



ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

**"DISEÑO DE UNA RED PUBLICA ATM PARA
GUAYAQUIL QUE BRINDE SERVICIOS DE VOZ,
VÍDEO Y DATOS, E INTEGRACION DE LA RED
PRIVADA ATM ESPOL AL DISEÑO PROPUESTO"**

TOPICO DE GRADUACION

**Previo a la obtención del Título de:
INGENIERO EN ELECTRICIDAD
Especialización Electrónica**

Presentado por:

Juan José Láinez

Jaime Lozada Loza

Nel Mejía Vera

Wilson Orellana Jiménez

Guayaquil - Ecuador

1998

AGRADECIMIENTOS

AL ING. JOSE ESCALANTE
Director de Tópico, por su ayuda y
colaboración para la realización de este
trabajo.

AL Dr. FREDDY VILLO Director
del área de Electrónica, por su valioso
aporte a la carrera y a nuestro desarrollo
académico.

DEDICATORIAS

A mi padre y a mi madre, quienes siempre me apoyaron durante toda mi carrera, a mis compañeros y amigos, en especial a la memoria de Nelson Cruz Fernández.

Nel Mejía Vera

A mis padres cuya espera, sacrificio y ayuda han contribuido a la culminación de mi carrera. A mis amigos y compañeros, y en especial a mi novia la que supo apoyarme en todo momento, dándolo todo y sin pedir nada a cambio; y además, escribía mis informes.

Jaime Lozada Loza

A mis padres, hermanas, enamorada y amigos, quienes con su valiosa ayuda y comprensión han sido el mayor soporte para la culminación de mi carrera.

Wilson Orellana Jiménez

A mis padres, Juan José y Jeanette, a mi hermano Javier y especialmente a mi esposa Carolina y a mi hija Becky.

Juan José Láinez



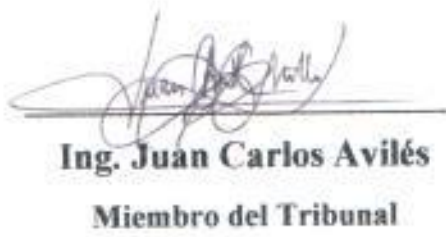
Ing. José Escalante
Director de Tópico



Ing. Armando Altamirano
Subdecano de la FIEC



Ing. Cesar Yépez
Miembro del Tribunal



Ing. Juan Carlos Avilés
Miembro del Tribunal

DECLARACION EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestos en esta tesis, nos corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL"

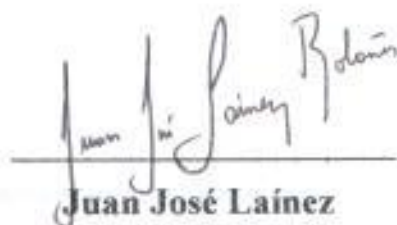
(Reglamentos de Exámenes y Títulos profesionales de la ESPOL)



Nel Mejía Vera



Jaime Lozada Loza



Juan José Laínez



Wilson Orellana Jiménez

RESUMEN

El presente trabajo tiene como enfoque principal establecer la base para una futura implementación de una red pública ATM (Modo de Transferencia Asíncrono) para la ciudad de Guayaquil. Aunque la red telefónica de la ciudad trabaja actualmente con el esquema PDH (Jerarquía Digital Plesio-crónica), en donde las centrales telefónicas trabajan con sincronismo independiente (relojes individuales en cada central), existe un estudio previo que pone de manifiesto la necesidad de cambiar este viejo esquema y reemplazarlo por la actual tecnología SDH (Jerarquía Digital Síncrona), en donde la sincronización de las centrales telefónicas trabajan con el esquema Maestro/Esclavo. Dicha red tendría la capacidad de transportar información telefónica tanto como tráfico ATM.

El estudio de la red ATM para Guayaquil partirá con la premisa de que existe la red SDH en la ciudad. Así, se aprovechará parte del tendido de fibra óptica usada por esta red al mismo tiempo que se pretende usar la infraestructura SDH que servirá como capa física para la futura red ATM.

El informe está constituido por seis capítulos. El capítulo 1, cubre los aspectos teóricos relacionados con la tecnología ATM, tales como: arquitectura ATM, formato de celdas, capas AAL, tipos de servicio que ofrece ATM, manejo de tráfico, tecnología de conmutación e internetworking. Este capítulo es importante, pues la mayoría de los conceptos que se describen se usarán a lo largo del informe. En el capítulo 2 se estudia la tecnología SDH, la infraestructura de la red SDH para Guayaquil y su relación con la futura red ATM. El capítulo 3 contempla un breve estudio de la red Privada ATM ESPOL, la que brinda servicios al Campus Prosperina y que está ubicada en el Centro de Servicios Computacionales (CESERCOMP). Este enfoque ayudará a tener una idea más específica de los elementos que están presentes en las redes ATM comerciales, y al mismo tiempo analizar la futura integración de esta red con el diseño propuesto.

Los elementos y criterios de diseño tales como: políticas de asignación de ancho de banda, características de los switches de backbone y switches periféricos, seguridad en la red y criterios de tarificación de los servicios se cubrirán en el capítulo 4. El capítulo 5 muestra el diseño escogido para la red propuesta basándose en los factores que se detallaron en el capítulo 4, así como el análisis de costos y el cronograma de instalación del proyecto. Los servicios de red y los esquemas sugeridos para ciertas aplicaciones son parte del capítulo 6. Las aplicaciones específicas que se presentan fueron orientadas al caso de la ESPO. Por último se declaran las conclusiones y recomendaciones que se han ido recopilando en el desarrollo de este estudio.

Se espera que la lectura y el análisis de este informe fomenten la investigación por esta rama de las comunicaciones que está evolucionando rápidamente y que también sean partícipes de este adelanto tecnológico.

INDICE GENERAL

RESUMEN	6
INDICE GENERAL	8
INTRODUCCION	15
1. FUNDAMENTOS DE ATM, CONMUTACION, MANEJO DE TRAFICO Y NETWORKING	
1.1 Redes de Transmisión rápida.	17
1.2 Red Digital de Servicios Integrados (ISDN).	18
1.3 Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha (B-ISDN).	19
1.4 ATM y el modelo OSI.	21
1.5 ATM y el modelo B-ISDN.	22
1.6 Modo de Transferencia Asíncronico (ATM).	24
1.6.1 VPI y VCI.	25
1.6.2 Celdas ATM.	26
1.6.3 Interfaces ATM.	27
1.6.4 Señalización.	28
1.7 Capas ATM.	31
1.7.1 Relación entre AAL, ATM y la red.	32
1.7.2 Clases de tráfico.	33
1.7.3 AAL tipo 1.	34
1.7.4 AAL tipo 2.	34
1.7.5 AAL tipo 3 y tipo 4.	34
1.7.6 AAL tipo 3/4.	35
1.7.7 AAL tipo 5.	35

1.8	Conmutación ATM.	35
1.8.1	Ruteo.	36
1.8.2	Conmutación de espacio y de tiempo	37
1.8.3	Conexión Cruzada Digital.	39
1.8.4	Estructura del Switch.	40
1.8.5	Multiplexión y mapeo de etiquetas.	41
1.9	Manejo de tráfico.	44
1.9.1	Arquitectura de servicios ATM.	44
1.9.2	Parámetros de calidad de servicio negociables y no negociables.	44
1.9.3	Control de Tráfico.	46
1.9.4	Administración de recursos de red.	47
1.9.5	Control de admisión de conexión.	49
1.9.6	Control de parámetros utilizados.	53
1.9.7	Control de prioridad.	62
1.9.8	Control de congestión.	62
1.10	Internetworking en redes ATM.	62
1.10.1	Uso del Protocolo Q.2931 para soportar las propiedades de otros Protocolos (Tunneling).	63
1.10.2	Interface de interportadoras B-ISDN ATM (B-ICI).	65
1.10.3	Interface de intercambio de datos ATM (DXI).	66
	1.10.3.1 Modos DXI	66
1.10.4	Servicios de Internetworking.	67

2. SOPORTE PARA LA RED ATM

2.1	Transmisión de celdas ATM.	72
2.2	Jerarquía Digital Sincrónica.	73
2.2.1	Jerarquía del sistema.	73
2.2.2	Jerarquía de señal.	75

2.2.3	Topología SDH.	79
2.2.4	Celdas ATM en paquetes SDH.	83
	2.2.4.1 Punteros de carga.	85
2.2.5	Futura red SDH para la Ciudad de Guayaquil.	86
	2.2.5.1 Descripción de la futura red SDH de Guayaquil.	86
	2.2.5.2 Dimensionamiento del tráfico.	88
2.3	Especificaciones de interfaces de capa física.	89
2.3.1	Especificaciones de capa física SDH STM-4	90
	2.3.1.1 Subcapa dependiente del medio físico.	90
	2.3.1.2 Subcapa de convergencia de transmisión.	92
	2.3.1.3 Mapeo de celdas ATM.	95
2.3.2	Interface de capa física SDH STM-1.	95
	2.3.2.1 Características del medio físico.	95
	2.3.2.2 Conector Plug y Socket para medio óptico.	96
2.3.3	Especificaciones de la interface física E1.	96
	2.3.3.1 Subcapa dependiente del medio físico.	97
	2.3.3.2 Subcapa de convergencia de transmisión.	98

3. RED PRIVADA ATM ESPOL.

3.1	Necesidad de una red privada de datos.	100
	3.1.1 ATM como alternativa.	101
3.2	Descripción de la red ATM ESPOL.	101
3.3	Topología.	103
	3.3.1 Hub multiprotocolo 8260.	105
	3.3.1.1 Módulos LAN.	106
	3.3.1.2 Módulos ATM.	109
3.4	Emulación de redes.	112
	3.4.1 Emulación LAN.	112
3.5	Software de administración.	115

3.5.1	Aplicaciones de administración ATM.	115
3.5.1.1	Administración de topología ATM.	115
3.5.1.2	Configuración de recursos ATM.	116
3.5.1.3	Administración de fallas ATM.	117
3.5.1.4	Administración de tráfico ATM.	117
3.6	Observaciones.	122

4. CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED ATM PUBLICA PARA GUAYAQUIL

4.1	Determinación de la topología de la red.	123
4.2	Determinación de los nodos centrales y extremos.	125
4.3	Disponibilidad de los anillos de la futura red SDH de Guayaquil.	126
4.4	Política de asignación de rutas virtuales.	131
4.5	Estrategia de administración de ancho de banda.	133
4.5.1	Esquema de itinerario de celdas.	135
4.5.2	Administración de ancho de banda.	136
4.6	Requerimientos del Switch.	137
4.6.1	Arquitectura de un switch ATM con buffer de gran capacidad.	137
4.7	Administración de la red ATM para Guayaquil.	142
4.7.1	Consideraciones de administración.	142
4.7.2	Recomendaciones de administración.	143
4.8	Flexibilidad de la red ATM para Guayaquil.	145
4.8.1	Redes protegidas.	145
4.8.2	Redes reconfigurables.	147
4.8.3	Redes ATM autoregeneradas.	148
4.8.4	Restauración multicapas.	149
4.9	Seguridad de la red.	150

4.10	Sincronización de la red SDH para Guayaquil y para el Backbone de la red pública ATM.	152
4.10.1	Jerarquía de los nodos de sincronización.	153
4.10.2	Consideraciones de la red de sincronismo ATM / SDH.	155
4.11	Tarifación de los servicios de Internetworking ATM.	158

5. DISEÑO DE LA RED PUBLICA ATM PARA GUAYAQUIL

5.1	Descripción de la red pública ATM para Guayaquil.	160
5.1.1	Descripción de nodos centrales ATM.	161
5.1.1.1	Nodo Central ATM Centro (CEN).	163
5.1.1.2	Nodo Central ATM Boyaca (BOY).	164
5.1.1.3	Nodo Central ATM Norte (NOR).	165
5.1.1.4	Nodo Central ATM Urdesa (URD).	166
5.1.1.5	Nodo Central ATM Bellavista (BELL).	166
5.1.2	Conexión en malla de los nodos centrales ATM.	168
5.1.3	Descripción de nodos extremos ATM.	168
5.1.3.1	Nodo Extremo ATM Ceibos (CEI).	169
5.1.3.2	Nodo Extremo ATM Mapasingue (MAP).	169
5.1.3.3	Nodo Extremo ATM Alborada (ALB).	170
5.1.3.4	Nodo Extremo ATM Duran (DUR).	170
5.1.3.5	Nodo Extremo ATM Sur (SUR).	170
5.1.3.6	Nodo Extremo ATM Puerto Nuevo (PTO).	171
5.1.3.7	Nodo Extremo ATM Kennedy Norte (KEN).	171
5.1.4	Conexión estrella jerárquica de los nodos extremos ATM.	179
5.2	Asignación de recursos para la red pública ATM de Guayaquil.	185
5.2.1	Asignación de ancho de banda.	185
5.2.2	Asignación de rutas virtuales permanentes.	186
5.3	Administración de la red pública ATM.	188
5.3.1	Requerimientos para la administración.	188

5.4	Protección de la red pública ATM para Guayaquil.	190
5.4.1	Protección contra fallas en el Hardware.	190
5.4.2	Protección lógica.	191
5.4.3	Restauración centralizada.	192
5.5	Requerimientos de los switches centrales y extremos.	193
5.5.1	Switches centrales ATM.	193
5.5.2	Switches extremos.	194
5.6	Requerimientos de la fibra óptica para enlaces directos.	195
5.6.1	Características de la fibra óptica.	198
5.6.2	Interface para fibra monomodo.	198
5.7	Análisis de costos y cronograma de instalación.	200
5.8	Tarifación de los servicios de red ATM.	207

6. APLICACIONES DE LA RED PUBLICA ATM PARA GUAYAQUIL

6.1	Multimedia.	210
6.2	Criterios de diseño para una red multimedia.	210
6.3	Videoconferencia y vídeo en computadoras personales.	213
6.3.1	Sistemas de distribución de video local.	216
6.4	Aplicaciones en la ESPOL.	217
6.4.1	Conexión del Campus Peñas a la red pública ATM.	217
6.4.2	Conexión del Campus Prosperina a la red pública ATM.	220
6.4.3	Videoconferencia intercampus.	221
6.4.3.1	Requerimientos de redes y ancho de banda.	222
6.4.4	Aplicaciones de transmisión de datos interconectando LANs.	224
6.4.4.1	Requerimientos de ancho de banda.	225
6.4.5	Tendencias futuras: acceso remoto a bases de datos.	227
6.5	Costos de aplicaciones para la ESPOL.	232

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	236
ABREVIATURAS	237
BIBLIOGRAFIA	241

INTRODUCCION

Actualmente el intercambio de información es el motor que mueve al mundo puesto que constituye la inspiración y el reto más grande del hombre moderno. A través de los años se han realizado esfuerzos enormes por lograr una de las proezas más significativas del género humano: las comunicaciones en tiempo real. El desarrollo de tecnologías como Frame Relay permitió en cierto grado lograr esa meta, pero la continua ansiedad del hombre por mejorar sus sistemas y poder trasladar más información en forma confiable y rápida, lo llevaron a buscar una arquitectura de comunicación que permitiera manipular cualquier tipo de información (voz, video, datos, etc.) a la vez que manejara tasas de transmisión que sean sumamente altas, brindando servicios de red en tiempo real.

El desarrollo técnico de los medios de comunicación como la fibra óptica, abrió la posibilidad de manejar grandes volúmenes de información. Sin embargo, sin una arquitectura confiable este sueño seguía siendo irrealizable. La tecnología Cell Relay fue la respuesta a las dificultades que se habían planteado y así nace ATM (Modo de Transferencia Asíncronico). El manejo de la información empaquetada en celdas de tamaño fijo hizo de ATM un esquema confiable y muy predecible en comparación con las tecnologías predecesoras.

ATM tiene la posibilidad de manejar la información de cualquier tipo dándoles un tratamiento especial basado en el criterio de calidad de servicio (QoS - Quality of Service). Las tasas de transmisión están en el orden de los Mbits/seg hasta los Gbits/seg. Tan significativo es esto que algunos autores se refieren a esta cualidad como "La Velocidad ATM".

Esta nueva tecnología abre un sin fin de aplicaciones. La red de redes Internet, ahora si dispondrá de una superautopista que llevará toda su información hasta los extremos más alejados del planeta.

Cabe preguntarse, ¿qué más puede ofrecer ATM? ; además de un ilimitado grupo de aplicaciones y servicio no es fácil saberlo, pero es seguro que esta tecnología está en su etapa inicial y madurará hasta demostrar todo su potencial en beneficio del hombre.

CAPITULO I

FUNDAMENTOS DE ATM: CONMUTACION, MANEJO DE TRAFICO Y NETWORKING.

1.1 REDES DE TRANSMISION RAPIDA

Las tecnologías emergentes se basan en la idea de despachar o transmitir paquetes tan rápido como sea posible. Estas tecnologías se conocen como "Fast Packet Relay" o "Fast Packet Switching" ("Transmisión Rápida de Paquetes" o "Conmutación Rápida de Paquetes"). La tecnología Fast Relay se presenta en dos formas: Frame Relay y Cell Relay. La figura 1.1 muestra la relación entre estos dos sistemas.

Frame Relay utiliza un tamaño variable de unidad de datos de protocolo PDU (Protocol Data Units) denominados tramas (frames). Esta tecnología se basa en el procedimiento de acceso al enlace por el canal D (LAPD) el que se utiliza en los sistemas de servicios integrados de redes digitales ISDN (Integrated Services Digital Networks). LAPD es el formato básico para la transmisión de datos a través de circuitos virtuales permanentes PVCs (Permanent Virtual Circuits).

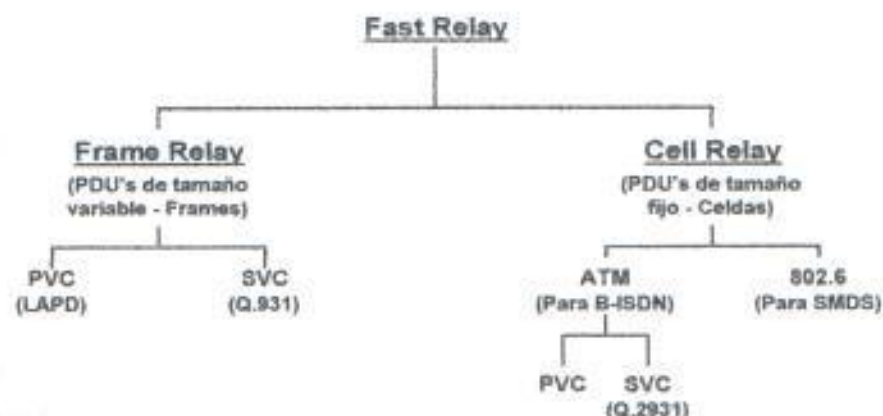


Figura 1.1 Tipos de sistemas de transmisión de paquetes.

Recientemente una versión modificada de ISDN llamada Q.931 se ha introducido en la industria para formar una base para los circuitos virtuales conmutados SVCs (Switched Virtual Circuits).

Por otro lado Cell Relay utiliza longitudes fijas de PDUs llamadas celdas. Cada celda consta de 48 bytes de información más 5 bytes de cabecera (53 bytes en total), aunque en ciertas circunstancias se utilizan diferentes tamaños de celdas. Cell Relay puede soportar la transmisión y recepción de aplicaciones como: voz, datos y video, lo que hace que sea de particular interés para compañías que han implementado diferentes tipos de redes para múltiples aplicaciones. El uso de celdas de longitud fija hace más predecible el manejo de tráfico con relación a las tramas de longitud variable. El retardo de transmisión es más predecible ya que los buffers pueden manejar longitudes fijas de celdas en contraste con los que manejan longitudes variables, por lo tanto el hardware es más sencillo de implementar.

1.2 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS (ISDN)

ISDN es la interface pública para telefonía y telecomunicaciones que integra datos, voz y señales de vídeo en una línea digital. El enfoque de ISDN es el de proveer al usuario final el soporte para varios tipos de aplicaciones operando sobre las tres primeras capas del modelo OSI. La capa física ISDN puede usar una interface de velocidad básica BRI (Basic Rate Interface) y una interface de velocidad primaria PRI (Primary Rate Interface).

La interface de velocidad básica consta de dos canales de 64 Kbps. para la transmisión de datos llamados canales portadores o canales "B", más un canal "D" de 16 Kbps. que proporciona la señalización para los canales "B". Los canales de la interface de velocidad primaria están a disposición de los abonados de ISDN que necesitan un rendimiento adicional. Se basan en la velocidad DS1 de 1,544 Mbps. e incluye 23 canales B y un canal D de 64 Kbps.

1.3 RED DIGITAL DE SERVICIOS INTEGRADOS DE BANDA ANCHA (B-ISDN)

La red digital de servicios integrados de banda ancha (B-ISDN) es una recomendación de la CCITT que define las transmisiones de datos, voz y video que operan en el rango desde los megabits hasta los gigabits. Las interfaces de abonados de B-ISDN operan sobre cables de fibra óptica que conectan todo el trayecto hasta el usuario. El cableado de par trenzado actual no es apropiado para las altas velocidades de transmisión disponibles con B-ISDN. Las velocidades superan en mucho los servicios ISDN de banda estrecha. La oferta inicial de B-ISDN está en el rango de los 150 a los 600 Mbps.

B-ISDN se creó para superar algunas de las limitaciones de ISDN. Las conexiones ISDN son adecuadas para usuarios domésticos y de negocios pequeños; B-ISDN se diseñó para aplicaciones de alta velocidad tales como conexiones con redes de área extensa, videoconferencia y transmisiones científicas o médicas. B-ISDN requiere de una red que pueda manejar volúmenes de información en el orden de los megabits y gigabits. Precisamente los servicios de las compañías de telecomunicaciones introducen este tipo de red que tienen como base una red de transporte óptica SONET/SDH (Synchronous Optical Network/Synchronous Digital Hierarchy) y un servicio de conmutación ATM o Modo de Transferencia Asíncrona (Asynchronous Transfer Mode), como se muestra en la figura 1.2.

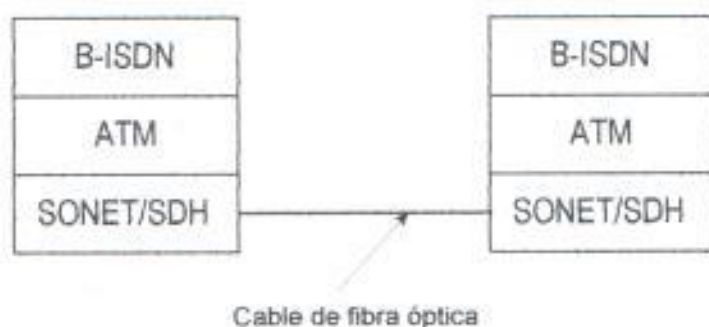


Figura 1.2 Redes de Transporte y Conmutación B-ISDN.

Los protocolos SONET/SDH constituyen el transporte físico para B-ISDN. Es una norma de conexión de red basada en fibra óptica que define una jerarquía de velocidades de transmisión y formatos de tramas de datos.

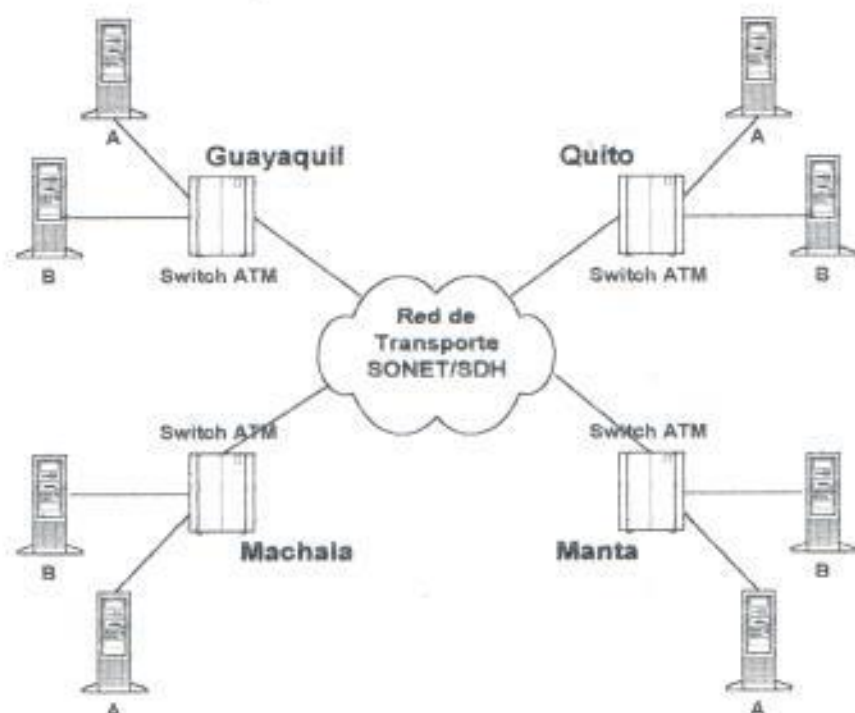


Figura 1.3 ATM y SONET/SDH

ATM es la tecnología de conmutación para B-ISDN y proporciona acceso a los usuarios de B-ISDN con la red de fibra óptica SONET/SDH como se muestra en la figura 1.3. La información que se recibe en el nivel ATM se coloca en paquetes de longitud fija, se direcciona y se transmite sobre la red SONET/SDH. ATM conmuta estos paquetes a velocidades muy altas entre los enlaces pertenecientes a la red SONET/SDH. Aprovecha todas las ventajas de las velocidades de transmisión disponibles en los cables de fibra óptica. ATM puede procesar todo tipo de información, inclusive el vídeo de longitud variable y las ráfagas de las redes de área local.

1.4 ATM Y EL MODELO OSI

En ATM se definen las siguientes capas: la capa física, la capa ATM y la capa de adaptación ATM (AAL-ATM Adaptation Layer). Como se observa en la figura 1.4 el tráfico pasa de una a otra capa por medio de los SAPs (Service Access Points). Estos SAPs o puntos de acceso al servicio permiten que diferentes capas en la misma entidad interactúen entre ellas.

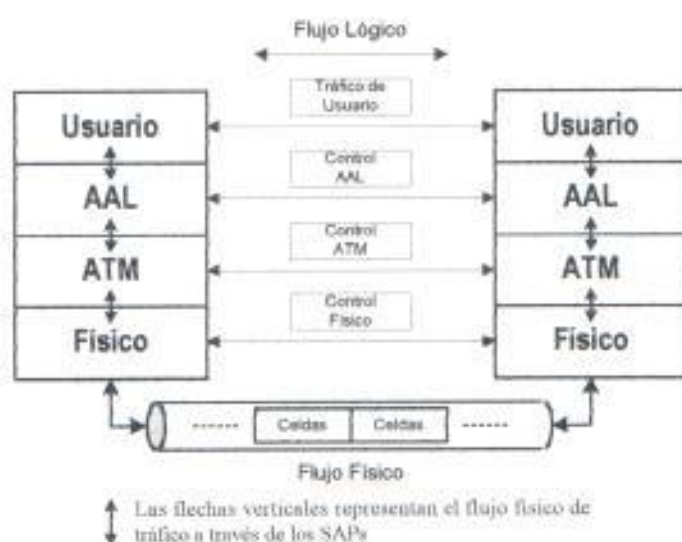


Figura 1.4 Relación de las capas ATM con el modelo OSI.

La capa de usuario contiene las diferentes aplicaciones y protocolos de las capas superiores. Esta capa contiene los protocolos para el control de la comunicación tales como administradores de red y otros protocolos para la configuración de una conexión entre el usuario y una red ATM.

La capa AAL no tiene relación directa con alguna de las capas del modelo OSI, ya que posee características de las capas 4, 5 y 7. Su operación depende de la naturaleza de la aplicación que soporta, comportándose diferente al procesar distintos tipos de tráfico. AAL es responsable de segmentar el tráfico de usuario en SDUs (Service Data Unit) de 48 bytes.

La capa ATM es responsable de agregar y procesar la cabecera de 5 bytes de las celdas, además realiza cierto tipo de control de flujo entre las estaciones y procesa varios campos en la cabecera de la celda. La capa ATM tiene las propiedades de las capas 2 y 3 del modelo OSI.

La capa física puede implementarse con diferentes tipos de interfaces y protocolos ya que ATM no requiere ningún tipo especial de capa física. Sin embargo la ITU-T y el ATM Forum han publicado especificaciones para el uso de fibra óptica, par trenzado y otros.

1.5 ATM Y EL MODELO B-ISDN

El modelo de referencia B-ISDN (ver figura 1.5) se basa en el modelo OSI y en los estándares ISDN. La capa física puede tener diferentes medios a pesar de que la ITU-T ha fomentado el uso de ATM con tecnologías SDH/SONET. El modelo B-ISDN contiene tres planos:

- El *plano de usuario* que es responsable de la transferencia de información, control de flujo y recuperación de operaciones.
- El *plano de control* que es responsable de establecer las conexiones de red y administrar las mismas. También realiza la liberación de esas conexiones. El plano de control no es necesario en PVCs (Permanent Virtual Circuits).
- El *plano de administración* tiene dos funciones:
 - *Administración de planos*: El administrador de planos no posee una estructura de capas, pero es responsable de la coordinación de todos los planos.

- *Administración de capas:* El administrador de capas es responsable de la administración de entidades en las capas y de la ejecución de operaciones y mantenimiento de servicios.



Figura 1.5 Modelo de referencia ATM y B-ISDN

Los tres planos descritos se muestran en la figura 1.6 con el posicionamiento de posibles protocolos en las diferentes capas. El modelo B-ISDN define a SDH para la capa física aunque en la figura se muestran otras alternativas.

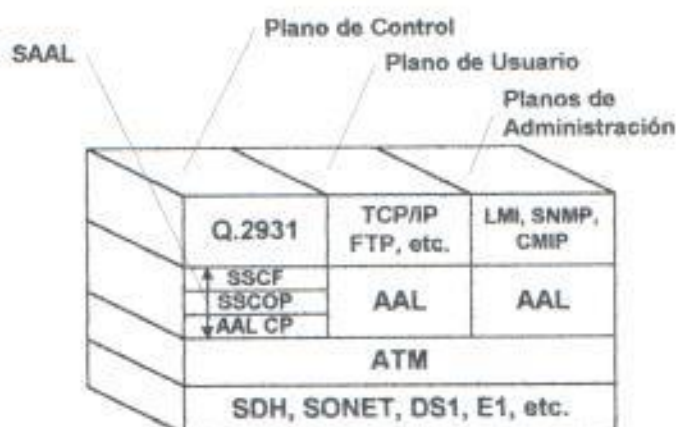


Figura 1.6 Posicionamiento de protocolos en las capas B-ISDN.

Del lado izquierdo de la figura 1.6 se encuentra el plano de control que contiene el protocolo de señalización Q.2931 (una variación de Q.931) que se usa para

establecer conexiones en la red ATM. La capa bajo Q.2931 es la capa SAAL (Signaling ATM Adaptation Layer). SAAL soporta el transporte de mensajes Q.2931 entre dos dispositivos conectados a SVCs (Switched Virtual Circuits) ATM. Dentro de la capa SAAL se encuentran tres capas más:

- AAL CP (AAL Common Part) la que detecta tráfico en mal estado.
- SSCOP (Service Specific Connection-Oriented Part) encargada de soportar tráfico de longitud variable a través de la interface.
- SSCF (Service Specific Coordination Function) que provee una interface para la capa más alta, en este caso, Q.2931.

El plano de usuario contiene protocolos específicos de aplicación tales como TCP/IP o FTP. La invocación del plano de usuario se realiza sólo si el plano de control ha establecido la conexión con éxito o ya existía la conexión.

El plano de administración provee de los servicios de administración requeridos, y se implementa con la interface de administración local ATM, LMI (Local Management Interface).

1.6 MODO DE TRANSFERENCIA ASINCRONICO (ATM)

ATM es una tecnología de conmutación que combina la confiabilidad de los circuitos conmutados (Circuit Switching) con la eficiencia de los paquetes conmutados (Packet Switching), dando el mejor servicio para entregar todo tipo de tráfico. ATM segmenta los paquetes en celdas de 53 bytes (octetos) de los cuales 5 están reservados para la cabecera de la celda. Cada celda se reconoce por medio de un identificador de circuito virtual el que reside en la cabecera. La red ATM utiliza estos identificadores para la transmisión a través de conmutadores

(switches) de altas velocidades y bajos retardos. Esta tecnología es aplicable tanto en redes de área amplia como en redes privadas (redes para Campus), creándose el concepto de redes TAN (Total Area Network).

ATM no realiza operaciones de detección de error sobre la información dentro de la celda, tampoco provee de servicios de retransmisión y sólo se ejecutan unas pocas operaciones en la cabecera. ITU-T, ANSI y el ATM Forum han seleccionado ATM como parte de B-ISDN para proveer a esta última de las operaciones de multiplexación y conmutación. El término asincrónico se refiere a que las celdas pueden ser transmitidas en cualquier momento sin estar sujeto a un período sincrónico básico. Las celdas pueden ser transportadas en una red sincrónica dependiendo de las necesidades de aplicación.

1.6.1 VPI y VCI

Las conexiones ATM se realizan por medio de identificadores de conexión, los que se asignan a cada usuario conectado a la red ATM. VPI (Virtual Path Identifier) y VCI (Virtual Channel Identifier) son los identificadores que se encuentran en la cabecera de la celda. Los dos valores juntos constituyen el identificador de circuito virtual. Estos valores se asignan al usuario cada vez que este realiza una sesión con la red o cuando un usuario se conecta a través de un circuito virtual permanente o PVC. Los valores VPI y VCI son examinados por los conmutadores para determinar la ruta que deberá seguir la celda en la red. Estos valores son similares a los identificadores de conexión de enlace de datos DLCIs (Data Link Connection Identifiers) usados en redes Frame Relay y los números de canal lógico LCNs usados en redes X.25.

Los servicios ATM vienen como circuitos virtuales permanentes PVC o como circuitos virtuales conmutados SVC. En algunas especificaciones ATM el término SVC no se usa, en su lugar se adopta el término "conexión sobre demanda".

1.6.2 CELDAS ATM

Los PDUs ATM se llaman celdas, estas celdas tienen 53 octetos de longitud, de los cuales 5 octetos pertenecen a la cabecera que coloca la capa ATM, y los 48 restantes a la capa AAL.

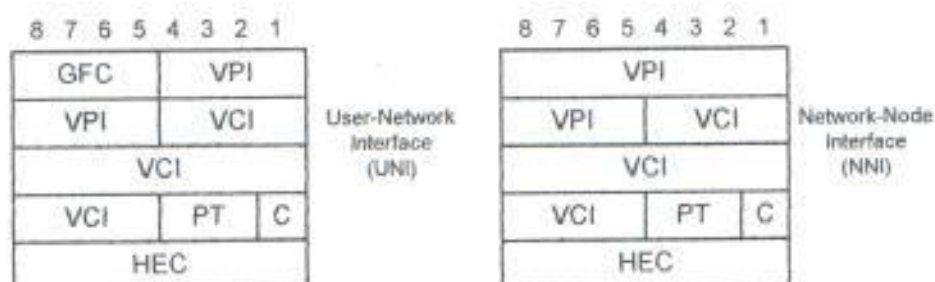


Figura 1.7 Cabecera de las celdas ATM

La descripción de las variables que aparecen en los dos tipos de celdas es la siguiente:

- VPI: Virtual Path Identifier.
- GFC: Generic Flow Control.
- VCI: Virtual Channel Identifier.
- PT: Payload Type.
- CLP: Cell Loss Priority.
- HEC: Header Error Control.

Como se muestra en la figura 1.7, la cabecera para el SDU de una interface UNI es ligeramente diferente a una cabecera de interface NNI. Varios funciones de operación, administración y mantenimiento (OAM) operan solamente en la interface UNI. Un campo de control de flujo se define para el tráfico que atraviesa esta interface UNI, pero no en la NNI. Este campo de control de flujo se llama Control de Flujo Genérico GFC. Si el GFC no se usa entonces este campo es configurado con ceros.

La mayoría de los valores en los 5 octetos consisten en VPI y VCI. Con 8 bits para VPI y 16 bits para VCI en el caso de la interfaz UNI, y 12 bits para VPI y 16 bits para VCI en el caso de la NNI. El tipo de carga PT identifica el tipo de tráfico que hay en la celda. La celda podría contener tráfico de usuario, tráfico de administración o de control. Al mismo tiempo se utiliza para notificar problemas de congestión en la red.

El campo de prioridad CLP posee un solo bit. Si CLP se configura con 1, la celda esta sujeta a ser descartada por la red en caso de congestión; por el contrario si CLP es configurado con 0 entonces tendrá la máxima prioridad y será tratada con más cuidado que la celda con valor 1.

El campo HEC realiza el control de errores y sólo corrige un bit errado. Este se calcula sobre los 5 octetos de la cabecera y no sobre los 48 octetos del usuario.

1.6.3 INTERFACES ATM

En la figura 1.8 se puede apreciar las diferentes interfaces que se definen para una red pública y privada. Así tenemos los siguientes:

- **UNI (User to Network Interface).** Este protocolo define los procedimientos para la operación entre el equipo de usuario y el nodo ATM. Existe dos formas de UNI, la UNI pública y la UNI privada. La diferencia fundamental está en la comunicación física entre dispositivos. Para UNIs privadas se podría tener enlaces con fibra o con cable trenzado, para una UNI pública se podría implementar SONET/SDH, DS3 o E4.
- **NNI (Network to Network Interface).** Se encarga de los procedimientos de operación entre redes ATM; y puede presentarse como interface pública o privada.

- **ICI (Intercarrier Interface).** Es un protocolo Internet, y como tal define operaciones y procedimientos entre redes.
- **DXI (Data Exchange Interface).** Ha sido desarrollada por el ATM Forum para proveer un estándar de procedimiento de interfaces para los equipos o nodos ATM. Es un protocolo muy simple y permite una sencilla migración hacia ATM.

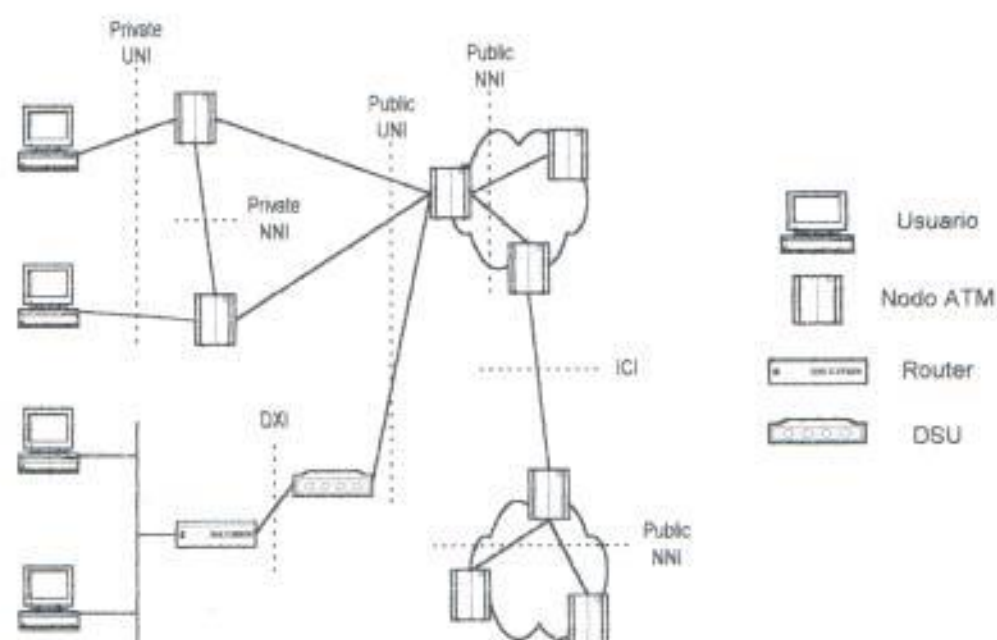


Figura 1.8 Interfaces ATM

1.6.4 SEÑALIZACION

En un principio ATM enfocaba sus esfuerzos en la implementación de circuitos virtuales permanentes (PVC) como un servicio disponible en cualquier momento para el usuario. El ATM Forum ha desarrollado un consenso para permitir conexiones bajo demanda. Como en toda conexión bajo demanda se establecerá una sesión entre usuarios que necesiten comunicarse a través de una red ATM,

entonces estos requerirán procedimientos de conexión y procedimientos de desconexión de la red. En caso de una falla en la red, las sesiones de conexión bajo demanda no se restablecerán automáticamente. Una conexión bajo demanda simplemente significa que la interface UNI de ATM soportará conexiones de canales conmutados punto a punto y conexiones punto multipunto.

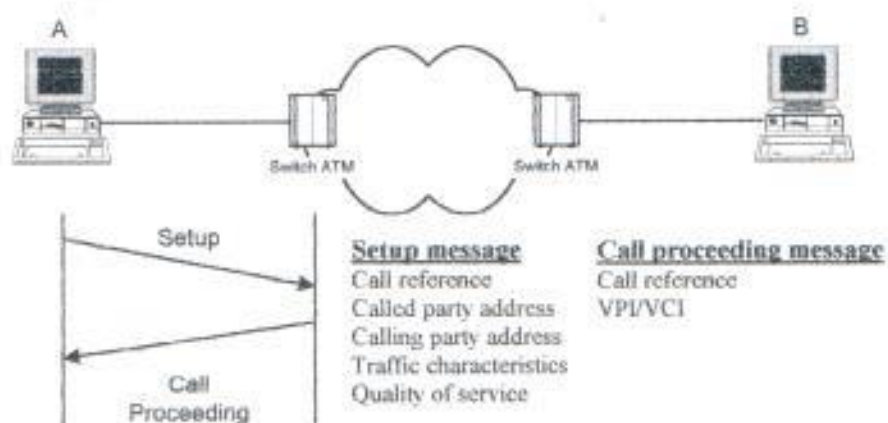


Figura 1.9 Establecimiento de llamada I.

Asumiendo que A desea comunicarse con B como se indica en la figura 1.9, primero se enviará un mensaje para establecer la llamada (Setup) sobre el canal de señalización. Este mensaje lleva la dirección del usuario al que se llama, la dirección del usuario que realiza la llamada, las características de tráfico, y la calidad del servicio que se demanda. Debido a que es posible tener muchas conexiones procesándose en un momento determinado a través del mismo enlace se deberá tener algún tipo de identificador para la llamada en cuestión.

El primer switch simplemente reconoce la llamada y asigna un valor VPI/VCI a la conexión; en este punto la conexión no existe realmente, no se puede usar para la comunicación, pero el terminal reconoce el valor VPI/VCI asignado. La red chequea sus recursos y busca una ruta para tratar de encontrar un camino para poder establecer una conexión con el destino.

La red retorna un mensaje "Call Proceeding" al usuario que realizó la llamada, y envía un mensaje "Setup" al usuario al que se le llama y espera por éste para que envíe un mensaje "Call Proceeding", como se muestra en la figura 1.10.

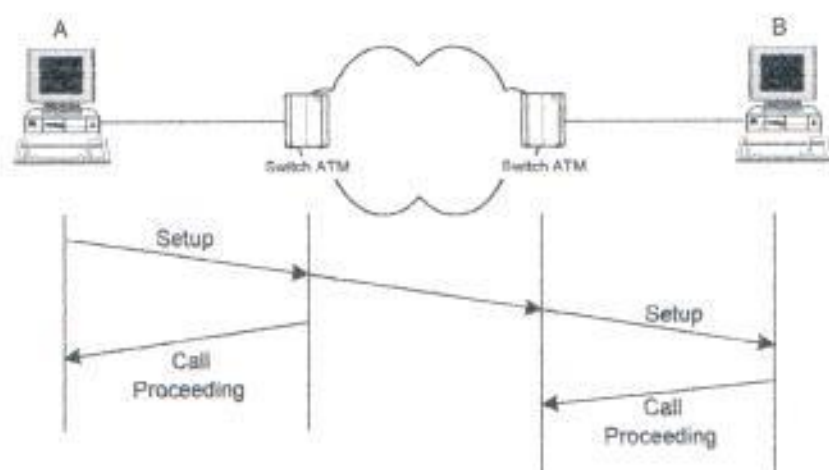


Figura 1.10 Establecimiento de llamada II.

El mensaje "Call Proceeding" se usa para indicar que la llamada ha sido inicializada y no se establecerán más llamadas. Si el usuario al que se llama acepta la llamada, responderá enviando a la red un mensaje "Connect". Este mensaje connect se enviará al usuario que realiza la llamada. El mensaje "Connect" contiene parámetros parecidos a los del mensaje "Setup" tal como la llamada de referencia, el tipo de mensaje y otros identificadores creados como resultado de la información elemental en el mensaje "Setup" original.

Una vez recibido el mensaje "Connect", el usuario que realiza la llamada envía un mensaje "Connect Acknowledge" al usuario destino. El usuario puede realizar una operación de desconexión. Para hacer esto se requiere que envíe a la red el mensaje "Release". El efecto de este mensaje es el de limpiar la conexión entre los extremos y la red. Este mensaje sólo contiene la información básica para identificar a este mensaje que atraviesa la red (ver figura 1.11)

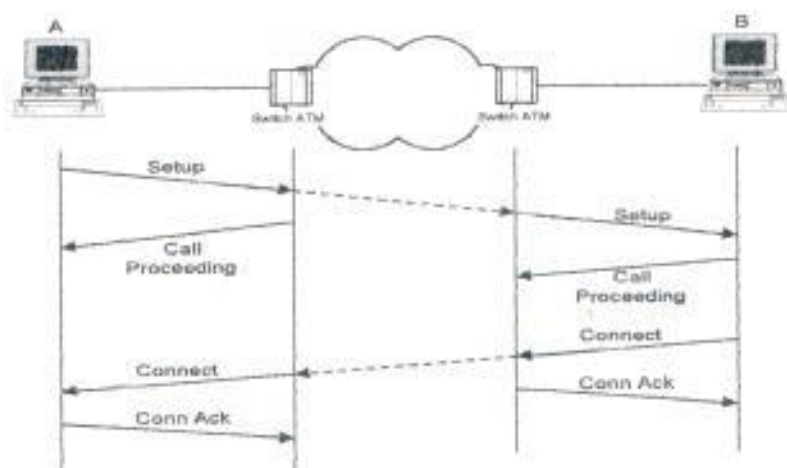
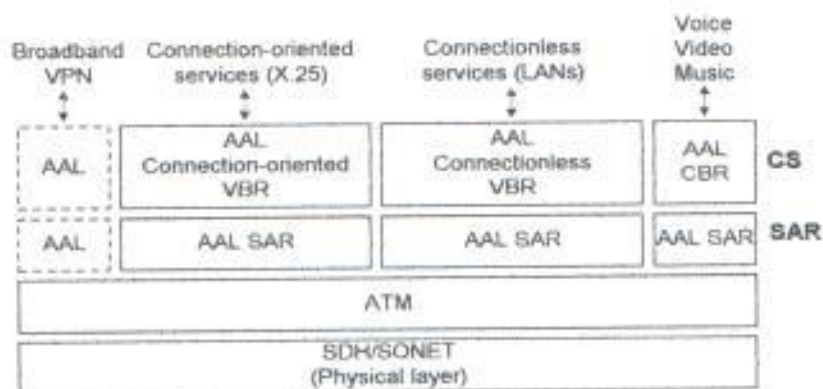


Figura 1.11 Establecimiento de llamada III

1.7 CAPAS ATM

ATM provee funciones convergentes en su capa de adaptación ATM (AAL) para aplicaciones orientadas y no orientadas a la conexión a velocidad variable VBR (Variable Bit Rate), y aplicaciones de voz y video a velocidad constante CBR (Constant Bit Rate). Una forma conveniente de pensar en la capa AAL es que se encuentra dividida en dos subcapas como se muestra en la figura 1.12.



Nota: Los cuadros con líneas punteadas significan que los servicios AAL pueden no ser necesarios.

AAL: ATM adaptation layer
 CBR: Constant/continuous bit rate.
 VBR: Variable bit rate.
 SAR: Segmentation and reassembly.
 SDH: Synchronous Digital Hierarchy.
 SONET: Synchronous Optical Network.

Figura 1.12 Capas ATM

La subcapa de segmentación y reensamblaje SAR (Segmentation and Reassembly), es responsable de procesar los PDUs de diferentes tamaños y transformarlos en celdas para su transmisión, las que al llegar al lugar remoto de destino se vuelven a ensamblar en PDUs. La otra capa se llama subcapa de convergencia CS (Convergence Sublayer) y su función depende del tipo de tráfico que este procesando (voz, video, datos). La capa física define todos los parámetros eléctrico/ópticos relacionados con la transmisión de celdas por medio del protocolo SONET/SDH.

1.7.1 RELACION ENTRE AAL, ATM Y LA RED

La capa AAL es responsable de actuar como interface entre las aplicaciones de usuario y la capa ATM. AAL tiene la tarea de soportar diferentes tipos de operaciones de usuario tales como voz, video y datos como se muestra en la figura 1.13.

El tráfico se segmenta en la capa AAL en PDUs de 48 octetos; estos PDUs no sólo contienen información de usuario, sino que también contienen cabeceras y en algunos casos colas dependiendo del tipo de tráfico.

La capa ATM se encarga de agregar la cabecera de 5 octetos al PDU de 48 bytes proveniente de la capa AAL.

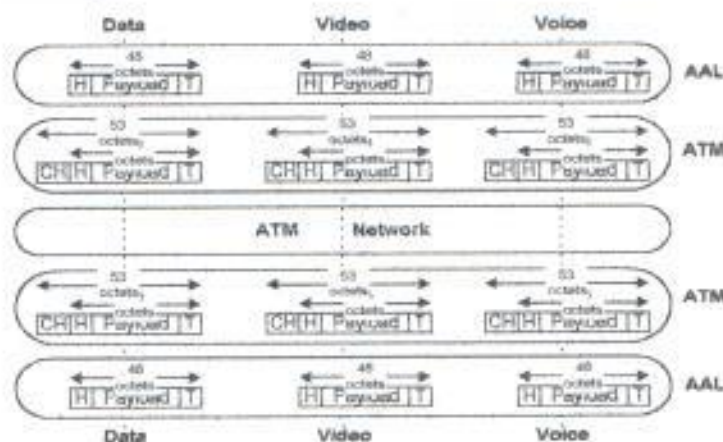


Figura 1.13 Relación entre AAL, ATM y la red ATM.

La red ATM procesa la cabecera para direccionar la celda hacia su lugar de destino donde la cabecera y el PDU son procesados por las capas físicas, ATM y AAL. La capa AAL y las capas superiores a esta no se invocan mientras la celda pasa a través de la red ATM como se muestra en la figura 1.14, lo que hace que las cabeceras de las capas superiores sean transparentes a la red. AAL se presenta en los puntos finales para ensamblar el tráfico proveniente de la red.

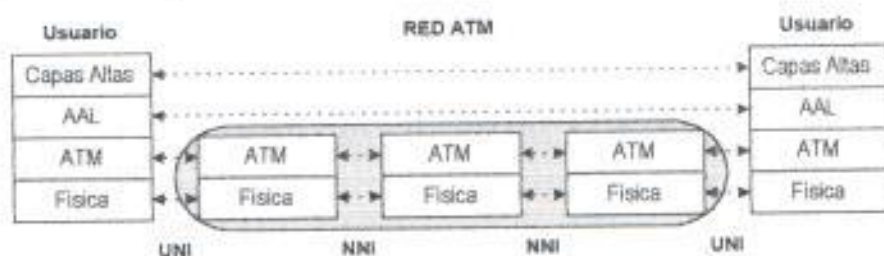


Figura 1.14 Relación entre las capas de usuario y de red.

1.7.2 CLASES DE TRAFICOS

La capa AAL se organiza alrededor del concepto llamado **calidad de servicio** (QoS). La clasificación de los diferentes servicios definidos por la capa AAL es la siguiente:

- **Clase A**

Tasa constante de bit (CBR)

Conexión orientada, CBR para video

Relación de tiempo entre la fuente y el destino: requerido

- **Clase B**

Tasa variable de bit (VBR)

Conexión orientada, VBR para video

Relación de tiempo entre la fuente y el destino: requerido

- **Clase C**
Tasa variable de bit (VBR)
Conexión orientada
Relación de tiempo entre la fuente y el destino: no requerido
- **Clase D**
Tasa variable de bit (VBR)
Conexión no orientada
Relación de tiempo entre la fuente y el destino: no requerido
- **Clase X**
Tipo de tráfico y requerimientos de tiempo definidos por el usuario.

1.7.3 AAL TIPO 1

Define los requerimientos para conexiones permanentes con tráfico sensible a los retardos, establecido por el servicio CBR. El término tasa de bit constante significa que el flujo es constante y sincronizado entre el transmisor y el receptor.

1.7.4 AAL TIPO 2

AAL 2 se usa para los servicios orientados a conexión que soportan aplicaciones de tráfico VBR donde se requiere una relación de tiempo entre la fuente y el destino. Este tipo de AAL es apropiado para las aplicaciones de video y voz.

1.7.5 AAL TIPO 3 Y TIPO 4

AAL 3 se usa en servicios orientados a conexión con tráfico VBR. Este servicio de datos no requiere mantener ninguna relación de sincronización entre la fuente y el destino. AAL 4 se usa para servicios no orientados a conexión con tráfico VBR.

1.7.6 AAL TIPO 3/4

AAL 3 y AAL 4 fueron combinados por sus similitudes. AAL 3/4 soporta servicios orientados y no orientados a la conexión. Este es el tipo de servicio preferido para la transmisión de paquetes SMDS sobre redes ATM.

1.7.7 AAL TIPO 5

AAL 5 soporta servicios orientados a la conexión VBR. El propósito de AAL 5 es proveer una guía para transportar los protocolos de las capas superiores sobre ATM. AAL 5 utiliza bajo ancho de banda para la cabecera y no es un servicio sensible a variaciones de tiempo y además no se reserva ancho de banda para sus aplicaciones. Es apropiado para la transferencia de datos (X.25, SNA).

1.8 CONMUTACION ATM

Uno de los elementos más importantes en una red ATM son los switches y la característica más relevante de éstos, es cuan rápido transmiten celdas (sin pérdidas de celdas). ATM debe aceptar tráfico asincrónico y sincrónico así como tráfico orientado y no orientado a la conexión. El retardo de cola (encolamiento) y el retardo de conmutación se debe minimizar para que la red ATM funcione correctamente, manejando entradas y salidas a altas velocidades. Consecuentemente el switch ATM requiere un procesador capaz de soportar puertos de alta velocidad, además de capacidad de conmutación de por lo menos 2 Gbps.

El switch ATM debe recibir en todo momento tráfico impredecible, por esta razón estará habilitado para ajustarse a las condiciones cambiantes de red.

1.8.1 RUTEO

Los canales virtuales pasan a la red a través de multiplexores y switches. Se usan dos tipos de switches para la multiplexación/demultiplexación y ruteo de tráfico (ver la figura 1.15): el switch de ruta virtual y de canal virtual. Un switch de ruta virtual sólo requiere examinar la parte de la cabecera llamada VPI para realizar la multiplexación/demultiplexación y el ruteo de las celdas. Esto mejora el tiempo de respuesta del switch, ya que no requiere que se verifique todo el campo de ruteo. Los switches de canal virtual, deben examinar todo el campo de ruteo, es decir todo el valor VPI/VCI.

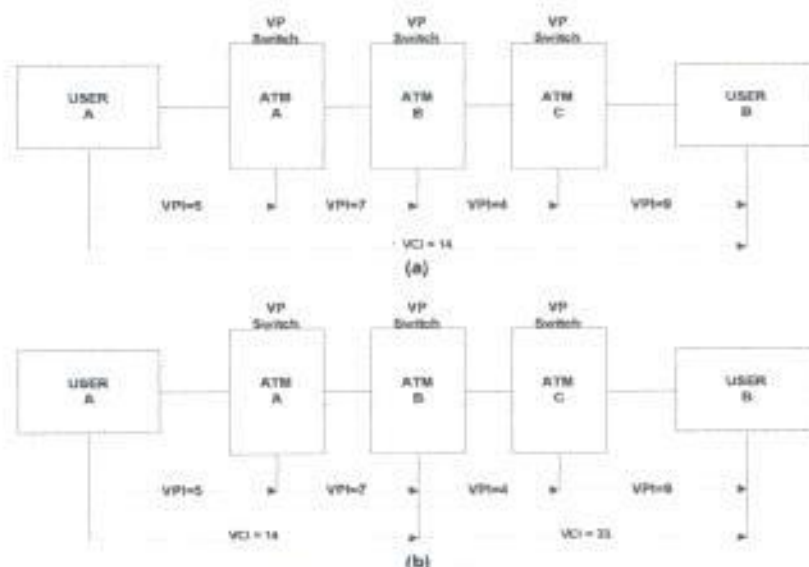


Figura 1.15 Switch ATM: Switch de ruta virtual y de canal virtual

En la figura 1.15-b existen dos conexiones de ruta virtual, desde el usuario A hasta el switch ATM B y desde éste hasta el usuario B. Se podría pensar en las conexiones de rutas virtuales como en líneas dedicadas usadas para la conexión entre nodos. Un nodo puede usar el identificador VCI sobre cualquier conexión de ruta virtual; también existen las conexiones de rutas virtuales entre los usuarios y la red, y dentro de la red misma.

La figura 1.16 proporciona un ejemplo de como los VPIs y VCIs se trasladan y mapean en el switch. Se muestra un ejemplo de conmutación VPI. Los VCIs se

trasladan sin cambios a través del switch, y los VCIs 14 y 15 se mantienen empaquetados en un VPI. El VPI 7 que llega, es trasladado hacia el VPI 4 de salida, pero los valores de VCI no son alterados. En contraste, en el ejemplo b tanto los VPIs como los VCIs son trasladados y mapeados a diferentes valores.

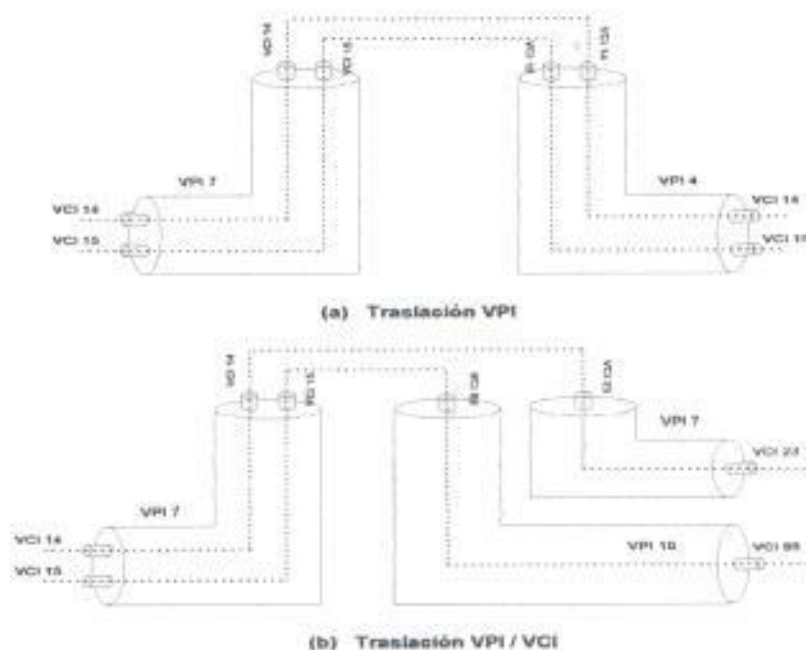


Figura 1.16 Conmutación VPI y VCI

1.8.2 CONMUTACION DE ESPACIO Y DE TIEMPO

La definición de conmutación abarca dos dominios: conmutación de espacio y conmutación de tiempo (ver la figura 1.17). En cualquier caso el objetivo de la operación es transportar tráfico de un puerto de entrada a un puerto de salida; visto con un enfoque funcional, un switch transporta tráfico desde n entradas hacia m salidas. La función del switch ATM es similar a los sistemas de conmutación clásico en que el tráfico se traslada físicamente de los puertos de entrada a puertos de salida. Este concepto es llamado conmutación de espacio en

el sentido de que son requeridas diferentes líneas de entrada y diferentes líneas de salida.

