y posiciones de bobinas de carga usamos habitualmente un Reflectómetro en el dominio del tiempo (TDR). Por ejemplo; si utilizamos los valores de resistencia de bucle y capacitancia de bucle para estimar la longitud de un cable, y los valores en cada caso son significativamente diferentes, lo más probable es que existan múltiples derivaciones en la línea.

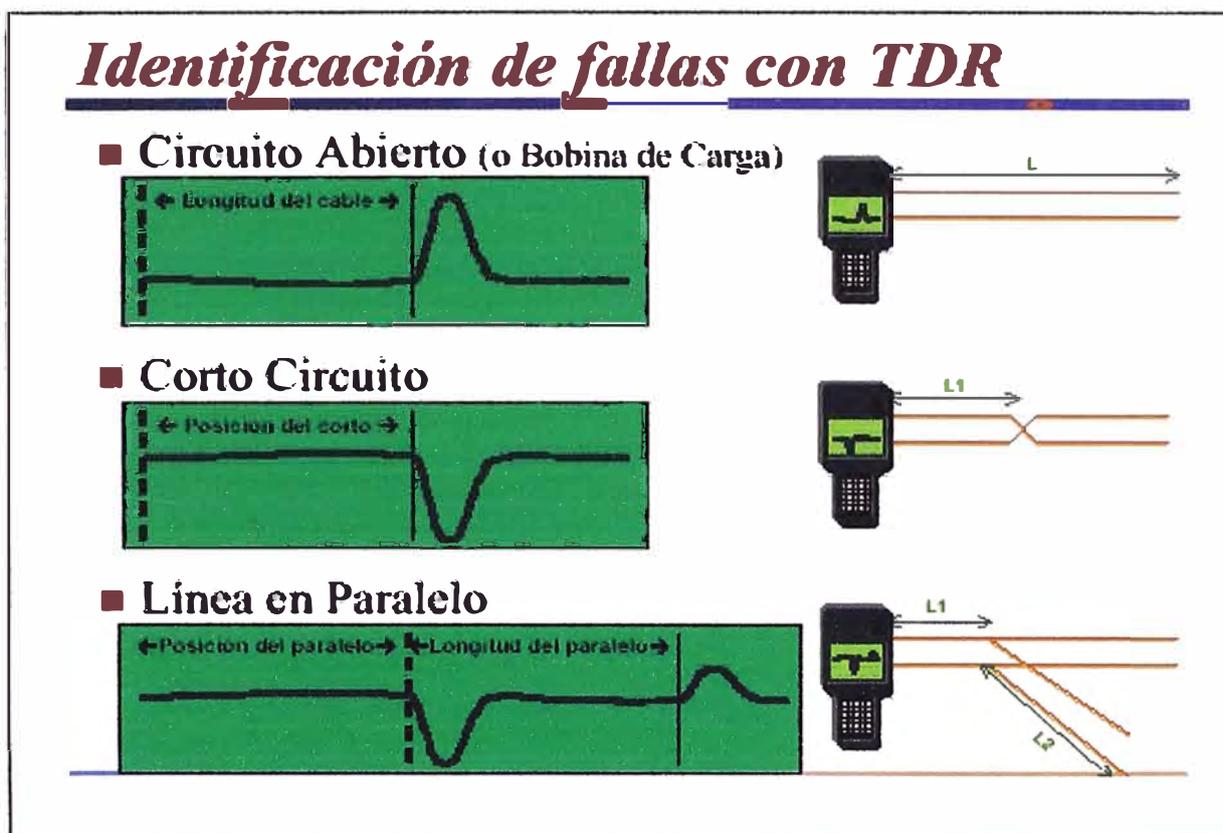


Fig. 4.1: Emulación de equipo Sunset como TDR

- b) Para ejecutar la medición de pérdida por inserción, se requieren de dos instrumentos, un generador de barrido y un medidor selectivo los que habitualmente se pueden encontrar integrados en un solo. Se requiere hacer un barrido con un mínimo de ancho de banda de 1.1 MHz (para ADSL G.dmt).
- c) Uno de los ruidos interferentes a ser visualizados gráficamente es el ruido de fondo para poder identificar las eventuales interferencias. Aquí encontramos que de los ruidos producidos por las intermodulaciones, los más críticos son los

emitidos por los equipos de la central que transmiten señales con potencia relativamente altas. Luego requerimos de un analizador de densidad espectral de potencia para identificar y medir los posibles mismos.

4.3.1. Pruebas

Existen algunas pruebas de factibilidad que se pueden llevar a cabo con equipos que tengan la capacidad de emular un ATU-R o con el módem del propio usuario.

Los datos extraídos de los emuladores y/o módems son complementarios y definirán la conectividad xDSL.