El otro dominio se llama conmutación de tiempo (mostrado en la figura 1.17-b y ha sido muy utilizado en switches TSI (Time Slot Interchange). En el conmutación de tiempo la información y los tiempos de slots se conmutan a diferentes slots desde la entrada hacia la salida. La diferencia con ATM es que el tiempo de slot no existe para propósitos de identificación tal como en un switch TDM. Los slots son identificados por una etiqueta ATM (VCI/VPI). Ya que los switches ATM no usan la operación TSI, es posible que la trama de los switches puedan contender (pelear) con otras tramas por el mismo tiempo de slot. Por esto ATM usa cola (Buffers) para aminorar este problema.

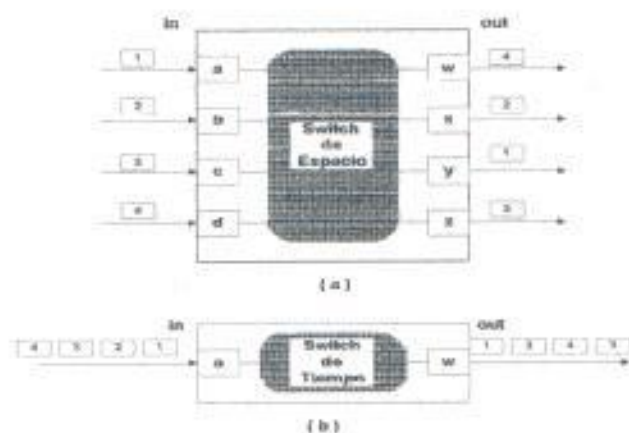


Figura 1.17 Conmutación de espacio y de tiempo

En el manejo de celdas, un switch debe considerar dos clases de prioridades: la primera, apunta a la prioridad de tiempo. Esta debe acomodar las celdas de acuerdo con los requerimientos de variación de retardos. La segunda, con la prioridad de espacio. Esta debe acomodar las celdas de acuerdo con los requerimientos de variaciones de pérdida.

1.8.3 CONEXION CRUZADA DIGITAL

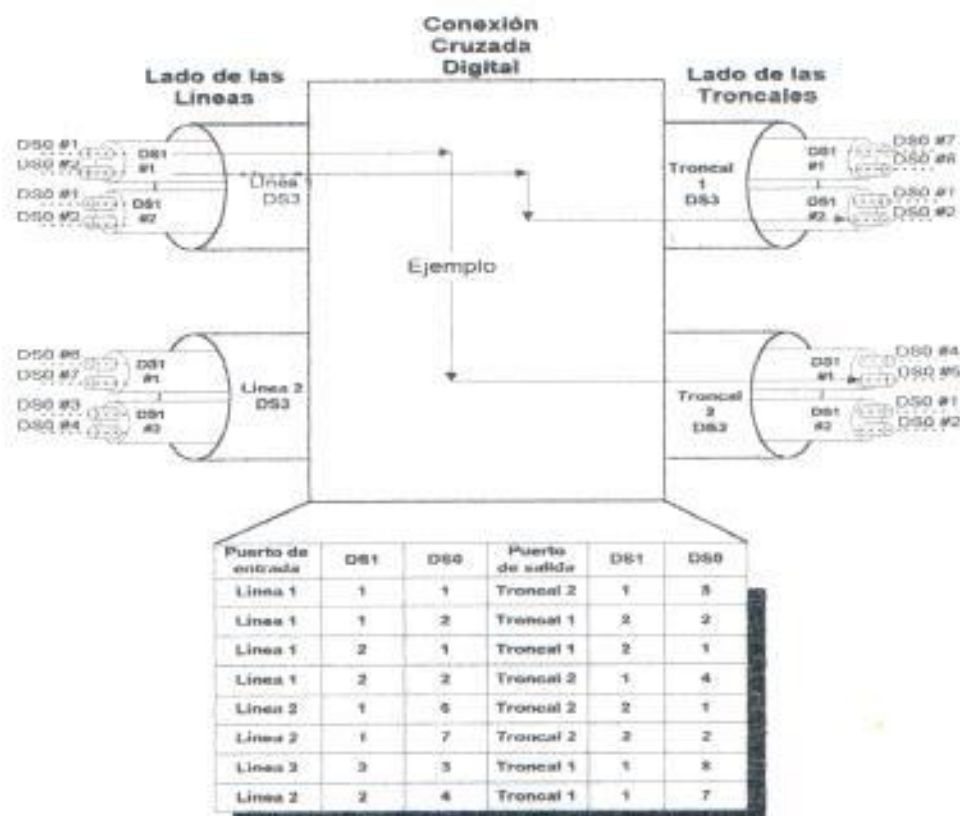


Figura 1.18 Conexión Cruzada Digital

ATM usa algunas de las tecnologías de los actuales equipos de conexión cruzada digital. El switch usa identificadores de líneas y troncales para mapear las conexiones entrantes hacia las salientes. La figura 1.18 muestra el lado de las líneas y el lado de las troncales de un switch de conexión cruzada. Cada canal DS0 de 64 Kbps. esta asociado con un número de línea DS1 y un número de puerto (línea) físico. Una tabla de mapeo relaciona este canal con cada canal de salida. Un circuito digital fin a fin se forma con un conjunto de enlaces DS1 y DS0 en cada interface física entre dos usuarios finales. También se muestra en la figura la tabla de mapeo y dos ejemplos en que se muestra el uso de la tabla de conexión cruzada.

1.8.4 ESTRUCTURA DEL SWITCH

La estructura del switch describe los componentes del equipo, los cuales incluyen su arquitectura de hardware y de software. La figura 1.19 muestra una representación general de la operación de un switch ATM. La máquina ATM recibe una celda sobre un puerto de entrada y lee el valor de VCI/VPI. Este valor debe estar reservado para identificar un usuario final específico por un circuito virtual. Este parámetro también define el puerto de salida para el próximo nodo que recibirá el tráfico.

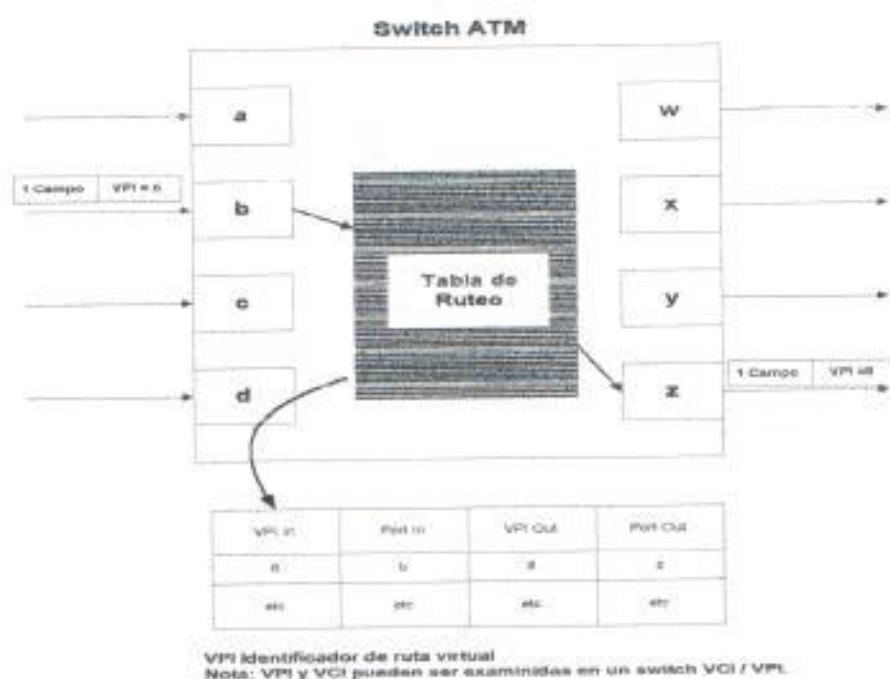


Figura 1.19 Operaciones de Ruteo ATM

El switch ATM analiza una tabla de ruteo, compara el número VPI entrante con el correspondiente puerto de entrada y el número VPI de salida con su correspondiente puerto de salida. La cabecera en la celda de salida se cambia con el nuevo valor de VPI localizado en un campo de la cabecera. El nuevo valor de VPI es usado por el próximo switch ATM para realizar sus siguientes operaciones de ruteo.

Este enfoque requiere que las tablas de ruteo sean establecidas por adelantado, es decir que use operaciones orientadas a conexión. Nada impide una implementación sin conexión para soportar la conmutación dinámica y ruteo dinámico en el caso de problemas, pero ATM está diseñada para trabajar con circuitos virtuales orientados a conexión.

1.8.5 MULTIPLEXION Y MAPEO DE ETIQUETAS

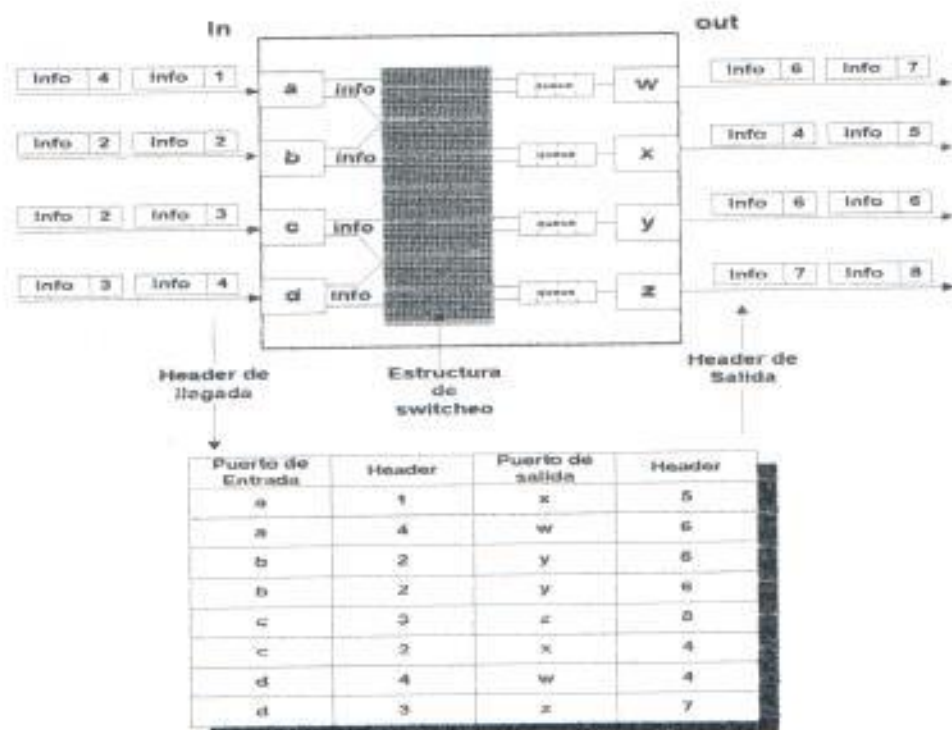


Figura 1.20 Ruteo y traslación de cabecera

Un switch ATM también realiza funciones de multiplexamiento. La información de las entradas son multiplexadas hacia las diferentes salidas. Mientras las celdas se conmutan a través de la estructura del switch desde los puertos de entrada hacia los puertos de salida, sus valores de cabecera se cambian del valor de llegada a un valor de salida. Puede verse en la figura 1.19 que cada cabecera identifica el tráfico de los usuarios aunque los identificadores de circuito virtual pueden ser reusados igualmente si ellos están en diferentes puertos físicos.

La figura 1.20 muestra un switch ATM realizando conmutación de espacio por movimiento de tráfico desde de las entradas a, b, c, d hacia las salidas w, x, y, z. El switch también realiza traslación de cabecera, lo cual algunas veces es llamado conmutación de cabecera. Además muestra el uso de buffers (Buffers de salida) los cuales son usados para asegurar (Al menos la mayor parte del tiempo) que las celdas no lleguen a la misma salida al mismo tiempo.

El esquema compensa las mayores funciones del switch ATM. También muestra como los VPIs en las cabeceras de las celdas se usan para determinar el puerto de salida de la celda que llegó. Por ejemplo, una celda con VPI 1 llega al puerto a. Las operaciones de ruteo revelan que la celda es reflejada al puerto de salida x, y su VPI se cambia a 5. De este ejemplo se nota que las principales funciones del switch ATM: conmutación de espacio, ruteo, multiplexamiento y encolamiento. También realiza mapeo de cabecera (Traslación de header) por mapeo de valores VPI (y posiblemente de valores de VCI).

La figura 1.21 muestra como los VPI/VCI son usados en los switches ATM (Nodos) para iniciar una conexión y crear las tablas de ruteo. En este ejemplo, se crean tres conexiones desde los usuarios originales, por medio del envío de mensajes Q.2931. Estos mensajes contienen información sobre el control de conexión y de llamadas.

En medio del campo del mensaje de requerimiento de conexión Q.2931 hay una dirección de destino, la cual es usada por el nodo ATM para determinar la ruta que será establecida para la conexión. Cada nodo acepta el mensaje, examina la dirección de destino y entonces consulta una tabla de ruteo para determinar el siguiente nodo que deberá recibir el mensaje. Una tabla de ruteo se almacena en cada nodo, la que refleja el estado de la red, el ancho de banda disponible de cada nodo y otras informaciones referentes a la red. Esta es periódicamente actualizada por si las condiciones de la red cambian. El mensaje es recibido por un nodo ATM, éste conoce la mejor ruta para su conexión (O al menos el próximo nodo

vecino). Así cada nodo inicia la llamada y reserva un VPI/VCI para cada conexión. Dado un valor de entrada VPI/VCI se selecciona un valor de VPI/VCI no usado para el puerto de salida. El próximo nodo recibe este valor, selecciona la ruta y cambia los valores de VPI/VCI para los puertos de salida y así sucesivamente hasta llegar a las interfaces UNIs de destino. Este es el trabajo de la red para seleccionar valores que no son usados sobre una misma interface física. Este concepto permite que los valores de VPI/VCI sean reutilizados.

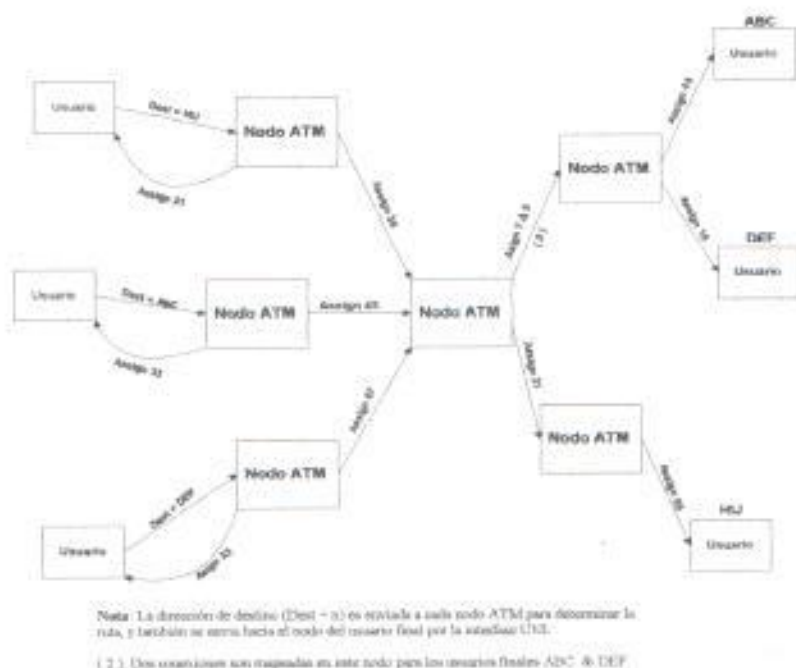


Figura 1.21 Inicialización de la ruta a través de los switches ATM

Después de que la conexión se establece, sólo los valores de VPI/VCI son necesarios, no las direcciones de destino. La figura 1.21 muestra que los usuarios originales no dan a la red un VPI/VCI en la UNI original. La red asigna esos valores para el usuario, después de que la conexión es completada y verificada a través de la red desde el usuario original hasta el punto final. Esta descripción varía, pero la especificación de ATM Forum requiere que la red tome la responsabilidad para asignar los VPI/VCI.

1.9 MANEJO DE TRAFICO

ATM es una tecnología que soporta una amplia variedad de servicios y aplicaciones, el control de manejo de tráfico es fundamental para que la red ATM pueda proveer la calidad de servicio apropiada para las diferentes aplicaciones que brinda. El manejo de tráfico busca proteger a la red y a los sistemas finales de la congestión por medio del uso eficiente de los recursos de la red.

1.9.1 ARQUITECTURA DE SERVICIOS ATM

Las redes de conmutación de celdas poseen conceptos sofisticados de administración de tráfico. Estos conceptos establecen nuevos servicios a la red con diferentes calidades de servicios característicos y diferentes tarifas. Ejemplos particulares son los servicios de demanda de ancho de banda para periodos de tiempo limitado o servicios de razón de bit disponibles.

La calidad de los diferentes servicios se definen en el contrato de tráfico para cada circuito virtual, sea este conmutado o permanente. La idea básica es soportar los servicios de redes tradicionales (lineas dedicadas, X.25, acceso a internet) y al mismo tiempo ofrecer nuevos servicios tales como servicios de emulación de circuitos permanentes y por demanda (Circuit Emulation Service-CES), servicios de Frame Relay (Frame Relay Service-FRS) y adicionalmente los servicios nativos ATM.

1.9.2 PARAMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO NEGOCIABLES Y NO NEGOCIABLES

Un concepto importante en ATM es la definición de los parámetros para la calidad de servicios que se ofrecerán entre los usuarios finales, así como la definición del tráfico para cada circuito virtual permanente o conmutado en la capa ATM. Los parámetros negociables para la calidad del servicio son:

- CDV (Peak to Peak Cell Delay Variation): Variación de retardo de celda pico - pico.
- MaxCTD (Maximum Cell Transfer Delay): Máximo retardo de transferencia de celda.
- CLR (Cell Loss Ratio): Razón de pérdida de celda.

Los parámetros no negociables son:

- CER (Cell Error Ratio): Razón de error de celda.
- SECBR (Severely Errored Cell Block Ratio): Razón de error severo en bloques de celda.
- CMR (Cell Misinsertion Rate): Tasa de mal inserción de celda.

Para cada flujo de tráfico el contrato de tráfico especifica la prioridad de pérdida de celda (Cell Loss Priority-CLP). En la misma forma, para cada descriptor de tráfico de conexión se especifican el parámetro CDVT (Cell Delay Variation Tolerance): tolerancia a la variación de retardo de celda, y para los descriptores de fuentes de tráfico, la cual es parte del descriptor de tráfico de conexión los siguientes parámetros:

- PCR (Peak Cell Rate): Razón de celda pico.
- SCR (Sustainable Cell Rate): Razón de celdas sostenible.
- MBS (Maximum Burst Size): Tamaño máximo de ráfaga.
- MCR (Minimum Cell Rate): Razón de celda mínima.

El valor PCR define la razón de datos máximo ofrecido sobre una conexión ATM. El parámetro CDVT especifica la máxima densidad de celdas sobre la conexión que van a conformar el contrato de tráfico de acuerdo al algoritmo de tasa de celda genérica (GCRA – Generic Cell Relay Algorithm). El parámetro SCR se refiere a la razón de datos promedio máximo ofrecido sobre la conexión ATM. El MBS especifica el máximo número de celdas que pueden ser emitidas durante la tolerancia de ráfaga. El MCR especifica el mínimo número garantizado de celdas sobre una conexión ABR (Razón de bit disponible). Esto permite un intercambio mínimo de información de control de protocolo entre las entidades conectadas. La razón de celdas sobre una conexión ABR puede disminuir o incrementarse dinámicamente entre los valores MCR y PCR.

El flujo de tráfico $CLP = 0$ tiene mayor prioridad que el flujo de tráfico $CLP = 1$; esto es que el flujo $CLP = 1$ estará sujeto a ser descartado en caso de congestión de la red. Por lo tanto, en general el SCR estará definido por el flujo $CLP = 0$ garantizando un mínimo flujo (throughput) de celdas, y el PCR estará definido con el flujo combinado $CLP = 0 + 1$. Por ejemplo, si un usuario PCR inyecta más datos $CLP=0$ a la red, que el especificado en el contrato de tráfico, ese flujo puede ser cambiado por el administrador de red hacia $CLP=1$ (el cambio se realiza sobre la interface UNI), de tal forma que estará sujeto a ser descartado en caso de congestión de la red. La razón de celdas de los tráficos $CLP=0$ y $CLP=1$ describen las características de las fuentes inyectoras de tráfico. Por lo tanto los usuarios son tarifados por el tráfico inyectado a la red y no por el tráfico que reciben.

1.9.3 CONTROL DE TRAFICO

Las funciones del control de tráfico ATM se refieren al conjunto de acciones tomadas por la red para evitar condiciones de congestión o minimizar los efectos de congestión. Se definen las siguientes funciones por el ATM Forum y la ITU-T para mantener la calidad de servicio de las conexiones ATM:

- Administración de recursos de red.
- Control de admisión de conexión.
- Control de parámetro utilizados.
- Control de prioridad.

1.9.4 ADMINISTRACION DE RECURSOS DE RED

El concepto esencial de esta función es el de localizar los recursos de la red, separando el flujo de tráfico de acuerdo a las características del servicio. La ITU-T y el ATM Forum han definido a las rutas virtuales como recursos para administración. Existen tres casos a considerar:

1) Aplicación de usuario a usuario: El VPC se extiende entre un par de UNIs. En este caso, la red no tiene conocimiento de la calidad de servicio de los VCC individuales dentro del VPC. Entonces es responsabilidad del usuario asegurar que la demanda agregada de los VCC pueda ser acomodada por el VCC.

2) Aplicación de usuario a red: El VPC se extiende entre una UNI y un nodo de red. En este caso, la red está enterada de la calidad de servicio de los VCCs dentro del VPC y tiene que acomodar a éstos.

3) Aplicación de red a red: El VPC se extiende entre dos nodos de red. Otra vez, en este caso, la red está enterada de la calidad de servicio de los VCCs dentro del VPC y tiene que acomodar a éstos.

Los parámetros de calidad de servicio de primaria importancia para la administración de recursos de la red son: la relación de pérdida de celda, el retardo de transferencia de celda y la variación de retardo de celda, los cuales se ven afectados por la cantidad de recursos dedicados al VPC. Si un VCC se

extiende a través de múltiples VPC, entonces el funcionamiento de este está basado en los funcionamientos de los VPC consecutivos, y de como la conexión es manejada en cualquier nodo que realiza las funciones relacionadas al VCC. Tal modo puede ser un switch, un concentrador o cualquier otro equipo de red. El funcionamiento de cada VPC depende de la capacidad del VPC y de las características de tráfico de los VCCs que están dentro del VPC. La función de cada VCC depende de la velocidad de procesamiento y conmutación en el nodo y de la prioridad relativa con la cual las celdas se manejan.

La figura 1.22 muestra un ejemplo de la configuración de VCC y VPC. Los VCCs 1 y 2 experimentan un funcionamiento que depende de como los VCCs se manejan por los nodos intermedios y por los VPCs b y c. Esto puede diferir del funcionamiento experimentado por los VCCs 3, 4 y 5.

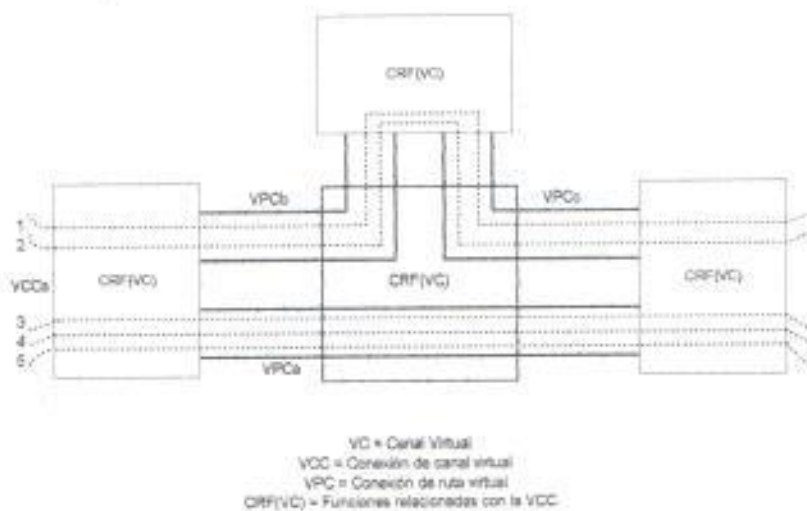


Figura 1.22 Configuración de VCCs y VPCs

Existe un número de alternativas en las cuales los VCCs son agrupados y del tipo de funcionamiento que ellos experimentan. Si todos los VCCs dentro de un VPC son manejados similarmente, entonces ellos deberían experimentar un funcionamiento de red parecido, en términos de relación de pérdida de celda, retardo de transferencia de celda y variación de retardo de celda.

Alternativamente, cuando diferentes VCCs dentro del mismo VPC requieren diferentes calidades de servicios, el funcionamiento objetivo del VPC acordado con la red y el suscriptor deberían estar disponibles para la mayoría de VCCs requeridas. En otro caso, con múltiples VCCs dentro del mismo VPC, la red tiene dos opciones generales para establecer la capacidad al VPC:

- **Demanda pico agregada.**- La red puede establecer la capacidad (tasa de datos) del VPC a un valor igual al total de la tasa de datos pico de todos los VCCs dentro del VPC. La ventaja de esto es que a cada VCC se le puede dar una calidad de servicio que se acomode a su demanda pico. La desventaja es que la mayoría de las veces la capacidad del VPC no será totalmente utilizada.
- **Multiplexación estadística.**- Si la red establece la capacidad de los VPC a un valor que sea mayor o igual a la tasa de datos promedio de todos los VCCs, pero menor al valor agregado de demanda pico, entonces un servicio de multiplexación estadística es provisto. Con multiplexación estadística, los VCCs experimentan grandes variaciones de retardo de celda y retardo de transferencia de celdas. Dependiendo del tamaño de los buffers usados para las colas de celdas de transmisión, los VCCs pueden experimentar grandes pérdidas de celdas. Esta opción tiene la ventaja de ser más eficiente en la utilización de la capacidad y es atractivo si los VCCs pueden tolerar las más bajas calidades de servicios.

1.9.5 CONTROL DE ADMISION DE CONEXION

El control de admisión de conexión es la primera línea de defensa de la red para protegerse ella misma de cargas excesivas. En esencia cuando un usuario hace un pedido de un nuevo VPC o VCC, el usuario debe especificar (implícitamente o explícitamente) las características de tráfico en ambas direcciones para esa conexión. El usuario selecciona las características de tráfico escogiendo una

calidad de servicio de entre las distintas clases que la red provee. La red acepta la conexión únicamente si ésta puede confiar los recursos necesarios para soportar ese nivel de tráfico; al mismo tiempo mantiene la calidad de servicio acordada con las conexiones existentes. Con la aceptación de la conexión, la red forma un contrato de tráfico con el usuario. Una vez que la conexión es aceptada, la red continúa proveyendo la calidad de servicio acordada mientras el usuario cumpla con el contrato de tráfico.

Parámetros de Funcionamiento

Para la especificación actual ATM Forum UNI 3.0, el contrato de tráfico consiste de cuatro parámetros definidos en la tabla 1.1: PCR, CDV, SCR y tolerancia de ráfaga. Únicamente los dos primeros parámetros son de relevante importancia para el servicio CBR, en cambio para el servicio VBR se utilizan los cuatro parámetros.

El PCR y el CVD deben ser especificados para cada conexión. Como una opción para fuentes de tasa de bit variable, el usuario puede además especificar SCR y la tolerancia de ráfaga. Estos parámetros son análogos a PCR y CVD, respectivamente, pero se aplican a la tasa promedio de generación de celdas más que a una tasa pico. El usuario puede describir el futuro flujo de las celdas con mayor detalle utilizando el SCR y la tolerancia de ráfaga así como también el PCR y el CVD. Con estos parámetros adicionales la red podría utilizar sus recursos más eficientemente. Por ejemplo, si un número de VCCs son estadísticamente multiplexadas sobre un VPC, el conocimiento de las tasas de celdas promedio y pico permitirá a la red establecer un tamaño adecuado para los buffers para que manejen el tráfico adecuadamente sin pérdida de celdas.

Para una conexión dada (VPC o VCC) los cuatro parámetros pueden ser especificados de algunas maneras, como se ilustra en la tabla 1.2. Los valores de parámetros pueden ser establecidos implícitamente, si el operador de red define

reglas por omisión. En este caso, todas las conexiones tienen asignadas el mismo valor, o todas las conexiones de una clase dada tienen asignadas los mismos valores para esa clase. Además se puede asociar valores de parámetros a un subscriptor específico y asignar estos por un tiempo de subscripción.

PARAMETRO	DESCRIPCION	TIPO DE TRAFICO
Tasa de Celda Pico (PCR - Peak Cell Rate)	Un límite superior en el tráfico que puede ser sometido en una conexión ATM	CBR, VBR
Variación de Retardo de Celda (CDV - Cell Delay Variation)	Un límite superior en la variabilidad del patrón de arribo de celdas observado en un punto de medida simple con referencia a la tasa de celda pico	CBR, VBR
Tasa de Celda Sostenible (SCR - Sustainable Cell Rate)	Un límite superior en la tasa promedio, calculado sobre la dirección de la conexión	VBR
Tolerancia de ráfaga (Burst Tolerance-BT)	Un límite superior sobre la variabilidad en el patrón de arribo de celdas observado en un punto de medida simple con referencia a la tasa de celda sostenible.	VBR

Tabla 1.1 Parámetros de Tráfico para definir la calidad de servicio de VCC y VPC

	Parámetros especificados explícitamente		Parámetros especificados implícitamente
	Valores de Parámetros designados en el tiempo de establecimiento de conexión	Valores de Parámetros especificados en el tiempo de suscripción	Valores de Parámetros establecidos usando reglas por omisión
	Solicitado por el usuario / NMS	Asignado por el operador de red	
SVC	Señalización	Por suscripción	Reglas por omisión del operador de red
PVC	NMS	Por suscripción	Reglas por omisión del operador de red

SVC Conexión Virtual Conmutada

PVC Conexión Virtual Permanente

NMS Sistema de Administración de Red

Tabla 1.2 Procedimientos usados para establecer valores de los parámetros de contrato de tráfico

Finalmente, los valores de los parámetros de una conexión en particular pueden ser asignados por tiempo de conexión. En el caso de una conexión virtual permanente, estos valores son asignados por la red cuando la conexión es establecida. Para una conexión virtual conmutada, los parámetros son negociados entre el usuario y la red mediante protocolo de señalización.

Prioridad de Pérdida de Celda

Otro aspecto de la calidad de servicio que puede ser solicitado o asignado para una conexión es la prioridad de pérdida de celda. Un usuario puede pedir dos niveles de prioridad de pérdida de celda para una conexión ATM. La prioridad de una celda individual es indicada por el usuario a través del bit CLP de la cabecera de una celda ATM. Cuando los dos niveles de prioridad son usados, los

parámetros de tráfico para ambos flujos de celdas deben ser especificados. Típicamente, esto se realiza especificando un conjunto de parámetros de tráfico para un tráfico de alta prioridad ($CLP=0$) y un conjunto de parámetros de tráfico para todos los tráficos ($CLP=0$ ó 1). De esta manera, la red puede funcionar eficientemente.

1.9.6 CONTROL DE PARAMETROS UTILIZADOS

Una vez que la conexión ha sido aceptada por la función de control de admisión de conexión, la función de control de parámetros utilizados de la red monitorea la conexión para determinar si es que tráfico cumple con lo pactado en el contrato. El principal propósito del UPC es proteger los recursos de la red de una sobrecarga en una conexión que podría afectar la calidad de servicio de otras conexiones detectando violaciones de parámetros asignados y tomando las acciones apropiadas.

Localización UPC

El control de parámetros utilizados puede se realiza en ambos niveles de ruta y canal virtual. De éstos, el más importante es el control de nivel de VPC, ya que los recursos de la red están inicialmente localizados sobre la base de las rutas virtuales, con la capacidad de ruta virtual compartida entre los canales virtuales que la componen.

El lugar donde el control de parámetros utilizados puede realizarse depende de la configuración, como se ilustra en la figura 1.23. Si el primer punto de terminación de un VCC es un nodo dentro de la red que realiza las funciones relacionadas con las conexiones de canales virtuales (caso A), entonces el control de parámetros utilizados es realizado en las celdas entrantes antes de que la función de conmutación del VCC sea ejecutada. Si un VCC pasa a través de uno o más puntos de conmutación de VPC antes de que se conecte a un punto de

conmutación VCC dentro de la red, entonces: 1) el control de parámetros utilizados es realizado en las celdas entrantes sobre la base de una ruta virtual en los puntos de conmutación de VPC ó 2) el control de parámetros utilizados es realizado sobre la base de canales virtuales en el primer punto donde las funciones relacionadas al VCC son ejecutadas.

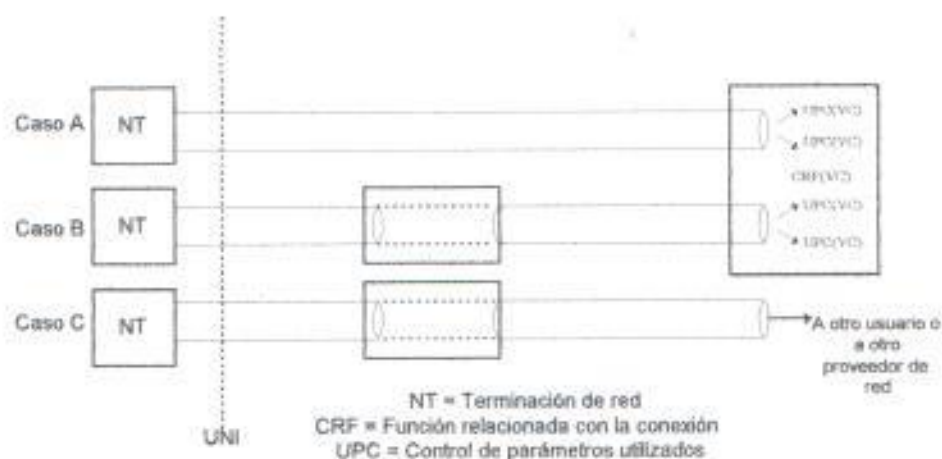


Figura 1.23 Localización de la función de Control de Parámetros Utilizados

Finalmente, si un VCC es conectado a un usuario o a otro proveedor de red, entonces esta red provee el control de parámetros utilizados únicamente en el nivel de ruta virtual.

Algoritmo de tasa de celda pico (PCRA-Peak Cell Rate Algorithm)

El flujo de tráfico se cumple si la tasa de la transmisión de celdas no excede la tasa de celda pico acordada, sujeto a la posibilidad de variación de retardo de celda dentro de los límites establecidos.

Los estándares I.371 y UNI 3.0 proveen un algoritmo que sirve como una definición operacional de la relación entre la tasa de celda pico y el CDV. Además este algoritmo puede ser usado para que el control de parámetros utilizados determine si se cumple con el contrato de tráfico.

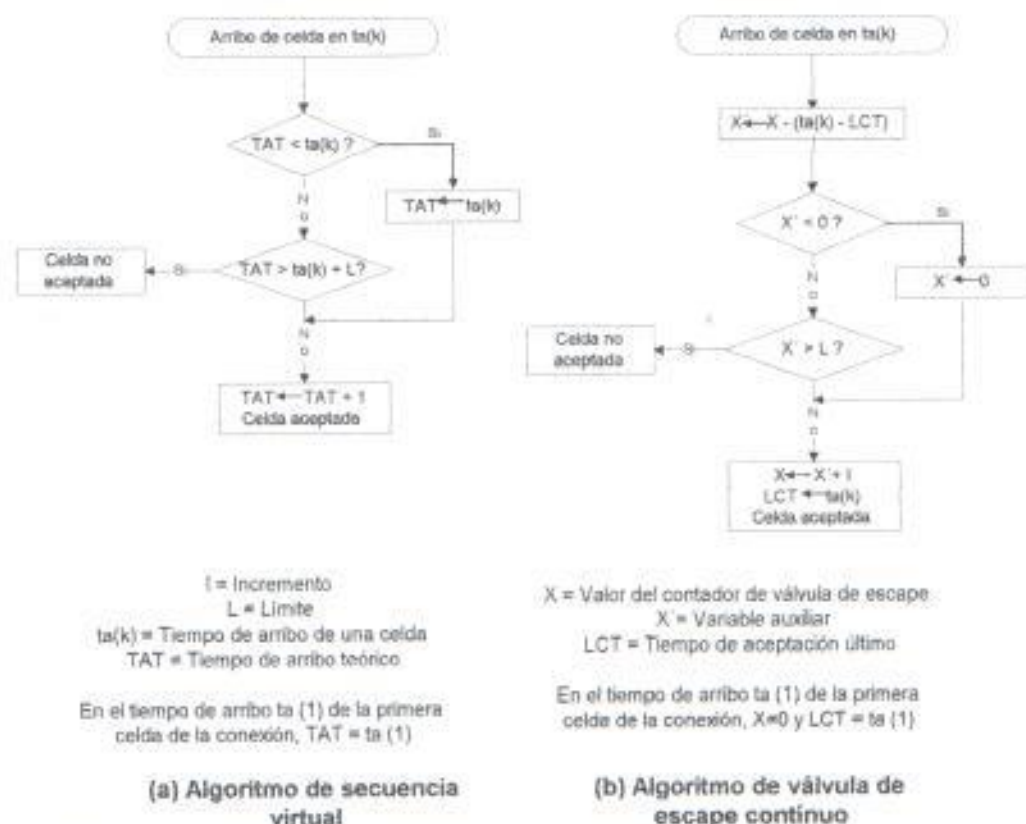


Figura 1.24 Versiones Equivalentes del Algoritmo de Tasa de Celda Genérica

La figura 1.24 muestra dos versiones equivalentes de este algoritmo. El algoritmo es denominado como de tasa de celda genérica debido a que también es utilizado para la tasa de celda disponible. El algoritmo toma dos argumentos, un valor de incremento I y un valor límite L , y es expresado como $GCRA(I, L)$.

Para un valor específico de tasa de celda pico R , y un valor de CDV igual a τ , se tiene un tiempo de arribo de celdas igual a $T = 1/R$; esto para el caso en que no existiera variación de retardo de celda. Con la variación de retardo de celda, T es el tiempo promedio de arribo de celdas a la tasa de transmisión pico. Por lo tanto el algoritmo es especificado como $GCRA(T, \tau)$.

El algoritmo se inicializa con el arribo de la primera celda en el tiempo de conexión $ta(1)$. El algoritmo actualiza el tiempo de arribo teórico (TAT-Theoretical

Arrival Time), el cual es el tiempo base para la siguiente celda que llegue. Si la celda arriba después que el TAT, entonces el algoritmo es condescendiente y el TAT es actualizado al tiempo de arribo de la celda más el valor I . Si la celda arriba antes que el TAT pero dentro de τ unidades de tiempo del TAT, entonces todavía la celda es aceptada y el TAT es incrementado un valor igual a T . En este último caso es permisible para la celda arribar antes porque aún se encuentra del valor de tolerancia del CDV. Finalmente, si la celda llega mucho antes que $TAT - \tau$ entonces, al encontrarse fuera del valor de tolerancia del CDV la celda no es aceptada; en este caso el TAT permanecerá sin cambios. La figura 1.25a muestra estas tres zonas.

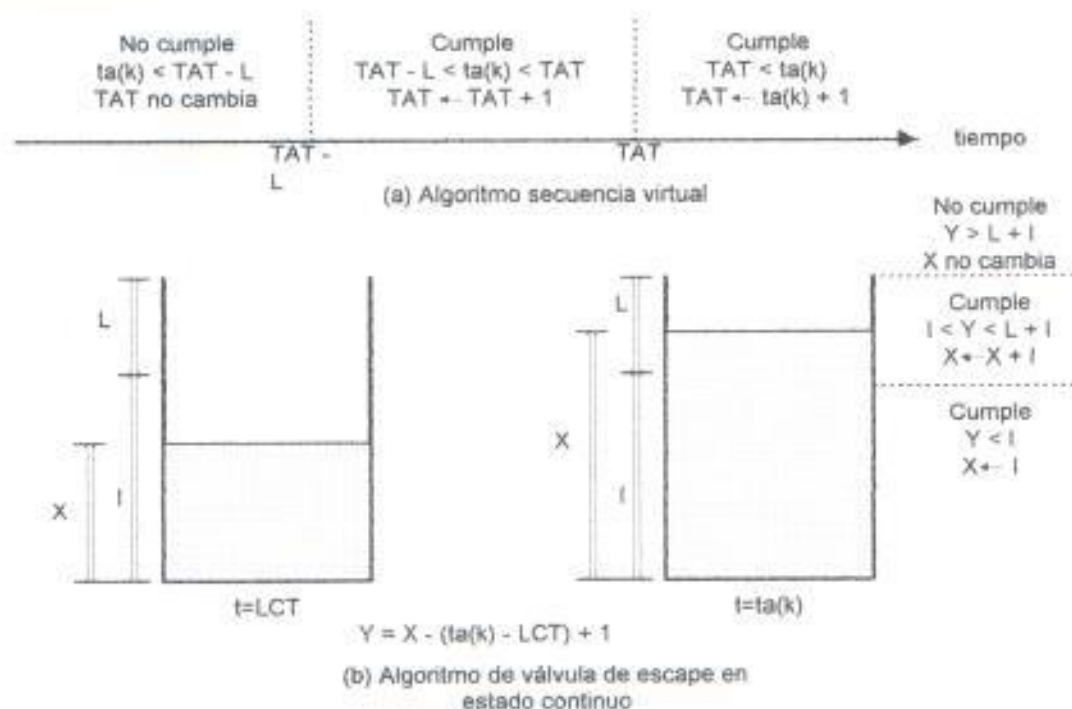


Figura 1.25 Funcionamiento del Algoritmo GCRA

Relaciones entre atributos

Un ejemplo de este algoritmo es mostrado en la figura 1.26. Para esta figura, a una celda simple de 53 octetos se le inserta un tiempo llamado δ y T es igual a 4.5δ .

Además la tasa de celda pico es igual a la tasa de datos en la interface de red de usuario dividido para 4.5. Por ejemplo, si la tasa de datos es igual a 150 Mbps., la tasa de celda pico es $150/4.5 = 26.67$ Mbps. En la figura 1.26 (a) se permite un valor de tolerancia mínima $\tau = \delta / 2$, que es justo lo suficiente para acomodar los datos que son transmitidos en celdas, por lo tanto cada arribo de tiempo será entero múltiple de δ , donde el valor de incremento es igual a 0,5. Debido a la tolerancia, el tiempo de arribo de celda no se puede alejar del TAT.

Dado que el valor de tolerancia del CDV τ se incrementa, los arribos de las celdas se pueden alejar del valor de TAT. Esto trae como consecuencia, un aumento del agrupamiento de celdas, el cual es un fenómeno que afecta a los recursos de la red. El más alto grado de agrupamiento ocurre cuando para una fuente es posible transmitir múltiples celdas en ambos sentidos a una tasa de enlace alta. Esta condición es posible cuando τ excede el valor de $T - \delta$. Específicamente para $\tau > T - \delta$, el número máximo N de celdas conformadas para ir en ambos sentidos, es igual a:

$$N = \left[1 + \frac{\tau}{T - \delta} \right]$$

Donde $[x]$ es la parte entera de x . El agrupamiento de celdas es ilustrado en las partes (c) y (d) de la figura 1.26.

Retornando al flujo de la figura 1.26a, se observa que no es posible construir créditos. Si una celda llega tarde, significa que ésta ha estado en un periodo de espera de la conexión, el siguiente valor de TAT se lo establece con relación al arribo actual, más que al valor actual de TAT. Si esta regla no fuera tomada y el valor TAT fuera simplemente incrementado un valor T después de cada arribo de celda, entonces la aparición de un largo periodo de espera permitiría a la fuente enviar largas cadenas de celdas a una tasa de enlace full dúplex. Eso crearía un

incremento repentino que no había sido contado para la localización de recursos de la red.

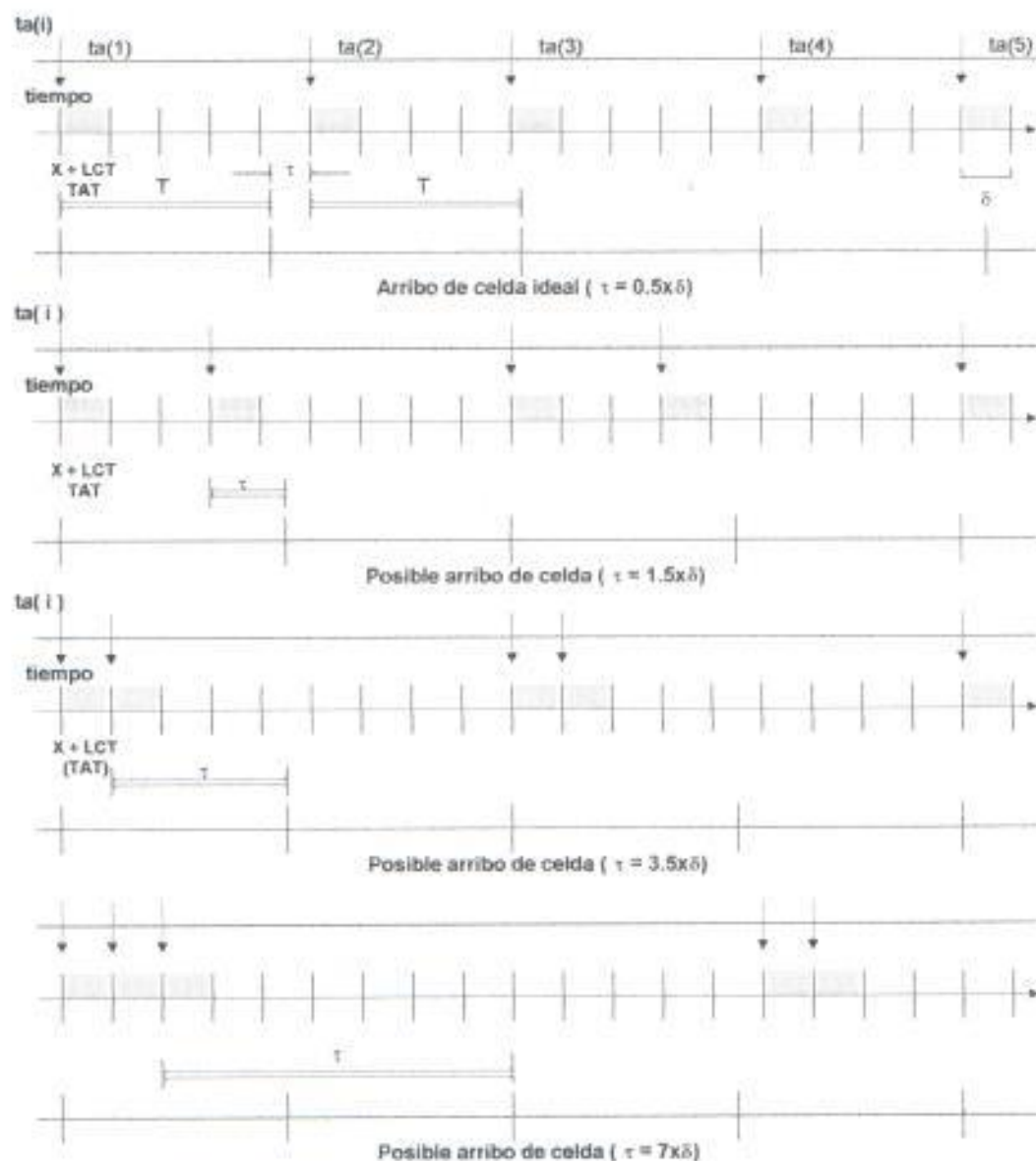


Figura 1.26 Arribo de celdas en una interface de red de usuario pública

La figura 1.24b muestra un algoritmo equivalente al de la figura 1.24a. El algoritmo define una especie de embudo de capacidad finita que permite el paso de una tasa continua de una unidad por unidad de tiempo y cuyo contenido es incrementado T unidades por cada celda que es aceptada. La capacidad total del

embudo es $T + \tau$. Después del arribo de la k -ma celda, en el tiempo $t_a(k)$, el algoritmo revisa si es que se está sobrepasando la capacidad del embudo. Si es así, la celda es descartada, si no lo es la capacidad del embudo es incrementada. La cantidad de incremento depende de si es que la válvula o embudo permite totalmente el paso de las celdas que arriben.

Algoritmo de Tasa de Celda Sostenible

El algoritmo de tasa de celda disponible sirve como una definición opcional de la relación entre la tasa de celda disponible y la tolerancia de ráfaga, además puede ser usado para realizar el monitoreo de control de parámetros utilizados y determinar si es que se está cumpliendo con lo pactado en el contrato de tráfico.

El mismo algoritmo que es utilizado para definir el monitoreo de tasa de celda pico es también usado para definir el monitoreo de tasa de celda disponible. En este caso, para una tasa de celda sostenible igual a R_s , $T_s = 1 / R_s$ es el arribo de tiempo entre celdas para esa tasa si es que no existen ráfagas. La tolerancia de ráfaga es representada como τ_s . Además el algoritmo de tasa de celda sostenible es definido como GCRA (T_s, τ_s).

A diferencia del CDV, la tolerancia de ráfaga no es seleccionada directamente. Esta es derivada de la comprensión de la ráfaga de la cadena de tráfico. En particular, sea T el tiempo entre celdas a una tasa pico. Si la cadena de tráfico está basado en la tasa de celda pico usando GCRA (T, τ) y la tasa de celda sostenible utilizando GCRA (T_s, τ_s), entonces el tamaño máximo de ráfaga (MBS-Maximum Burst Size), que puede ser transmitido a una tasa pico es:

$$MBS = \left[1 + \frac{\tau_s}{T_s + T} \right]$$

En el mensaje de señalización, la tolerancia de ráfaga es transportada usando el MBS, el cual es codificado en el número de celdas. El MBS es entonces, utilizado para derivar el valor de τ_s , el cual es usado en el algoritmo GCRA para monitorear la tasa de celda disponible. Con los valores dados de MBS, T y T_s , entonces τ_s puede ser cualquier valor en la mitad del intervalo cerrado,

$$[(MBS - 1)(T_s - T), MBS(T_s - T)]$$

Por uniformidad, el valor mínimo es usado,

$$\tau_s = (MBS - 1)(T_s - T)$$

Acciones del UPC

El algoritmo GRCA, o algunos algoritmos similares, es usado para por la red para asegurar que se cumplan con los contratos de tráfico negociado. La estrategia más simple para realizar esto es pasando las celdas que cumplen con los parámetros de tráfico y eliminando las celdas que no lo cumplen, según el punto de vista de la función UPC.

Como un a opción de la red, el enmascaramiento de celda puede ser utilizado para las celdas que no cumplen lo negociado. En este caso, una celda que no es condescendiente con lo negociado y cuyo valor de CLP=0 puede cambiársele a un valor de CLP=1 y dejarla pasar. Tales celdas estarán sujetas a ser eliminadas en un punto posterior de la red.

Si el usuario ha negociado dos niveles de prioridad de pérdida de celda para una red determinada, entonces la situación es más compleja. Las siguientes reglas se aplican:

1. Una celda con $CLP=0$ que está de acuerdo con lo pactado en el tráfico, pasa con $CLP=0$.
2. Una celda con $CLP=0$ que no cumple con lo pactado para $CLP=0$ pero que cumple para $CLP=0$ ó 1, es entonces enmascarada y pasada.
3. Una celda con $CLP=0$ que no cumple con lo pactado para $CLP=0$ y no cumple para $CLP=0$ ó 1, es entonces descartada.
4. Una celda con $CLP=1$ que cumple con el tráfico para $CLP=1$ es pasada.
5. Una celda con $CLP=1$ que no cumple con el tráfico para $CLP=0$ ó 1, es eliminada.

La figura 1.27 muestra la relación entre la función UPC y el bit CLP. La función UPC primero prueba el cumplimiento de tráfico para el flujo ($CLP=0$), y luego es combinada con el flujo ($CLP=0$ ó 1). Si la opción de enmascaramiento es utilizada, en el caso de que no cumpla con el contrato y tenga un flujo $CLP=0$, la celda es enmascarada pero se la considera todavía parte del flujo ($CLP=0$ ó 1), y sometida después a la segunda prueba.

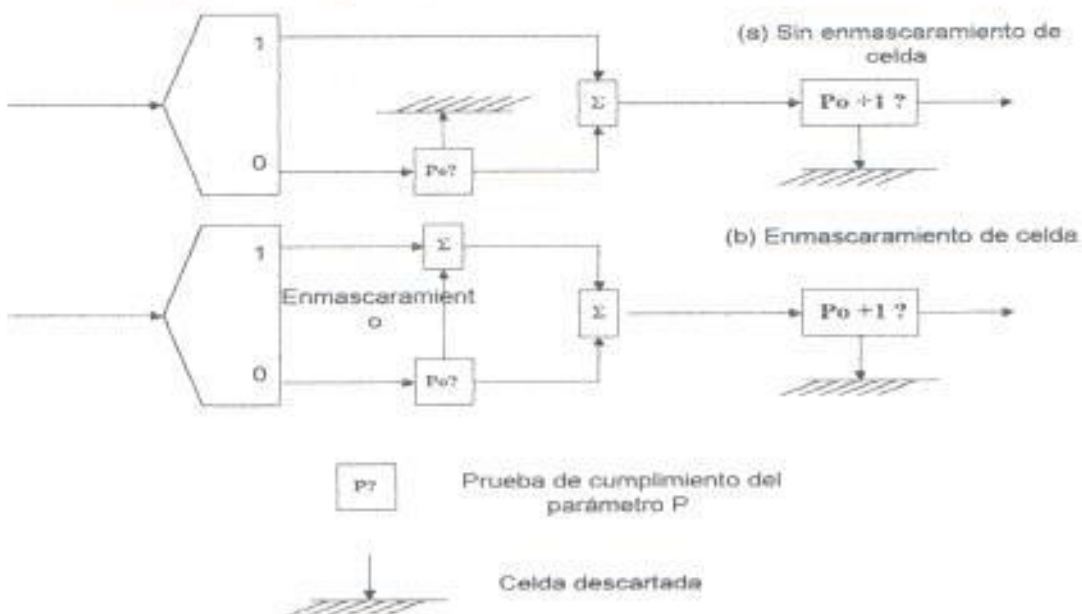


Figura 1.27 Acciones posibles de la función UPC.

1.9.7 CONTROL DE PRIORIDAD

El objetivo es descartar celdas de baja prioridad para proteger el funcionamiento de celdas que posean prioridades altas. Es de anotar, que la red no tiene medios para diferenciar entre celdas que fueron etiquetadas como de baja prioridad por la fuente y celdas que fueron enmascaradas por la función UPC.

1.9.8 CONTROL DE CONGESTION

El control de congestión ATM se refiere al conjunto de acciones que realiza la red para minimizar la intensidad y duración de la congestión. Estas acciones están dirigidas hacia uno o más elementos de red.

Esta función es similar al control de prioridad. En la función de control de prioridad con $CLP=1$ los flujos de celdas son descartados para evitar congestión. Sin embargo, únicamente las celdas en exceso son las eliminadas. Esto es, las celdas están limitadas para que los objetivos de funcionamiento en los flujos con $CLP=0$ y $CLP=1$ estén presentes. Una vez que la congestión ocurre, la red debe seguir cumpliendo sus objetivos de funcionamiento. Para recobrase de esta condición de congestión, la red debe descartar cualquier celda con $CLP=1$ y además las celdas con $CLP=0$ que no han cumplido con el contrato de tráfico.

1.10 INTERNETWORKING EN REDES ATM

Según las perspectivas de los fabricantes de equipos ATM, las especificaciones del ATM Forum y seguidores de esta tecnología, se ha visto a las redes ATM como el backbone para interconectar otras redes. Con este objetivo la comunidad de estándares tales como el ATM Forum han publicado varias recomendaciones y especificaciones que definen:

- Como se transporta el tráfico proveniente de diferentes redes a través de una red ATM.
- Como la cabecera en los PDUs de las diferentes redes se traslada dentro de la celda ATM.
- Como los servicios ofrecidos por estas redes se mapean o reflejan en los servicios ATM.

1.10.1 USO DEL PROTOCOLO Q.2931 PARA SOPORTAR LAS PROPIEDADES DE OTROS PROTOCOLOS (TUNNELING)

El término tunneling se refiere a una operación en la cual una red de transporte como un backbone ATM lleva tráfico de otros protocolos y redes transparentemente (o casi transparentemente) a través de la red de transporte. De ser posible, la red de transporte no debe involucrarse con la sintaxis o la interpretación del tráfico transportado; por lo tanto el término se refiere al envío de tráfico a través de un "túnel" sin obstáculos, revisando solamente los parámetros de ruteo de la información. Un backbone ATM no examina, interpreta o actúa sobre el tráfico, su objetivo es permitir que dos usuarios finales se informen entre sí acerca de la naturaleza de los protocolos de comunicación que operan en sus máquinas. La operación de tunneling en ATM se realiza por las operaciones del protocolo Q.2931.

En algunos sistemas, como en el protocolo punto a punto (PPP), estos servicios se llevan a cabo por dos métodos. Primero, durante la conexión de inicio, dos usuarios finales pueden informarse de los protocolos que estarán involucrados durante la sesión. Este procedimiento permite que se definan un grupo de protocolos en común. Segundo, durante la transferencia de tráfico, un identificador de protocolo se transmite para indicar que tipo de información está

siendo enviado en la unidad de servicio de datos (SDU). El protocolo Q.2931 puede ser configurado para cumplir con cualquier método, sin embargo este no estipula ningún procedimiento de negociación exclusivo con el que deba funcionar.

La figura 1.28 muestra como los mensajes de Q.2931 pueden ser invocados e interpretados. En este ejemplo el flujo se establece entre unidades de interworking (IWU) o ruteadores (según la terminología ITU-T). El modo en que las estaciones de usuarios finales se comunican con los ruteadores no está definida por ATM. Aunque la información fluye entre la estación del usuario final y el ruteador, ésta no forma parte del UNI ATM. Las operaciones desde la estación del usuario hasta el ruteador están bien definidas por otros estándares.

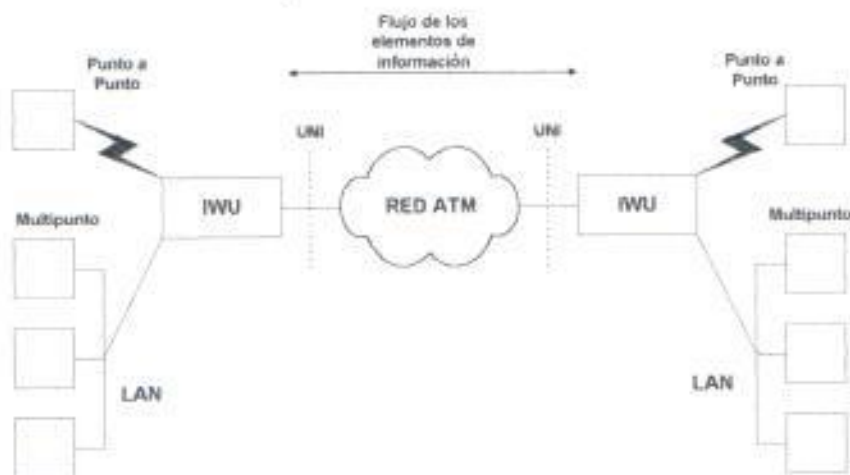


Figura 1.28 Flujo del elemento de información Q.2931

Para la identificación de los protocolos de la capa 2 (enlace de datos) se debe distinguir si estos se establecen sobre: enlaces punto a punto, enlaces multipunto o enlaces LAN. En este último caso, los procedimientos de identificación de protocolo no indican el tipo de LAN (Ethernet, Token Ring, etc.), ya que las cabeceras de los paquetes LAN no se transportan a través de la red ATM; éstas se eliminan en el ruteador de origen y son reconstruidas en el ruteador de destino.

Este proceso ayuda al router terminal introducir el tráfico dentro de la LAN de destino, la cual puede ser diferente de la LAN de origen.

1.10.2 INTERFACE DE INTERPORTADORAS B-ISDN ATM (B-ICI)

El ATM Forum ha publicado la interface de interportadoras de banda ancha (B-ICI). La figura 1.29 muestra la diferencia entre la UNI y la B-ICI. Esta distinción es importante, porque B-ICI es una interface entre redes públicas ATM, no entre redes privadas, mientras que UNI es una interface entre el usuario y la red.

La interface B-ICI está diseñada para operaciones de multiservicio. El tráfico puede ser sometido hacia una red en celdas ATM. Este tráfico puede ser enviado a través de la interface B-ICI en forma de:

- Celdas ATM sobre conexión ATM.
- Tramas DS1 o DS3, los cuales son encapsulados en PDUs AAL 1.
- Tramas Frame Relay, los que se encapsulan en PDUs AAL 5 y se mapean en celdas ATM.
- PDUs SMDS, los que se encapsulan en PDUs AAL 3/4 o se mapean directamente en celdas ATM.

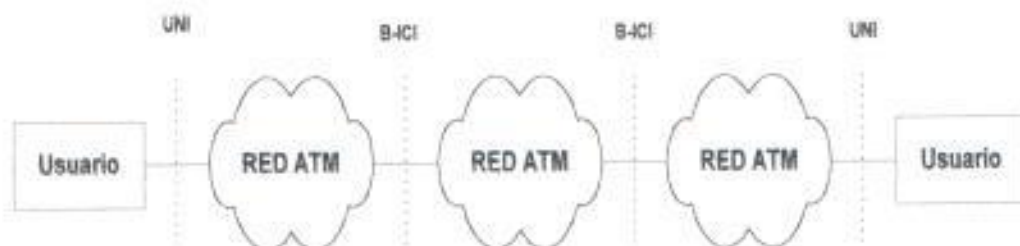


Figura 1.29 ATM y redes de portadora Publica

La interface B-ICI tiene una considerable funcionalidad. En términos de la ITU-T, ésta es una unidad interworking (IWU), la que transmite y recibe tráfico de diferentes sistemas. Para transferencia de celdas entre dos redes ATM, la especificación B-ICI requiere que las dos redes estén relacionadas por medio de una conexión B-ICI y una conexión UNI.

1.10.3 INTERFACE DE INTERCAMBIO DE DATOS ATM (DXI)

La interface de intercambio de datos de ATM (DXI) se desarrolló para soportar algunas de las más complejas operaciones de ATM desde un cliente convencional. Esta interface se implementa con una unidad de servicio de datos (DSU) (ver figura 1.30). Una vez instalado el equipo, el cliente se libra de todos los requerimientos para soportar todas las características del CS ATM y del SAR. El DSU realiza las operaciones SAR y actúa como la interface para la red ATM y la UNI ATM.



Figura 1.30 Interface DXI ATM

1.10.3.1 MODOS DXI

La interface DXI opera con tres modos: Modo 1a se usa sólo para AAL 5, modo 1b y el modo 2 que operan con AAL 3/4 y ALL 5. La principal diferencia entre

estos modos radica en cuantas conexiones virtuales se realizan a través de la interface y el tamaño de la información de usuario que se permite. Adicionalmente, cada modo define ligeras diferencias en la cabecera y la cola que son creadas por el DTE y/o DCE en la capa CPCS.

1.10.4 SERVICIOS DE INTERNETWORKING

ATM tiene múltiples clases de servicios, cada una de las cuales tiene su propia especificación de calidad de servicio. En total se definen 5 categorías, cada una tiene un conjunto de parámetros que describen el tráfico presente en la red y la calidad de servicio que se requiere en la red. En la tabla 1.3 podemos observar estos tipos de servicio:

Clase de QoS	Clase de Servicio	Descripción
1	A	Funciona en líneas digitales (emulación de circuito o CBR)
2	B	Paquetes de teleconferencia de audio/video y multimedia (rt - VBR)
3	C	Protocolos orientados a conexión tales como Frame Relay (nrt - VBR)
4	D	Protocolos sin conexión como IP, emulación LAN (ABR)
5	No especificado	Definido por el proveedor de servicios (UBR)

Tabla 1.3 Clases de servicios ATM

Estos servicios relacionan requerimientos de características de tráfico y calidad de servicio de una red ATM. Las funciones tales como enrutamiento, CAC y localización de recursos son estructuradas de manera diferentes para cada categoría de servicio. Las categorías de servicios se distinguen en aplicaciones de

tiempo real o no real. Para el tráfico en tiempo real, existen dos categorías A y B, que se diferencian en tener un descriptor de tráfico (Tasa de Celda Pico - PCR) o dos descriptores (PCR y la Tasa de Celda Sostenible - SCR). Las categorías restantes (C, D y no especificado) son aplicaciones de tiempo no real. Todas las categorías de servicio se aplican a Conexiones de Canal Virtual (VCC - Virtual Channel Connection) y Conexiones de Ruta Virtual (VPC - Virtual Path Connection).

En la tabla 1.4 se describen las cinco clases de servicio definidas en la capa ATM por el ATM Forum en su especificación de Administración de Tráfico Versión 4.0, con los atributos tales como parámetros de tráfico, parámetros de calidad de servicio y características de retroalimentación. En la tabla se identifica cual de estos atributos se soportan por las determinadas categorías de servicio.

Atributos	Categorías de Servicios de la capa ATM				
	CBR	rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
Parámetros de Tráfico					
PCR y CVDT (2,3)	Especificado			Espec.	Espec.
SCR, MBS, CVDT (2,3)	n/a	Especificado		n/a	
MCR (2)	n/a			n/a	Espec.
Parámetros QoS					
CDV pico a pico	Especificado		No especificado		
CTD máximo	Especificado		No especificado		
CLR (2)	Especificado			No espec.	Ver nota 1
Otros Atributos					
Retroalimentación	No especificado				Espec.

Notas:

1. CLR es bajo para fuentes que ajustan el flujo de celdas en respuesta a la información de control.
2. Parámetros especificados explícitamente o implícitamente para PVC o SVC
3. CVDT se refiere a la tolerancia de variación de retardo de celda.

Tabla 1.4 Atributos de categoría de servicio ATM

Categoría de servicio de Tasa de Bit Constante (CBR - Constant Bit Rate)

El servicio CBR es el más básico de ATM, que permite la migración de todas las aplicaciones basadas en circuitos permanentes hacia redes ATM. La categoría de servicio de Tasa de Bit Constante se usa en conexiones que solicitan una cantidad fija de ancho de banda que este constantemente disponible durante el tiempo que dure la conexión. Esta cantidad de ancho de banda se caracteriza por el parámetro denominado Tasa de Celda Pico (PCR – Peak Cell Rate).

El principal compromiso de la red con el usuario es reservar recursos por medio de la capacidad de CBR una vez que la conexión se establece. La calidad de servicio de la capa ATM negociada es colocada en todas las celdas cuando todas las celdas están conformándose. CBR soporta aplicaciones en tiempo real que requieren variaciones de retardo restringidas (voz, video, emulación de circuitos), aunque puede soportar otras aplicaciones

Categoría de Servicio de Tasa de Bit Variable en tiempo real (rt VBR - Real Time Variable Bit Rate)

Esta categoría de servicio es para aplicaciones en tiempo real con una alta restricción de retardo y variación del retardo, por lo que sería apropiado para aplicaciones de voz y video comprimidos. Las conexiones rt-VBR se caracterizan por los valores de tasa de celda pico (PCR- Peak Cell Rate), tasa de celda sostenible (SCR – Sustainable Cell Rate), el tamaño de ráfaga máximo (MBS- Maximun Burst Size). En este tipo de servicio se espera que las fuentes transmitan a una tasa que pueda variar con el tiempo. Las celdas que se retardan más allá del valor especificado por el parámetro maxCTD (Maximum Cell Transfer Delay) tendrán un valor reducido de significancia para la aplicación. Este servicio puede soportar fuentes de multiplexación estadística en tiempo real.

Categoría de Servicio de Tasa de Bit Variable en tiempo no real (nrt VBR - non real time Variable Bit Rate)

Esta categoría de servicio se utiliza en aplicaciones de tiempo no real, las que tienen características de tráfico de ráfaga, y que están definidas en términos de los parámetros PCR, SCR y MBS. Para aquellas celdas que se transfieren dentro del contrato de tráfico, la aplicación espera una tasa de pérdida de celda baja. El servicio nrt-VBR puede soportar conexiones de multiplexación estadística. En este servicio no se asocian límites de retardo para las celdas.

Categoría de Servicio de Tasa de Bit No Especificada (UBR - Unspecified Bit Rate)

Esta categoría de servicio se utiliza en aplicaciones en tiempo no real que no requieren altas restricciones de retardo o de variación de retardo. UBR permite transferir una cierta cantidad de datos hasta un valor máximo especificado, pero no existe garantía contra la pérdida de celdas o retardos de las mismas. Las aplicaciones UBR no garantizan ningún servicio ni posee mecanismos de control de flujo para controlar o limitar la congestión en caso que se presente. El servicio UBR se usa básicamente en redes de área local ATM.

Categoría de servicio de Tasa de Bit Disponible (ABR - Available Bit Rate)

El servicio ABR provee una capacidad de adaptación dinámica del ancho de banda sobre la conexión, dependiendo de la actual utilización de la red. Esto se realiza mediante mecanismos de control de tasas que proveen retroalimentación alrededor de los recursos de red disponibles y los sistemas finales. Esta retroalimentación se transporta en las celdas de administración de recursos. El servicio ABR se caracteriza por los parámetros PCR, CVDT y MCR para los flujos $CLP = 0$ y $CLP = 0 + 1$.

Existe una diferencia fundamental entre los servicios CBR y VBR con los servicios ABR y UBR (ver figura 1.31). Mientras los recursos de red son reservados para la fase de establecimiento de la conexión para permitir a las fuentes CBR y VBR la transmisión de sus tasas de celdas sostenidas pico con un funcionamiento garantizado, no ocurre lo mismo en las conexiones ABR y UBR, donde lo único que se asegura son niveles de funcionamiento mínimo (ABR) o no se asegura nada (UBR). Sin embargo el tráfico UBR y ABR puede hacer uso de la capacidad no usada por el tráfico CBR y VBR tal como se muestra en el gráfico.



Figura 1.31 Características del tráfico CBR, VBR, UBR y ABR

CAPITULO 2

SOPORTE PARA LA RED ATM

2.1 TRANSMISION DE CELDAS ATM

Para transmitir exitosamente la información en el nivel físico, el ATM Forum ha especificado algunas capas físicas que permiten la interoperabilidad entre equipos terminales con una red ATM. Entre las interfaces físicas más importantes se encuentran las siguientes:

- Interface de capa física de 622.08 Mbps.
- Interface de capa física de 155.52 Mbps.
- Interface de capa física E1 (2.048 Mbps.).

Estas interfaces de capas físicas se diferencian de la tradicional capa física del modelo OSI, en que la unidad básica con la que trabajan es la celda y no el bit como sucede con la capa física del modelo OSI. Por lo tanto, ciertas funciones o capas han sido añadidas a la capa física tradicional, a las cuales se ha denominado subcapa de convergencia de transmisión y subcapa dependiente del medio físico. La subcapa de convergencia de transmisión se encuentra arriba de la dependiente del medio físico. Esta se encarga de la delimitación de las celdas ATM dentro de una cadena de bits; además, realiza la inserción de celdas vacías para la transmisión y remueve éstas cuando llegan a su destino final con el fin de mantener constante la cadena de celdas. La subcapa de dependiente del medio físico se encarga de la codificación de los bits, propiedades de los medios y conectores que utiliza.

Las interfaces mencionadas anteriormente han sido especificadas con el fin de que las celdas ATM puedan ser transmitidas con la mayoría de las portadoras

tradicionales (E1, T1) y alternativas, como lo constituyen las portadoras STM-1 y STM-4 que pertenecen a las especificaciones de interfaces de transmisión óptica propuestas por la Jerarquía Digital Sincrónica.

2.2 JERARQUIA DIGITAL SINCRONICA

La Jerarquía Digital Sincrónica es una interface de transmisión óptica propuesta por la ITU-T en las recomendaciones G.707, G.708 y G.709. SDH se utiliza para proveer una especificación que tome ventaja de la capacidad de transmisión digital de alta velocidad de la fibra óptica.

2.2.1 JERARQUIA DEL SISTEMA

SDH ha sido mapeado en una jerarquía de cuatro capas (Figura 2.1):

- **Fotónica:** Esta es la capa física, la cual incluye la especificación del tipo de fibra que puede ser usada y detalles tales como características de dispersión y potencia mínima de los transmisores láseres y la sensibilidad requerida por los receptores.
- **Sección:** Esta capa crea la trama básica SDH, convierte la señal electrónica a una señal fotónica, y posee además capacidades de monitoreo.
- **Línea:** Esta capa es la responsable de la sincronización, multiplexión de datos en la trama SDH, las funciones de operación y mantenimiento, y conmutación.
- **Ruta:** Esta capa es la responsable para el transporte de datos de lado a lado a una velocidad de señalización apropiada.

Este esquema lógico sirve para representar los componentes físicos de SDH.

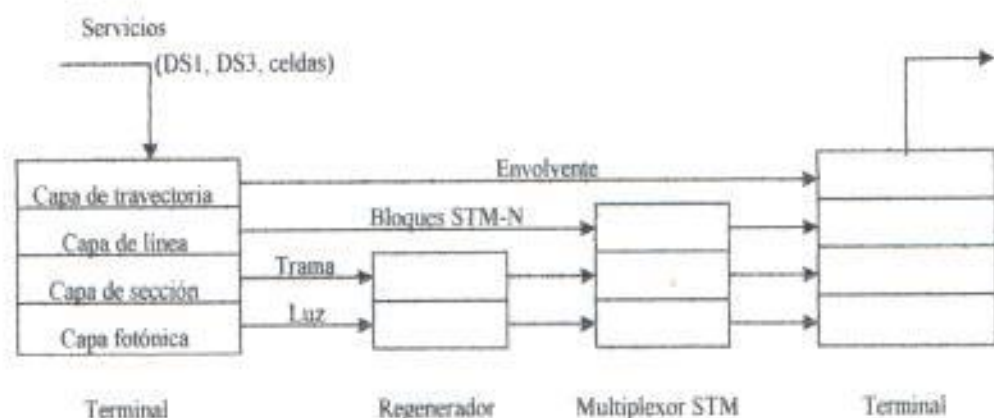


Figura 2.1 Jerarquía lógica del sistema SDH

En la figura 2.2 se muestra la realización física de las capas lógicas mencionadas anteriormente. Se puede observar que una sección es el bloque de construcción básico, el cual representa un simple camino de cable óptico entre dos transmisores/receptores ópticos. Para caminos cortos, el cable puede ir directamente conectado entre dos unidades. Para grandes distancias, se necesitan de repetidores regeneradores. El repetidor es un simple mecanismo que acepta una cadena digital de datos por un lado y regenera y repite cada bit al otro lado.

Una línea es una secuencia de una o más secciones tal que la señal interna o estructura del canal de la señal permanece constante. Los puntos finales o intermedios tales como switches o multiplexores pueden insertar o extraer canales que terminan en una línea. Finalmente una ruta conecta los equipos terminales finales.

Los datos son ensamblados al inicio de la ruta y no son modificados hasta que ellos son desensamblados en el término de la ruta, es decir sólo son extraídos de la envolvente de información sincrónica una vez que llegan a sus lugares de destino final.

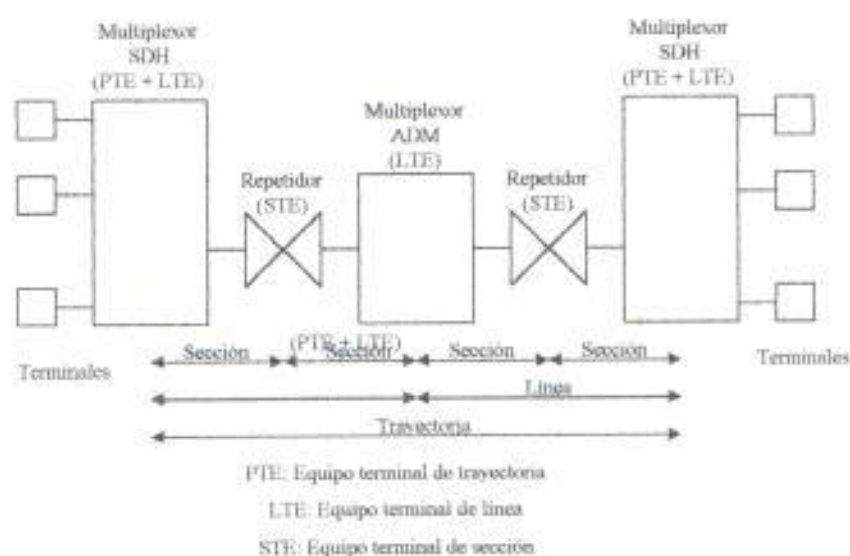


Figura 2.2 Jerarquía Física del sistema SDH

2.2.2 JERARQUIA DE SEÑAL

La especificación SDH define una jerarquía de tasas de datos digitales estandarizadas. Dichas tasas de datos son denominadas STM-N. El término STM significa modo de transferencia sincrónico y se define como el mecanismo de transporte usado dentro de los sistemas SDH en el cual la información se transfiere como octetos a intervalos de tiempos regulares.

Un STM es la estructura de información utilizada para soportar conexiones de capa de sección en la SDH. Consta de campos de información de cabida útil de información y de cabeceras de sección, línea y trayectoria, organizados en una estructura de trama de bloque que se repite cada $125 \mu s$. La información está adaptada para su transmisión por el medio elegido a una velocidad que se sincroniza con la red. El STM básico se define a 155,52 Mbps. y se denomina STM-1. Los STM de mayor capacidad se constituyen a velocidades equivalentes a N veces la velocidad básica (Figura 2.3). Se han definido capacidades de STM para N=1, N=4 y N=16; están en estudio valores superiores.



Figura 2.3 Estructura de trama STM-N

En la tabla 2.1 se observa los diferentes niveles de señales STM-N con sus velocidades y cargas útiles de información respectivas.

Designación ITU-T	Tasa de datos (Mbps.)	Tasa de información (Mbps.)
STM-1	155,52	150,34
STM-3	466,56	451,01
STM-4	622,08	601,34
STM-6	933,12	902,02
STM-8	1.244,16	1.202,69
STM-12	1.866,24	1.804,03
STM-16	2.488,32	2.405,38

Tabla 2.1 Jerarquía de señal sincrónica

La trama llamada STM-1 está considerada como la base para las demás portadoras de transmisión SDH, está estructurada en forma de octetos y posee las siguientes características:

Longitud	: 2430 octetos
Duración	: 125 μ s.
Flujo	: 155,520 Mb/s.
Capacidad útil:	2340 octetos (149,760 Mb/s)

Las restantes tramas STM-N están organizadas en 9 filas de $270 \times N$ octetos, la lectura se efectúa de izquierda hacia la derecha y de arriba hacia abajo.

Ella se compone de cuatro zonas claramente definidas:

- La carga útil.
- La tara de sección (Section Overhead),
- La tara de línea (Line Overhead)
- La tara de trayectoria (Path Overhead).

La cabecera de sección y la cabecera de línea constituyen las primeras $9 \times N$ columnas de la trama STM-N, donde $27 \times N$ octetos pertenecen a la cabecera de sección y los $54 \times N$ octetos forman la cabecera de línea. Ambas proveen funciones de operación y mantenimiento tales como señalización de control, alarmas operaciones de tramas y de chequeo de errores. Estas funciones de operación y mantenimiento están asociadas con el diseño de capa jerárquica de ATM-SDH. La figura 2.4 muestra los cinco niveles de las operaciones de operación y mantenimiento, las cuales se denominan F1, F2, F3, F4 y F5. Las funciones F1, F2 y F3 residen en la capa física; y las funciones F4 y F5 residen en la capa ATM.

- F5 La información de operación y mantenimiento fluye entre los elementos de red que realizan las funciones de canales virtuales. F5 trata con el

funcionamiento degradado de canales virtuales, tales como arribo tardío de celdas, pérdida de celdas y problemas de inserción de celdas.

- F4 La información de operación y mantenimiento fluye entre elementos de red que realizan las funciones de rutas virtuales.
- F3 La información de operación y mantenimiento fluye entre elementos que realizan el ensamblaje y desensamblaje de la información, cabecera, operaciones de control y delineación de celdas.
- F2 La información de operación y mantenimiento fluye entre elementos que terminan los puntos finales de sección. Esta detecta y reporta acerca de la pérdida de sincronización de la trama y errores de funcionamiento.
- F1 La información de operación y mantenimiento fluye entre secciones regeneradoras. Esta detecta y reporta pérdidas de la trama y errores de funcionamiento.

Adicionalmente la cabecera de trayectoria permanece dentro de la información hasta que la información es demultiplexada. Esta cabecera aparece una vez en la primera trama STM-1 de la STM-N

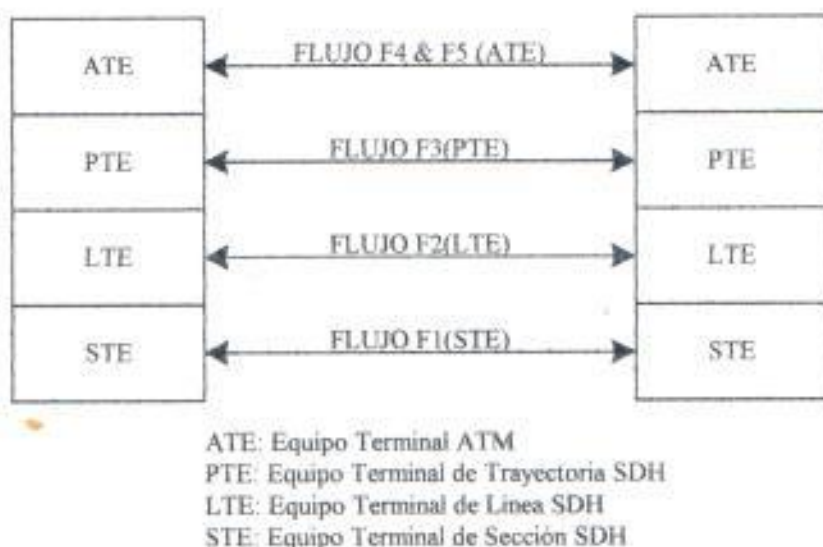


Figura 2.4 Flujo de funciones de operación y mantenimiento ATM-SDH

2.2.3 TOPOLOGIA SDH

La figura 2.5 muestra una topología SDH típica en donde múltiples tipos de redes, tales como FDDI, 802.3 (Ethernet), 802.5 (Token Ring) y sistemas de transporte digitales (tales como T1 y E1) pueden ser enlazados a la red a través de un adaptador terminal de servicios. Este adaptador terminal de servicios también se conoce como nodo de acceso, terminal, o multiplexor terminal. Este dispositivo es responsable de soportar la interface de usuario final, enviando o recibiendo tráfico desde LANs, DS1, DS3, E1, nodos ATM y otros. Es realmente un concentrador ya que reúne múltiples tráficos para ser transportados como carga del paquete SDH a través de la misma red.

Cualquiera que sea la señal transmitida por el usuario, sea esta T1, E1, celdas ATM u otras, se convierten en un formato de trama STM, la cual constituye la base para la jerarquía de multiplexación SDH. La señal STM-1 es una señal eléctrica y la notación en la figura 2.5 como STM-N significa que el adaptador terminal de servicios puede multiplexar la señal STM en múltiplos enteros de su velocidad base. Esta velocidad base es de 155,52 Mbps.

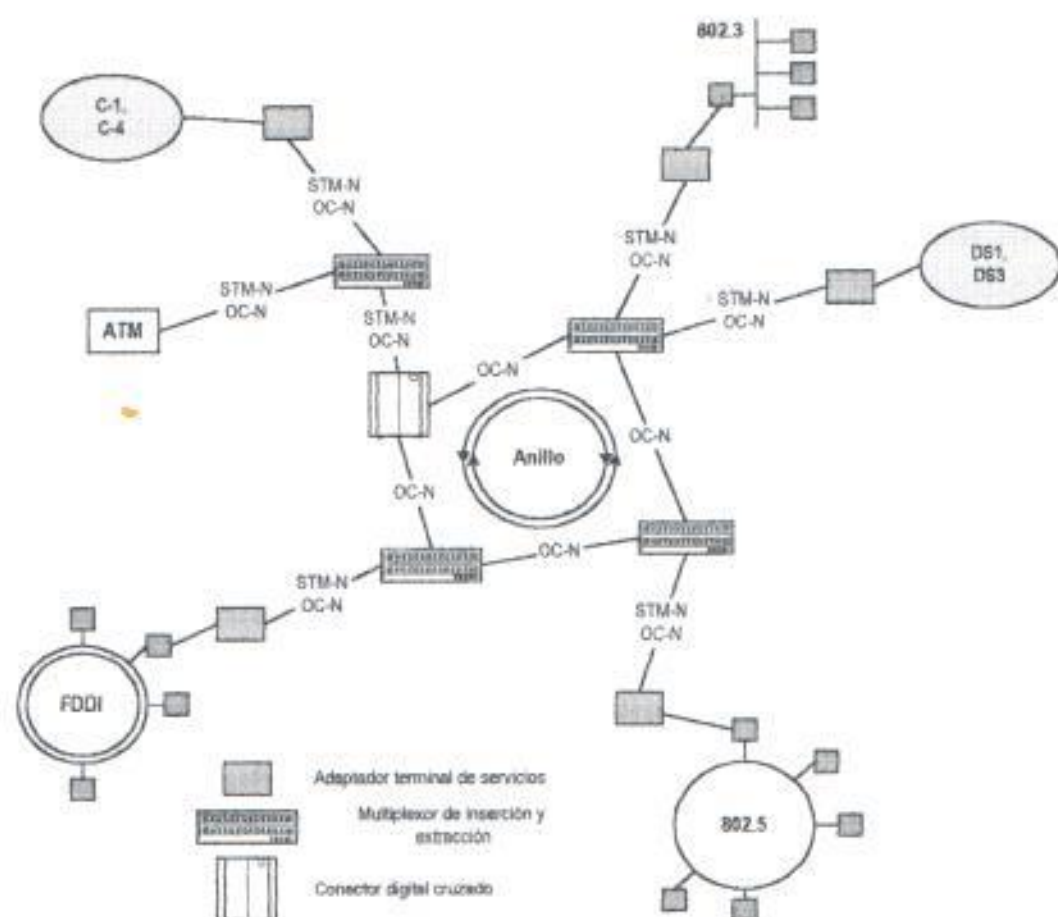


Figura 2.5 Topología SDH

El acceso a la red SDH se efectúa mediante una multiplexión que consta de dos etapas (Figura 2.6):

1. Un adaptador terminal de servicios, utilizado para empaquetar señales entrantes tales como E1, T1 y otro tipo de señales dentro de la envoltura de información sincrónica de la trama SDH.
2. Un multiplexor de inserción/extracción (Add-Drop Multiplexer-ADM), que combina eficientemente el tráfico de diferentes localizaciones y lo integra en un solo enlace. Este multiplexor multiplexa varios flujos STM-N por los canales de fibra,

una vez que la señal eléctrica STM-N se convierte en señal de luz, se llamará, señal portadora óptica "OC-N" (Optical Carrier Signal) donde "N" representa un múltiplo entero del flujo que puede ser multiplexado o demultiplexado con este dispositivo. El término "inserción/extracción" significa que el dispositivo puede insertar carga o extraer carga de en uno de los dos canales de fibra, dejando pasar el tráfico directamente a través del multiplexor sin necesidad de procesos adicionales.

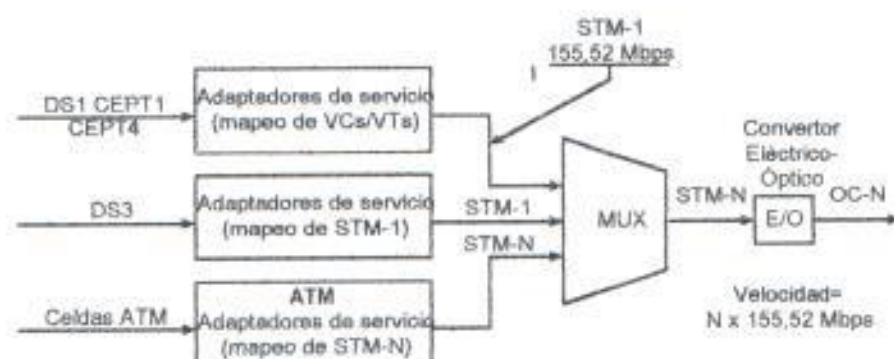


Figura 2.6 Multiplexión SDH

En la figura 2.6 se muestra un esquema de multiplexión. Se nota como el adaptador de servicios puede aceptar cualquier rango de señales, desde DS1/E1 a B-ISDN, tanto como celdas ATM, adicionalmente soporta rangos más bajos como DS0. El propósito del adaptador de servicios es de mapear estas señales dentro del paquete STM-1 o en múltiplos. En Norte América el tráfico se convierte inicialmente en STS-1 (51,84 Mbps), mientras que en Europa se convierte en STM-1 (155,52 Mbps). Velocidades más bajas (Tales como DS1 y E1) se multiplexan primero en "tributarios virtuales" VT (Virtual Tributaries) el cual es un término Norteamericano, o en "contenedores virtuales" VC (Virtual Containers), los cuales son sub-cargas de STM-1. Algunas STM-1 se multiplexan juntas para formar una señal STM-N, esta señal se envía a un convertidor eléctrico/óptico donde se convierte la señal eléctrica STM-N a una señal óptica OC-N.

El dispositivo DCS (Digital Cross Connect) generalmente se añade como un hub en la red SDH, no solo inserta y extrae carga sino que también puede operar a diferentes velocidades de portadora, tales como DS1, OC-N, E1, tanto como hacer una conexión cruzada entre ellas. Este dispositivo reúne y separa diferente tipos de tráfico ya que las operaciones de conexión cruzada se ejecutan en el hardware y el software y no por equipos adicionales.

SDH no establece requerimientos estrictos en cuanto a como ATM opera con sus componentes. La capa ATM podría residir tanto en el adaptador terminal de servicios, en el multiplexor de inserción/extracción, o en el DCS.

Los sistemas de transconexión digital (DCS) se utilizan para transconectar diferentes contenedores virtuales (Figura 2.7). Uno de sus principales trabajos es procesar el transporte de señales con sus respectivas cabeceras de trayectorias y mapear varios tipos de tributarios o contenedores virtuales a otros, puesto que realiza la conmutación al nivel de contenedores virtuales, y estos contenedores no son accesibles a demultiplexación. Además puede diferenciar tráfico de ancho de banda alto de tráfico de ancho de banda bajo y enviar éstos a diferentes puertos.

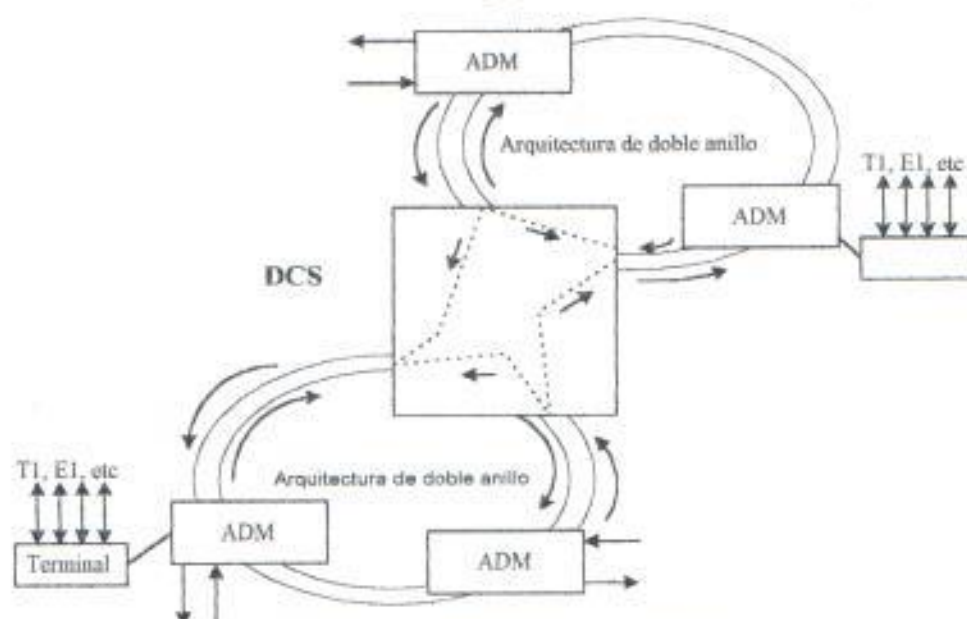


Figura 2.7 Sistemas de transconexión digital (DCS)

2.2.4 CELDAS ATM EN PAQUETES SDH

La figura 2.8 muestra como la celda ATM puede ser introducida en el paquete SDH. La cabecera SDH contiene un byte denominado "byte H4", que se usa para apuntar el principio de la primera celda ATM en la carga. El byte H4 contiene la posición de la celda inicial ATM, la posición puede variar de 0 a 52 y adicionalmente a la operación del puntero de localizar celdas, el receptor ATM puede también buscar y encontrar las celdas chequeando la secuencia de 5 octetos y determinar si el quinto octeto computa con el control de error de cabecera HEC. El receptor continúa chequeando secuencias de 5 octetos hasta que computa un HEC válido. Esto significa que el receptor ha encontrado una celda y que después de algunos otros chequeos, el receptor permite sincronizarse con las celdas.

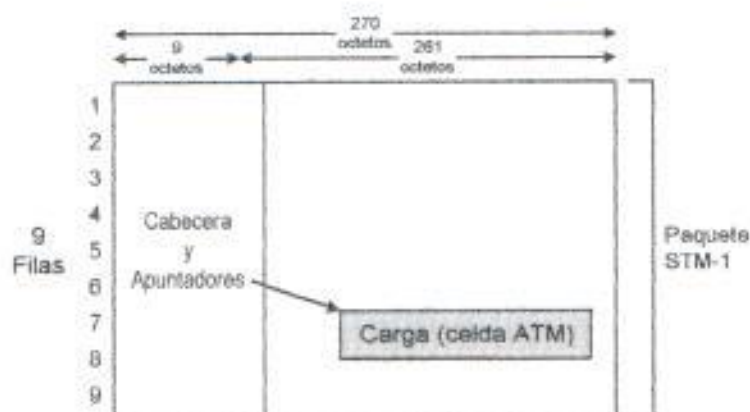


Figura 2.8 Paquete STM-1

El ADM se utiliza para insertar y extraer información en varias localizaciones de una red. Por lo tanto, un ADM debe poder extraer las celdas ATM de la trama SDH entrante y dejarlas en el nodo local, además deberá poder insertar las celdas ATM en la misma trama para poder transmitir las. En la figura 2.9 se muestra la transmisión recepción de una envolvente STM-16.

La primera tarea es recibir la envolvente SDH, examinar la cabecera SDH, actuar sobre ésta y entonces remover la información. Después, la información

consistente de celdas ATM se examina para determinar si las celdas se dejan en este nodo o continuarán hasta el siguiente. El ADM es responsable de chequear la cabecera de la celda (VPI y quizás VCI) para tomar las decisiones del procesamiento del tráfico. Así, puede dejar las celdas en este nodo o retransmitir las celdas a otro nodo.

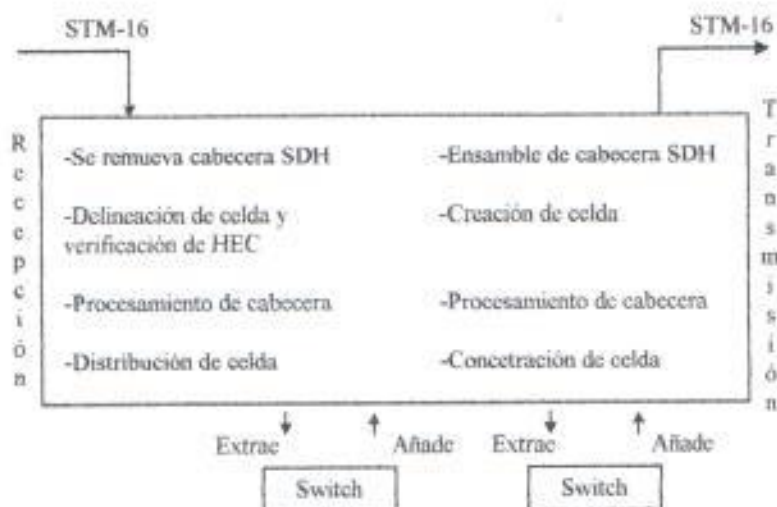


Figura 2.9 Interacción entre ATM y SDH

La arquitectura se basa en cuatro operaciones principales. La primera operación convierte la información de la trama STM-16 en una cadena ATM en la entrada. La segunda operación localiza las celdas dentro de la envolvente de información sincrónica para una operación de recepción. La tercera operación examina la etiqueta en la cabecera de la celda ATM (VPI, VCI). La cuarta operación distribuye las celdas en este nodo. Todas las operaciones descritas se realizan en forma inversa al momento de transmitir celdas para la misma u otra envolvente de información. En su más simple forma, estas operaciones toman la decisión de si es que el tráfico pasa o se deja en este nodo.

2.2.4.1 PUNTEROS DE CARGA

SDH utiliza un nuevo concepto llamado punteros para tratar con variaciones de tiempo en una red. El propósito de los apuntadores es el de permitir a la carga "flotar" dentro del área del paquete.

Como se muestra en la figura 2.10, la envolvente de información sincrónica puede ocupar más de una trama. El apuntador tiene un valor variable que muestra la posición relativa del primer octeto de la carga. Si alguna variación de tiempo ocurre durante la transmisión a través de la red, el apuntador se incrementa o disminuye para compensar las variaciones. Ya que SDH está diseñada para ser una red sincrónica, diferentes redes podrían operar a diferentes sincronismos a casi diferentes velocidades. Entonces los apuntadores y la carga flotante permiten a la red hacer un ajuste a estas variaciones. En efecto, los apuntadores de carga permiten la existencia de operaciones asincrónicas dentro de la red sincrónica. El tráfico deberá ser sincronizado dentro de los equipos de la red SDH antes de ser multiplexado.

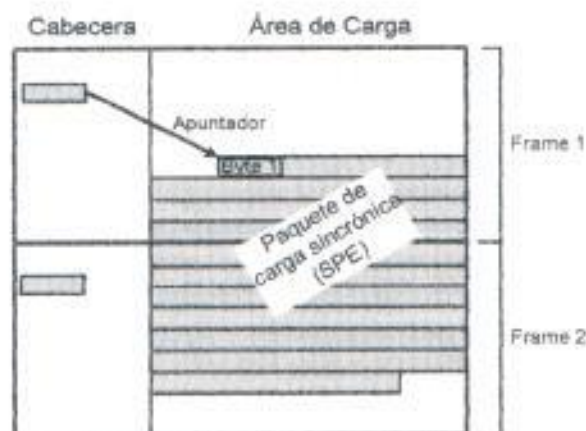


Figura 2.10 Carga Flotante

2.2.5 FUTURA RED SDH DE LA CIUDAD DE GUAYAQUIL

Un trabajo de investigación anterior realizó un estudio para el diseño de una futura red SDH para la ciudad de Guayaquil. A continuación se describirá este estudio puesto que es necesario considerar la disposición de la red SDH para la ciudad de Guayaquil que una vez implementado servirá de soporte para nuestro diseño de red ATM en esta misma localidad.

2.2.5.1 DESCRIPCION DE LA FUTURA RED SDH DE GUAYAQUIL

El estudio de la futura red de transporte SDH para Guayaquil trabaja a una velocidad sincrónica de 2.5 Gbps. que corresponde al nivel STM-16 de la Jerarquía Digital Sincrónica. Posee 5 anillos denominados centro, norte, sur, este y oeste, los cuales poseen equipos multiplexores ADM-16 (Multiplexores de inserción – extracción) que son los encargados de recoger la información proveniente de los circuitos de voz y transportar cualquier otro tipo de servicio como lo constituye ATM. Adicionalmente cada nodo del anillo central posee equipos denominados cross-conectores SDXC 4/1, los cuales están encargados de interconectar cada uno de los anillos de recolección y administrar el tráfico originado en sus centrales.

En la figura 2.11, se observa la topología de la red SDH para Guayaquil, donde está especificado el tráfico en número de circuitos MIC (circuitos en número de canales o tributarios de 2.048 Mbps.) que soporta cada anillo y la interconexión de cada una de las centrales a través de enlaces de fibra óptica. La red SDH posee fibra óptica monomodo para los enlaces intercentrales.

Podemos observar que la red de transporte está compuesta por cinco anillos, dispuestos en dos niveles: nivel de recolección de tráfico y nivel de interconexión de tráfico.

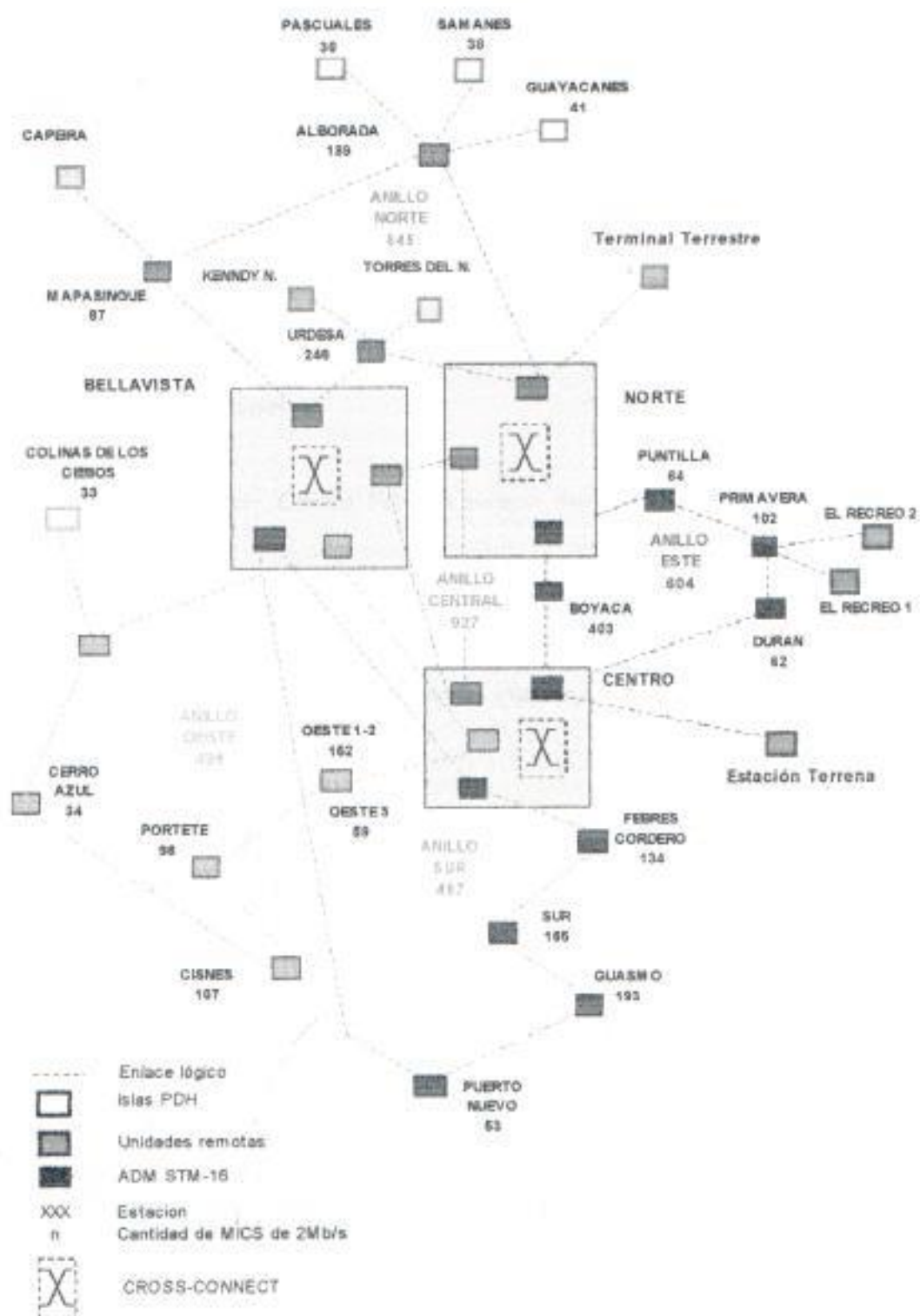


Figura 2.11 Topología de la red SDH para Guayaquil

El nivel de recolección de tráfico está formado por 4 anillos: Norte, Sur, Este y Oeste; configurados así de acuerdo a la zona geográfica a la que pertenece cada uno. Su función es la de recoger el tráfico desde los diferentes nodos, que serán transportados dentro del mismo anillo o pasará a otro nivel con el objeto de llegar a la central de destino. La conformación de los anillos de recolección es la siguiente:

Anillo Norte: Bellavista, Norte, Alborada, Pascuales, Mapasingue, Urdesa, Samanes y Guayacanes.

Anillo sur: Bellavista, Centro, Febres Cordero, Sur, Guasmo y Puerto Nuevo.

Anillo Este: Centro, Norte, La Puntilla, Primavera, Durán y Boyacá.

Anillo Oeste: Bellavista, Centro, Oeste, Portete, Los Cisnes, Cerro Azul y Los Ceibos.

El nivel de interconexión está manejado por el anillo Central, que está compuesto por los nodos Centro, Bellavista y Norte.

Este estudio está basado en un arreglo simple de anillo autoconfigurable bidireccional. Trabaja con dos fibras para transportar la información en ambas direcciones del anillo. Además posee otro par de fibras para una red de protección paralela a la principal, que protege a la red ante fallas en el enlace.

2.2.5.2 DIMENSIONAMIENTO DEL TRAFICO

El dimensionamiento de cada uno de los anillos con conforman la red SDH se basa en una matriz de tráfico simétrica que muestra el número de MICs necesario para proveer servicio telefónico hasta el año 2007. Esta matriz se realizó sobre la base de una proyección del tráfico actual de la red telefónica de Guayaquil medido

en Erlangs, convirtiendo ésta en una matriz de circuitos con una calidad de servicio $E=0.01$.

A partir de esta matriz se determinó el número de canales E1 en cada uno de los anillos con los valores mostrados en tabla 2.2.

Anillos	Número de canales E1	Ocupación de trama STM-16 (Mbps.)
Centro	927	1.899
Norte	645	1.321
Sur	497	1.018
Este	604	1.237
Oeste	494	1.012

Tabla 2.2 Número de canales de 2,048 Mbps por anillo

Podemos observar en la tabla 2.2 los valores de ancho de banda reservados de cada anillo que proveerán el servicio telefónico en la futura red SDH para Guayaquil. Esto deja un ancho de banda restante por anillo que puede servir para transportar otro tipo de información a través de esta red (como por ejemplo transmisión de celdas ATM).

2.3 ESPECIFICACION DE INTERFACES DE CAPA FISICA

A continuación se describirán las características de las interfaces para la capa física correspondiente a las especificaciones STM-1 (155,52 Mbps.) y STM-4 (622,08 Mbps.).

2.3.1 ESPECIFICACION DE CAPA FISICA SDH STM-4

La especificación de capa física de 622,08 Mbps. se basa en un estándar de la Jerarquía Digital Sincrónica. Este estándar provee a través de una estructura de trama la envolvente de información necesaria para el transporte de celdas ATM, así como también los bytes de cabecera para portar la información de operación y mantenimiento de la red.

Esta especificación se aplica para interfaces de 622,08 Mbps. en UNI públicas, UNI privadas y NNI privadas.

2.3.1.1 SUBCAPA DEPENDIENTE DEL MEDIO FISICO

Actualmente se definen tres subcapas dependientes del medio físico basadas en fibras para la interface de 622,08 Mbps.

Especificación de la Fibra.

Están definidas una interface de fibra monomodo y dos interfaces de fibra multimodo. El soporte de enlaces de distancias grandes o el tipo de fibra a utilizar está basado en la implementación de la interface escogida, así:

- Para UNI públicas se deberá usar interface de fibra monomodo.
- Para UNI privadas y NNI privadas se puede usar interface de fibra monomodo.
- Para UNI privadas y NNI privadas se puede usar interface de fibra multimodo.

El medio físico consiste de dos enlaces de fibra, uno para cada dirección de transmisión. También puede existir una implementación de conmutación de

protección automática que requiere un par de fibras adicionales separadas para cada dirección de transmisión.

Interface de Fibra Monomodo.

La interface de fibra monomodo se establece en las especificaciones G.957 y en TI.646. Se definen una interface de alcance intermedio y otra de corto alcance. La interface de alcance intermedio está diseñado para soportar longitudes de enlaces de hasta 15 Km. La interface de corto alcance está diseñada para enlaces de hasta 2 Km. Se utiliza una codificación de línea óptica binaria de no retorno a cero (Non-Return to Zero-NRZ)

Se asegura un funcionamiento apropiado para el sistema considerando las características de dispersión, reflexión y atenuación de la ruta óptica.

Rango de atenuación: La interface de alcance intermedio tiene un rango de atenuación de 0 a 12 dB., mientras que la de alcance corto tiene un rango de atenuación de 0 a 7 dB., de acuerdo a los rangos especificados en G.957 y TI.646. Esta especificación asume incluir valores de pérdida en el peor de los casos debido a los conectores, separadores, atenuadores ópticos o cualquier otro mecanismo óptico pasivo.

Dispersión: Los sistemas de alcance intermedio, cuando operan en el rango de longitud de onda de 1293 a 1334 deberán tener una dispersión máxima de 46 ps/nm. Los sistemas de corto alcance deberán tener un máximo de dispersión equivalente a 13 ps/nm.

Sincronización.

La UNI pública se sincroniza con respecto a una fuente de referencia primaria. La UNI privada y la NNI privada no requieren típicamente sincronización. En los

casos en que las aplicaciones de la UNI privada y NNI privada requieran sincronización, ésta debe ser provista por la UNI pública como es descrito abajo:

- En operaciones asíncronas normales, el tiempo de transmisión en la UNI privada o NNI privada en ambas direcciones de transmisión deberá estar dentro de ± 100 ppm. de 622,08 Mbps.
- En operaciones sincrónicas normales, el tiempo de transmisión en la UNI pública en la dirección de la red al usuario deberá ser rastreado a una fuente de referencia primaria.

Conector de Interface.

La interface de fibra óptica deberá ser Duplex SC (Conector de Subscriptor) y deberá tener las dimensiones y especificaciones de interface del IEC 874-14. El conector deberá tener las especificaciones de funcionamiento como se indica en ISO/IEC 11801.

2.3.1.2 SUBCAPA DE CONVERGENCIA DE TRANSMISION

Una subcapa de convergencia de transmisión es especificada por SDH para la interface de 622,08 Mbps. Los formatos de la trama SDH STM-4 son usados para transportar las celdas ATM (Ver Figura 2.12)

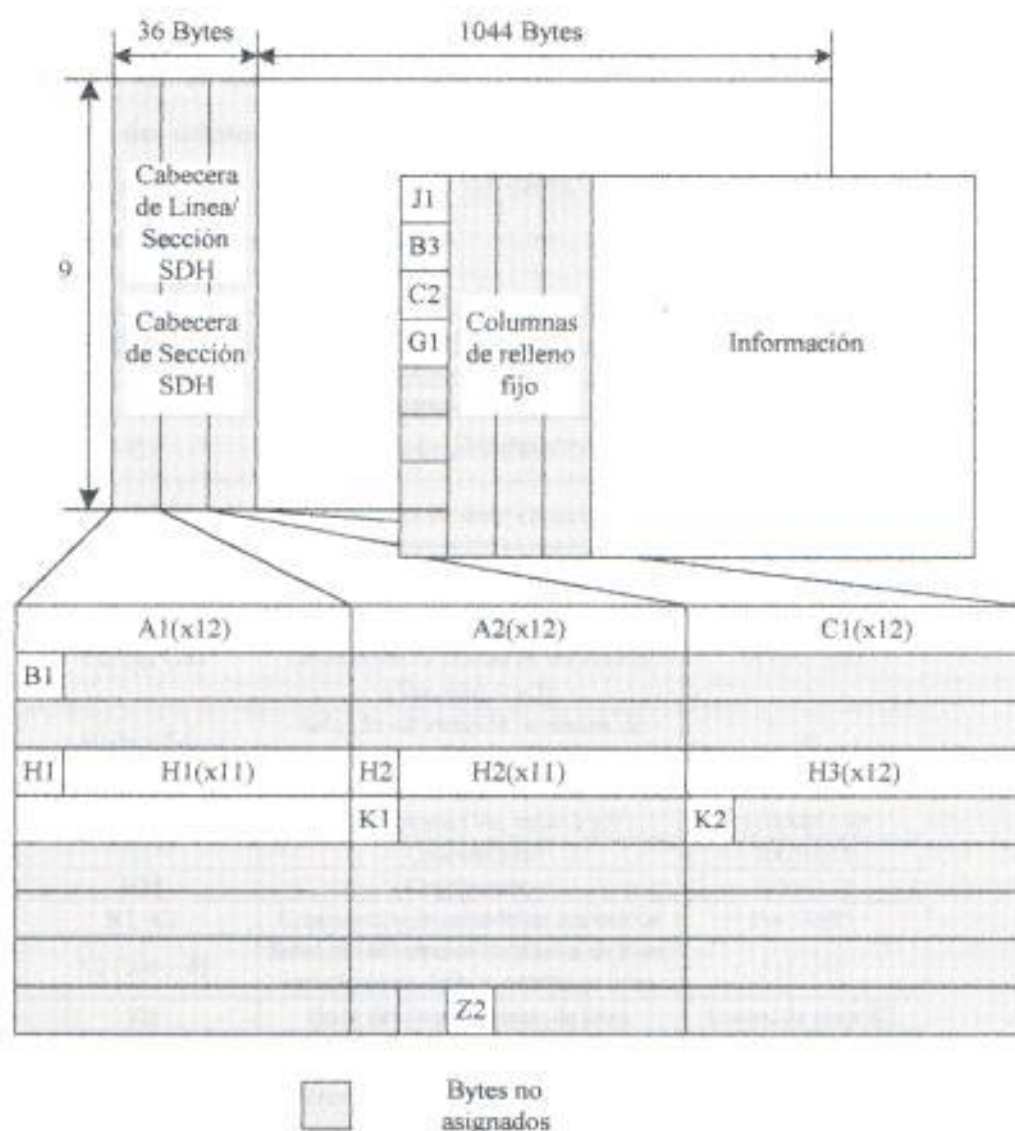


Figura 2.12 Formato de la trama STM-4

El mapeo de las celdas ATM se cumple mezclando la información de celda ATM y mapeando la cadena de celdas resultante en una envolvente de información sincrónica (SPE) o su equivalente contenedor virtual concatenado de nivel 4. El mapeo de la SPE en la trama SDH usa los punteros H1, H2 para finalmente aplicar el mezclador sincrónico de la trama SDH en la trama resultante.

La extracción de la celda ATM opera en un procedimiento inverso análogo separándose de la trama SDH, leyendo los punteros H1-H2 para localizar la envolvente de información sincrónica, realizando la delineación de celda y finalmente separando la información de celda ATM. Los bytes de cabecera se encuentran resumidos en la tabla 2.3.

Byte de cabecera	Función	Codificación SDH
A1	Alineación de trama	11110110
A2	Alineación de trama	00101000
C1	Identificación (Nota 1)	00000001 - 00000100 (Bytes 1-4)
B1	Monitoreo de error de sección	Paridad intercalada de bit - 8
B2	Monitoreo de error de línea	Paridad intercalada de bit - 96
H1(bits 1-4)	Bandera de dato nuevo, señal de información de alarma de trayectoria (Ver notas 2 y 3)	0110 ó 1001
H1(bits 5-6)	Señal de información de alarma de trayectoria (Ver notas 2 y 3)	10
H1 (bits 7-8), H2	Puntero, señal de información de alarma de trayectoria (Ver notas 2 y 3)	000000000 - 1100001110
H1*	Concatenado	10010011
H2*	Concatenado	11111111
K1, K2	Comutación de protección automática	Por G.783
K2 (bits 6-8)	Señal de información de alarma de línea, indicación de defecto remoto de línea	111, 110
Z2	Error de bloqueo lejano de línea	Conteo de error B2
J1	Señal de trayectoria	Nota 5
B3	Monitoreo de erro de trayectoria	Paridad intercalada de bit - 8
C2	Etiqueta de señal de trayectoria	00010011
G1 (bits 1-4)	Erro de bloque lejano de trayectoria	Conteo de error B3
G1 (bit 5)	Indicación de defecto remoto de trayectoria	1 (Ver nota 6)

Nota 1: Los receptores no deberían usar este patrón para identificación de alineación de trama debido a que nuevas funciones podrían ser definidas para estos bytes en el futuro.

Nota 2: H1 y H2 son los primeros de doce bits de H1, H2. H1* y H2* son los bits 2 al 12 de H1 y H2. El asterisco indica concatenación.

Nota 3: Señal de información de alarma de trayectoria es indicada por la condición de todos 1 en H1, H2, H1* y H2*.

Nota 4: Un lenguaje común ASCII de 64 bytes.

Nota 5: Las interfaces podrían usar un formato libre de 64 bytes o un formato E.164 de 16 bytes como es descrito en G.709.

Nota 6: La indicación de defecto remoto es una respuesta a pérdida de puntero, señal de información de alarma de trayectoria y pérdida de delineación de celdas como es especificado en I.432.