4.3.2. Mediciones con el equipo Sunset xDSL

a) Emulando un ATU-R el equipo simulador intentará sincronizar con el ATU-C del DSLAM correspondiente, en la Fig. 4.2., a continuación mostramos el equipo sunset cumpliendo esta función e indicando las características de la conexión.

```

>ATTEMPTING TO OPEN LINK
>
      GENERAL STATUS
ATL-C MFR:N/A  ATU-R MFR:N/A
              ATU F SW 1.1
[DOWNSTREAM]  [UPSTREAM]
FAST . 1504 kbps  FAST . 384 kbps
INTER : 0        INTER : 0
MAX : 3856       MAX : 783
MARGN: 16.5 dB   MARGN: 22.0 dB
ATTEN: 58.0 dB   ATTEN : 31.5 dB
POWERF: 20.0 dBm  POWERF 12.0 dBm
CAP : 39%        CAP : 49%
ATU-C MFR : ALCATEL
ATU-C VER : 2.0
  
```

Fig. 4.2: Display de equipo Sunset

Vamos a interpretar los resultados obtenidos de la emulación:

- La tasa FAST (tasa de bits de trayecto rápido); ésta es la velocidad que habitualmente se provisiona en el cliente, no quiere decir que sea la tasa permanente que asegura el proveedor de servicios al usuario,

puede también considerarse como la tasa de negociación entre el ATU-R y el ATU-C.

- La tasa INTER (tasa de bits entrelazados); en este caso es cero por que se ha decidido por la primera opción. Presenta la desventaja de adicionar control de flujo y control de errores generando retardos en la data.
- La tasa MAX, muestra la tasa máxima alcanzable soportable por el circuito.
- MARGN (margen de ruido), es el margen por encima de la relación señal a ruido requerido para soportar la velocidad de sincronía, la recomendación es que sea superior a los 6 dB.
- ATTEN (atenuación total); ésta es la diferencia en dB medida entre la potencia transmitida en el extremo cercano y la recibida en el extremo lejano. Normalmente una atenuación de bajada debe ser inferior a unos 35 dB.
- POWER, indica el nivel de potencia agregado, especificando el máximo nivel de potencia agregado permitido en el transmisor. Los máximos niveles de potencia están especificados en el DSLAM. Por ejemplo en la bajada el ATU-C tiene un máximo nivel de potencia de 20 dBm y para la subida el ATU-R tiene un nivel de potencia máximo de 13 dBm.
- CAP: (capacidad); es una indicación de la capacidad de la línea, es la relación de (la velocidad permitida en la línea / velocidad soportable en la línea) x 100. Por ejemplo una lectura de CAP del 85% quiere decir que el módem aún tiene capacidad para transmitir 15% más de la velocidad de línea si fuera requerido.

4.3.3. Mediciones usando un módem ADSL

Dos de los comandos básicos usados para determinar las características de conectividad de un usuario son:

```
ras>wan adsl linedata far
```

```
relative capacity occupation: 21%
```

```
noise margin upstream : 31.0 dB
```

```
output power downstream: 8.0 dBm
```

```
attenuation upstream: 2.0
```

```
carrier load: number of bits per symbol(tone)
```

```
tone 0-31 :    00 00 00 00 00 22 34 44 44 44 43 23 22 20 00 00
tone 32-63:    00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

.....

```
Tone 224-255: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

El comando resuelve desde el ATU-R, como se observa al ATU-C para la subida.

Los primeros datos fueron ampliamente explicados en el punto anterior, sin embargo la última data te permite verificar que sub-portadoras transmiten información y con cuantos bits por cada una de ellas.

En la medida que el perfil de velocidad del cliente sea mayor, el número de sub-portadoras llevando información se incrementa al igual que su número de bits.

El otro comando es como sigue:

```
ras>wan adsl line data near
relative capacity occupation: 6%
noise margin downstream: 42.0 dB.
output power downstream: 12.0 dBm
attenuation downstream: 0.5 dB.
```

Este comando resuelve desde el ATU-R como se observa el ATU-C en la bajada.

Definitivamente los valores mostrados son óptimos, porque se considera que estamos cerca al dslam.

4.3.4. Pruebas de Verificación de pares en MDF

Algunas pruebas relativamente sencillas, pero que permiten una eventual descarte de falla de puertos en tarjetas de línea son las pruebas de continuidad de hilos, precisamente entre las posiciones definidas como voz más datos (V+D) contra la asignada como voz (V). Estas pruebas deben ejecutarse hilo por hilo.

Simultáneamente se prueban los hilos A y B con respecto de tierra.

4.4. Atención de Averías

Entre las averías más críticas encontradas, vamos a mencionar las que requieren de la acción directa del personal de zona.