Tabla 2.3 Cabecera SDH

2.3.1.3 MAPEO DE CELDAS ATM

El mapeo de celdas ATM es realizado alineando por fila, la estructura de byte de cada celda con la estructura de byte de la envolvente de información sincrónica. La tasa de bit disponible para celdas de información del usuario, celdas de señalización y celdas de operación y mantenimiento tiene nominalmente un valor de 599,04 Mbps.

2.3.2 INTERFACE DE CAPA FISICA SDH STM-1

La interface de capa física de 155,52 Mbps. correspondiente a la trama SDH STM-1 se aplica tanto para la UNI pública como privada (Estándar especificado por el ATM Forum en el documento UNI Versión 3.1). El sistema de transmisión está basado en el estándar de la Jerarquía Digital Sincrónica, la cual provee a través de una estructura de trama, la envolvente de información necesaria para el transporte de celdas ATM. Se puede utilizar fibra monomodo o multimodo. La fibra monomodo debe tener las mismas características de la que se utiliza en la interface STM-4 monomodo. A continuación se describen las características de la fibra multimodo

2.3.2.1 CARACTERISTICAS DEL MEDIO FISICO

Las características del medio físico provista por esta interface son las siguientes:

- La fibra debe tener un **diámetro de 62.5/125 micrómetros**. Esta especificación fue desarrollada basándose en el hecho de que el valor de **atenuación debe ser menor o igual a 1.5 dB/Km.**, cuando se mide a una longitud de onda de 1300 nm.

- Cada fibra óptica debe tener una característica de dispersión como se muestra en la tabla 2.4

Longitud de onda de dispersión Cero $\lambda (0)$; nm	Máxima dispersión S_0 ; ps/nm ² -Km
1.295-1.300	$[\lambda(0) - 1.190]/100$
1.300-1.348	0.110
1.348-1.365	$[1.458 - \lambda (0)]/1.000$

Tabla 2.4 Requerimientos de dispersión

- La longitud máxima de la fibra debe ser de 2 Km.

2.3.2.2 CONECTOR PLUG Y SOCKET PARA MEDIO OPTICO.

- Cada cable de fibra debe terminar en un conector plug BFOC/2.5
- El conector SC es una alternativa para el BFOC/2.5
- La pérdida en el conector óptico debe ser como máximo de 1.0 dB.

2.3.3 ESPECIFICACIONES DE LA INTERFACE FISICA E1

A continuación se describirán los requerimientos dados por el ATM Forum para la operación de la interface de capa física E1 que opera a 2.048 Kbps. Estas especificaciones se aplican a las interfaces de 2.048 Kbps. de UNIs públicas, UNIs privadas y NNIs privadas.

En la figura 2.13 se muestran las recomendaciones ITU-T sobre las cuales se basa esta especificación.

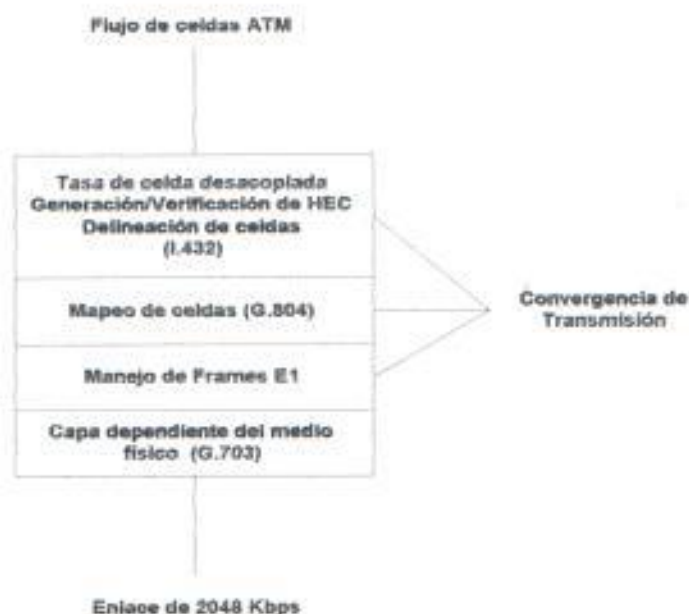


Figura 2.13 Funciones de la capa física para una UNI E1

2.3.3.1 SUBCAPA DEPENDIENTE DEL MEDIO FISICO

Conectores Físicos

Son dos los conectores físicos que se recomiendan para esta interface:

- Par trenzado simétrico (balanceado de 120 ohms).
 - Conector de 8 contactos especificado en ISO / IEC 10173.
 - Conector de 8 contactos especificado en ISO / IEC 8877.
 - Conector de 15 contactos especificado en ISO 4903.
- Cable Coaxial (desbalanceado de 75 ohms).

- Coaxial tipo 1.6 / 5.6 definido en DIN 47295.
- Coaxial tipo 1.0 / 2.3 definido en DIN 47297.
- Conector IEC SC46D.
- Conector IEC I69-8.

Características Eléctricas

La tasa, características eléctricas y otros atributos para la señal E1 están definidos en la recomendación de la ITU G.703, sección 6.

Tasa de bits y código de línea

Para propósitos de recepción, la tasa de bit será de 2.048 Kbps. \pm 50 ppm. y la codificación de los bits será la HDB3 (High Density Bipolar of order 3).

2.3.3.2 SUBCAPA DE CONVERGENCIA DE TRANSMISION

Formato de Trama de Transmisión E1

La estructura de la trama de transmisión E1 se especifica en la recomendación G.704 de la ITU-T.

La trama consiste de 32 tiempos de slots (octetos), numerados desde 0 hasta 31. La tasa de repetición de la trama E1 es de 8.000 Hz. Los slots 0 y 16 deberán ser reservados para OAM y funciones de señalización. Los slots del 1 al 15 y del 17 al 31 están disponibles para el transporte de datos. Esto se muestra en la figura 2.14.

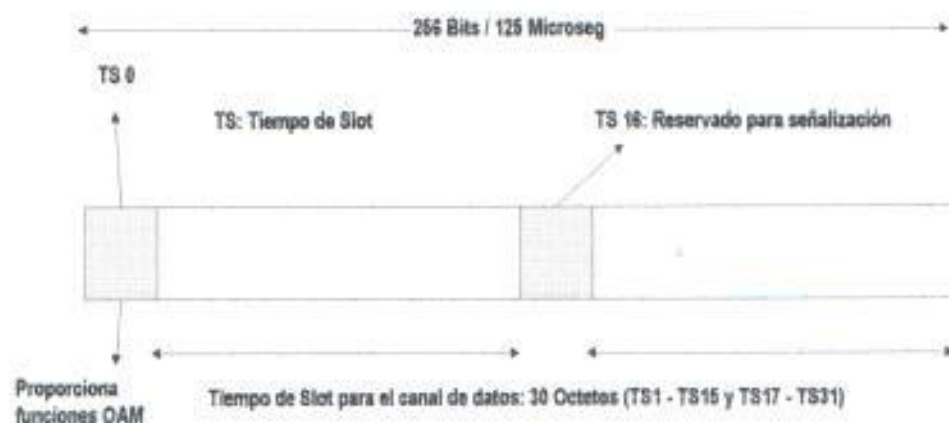


Figura 2.14 Estructura de la trama E1

Mapeo de celdas ATM

La celda ATM se mapea entre los bits 9 hasta 128 y 137 hasta 256 de la trama de 2.048 Kbps. tal como se especifica en la recomendación ITU-T G.704 (Ver figura 2.15). La celda ATM deberá ser alineada con la estructura de octeto de la trama. Ya que no hay ninguna relación entre el inicio de la celda ATM y el inicio de la trama de 2.048 Kbps., la celda ATM cruzará los límites de ésta.



Figura 2.15 Trama E1 usada para transportar celdas ATM

CAPITULO 3

RED PRIVADA ATM ESPOL

3.1 NECESIDAD DE UNA RED PRIVADA DE DATOS.

Así como Internet revolucionó las comunicaciones globales, ATM ha traído un nuevo significado a las redes de alta velocidad, y a pesar de que fue concebida para redes públicas, también ha tomado posición dentro de redes privadas de transmisión de datos. Esta alternativa se ha implementando dentro de campus universitarios, como es el caso de la red privada ATM de la ESPOL. Un modelo típico de campus se muestra en la figura 3.1 el cual se analizará más adelante.

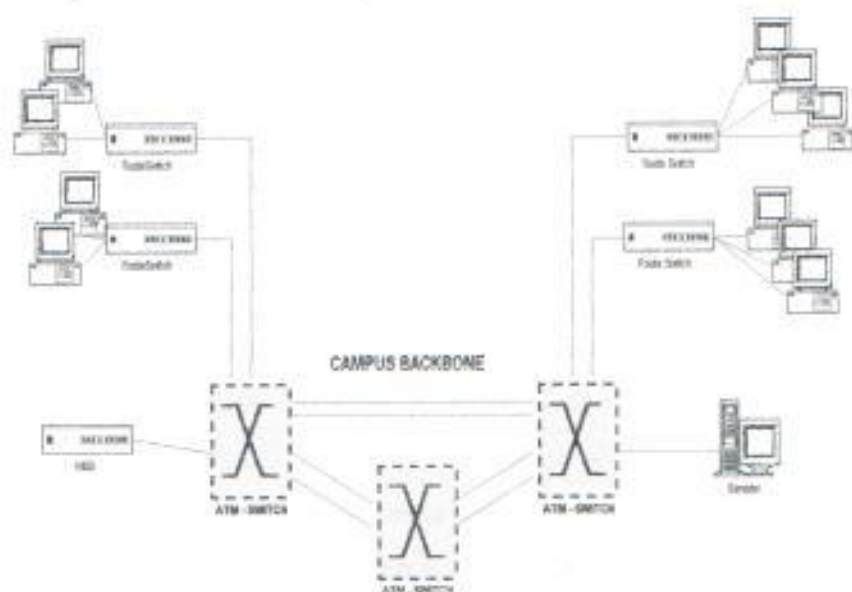


Figura 3.1 Modelo de un backbone de CAMPUS

La necesidad de una red privada de datos en campus universitarios con las características que brinda ATM se hace cada vez mayor a medida que las aplicaciones de multimedia, tales como imágenes, video, y audio forman parte de las herramientas de investigación y educación que deberá tener cada centro de estudios que se considere parte del nuevo esquema mundial.

3.1.1 ATM COMO LA MEJOR ALTERNATIVA

ATM es una tecnología de transmisión de datos que posee el potencial suficiente para revolucionar el modo en que se construyen las redes de computadoras. A diferencia de las redes LAN, en las que se transmiten datos sin establecer conexiones y que además utilizan un medio compartido en el que solo un nodo puede transmitir a la vez, ATM utiliza una tecnología "orientada a conexión", con enlaces en ambos sentidos con transmisiones simultáneas, proporcionando y ajustando el ancho de banda necesario para cada aplicación. Pues a causa de su inherente capacidad sincrónica para manejar tráfico sensible al retardo, hace posible muchas aplicaciones. Estas aplicaciones necesitan de un ancho de banda elevado, que requiere de una estrecha sincronización entre los usuarios que intervienen en una sesión. ATM garantiza un ancho de banda reservado bajo demanda disponible durante toda una sesión.

ATM soporta una variedad de categorías de servicio, todos los cuales deberán ser definidos por un conjunto de parámetros de tráfico y su respectiva calidad de servicio al momento de establecerse una conexión, pudiendo manejar aplicaciones en tiempo real, debido a su alto ancho de banda.

El estudio de la red ATM de la ESPOL tiene como objeto el de integrarla a una red pública ATM, ya que de esta forma se podrán establecer varios tipos de servicios tales como el de videoconferencia con otros campus, acceso remoto a una base de datos y transmisión de datos, entre los más comunes.

3.2 DESCRIPCION DE LA RED ATM ESPOL

La red ATM de la ESPOL permite la integración de las redes LAN que pertenecen al Rectorado, a las Facultades de Ingeniería Eléctrica e Ingeniería Mecánica, a los Institutos de Matemáticas, Física, Química, al ICHE, Biblioteca y Bienestar Estudiantil además de enlaces externos con Ecuonet y el Campus Peñas.

Inicialmente la comunicación de estos puntos con el Centro de Computo (CESERCOMP) se realizaba por medio del sistema IBM 4381, el cual permitía aplicaciones muy limitadas y hacía uso de un terminal tonto como interface para el usuario. La implementación del backbone ATM hizo posible la integración de las redes LAN de estos departamentos, garantizando la transferencia de datos entre los distintos puntos de una forma más eficaz y rápida, y al mismo tiempo brindaba la posibilidad de usar herramientas de trabajo tales como Lotus Notes y otras aplicaciones que requieren mayor ancho de banda.

Lotus Notes es una aplicación para grupos de trabajo, útil para cualquier empresa, en este caso la ESPOL. Permite administrar tareas de mensajería (como el envío y recepción de correo electrónico local y externo), generación de formularios y flujo de documentos en entornos de redes grandes. Los mensajes pueden incluir textos, gráficos e información de multimedia. Esta herramienta se aplica en las redes LAN de la ESPOL a través de la red de administración central.

A futuro el acceso a la base de datos de la información académica correrá en un servidor dedicado para este propósito que se conectará directamente al backbone ATM, puesto que en estos momentos, sólo se tiene acceso a esta aplicación por medio del Mainframe de la ESPOL (IBM 4381).

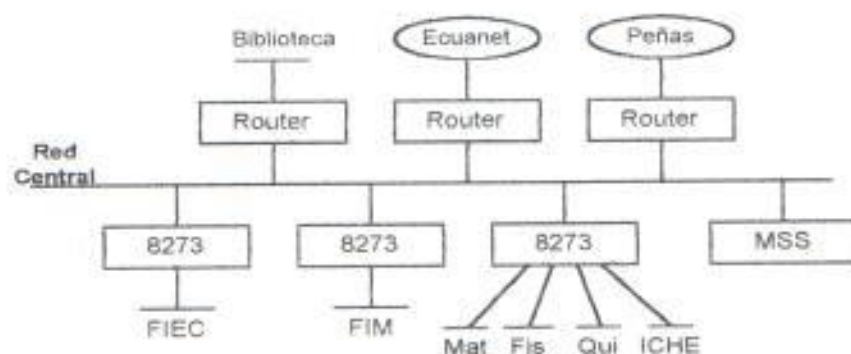


Figura 3.2 Red Central ATM de la ESPOL

El esquema de la figura 3.2 representa la estructura de la red central de la ESPOL. Todas las redes LAN se encuentran enlazadas a una Red Central, cuyo punto de convergencia es el backbone ATM. La red de la biblioteca (10Base-FL) se enlaza al backbone a través de un tendido de fibra de 10 Mbps.

Los enlaces con Ecuagnet y el Campus Peñas se realizan a través de un ruteador conectado a la tarjeta Etherflex del backbone, cada enlace se efectúa por medio de módems de fibra a 64 Kbps. situados en CESERCOMP; desde allí se llega hasta el tanque de agua donde se encuentran los otros dos módems de fibra, estos módems se conectan cada uno a un radio módem y desde este se llega con cable coaxial hasta la torre de transmisión para establecer los enlaces respectivos con Ecuagnet y las Peñas como se indica en la figura 3.3.

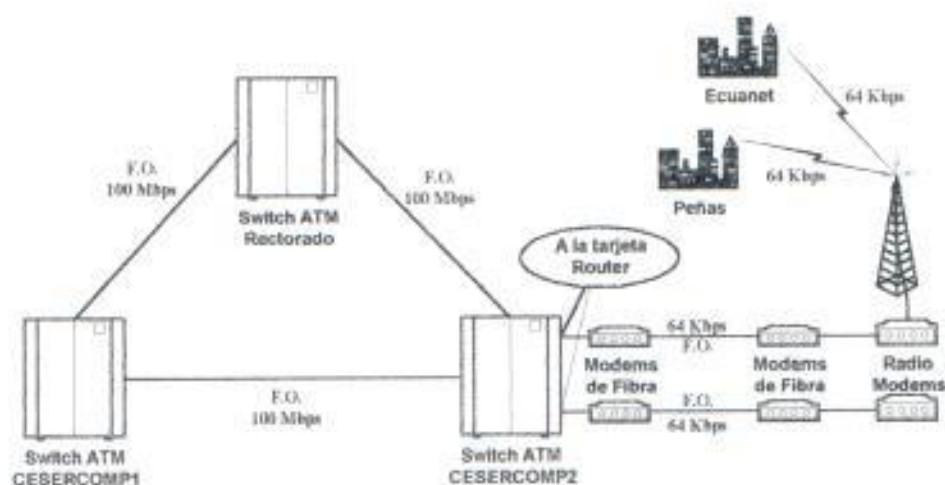


Figura 3.3 Enlaces entre el Campus Prosperina, Ecuagnet y el Campus Peñas.

3.3 TOPOLOGIA

El backbone ATM utiliza una topología en delta, la cual es una configuración típica para Campus que permite cerrar el enlace para proveerlo de protección a través de redundancia en caso de que un enlace llegase a fallar, evitando de esta manera el aislamiento de los distintos nodos de red.

La estructura en delta se establece entre los tres hubs 8260 (Hub Multiprotocolo) conocidos como "Cesercomp 1", "Cesercomp 2" y "Rectorado", como se puede ver en la figura 3.4 donde se muestra la configuración del backbone ATM de la ESPOL.

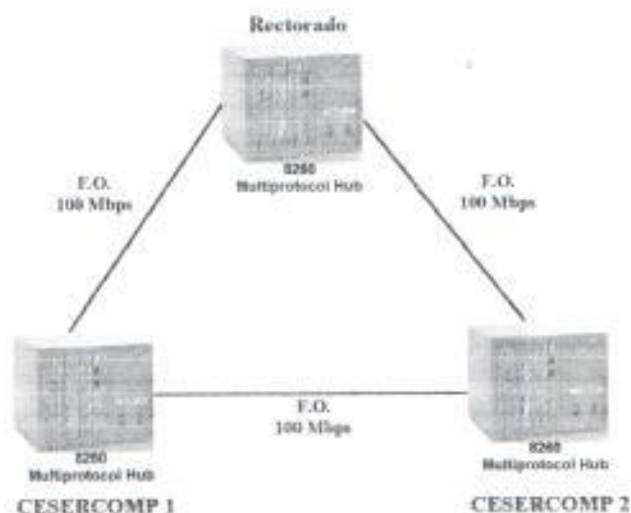


Figura 3.4 Delta del Backbone ATM ESPOL

Para conectar cada hub, se establecen enlaces a 100 Mbps. entre sus puertos de fibra óptica. Cada concentrador 8260 soporta varios tipos de módulos dependiendo de los requerimientos de la red. Los enlaces entre cada switch están definidos por una interface SSI (Switch to Switch Interface), la cual es una interface propietaria de IBM, por lo que sus características no se encuentran definidas en el ATM Forum.

A continuación se describirán los equipos que forman el backbone ATM de la ESPOL con sus respectivos módulos y dispositivos periféricos.

3.3.1 HUB MULTIPROTOCOLO 8260

Los tres hubs 8260 que forman el delta de la ESPOL poseen las mismas características básicas y están conformados por los mismos módulos. Los hubs denominados "Cesercomp 1" y "Cesercomp 2" se encuentran ubicados en el centro de cómputo del Centro de Servicios Computacionales de la ESPOL (CESERCOMP). El hub denominado "Rectorado" se encuentra en el departamento de voz y datos del edificio del rectorado. La figura 3.5 muestra un Hub Multiprotocolo 8260.



Figura 3.5 Multiprotocol Hub 8260

El 8260 es un switch-hub inteligente que permite dar soporte a las redes LAN de la ESPOL a través de la red (backbone) ATM. Tiene la capacidad de soportar redes Ethernet, Token Ring y FDDI a través de sus distintos módulos, permitiendo flexibilidad, fiabilidad y fácil manejo en el mismo equipo multiprotocolo.

Se establece una organización física de módulos dentro del 8260 formando dos sistemas, el primer sistema está formada por los módulos de administración de las distintas redes LAN pertenecientes a las diferentes Facultades e Institutos. El segundo sistema está formado por los módulos ATM, y son éstos los que realizan el procesamiento de celdas y la conmutación hacia los diferentes puntos de la red, la figura 3.6 muestra esta organización.

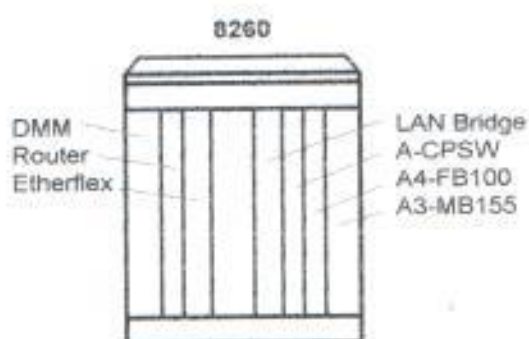


Figura 3.6 Organización del 8260.

El esquema que se muestra en la figura 3.6 intenta representar la organización física de los distintos módulos dentro del hub 8260, el cual está implementado por los siguientes módulos:

- Módulo DMM (Distributed management module).
- Módulo Etherflex.
- Módulo Ruteador.
- Módulo LAN Bridge.
- Módulo A-CPSW. (ATM- Control Point and Switch)
- Módulo concentrador ATM de 4 puertos de 100 Mbps.
- Módulo concentrador ATM de 3 puertos de 155 Mbps.

A continuación se hará una breve descripción de los diferentes módulos que forman parte del 8260.

3.3.1.1 MODULOS LAN

DMM (Distributed Management Module)

La función del DMM en el 8260 es la de administrar y controlar a través del protocolo básico de gestión de red (SNMP, Simple Network Management

Protocol) los módulos LAN pertenecientes al 8260, los módulos ATM se controlan a través del módulo A-CPSW, el cual se describirá más adelante. Entre las características más importantes del DMM encontramos:

- Monitoreo de la red.
- Tiene acceso a estadísticas generales.
- Genera reportes basados en la información o historia de la red.
- Usa Telnet para manejar la red remotamente.
- Configuración de redes.
- Configuración de módulos.
- Configuración de puertos.

Módulo ETHERFLEX.

Todos los segmentos de red de las distintas Facultades e Institutos se encuentran conectados a este módulo a través del equipo 8273 (RouteSwitch), que hace las veces de concentrador para cada segmento de red.

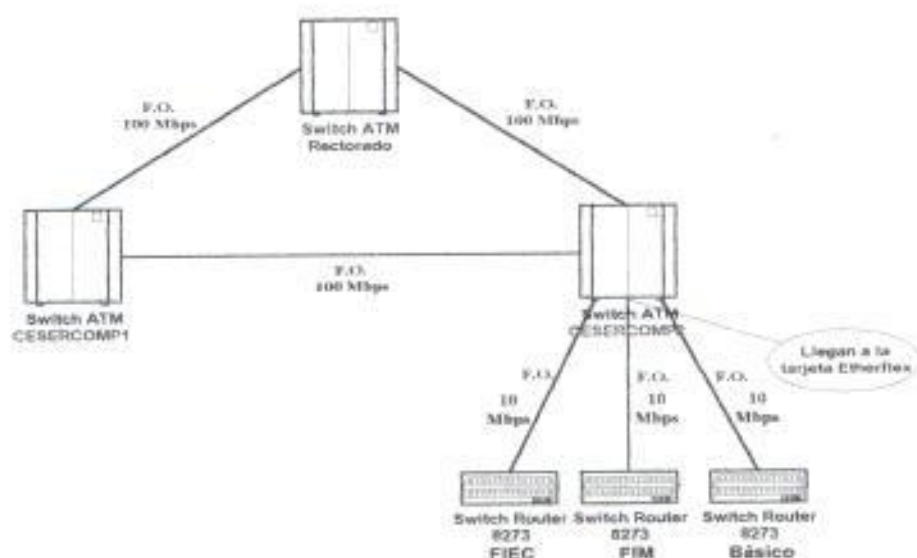


Figura 3.7 Segmentos de red conectados al Backbone a través del módulo Etherflex.

Cada 8273 se conecta al módulo Etherflex por medio de un enlace de fibra óptica multimodo a 10 Mbps. Se podría adaptar el 8273 con una tarjeta ATM que permita conectarse directamente con los puertos de 100 o 155 Mbps. de los concentradores ATM que se encuentran en el 8260. El objeto de las tarjetas adaptadoras ATM es el de aumentar el ancho de banda para hacer posible aplicaciones que necesiten de estos requerimientos como es la videoconferencia. El esquema de la figura 3.7 intenta visualizar la forma en que los 8273 llegan hasta la tarjeta Etherflex.

Módulo Ruteador

El Módulo Ruteador permite mantener aislado a cada segmento Ethernet que se ha conectado al módulo Etherflex o establecer comunicación entre estos segmentos.

Módulo LAN Bridge

Este módulo hace las veces de puente entre las redes LAN y las redes ATM. Permite que el cliente LAN emulado (ver emulación LAN más adelante), que es la parte Ethernet o Token Ring, pueda registrarse con ATM. Todas las redes LAN deben registrarse con este LAN Bridge si requirieran de comunicación con el resto de la red a través del sistema ATM. El módulo posee las siguientes funciones:

- Soporta múltiples circuitos virtuales sobre un enlace físico ATM. El módulo LAN Bridge conmuta conexiones entre LAN locales y LAN remotas a través del backbone ATM.
- Varias estaciones de trabajo y servidores bajo el protocolo de emulación LAN pueden comunicarse con estaciones de trabajo LAN conectadas al módulo ATM LAN Bridge.

- Soportar aplicaciones LAN y pila de protocolos de comunicaciones, permitiendo a las estaciones de trabajo LAN conectadas al ATM LAN Bridge, migrar hacia ATM sin perder la habilidad de ejecutar sus aplicaciones.
- El ATM LAN Bridge sirve como un puente local usando Emulación LAN para encontrar el destino correcto en una red ATM, estableciendo una conexión y enlazando el tráfico LAN hacia su destino. Tiene además la capacidad de filtración de tráfico innecesario.

3.3.1.2 MODULOS ATM

ATM Control Point and Switch (A-CPSW)

Este módulo es muy importante ya que realiza el control de los módulos concentradores de fibra ATM que se encuentran en el hub 8260. Por medio de dos tarjetas integra las funciones de conmutación de celdas (Funciones de switch) y el control de red (Control Point), tal como el establecimiento de llamadas, descubrimiento de la topología y selección de rutas.

Por medio de sus funciones como switch, permite la conmutación de las celdas provenientes de los puertos ATM de los módulos concentradores y encuentra el destino de estas celdas en los puertos ATM con enlaces de salida hacia otros switches o con otros dispositivos conectados al mismo módulo. A través de sus funciones de control, el A-CPSW ejecuta todas las funciones asociadas con el establecimiento y la administración de los circuitos ATM soportando un extenso grupo de conexiones tales como:

- Circuitos virtuales permanentes (PVC) y conmutados (SVC).
- Conexión punto a punto y punto multipunto.

- Manejo de ancho de banda reservado (RB, Reserved Bandwidth) y ancho de banda no reservado (NRB, Non-Reserved Bandwidth).

Tipo de Conexión Virtual	Tipo de Conexión	Clase de Conexión	Modo de Conexión
Ruta virtual (VP)	Permanente	RB y NRB	Punto a Punto
Canal Virtual (VC)	Conmutada	RB y NRB	Punto a Punto y Punto Multipunto
Canal Virtual (VC)	Permanente	RB y NRB	Punto a Punto

Tabla 3.1 Conexiones ATM soportadas por el Hub 8260 ATM.

La tabla 3.1 muestra los tipos de conexiones que puede soportar el Hub 8260 a través del A-CPSW. El servicio específico de ancho de banda no reservado se ajusta con el tráfico de ráfaga de las redes LAN, mejor conocido como tráfico ABR (Available Bit Rate) o tasa de bit disponible.

El A-CPSW realiza la administración de tráfico en la red ATM. La red ATM puede soportar varias aplicaciones con diferentes tipos de tráfico y requerimientos de calidad de servicio. A las aplicaciones sensibles al retardo se les deberá garantizar la llegada de la información a tiempo, lo que no sucede para aplicaciones no sensibles al retardo, por tanto esta diversidad de aplicaciones requerirán de métodos de administración de congestión proporcionado por el A-CPSW.

Módulo Concentrador ATM de 100 Mbps.

Este módulo posee 4 puertos de fibra óptica trabajando a 100 Mbps., utiliza conectores MIC duplex o conectores SC dependiendo del módulo a utilizar. Por medio de sus puertos de fibra se establecen enlaces a 100 Mbps con los otros hubs 8260 que forma el backbone. Además de utilizar los puertos de fibra para formar el backbone, también se utilizan para conectar estaciones de trabajo y servidores

de alta capacidad que trabajan en modo ATM, como son los servidores RISC RS/6000 que se utiliza como base de datos y otros de igual características que se utilizan en otras aplicaciones.

El módulo A-CPSW (Control Point and Switch) sirve como interface de control entre el hub 8260 y el A4-FB100. A los puertos de 100 Mbps. pueden conectarse los siguientes equipos:

- Un concentrador con hasta 12 estaciones de trabajo conectadas.
- Un bridge ATM con hasta 4 conexiones Token Ring o Ethernet.
- Un ruteador ATM con hasta 4 conexiones Token Ring o Ethernet.
- Una estación de trabajo con multimedia de altos requerimientos.
- Otro dispositivo usando interfaces soportes UNI, NNI o SSI.

Módulo Concentrador ATM de 155 Mbps.

Este módulo posee puertos de 155 Mbps. A él se encuentran conectados el MSS (Multiprotocol Switched Services) y un servidor de administración de red (RS/6000), a través de una interface UNI. Los puertos de fibra de este módulo de pueden usarse en cualquiera de las siguientes formas:

- Para enviar y recibir datos con otros subsistemas (Otros hubs 8260) ATM.
- Para enlazar estaciones de trabajo y servidores de alta capacidad por medio de adaptadores ATM.

Posee interface física de fibra óptica multimodo y monomodo o cable de cobre dependiendo de la aplicación. Soporta conexiones ATM switch a switch, switch a servidores y switch a estaciones de trabajo. Todos los concentradores de fibra ATM soportan las interfaces UNI, NNI y SSI.

3.4 EMULACION DE REDES

Con la integración del backbone ATM como punto central de administración de tráfico entre las distintas redes LAN de la ESPOL, se hace indispensable el uso de una herramienta que permita la comunicación entre las redes LAN en los extremos del backbone a través de la red ATM. El problema radica en la diferencia entre las direcciones de 6 bytes que se manejan en redes Ethernet o Token Ring con las direcciones de 20 bytes que se utilizan en redes ATM. Este problema se resuelve con un concepto llamado Emulación LAN. El MSS (Multiprotocol Switched Services) es un equipo de gran capacidad que permite la integración de las distintas redes LAN con el backbone ATM ya que entre sus muchas funciones permite dar soporte a la Emulación LAN.

3.4.1 EMULACION LAN

La emulación LAN es un procedimiento que permite relacionar las direcciones LAN (6 bytes) con direcciones ATM (20 bytes). Ya que ATM es una tecnología orientada a conexión, la cual establece conexiones virtuales entre dos o más puntos, estas conexiones virtuales se establecen por medio de identificadores de circuitos virtuales, conocidos en ATM como identificador de ruta virtual (VPI) e identificador de canal virtual (VCI).

Dado que las redes LAN no son orientadas a conexión y que utilizan direcciones de acceso al medio (MAC, Media Access Control) para identificar estaciones finales, se deberá realizar un intento para poder correlacionar las direcciones MAC con los identificadores ATM. El método que hace posible lo anterior se denomina "Emulación LAN", y se denomina así porque el backbone ATM opera entre redes LAN, las cuales permanecen ignorantes de esta interface.

El protocolo de resolución de direcciones (ARP, Address Resolution Protocol) se usa para traducir y registrar direcciones MAC e identificadores ATM. Un servidor

de emulación LAN (LES, LAN Emulation Server) provee el servicio y la facilidad de registrar direcciones MAC en direcciones ATM por medio de ARP, y es justamente el MSS el que hace las veces de LES ofreciendo la traducción de direcciones entre redes LAN y el backbone ATM.

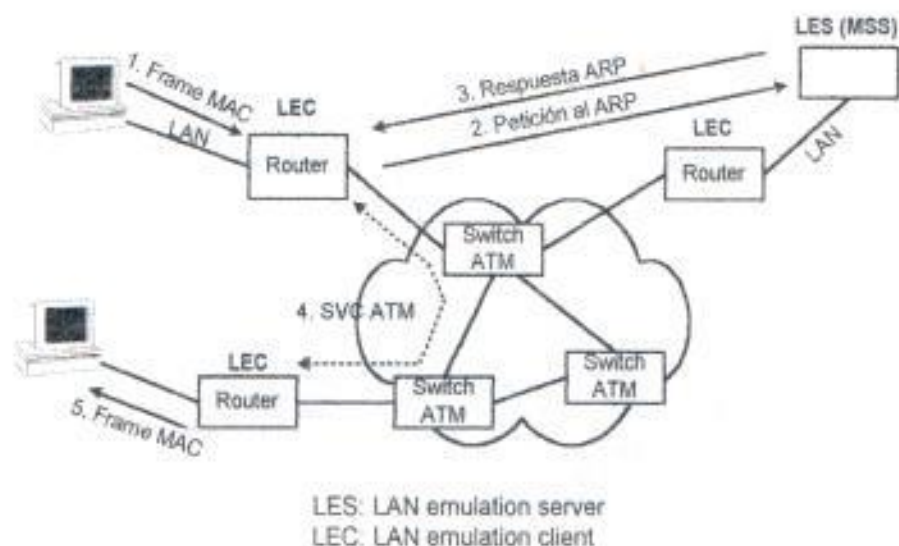


Figura 3.8 Emulación LAN ATM.

En la figura 3.8 se muestra como una estación LAN envía una trama MAC a un ruteador, al cual es un cliente emulador LAN (LEC, Lan Emulation Client), el ruteador realiza una petición al ARP preguntando por la dirección ATM del LEC de destino en conjunto con la dirección MAC de destino y envía esta petición al LES. El LES contesta con la dirección ATM requerida al LEC que realizó la petición. Luego el LEC (ruteador) establece una conexión virtual con el LEC destino. Luego de que la conexión se ha establecido, se dispone el tráfico dentro de celdas ATM y se envían hacia el ruteador destino, el cual recaba la información de las celdas desechando las cabeceras y ensamblando la información en tramas MAC y entrega éstos a la estación final de destino.

La emulación LAN, permite ejecutar aplicaciones u operaciones pertenecientes a las redes LAN ya existentes sobre la nueva red ATM, haciendo que ATM se haga

transparente a esas aplicaciones de usuario final de estaciones de trabajo. Así, se puede migrar suavemente desde una LAN existente hacia ATM, haciendo que los usuarios finales obtengan los beneficios de ancho de banda más elevados sin cambiar sus aplicaciones nativas.

En la red Privada de la ESPOL el elemento que permite la emulación LAN es el equipo MSS. Su función es la de integrar el backbone ATM con el resto de la red ya existente por medio de una variedad de funciones de soporte. La figura 3.9 muestra un equipo MSS.

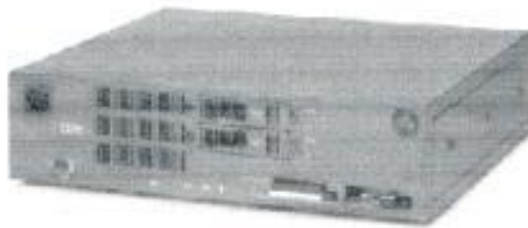


Figura 3.9 MSS 8210

Este equipo soporta a las siguientes aplicaciones:

- Administración de tráfico.
- Soporta IP sobre ATM.
- Soporta emulación LAN.
- Soporte a circuitos virtuales permanentes y conmutados.
- Presta soporte como router (opera como un ruteador IP).
- Presta soporte como Bridge.

El MSS puede trabajar en muchos ambientes diferentes. Esto permite la coexistencia de diferentes tipos de redes y protocolos mientras ofrece la posibilidad de convergencia a una sola infraestructura.

3.5 SOFTWARE DE ADMINISTRACION

Para realizar la administración de la red de la ESPOL se tiene una herramienta proporcionada por IBM para efectuar el monitoreo de sus sistemas. Esta herramienta se conoce con el nombre de "Nways Campus Manager ATM" (NCM-A). Este es un paquete integrado de aplicaciones de administración para redes de Campus ATM que permite la administración de los dispositivos ATM, tales como switches ATM, concentradores ATM, puentes ATM, etc.

El NCM-A trabaja bajo el sistema operativo AIX, junto con otra herramienta llamada NetView que permite realizar la configuración de dispositivos desde una consola de operación, además de brindar una interface gráfica de la topología de la red ATM que permite al administrador de red determinar rápidamente el estatus de la misma y de sus componentes. Adicionalmente, con la interface gráfica el administrador de red tiene la facilidad de examinar las conexiones de los puertos (UNI) para cada dispositivo o switch ATM.

3.5.1 APLICACIONES DE ADMINISTRACION ATM

Entre las principales funciones de administración que provee esta herramienta se encuentran:

3.5.1.1 ADMINISTRACION DE LA TOPOLOGIA DE RED ATM

La aplicación de administración ATM se encuentra totalmente integrada en una base de datos en el programa NetView para AIX. Esto significa que es posible navegar gráficamente por el mapa de la topología de la red ATM, lo que reduce el tiempo que el operador de red emplea en ejecutar tareas cotidianas, además provee de la correlación del estado entre los siguientes tipos de dominios.

- Mapa de la topología ATM.

- Mapa de la topología IP (nodos IP ATM correlacionados con objetos ATM).
- Vista expandida del Hub con los diferentes switches ATM.

Adicionalmente provee las siguientes características:

- Detección automática de nodos ATM y de los enlaces físicos entre elementos. Cuando la configuración de la red cambia, la capacidad de detección indica los cambios y actualiza el mapa de red.
- Visualización automática de la jerarquía de los nodos en la topología ATM y sus correspondientes estados de operación. La visualización gráfica de la topología utiliza un código de colores para representar el estatus de los recursos mostrados en los mapas. Si un recurso llegase a desactivarse se actualizará el mapa para reflejar el cambio de estado de ese recursos a través de un cambio en los colores del icono que representa ese recurso.

3.5.1.2 CONFIGURACION DE RECURSOS ATM

La aplicación de administración ATM provee el fácil acceso a varios niveles de submapas (Red de campus ATM, un cluster ATM, un nodo ATM, conexiones entre nodos) permitiendo al usuario establecer y cambiar la configuración de los switches. Se pueden visualizar y configurar los siguientes recursos:

- Recursos físicos ATM, tales como puertos de interface ATM.
- Establecimiento y caída de Circuitos virtuales Permanentes (PVC).
- Circuitos virtuales conmutados (SVC).
- Enlaces de rutas virtuales (PV) y canales virtuales (VC).

3.5.1.3 ADMINISTRACION DE FALLAS

La aplicación de administración ATM provee un conjunto de mensajes de fallas y de notificación de eventos. La integración de esta información en el programa NetView permitirá la determinación y la recuperación de un problema más eficientemente.

Además de los puntos ya descritos, la aplicación de administración también permite la gestión de cambios en la red, el control de estadísticas y el monitoreo de la red, los datos provenientes de este último punto pueden guardarse en archivos o ser visualizados en forma gráfica. Un último punto de administración es el rastreo de conexiones, que permite seleccionar una conexión y ser mostrada gráficamente junto con los nodos intermedios y extremos que forman esa conexión.

Los dispositivos que conforman la red ATM de la ESPOL se administran desde una estación de control con un servidor RS/6000 conectada directamente a un puerto de fibra de 155 Mbps. de uno de los concentradores ATM. Esta estación tiene soporte SNMP bajo el sistema operativo AIX que corre con NetView para AIX y NCM-A para AIX.

3.5.1.4 ADMINISTRACION DE TRAFICO ATM.

La red ATM de la ESPOL maneja sólo aplicaciones de transmisión de datos. El ancho de banda total del enlace se divide en un ancho de banda reservado (Al cual se le asigna el 85% del ancho de banda total), y un ancho de banda no reservado (El cual toma el 15% restante del ancho de banda total). Para la aplicación de interconexión LANs se establece el tipo de tráfico conocido como VBR en tiempo no real, el cual hace uso del ancho de banda reservado. Este tipo de servicio se especifica con el parámetro SCR (Tasa de celda sostenible), por medio del cual se garantizan los requerimientos de tasa de bits para las aplicaciones de

comunicación de datos en redes LAN (1.5 – 100 Mbps). A continuación se mostrará el tráfico entre varios puntos de la red ATM medidos en Bits/seg. y en Celdas/seg.

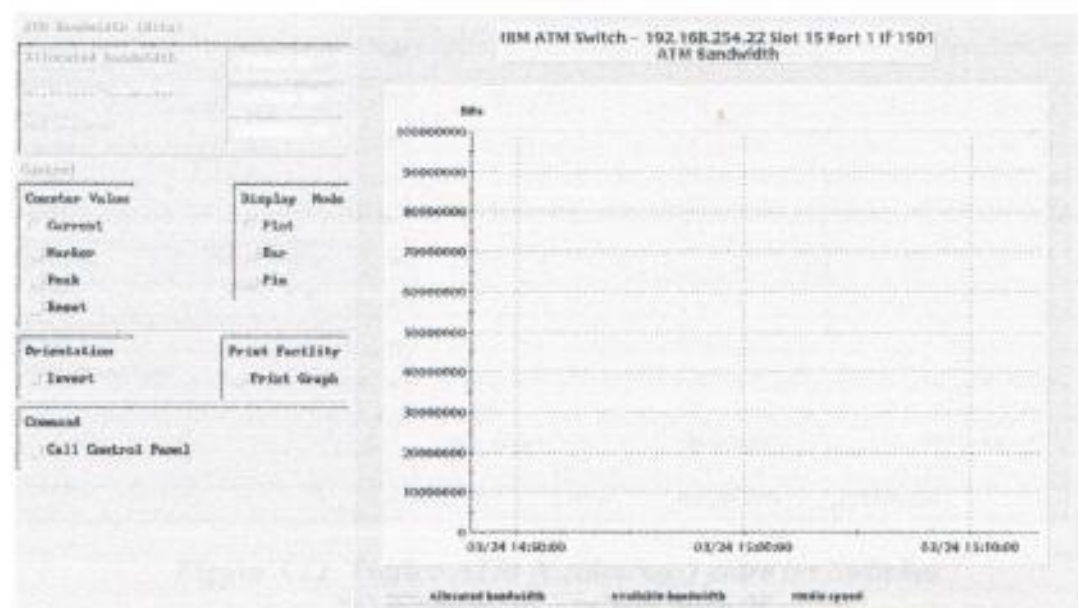


Figura 3.10 Asignación de Ancho de Banda entre los Switches "Cesercomp 1" y "Cesercomp 2".

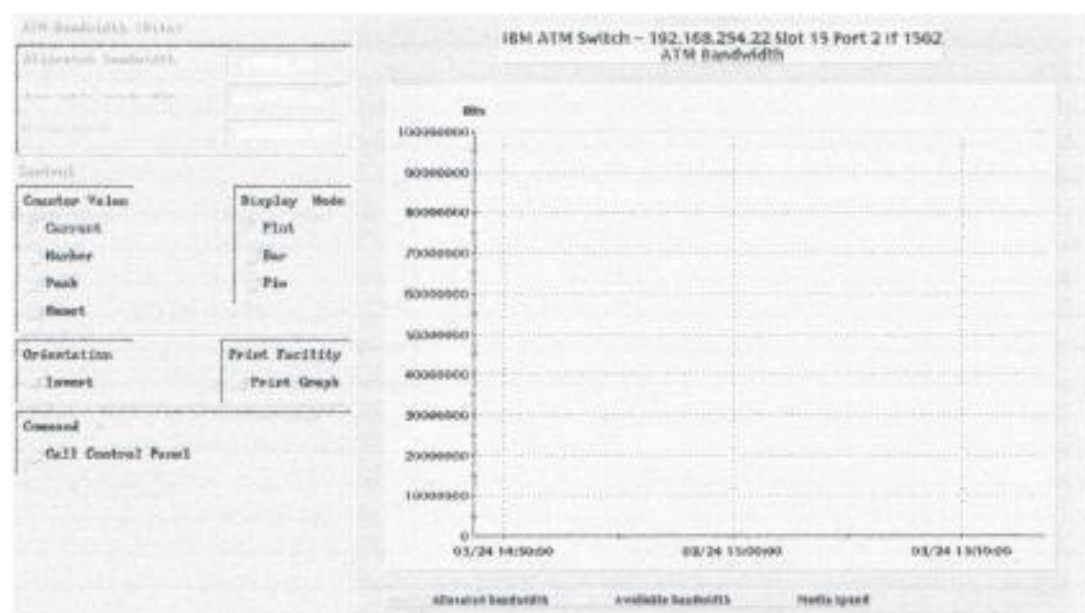


Figura 3.11 Asignación de Ancho de Banda entre los Switches "Cesercomp 1" y "Rectorado".

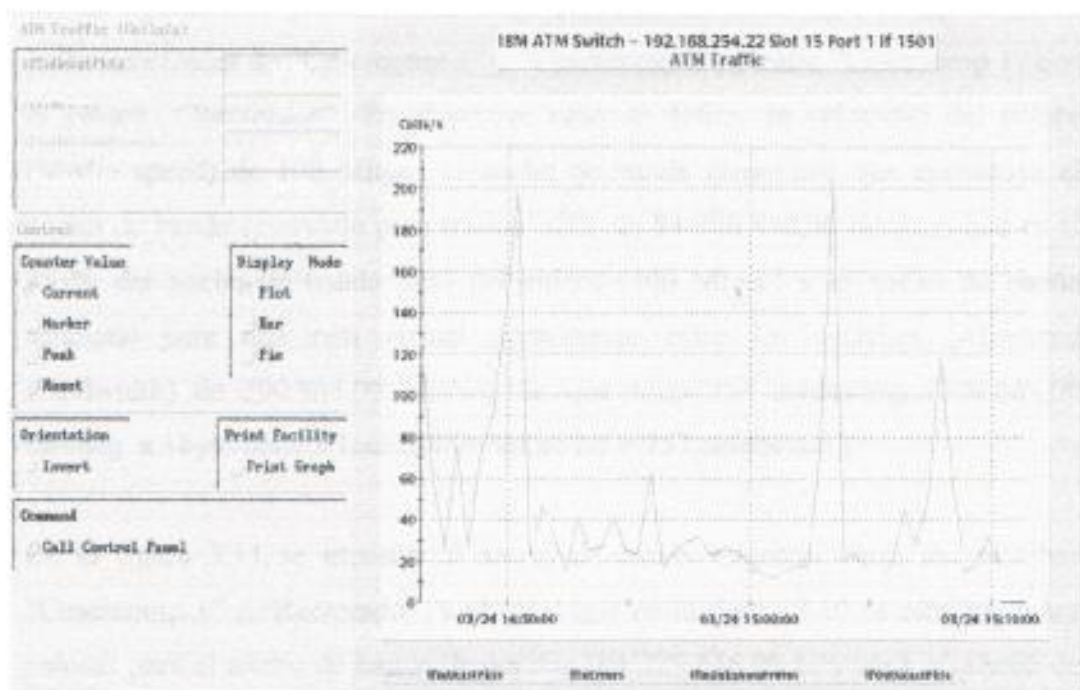


Figura 3.12 Tráfico ATM (Celdas/seg.) entre los Switches "Cesercomp 1" y "Cesercomp 2".

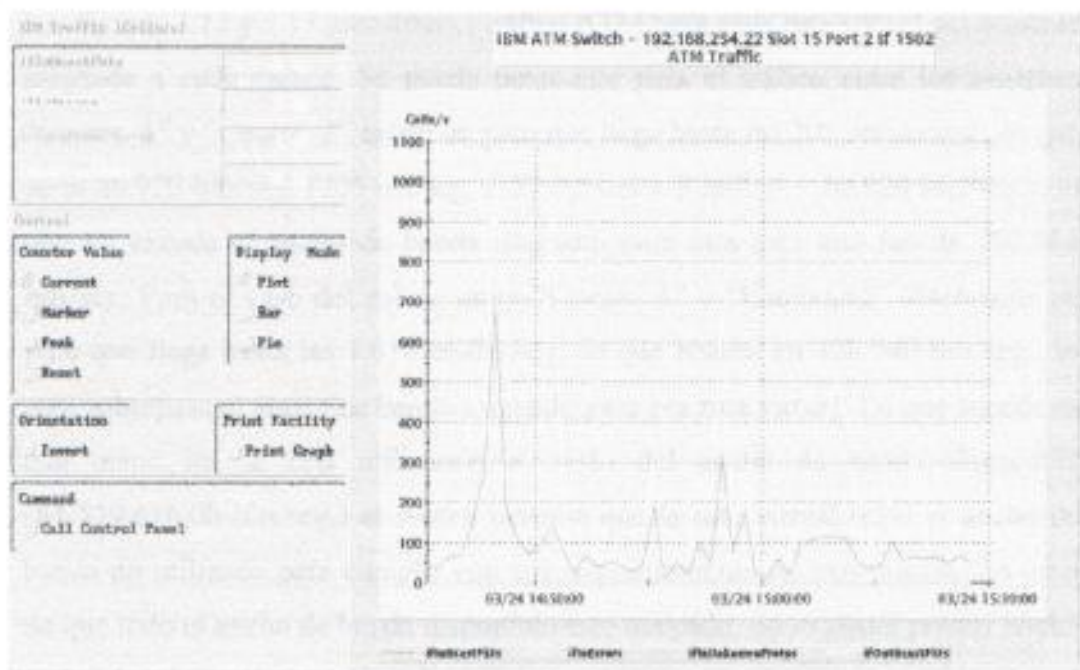


Figura 3.13 Tráfico ATM (Celdas/seg.) entre los Switches "Cesercomp 1" y "Rectorado".

En las figuras 3.10 y 3.11 se muestran el ancho de banda en bits/seg. asignado entre los enlaces de "Cesercomp 1" y "Cesercomp 2", y entre "Cesercomp 1" con el switch "Rectorado". En el primer caso se define: la velocidad del enlace (Media speed) de 100 Mbps., el ancho de banda disponible que constituye el ancho de banda reservado para tráfico VBR de 84'708.840,00 bits/seg. que es el 85 % del ancho de banda total del enlace (100 Mbps.) y el ancho de banda asignado para una ruta virtual permanente entre los switches (Allocated Bandwidth) de 290.864,00 bits/seg. lo que sería 757 celdas/seg. ($290.864,00 \text{ bits/seg.} \times 1 \text{ byte/8bits} \times 1 \text{ celda/48bytes de inf} = 757 \text{ celdas/seg.}$).

En la figura 3.11 se muestra el ancho de banda asignado entre los switches "Cesercomp 1" y "Rectorado", y al igual que en la figura 3.10 se establecen los valores para el ancho de banda disponible (84'729.616,00 bits/seg.), el ancho de banda asignado que en este caso será de 270.088,00 bits/seg. (703 celdas/seg.) disponible para la ruta virtual permanente entre los switches.

Las figuras 3.12 y 3.13 muestran el tráfico ATM para cada ruta virtual permanente asignada a cada enlace. Se puede notar que para el tráfico entre los switches "Ceserc. 1" y "Ceserc. 2" existe un pico que llega hasta las 205 celdas/seg., lo que sería 86.920 bits/seg. ($205 \text{ cel/seg.} \times 53 \text{ byt/cel} \times 8 \text{ bit/byt} = 86.920 \text{ bits/seg.}$), lo que no excede el ancho de banda asignado para esta ruta que fue de 290.864 bits/seg. Para el caso del enlace entre "Ceserc. 1" y "Rectorado" obtenemos un pico que llega hasta las 1.010 celdas/seg. lo que resulta en 428.240 bits/seg., lo cual sobrepasa el ancho de banda asignado para esa ruta virtual. Lo que sucede es que como no se está utilizando el resto del ancho de banda disponible (84'729.616,00 bits/seg.) el switch permite que la ruta virtual tome el ancho de banda no utilizado para cumplir con sus requerimientos de transmisión. En caso de que todo el ancho de banda disponible esté ocupado, no se podrá prestar ancho de banda adicional para esta aplicación.

Las figuras 3.14 y 3.15 muestran el comportamiento del ancho de banda utilizado en los enlaces entre el Campus Prosperina con Ecuonet y con el Campus Peñas. Como ya se ha señalado antes estos enlaces se establecen a 64 Kbps. a través de un enlace de radio.

El tráfico correspondiente al enlace con Peñas fue tomado entre las 11H00 de la mañana y las 3H00 de la tarde, este enlace se comienza a saturar después de las 5H00 de la tarde, debido a las actividades académicas que se desarrollan en el campus Peñas a partir de esta hora, las que consisten principalmente en conexiones a Internet.

En el último gráfico se muestra el comportamiento del ancho de banda del enlace con Ecuonet el cual se utiliza exclusivamente para conexiones a Internet. Como se puede notar, este enlace permanece casi saturado la mayor parte del tiempo. Se nota un pico a 6.847 octetos/seg. lo que sería 54.776 bits/seg.

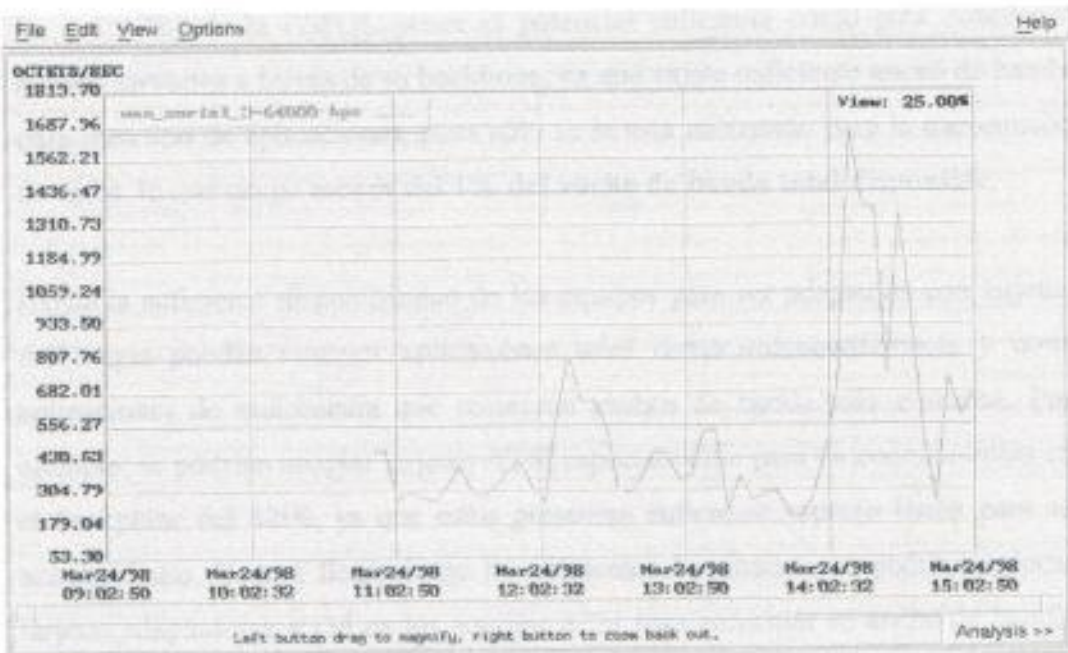


Figura 3.14 Comportamiento del Ancho de Banda del enlace de 64 Kbps. entre "Cesercomp" y el "Campus Peñas".

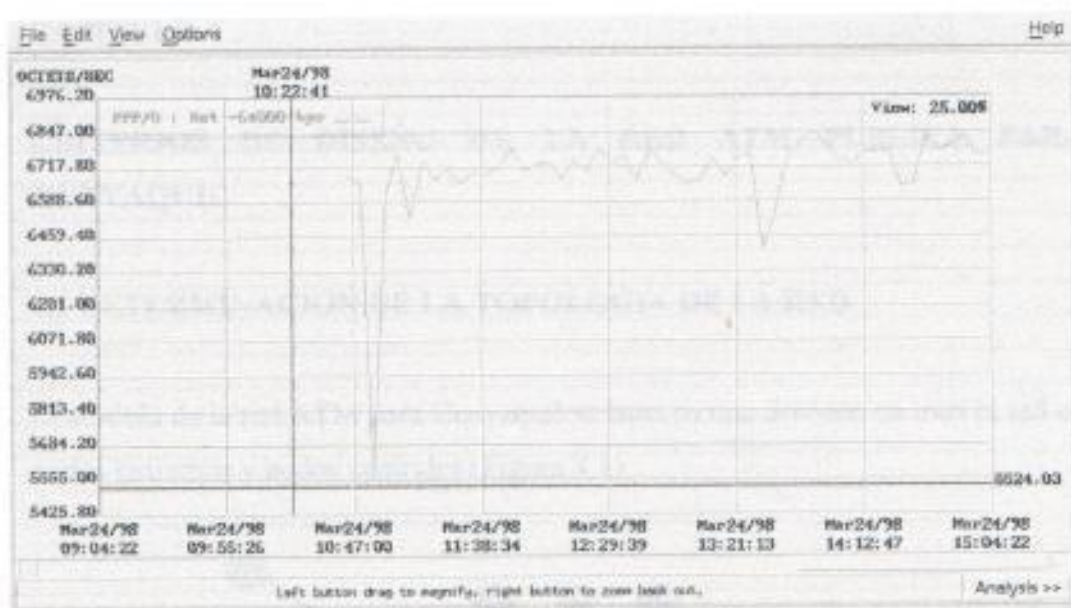


Figura 3.15 Comportamiento del Ancho de Banda del enlace de 64 Kbps. entre "Cesercomp" y "Ecuanel".

3.6 OBSERVACIONES

La red ATM de la ESPOL posee el potencial suficiente como para establecer nuevos servicios a través de su backbone, ya que existe suficiente ancho de banda para otro tipo de aplicaciones, pues sólo se la está utilizando para la transmisión de datos, lo que ocupa **menos del 1% del ancho de banda total disponible.**

Existe la suficiente disponibilidad de los equipos para ser adaptados con tarjetas ATM que puedan manejar aplicaciones tales como videoconferencia y otras aplicaciones de multimedia que requieran anchos de banda más elevados. Por ejemplo, se podrían acoplar tarjetas ATM especialmente para videoconferencia en el backplane del 8260, ya que éstos presentan suficiente espacio físico para su acoplamiento. Y para llegar hasta las diferentes Facultades, se podrían colocar tarjetas adaptadoras ATM en los equipos 8273 para aumentar su ancho de banda, de esta forma se conectarían directamente a los concentradores ATM utilizando el tendido de fibra óptica que se encuentra implementado entre las Facultades y Cesercomp.

CAPITULO 4

CRITERIOS DE DISEÑO DE LA RED ATM PUBLICA PARA GUAYAQUIL

4.1 DETERMINACION DE LA TOPOLOGIA DE LA RED

El modelo de la red ATM para Guayaquil se basa en una división de toda la red en nodos extremos y nodos centrales (Figura 4.1).

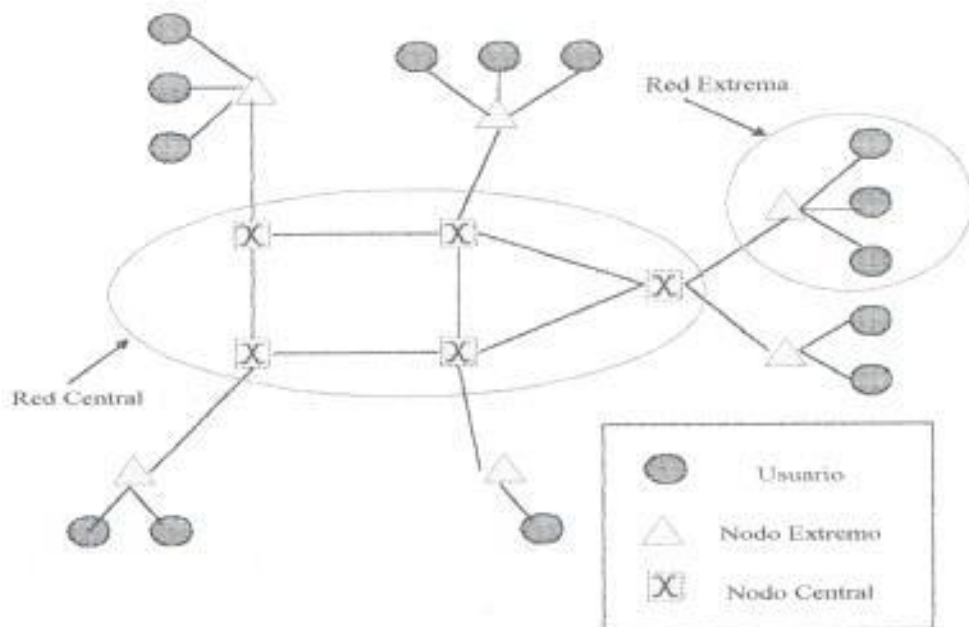


Figura 4.1. Modelo de red: Concepto de nodos extremos y centrales

La división sirve para que los nodos extremos provean acceso de banda amplia al usuario a través de una interfaz de red de usuario (UNI) y realizar conmutación de celdas al nivel de las redes de área local que se conecten a los puntos de acceso a la red; además, los nodos centrales servirán como backbone para transportar el tráfico concentrado por los nodos extremos.

La topología a implementar para la red depende de la forma como se van conectar los nodos. Así, los nodos centrales estarán conectados en una topología de tipo malla, debido a que van transportar la mayor cantidad de tráfico de la red.

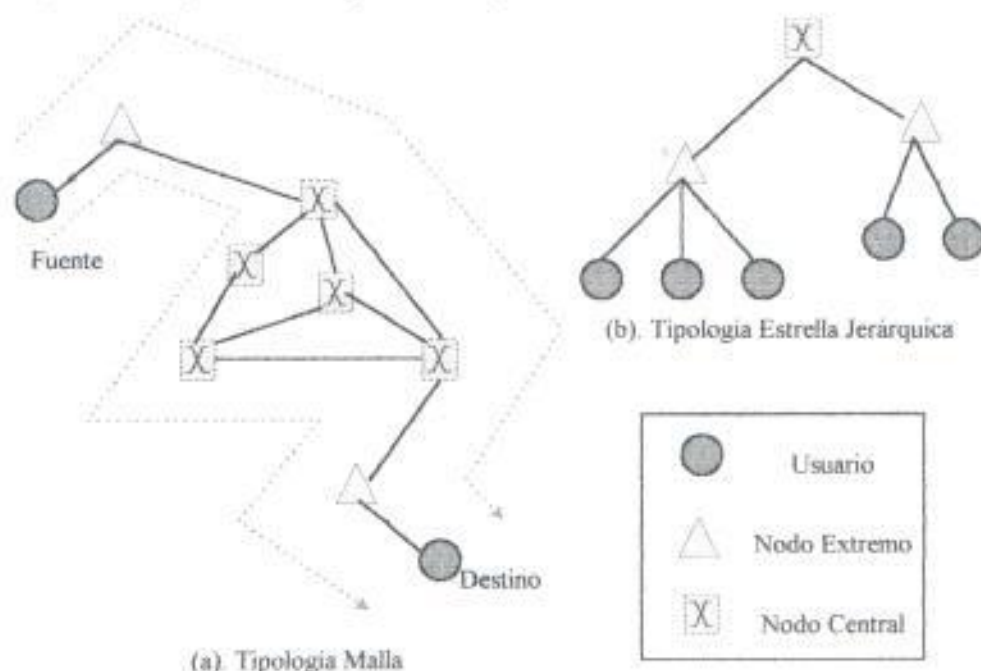


Figura 4.2 *Diferentes topologías a implementarse*

Este tipo de configuración asegura que la información proveniente de cualquier nodo extremo fuente llegue a un nodo extremo destino, puesto que tendría algunas alternativas para establecer la conexión virtual entre nodos extremos, a pesar de que algún tramo o nodo central se caiga o esté demasiado congestionado (Figura 4.2a).

En cambio, al ser los nodos extremos los puntos de acceso a la red ATM, deberán estar conectados a determinados nodos centrales en una topología de tipo estrella jerárquica, puesto que éstos recogerán toda la información proveniente de los distintos usuarios, los cuales a su vez estarán conectados a manera de estrella con los nodos extremos (Figura 4.2b).

Los nodos extremos y centrales son una parte unificada de la red ATM, por lo que ambas deben cooperar en términos de administración de ancho de banda, control de congestión y otras funciones administrativas a través de las interfaces de red a red (NNI).

4.2 DETERMINACION DE LOS NODOS CENTRALES Y EXTREMOS

Dentro del grupo de centrales telefónicas que conforman los nodos de la futura red SDH para Guayaquil (Ver capítulo 2.2.1), sólomente una parte de éstas, se incluirán dentro de la red ATM pública para Guayaquil, los cuales pasarán a convertirse en nodos centrales o extremos.

Todas las centrales que vayan a convertirse en nodos centrales o extremos de la red ATM deberán tener las siguientes características:

- **Poseer un área de cobertura con un amplio desarrollo comercial.-** Esto se refiere a que el área que cubre determinada central deberá poseer un gran movimiento comercial presente o futuro, que justifique la presencia de un switch ATM ante la posibilidad de tener una gran cantidad de potenciales clientes que necesiten utilizar la red pública.
- **Tener un gran número de abonados.-** Este requerimiento servirá como una medida de referencia para determinar el número de usuarios que podría tener cada central, a pesar de que no todos los abonados que tengan servicio telefónico necesariamente irán a utilizar la red pública ATM.

Adicionalmente, las centrales telefónicas que se constituirán en nodos centrales deben:

- **Poseer algunas conexiones con otras centrales**, lo que permitirá establecer rutas alternativas para un debido direccionamiento de las celdas a través de los nodos centrales.
- **Tener una ubicación estratégica**, así, aunque tenga una pequeña cantidad de abonados, ésta permitirá lograr el descongestionamiento en la red al ser un punto de entrada o salida de otros nodos cercanos.
- **Tener proximidad geográfica**, es decir el grupo de centrales que formen parte de la red central, deberán estar cercanas para evitar que los costos sean demasiado elevados.

4.3 DISPONIBILIDAD DE LOS ANILLOS DE LA FUTURA RED SDH PARA GUAYAQUIL

Una vez que los nodos centrales y extremos ya se hayan determinado, se necesitará saber el medio a través del cual van a conectarse los nodos. La primera alternativa serán los anillos de la futura red SDH. Este medio servirá siempre y cuando el ancho de banda sobrante del anillo sea lo suficientemente grande para portar las celdas ATM sin obstruir el normal funcionamiento del servicio telefónico que brindará la red SDH y dejando capacidad para que el servicio telefónico pueda crecer.

En la figura 4.3 podemos apreciar como la información de la red ATM se podría transportar mediante la futura red SDH de Guayaquil. Si el anillo lo permite, la central A, a través de un switch ATM extremo que esté conectado al multiplexor ADM-16, podría enviar información (celdas ATM) a la central D, incluyendo las celdas provenientes del switch ATM extremo fuente en la envolvente de información sincrónica de la trama SDH de nivel STM-16 que porta cada uno de los anillos de la futura red SDH. Esta trama llegaría a la central donde estaría

ubicado un switch ATM central, que es el que se encargará de enrutar las celdas ATM hacia otro anillo o el mismo anillo donde se encuentre el switch extremo ATM destino.

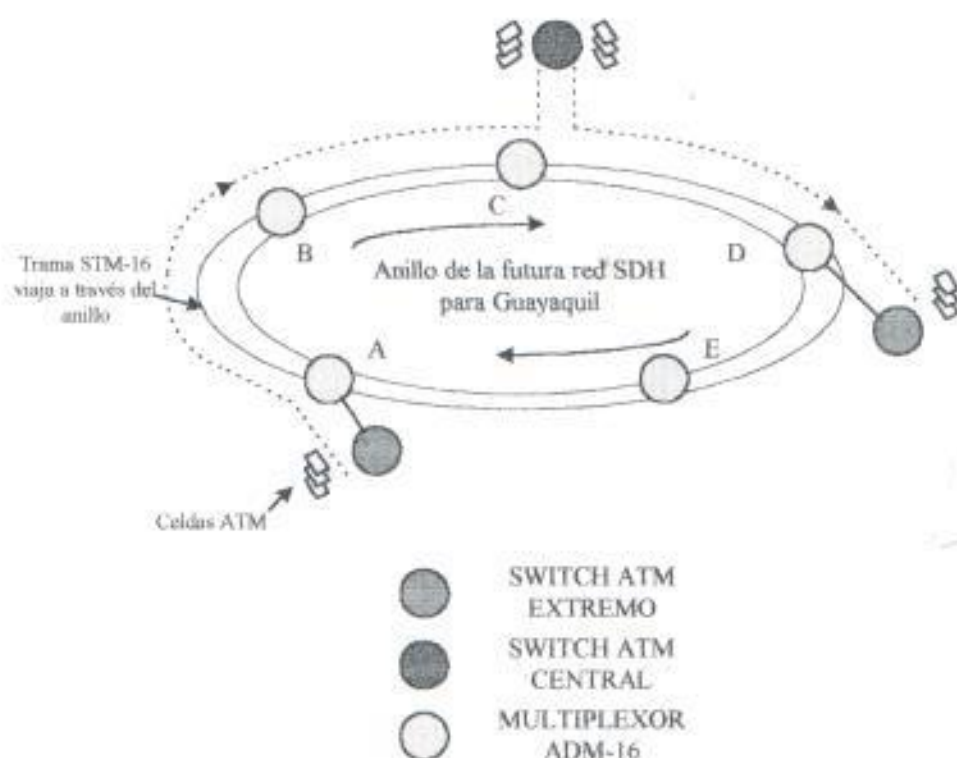


Figura 4.3 ATM sobre la futura red SDH de Guayaquil

La inserción de las celdas ATM se produciría a través de una trama STM-N (donde $N=1$ ó 4) colocado dentro del multiplexor ADM-16 (Figura 4.4). Este, mediante los diferentes procesos descritos en la sección 2.2.4 colocaría las celdas ATM provenientes del switch, en la trama STM-16 que viaja a través del anillo. El grupo de celdas viajaría a una velocidad STM-16 en compañía de los diferentes MICS que portaría normalmente cualquier anillo de la futura red SDH. Este funcionamiento se lograría sobre la base de la capacidad del multiplexor ADM para insertar y extraer diferentes señales.

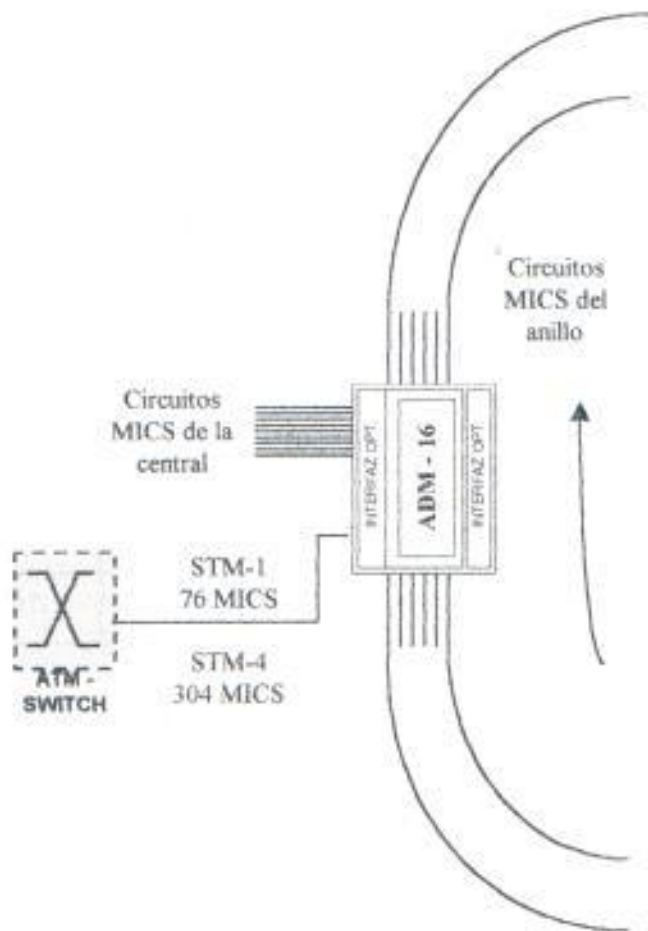


Figura 4.4 Inserción de celdas ATM dentro de la futura red SDH

Los anillos de la futura red SDH para Guayaquil trabajarán a una velocidad de 2.488 Mbps, velocidad correspondiente a la trama STM-16. Cada anillo porta diferente tráfico expresado en términos de MICS. El número máximo de MICS que podría soportar cada anillo es de 1.215. Una señal STM-1 ocupa un espacio de 76 MICS y una STM-4 ocupa un espacio de 304 MICS. Conociendo los valores de ancho de banda utilizado en número de MICS que soporta cada uno de los anillos de la futura red SDH para Guayaquil y dejando una banda de guardia equivalente a 250 MICS (Para evitar que la red llegue a saturarse) podemos observar en la tabla 4.1 que solamente dentro de los anillos de recolección se

podría transportar la información contenida en las celdas ATM a una velocidad de 155,52 Mbps.

Anillo	Capacidad Máxima (MICS)	Tráfico del anillo (MICS)	Circuitos no utilizados (MICS)	Circuitos de reserva (MICS)	Cantidad de tramas STM-1	Cantidad de tramas STM-4
Central	1.215	927	288	250	0	0
Norte	1.215	645	570	250	4	1
Sur	1.215	497	718	250	6	1
Oeste	1.215	494	721	250	6	1
Este	1.215	604	611	250	4	1

Tabla 4.1 Capacidad STM-1, STM-4 de los anillos de la futura red SDH para Guayaquil

Ante la imposibilidad de poder utilizar el anillo central de la futura red SDH, es necesario utilizar otros medios alternativos que permitan la conexión entre los nodos centrales, para de esta manera poder permitir la interconexión de los diferentes anillos que portarían las celdas ATM correspondientes a los nodos extremos a los que estaría conectado cualquier anillo.

Se requiere entonces establecer un backbone dedicado exclusivamente para los switches centrales de la red ATM para Guayaquil, que serían los que permitan la conexión entre nodos extremos que pertenezcan a un anillo con nodos extremos incluidos en el mismo anillo o en otros; es decir, que el nivel de interconexión de la futura red SDH para Guayaquil no se lo utilizaría para portar las celdas ATM, puesto que el anillo central quedaría demasiado congestionado con la información contenida en las celdas.

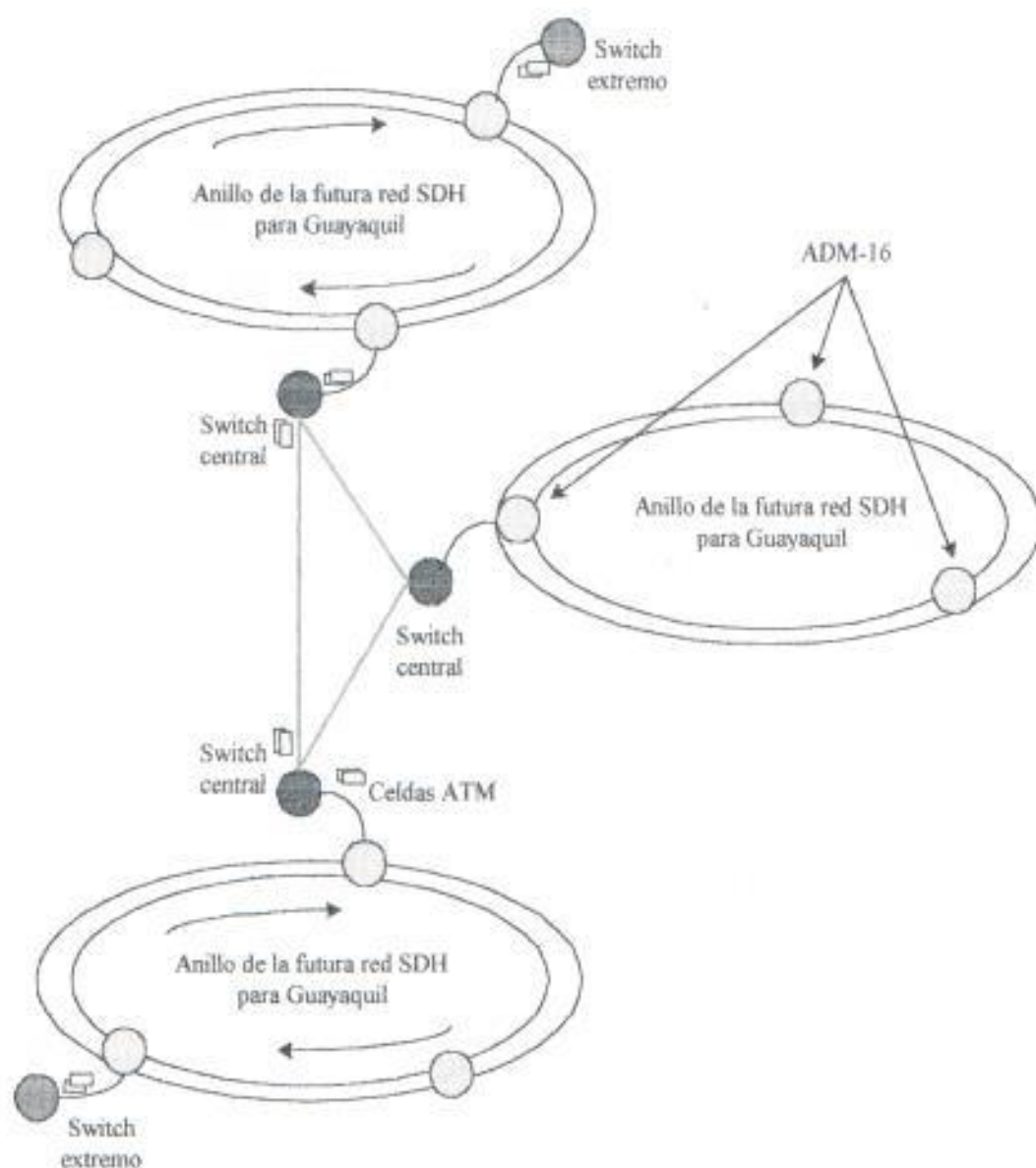


Figura 4.5 Conexión entre nodos extremos de diferentes anillos a través de la red central ATM

Cualquier nodo extremo fuente que necesite enviar información a un nodo extremo destino, que esté incluido dentro de otro anillo, deberá hacer llegar sus celdas a través de un nodo central ubicado en el mismo anillo (Figura 4.5). Como no se puede utilizar el anillo central se necesita entonces un camino directo entre el switch central al que está conectado lógicamente el nodo extremo fuente y el

switch central conectado al nodo extremo destino, es decir la red ATM para Guayaquil, únicamente utilizaría los anillos de recolección de la futura red SDH para portar la información de las celdas correspondientes a cualquier nodo extremo incluido dentro de los anillos de recolección; los nodos centrales permitirán el establecimiento de conexiones a través de enlaces directos entre nodos centrales que se encuentren en los diferentes anillos. Este enlace directo estará dado de acuerdo a la interfaz que cumpla con los requerimientos de ancho de banda necesario para portar todas las celdas provenientes de los nodos extremos.

4.4 POLITICA DE ASIGNACION DE RUTAS VIRTUALES

El diseño de la red central aplicará el concepto de la ruta virtual (VP) en el cual las celdas ATM son procesadas de acuerdo a valores de identificadores de ruta virtual (VPI). El concepto de ruta virtual ha sido desarrollado para soportar conexiones semipermanentes en una red de backbone de gran escala (Figura 4.6), la cual transporta un gran número de llamadas de usuarios simultáneas portadas por los circuitos virtuales (VC).

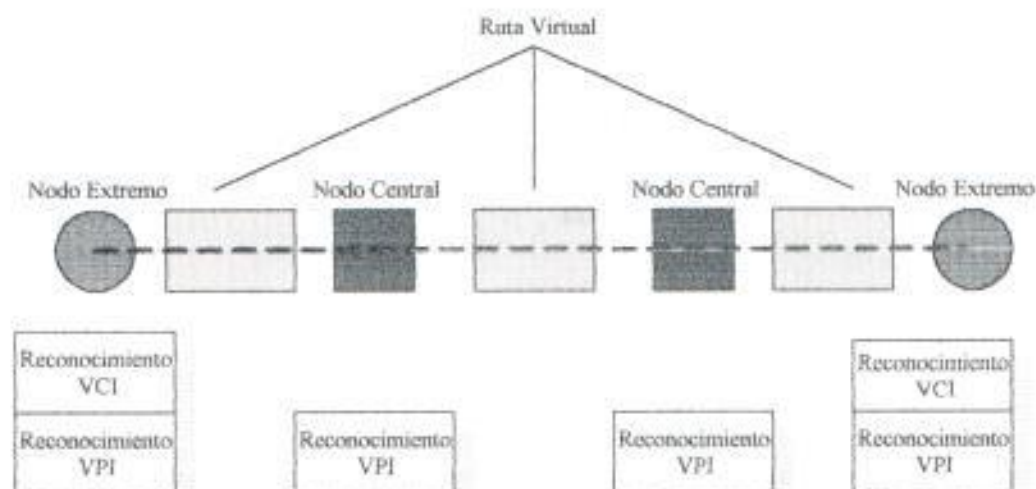


Figura 4.6 Conmutación de celdas a través del esquema de red

El método de administración de VPI que se utiliza es el de asignación de VPI local, en el cual los VPI tienen importancia local la cual es asociada con cada enlace físico y debería ser traducida en cada nodo central. Con las actuales definiciones de VPI de 12 bits (Para interfaces NNI) cada nodo central puede soportar hasta 4.096 rutas virtuales en cada enlace de entrada/salida. Dado que el VPI tiene únicamente importancia en el ámbito local, el mismo VPI puede ser reusado en la red.

Se propone un esquema totalmente en malla, en el cual deberían estar asignados al menos 2 rutas virtuales, entre cada par de nodos extremos (Figura 4.7), una para la clase de servicio VBR y CBR, y la otra para ABR/UBR. Otras rutas virtuales podrían existir para enrutamiento alternativo u otras consideraciones de administración.

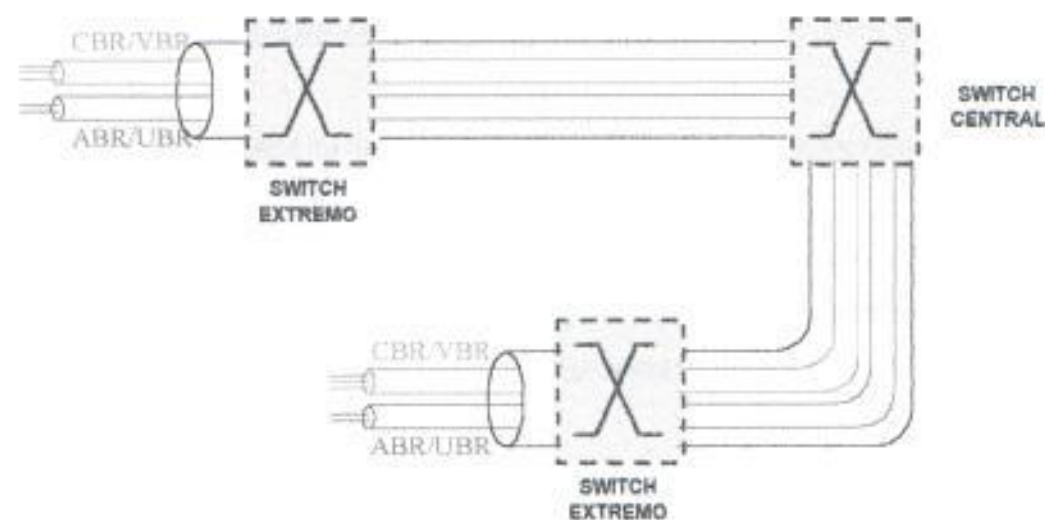


Figura 4.7 Establecimiento de 2 rutas virtuales mínima como política de asignación de rutas virtuales.

Se necesita inspeccionar cuidadosamente la naturaleza de las clases de servicios antes de determinar como mapear a éstos dentro de las rutas virtuales. Las conexiones CBR y VBR en tiempo real tienen similares parámetros de funcionamiento en términos de retardo y CLR. Por otro lado, se espera que las

fuentes ABR adapten sus tasas de acuerdo a los estados de red y no a requerimientos del funcionamiento de retardo.

4.5 ESTRATEGIA DE ADMINISTRACION DE ANCHO DE BANDA

Con el objeto de lograr una calidad de servicio garantizada y una eficiente utilización de la red para todas las clases de servicios en una red ATM, se necesita un nuevo tipo de administración de ancho de banda, el cual se denomina asignación de ancho de banda. Este esquema de administración le asigna a cada conexión una cierta cantidad de ancho de banda (la cual podría ser cero) y adicionalmente:

- A cada conexión se le garantiza tener acceso a su ancho de banda asignado cuando esta tenga algo que enviar.
- El ancho de banda no utilizado está disponible para otras conexiones.
- Como resultado, una conexión puede algunas veces utilizar un ancho de banda que exceda el ancho de banda asignado a ella, pero únicamente cuando las otras conexiones no estén usando su asignación de ancho de banda.

Cabe resaltar que diferentes servicios enfatizan diferentes aspectos de los esquemas de asignación de ancho de banda. Por ejemplo, ya que los requerimientos de la calidad de servicio para las conexiones CBR/VBR necesitan ser garantizadas todo el tiempo una vez que estas conexiones son admitidas en la red, es necesario asignar a ellas la cantidad de ancho de banda suficiente que garantice los requerimientos de calidad de servicio de CBR/VBR. Por otro lado, a las conexiones ABR se les debería asignar únicamente el suficiente ancho de banda para garantizar su tasa de celda mínima (MCR), debido a que estas conexiones están obligadas a utilizar el ancho de banda sobrante de las conexiones

CBR ó VBR. Similarmente, es probable que a las conexiones UBR no se les asigne ningún ancho de banda.

Administración de ancho de banda para tráfico CBR/VBR

Los servicios CBR/VBR generalmente requieren una garantía de calidad de servicio en el peor de los casos, y la principal manera para lograr esto es asignar suficiente ancho de banda a cada conexión (suficiente espacio de buffer debería además ser asignado). Además, la carga de tráfico admisible en una ruta virtual es determinada por la cantidad total de ancho de banda asignado a esa ruta virtual.

La decisión de aceptar o no una llamada CBR ó VBR puede ser realizada en el correspondiente nodo extremo fuente comparando los requerimientos de ancho de banda de la nueva llamada con la cantidad disponible de ancho de banda asignado en la ruta virtual sobre la cual se va a portar la nueva llamada. Una llamada entrante CBR es admitida si su PCR puede ser acomodado por la ruta virtual y una nueva llamada entrante VBR es admitida si su SCR puede ser acomodado por la ruta virtual.

El tráfico entrante a una ruta virtual CBR/VBR debería ser restringido a que el ancho de banda asignado asegure que la fluctuación de la tasa VBR no degrade el funcionamiento de los circuitos virtuales CBR, los cuales están integrados en la misma ruta virtual.

Administración de ancho de banda para tráfico ABR/UBR

Las rutas virtuales ABR/UBR podrán utilizar el ancho de banda restante de las rutas virtuales CBR/VBR en la red. Como resultado, únicamente una pequeña cantidad de ancho de banda correspondiente al MCR del servicio ABR es necesaria para las rutas virtuales ABR/UBR. El ancho de banda disponible para las rutas virtuales ABR/UBR fuera del asignado para el MCR es determinado por

la carga de tráfico de las rutas virtuales CBR/VBR en la red, el cual está cambiando constantemente. Por lo tanto, para que las fuentes ABR puedan usar este ancho de banda y lograr una CLR baja, se necesita de un mecanismo que retroalimente la información del ancho de banda a las fuentes de tráfico ABR. El mecanismo podría ser mediante el procedimiento de la celda de administración de recursos. Las celdas de administración de recursos son necesitadas en los niveles de rutas y circuitos virtuales. Generalmente, las celdas de administración de recursos portan la información del ancho de banda disponible de la ruta virtual recogida desde el núcleo de red hasta los nodos extremos, donde el ancho de banda es también asignado a los circuitos virtuales individuales y enviado a las fuentes ABR vía celdas de administración de recursos de nivel de circuito virtual. Como a las celdas UBR, no se les provee ninguna garantía de calidad de servicio, es razonable marcar a todas ellas con un $CLP=1$.

4.5.1 ESQUEMAS DE ITINERARIOS DE CELDAS

El Weighted Round Robin (WRR) es un esquema de itinerario utilizado para soportar la administración de ancho de banda basado en asignación. La idea básica del WRR puede ser descrita como sigue. Existen múltiples conexiones entrantes, cada una de ellas con una cola separada (Ver figura 4.8).

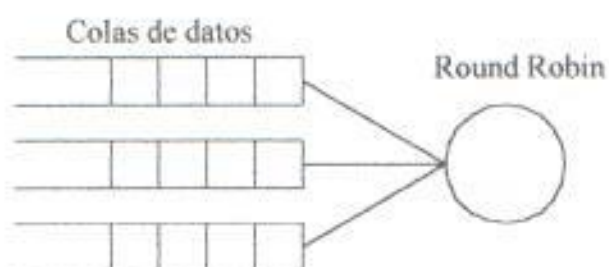


Figura. 4.8 Itinerario de celdas WRR

Un enlace de salida es compartido por todas las conexiones y el acceso a este enlace es controlado por un servidor. El servidor recoge todas las colas en un

orden decidido por un itinerario circular, en el cual cada cola tiene un cierto número de entradas. Si la actual cola está inactiva, (esto es que no tiene ninguna celda que transmitir), el servidor entonces removerá la consulta a la siguiente cola del itinerario hasta que encuentre una conexión activa. Por lo tanto, el espacio que ocupen las celdas no será desperdiciado a menos que todas las conexiones estén inactivas.

4.5.2 ADMINISTRACION DE ANCHO DE BANDA

Como estrategia para utilizar correctamente los recursos de la red ATM se establece los siguientes puntos:

- El ancho de banda de las rutas virtuales para rutas virtuales CBR/VBR deberían ser establecidas semipermanentemente (con actualizaciones de intervalos medidos en horas o días).
- Una vez que el ancho de banda es determinado, el tráfico entrante a las rutas virtuales CBR/VBR debería ser dirigidas al ancho de banda de la ruta virtual en el nodo extremo de ingreso.
- El ancho de banda compartido en el ámbito de circuito virtual debería ser soportado dentro de cada ruta virtual CBR/VBR.
- Una utilización de la red elevada podría ser lograda dejando que las rutas virtuales ABR/UBR llenen el ancho de banda sobrante dejado por las rutas virtuales CBR/VBR dentro del enlace a través de una asignación de nivel de ruta virtual basada en esquemas de itinerario de celdas.
- Se requieren funciones UPC dinámicas para manejar el tráfico ABR.

- Introduciendo esquemas de prioridad de espacio, el tráfico ABR y UBR podrían compartir con seguridad el mismo buffer en la red.

4.6 REQUERIMIENTOS DEL SWITCH

Los servicios que debe soportar ATM difieren significativamente en términos de características de tráfico y calidad de servicios requeridos. La primera generación de switches ATM normalmente equipado con pequeños buffers de celdas, sólo satisficían los requerimientos para categorías de servicios en tiempo real (CBR, rt-VBR). La multiplexión estadística puede soportar todo los tráficos, pero está limitada a conexiones con bajas tasa de celdas pico. Se necesitan buffers grandes y nuevas funciones de control de tráfico para soportar categorías de servicio de tiempo no real (nrt-VBR, ABR, UBR).

4.6.1 ARQUITECTURA DE UN SWITCH ATM CON BUFFER DE GRAN CAPACIDAD

Una de las arquitecturas actuales que combina las ventajas de la modularidad, escalabilidad hacia switch de gran tamaño y buen funcionamiento de retardo es mostrada en la figura 4.9. Esta arquitectura tiene una unidad multiplexora estadística (Statistical Multiplexer Unit - SMU) localizada al frente y detrás de la red de conmutación ATM autoruteable y no bloqueable (ATM Switching Network -ASN). Los multiplexores ATM (ATM Multiplexer-AMX) multiplexan el tráfico proveniente de varias tarjetas de líneas de interface (Line Interface Card-LIC) operando a diferentes velocidades sobre una interface interna de alta velocidad delante de los SMUs. Los switches sin SMU proporcionan el adecuado buffer de celdas para soportar servicios en tiempo real. Los SMUs contienen los grandes buffers de entrada y salida, y el control de tráfico necesario para soportar la multiplexión estadística para el tráfico de tiempo no real.

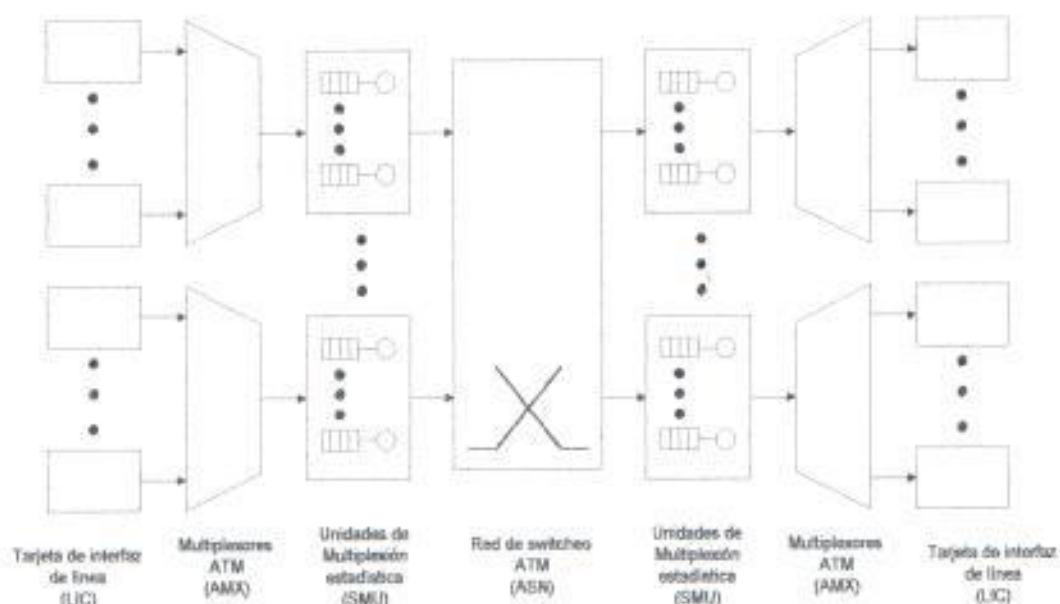
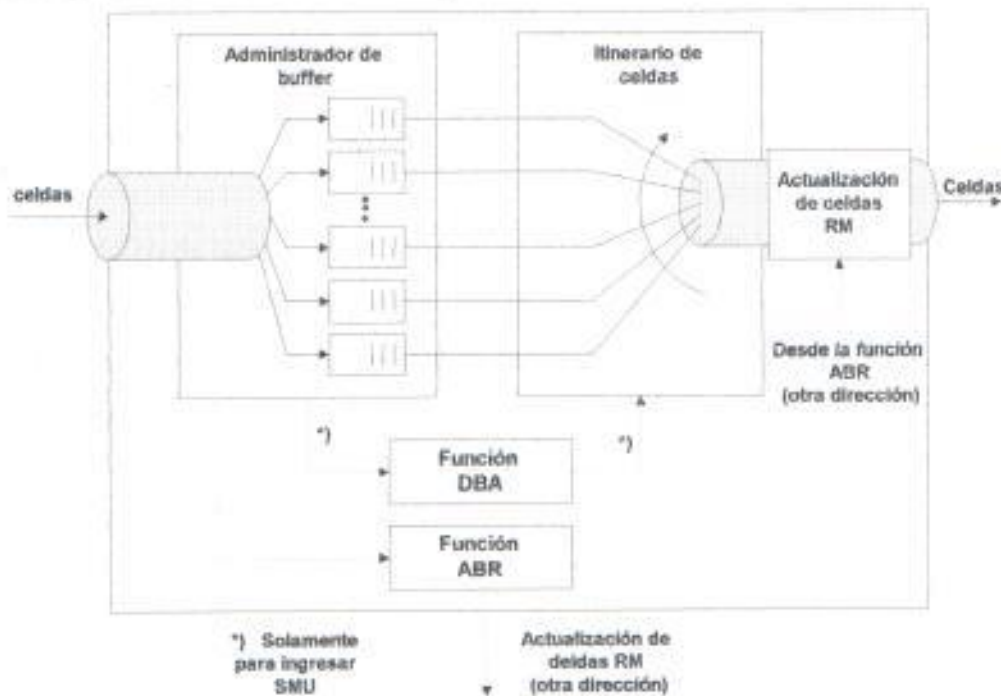


Figura 4.9 Arquitectura de un switch que utiliza SMUs

El SMU de salida contiene los buffers de gran capacidad alimentando las líneas externas. Los buffers en el SMU de ingreso son requeridos para proteger al ASN con sus pequeñas buffers contra las pérdidas de celdas. Las celdas provenientes de conexiones de tiempo no real deben ser retardadas en un SMU de ingreso durante los períodos de congestión de nivel de ráfaga, lo cual significa que en todo momento la tasa de celdas instantánea de todos los flujos ruteados por un mismo puerto de salida de la red, excederán la capacidad del puerto. En estos momentos un mecanismo de control de flujo interno del switch es usado entre los SMU de ingreso y salida para conservar el exceso de tráfico en las colas de entrada.

En principio los ASN pueden ser sobredimensionados de forma que la congestión de nivel de ráfaga nunca ocurra. En este caso el SMU puede ser omitido, y el sistema tendrá el rendimiento de retardo de una salida de switch con buffer ideal. Sin embargo, ya que el tamaño físico de la red conmutada típicamente crece en forma cuadrática con su flujo de celdas de entrada, esta solución es solamente factible y económicamente efectiva para switches de tamaño modesto.



4.10 Funciones de la unidad de multiplexamiento estadístico

La figura 4.10 muestra un diagrama de bloques de la función del SMU. Las celdas de llegada son manejadas por el administrador de buffer el cual decide si una celda que llega es almacenada o es descartada, y si las celdas que esperan en el buffer deben ser empujadas fuera en el caso de desborde del buffer.

La función de itinerario de celda determina cuando y en que secuencia la cola de una conexión específica es servida. El mecanismo de itinerario más completo para cola por circuito virtual (VC) es *Weighted Fair Queuing* (WFQ). Este mecanismo soporta la integración de servicios y flujos de celdas garantizados.

Itinerario de celdas

La función de itinerario de celdas tiene dos tareas básicas. Primero, asegurar que la conexión individual obtenga la tasa de celdas apropiada, y segundo limitar la tasa de celdas agregada de grupos de conexiones por varias razones:

- La función de itinerario de celdas del SMU de ingreso debe asegurar que la tasa de celdas agregada de todas las conexiones que usen un conducto (pipe) DBA no exceda la tasa de celdas actualmente asignada al conducto.
- La función de itinerario de celda del SMU de salida debe garantizar que la tasa de celda agregada de todas las conexiones ruteadas por la misma línea de interface no exceda la capacidad de la interfaz. De otra manera, los pequeños buffers detrás de los SMU de salida podrían desbordarse.

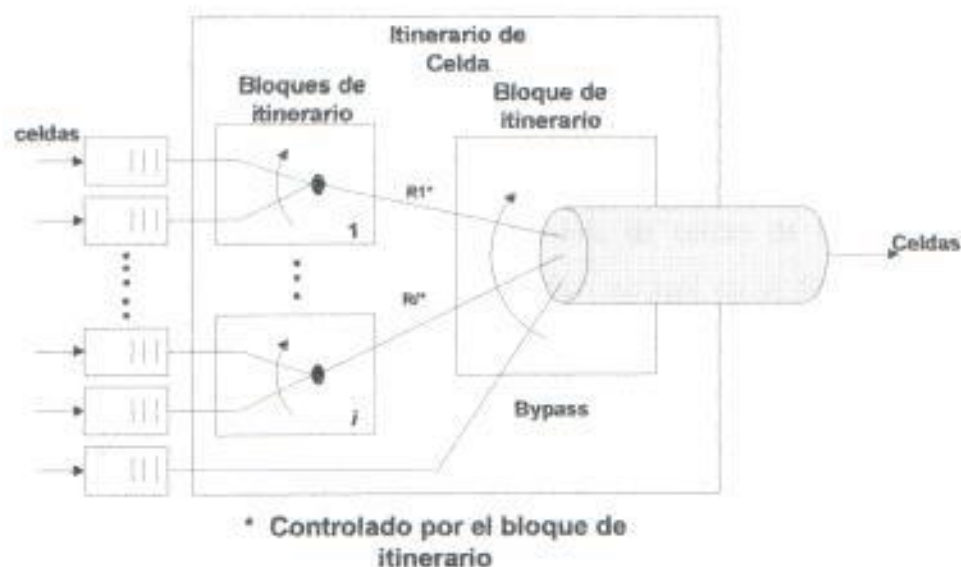


Figura 4.11 Mecanismo de itinerario de 2 etapas

Para realizar ambas tareas los SMUs usan un mecanismo de itinerario de celdas de dos etapas (figura 4.11). En la primera etapa el tráfico de tiempo real y el tráfico de tiempo no real están separados. El tráfico de tiempo no real es ruteado hacia un

bloque de itinerario (SB), mientras que el tráfico de tiempo real es ruteado hacia una cola de bypass especial la cual es llenada con alta prioridad. Los SBs son usados para formar los grupos de colas por circuito virtual mantenidos por la función de administración de buffer.

Administración de buffer

La función de administración de buffer mantiene la cola de bypass usada para conexiones de tiempo real y las colas de circuito virtual para conexiones de tiempo no real las cuales son totalmente organizadas como colas FIFO (First In – First Out). Además, esta función decide si una celda que arriba es almacenada en el buffer y cuales celdas son descartadas en caso de desbordamiento del buffer. La meta de esta tarea es hacer frente a la gran diferencia entre los requerimientos de pérdida de celdas de la categoría de servicio de las capas ATM y la utilización de los buffer de la mejor forma posible. De esta forma, se mantendrá una estrecha interdependencia entre la administración del buffer y las funciones de itinerario de celdas.

Para garantizar la baja probabilidad de pérdida de celdas de las conexiones ruteadas por el bypass, la influencia del tráfico no real en el tiempo debe ser eliminada del espacio de buffer reservado para esta cola.

Todas las otras colas por circuito virtual comparten el espacio de buffer remanente en forma estadística. Para la categoría de servicio en tiempo no real, puede ser reservado un espacio de buffer basado en una conexión permanente o una categoría de servicio permanente. Esto permite que el SMU pueda soportar los requerimientos de nrt-VBR. Ya que el buffer reservado para estas conexiones puede ser grande y escasamente utilizado, es posible usarlo temporalmente para conexiones con requerimientos moderados de pérdidas de celda, similares a ABR y UBR. Como resultado de esto, puede ocurrir que llegue una celda que pertenezca a conexiones que tengan reservado espacio de buffer y lo encuentre

ocupado. En este caso, pueden ser removidas del buffer las celdas que pertenecen a las conexiones de baja prioridad, con la ayuda de la función de descarte de cola. Esta función descarta todas las celdas de alguna conexión específica UBR o ABR que se encuentran almacenadas en el buffer. La decisión de que la cola sea descartada está basada en la categoría de servicio y la longitud de la cola.

4.7 ADMINISTRACION DE LA RED ATM PARA GUAYAQUIL.

A continuación se presenta la información y las recomendaciones necesarias que se deben tomar en cuenta para diseñar un sistema de administración confiable.

4.7.1 CONSIDERACIONES DE ADMINISTRACION.

El hardware de una red ATM puede ser administrado en cualquiera de las siguientes formas:

1. Desde una estación de administración de red con soporte SNMP.

Esta alternativa de administración se establece para el monitoreo permanente de los dispositivos ATM de una red. La estación de administración de red deberá tener un software de administración que permita establecer el control y el monitoreo de toda la red.

Todos los dispositivos ATM a gestionarse deberán soportar SNMP como protocolo de administración. Existen tres tipos de conexiones distintas que la estación de administración de red puede usar para comunicarse con el agente SNMP:

- SNMP sobre IP (LAN heredadas).
- SNMP sobre IP Clásico.
- SNMP sobre Emulación LAN.

2. Desde un dispositivo que esté localmente conectado en forma lógica al equipo que se va a gestionar. Esta es una solución barata para instalaciones que no requieren administración SNMP. Se puede realizar en dos formas:
 - a. A través de una conexión local por medio de un terminal ASCII. El dispositivo a gestionar deberá tener por lo menos un puerto RS-232 o poseer el protocolo SLIP para la comunicación.
 - b. Una conexión local a través de una interface gráfica corriendo sobre una estación con Windows de Microsoft. El dispositivo a monitorear deberá tener un puerto de servicio y poseer el protocolo SLIP para la comunicación con la plataforma Windows.

La desventaja de esta solución es que se requiere tener dispositivos de monitoreo en el lugar de gestión tanto como personal de soporte para realizar estas funciones.

3. Desde una estación de trabajo remota con capacidad de administración limitada con soporte a las siguientes características:
 - a. Conexión remota a través de una sesión Telnet.
 - b. Conexión remota usando modems y líneas PTT para conectarse lógicamente de la estación de trabajo al dispositivo a través del protocolo SLIP.

4.7.2 RECOMENDACIONES DE ADMINISTRACION.

La siguiente es una lista de recomendaciones a tomarse para escoger el mejor tipo de administración que deberá implementarse para la red ATM.

- Consideraciones del tamaño de la red en términos de:
 - Número de nodos (Estaciones de trabajo, puentes, switches, concentradores, hubs, ruteadores).
 - La distribución geográfica (número y tipo de sitios remotos).
 - Conexiones con otras redes.

- Tipo de tráfico y los principales tipos de aplicaciones que la red manejará.
 - Acceso a Mainframes.
 - Cliente/Servidor.
 - Mensajería.
 - Base de datos distribuida.
 - Transferencia de archivos.
 - Aplicaciones de voz.
 - Aplicaciones de vídeo.
 - Distribución de vídeo.

- Como solución a la administración de red se espera:
 - Operación y control remoto de los dispositivos ATM.
 - Punto central de operación.
 - Monitoreo continuo de los recursos ATM y la detección de fallas.
 - Compartir la misma plataforma de administración para el backbone y nodos extremos ATM.

4.8 FLEXIBILIDAD DE LA RED ATM PARA GUAYAQUIL

A continuación se describirán tres sistemas que hacen posible que cualquier falla en una red ATM, tales como rupturas de cables o fallas en los equipos, puedan asumirse en forma transparente al usuario.

4.8.1 REDES PROTEGIDAS

Una red protegida comprende la asignación de una ruta alterna de protección con la debida asignación de recursos dedicados de ancho de banda en caso de encontrarse alguna falla en la ruta principal de trabajo. Una red de protección está ideada para prestar un alto nivel de confiabilidad y generalmente es la arquitectura de flexibilidad más cara dado que los recursos tales como ancho de banda y los números para los identificadores de rutas y canales virtuales (VPI/VCI) se asignan en forma dedicada en lugar de compartida. En cambio la preasignación de rutas y recursos hace posible la ejecución simple de protocolos de administración distribuida en caso de fallas en la red.

La protección de redes funciona bajo dos esquemas, 1+1 y 1:1, los cuales se ejecutan por medio del protocolo de protección de conmutación para rutas virtuales (VP) y canales virtuales (VC) en enlaces punto a punto.

En la protección 1+1 el nodo fuente perteneciente al segmento protegido permanece constantemente puentado con la ruta de protección, por lo que el tráfico ocupa tanto la ruta principal de trabajo como la ruta de protección. Un selector en el nodo destino normalmente apunta a la ruta de trabajo, pero en caso de que alguna falla perjudique a esta ruta, el selector hará una conmutación hacia la ruta de protección. Se aprecia que la acción sólo se realiza en el nodo destino como se muestra en la figura 4.12.

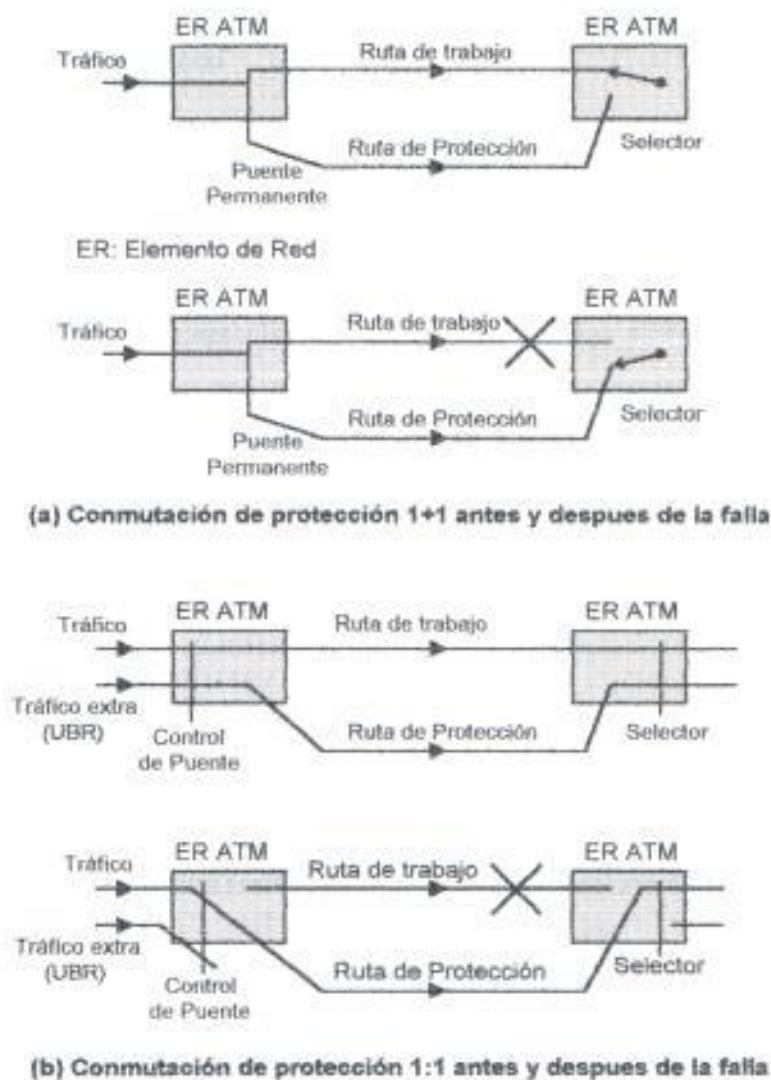


Figura 4.12 Protección de conmutación 1+1 y 1:1

En la protección 1:1 el tráfico sólo ocupa la ruta de trabajo en condiciones normales y en caso de falla, el puente conectará todo el tráfico hacia la ruta de protección. El selector en el nodo destino trabaja en la misma forma que en el caso anterior. Una ventaja potencial de este tipo de protección es la opción de transmitir tráfico extra bajo condiciones normales por la ruta de protección, específicamente se utilizaría para servicios de tasa de bit no especificada (UBR). En caso de falla se liberará el tráfico UBR de la ruta de protección para dar paso al

tráfico pesado. Si no se usara la ruta de protección para tráfico UBR, ésta permanecería desocupada.

Para el caso ATM, la protección se ejecuta en los **transconectores ATM dentro de una arquitectura de red en malla**, o en los multiplexores de inserción/extracción (ADM) como parte de un anillo autoreconfigurable. Los ADMs ATM son conceptualmente los mismos que los ADMs para SDH, con la sola excepción de que los ADM ATM ejecutan conmutación lógica de rutas virtuales mientras que los ADMs SDH realizan la multiplexación por división en el tiempo de las rutas.

4.8.2 REDES RECONFIGURABLES

Se utiliza un sistema de administración centralizado de red (NMS, Network Management System) para la restauración de conexiones (figura 4.13). Este es un método relativamente simple en el cual cada elemento de red notifica al NMS de alguna falla, el NMS será responsable de la reconfiguración de la red.

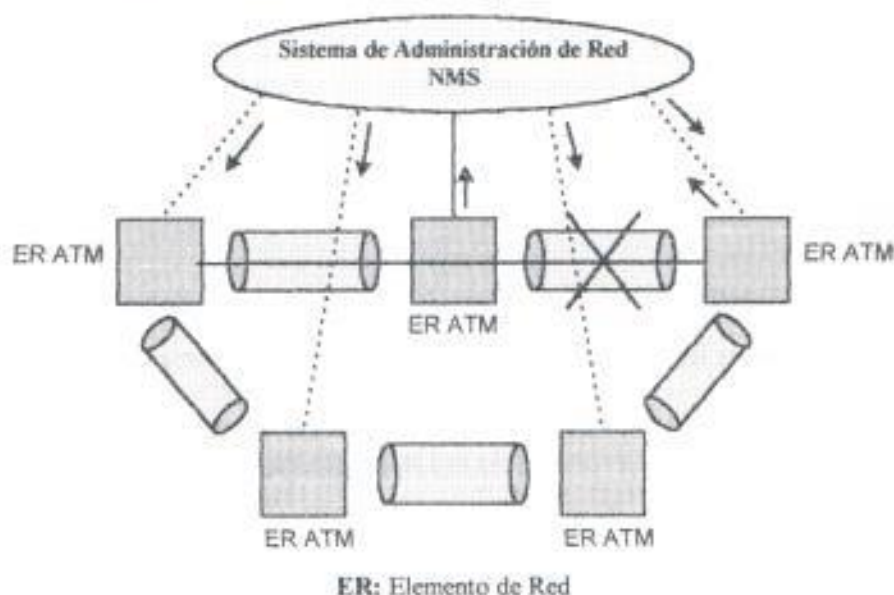


Figura 4.13 Restauración Centralizada de redes ATM.

El NMS se encargará de explorar rutas alternas preestablecidas o buscar una ruta dinámicamente de acuerdo con la información actualizada del estado de la red. Además se puede dar prioridad de enrutamiento para que aquellas conexiones con aplicaciones críticas puedan restablecerse más rápidamente que aquellos servicios con aplicaciones que puedan tolerar pérdida de información temporal.

Existen tres estados de procesamiento:

- 1) Los nodos de red adyacentes en caso de falla comunican al NMS el problema.
- 2) El NMS procesará los requerimientos de asignación de rutas y de ancho de banda.
- 3) Comunicación entre el NMS y los nodos de red, seguido de la reconfiguración apropiada de los elementos de red.

La restauración centralizada en redes de transporte sincronizadas puede tomar varios minutos, lo cual sería inadecuado para algunos tipos de servicios. Además dado que muchos sistemas de administración de redes centralizadas son propietarios, es difícil coordinar la administración de fallas entre equipos de diferentes marcas.

En términos de tiempo de restauración, el mecanismo de flexibilidad que cae entre redes de protección y redes reconfigurables son las redes ATM autoregeneradas.

4.8.3 REDES ATM AUTOREGENERADAS

El ATM Forum ha definido la interface privada nodo a red (PNNI, Private Network Node Interface), cuya especificación describe la forma en como los nodos de red mantienen el reconocimiento acerca de los recursos de red por

medio de un protocolo que gestiona el estado de la topología, lo que implica el intercambio periódico de información entre nodos.

Para asegurar el re-enrutamiento efectivo en caso de presentarse alguna falla, el nodo fuente deberá de enterarse de la falla ocurrida en la red, con esta información, el nodo fuente estará en capacidad para poder determinar rutas alternas disponibles para la señalización de mensajes, los cuales evitarán completamente los elementos con fallas.

4.8.4 RESTAURACION MULTICAPAS

Este sistema se utiliza en caso de que ATM corra sobre una capa de transporte distinta, como lo es SDH, por lo que los mecanismos de reconfiguración pasarán a la capa de transporte SDH.

El principal problema con la restauración en los niveles bajos, es que aunque la capa SDH podría usarse para la reconfiguración de rupturas de cables y fallas en los equipos SDH, no será efectivo al tratar de evitar fallas en la capa ATM. Esto es porque sólo se monitorea y se actúa sobre fallas en la capa física, no sobre aquellas que surgen de los equipos ATM.

Los mecanismos de restauración ATM podrían coexistir con los mecanismos de restauración SDH, pero para este caso se deberá establecer un procedimiento de escalabilidad.

El tráfico ATM se establece sobre portadoras SDH no protegidas, dejando la responsabilidad de restauración del tráfico ATM a la capa ATM. El tráfico no ATM se enruta sobre portadoras SDH protegidas. La restauración de la capa SDH se realiza sobre las portadoras que necesite, mientras que para aquellas que no son protegidas (tráfico ATM), una notificación de falla se propagará a la capa ATM donde se activará un mecanismo apropiado de protección.

El tráfico ATM pasará a establecerse por la conexión de protección para ATM, mientras que las conexiones SDH se establecerán por las portadoras de protección como se muestra en la figura 4.14.

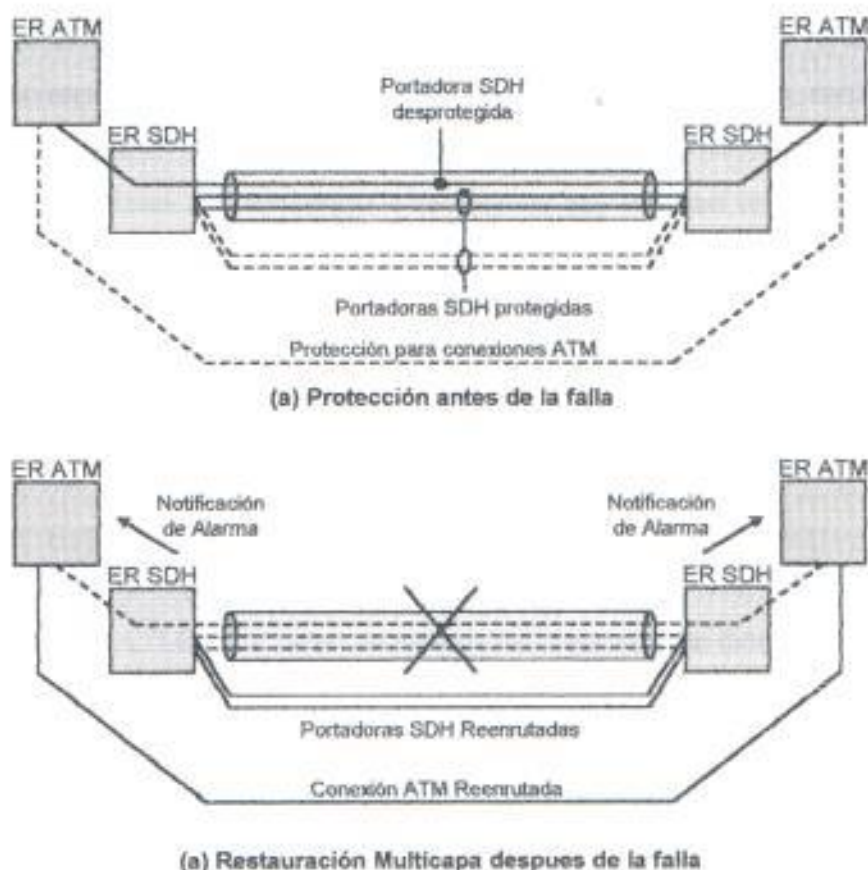


Figura 4.14 Restauración Multicapa.