4.4.1. Pérdida de Gestión del Dslam

Considerando que la gestión de los DSLAMS la ejecuta el gestor AWS, puede darse el caso que el DSLAM se aisle completamente de la gestión centralizada.

Esto obliga a una participación directa del personal de zona a fin de recuperar la misma.

Precisamente la tarjeta terminadora de red (NT) del DSLAM, alberga una memoria flash que es quien contiene entre otros datos la configuración para la gestión por medio del AWS. De encontrarse averiada debemos configurar una nueva flash.

A fin de recuperar la gestión del DSLAM, debemos considerar los siguientes pasos;

- a) Primero definimos la dirección IP de gestión como 192.168.168.20 y su máscara 255.255.255.0., a través del siguiente comando;

```
ENT-IPPORT::ATM-  
1:::MANUAL:PHYADDR=,IPADDR=192.168.168.20,  
NETMASK=255.255.255.0;
```

Donde

ATM-1: Es el identificador del Puerto IP del DSLAM.

MANUAL: Modo de configuración de los parámetros IP.

PHY ADDR: Dirección del puerto físico, No asignar valores.

IP ADDR: Dirección IP asignada al DSLAM.

NETMASK: Es la máscara de la dirección IP.

- b) Definimos la dirección IP default y el PVC de gestión, se recomienda configurar el TZOFFSET.

```
SET-NE-  
ALL:::COM::::BOOTPVPI=0,BOOTPVCI=32,MEMALM=,SNTP=,  
DEFROUTER=192.168.168.1,POTSTSTDUR=,TZOFFSET=
```

**300,NETPOS=,MEMSYNC=,APSSOAKINT=,EPSSOAKINT=,MEMDNLD
=,CMDS SNTMO=;**

Detallaremos los datos más saltantes:

BOOTPVPI: Es el VPI de la conexión de gestión

BOOTPVCI: Es el VCI de la conexión de gestión

TZOFFSET: Se recomienda definir el valor -300

DEFROUTER: Es la dirección IP por defecto.

COM: Es el identificador de acceso.

El resto de parámetros no necesita definirse.

- c) Definimos la relación entre el PVC de gestión 0/32 y la dirección IP default 192.168.168.1 además de su velocidad a 131072 bps.

ENT-ATMARPEM::ATM-1:::192.168.168.1,0,32:BITRATE=131072;

Donde:

ATM-1: Es el identificador del Puerto IP del DSLAM.

BITRATE: Es la velocidad de la conexión de gestión. Esta en bits por segundo.

Los mensajes generados son los siguientes:

IP 0

<

CAJAMARCA 08-08-10 10:30:20

M O COMPLD

/*ENT-ATMARPEM::ATM-1:::192.168.168,1,0,32:BITRATE=131072*/

Con lo que confirmamos la recuperación de la gestión.

Debemos acotar que haber recuperado la gestión no significa haber restablecido por completo el DSLAM, se requiere usar la última base de datos recogida del gestor AWS a fin de descargarlo sobre el DSLAM en discusión.

4.4.2. Pérdida de comunicación del DSLAM por problema en medio de transmisión.

Otra de las averías más comunes en lo que a pérdida de comunicación del DSLAM se tiene, radica en la ruptura del medio de transmisión con la red de transporte.

A continuación mostraremos el comportamiento del DSLAM ante eventuales averías producidas en la interconexión con su medio de transmisión.