4.9 SEGURIDAD DE LA RED

Una de las flaquezas de ATM es que no ofrece servicios de seguridad. Cada vez más, negocios, instituciones financieras y agencias de gobierno necesitan migrar hacia ATM; sin embargo para explotar todo su potencial necesitan seguridad de servicios. Actualmente, muchos circuitos ATM son habilitados sólo como circuitos virtuales permanentes (PVCs) y líneas privadas conectadas a lugares fijos en compañías. Por otro lado, cuando el circuito ATM viene como un circuito

virtual conmutado (SVCs) que cruza límites corporativos o intercompañías a través de una red proveedora de servicios, la disponibilidad de la seguridad de ATM será un importante factor para determinar la difusión del mismo.

Indudablemente, ATM será la tecnología preferida para misiones críticas de comunicaciones para aplicaciones tal como transacciones financieras, sistemas de información médica y comunicaciones militares. Estas aplicaciones requieren poderosos algoritmos de criptografía y protocolos que provean un alto grado de confiabilidad en la seguridad de las comunicaciones. Con fuertes mecanismos de seguridad ATM puede garantizar protección contra espionaje y modificaciones maliciosas de datos. Sin estos mecanismos de seguridad, las aplicaciones de misión crítica sólo podrán existir con la ayuda de costosos equipos de monitoreo interoperables.

El nivel mínimo de seguridad ATM que se debe proveer es la autenticación de los puntos extremos ATM, tanto como un método de protección de datos de usuario.

La naturaleza de la alta velocidad de retransmisión de celdas ATM conlleva a problemas cuando se ejecutan tareas de seguridad. A continuación se mencionan algunos de ellos:

- Los servicios de seguridad necesitan acomodar eficientemente un fino multiplexamiento al nivel de celdas ATM. Para lograr esto se requiere usar diferentes claves por celdas de diferentes ráfagas de datos.
- Debido a la alta velocidad de las redes ATM y a los requerimientos de calidad de servicios (QoS), los servicios de seguridad no deben introducir un retardo adicional ni variación de retardo de celda.

- La alta velocidad de transmisión hace que el tiempo de vida de sesión sea de muy corta duración. Por eso los protocolos tradicionales de seguridad no servirían y para habilitarlos se requiere cambiarlos a la frecuencia correcta.
- Los mecanismos de criptografía necesitan operar en el orden de los Gbps. en presencia de la agilidad de claves. Actualmente se conocen mecanismos de criptografía que escasamente cumplen estos requerimientos.

Los servicios de seguridad ATM en el plano de usuario proveen protección para la información de usuario transportada sobre conexiones virtuales en un número de rutas. La autenticación permite que el usuario que llama y el usuario llamado identifiquen plenamente otra parte tal que un tercer participante (espía) no pueda acceder al enlace. El servicio de intercambios de clave permite que el usuario que llama y el usuario llamado lleguen a un acuerdo en el uso de claves que serán usadas durante el tiempo de vida de la conexión virtual para proveer integridad de datos y servicios confidenciales.

4.10 SINCRONIZACION DE LA RED SDH PARA GUAYAQUIL Y EL BACKBONE DE LA RED PUBLICA ATM

Al examinar las redes digitales constituidas por muchos nodos interconectados mediante enlaces de transmisión digital, se encuentra el problema de la sincronización de la red. El reloj de la red suministra la base de tiempo para controlar la central digital (o para controlar toda la red). La situación más deseable es aquella en que se tengan todos los relojes de la red en perfecta sincronía, cada reloj idéntico a los otros, con estabilidad y restablecimiento idénticos. Sin un sistema de sincronismo, las frecuencias de los relojes inevitablemente diferirán entre sí. Estas diferencias producen básicamente el tipo de distorsión de transmisión llamado deslizamiento.

La sincronización de una red digital involucra el cumplimiento del objetivo sobre la tasa máxima admisible de deslizamiento en todos los nodos o centrales digitales. Cada nodo tiene un reloj que establece la base de tiempo para dos acciones: por una parte la recepción de trenes de bits procedentes de otros nodos digitales, y por otra parte el control de la etapa de conmutación del nodo y el envío de trenes de bits conmutados hacia otros nodos. El plan de sincronismo de la futura red digital SDH para Guayaquil, establece el objetivo de calidad de la sincronización y los métodos más apropiados para alcanzarlo.

Métodos de sincronización de la red

Para cumplir con los requerimientos de tasa de deslizamientos según la Recomendación G-811 y G-822 del CCITT, serán utilizados básicamente dos métodos de sincronización: operación plesiócrona y sincronización maestro - esclavo.

Para la red internacional se utilizará la operación plesiócrona, en la cual los relojes que controlan las centrales son independientes unos de otros, no obstante su precisión de frecuencia deben mantenerse dentro de rigurosos límites de funcionamiento. En la red nacional se prevee que las empresas Andinatel y Pacifictel dispondrán de una referencia primaria para sincronizar sus respectivas redes; en este caso, las redes podrán trabajar en forma plesiócrona en el caso normal y utilizar el método maestro - esclavo en caso de falla. Al interior de la red se distribuirá la señal de reloj con el método maestro - esclavo. Las frecuencias de los osciladores de las centrales esclavas se sintonizan a la frecuencia suministrada por la central maestra, de tal manera que la frecuencia en la red se encuentre unificada.

4.10.1 JERARQUIA DE LOS NODOS DE SINCRONIZACION

Existirán cinco niveles cuya jerarquía es descendente desde el nivel 0 al nivel 4.

Nivel 0:

Los relojes que proporcionen la referencia primaria deberán ser de cesio con una precisión mejor que 1×10^{-11} y deberá cumplir en cuanto a su calidad de funcionamiento de la recomendación G-811 del CCITT.

En el caso de utilizar unidades externas, éstas deberán estar compuestas de un receptor GPS, dos unidades de reloj de cesio y un distribuidor de sincronismo; de esta forma se empezaría a acondicionar la red para brindar nuevo servicio utilizando técnicas ATM o SDH.

Nivel 1:

Aquí se encuentran los centros de tránsito secundario con relojes con osciladores especiales controlados a cristal con una estabilidad mejor que 1×10^{-10} /día y 1×10^{-8} /año. El tipo de sincronismo utilizado será maestro - esclavo, actuando como referencia primaria el reloj externo.

Nivel 2:

Los centros de tránsito primarios y centrales tandems dispondrán de relojes con osciladores de cristal controlados por tensión, con una estabilidad mejor que 1×10^{-9} /día y 1×10^{-8} /año. El tipo de sincronismo utilizado será maestro - esclavo, actuando como centrales maestras las centrales de tránsito primarias y tándem, y como esclavas las centrales locales.

Nivel 3:

Las centrales terminales dispondrán también de relojes con osciladores de cristal controlados por tensión con una estabilidad que supere 1×10^{-9} /día y

1×10^{-8} /año. El tipo de sincronismo utilizado será maestro - esclavo, actuando como centrales maestras las centrales de tránsito primarias y tándem, y como esclavas las centrales locales.

Nivel 4:

Las unidades remotas de abonado estarán sincronizadas a su respectivas central local mediante sincronización de tipo maestro - esclavo, actuando como central maestra la central local, y como esclava la unidad remota.

Los relojes de las unidades remotas también tendrán osciladores de cristal controlados por tensión, con una estabilidad mejor que 1×10^{-7} /día y 1×10^{-5} /año.

4.10.2 CONSIDERACIONES DE LA RED DE SINCRONISMO ATM/SDH

Etapa de introducción y transición hacia SDH y ATM

Los sistemas SDH y ATM requerirán características especiales de sincronismo y por lo tanto se debe analizar ciertos aspectos para que su introducción en la arquitectura de la red de sincronismo actual se realice con el mínimo de perturbaciones y reconfiguraciones.

La estrategia a adoptarse será la que recomienda la UIT-T en la recomendación G-803, esto es el de integrar la red SDH y los nodos de backbone ATM con la arquitectura de sincronismo de la red PDH existente, que se basa en un sistema de sincronización maestro - esclavo jerárquico.

De acuerdo a la recomendación G-803 el reloj del elemento de la red SDH o ATM debe ser sincronizado directamente desde el reloj de referencia primaria o a través de los relojes esclavos.

Cuando se disponga del reloj de referencia primario en Pacifictel, el elemento de red paralela de cada uno de los anillos SDH se pueden sincronizar como primera opción directamente desde los relojes externos de referencia primaria; además, como segunda y tercera opciones, a través de los centros secundarios.

Los demás elementos de la red SDH y switches ATM serán sincronizados con el método de maestro - esclavo, pero teniendo en cuenta algunas consideraciones en cuanto al número de elementos y relojes de nodo a utilizar.

En forma general para que los elementos de red SDH y los switches ATM (Backbone y periféricos) puedan integrarse a la red de sincronismo PDH deben poder trabajar en las siguientes configuraciones:

- Asincrónica, cuando los relojes propios de los elementos de red SDH y los switches ATM operan en oscilación libre.
- Sincrónica, cuando un elemento de red es sincronizado por una referencia externa de reloj o cuando un reloj del elemento de red operando en oscilación libre sincroniza a otros elementos de red (elementos SDH y switches ATM).
- Sincrónica, cuando los relojes de todos los elementos de red son directamente sincronizados por una señal de reloj externa.

Los relojes de los elementos de red deben actuar de acuerdo a la recomendación G.81S y deberán tener una precisión mejor o igual a ± 4.6 ppm. ($\pm 4.6 \times 10^{-6}$).

Un multiplexor SDH debe poder extraer el sincronismo de una señal de línea STM-N, desde cada uno de los tributarios STM-1, o bien de un tributario a 2 Mb/s. También debe permitir ser sincronizado externamente por lo menos con una señal de reloj de 2.048 Khz. de acuerdo a la recomendación G703 UIT-T.

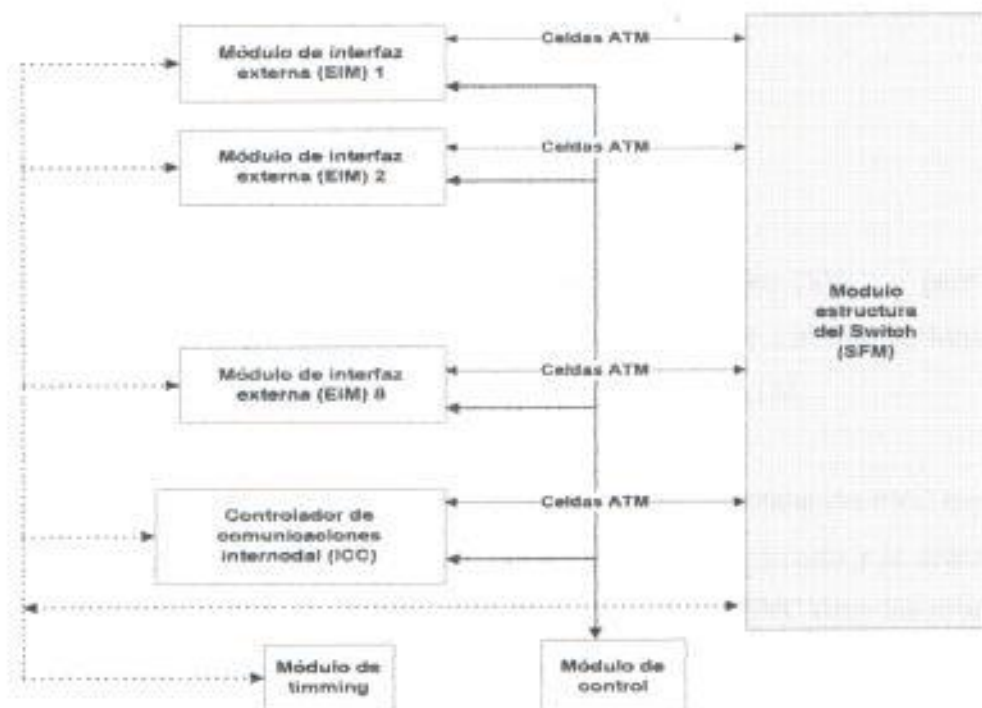


Figura 4.15 Estructura de un Switch comercial ATM

Para el caso de los Switch ATM, la sincronización puede ser generada por una fuente propia del switch o por un generador externo. En la figura 4.15 se muestra la estructura de un switch comercial ATM. El módulo de control opera el software de control de nodo. Entre sus principales funciones selecciona las fuentes de timing. El módulo de timing recibe comandos desde este módulo para proporcionar una referencia de timing estable para todas las operaciones en el switch. Fija las fases de todas las salidas de los generadores de reloj, basado en una de tres fuentes de referencia: un reloj externo tomado de uno de los EIMs (Módulo de Interfaz Externa), un referencia externa estándar o una referencia externa de un reloj Stratum de nivel 3 ($\pm 4.6 \times 10^{-6}$).

4.11 TARIFACION DE LOS SERVICIOS DE INTERNETWORKING ATM

En la estructura de tarifación de redes ATM, se distinguen tres partes: tarifa de instalación del servicio (I), tarifa mensual (M), la cual se basa en el acceso a la velocidad del circuito y la distancia hacia el próximo switch ATM, y la tarifa de uso variable (V), la cual depende del tiempo de conexión diario o del tráfico inyectado a la red.

Tarifación del servicio CBR.

Este es la tarifación para los circuitos virtuales conmutados (SVC) o para los circuitos virtuales permanentes (PVC), los cuales podrían ser bidireccionales, unidireccionales o multicast, que se establecen sobre redes ATM.

Hay un solo costo por la instalación del servicio. Para una instalación PVC hay un recargo mensual por el servicio basado en la velocidad del circuito y la distancia hacia el próximo switch. La tarifación para una instalación SVC tiene los mismos rubros que para una instalación PVC además de un recargo por el tiempo de uso diario.

Tarifación para el servicio rt -VBR

En este servicio se tarifa sobre circuitos virtuales permanentes o en circuitos virtuales sobre demanda, los cuales pueden ser bidireccionales, unidireccionales o multicast en redes ATM. Hay una sola tarifa por la instalación del servicio. Para PVC podría haber un recargo mensual basado en el acceso a la velocidad del circuito y la distancia hacia el próximo switch; para SCR hay un recargo mensual basado en acceso a la velocidad del circuito, además de la distancia hacia el próximo switch de acceso y recargo dependiendo del volumen usado.

Tarifación para el servicio nrt -VBR

Para la tarificación del servicio nrt-VBR se asume que se requiere una estructura similar al rt-VBR. La tarificación para nrt-VBR será menor que para rt-VBR, debido a los menores requerimientos de calidad de servicios.

Tarifación para el servicio UBR

La tarificación para el servicio UBR tiene la misma estructura que la tarificación para el servicio rt/nrt-VBR. La única diferencia es que el parámetro de tráfico usado será el PCR en lugar de SCR. Ya que no hay garantía del servicio de QoS, la tarificación para el servicio UBR será mucho menor que la tarifa para nrt-VBR.

Tarifación para el servicio ABR

La tarificación para el servicio ABR tendrá la misma estructura que la tarificación que el servicio rt/nrt-VBR. La única diferencia es que los parámetros de tráfico usados serán el MCR y el PCR en lugar del SCR. Dado que hay una garantía para que el usuario tenga acceso al ancho de banda que la red no está usando, se espera que la tarifa estará entre la tarifa para UBR y la de nrt-VBR.

CAPITULO 5

DISEÑO DE LA RED ATM PUBLICA PARA GUAYAQUIL

5.1 DESCRIPCION DE LA RED ATM PUBLICA PARA GUAYAQUIL

Este capítulo describe el diseño de la red ATM pública para Guayaquil en base a los criterios determinados en el capítulo 4. Siguiendo estos criterios se escogió una topología en malla en la red central o núcleo para la red ATM pública y una topología estrella jerárquica en los nodos extremos para el acceso de los usuarios finales al backbone de la red.

El diseño de la red ATM pública para Guayaquil opera a enlaces STM-1 (155,52 Mbps.) y STM-4 (622,08 Mbps.). Este diseño tiene una conectividad STM-1 con la futura red de transporte SDH que sirve de base para la transmisión de las celdas ATM provistas por los nodos extremos al backbone. El backbone de la red ATM posee enlaces directos entre switches centrales ATM que van a funcionar a una velocidad STM-4.

Los nodos SDH escogidos como nodos centrales para la red ATM pública son: Norte, Boyacá, Urdesa, Bellavista y Centro; mientras que los nodos extremos escogidos son las centrales: Alborada, Durán, Ceibos, Mapasingue, Puerto Nuevo y Sur. Adicionalmente se determinó colocar como nodo extremo a una unidad remota: Kennedy Norte, para proveer el servicio de la red ATM a este sector de gran desarrollo comercial y empresarial.

Cada nodo extremo de la red ATM se conecta lógicamente a un nodo central a través de 2 rutas virtuales permanentes, una ruta para la transmisión de la categoría de servicio CBR/VBR y la otra para la categoría de servicio ABR/UBR, con el objeto de mantener la calidad de servicio requerida para estos servicios.

En la figura 5.1 se observa la apariencia lógica de la red y su relación con las rutas virtuales permanentes establecidas entre los nodos centrales y extremos. El diseño de la red ATM pública consiste de 7 enlaces STM-4 y 9 enlaces STM-1. Adicionalmente, se disponen de doce nodos: cinco nodos de conmutación o centrales y siete nodos de acceso a la red o extremos.

5.1.1 DESCRIPCION DE NODOS CENTRALES ATM

El diseño no contempla la utilización del anillo central de la futura red SDH para Guayaquil, ya que el tráfico de voz que soportaría este anillo quedaría saturado si se incluye una señal adicional ATM de velocidad STM-4 (Ver tabla 4.1) en la trama STM-16 (2,5 Gbps.) que viajaría alrededor del anillo central. Por lo tanto, fue necesario realizar conexiones directas a una velocidad STM-4 (622,08 Mbps) entre los nodos SDH que se determinaron se convertirían en nodos centrales de nuestro diseño de la red ATM pública para Guayaquil.

Los nodos SDH que pasarían a convertirse en nodos centrales de la red ATM para Guayaquil son los siguientes:

- NODO CENTRAL ATM CENTRO
- NODO CENTRAL ATM NORTE
- NODO CENTRAL ATM URDESA
- NODO CENTRAL ATM BELLAVISTA
- NODO CENTRAL ATM BOYACA

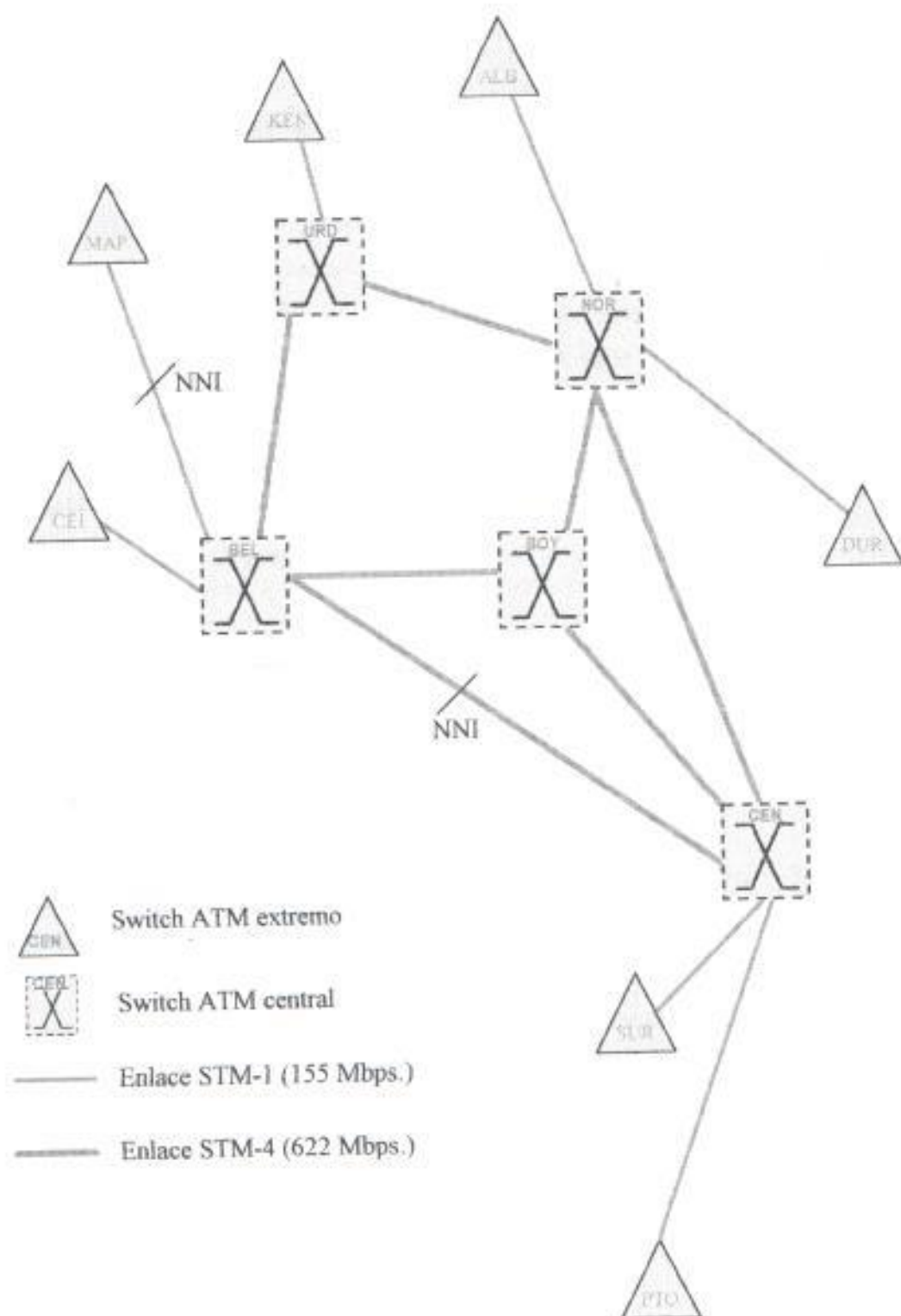


Figura 5.1 Topología de la red ATM pública para Guayaquil

5.1.1.1 NODO CENTRAL ATM CENTRO (CEN)

Esta central tiene una ubicación geográfica estratégica. Se localiza en el centro de Guayaquil donde se desarrolla gran parte del movimiento comercial de la ciudad. Se encuentra próxima a otras centrales con las que se comunica actualmente a través de fibra óptica. Posee un radio enlace con la estación terrena lo que permite que tenga comunicación internacional y de esta manera podría permitir la conexión con otras redes ATM públicas. Dado el elevado número de abonados del servicio telefónico que soporta (34.048 líneas telefónicas) se puede determinar que es una zona que requiere constante comunicación con otros sectores de la ciudad, la cual puede ser a través del servicio de multimedia que presenta la red ATM pública para Guayaquil.

Esta central podría disponer de un gran número de personas o empresas (usuarios finales) utilizando la red ATM, pero además será el punto de acceso al backbone central de los sectores del sur de la ciudad a través de conexiones lógicas con las **centrales Sur y Puerto Nuevo**.

La central tendrá conexión directa con las centrales Boyacá, Norte y Bellavista a través de un tendido de fibra óptica dedicado. Adicionalmente la conexión a los switches extremos Sur y Puerto Nuevo se los proveerá mediante la futura red SDH. En la tabla 5.2 se observa las conexiones de este nodo central y el medio que utiliza con las diferentes centrales a la que estará conectada.

ENLACE	MEDIO	VELOCIDAD
CENTRO – NORTE	DEDICADO	622,08 MBPS.
CENTRO – BELLAVISTA	DEDICADO	622,08 MBPS.
CENTRO BOYACA	DEDICADO	622,08 MBPS.
CENTRO – SUR	ANILLO SUR FUTURA RED SDH	155 MBPS.
CENTRO – PUERTO NUEVO	ANILLO SUR FUTURA RED SDH	155 MBPS.

Tabla 5.2 Enlaces del nodo central ATM Centro

5.1.1.2 NODO CENTRAL ATM BOYACA (BOY)

Este nodo central recogerá toda la información proveniente de los sectores bancarios y comerciales que forman la zona abarcada por la central Boyacá. Además del alto número de potenciales usuarios que podrían utilizar la red ATM pública en esta central, la importancia de ésta radica en su ubicación centralizada dentro del otro grupo de nodos SDH que son considerados como nodos centrales, lo que permite conexiones en topología malla a nivel del backbone central.

Esta central no será ningún punto de acceso a la red ATM para otros nodos extremos, sólo provee acceso a usuarios finales que se conecten directamente a la central. Este nodo central sólo dispondrá de los enlaces que se describen en la tabla 5.3, los que constituyen la conexión a los otros nodos centrales del backbone central.

ENLACE	MEDIO	VELOCIDAD
BOYACA – NORTE	DEDICADO	622,08 MBPS.
BOYACA – BELLAVISTA	DEDICADO	622,08 MBPS.
BOYACA – CENTRO	DEDICADO	622,08 MBPS.

Tabla 5.3 Enlaces del nodo central ATM Boyacá

5.1.1.3 NODO CENTRAL ATM NORTE (NOR)

Central que permitiría el acceso a algunos sectores productivos del norte de la ciudad como las ciudadela Kennedy y el sector empresarial a lo largo de la Avenida de las Américas. Adicionalmente, permitiría el ingreso de otros sectores altamente comerciales y/o industriales como lo constituyen la ciudadela **Alborada** y el cantón **Durán** a través de conexiones lógicas permanentes de las centrales que abastecen a estas zonas, con el nodo central NORTE ATM. El nodo central ATM Norte dispondrá de 5 enlaces, los que se detallan en la tabla 5.4.

ENLACE	MEDIO	VELOCIDAD
NORTE – CENTRO	DEDICADO	622,08 MBPS.
NORTE – URDESA	DEDICADO	622,08 MBPS.
NORTE – BOYACA	DEDICADO	622,08 MBPS.
NORTE – ALBORADA	ANILLO NORTE FUTURA RED SDH	155,52 MBPS.
NORTE – DURAN	ANILLO ESTE FUTURA RED SDH	155,52 MBPS.

Tabla 5.4 Enlaces del nodo central ATM Norte

5.1.1.4 NODO CENTRAL ATM URDESA (URD)

El sector que abarca este nodo SDH es altamente comercial. Aquí el tráfico propio de la central justificaría la decisión de que se forme un nodo ATM en ella. Sin embargo la decisión de convertir este nodo SDH en nodo central ATM se debió básicamente a que esta central posee una unidad remota denominada **Kennedy Norte** que abastece de servicio telefónico a una zona que tiene un rápido crecimiento comercial, que la convertiría en el futuro centro donde se realizarían la mayoría de las transacciones comerciales y bancarias de la ciudad (lo que implicaría mayores necesidades de transmisión de multimedia que otros sectores). Además, otra consideración importante es que al tener conexión directa (facilidades de canalización) con los nodos Bellavista y Norte, este nodo permitiría cerrar la configuración en malla del backbone en el sector norte de la ciudad. Por lo tanto este nodo central dispondrá de un total de 3 enlaces cuyas características se muestran en la tabla 5.5.

ENLACE	MEDIO	VELOCIDAD
URDESA - NORTE	DEDICADO	622,08 MBPS.
URDESA - BELLAVISTA	DEDICADO	622,08 MBPS.
URDESA - KENNEDY NORTE	DEDICADO	155,52 MBPS.

Tabla 5.5 Enlaces del nodo central ATM Urdesa

5.1.1.5 NODO CENTRAL ATM BELLAVISTA (BEL)

El nodo SDH Bellavista se considera también como un nodo central ATM debido a la ubicación estratégica de la central, que además posee facilidades de canalización para poder establecer conexiones directas con los nodos centrales ATM Boyacá, Urdesa y Centro. Este nodo proveería de servicios de transmisión de voz, vídeo y datos a la zona de gran desarrollo comercial e industrial a lo largo

de la Av. Carlos Julio Arosemena, permitiría el acceso al backbone a otros dos nodos SDH como **Mapasingue y Ceibos** a través de los diferentes anillos SDH a los que pertenece la central Bellavista en la futura red SDH.

El nodo central ATM Bellavista se comunicará directamente con los nodos centrales ATM Urdesa, Centro y Boyacá, adicionalmente proveerá acceso al backbone central a los nodos extremos ATM Ceibos y Mapasingue. En la tabla 5.6 se describen las características de estos enlaces.

ENLACE	MEDIO	VELOCIDAD
BELLAVISTA – CENTRO	DEDICADO	622,08 MBPS.
BELLAVISTA – URDESA	DEDICADO	622,08 MBPS.
BELAVISTA – BOYACA	DEDICADO	622,08 MBPS.
BELLAVISTA – CEIBOS	ANILLO OESTE FUTURA RED SDH	155,52 MBPS.
BELLAVISTA – MAPASINGUE	ANILLO NORTE FUTURA RED SDH	155,52 MBPS.

Tabla 5.6 Enlaces del nodo central ATM Bellavista

5.1.2 CONEXION EN MALLA DE LOS NODOS CENTRALES ATM

Los nodos centrales ATM Urdesa, Bellavista, Boyacá, Norte y Centro, se comunicarán directamente como se muestra en la figura 5.2. Aquí se observa como la disposición del tendido de fibra óptica permitiría una conexión directa en malla entre los diferentes nodos centrales. Esta disposición en malla permite establecer caminos alternos de enrutamiento en caso de que alguna conexión llegara a fallar, brindando mayor protección al backbone ATM público de Guayaquil.

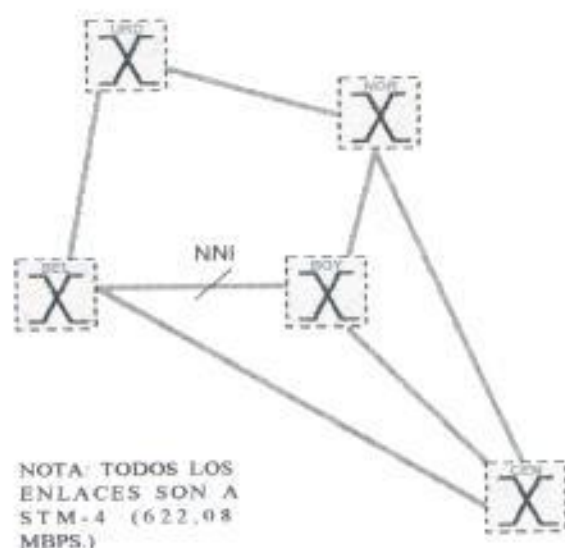


Figura 5.2 Conexión en malla entre nodos centrales ATM

5.1.3 DESCRIPCION DE NODOS EXTREMOS ATM

Los nodos extremos ATM serán utilizados para proveer el acceso de los usuarios finales a la red ATM pública. Estos nodos se escogieron siguiendo criterios parecidos a los de nodos centrales ATM, con la diferencia de que el mayor peso en la decisión de escoger a los nodos extremos se basó en la ubicación o no de éstos dentro de sectores altamente comerciales, empresariales e industriales. Los nodos escogidos como extremos ATM son los siguientes:

- NODO EXTREMO ATM CEIBOS (CEI)
- NODO EXTREMO ATM MAPASINGUE (MAP)
- NODO EXTREMO ATM ALBORADA (ALB)
- NODO EXTREMO ATM DURAN (DUR)
- NODO EXTREMO ATM SUR (SUR)
- NODO EXTREMO ATM PUERTO NUEVO (PTO)
- NODO EXTREMO ATM KENNEDY NORTE (KEN)

5.1.3.1 NODO EXTREMO ATM CEIBOS (CEI)

La central Ceibos es un nodo SDH en la futura red SDH que está en constante crecimiento y que podría dar servicios de transmisión de voz, datos y video a diferentes establecimientos educativos que forman parte del sector que abastece la central Ceibos, tales como la ESPOL que dispone de una red privada ATM.

En la figura 5.3 se aprecia la conexión entre el nodo extremo ATM Ceibos y el nodo Central Bellavista a través del anillo Oeste de la Futura red SDH para Guayaquil. La conexión entre estos nodos se establece mediante rutas virtuales permanentes lo que da una apariencia lógica de estar conectados directamente, a una velocidad de 155,52 Mbps. que corresponde a la trama STM-1.

5.1.3.2 NODO EXTREMO ATM MAPASINGUE (MAP)

Esta central telefónica está ubicada en un sector de un amplio desarrollo industrial y comercial. La conexión de este nodo extremo ATM al backbone ATM público a una velocidad STM-1 se realizará mediante la central Bellavista utilizando el anillo Norte de la futura red SDH para Guayaquil. Así mismo, la conexión se establecerá mediante rutas permanentes virtuales que darán la apariencia lógica de

tener un enlace directo entre las centrales Mapasingue y Bellavista. En la figura 5.4 se puede observar la conexión entre estos dos nodos.

5.1.3.3 NODO EXTREMO ATM ALBORADA (ALB)

La Alborada abarca una densa zona comercial dentro del sector Norte de la ciudad de Guayaquil. La inclusión de ésta a la red ATM pública para Guayaquil se la realiza a través de una trama STM-1 incluida dentro de la trama STM-16 que porta el anillo Norte de la futura red SDH. Se establecerá una conexión directa entre los nodos ATM Alborada y Norte mediante rutas virtuales permanentes (Figura 5.5).

5.1.3.4 NODO EXTREMO ATM DURAN (DUR)

Durán es otro nodo SDH que se lo incluye como nodo extremo ATM debido al desarrollo industrial que tiene actualmente este sector. El nodo central ATM Norte es el que le provee el acceso al backbone público ATM mediante el anillo Este de la futura red SDH a una velocidad STM-1. Un aparente enlace directo entre estos nodos es dado mediante el establecimiento de rutas virtuales permanentes (Figura 5.6).

5.1.3.5 NODO EXTREMO ATM SUR (SUR)

El nodo SDH Sur permitirá que este sector de la ciudad brinde acceso a las fábricas, industrias, establecimientos comerciales o cualquier usuario final, los diferentes servicios que ofrece la red ATM pública de Guayaquil. El nodo extremo Sur ingresaría al backbone ATM por intermedio de la central Centro, puesto que ambos nodos están incluidos en el anillo Sur de la red SDH. La velocidad del enlace entre ambas centrales correspondería a una trama STM-1 portando la información de celdas ATM. Rutas permanentes virtuales entre estos dos nodos serán establecidas para permitir una calidad de servicio diferenciada y

la protección suficiente, esto da la apariencia de una conexión directa entre los nodos Centro y Sur (Figura 5.7)

5.1.3.6 NODO EXTREMO ATM PUERTO NUEVO (PTO)

Este nodo abarca uno de los mayores parques industriales del Sur de la ciudad. De ahí su importancia para la decisión de convertirlo en un nodo extremo ATM que provea acceso a todos los usuarios de este sector al backbone ATM público a través del nodo central ATM Centro. Utilizará también una trama STM-1 del anillo Sur de la red SDH para establecer una conexión directa entre estos nodos por medio de la asignación de rutas virtuales permanentes (Figura 5.8).

5.1.3.7. NODO EXTREMO ATM KENNEDY NORTE (KEN)

Kennedy Norte es el sector de mayor crecimiento comercial, empresarial en la ciudad de Guayaquil. Sin embargo en el estudio de la futura red SDH esta central es contemplado como una unidad remota. Esto obliga a realizar un tendido de fibra óptica entre esta unidad remota y la central Urdesa (que es la que controla las llamadas internas y externas de la unidad remota Kennedy Norte) para poder proveer el acceso de todos los usuarios que abarca la central Kennedy Norte a la red ATM pública. La interface que se utilizará es la STM-1 SDH mediante un tendido de fibra óptica monomodo de 3.600 metros. Igualmente, se establecerán algunas rutas virtuales permanentes entre estos nodos con el fin de administrar correctamente el ancho de banda sin degradar la calidad de servicio de la red ATM (Figura 5.9).

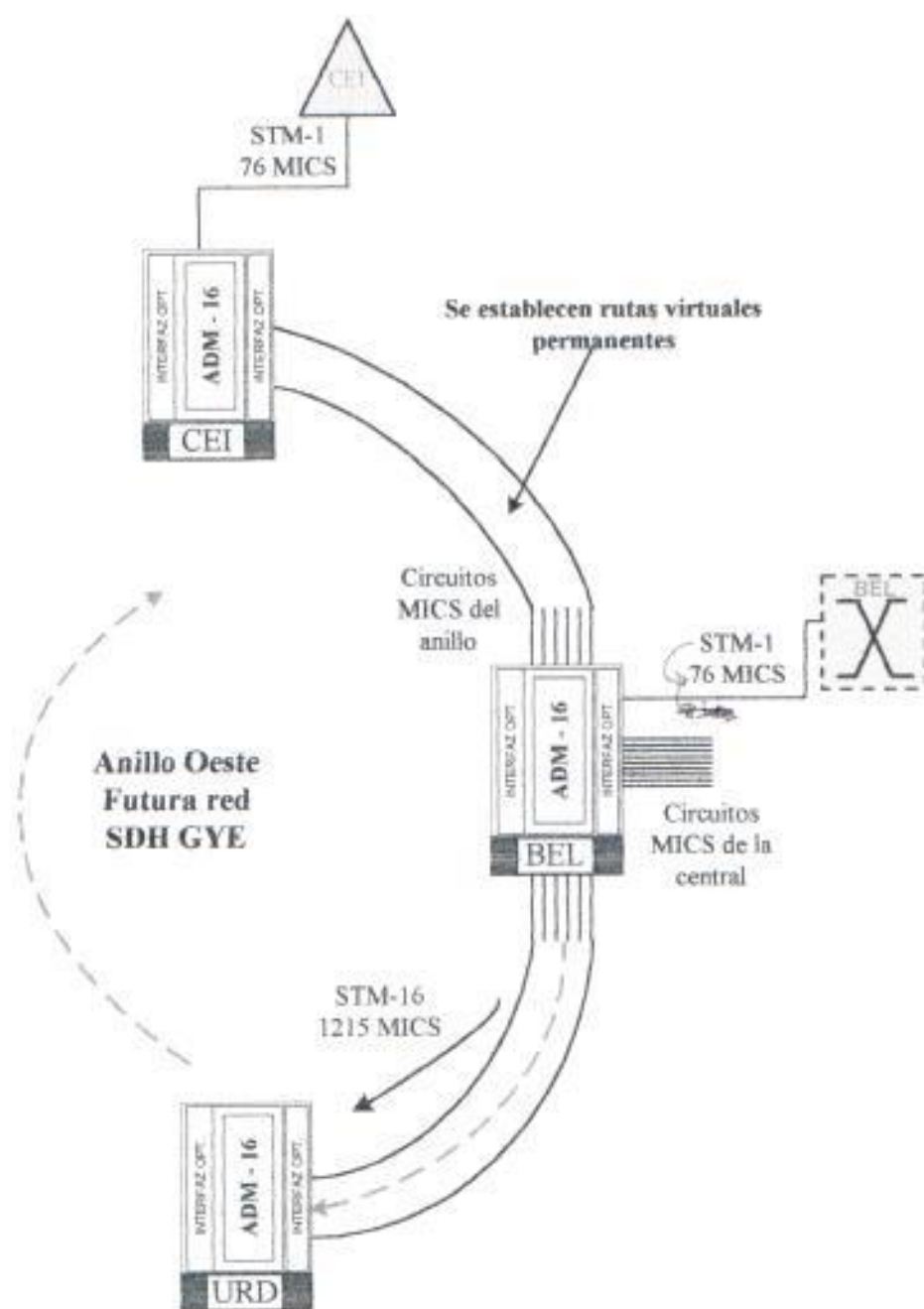


Figura 5.3 Ingreso del Nodo Extremo ATM Ceibos a la red pública ATM para Guayaquil

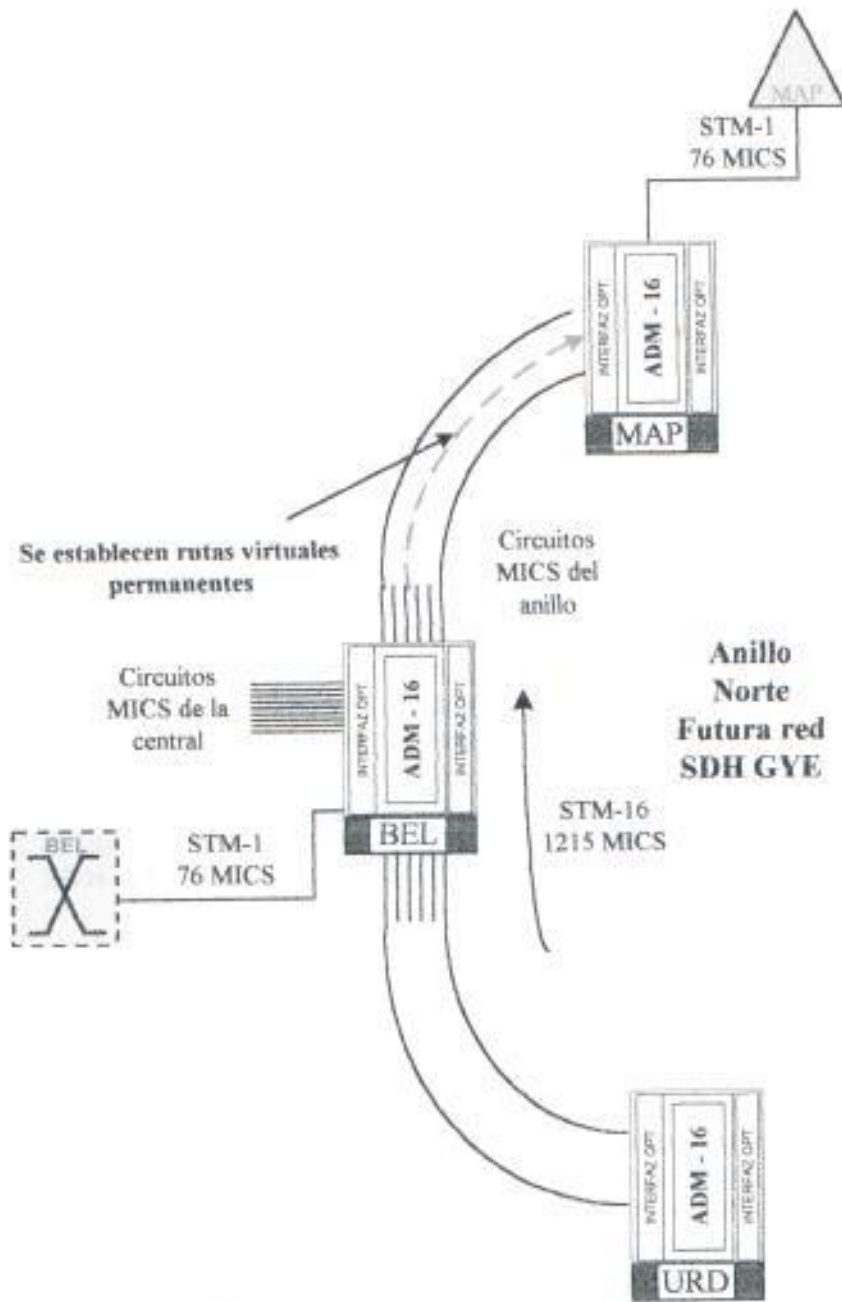


Figura 5.4 Ingreso del Nodo Extremo ATM Mapasingue a la red ATM pública para Guayaquil

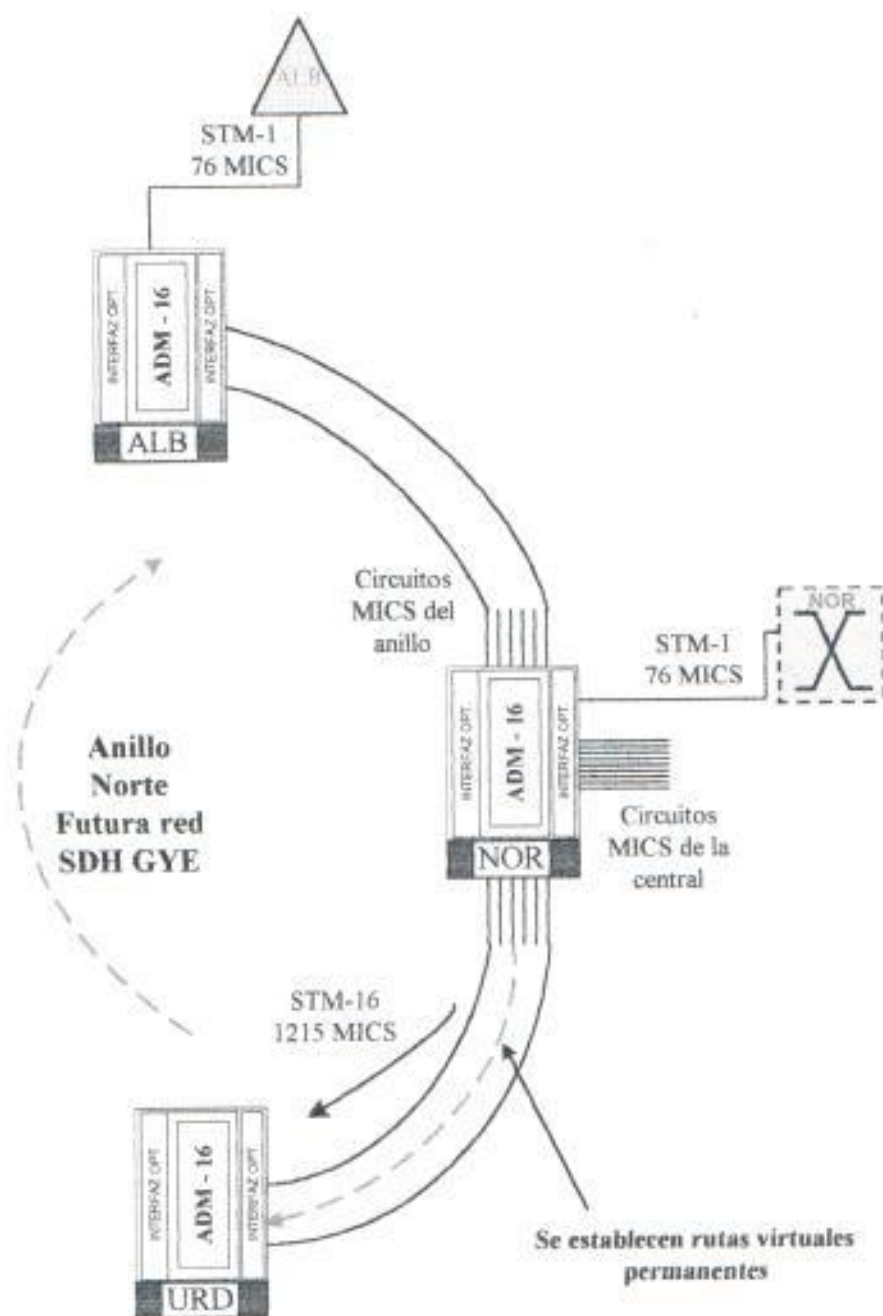


Figura 5.5 Ingreso del Nodo Extremo ATM Alborada a la red pública ATM para Guayaquil

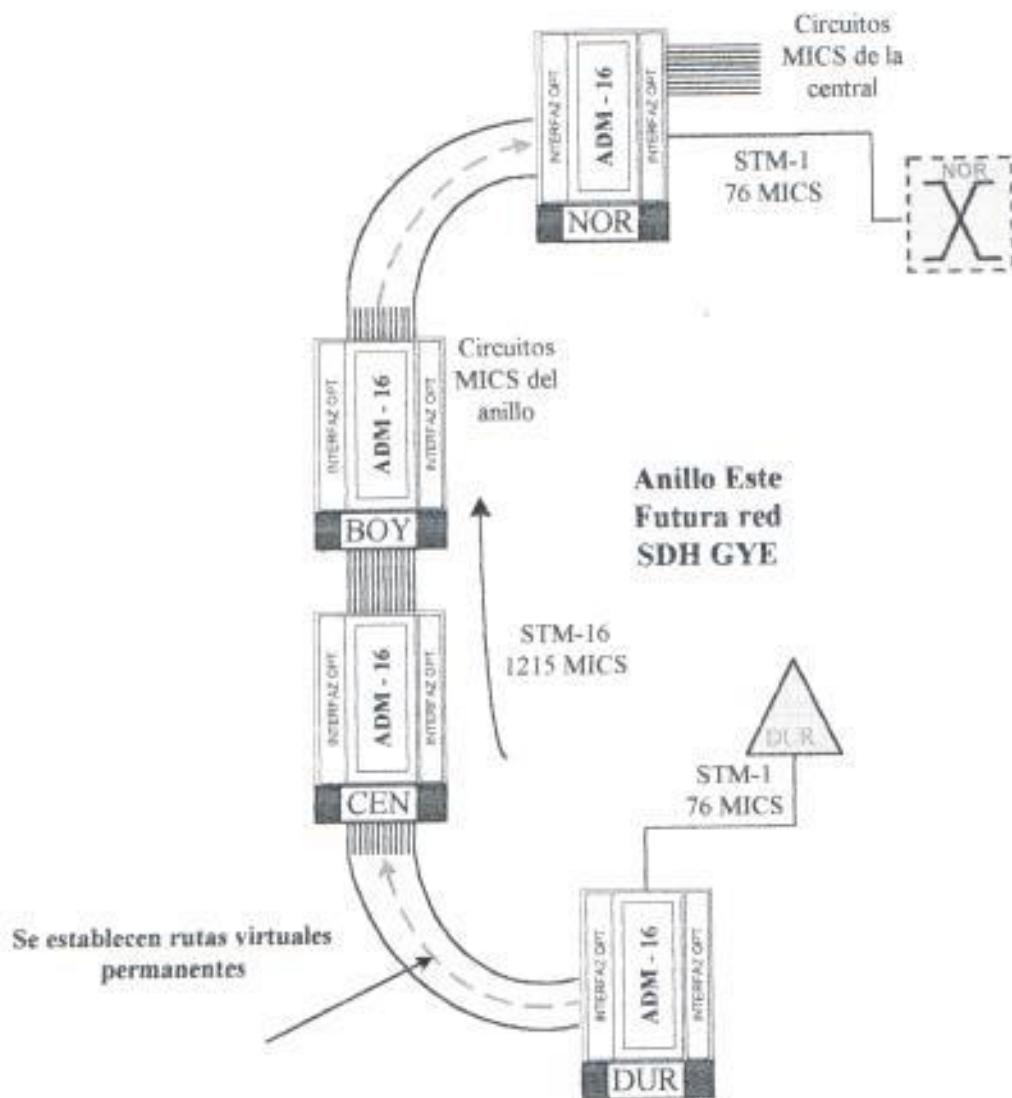


Figura 5.6 Ingreso del Nodo Extremo ATM Durán la red ATM pública para Guayaquil

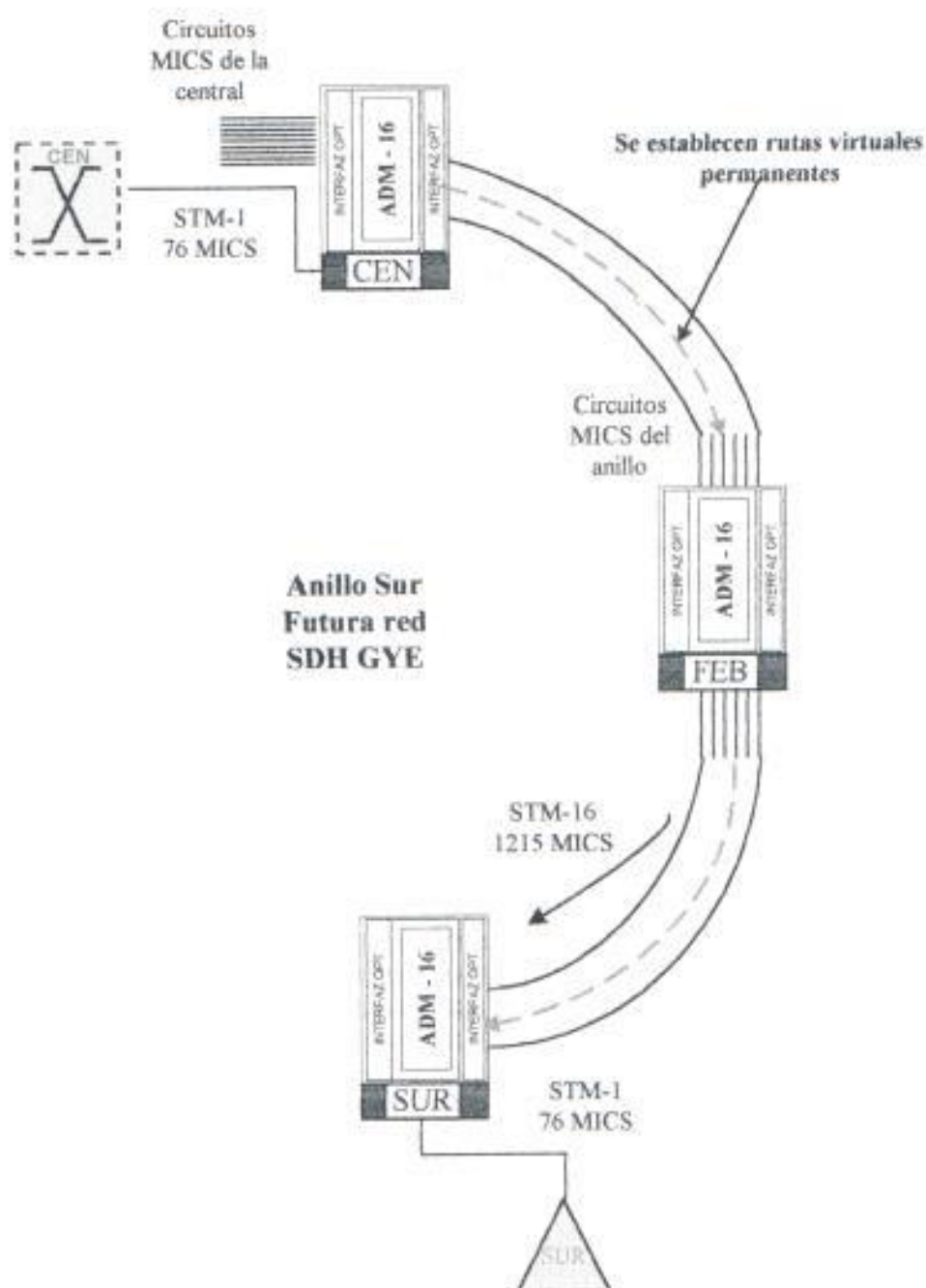


Figura 5.7 Ingreso del Nodo Extremo ATM Sur a la red ATM pública para Guayaquil

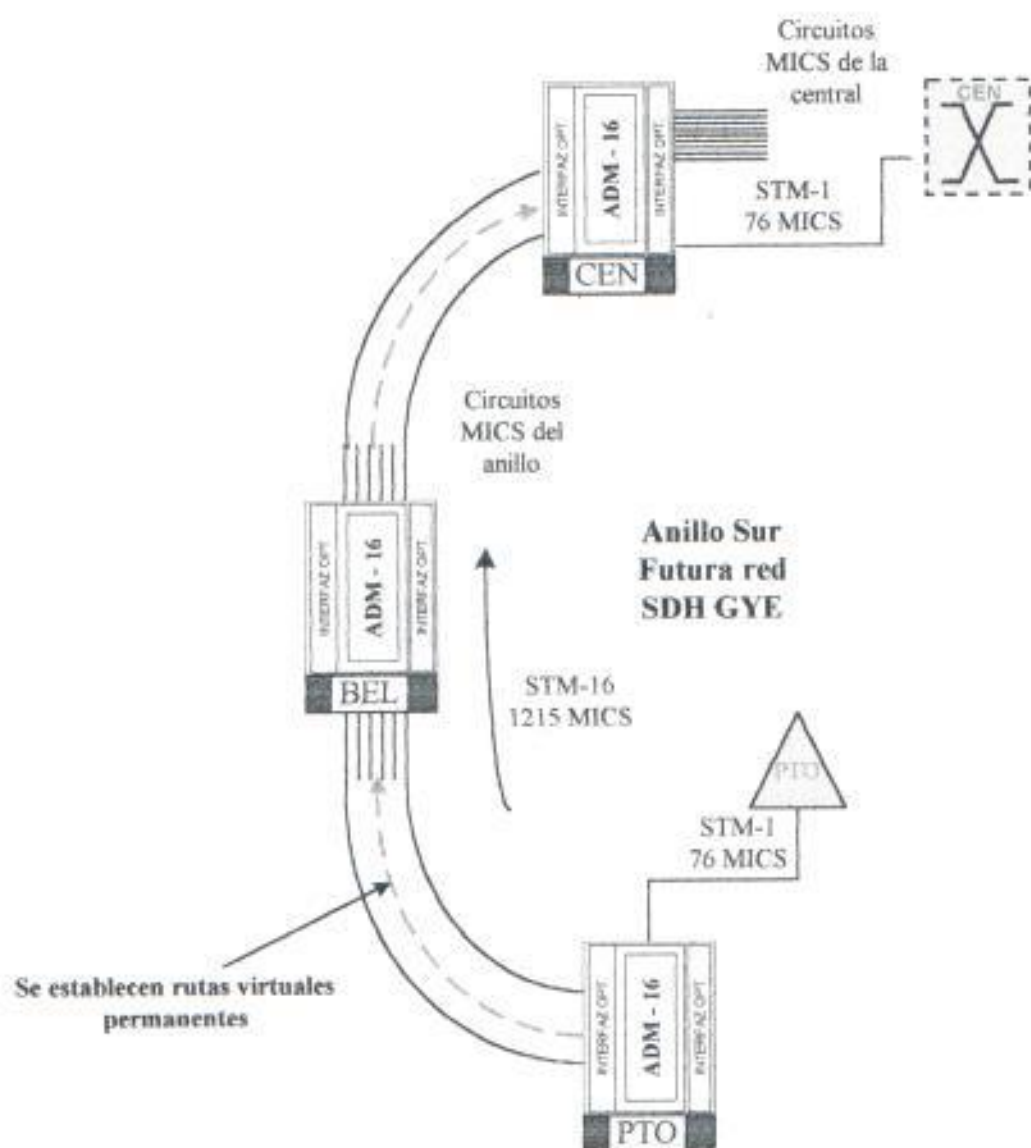


Figura 5.8 Ingreso del Nodo Extremo ATM Puerto Nuevo a la red ATM pública para Guayaquil

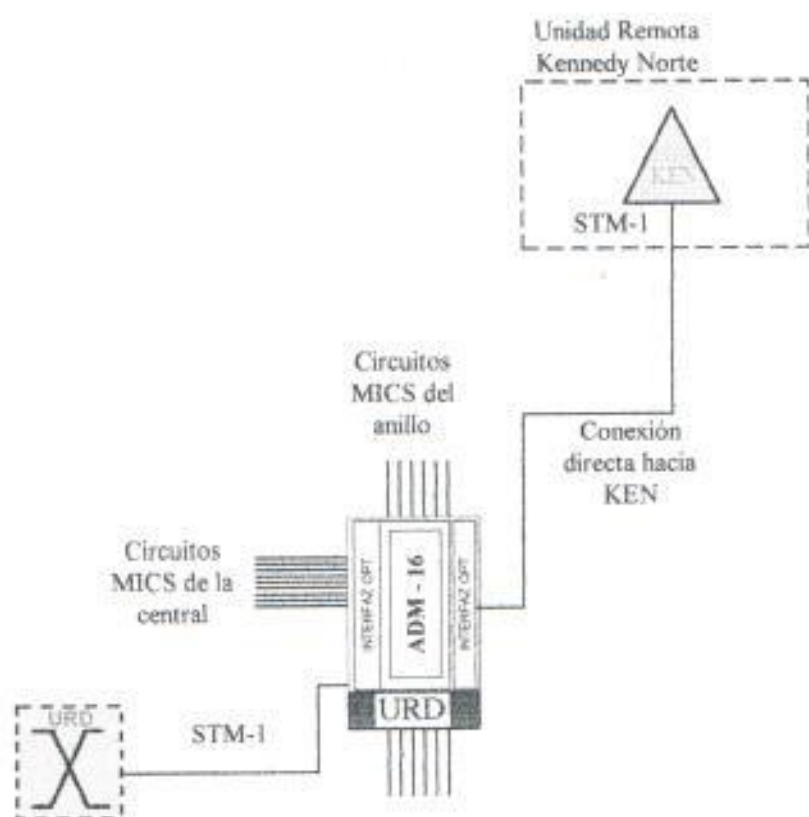
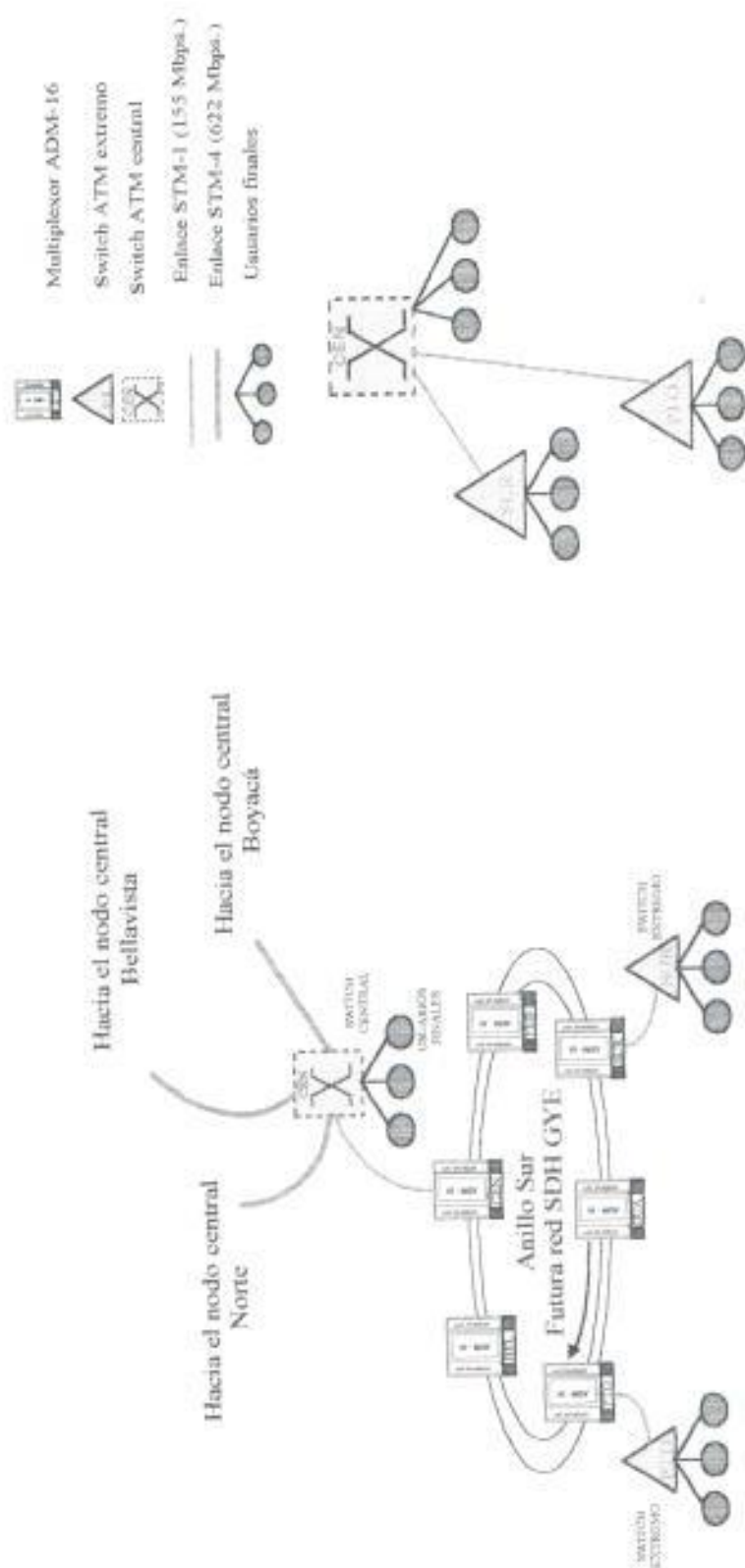


Figura 5.9 Ingreso del Nodo Extremo ATM Kennedy Norte a la red ATM pública para Guayaquil

5.1.4 CONEXION ESTRELLA JERARQUICA DE LOS NODOS EXTREMOS ATM

Con excepción del nodo extremo ATM Kennedy Norte ningún nodo extremo requerirá un tendido de fibra óptica hacia su respectivo nodo central ATM dado que estos utilizan los recursos provistos por la futura red SDH para Guayaquil.

En las figuras 5.10, 5.11, 5.12, 5.13 y 5.14 observamos la conexión de estrella jerárquica entre los nodos centrales con sus respectivas conexiones a los nodos extremos y estos a su vez conectados a los usuarios finales, correspondientes a los nodos centrales ATM Centro, Boyacá, Norte, Urdesa y Bellavista respectivamente.



(a) Conexión de los nodos ATM Extremos Sur y Puerto Nuevo

(b) Vista lógica de la conexión

Figura 5.10 Conexión estrella jerárquica entre el nodo central ATM Centro, los nodos extremos ATM Sur y Puerto Nuevo, y los usuarios finales.

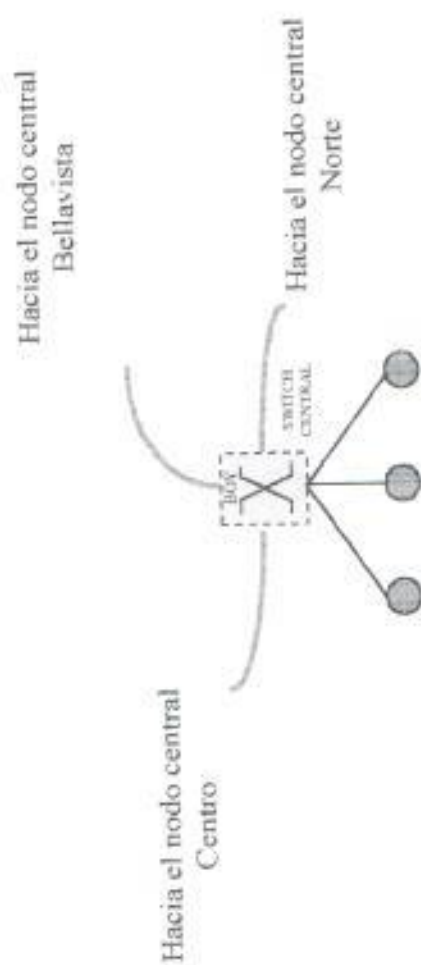
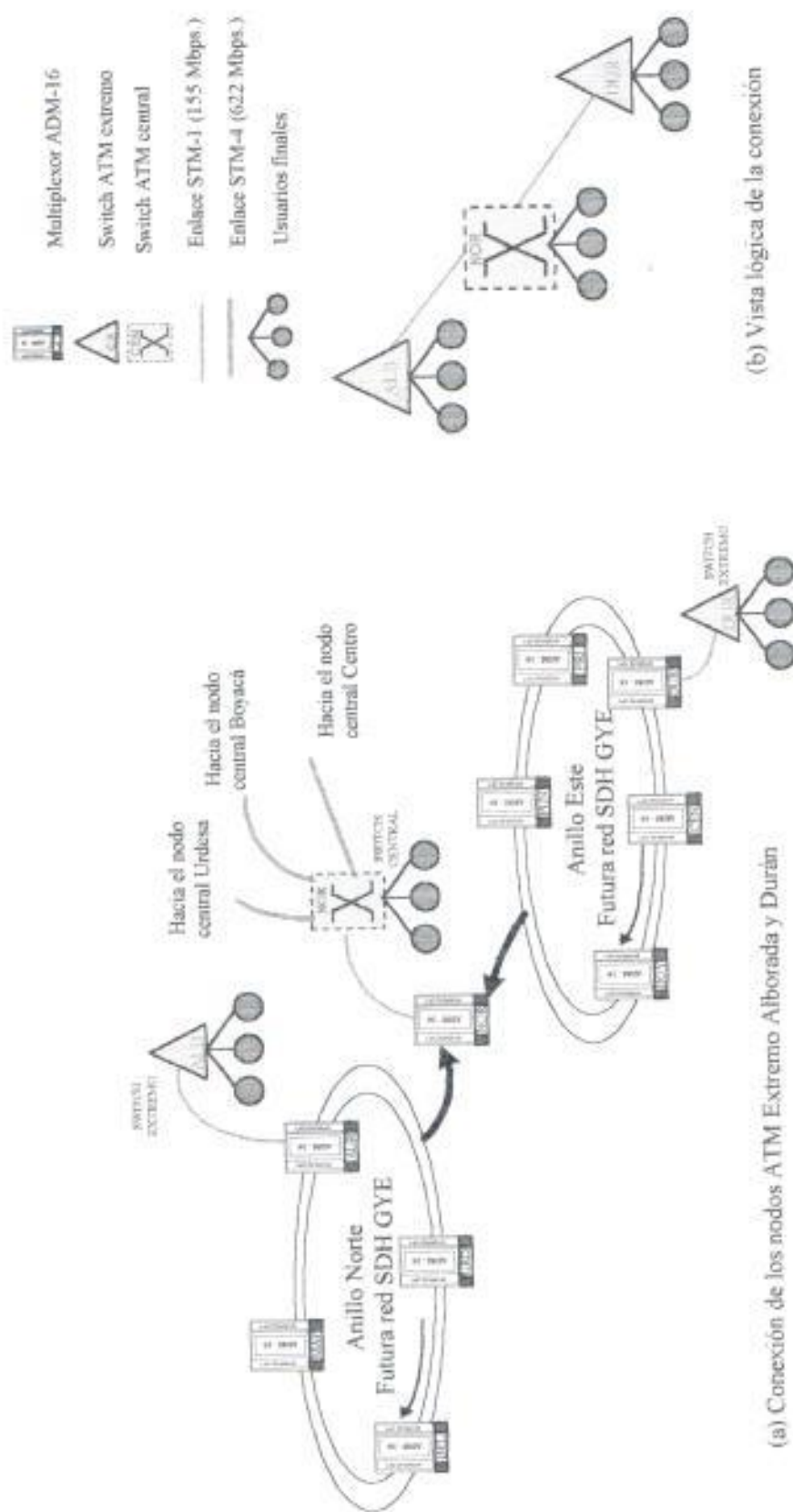


Figura 5.11 Conexión estrella jerárquica entre el nodo central ATM Boyacá y los usuarios finales.



(a) Conexión de los nodos ATM Extremo Alborada y Durán

Figura 5.12 Conexión estrella jerárquica entre el nodo central ATM Norte, los nodos extremos ATM Alborada y Durán, y los usuarios finales.

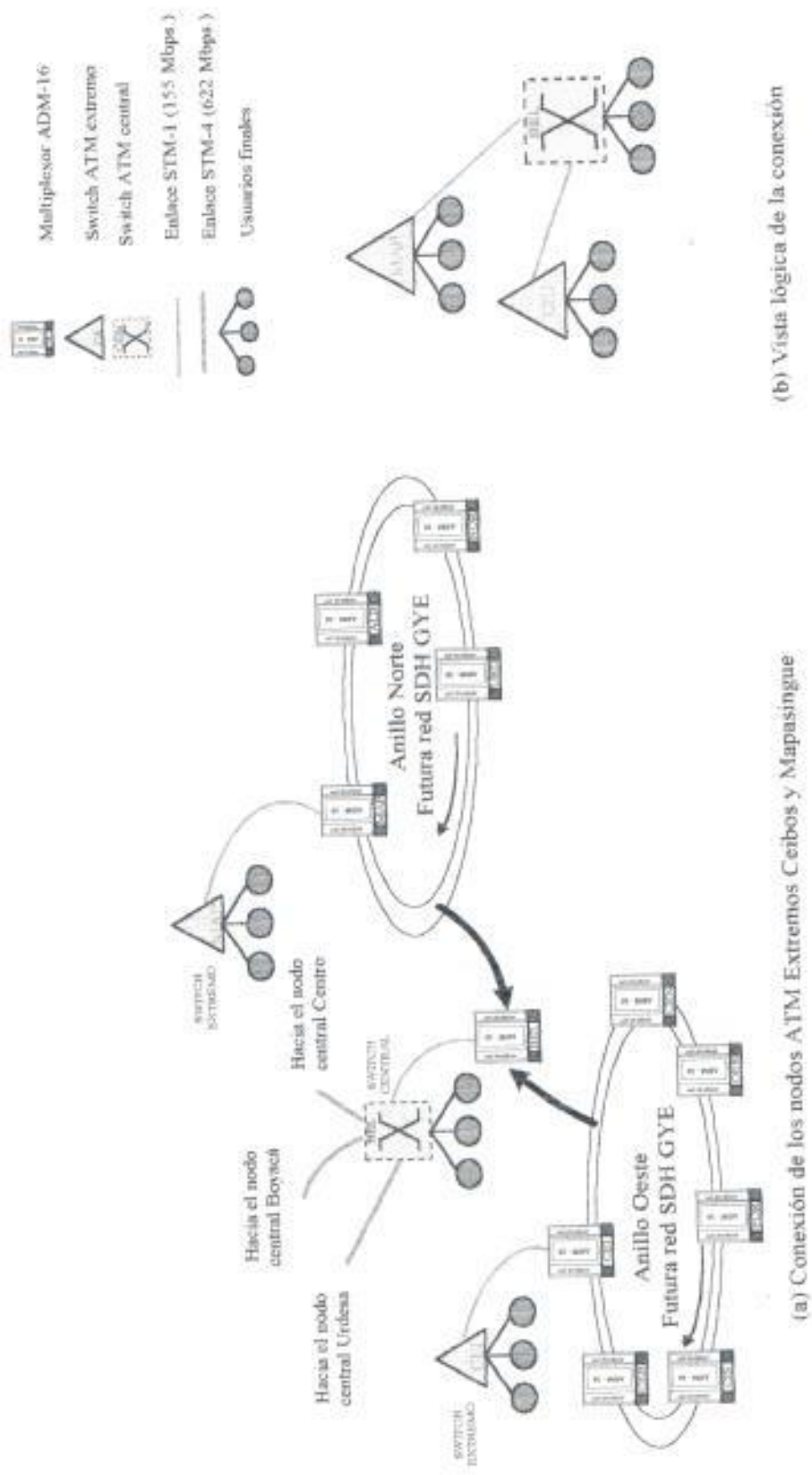


Figura 5.14 Conexión estrella jerárquica entre el nodo central *ATM Bellavista*, los nodos extremos *ATM Ceibos* y *Mapasingue*, y los usuarios finales

5.2 ASIGNACION DE RECURSOS PARA LA RED PUBLICA ATM DE GUAYAQUIL

La red ATM pública para Guayaquil dispone de recursos físicos (buffers, anchos de banda) y recursos lógicos (direcciones ATM, identificadores de rutas y canales virtuales), los cuales van a ser descritos a continuación.

5.2.1 ASIGNACION DE ANCHO DE BANDA

La red ATM pública para Guayaquil basará la administración de ancho de banda de cada enlace en términos de asignaciones para el ancho de banda requerido por un usuario que desee establecer conexión. El requerimiento de ancho de banda soportado por los usuarios dependerá de la aplicación que deseen utilizar. En la tabla 5.7 se observa cada una de las aplicaciones que podría soportar la red ATM pública, con los diferentes parámetros que caracteriza a cada uno de éstos servicios. Se pueden observar los rangos de ancho de banda que maneja cada aplicación, la clasificación de la categoría de servicio en CBR ó VBR, la frecuencia y la longitud de ráfaga, tolerancia de pérdidas y retardos de celdas.

En el esquema de asignación de ancho de banda que se utilizará en la red ATM pública, se asegura a cada conexión un ancho de banda cuyo valor estará dado en términos del peso de la aplicación que se esté corriendo. El peso se refiere a los parámetros de tráfico que caracterizan a las diferentes calidades de servicio. Así para la categoría de servicio CBR se le asigna un peso correspondiente a su tasa de celda pico (PCR). El peso asignado para la categoría de servicio VBR es la tasa de celda sostenible (SCR). Finalmente, a la categoría de servicio ABR se le asigna un peso correspondiente a su tasa de celda mínima (MCR). Por lo tanto para establecer una conexión de cualquier categoría de servicio, se debe asignarle un ancho de banda correspondiente al peso de su categoría (MCR, SCR y PCR), donde este valor corresponderá al mínimo ancho de banda que requiere determinada aplicación para poder establecer la conexión sin variar la calidad del

servicio. La categoría de servicio UBR no tendrá ningún ancho de banda asignado dado que éste utiliza el ancho de banda restante dejado por las otras aplicaciones.

Los parámetros MCR, SCR y PCR son los que permitirán a la red utilizar el esquema de asignación de ancho de banda para rutas virtuales permanentes separadas en VBR/CBR y ABR/UBR. Estos valores se deberán establecer una vez puesta en funcionamiento la red ATM pública para asegurar que las asignaciones de ancho de banda que se brinda a cada conexión sea la más real posible.

Tipo de servicio	Categoría de servicio	Rango de ancho de banda	CBR/VBR	Frecuencia de colapsos	Longitud de colapsos	Tolerancia de pérdida de celdas	Tolerancia de retardo de celda
Voz	PCM/vo	64 Kbps	CBR	1	NA	10^{-4} a 10^{-6}	10-150 ms
Voz	Voz ADPCM	32 Kbps	CBR	1	NA	10^{-4} a 10^{-7}	10-150 ms
Voz	Voz de elevada calidad	192-384 Kbps	CBR	1	NA	10^{-5} a 10^{-6}	10-150 ms
Voz	Voz de calidad CD	1.4 Mbps	CBR	1	NA	10^{-6}	500 ms -25 s
Dato	Interconexión LAN	1.5-100 Mbps	VBR	varia	100-1000 B	10^{-12}	10-300 ms
Dato	Acceso a base de datos remota	1-10 Mbps	VBR	1000	100 B-100 K	10^{-9}	1-10 s
Dato	Cuentas electrónicas	96-1.5 Mbps	CBR	1	50-5000 B	10^{-9}	1-10 s
Video	Videotelefonía	64 Kbps - 2 Mbps	CBR/VBR	2-5	2-10 KB	10^{-9}	150-350 ms
Video	Videokonferencias	128 Kbps - 14 Mbps	CBR/VBR	2-5	16-40 KB	10^{-9}	150-350 ms
Video	HDTV	150 Mbps	VBR	2-5	5-14 M	10^{-12}	40 ms

Tabla 5.7 Características de varios tipos de tráfico

5.2.2 ASIGNACION DE RUTAS VIRTUALES PERMANENTES

El tráfico que ingrese a cualquier nodo extremo ATM será separado según las aplicaciones que se deseen establecer. Esta separación estará dada a nivel de rutas virtuales permanentes en un enlace entre un switch extremo ATM y un switch central ATM. El ancho de banda de este enlace será separado lógicamente en 4 rutas virtuales permanentes, una para la clase de servicio ABR/UBR, una para la clase de servicio CBR/VBR, una para funciones de administración y finalmente una ruta virtual permanente de protección (Ver figura 5.15).

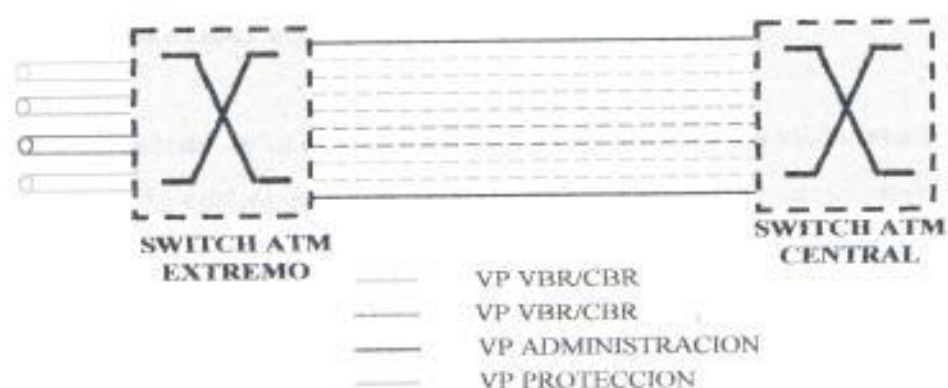


Figura 5.15. Asignación de rutas permanentes virtuales para enlaces entre nodos extremos y centrales de la red ATM pública para Guayaquil

La tabla 5.8 muestra la asignación lógica que se le dará en cada enlace entre un nodo extremo ATM y un nodo central ATM de la red ATM pública para Guayaquil.

ENLACES	IDENTIFICADOR DE LA RUTA VIRTUAL			
	VP DE ADMINISTRACIÓN	VP DE APLICACIÓN CBR/VR	VP DE APLICACIÓN ABR/VR	VP DE PROTECCIÓN
CENIRO-SUR	1	2	3	4
CENIRO-FLORIONLEVO	1	2	3	4
BELLAMISTA-CEBOS	1	2	3	4
BELLAMISTA-MP/ASINCLE	1	2	3	4
URDISA-KENNEDY/NORTE	1	2	3	4
NORTE-ALBORADA	1	2	3	4
NORTE-DURÁN	1	2	3	4

Tabla 5.8 Asignación de VPI para los diferentes enlaces entre switches extremos y centrales de la red pública ATM

Cabe resaltar que la asignación de identificadores de rutas virtuales será a nivel local, por lo tanto cada valor VPI puede ser reutilizado en cualquier enlace.

5.3 ADMINISTRACION DE LA RED PUBLICA ATM

Con el propósito de que la red pública ATM para Guayaquil permanezca bajo algún tipo de control se ha pensado en usar un esquema centralizado para la administración de esta red. Puesto que el nodo central Boyacá se encuentra en un punto estratégico al cual confluyen los tráficos de los principales nodos centrales (Norte, Bellavista, Centro), se ha escogido a este nodo como el punto central de monitoreo y administración de la red ATM (Ver figura 5.16)

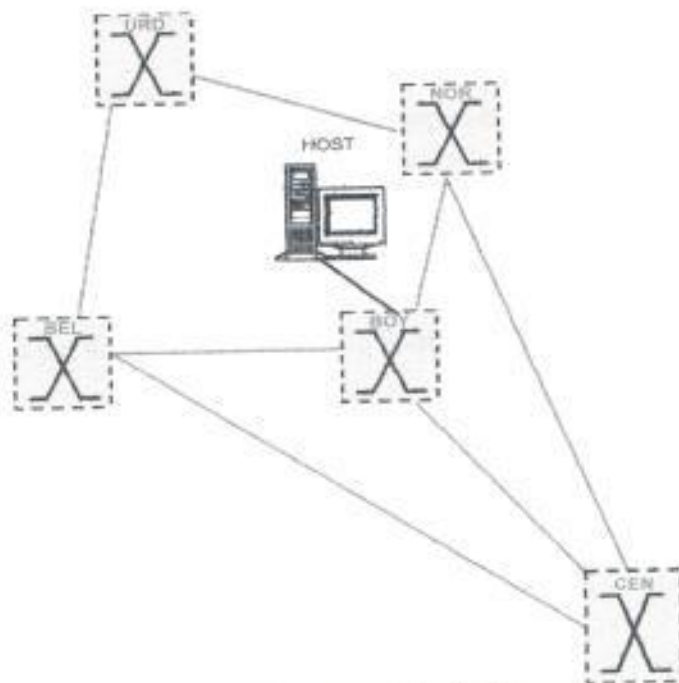


Figura 5.16 Administración centralizada de la red ATM pública para Guayaquil

5.3.1 REQUERIMIENTOS PARA LA ADMINISTRACION.

Ya que el esquema de administración será centralizado se usará una estación para el control de la red. Esta estación se ubicará en la central Boyacá y se conectará a un switch ATM a través de uno de sus puertos de fibra de 155 Mbps. a través de una tarjeta adaptadora ATM localizada en el servidor de la estación.

El servidor deberá tener las siguientes características:

- Será un RISC System/6000 POWERstation o POWERserver (velocidad del CPU de 50 MHz.). De la velocidad del CPU depende el procesamiento de los paquetes de llegada y de salida (tal como la segmentación y el reensamblaje de paquetes).
- Backplane (I/O bus), soporte para el acceso directo a memoria ya que esta característica tiene un impacto significativo en la comunicación.
- Ancho de banda de la memoria, lo que limita la velocidad de transferencia.
- La velocidad de acceso al disco podría limitar la ejecución de aplicaciones reales, tales como la transferencia de archivos y el acceso remoto. La capacidad del disco deberá ser por lo menos de 2 GB.
- Drivers e interfaces ATM.
- El sistema operativo comúnmente empleado para la administración de redes ATM es el AIX.

Este sistema centralizado ejecuta básicamente tres estados de administración:

1. Los nodos de red adyacentes se reportan constantemente con el sistema central, informando el estado de la red en todo momento.
2. El sistema central procesa esta información para mantener el control del estado de la red.

3. El sistema central se reporta con los nodos de red para informar a estos acerca de los sucesos acontecidos en los puntos circundantes.

5.4 PROTECCION DE LA RED ATM PUBLICA PARA GUAYAQUIL

A continuación se describirá el tipo de protección que se deberá establecer en la red ATM para Guayaquil. Se implementarán dos tipos de protección, una protección a nivel de hardware para asegurar la total funcionalidad de la red bajo cualquier circunstancia de falla, avería o mal funcionamiento en los equipos que componen la misma y otra protección a nivel lógico en caso de algún tipo molestia se presentara en la asignación de enlaces virtuales entre dos nodos. No se utilizará una red paralela a la red principal debido a que la configuración en malla de la red ATM pública permite que cada nodo central ATM tenga como mínimo dos rutas (caso del nodo Urdesa) para poder enviar las celdas ATM hacia sus destino correspondiente. En cambio se utilizarán mecanismos de regeneración centralizado para restablecer la conexión entre dos nodos extremos que se haya caído como producto de alguna falla de enlaces entre switches centrales por los cuales pasaba inicialmente la ruta establecida.

En el caso de los nodos extremos, éstos no requerirán también de un tendido de fibra óptica alterno dado que la protección a nivel de enlace está provista por la misma red SDH.

5.4.1 PROTECCION CONTRA FALLAS EN EL HARDWARE

Las fallas que pueden presentarse en los equipos, principalmente a nivel de switch, son externas (como la falta de energía eléctrica) o internas (como el mal funcionamiento de un equipo).

A nivel eléctrico los switches centrales o extremos deberán disponer de fuentes de poder inteligentes capaces de censar variaciones de voltaje, cambios de

temperatura y otros aspectos. Adicionalmente estos switches deberán tener módulos de fuente redundante en caso de que llegara a producirse alguna falla en las fuentes principales. También se necesitará de sistemas UPS de backup para proveer protección a los switches en caso de algún corte de energía eléctrica.

5.4.2 PROTECCION LOGICA.

Este tipo de protección debe ser tomado en cuenta ya que se podrían dar casos en los que un circuito lógico llegase a fallar por razones tales como pérdida de la señal, fallas en los equipos de transmisión, pérdida de sincronización, entre otras fallas.

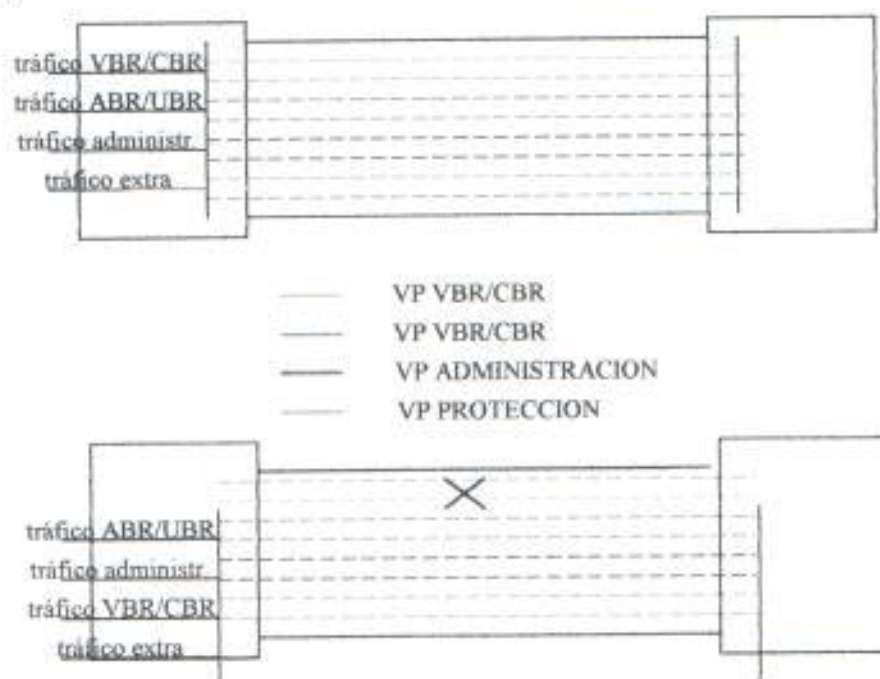


Figura 5.17 Conmutación de protección 1:3 para la red ATM pública

De las cuatro rutas virtuales permanentes que se establecerán por cada enlace dedicado entre los switches extremos y centrales, una ruta permanente virtual estará asignada para protección. Esto es, la protección a nivel lógico estará

contemplada bajo el esquema de conmutación de protección 1:3, donde las tres rutas virtuales permanentes (CBR/VBR, ABR/UBR y la de administración) están asignadas para funcionar como rutas de trabajo. Por lo tanto estas estarán permanentemente conectadas al puente (Ver figura 5.17), y en caso de que suceda alguna falla en algunas de las rutas de trabajo, el selector conmute a la ruta de protección establecida.

5.4.3 RESTAURACION CENTRALIZADA

Los switches de backbone utilizarán procedimientos de restauración centralizados. En este tipo de esquema, al ocurrir alguna falla en cualquiera de los enlaces que esté utilizando una ruta permanente establecida, esta deberá ser restaurada a través de un reenrutamiento provisto por la administración de la red.

En la figura 5.18 se observa que si se dispone de una ruta permanente establecida entre los switches centrales Urdesa y Centro, a través de la central Norte, y el enlace entre las centrales Centro y Norte llegara a fallar, los procedimientos para la restauración de la ruta, se resume en los siguientes puntos:

- Los switches Centro y Norte enviarán una señal a la administración centralizada de la red.
- La administración centralizada determina que rutas alternativas están disponibles para establecer una nueva conexión. En este caso, la administración determina llegar a la central Centro mediante el nodo Bellavista.
- La administración centralizada envía una señal a las cuatro centrales involucradas para que restablezcan la conexión.

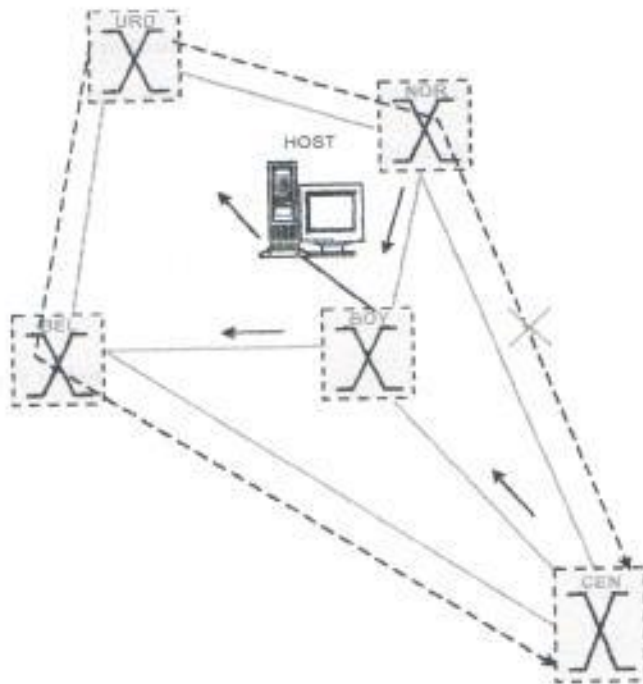


Figura 5.18 Restauración de rutas establecidas mediante la administración centralizada de la red ATM pública.

5.5 REQUERIMIENTOS DE LOS SWITCHES CENTRALES Y EXTREMOS

A continuación se describirán las características que deberán tener los switches centrales y extremos de la red ATM para Guayaquil.

5.5.1 SWITCHES CENTRALES ATM

Los switches centrales que se colocarán en las centrales: Urdesa, Bellavista, Centro, Norte y Boyacá necesitarán de poderosos requerimientos para transportar el tráfico concentrado por los nodos extremos de la red pública ATM.

Estos deberán poseer las siguientes características:

- Poseer una gran capacidad de procesamiento del orden de los 10 Gbps, que le de soporte al switch para poder manejar hasta 3 puertos como mínimo con velocidades de 622,08 Mbps. (equivalente al número máximo de enlaces STM-4 que cualquier nodo central pueda tener) , y adicionalmente varios puertos cuyas velocidades varíen desde E1/T1 hasta 155 Mbps.
- Los switches deben proveer esquemas de administración de tráfico inteligente a través de buffers inteligentes de alta capacidad, espera de cola por canal virtual, descarte de tramas, política de tráfico GRCA.
- Deben poseer administración de ancho de banda que permita prioridad elevada, retardo sensitivo al tráfico CBR/VBR para que puede atravesar la red sin verse afectado por el tráfico de ráfagas ABR/UBR.
- Debe poseer un completo rango de interfaces disponibles, tales como E1, T1, DS3, E3, STM-1 y STM-4.
- Debe poseer redundancia de fuentes de poder y permitir conexiones para sistemas de potencia UPS continuo.
- Debe soportar todos los estándares del ATM Forum, IETF e ITU (CCITT). Así, los switches deben cumplir con las especificaciones de señalización de la interface de red de usuario (UNI) v3.1, la señalización PNNI, administración de tráfico (política UPC) y administración de redes (ILMI y SNMP MIB). Adicionalmente, debe soportar Classical IP y Emulación LAN v1.0

5.5.2 SWITCHES EXTREMOS

Los switches de los nodos extremos ATM deben manejar las mismas características de los switches centrales, en cuanto a la posibilidad de manejar un

amplio rango de capacidades de calidad de servicio en videoconferencia, vídeo en demanda, entre algunas aplicaciones y la respectiva protección del hardware.

Adicionalmente, los nodos extremos deben manejar una capacidad de procesamiento mínima equivalente a 2,5 Gbps. y manejar puertos cuyas velocidades varíen desde E1/T1 hasta STM-1.

5.6 REQUERIMIENTOS DE LA FIBRA OPTICA PARA ENLACES DIRECTOS

El backbone ATM para la ciudad de Guayaquil está compuesto de cinco switches ATM y de siete enlaces de fibra entre ellos. Estos enlaces se establecerán a través de fibra óptica monomodo de 6 hilos, la que actuará como medio físico de transporte para la portadora STM-4 de 622 Mbps.

Se deberá realizar un tendido de fibra dedicado para cada enlace entre cada switch central ATM, utilizándose las rutas libres de la canalización que posee Pacifictel. En caso de falta de rutas libres entre nodos centrales se deberá realizar la ampliación física de estas rutas o buscar rutas alternas.

El objeto de establecer un tendido de fibra dedicado entre cada nodo central ATM, es el de proveer a la red de todo el ancho de banda (622 Mbps.) perteneciente a cada enlace para las aplicaciones que se correrán sobre ATM sin interferir con las aplicaciones de voz que se ejecuten paralelamente sobre la red SDH.

Se establecerán siete enlaces STM-4 con fibra monomodo entre los siguientes switches centrales:

- Boyacá-Centro.
- Boyacá-Norte.

- Boyacá-Bellavista.
- Urdesa-Bellavista.
- Urdesa-Norte.
- Centro-Norte.
- Centro-Bellavista.

En la figura 5.19 se muestra el tendido de estos tramos de fibra óptica en los enlaces mencionados.

Cada switch ATM central estará ubicado en la central que lleva su nombre al igual que los switches extremos. Además del tendido de fibra entre los siete enlaces entre los switches centrales, se establecerá un tendido de fibra de 6 hilos adicional entre el switch ATM central Urdesa y el switch ATM extremo Kennedy como medio físico de transporte para una portadora STM-1 de 155 Mbps.

ITEM	TRAMO	DISTANCIA	PORTADORA	NUM. DE FIBRAS
1	BOYACA-CENTRO	940 m	STM-4	6
2	BOYACA-NORTE	2.140 m	STM-4	6
3	BOYACA-BELLAVISTA	4.343 m	STM-4	6
4	URDESA-BELLAVISTA	2.330 m	STM-4	6
5	URDESA-NORTE	3.086 m	STM-4	6
6	CENTRO-NORTE	3.080 m	STM-4	6
7	CENTRO BELLAVISTA	5.284 m	STM-4	6
8	URDESA-KENNEDY	3.700 m	STM-1	6

Tabla 5.9 Enlaces en los que se tendrá que establecer un tendido de fibra dedicado para la red ATM de Guayaquil.

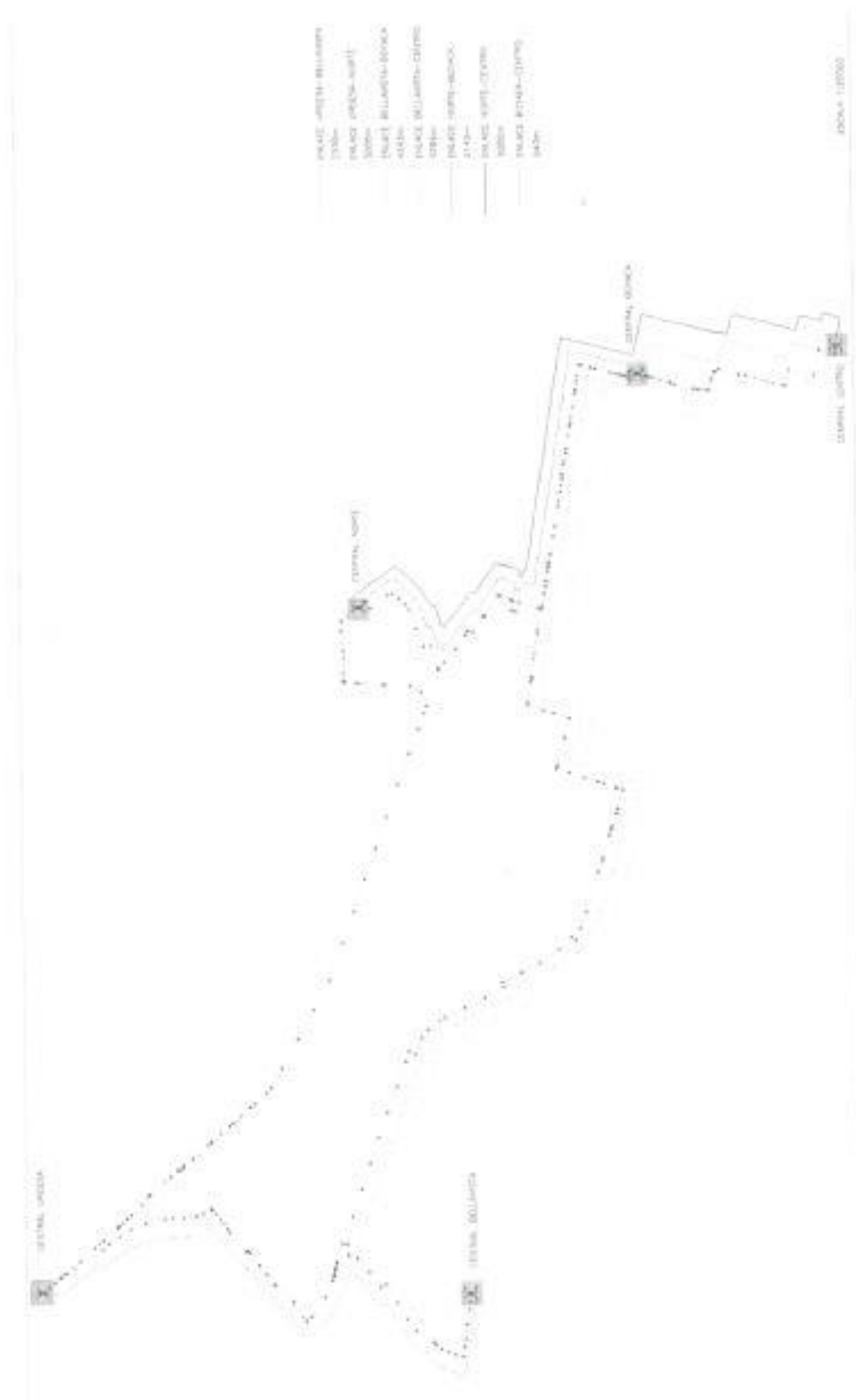


Figura 5.19 Tendido de fibra óptica entre nodos centrales

5.6.1 CARACTERISTICAS DE LA FIBRA OPTICA

Para los enlaces entre dos nodos centrales se eligió la portadora STM-4 que trabaja a 622,08 Mbps. El ATM Forum brinda las especificaciones de capa física para la interface de 622,08 Mbps. Se han definido tres tipos de fibra para la interface de 622,08 Mbps, dependiendo del tipo de enlace requerido. Para el caso específico de los enlaces entre los switches centrales se establece una interface NNI privada, la cual puede usar tanto fibra monomodo o fibra multimodo. Para el caso del backbone ATM para Guayaquil se utilizará fibra monomodo por sus características de baja dispersión que permite ofrecer mayor alcance de longitud.

5.6.2 INTERFACE PARA FIBRA MONOMODO

La interface para fibra monomodo se especifica en la recomendación G.957 y en la recomendación T1.646. Se usará una interface de alcance intermedio que tiene longitudes de enlaces de hasta 15 Km. Se asegura una apropiada ejecutabilidad del sistema tomando en cuenta la atenuación, la reflexión, y las características de dispersión de la ruta óptica.

Rango de atenuación: La interface de alcance intermedio tiene un rango de atenuación de 0 a 12 dB. La interface de alcance corto posee un rango de atenuación entre 0 a 7 dB. Estos rangos son coherentes con G.957 y T1.646. Estos valores se pueden asumir como los peores casos en pérdidas por empalmes, conectores, atenuadores ópticos (Si los hay) u otros dispositivos ópticos pasivos o márgenes adicionales de cable para cubrir puntos como:

1. Futuras modificaciones de la configuración del cable (Empalmes adicionales o incrementos en la longitud del cable).
2. Variaciones en el comportamiento del cable debido a factores ambientales.
3. Degradación de algún conector, atenuadores ópticos (Si los hay) u otros dispositivos pasivos.

Dispersión: En los sistemas de alcance intermedio que operaran con un rango de longitud de onda entre los 1.293 a 1.334 nm., deberán tener una dispersión máxima de 46 ps/nm. Una configuración opcional para esta interface que opere entre un rango de longitud de onda entre los 1.274 a los 1.356 nm. deberá tener una dispersión máxima de 74 ps/nm. En los sistemas de alcance corto deberán tener una dispersión máxima de 13 ps/nm. Estos rangos son coherentes con las recomendaciones G.957 y T1.646.

Las características de transmisión y recepción para los sistemas de alcance intermedio y corto se definen en las recomendaciones T1.646 y G.957. Los parámetros para la interface de fibra monomodo contenidos en las recomendaciones G.957 y T1.646, se resumen en la tabla 5.10.

Parámetro	Alcance intermedio	Unidades
Características de transmisión		
Longitud de onda (Ver nota 1)	1.293-1.334 (1.274-1.356)	Nm.
Ancho de banda espectral:		
Ancho RMS máximo	4(2.5)	Nm.
Energía media lanzada	-15 a -8	DBm.
Relación de extinción mínima	8.2	DB.
Características de recepción		
Sensibilidad mínima	-28	DBm.
Sobrecarga mínima	-8	DBm.
Penalidad de potencia de trayectoria óptica (Nota 2)	1	DB.

Nota 1: Los valores en paréntesis para el rango de longitud de onda, ancho espectral y dispersión, corresponden a una configuración opcional operando en una longitud de onda referenciada en el rango de 1.274 a 1.356 nm.

Nota 2: Se asume que la interface de alcance intermedio tiene un máximo de dispersión 46(74) ps/nm.

Tabla 5.10 Parámetros ópticos para la interface de fibra monomodo de 622,08 Mbps.

5.7 ANALISIS DE COSTOS, CRONOGRAMA DE INSTALACION

La implementación de la red pública ATM para la Ciudad de Guayaquil permitirá el desarrollo de servicios de valor agregado variados. Esto generará un aumento en el número de empresas que desean dar dicho servicio e igualmente un incremento en las empresas interesadas en recibirlo. Sin embargo el costo del servicio se verá influenciado en gran parte por la inversión inicial del proyecto. Un análisis detallado nos muestra lo cuantioso de la inversión inicial para este tipo de tecnología; sin embargo la tendencia de los fabricantes de equipos ATM es la de disminuir los precios para ser más competitivos en el mercado, teniéndose la expectativa de que en algún momento este tipo de implementaciones se vuelva muy rentable para las empresas.

Los resultados que se obtuvieron del análisis económico (Tabla 5.11), muestra en términos generales el costo económico que representaría la implementación de una red pública ATM en Guayaquil. El costo del tendido de fibra óptica no sólo cubre la instalación de la fibra, sino que encierra otros detalles representativos como empalmes, materiales varios, verificación y alambrado de vías, etc. El precio de los switches (Backbone y periféricos) es un promedio de los precios de diferentes tipos de equipos ATM que el mercado norteamericano ofrece en la actualidad. Estos valores se verán forzados a disminuir con el tiempo, a la vez que las características de los equipos mejorarán para adaptarse a las tendencias tecnológicas. Existen otros valores que hay que considerar, pero se ha tratado de compensarlos en un solo rubro que constituye el 10% del Subtotal.

El costo estimado para la implementación de la Red Pública ATM fue de \$ 1'162.455,184 U.S (Un millón ciento sesenta y dos mil cuatrocientos cincuenta y cinco dólares con ciento ochenta y cuatro centavos de dólares). Este valor refleja en cierta medida que la complejidad en la implementación de esta red no sólo es de índole técnico, sino también de tipo económico.

Detalle	Cantidad	Precio estimado (U.S)	Total (U.S)
Tendido de Fibra Óptica	25.981 (m)	1,00	25.981,00
Total Fibra Óptica	25.981 (m)	8,00	207.848,00
Instalación y pruebas de la fibra entre los puntos finales	9 enlaces	363,16	3.268,44
Accesorios de Cableado Estructurado (Rack de comunicaciones, Paneles de Fibra, etc)	12 Grupos de Accesorios	1.390,00	16.680,00
Switch de Backbone	5	90.000,00	450.000,00
Switch Periferico	7	48.000,00	336.000,00
Software de Administración de la Red	1	17.000,00	17.000,00
Subtotal			1'056.777,44
Instalación y configuración de equipos, mano de obra, varios.	1	10% del Subtotal	105.677,74
Total			1'162.455,18

Tabla 5.11 Detalle de los rubros y costos para la implementación de la red ATM

Este análisis está acompañado por el correspondiente cronograma de trabajos de instalación, en donde se detallan las etapas que darán forma a esta red. El tiempo estimado del proyecto es de alrededor de dos meses, tomando como referencia el mes de Julio del año en curso. Este tiempo es tentativo dado que diversos factores podrían retrasar las obras (Días no trabajados por condiciones climáticas, huelgas, etc.)

Entre las etapas más representativas de este cronograma de instalación tenemos: verificación y alambrado de vías, instalación de las fibras ópticas a los diferentes enlaces, instalación de equipos a las centrales, pruebas y verificaciones técnicas de las características de la fibra, conexión de los switches con los equipos SDH (De

la futura red SDH de Guayaquil), pruebas de funcionamiento de la red ATM. Cada uno de los rubros se los realizará mediante grupos de trabajos denominados: Supervisión, instalación 1, instalación 2, tecnología, instalación 3, sistemas y tecnología, los cuales tendrán a su cargo cumplir con las tareas que se indican en el siguiente diagrama de Gantt.

		julio		agosto		septiembre	
Id	Nombre de tarea	Duración	Gantt chart showing task progress from July to September				
1	Inspección de las Centrales donde se ubicarán los Switch de Backbone y Periféricos.	3d	06/07	06/07			
2	Verificación y alarizado de vías para el tendido de las fibras ópticas.	13d	06/07	06/07	Instalación 1	Instalación 2	
3	Tendido de Fibra óptica Urdessa - Bellavista (2330 m).	3d	21/07	21/07	Instalación 1		
4	Tendido de Fibra óptica Urdessa - Norte (3086 m).	4d	24/07	24/07	Instalación 1		
5	Tendido de Fibra óptica Bellavista - Boyacá (4343 m).	5d	30/07	30/07	Instalación 1		
6	Tendido de Fibra óptica Bellavista - Centro (5264 m).	6d	23/07	23/07	Instalación 2		
7	Tendido de Fibra óptica Norte - Boyacá (2140 m).	3d	31/07	31/07	Instalación 2		
8	Tendido de Fibra óptica Norte - Centro (3080 m).	3d	04/08	04/08	Instalación 2		
9	Tendido de Fibra óptica Boyacá - Centro (940 m).	1d	07/08	07/08	Instalación 2		
10	Tendido de Fibra óptica Urdessa - Kennedy (3700 m).	4d	05/08	05/08	Instalación 1		

Id	Nombre de tarea	Duración	julio	agosto	septiembre
11	Tendido de Fibra óptica Boyacá - Peñas (1078 m)	2d		08/08 Instalación 2	
12	Pruebas de las características de la fibra tendida (atenuación, retardo, ancho de banda, etc). Corrección de errores en la instalación.	3d		12/08 Instalación 1 Instalación 2	
13	Instalación de Switch de Backbone Central Undasa.	1d		11/08 Tecnología	
14	Instalación de Switch de Backbone Central Boyacá.	1d		12/08 Tecnología	
15	Instalación de Switch de Backbone Central Norte.	1d		13/08 Tecnología	
16	Instalación de Switch de Backbone Central Bellavista.	1d		14/08 Tecnología	
17	Instalación de Switch de Backbone Central Centro.	1d		15/08 Tecnología	
18	Instalación de las fibras ópticas con los Switch de Backbone.	3d		18/08 Tecnología	
19	Instalación de fibra óptica desde la Central Boyacá hasta la Oficina de Administración de la Red ATM.	4d	30/07	Instalación 3	
20	Instalación y configuración de equipos de monitoreo y software de Control en la Oficina de Administración.	2d		04/08 Tecnología - Sistemas	

			agosto	septiembre
Id	Nombre de tarea	Duración	julio	
31	Instalación de los Switches Periféricos con los equipos SDH Central Sur.	1d		21/08 Tecnología
32	Instalación de los Switches Periféricos con los equipos SDH Central Puerto Nuevo.	1d		22/08 Tecnología
33	Instalación de la fibra óptica con el Switch Periférico Central Kennedy.	1d		24/08 Tecnología
34	Instalación del Switch Periférico Central Kennedy.	1d		24/08 Tecnología
35	Pruebas de funcionamiento de los Switch de Backbone y Periféricos con los equipos SDH.	2d		29/08 Sistemas
36	Configuración de las rutas virtuales permanentes y de respaldo entre los diferentes enlaces. Determinación de los servicios de red.	2d		01/09 Sistemas
37	Configuración de las direcciones ATM en los Switch. Asignación del ancho de banda a los diferentes circuitos virtuales permanentes.	2d		01/09 Sistemas
38	Prueba de la red ATM. Transferencia de datos desde un Switch Periférico hacia un Switch Periférico final, a través del Backbone.	3d		03/09 Sistemas
39	Monitoreo y análisis de las pruebas realizadas en la red tomadas desde la Oficina de Administración.	3d		07/09 Sistemas

5.8 TARIFACION DE LOS SERVICIOS DE LA RED PUBLICA ATM DE GUAYAQUIL

La empresa que asuma el reto de implementar la red pública ATM, no sólo deberá analizar los detalles concernientes a la inversión de la obra, sino que también deberá definir ciertos parámetros de calidad tales como los tipos de servicios que brindará y principalmente el tarifaje de los mismos de acuerdo a una política de asignación de recursos a los futuros usuarios. Esta etapa del diseño es crítica, ya que el valor de la tarifa debe representar la inversión inicial, la calidad del servicio, la variedad de aplicaciones y al mismo tiempo ser un valor que represente una alternativa atractiva para las empresas que requieren el servicio de transmisión de datos. En nuestro medio no existe un ente regulador de servicios de la calidad de ATM, así que la referencia de los valores de tarifación se los deberá tomar de ejemplos de otros países en los que este tipo de tecnologías ya es una realidad.

El proceso de tarifación de un usuario no está limitado al simple hecho de cobrarle por comunicarlo con otro punto, sino que existen otros parámetros que influyen, tales como el uso de los recursos de la red lo cual es muy importante para el administrador, ya que el debe asegurarse de proporcionar a los demás usuarios con la calidad de servicio que requieren para sus correspondientes aplicaciones. Al igual que en los sistemas telefónicos, los recursos de una red ATM se verán mermados a las denominadas horas picos por el exceso de tráfico que debe manejar, razón por la cual los equipos son más propensos a fallas; así, los administradores buscan mecanismos económicos para proteger su inversión contra posibles colapsos por exceso de información. Otros parámetros que rigen la tarifación son: la distancia a los nodos más cercanos, parámetros de servicio (SCR, PCR, etc), instalación del servicio, etc.

SERVICIO	COSTOS	PARÁMETROS	VALOR (U.S)
CBR			
Permanente PVC	Inicial	Instalación	450
	Mensual	Velocidad de acceso	1250
		Distancia al próximo switch	\$ 3 / Km
		Parámetro PCR	70
Conmutado SVC	Inicial	Instalación	400
	Mensual	Velocidad de acceso	500
		Distancia al próximo switch	\$ 3 / Km
		Por uso	Conexión dependiendo la hora
		Duración de la conexión	50
		Parámetro PCR	70
rt - VBR			
Permanente PVC	Inicial	Instalación	1200
	Mensual 1	Velocidad de acceso	3000
		Distancia al próximo switch	\$ 5 / Km
		Parámetro SCR	80
	Mensual 2	Velocidad de acceso	3000
		Distancia al próximo switch	\$ 5 / Km
		Volumen de información	50
Conmutado SVC	Inicial	Instalación	700
	Mensual	Velocidad de acceso	1500
		Distancia al próximo switch	\$ 5 / Km
	Por uso 1	Conexión dependiendo la hora	70
		Duración de la conexión	500
		Parámetro SCR	80
	Por uso 2	Conexión dependiendo la hora	70
		Duración de la conexión	500
		Volumen de información	50
	nrt - VBR		
El esquema es similar al nrt - VBR. Los costos de uso para este tipo de servicio dependen solamente del volumen de información inyectado. El tráfico nrt - VBR será menor al tráfico rt - VBR ya que usa menos requerimientos de calidad de servicio QoS (en tolerancia de retardo de celda)			
UBR			
Tiene igual estructura de tarificación que rt / nrt - VBR. La única diferencia es que el parámetro usado es PCR. Ya que no hay calidad de servicio garantizada, este servicio debe ser mucho más barato que nrt - VBR.			
ABR			
Igual estructura que rt / nrt - VBR. La diferencia es que usa los parámetros MCR y PCR ya que mantiene cierta garantía de calidad de servicio. La tarificación de este servicio estará entre UBR y nrt - VBR.			

Tabla 5.12 Estructura de tarificación con precios de servicios ATM

Los precios de los servicios que se muestran en la tabla 5.12 están referenciados a una tasa de transmisión de 1Mbps. y a parámetros de servicio apropiados para la transmisión de datos. Estos valores deben ser modificados para adaptarlos a la realidad de nuestro medio para los correspondientes cálculos de ingreso y flujos de cajas, y así poder estimar el tiempo de recuperación del capital invertido.

Se puede notar que el costo mensual para el servicio de VBR tiene dos formas, el uno referenciado al parámetro SCR y el otro en función del volumen de información inyectada a la red.

Actualmente Pacifictel S.A. emitió un listado con los nuevos precios de los servicios de transmisión de datos, los cuales servirían de referencia para estimar los valores de cada uno de los servicios de los que dispone ATM.

CAPITULO 6

APLICACIONES DE LA RED ATM PUBLICA PARA GUAYAQUIL

6.1 MULTIMEDIA

La técnica de multimedia transporta voz, video, gráficos por la red en forma de archivos que exigen un considerable espacio en el disco duro para almacenarlos y que requieren un gran ancho de banda durante la transmisión.

Cuando se habla de tráfico de red generado por multimedia, es importante hacer la distinción entre los requisitos de multimedia de almacenamiento, reenvío y de tiempo real. Por ejemplo, un usuario podría unir una grabación de voz o un video a un mensaje de correo electrónico, para enviárselo a otro usuario. No es esencial una velocidad de transmisión alta, puesto que se transmite un mensaje que no requiere una distribución inmediata. El video en tiempo real, sin embargo, debe tener un ancho de banda dedicado durante la transmisión y una velocidad de transmisión alta para asegurar que los paquetes lleguen en forma razonable. Si no hay suficiente ancho de banda, se pierden, lo que produce un efecto de agitación que la mayoría de las personas encuentran molestas. La prioridad del tráfico de video en tiempo real puede asegurar que tiene un ancho de banda suficiente en la señal disponible para asegurar una distribución de calidad.