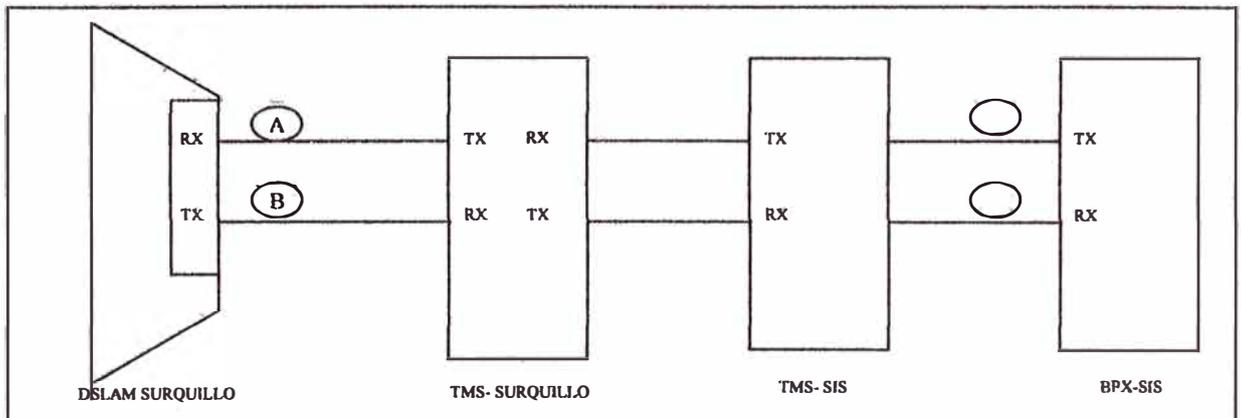


Fig. 4.3: Esquema de alarmas de medio de transmisión

- La primera posibilidad indica que en **A** se quiebra el enlace, luego al no tener señal en la recepción, el DSLAM lo advierte con un LOS (pérdida de señal) y responde en su transmisión con un RAI (indicación de alarma remota) hacia el extremo remoto. Consecuentemente en el BPX vamos a recibir la indicación del RAI.
- Otra posibilidad es que se quiebre el enlace en **B**, en este caso la no transmisión del DSLAM se refleja en una alarma de AIS (señal de indicación de alarma) en la recepción del BPX, simultáneamente esta unidad responde con un RAI en su transmisión que debe ser advertida en el receptor del DSLAM.
- Finalmente se produce la ruptura de los puntos **A** y **B** simultáneamente, en el BPX vamos a advertir un AIS y consecuentemente transmitir un RAI, como el enlace lado DSLAM está abierto el RAI no es advertido por el DSLAM. En el DSLAM advertiremos la alarma LOS y consecuentemente transmitimos un RAI que no será advertido por el equipamiento intermedio.

CONCLUSIONES

Las conclusiones que presentamos a continuación tratan de hacer comprender por qué la tecnología ADSL desde sus inicios ha sido una gran alternativa para transportar los servicios de banda ancha de manera masiva, y en un afán de desplegar el servicio cada vez a mayores distancias ha ido evolucionando hasta encontrar el hardware necesario que cumpla el objetivo. Por otra parte mostramos las nuevas tendencias hacia nuevas redes, que en un inicio fueron concebidas con ATM, y actualmente despliega Ethernet:

1. Como tecnología de última milla o primera milla la tecnología ADSL permitió en sus inicios transportar velocidades que de bajada llegaron hasta 8Mbps, pero hoy en día su evolución con ADSL2 y ADSL2+ ha permitido velocidades de hasta 24 Mbps sobre pares de cobre.
2. La tecnología ADSL logró revivir una planta externa de cobre que en un momento fue concebida sólo para transporte de voz, y que termina transmitiendo servicios multimedia (voz, datos e imágenes) a altas velocidades. La planta actualmente es tratada con la importancia que le asiste de ser de una infraestructura de telecomunicaciones el sector más costosa.
3. Considerando las características y/o bondades ofrecidas por la tecnología de transporte ATM, con capacidad de brindar calidad de servicio (QoS) desde el usuario, no se entiende porqué al grueso de los usuarios el proveedor de servicios predominante los ha definido con la categoría de servicio UBR; no obligándose a ningún control de parámetros de QoS.

- 4.** Uno de los servicios con mayor impacto sobre la red de acceso ATM es el servicio conocido como Teletrabajo, que permite de manera remota acceder a un servidor definido con cuentas y passwords y operar sobre bases de datos común de una red local, accediendo a través de Internet. Esto se logra creando una VPN dentro de la red soporte de Speedy conocido como RPS.

- 5.** El futuro de la red de Banda Ancha definitivamente se traslada al transporte Metro, con la red Metro-Ethernet, los DSLAMs Ethernet manejan mejores tasas de bit que los DSLAM ATM, pasando de transmitir sobre interfaces STM-1(155Mbps) a interfaces Gigabit-Ethernet. (1000Mbps) flexibilizando el crecimiento de los anchos de banda de los usuarios.

BIBLIOGRAFÍA

1. ITU-T Recomendación G.992.1, "Asymmetric Digital Subscriber Line Transceivers", Junio 1999.
2. ADSL Forum, TR-001, "ADSL System Reference Model", Mayo 1996.
3. International Engineering Consortium, "Asymmetric Digital Subscriber Line", www.iec.org/online/tutorials/acrobat/adsl.pdf.
4. Jorge Martinez, "Redes de Comunicaciones", Universidad Politécnica de Valencia, Marzo 2005.
5. ATM Forum, "Traffic Management Specification Versión 4.0", Abril 1996.
6. Alcatel, "Alcatel 7300 ASAM Advanced Services Access Manager", 2003
7. Huawei, "Manual DSLAM Huawei 5300 v.3" 2007
8. Sunrise Telecom Incorporated, "Manual de usuario Sunset Xdsl", Versión. 2.01n. SSxDSL-160, 2005.