6.2 CRITERIOS DE DISEÑO PARA UNA RED MULTIMEDIA

Para diseñar una red que transporte tráfico de multimedia hay que considerar ciertos criterios que permitirán el buen funcionamiento de la misma, estos criterios se deben analizar y aplicar según los requerimientos del usuario como el ancho de banda, capacidad de almacenamiento y otros puntos que se detallan a continuación :

- Multimedia entrará en pocos años dentro de organizaciones como universidades, hospitales, bancos, etc., en las que la comunicación con sus clientes o sucursales sea en grandes volúmenes. Puesto que las **aplicaciones de multimedia ahora se incluyen en muchos sistemas operativos conocidos** por sus usuarios a nivel mundial como OS/2, Windows, etc., serán muy sencillos de utilizar .
- Los usuarios de multimedia tendrán que ser provistos de tarjetas de sonido, tarjetas de video, cámaras y otros accesorios de multimedia además paquetes gráficos y correo electrónico económico. **Los requisitos de disco y el uso de ancho de banda aumentará.**
- La **compresión** debe formar parte de cualquier plan de multimedia. Con la llegada de multimedia y videoconferencia, los sistemas de compresión altamente eficientes se han convertido en fundamentales. Una imagen de un gráfico en color típica puede consumir 2 o más megabytes de espacio de disco, dependiendo de la resolución y un único segundo de grabación de video en movimiento requiere alrededor de 10 megabytes. Afortunadamente, la mayoría de imágenes multimedia pueden utilizar la técnica de compresión con pérdidas. En la compresión de imágenes, cada fotograma consiste en una matriz de píxeles que debe reducirse mediante la eliminación de información redundante. La compresión de imágenes se realiza normalmente mediante circuitos integrados especiales más que a través de software, mucho más lento. Existen numerosas normas de compresión en la manipulación de información multimedia, a continuación se describe el más utilizado: **MPEG (Motion Picture Experts Group)**. MPEG desarrolla numerosas normas de compresión de imágenes que definen el formato, la proporción de datos y técnicas de compresión para su utilización internacional. La especificación MPEG-1 define imagen y sonido y, la forma de acceso a video en movimiento

almacenado en disco a una velocidad de 1,5 a 2 Mbps. En resumen la compresión reduce el espacio del disco y los requisitos del ancho de banda. Se puede efectuar por software pero actualmente hay tarjetas que realizan compresión y descompresión rápidas.

- Se necesitan **servidores de vídeo y multimedia** para realizar un cierto número de tareas, como compresión y almacenamiento de archivos de vídeo (Películas de entretenimiento por ejemplo), gestión de videoconferencia y secuencias de eventos de multimedia.
- Uno de los factores que determinan el ancho de banda es el formato de vídeo, el formato define el número de píxeles por imagen tanto a lo ancho como a lo alto como también hay que considerar que el vídeo libre de parpadeos requiere una **velocidad de distribución de 30 imágenes por segundo** (0 cuadros por segundo). Con compresión, es posible en redes de alta velocidad, pero en redes de baja velocidad es necesario suprimir imágenes. La velocidad de imagen mínima aceptable es de 10 a 15 cuadros por segundo. El ancho de banda de un canal de comunicaciones define la velocidad de intercambio de información entre dos sistemas de datos o la capacidad de la línea. La capacidad o el rendimiento de un canal es la velocidad de transferencia en bits por segundos que soporta el canal. Las velocidades de transferencia de datos miden la cantidad de información digital que se puede transmitir a través de un canal por segundo.

En la Tabla 6.1 y 6.2 se detallan las necesidades de ancho de banda de diversas aplicaciones y enlaces.

Las técnicas de compresión pueden aumentar algunas velocidades. Por ejemplo, las de los modems se han estimulado por encima de 1 Mbps. en algunas

investigaciones, no obstante estas velocidades no son posibles con la utilización de los puertos serie existente en la mayoría de las computadoras.

Aplicación	Velocidad
Comunicaciones personales	300 a 9.600 bps.
Transmisión de correo electrónico	2400 a 9.600 bps.
Llamadas telefónicas digitalizadas	64.000 bps.
Consultas de textos a bases de datos	1 a 10 Mbps.
Sonido digital	1 a 2 Mbps.
Acceso a imágenes	1 a 8 Mbps.
Compresión de vídeo	2 a 10 Mbps.
Procesamiento de imágenes para documentos	10 a 100 Mbps.
Procesamiento de imágenes científicas	Hasta 1 Gbps.
Vídeo de movimiento complemento	1 a 2 Gbps.

Tabla 6.1 Necesidades de ancho de banda de diversas aplicaciones.

Con el diseño de una red pública ATM en Guayaquil, las empresas podrían comunicarse utilizando multimedia ya que ATM proporciona el servicio Isócrono.

Un servicio isócrono fundamentalmente garantiza un cierto ancho de banda dentro de un canal de comunicaciones en una red de datos. Es necesario para la distribución de servicios en tiempo real, como voz y vídeo, en los cuales el retardo en el envío del paquete es intolerable. Los servicios isócronos proporcionan transmisión de vídeo y voz sincronizadas en tiempo real. Las redes que tienen paquetes de longitud variable no pueden proporcionar de forma eficiente servicios isócronos, a menos que utilice un método por prioridades para dedicar parte del ancho de banda al tráfico de vídeo. ATM ofrece servicios isócronos debido a que

sus celdas tienen un mismo tamaño. Por ejemplo, dedicando una cada tres celdas de un flujo de datos, se puede garantizar una distribución precisa y oportuna.

Un servicio isócrono reserva o pre-asigna un ancho de banda a un canal de comunicaciones, se utilice o no.

Tipo	Velocidad
Conexión de enlace telefónico	1.200 a 28.800 bps modem
Transferencia de archivos por puerto serie	2.000 bps.
Enlace digital de Fraccional T1 a WAN	64.000 bps.
Puerto paralelo	300.000 bps.
Enlace digital T1 a WAN	1,544 Mbps.
LANs de anillo con testigo o Token Ring	4 a 16 Mbps.
LANs de Ethernet	10 a 100 Mbps.
Enlace digital de T3 a WAN	44,184 Mbps.
Interface de datos distribuidos por fibra (FDDI, Fiber Distributed Data Interface)	100 Mbps.
Red óptica síncrona (SONET, Synchronous Optical Network)	51,9 Mbps. a 2,5 Gbps.
Jerarquía digital síncrona (SDH, Synchronous Digital Hierarchy)	155 Mbps. a 2,5 Gbps.

Tabla 6.2 Ancho de banda para diferentes tipos de enlaces

6.3 VIDEOCONFERENCIA Y VIDEO EN COMPUTADORAS PERSONALES

Las aplicaciones de video adquieren hoy en día mucha importancia en el entorno de las redes. Las aplicaciones de computadoras personales implementan

multimedia y vídeo en formas nuevas para ayudar a los usuarios de la red a comunicarse y compartir información.

La videoconferencia proporciona un modo para que la gente en lugares remotos se encuentre sin necesidad de viajar. En el entorno de las redes, la videoconferencia puede hacer algo más aparte de permitir que la gente se mire. La pantalla de vídeo puede tener múltiples ventanas que enfocadas sobre aplicaciones de computadoras permiten a los usuarios la visualización de dibujos, esquemas, hojas de cálculo y otras informaciones compartidas, mientras se ven y escuchan unos a otros. Estos sistemas de videoconferencia integran información basada en computadoras con vídeo en directo y la transportan sobre conexiones de red de área local o extensa.

Hay tres métodos para la distribución de vídeo en el entorno de las redes:

- El **vídeo pregrabado**, como segmentos educativos, enseñanza basada en computadoras y correo de video-clips, que se almacenan en un servidor de vídeo y pueden distribuirse sobre la red a un usuario en cualquier momento en que lo solicite. El vídeo pregrabado, como boletines de compañía, declaraciones, encuentros interesantes y otra información de interés periodístico, se difunde a muchos usuarios en tiempos planificados o cuando un grupo de usuarios los piden.
- El **vídeo en directo** se difunde en un formato de un solo sentido a muchos usuarios sobre la red con poca interacción.
- Las técnicas de **videoconferencia** implican la difusión en directo, vídeo interactivo en los dos sentidos entre usuarios. Esta opción es sensible al tiempo y exige un sistema de distribución que transmita volúmenes grandes de datos en el tiempo.

Esas tres aplicaciones se pueden clasificar en los sistemas de distribución locales y los de videoconferencia. En el entorno local, los gestores necesitan asegurarse de que las transmisión de video no bloqueen el ancho de banda de la red.

6.3.1 SISTEMAS DE DISTRIBUCION DE VIDEO LOCAL

Típicamente el video en los entornos LAN consta de servidores multimedia que almacenan archivos de video, audio y gráficos. El software de compresión o tarjetas de compresión especiales ayudan a reducir el tamaño de esos archivos. Los sistemas finales de usuario ejecutan el software para pedir y mostrar video desde el servidor. Un sistema completo de grabación y reproducción de video usa cámaras de video, micrófonos y altavoces en los sistemas finales de usuarios.

En el entorno de redes LAN, la diferencia entre el video pregrabado y el video en directo es significativa. Los retardos de distribución no son un factor de importancia para que los usuarios espectadores de video pregrabado como boletines periodísticos o correo electrónico con imágenes grabadas. Por el contrario, la videoconferencia en directo requiere suficiente ancho de banda para la distribución de video a todos los usuarios a la vez, sin pérdidas de paquetes.

Para la videoconferencia en computadoras personales en entorno de redes LAN se estructuran redes de alta velocidad como Ethernet rápida de 100 Mbps. o redes de tecnología ATM que es la norma de red que se impone para acomodar aplicaciones de multimedia tales como video pregrabado, video en directo y video interactivo como la videoconferencia. Sus altas velocidades de transferencia de datos y sus celdas de tamaño fijo proporcionan servicios de distribución de datos predecibles que son ideales para video en tiempo real.

6.4 APLICACIONES EN LA ESPOL

La red ATM pública para Guayaquil permitirá la transmisión de diversas aplicaciones de multimedia. La Escuela Superior Politécnica del Litoral podría utilizar los recursos de esta red para correr aplicaciones tales como: Videoconferencia o interconexión de LANs.

Se deben cumplir ciertos requerimientos para poder utilizar cualquiera de las aplicaciones mencionadas anteriormente, en una transmisión a efectuar entre los campus Prosperina y Peñas de la ESPOL a través de la red pública ATM para Guayaquil. La ESPOL Peñas o Prosperina deberían conectarse al punto de acceso de la red ATM pública más cercano, mediante un enlace dedicado.

6.4.1 CONEXION DEL CAMPUS PEÑAS CON LA RED ATM PUBLICA

Se deben considerar los siguientes aspectos para la conexión del campus Peñas a la red ATM pública:

Tendido de fibra óptica

Para el caso de la conexión de la ESPOL PEÑAS, el punto de acceso más cercano es el nodo central Boyacá. La distancia del tendido de fibra óptica entre estos puntos es de 1.230 metros. En la Figura 6.1 se puede observar el tendido de fibra óptica de 6 hilos a través de una ruta de canalización de EMETEL escogida para realizar este trabajo. Los requerimientos de la interface de 155 Mbps. deberán estar de acuerdo a las características de capa física para la velocidad STM-1 que utiliza fibra multimodo (menor a 2 km.) especificada por el ATM Forum en su documento de interface UNI Versión 3.1. Ver capítulo 2.6.2 para una mayor referencia de las características necesitadas para la utilización de esta interface.

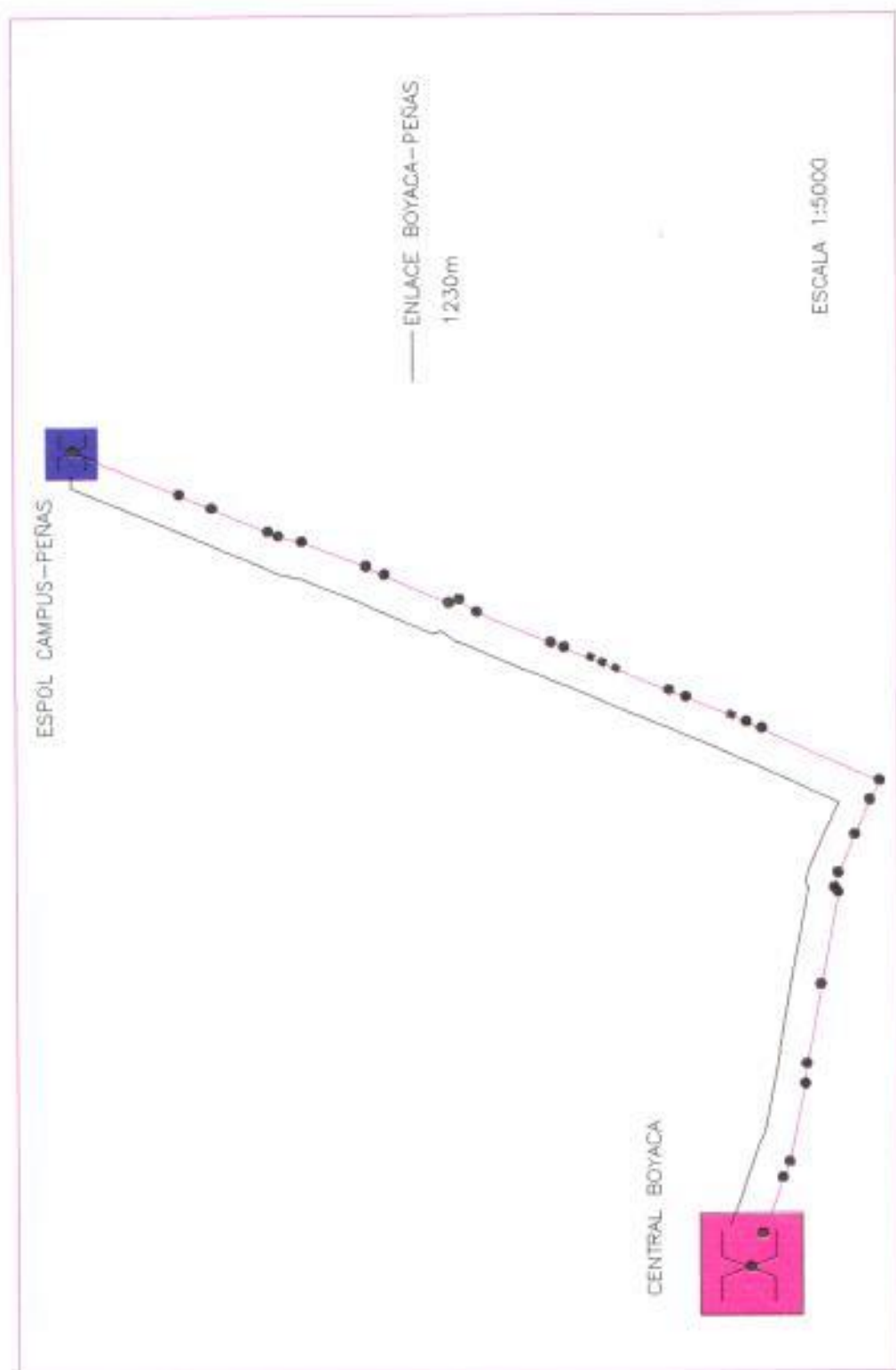


Figura 6.1 Tendido de Fibra óptica enlace Central Boyaca- Espol Peñas.

Instalación de switch de grupo de trabajo en ESPOL PEÑAS

Se debe colocar un switch de grupo de trabajo que permita la conexión de las diferentes redes LAN que estén funcionando en el campus PEÑAS. Este switch deberá poseer amplias capacidades de calidad de servicio, las cuales no están disponibles en las diferentes tecnologías de redes LAN, que permitan correr aplicaciones tales como videoconferencia o interconexión de LAN remotas. Entre las características principales que debe tener el switch se encuentran las siguientes:

- Poseer características de conmutación de no bloqueo a 2,5 Gbps.
- Disposición de un número considerado de puertos para permitir conexiones a diferentes grupos de trabajo. Estos puertos deben manejar velocidades de hasta 155 Mbps.

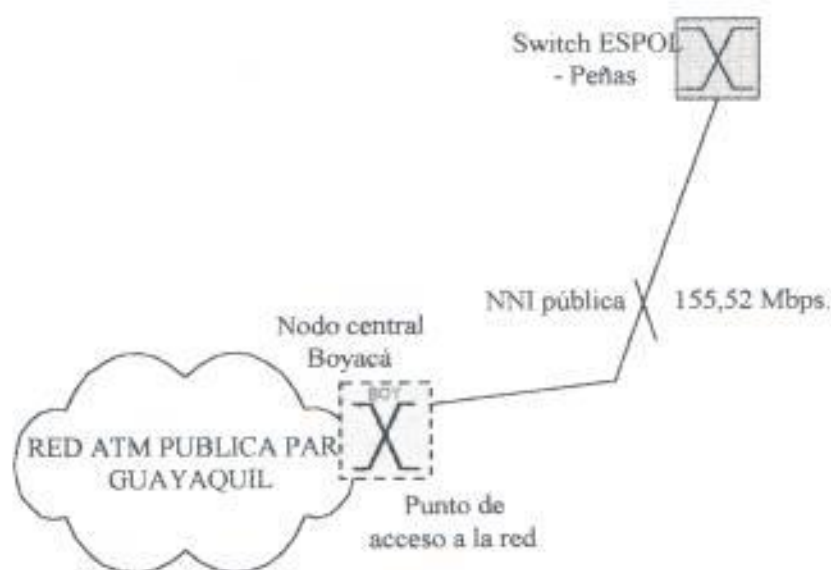


Figura 6.2 *Conexión del campus PEÑAS a la red ATM pública a través de una interface NNI pública a 155,52 Mbps*

- Poseer características de networking que cumpla con los estándares: Interface de red de usuario (UNI versión 3.1). Soporte para classical IP y emulación LAN Ethernet.
- Administración de ancho de banda en base a diferentes niveles de prioridad, buffers de salida asignado dinámicamente

Uno de los puertos del switch deberá ser configurado para trabajar a 155 Mbps. a través de una interface NNI pública, que es el que estará conectado al nodo central Boyacá de la red ATM pública para Guayaquil (Ver figura 6.2)

6.4.2 CONEXION DEL CAMPUS PROSPERINA CON LA RED ATM PUBLICA

El campus PROSPERINA de la ESPOL tiene una red ATM privada (ver capítulo 3) la cual podría conectarse a la red ATM pública tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

Tendido de fibra óptica

El punto de acceso a la red ATM pública más cercano lo constituye el nodo extremo Ceibos. El campus PROSPERINA ya dispone de un enlace de fibra óptica dedicado con esta central, el cual es utilizado para proveer el servicio de voz. Se deberá entonces, realizar un tendido de fibra adicional de 6 hilos entre la central Ceibos y el campus PROSPERINA de 5.409 metros. Dada la distancia involucrada será necesario utilizar la interface de 155 Mbps. monomodo de corto alcance descrita en el capítulo 2.6.2 que será la que soporte la transmisión a esa distancia.

Adaptación de la red ATM privada ESPOL

La red privada ATM de la ESPOL tendrá que configurar uno de los puertos disponibles de 155 Mbps. de cualquier switch de su backbone central como una interface NNI. Este puerto será el que se conectará a la red ATM pública a través del tendido de fibra óptica.

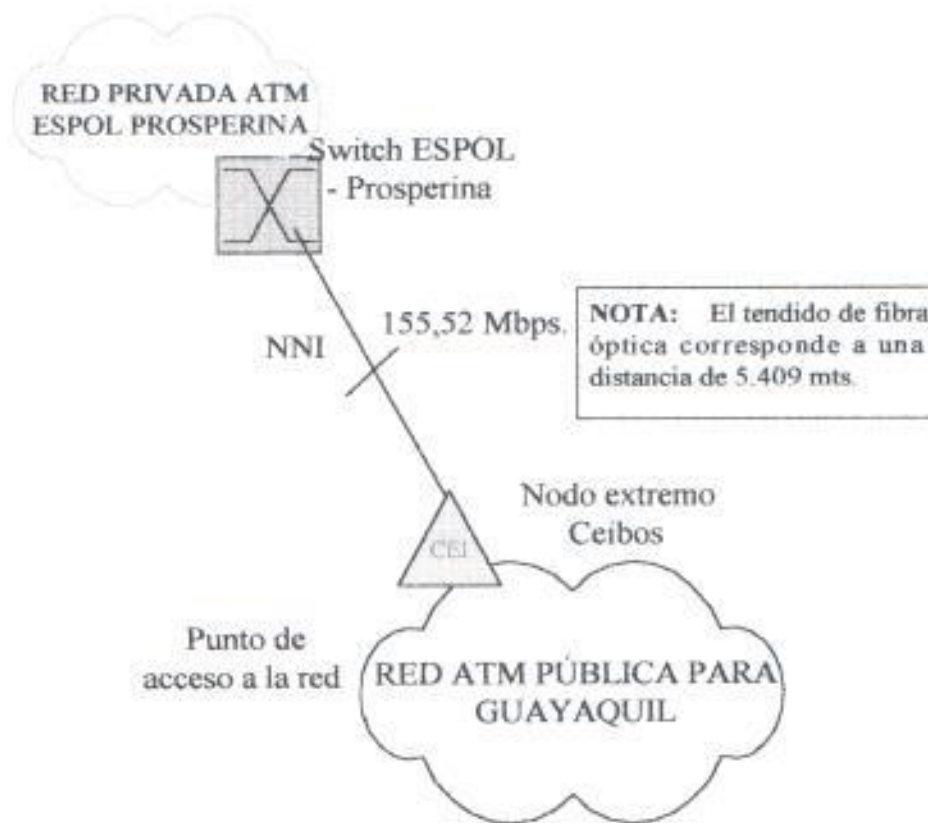


Figura 6.3 Conexión del campus PROSPERINA a la red ATM pública a través de una interface UNI pública a 155.52 Mbps.

Actualmente la red ATM de la ESPOL sólo soporta una categoría de servicio de ancho de banda reservado, la cual con los módulos actuales de los que disponen los switches ATM de la ESPOL no soportarían aplicaciones de multimedia. Por lo tanto sería necesario incluir módulos con soporte para diferentes calidades de

servicio (CBR, VBR, ABR, UBR) que permitan correr aplicaciones tales como videoconferencia.

En la siguiente figura 6.3 se observa como quedaría la configuración del enlace entre la red pública ATM y la red privada ATM ESPOL de la PROSPERINA.

6.4.3 VIDEOCONFERENCIA INTERCAMPUS

El diseño de la red ATM pública para Guayaquil permitiría correr la aplicación de videoconferencia entre el Campus Prosperina y el Campus Peñas de la ESPOL.

6.4.3.1 REQUERIMIENTOS DE REDES Y ANCHO DE BANDA

Para el diseño de esta aplicación se deben considerar los puntos mostrados en la Tabla 6.3:

Tipo de Servicio	Categoría De Servicio	Rango del Ancho de Banda	CBR/VBR	Tolerancia de pérdida de celda	Tolerancia de retardo de celda
Video	Videoconferencia	128 Kbps.- 14 Mbps.	CBR/ VBR	10^{-9}	150-350 ms.

Tabla 6.3 Características de tráfico para una aplicación de videoconferencia.

Para tener la capacidad de correr diferentes tipos de aplicaciones dentro del entorno de la ESPOL, será necesario la adaptación de equipos adicionales a los que ya se encuentran en operación dentro de esta red.

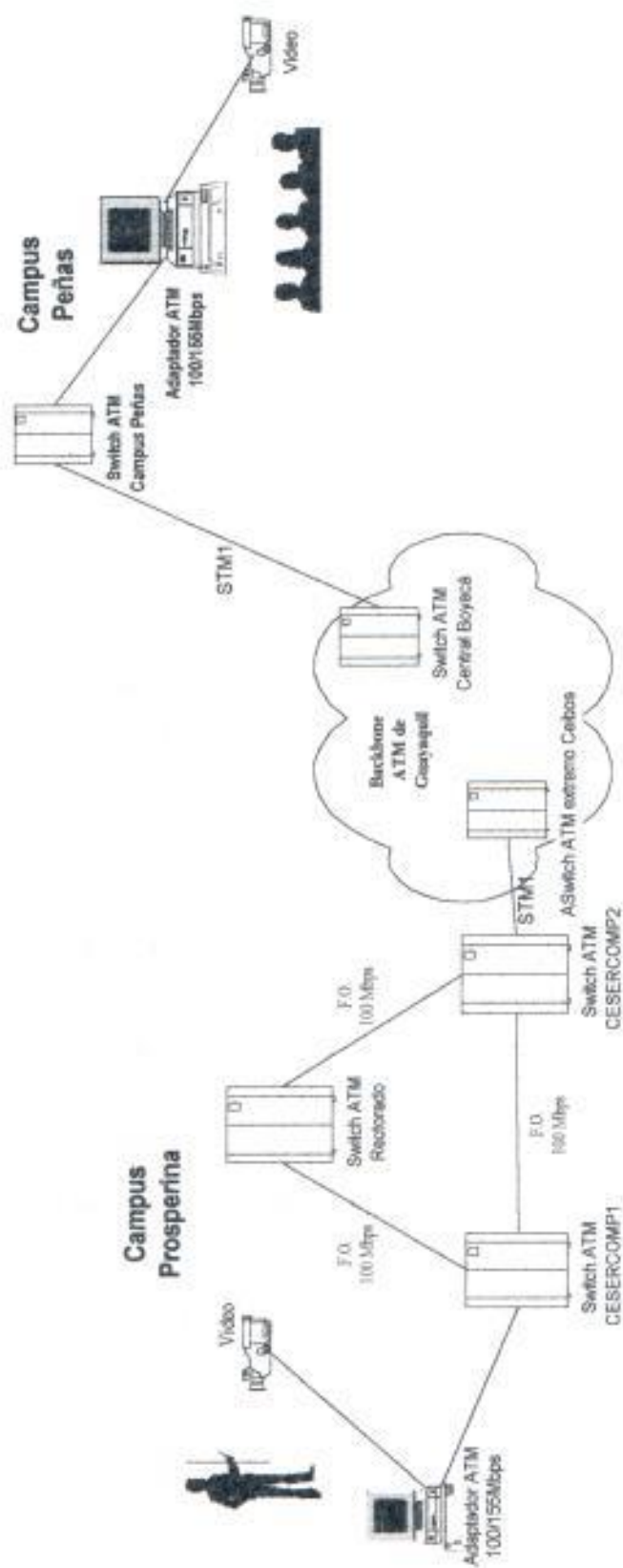


Figura 6.4 Videoconferencia entre el Campus Prosperina utilizando la red pública ATM de Guayaquil

Actualmente en la ESPOL existen redes de área local (LAN) Ethernets que no están diseñadas para aplicaciones de videoconferencia.

En este caso se puede usar las técnicas de microsegmentación y concentradores de conmutación que colocan a un solo usuario en un segmento de LAN y puede proporcionar a cada usuario el ancho de banda completo de 10 Mbps. de las redes Ethernet existente.

Otra alternativa es la de conectarse directamente al switch ATM por fibra utilizando una tarjeta adaptadora ATM. Siguiendo esta alternativa, debería instalarse un módulo en el actual switch que maneje el tráfico de video.

La figura 6.4 muestra una configuración en el que un PC equipado con multimedia y con un adaptador ATM o NIU (Network Interface Unit) se conecta a un switch del backbone de la ESPOL Campus Prosperina. Esta configuración podría cambiar siempre y cuando las redes LAN se adecuen para correr esta aplicación. Con una red LAN que soporte Multimedia podemos tener a "n" usuarios utilizando un ancho de banda determinado corriendo esta aplicación. En la figura 6.4 se muestra a un videoconferencista en un sitio determinado del Campus Prosperina como una sala de conferencias, Laboratorio, etc., en el Campus Peñas se encuentra la audiencia remota.

6.4.4 APLICACIÓN DE TRANSMISIÓN DE DATOS INTERCONECTANDO LANs.

ATM brinda transmisiones de datos a grandes velocidades, una de las aplicaciones más comunes es la de interconectar redes LANs. El diseño de la red ATM pública para Guayaquil permitirá conectar todas las redes LANs existentes de la ESPOL es decir se tanto del Campus Prosperina como del Campus Peñas.

6.4.4.1 REQUERIMIENTOS DE ANCHO DE BANDA

Para el diseño de esta aplicación se deben considerar los puntos mostrados en la Tabla 6.4:

Tipo de Servicio	Categoría De Servicio	Rango del Ancho de Banda	CBR/VBR	Tolerancia de pérdida de celda	Tolerancia de retardo de celda
Datos	Interconexiones de LAN	1.5-100 Mbps.	VBR	10^{-12}	10-100 ms.

Tabla 6.4 Características de tráfico para la aplicación de interconexión de LANs.

Esta aplicación conectaría las redes LAN existentes en ambos Campus. Actualmente están conectadas las redes LAN de la FIEC, la FIM y el Básico de Ingeniería por medio de switch routers y fibra óptica al backbone ATM del Campus Prosperina. Estos switchs routers básicamente realizan dos funciones, la de concentrador de la red y la de conmutar al backbone ATM.

Esta misma topología funcionaría en el Campus Peñas y por medio del backbone ATM de Guayaquil se conectaría al Campus Prosperina. Ver la Figura 6.5.

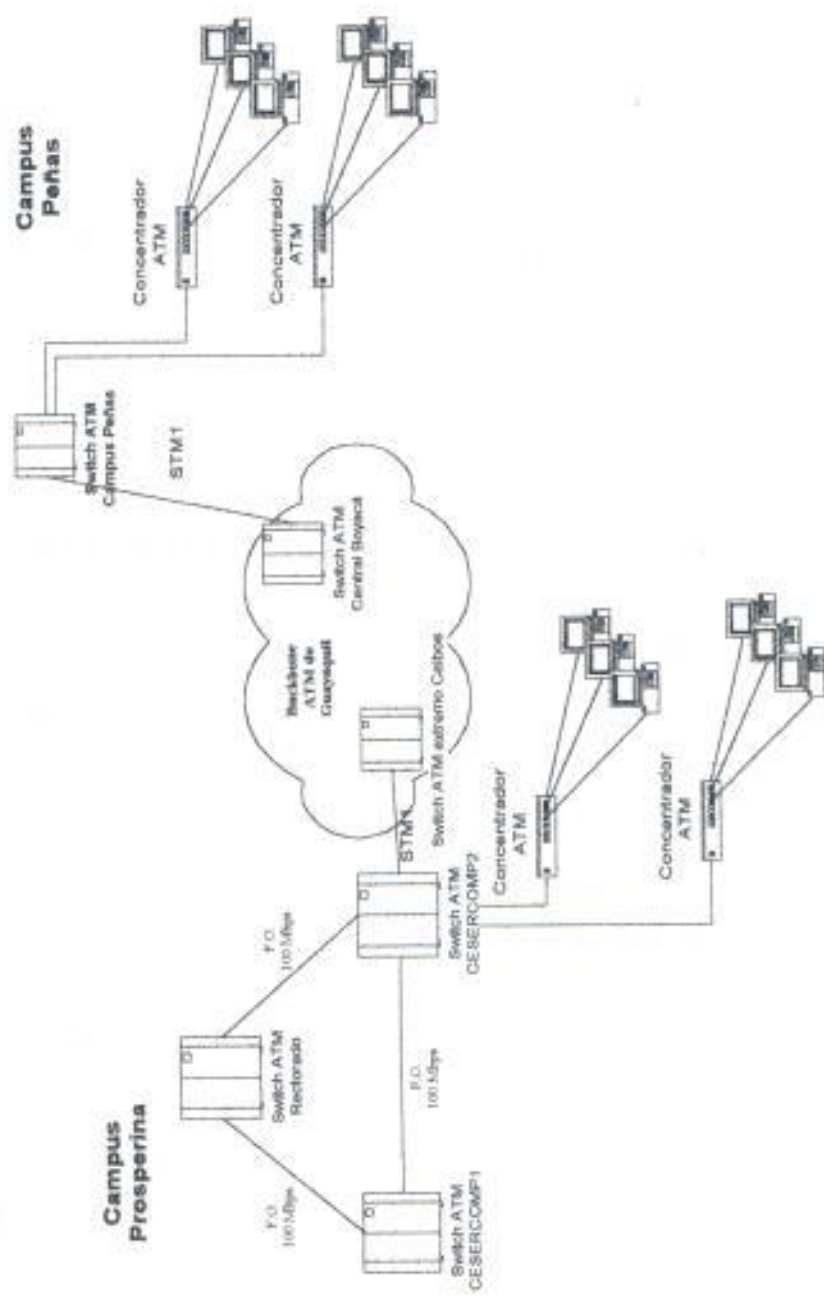


Figura 6.5 Transmisión de datos entre el Campus Prosperina y el Campus Peñas utilizando la red pública ATM de Guayaquil

6.4.5 TENDENCIAS FUTURAS: ACCESO REMOTO A BASE DE DATOS

El diseño de la red pública ATM para Guayaquil serviría de medio de transporte para correr la aplicación de acceso a base de datos. Para el diseño de esta aplicación se deben considerar los puntos mostrados en la tabla 6.5:

Tipo de Servicio	Categoría De Servicio	Rango del Ancho de Banda	CBR/ VBR	Tolerancia de pérdida de celda	Tolerancia de retardo de celda
Datos	Acceso remoto a Base de Datos	1-10Mbps.	VBR	10^{-9}	1-10 s

Tabla 6.5 Características de tráfico para la aplicación de acceso remoto.

El propósito de esta aplicación es el de proveer un servicio de acceso remoto para los estudiantes u otros usuarios que deseen realizar algún tipo de consulta con respecto a notas parciales, historia, deudas, horarios de registros y toda clase de información que se encuentre almacenada en un gran servidor de base de datos.

Esta aplicación puede correr siempre y cuando exista una red apropiada que llegue hasta el usuario final, es decir, un medio físico que soporte el ancho de banda sin ningún problema. Actualmente lo más común es que hasta el usuario final sólo llega el cable telefónico el cual no es capaz de transportar datos a 10 Mbps. como lo requiere la aplicación, pero hay una alternativa que se considera como la *revolución de acceso a redes*. Esta alternativa consiste en utilizar la red de televisión por cable para llegar hasta el usuario final. En la Figura 6.6 se ilustra la conectividad entre varias redes de acceso. A continuación se detalla más sobre este tema.

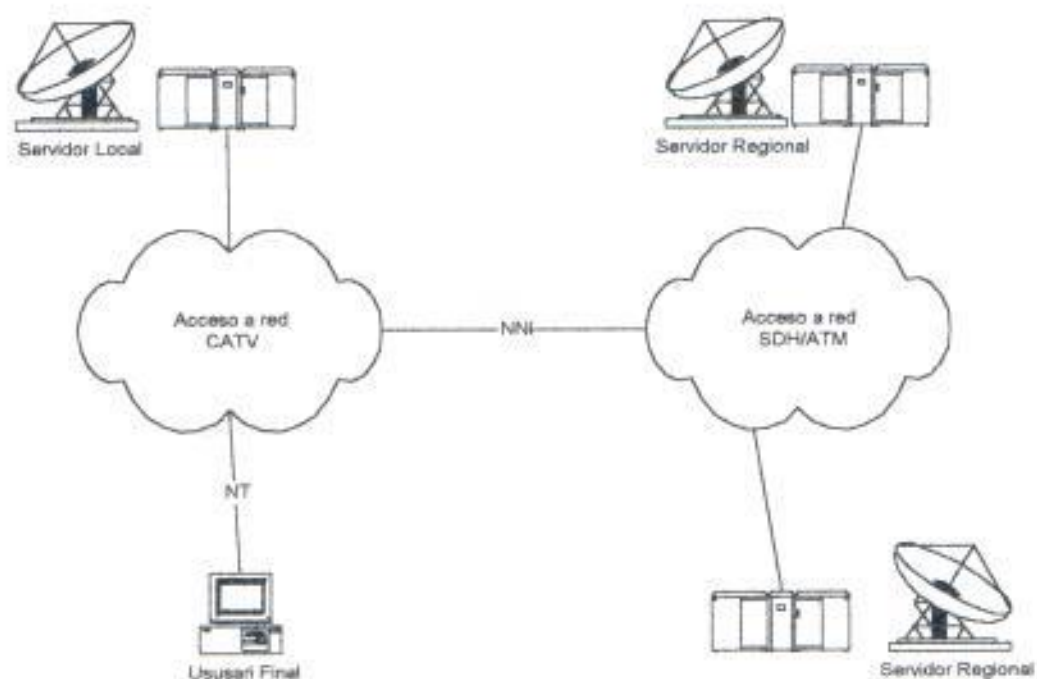


Figura 6.6 Ilustración de conectividad entre la red de televisión por cable y una red SDH/ATM

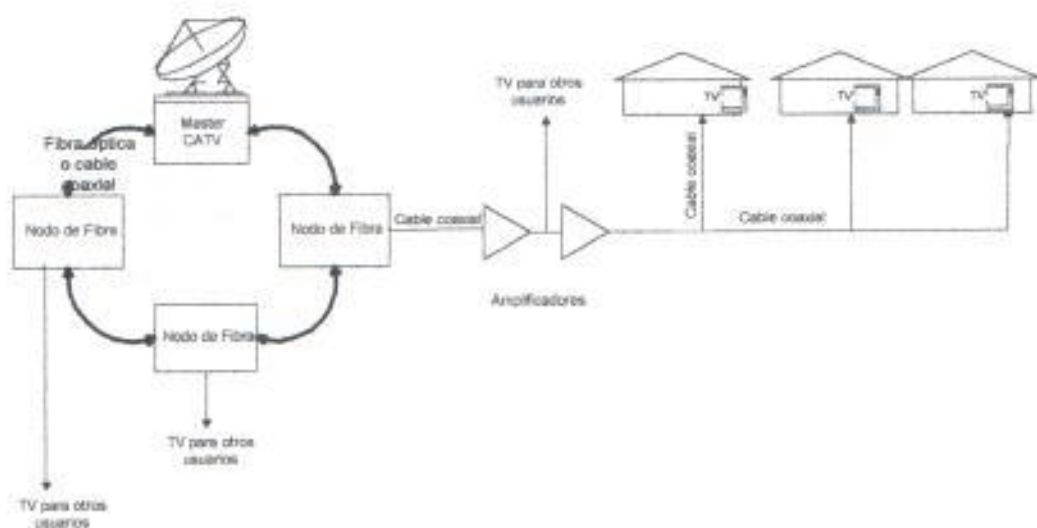


Figura 6.7 Ilustración de conectividad entre la red de televisión por cable y usuarios

La Red de Televisión por Cable

Las operadoras de televisión por cable tradicionalmente realizan distribución de video de entretenimiento como el cine, documentales, series educativas, cómicas etc. por medio de la implementación de un sofisticado servicio interactivo como pagar por ver, video en demanda, video en demanda cercano, etc., ahora las mismas operadoras pueden implementar estas técnicas para un nuevo enfoque transformando la red televisión por cable de transmisión de un solo camino no conmutada a una red conmutada de dos caminos. Además, los esquemas de autorización y cuenta tienen que poder establecerse con el cambio del servicio de distribución (basado en la suscripción) al servicio de individualización (basado en la cuenta).

El mayor problema en la actualización de la red televisión por cable es la provisión de conectividad entre puntos extremos y el control del ancho de banda del canal de retorno para el tráfico del servicio interactivo.

Muchas operadoras actualizadas utilizan la tecnología Híbrida Coaxial Fibra (HFC) para sus redes. Las fibras ópticas troncales equipadas con láser lineal conectan el equipo máster (donde residen las antenas receptoras/transmisoras) de la televisión por cable con nodos de fibra. Estos equipos masters son interconectados por fibra mediante los núcleos de redes SDH/ATM (Ver Figura 6.5). El alimentador y la absorción de la red entre los nodos y abonados consiste en un cable coaxial con amplificadores en cascada. Los nodos de fibra dan servicio desde 100 hasta 1.500 abonados (típicamente a 500). (Ver Figura 6.6)

Los amplificadores son instalados en el camino coaxial para abrir un canal de retorno de 5 a 42 MHz. HFC soporta una combinación de canales analógicos y digitales usando un esquema de multiplexación de división de frecuencia (FDM). El ancho de banda disponible es dividido en canales para un tráfico de ráfagas digital de servicios interactivos, canales de distribución analógica y canales

digitales para distribución de video digital, video en demanda, y tráfico de servicios interactivos. Debido a esta aproximación FDM, HFC provee un camino de crecimiento que ha evolucionado desde la era analógica a la digital y desde la distribución a los servicios interactivos.

Los modems son necesarios para servicios digitales, para empacar información digital en FDM. En direcciones de baja ráfaga 64QAM (modulación por amplitud de cuadratura) encaja 30 a 40 Mbps. en un canal de TV analógico de 6 a 8 MHz.

La terminación de red (NT) en redes televisión por cable es actualmente implementada en una vía pasiva dentro de un socket de pared. El módem de alta ráfaga será parte de una activa NT.

Con este enfoque podemos llegar hasta el usuario final por medio del cable coaxial de televisión conectando la red ATM de Guayaquil con la red de televisión por cable por medio de una interface red a red (NNI) como se muestra en la figura 6.7.

Conectando un servidor con la base de datos correspondiente para estas consultas al backbone ATM del Campus Prosperina se llegará hasta el Campus Peñas por medio del backbone ATM para Guayaquil, en el cual, las centrales periféricas serían la central Ceibos y la central Boyacá. Actualmente existe un tendido de fibra óptica entre el Campus Prosperina y la Central Ceibos. Uno de los switches ATM del Campus Prosperina sería un contenedor virtual del ADM que existirá en la central Ceibos. Por esta central y por medio del backbone de Guayaquil se llega a la central Boyacá la cual entregaría la información por medio de fibra al Campus Peñas. En el Campus Peñas debe existir un switch ATM que entre otras funciones recepte la información desde el Campus Prosperina la concentre, la procese y la entregue a los estudiantes en forma eficaz. Ver Figura 6.8

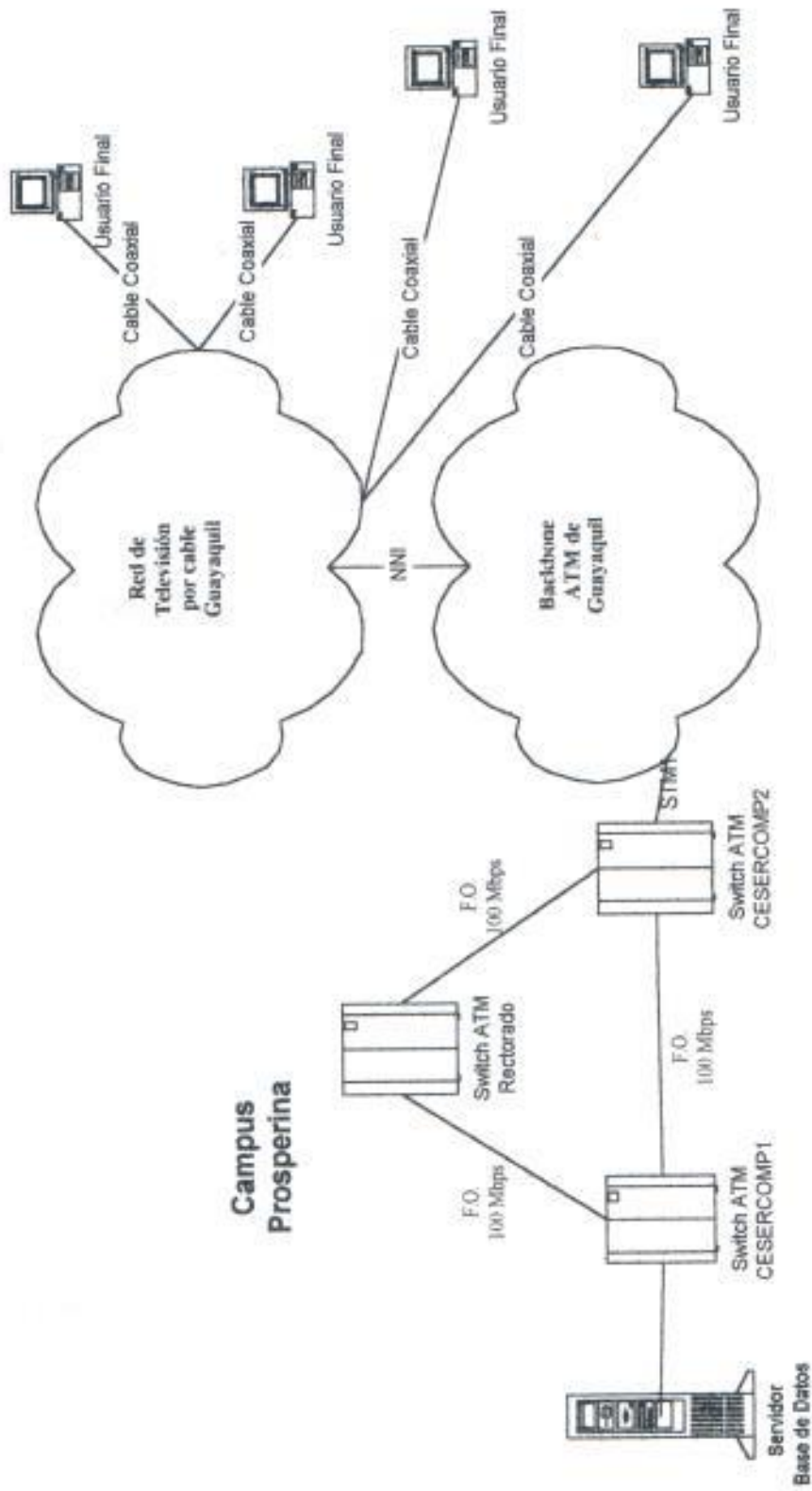


Figura 6.8 Acceso a Base de Datos utilizando la Red de Televisión por Cable para llegar al usuario final

6.5 COSTOS DE APLICACIONES DE LA ESPOL

A continuación en la tabla 6.7 se detallan los costos de materiales y equipos que se requieren para conectar la red ATM de la ESPOL a la red pública ATM de Guayaquil.

Detalle	Cantidad	Precio estimado (U.S.)	Total (U.S.)
Tendido de Fibra Optica Central Boyacá a Campus Peñas	1.230	1,00	1.230,00
Tendido de Fibra Optica Central Ceibos a Campus Prosperina	5.409	1,00	5.409,00
Total Fibra Optica	6.639	8,00	53.112,00
Instalación y pruebas de la fibra entre los puntos finales	2 enlaces	363,16	726,32
Accesorios de Cableado Estructurado (Rack de comunicaciones, Paneles de Fibra ,etc.)	1 Grupo de accesorios	1.390,00	1.390,00
Switch Periférico en las Peñas	1	48.000,00	48.000,00
Subtotal			109.867,32
Instalación y configuración de equipos, mano de obra, varios.	1	10 % del Subtotal	10.986,73
Total			120.854,05

Tabla 6.7 Detalle de los rubros y costos para la implementación de las aplicaciones de la ESPOL

La tabla 6.8 muestra valores basados en la tarificación referencial de la tabla 5.12 más el 15 % para tener un valor más real.

Tipo de Servicio	Costos	Parámetros	Valor (U.S.)
CBR Permanente PVC	Inicial Mensual	Instalación	517,5
		Velocidad de acceso	1.437,5
		Distancia al próximo switch	3,45/Km
		Parámetro PCR	80,5
VBR Permanente PVC	Inicial Mensual 1	Instalación	1.380
		Velocidad de acceso	3.450
		Distancia al próximo switch	5,75/Km
		Parámetro SCR	92
	Mensual 2	Velocidad de acceso	3.450
		Distancia al próximo switch	5,75/Km
		Volumen de información	57,5

Tabla 6.5 Características de tráfico para la aplicación de acceso remoto.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El desarrollo de este informe ha demostrado lo poderoso y compleja que es la tecnología ATM y de como esta podría revolucionar las comunicaciones localmente en caso de que llegara a darse una implementación con las características que se describen en este estudio
2. El estudio de la red ATM para Guayaquil se basa en el diseño previo de una red SDH para Guayaquil. SDH constituye el medio físico de transporte para las celdas provenientes de los switches ATM que son el soporte de conmutación de la información de las diferentes aplicaciones provenientes de una Red de Servicios Integrados (B-ISDN). ATM es la tecnología de conmutación para B-ISDN y proporciona acceso a los usuarios de B-ISDN a la red de fibra óptica SDH. Por lo tanto, se la puede utilizar en diferentes capas físicas además de SDH, tales como satélite, inalámbrica las cuales utilizan diversos protocolos que les permiten comunicarse con las capas nativas de ATM, la capa AAL y la capa de red ATM.
3. Del estudio de la capacidad que tendría la red SDH para transportar la información proveniente de las aplicaciones ATM (en conjunto con los canales de voz que se transportarían por SDH) se concluyó que el anillo central de la futura red SDH no tendría la capacidad suficiente para llevar la información ATM puesto que se saturaría en poco tiempo. Por esta razón se estableció colocar un backbone ATM que cubra las zonas más importantes de la ciudad de Guayaquil independiente de la red SDH para poder explotar sus recursos sin depender de otro medio compartido como hubiera sido el de utilizar la red SDH. Sin embargo, se podrían utilizar los anillos de recolección de la red SDH para que transmitan la información de sectores alejados, con lo que se evitaría utilizar tendidos dedicados de fibra óptica que serían una

solución demasiado costosa para que sectores como Ceibos, Sur, Puerto Nuevo, Duran, Alborada y Mapasingue puedan integrarse a la red ATM.

4. A pesar de lo especial que pueda parecer esta tecnología, existen otros factores que limitan su existencia, tal como el que se justifique su uso. Como pudo notarse la inversión que supone este proyecto es considerable, y lo más lógico es que se obtenga el mayor provecho de ella, sin embargo a veces queda subutilizada. El caso de la red privada de la ESPOL representa este hecho. Las aplicaciones que se manejan no superan el 1 % de la capacidad de los enlaces. Así, la inversión que se realizó es muy alta para el provecho que se está obteniendo de la red. La situación no es irremediable, ya que con el uso de aplicaciones más potentes como la videoconferencia y transmisión de multimedia, se aprovecharía mejor esta infraestructura.

5. Para la implementación de la red pública ATM en Guayaquil debe considerarse un estudio previo de potenciales clientes, para saber si la inversión podrá ser recuperada en mediano plazo. Pacifictel debería ser la empresa encargada de realizar la implementación de este diseño pues es la que dispone de mayores recursos tales como la canalización; además se tiene conocimiento de que la futura red SDH para Guayaquil podría ser implementada este año por Pacifictel. Este sería el primer gran paso para que los usuarios de las redes de Pacifictel en Guayaquil tengan servicio telefónico de excelente calidad y una variedad de servicios que sólo se podrían brindar mediante una tecnología como ATM.

6. A pesar de los grandes beneficios y ventajas que la red ATM pueda traer a la comunicación de datos y a la transmisión de multimedia, ésta no podría ser atractiva para los posibles usuarios si es que los costos para poder proveerse de estos servicios resultan demasiados elevados. En este sentido, es importante

recalcar la importancia que tiene poder llegar al usuario final con un gran ancho de banda que le permita beneficiarse de las capacidades de ATM. Diferentes técnicas se están planteando como la solución más viable y económica de tal manera que la inversión en redes telefónicas o de cable puedan servir para llegar donde el usuario final sin necesidad de que tenga un tendido directo de fibra óptica.

ABREVIATURAS

AAL:	ATM Adaptation Layer.
AAL CP:	AAL Common Path
ABR:	Available Bit Rate.
A-CPSW:	ATM Control Point and Switch.
ADM:	Add Drop Multiplexer.
ADPCM:	Adaptive Differential Pulse Code Modulation.
ANSI:	American National Standards Institute.
ARP:	Address Resolution Protocol.
ASN:	ATN Switching Network.
ATM:	Asynchronous Transfer Mode.
BRI:	Basic Rate Interface.
B-ICI:	Broadband Inter-Carrier Interface.
B-ISDN:	Broadband-Integrated Services Digital Network.
CAC:	Connection Admission Control.
CBR:	Constant Bit Rate.
CCITT:	The International Telegraph and Telephone Consultative Committee.
CDV:	Cell Delay Variation.
CER:	Cell Error Ratio.
CES:	Circuit Emulation Services.
CDVT:	Cell Delay Variation Tolerance.
CLP:	Cell Loss Priority.
CMR:	Cell Misinsertion Rate.
CPCS:	Common Part of Convergence Sublayer.
CPE:	Customer Premises Equipment.
CS:	Convergence Sublayer.
DCE:	Data Communication Equipment.

DCS:	Digital CrossConnect.
DLCI:	Data Link Control Identifier.
DMM:	Distributed Management Module.
DSU:	Data Service Unit.
DTE:	Data Terminal Equipment.
DXI:	Data Exchange Interface.
EIM:	External Interface Module.
ELAN:	Emulated LAN.
FDDI:	Fiber Distributed Digital Interface.
FIFO:	First-In, First Out.
FRS:	Frame Relay Service.
FTP:	File Transfer Protocol.
GCRA:	Generic Cell Relay Algorithm.
GFC:	Generic Flow Control.
HEC:	Header Error Control.
HDLC:	High Level Data Link Control.
IEEE:	Institute of Electrical and Electronic Engineer.
ICI:	Intercarrier Interface.
ISDN:	Integrated Services Digital Network.
ITU-T:	International Telecommunication Union-Telecommunication
IWU:	Interworking Unit.
LAN:	Local Area Network.
LAPB:	Link Access Procedure for B Channel.
LAPD:	Link Access Procedure for D Channel.
LEC:	LAN Emulation Client.
LES:	LAN Emulation Server.
LMI:	Local Management Interface.
MAC:	Media Access Control.
MAN:	Metropolitan Area Network.
MaxCTD:	Maximum Cell Transfer Delay.
MBS:	Maximum Burst Size.

MCR:	Minimum Cell Rate.
MIB:	Management Information Base.
MPEG:	Motion Picture Expert Group.
MSS:	Multiprotocol Switched Services.
NCM-A:	Nways Campus Manager ATM.
NNI:	Network to Network Interface.
NRB:	Non Reserved Bandwidth.
NRM:	Network Resources Management.
NRZ:	Non Return to Zero.
OSI:	Open Systems Interconnection.
OAM:	Operation, Administration and Maintenance.
OC-n:	Optical Carrier Signal.
PCR:	Peak Cell Rate.
PDH:	Plesiochronous Digital Hierarchy.
PDU:	Protocol Data Unit.
PPP:	Point to Point Protocol.
PT:	Payload Type.
PVC:	Permanet Virtual Circuit.
QoS:	Quality of Service.
RB:	Reserved Bandwidth
RMON:	Remote Network Monitoring.
SAAL:	Signaling ATM Adaptation Layer.
SAP:	Service Access Point.
SAPI:	Service Access Point Identifier.
SAR:	Segmentation and Reassembly.
SB:	Schedule Block.
SCR:	Sustainable Cell Rate.
SDH:	Synchronous Digital Hierarchy.
SDT:	Structured Data Transfer.
SDU:	Service Data Unit.
SECBR:	Severely Errored Cell Block Ratio.

SMDS:	Switched Multimegabit Data Service.
SMU:	Statistical Multiplexer Unit.
SNAP:	Subnet Access Point.
SNMP:	Simple Network Management Protocol.
SONET:	Synchronous Optical Network.
SPE:	Synchronous Payload Envelope.
SSCF:	Service Specific Coordination Function.
SSCOP:	Service Specific Connection-Oriented Part.
SSI:	Switch to Switch Interface.
STM:	Synchronous Transfer Mode.
SVC:	Switched Virtual Circuit.
TAN:	Total Area Network.
TAT:	Theoretical Arrival Time.
TCP/IP:	Transport Control Protocol/Internet Protocol.
TDM:	Time Division Multiplexing.
TEI:	Terminal Endpoint Identifier.
TSI:	Time Slot Interchange.
UBR:	Unspecified Bit Rate.
UDT:	Unstructured Data Transfer.
UNI:	User to Network Interface.
UPC:	Usage Parameters Control.
VBR:	<i>Variable Bit Rate.</i>
VCC:	Virtual Channel Connection.
VCI:	Virtual Channel Interface.
VLAN:	Virtual LANs.
VPI:	Virtual Path Identifier.
VT:	Virtual Tributaries.
WAN:	Wide Area Network.
WFQ:	Weighted Fair Queuing.
WRR:	Weighted Round Robin.

BIBLIOGRAFIA

1. ATM Forum, ATM User Network Interface (UNI) Specification, Version 3.1, Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall 1995.
2. ATM Forum, Traffic Management Specification Version 4.0, April 1996.
3. ATM Forum, 622.08 Mbps Physical Layer Specification, [Http://www.atmforum.com /at-phy-0046.pdf](http://www.atmforum.com/at-phy-0046.pdf), Jan 1996.
4. Benerjee, S., Tipper, D. Traffic Experiments on the vBNS Wide Area Network, *IEEE Communications*, August 1997, pp 126 - 133.
5. Black, U. ATM: Foundation For Broadband Networks, Prentice Hall, 1995, pp 25 - 130.
6. Briem, U., Wallmeier, E. Traffic Management for an ATM Switch with Per-VC Queuing: Concept and Implementation, *IEEE Communications*, January 1998, pp 88 - 93.
7. Bolla, R., Davoli, F. Bandwidth Allocation and Call Admission Control with Service Separation, *IEEE Communication*, May 1997.
8. DaSilva, L., Evans, J. ATM WAN Performance Tools, Experiments, and Results, *IEEE Communications*, August 1997, pp 118 -125.
9. Dixit, S., Elby, S. Frame Relay and ATM Networking, *IEEE Communications*, June 1996.
10. Eldering, Ch. Customer Premises Equipment for Residential Broadband Networks, *IEEE Communications*, June 1997.
11. Finn, N., Mason, T. ATM LAN Emulation, *IEEE Communications*, June 1996.
12. Fowler, H., Murphy, J. Network Management Considerations for Interworking ATM Network with Non-ATM Service, *IEEE Communications*, June 1996, pp 102 - 106.
13. Gelenbe, E., Mang, X. Bandwidth Allocation and Call Admission Control in High-Speed Network, *IEEE Communication*, May 1997.
14. Grinsven, P., Pronk, V. The Revolution of Networks for the information Superhighway, *IEEE Communications*, Jun 1997, pp. 104 - 112.

15. Hou, Y., Tassiulas, L. Overview of Implementing ATM Based Enterprise Local Area Network for Desktop Multimedia Computing, IEEE Communications, April 1996.
16. Jain, R., Babic, G. Performance Testing Effort at the ATM Forum: An Overview, Communications, August 1997.
17. Liu, K., Zhu, H. Design and Analysis of Bandwidth Management Framework for ATM-Based Broadband ISDN, IEEE Communication, May 1997, pp 138 - 145.
18. Niehaus, D., Battou, A. Performance Benchmarking of Signaling in ATM Networks, IEEE Communications, August 1997.
19. Peyravian, M. Tarman, T. Asynchronous Transfer Mode Security, IEEE Network, May/Jun 1997, pp 34 - 40.
20. Saito, H. Dynamic Resource Allocation in ATM Networks, IEEE Communication, May 1997.
21. Sandoval, A. Benedictis, P. Garzon, M. Orozco, J. Diseño de la red SDH para la ciudad de Guayaquil, Informe del Tópico "Comunicaciones Ópticas", FIEC, ESPOL, Dic 1997.
22. Stallings, W. ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM, 3ra Edition, 1995 Prentice Hall, pp 408 - 492.
23. Schulz, K., Incollingo, M. Taking Advantage of ATM Service and Tariffs: The Importance of Transport Layer Dynamic Rate Adaptation, IEEE Network, March /April 1997, pp 10 -17.
24. Thompson, K., Miller, G. Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics, IEEE Network, November / December 1997.
25. Veitch, P., Johnson, D. ATM Network Resilience, IEEE Network, September / October 1997, pp 26 - 33.