

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA**



**FUNCIONES DE LA CAPA**  
**AAL (ATM Adaptation Layer)**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PRESENTADO POR:**

**JUAN IGNACIO LLAMOCCA GONZÁLES**

**PROMOCIÓN**  
**1992– II**

**LIMA – PERÚ**  
**2003**

**A mis queridos padres por su valioso apoyo y comprensión.**

**A mi amada esposa por su aliento y comprensión en la culminación del presente trabajo.**

**A mi pequeña hija Brenda con todo mi amor.**

## **FUNCIONES DE LA CAPA AAL (ATM Adaptation Layer)**

## **SUMARIO**

El presente informe ofrece una descripción de la Capa de Adaptación de ATM (AAL: ATM Adaptation Layer), los diferentes protocolos que los componen, la descripción de estos protocolos, su modo de interacción con otras capas superiores, sus funciones y características más importantes, para poder comprenderlo con más facilidad también se describen las definiciones de redes de comunicaciones y la tecnología denominada Modo de Transferencia Asíncrona (ATM: Asynchronous Transfer Mode) en su conjunto.

## ÍNDICE

<b>PRÓLOGO</b>	<b>01</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>ANTECEDENTES</b>	<b>03</b>
1.1 Definición de redes	03
1.1.1 Clasificación de una red por su tipo de Servicios	04
1.1.2 Clasificación de una red por la naturaleza de las señales que transporta	05
1.1.3 Clasificación de una red por su disponibilidad	07
1.1.4 Clasificación de una red por su Topología	14
1.1.5 Clasificación de una red por su extensión o cobertura	23
1.2 Redes de Banda Ancha	24
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>EL ATM</b>	<b>27</b>
2.1 Introducción al ATM	27
2.1.1 El Modelo OSI y ATM	29
2.2 Multiplexación en ATM	30
2.3 El Protocolo ATM	35
2.3.1 La Capa Física (Physical Layer)	36
2.3.2 La Capa ATM	38
2.3.3 Introducción al estudio de la Capa AAL	44

2.4	Calidad de Servicio ATM	48
2.4.1	Definición de Calidad de Servicio (QoS)	50
2.4.2	Parámetros de QoS en ATM	53
2.5	Aplicaciones de las redes ATM	56
2.5.1	Descripción de algunas aplicaciones en ATM	57
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>LA CAPA DE ADAPTACIÓN DE ATM (AAL)</b>		<b>60</b>
3.1	Descripción de la Capa AAL	60
3.1.1	La Subcapa CS	61
3.1.2	La SubCapa SAR	62
3.2	Funciones de la Capa AAL	63
3.2.1	Funciones del subnivel CS	63
3.2.2	Funciones de subnivel SAR	64
3.3	Clases de Servicio que proporciona la Capa AAL	64
3.3.1	Servicio Clase A	64
3.3.2	Servicio Clase B	65
3.3.3	Servicios Clase C	65
3.3.4	Servicio Clase D	65
3.3.5	Puntos de Acceso al Servicio (SAP: Service Access Point)	67
3.4	Recomendaciones de la ITU-T para la Capa AAL	74
3.4.1	El ITU-T y su participación activa en la definición del AAL	74
3.5	El Protocolo AAL0	86
3.6	El Protocolo AAL1	87
3.6.1	Estudio de la Estructura del Protocolo AAL1	88

3.7	El Protocolo AAL2	91
3.7.1	Estructura del Protocolo AAL2	92
3.8	El Protocolo AAL3	94
3.8.1	La subcapa de convergencia de AAL3	94
3.8.2	La subcapa de segmentación y reensamblaje (SAR) en AAL3	96
3.9	El Protocolo AAL4	97
3.10	El Protocolo AAL 3/4	97
3.10.1	Modos de operación de AAL 3/4	98
3.10.2	Servicios orientados a Conexión de AAL 3/4	98
3.10.3	Estructura del protocolo AAL 3/4	99
3.10.4	La subcapa CS de AAL 3/4	99
3.10.5	Funciones de la subcapa SAR en AAL 3/4	102
3.11	El Protocolo AAL 5	102
3.11.1	Estructura del Protocolo AAL 5	104
3.11.2	Funciones de la Sub capa de Convergencia (CS) de AAL5	106
3.11.3	Funciones de la Subcapa SAR de AAL5	108
	<b>CONCLUSIONES</b>	<b>110</b>
	<b>ANEXO A CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOCOLOS AAL</b>	<b>112</b>
	<b>ANEXO B NORMALIZACIÓN</b>	<b>114</b>
	<b>ANEXO C VELOCIDADES DE INTERFACES</b>	<b>124</b>
	<b>ANEXO D INTERFACES FÍSICAS COMUNES A ATM</b>	<b>126</b>
	<b>ANEXO E RECOMENDACIONES ITU-T</b>	<b>128</b>
	<b>ANEXO F GLOSARIO</b>	<b>130</b>
	<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>134</b>

## PRÓLOGO

Uno de los aspectos tecnológicos que más ha evolucionado en estas últimas décadas ha sido la tecnología de las comunicaciones, es por ello que hoy en día la información fluye con suma facilidad y rapidez de un punto a otro en nuestro planeta, haciendo que el intercambio de información entre naciones sea cada vez más importante y voluminosa. La frase "La Aldea Global", grafica en pocas palabras esta situación. Esto significa que los estados no deben de ser instituciones aisladas en el Mundo y que deben de interactuar en el marco de las Relaciones Internacionales, dentro de Bloques Regionales Comerciales a través de sus equipos de Trabajo que tengan como objetivo el bienestar de sus países.

Es por ello que en la medida que nuestro país adopte las tecnologías de comunicaciones tendrá mayores posibilidades de ser un país más competitivo, y que tenga accesos a los bancos de información distribuidos en el mundo, ganando como consecuencia cultura, educación y conocimientos que de ser bien aprovechados nos brindaran las oportunidades de desarrollo y bienestar que necesitamos.

Las tecnologías de comunicaciones, como el Modo de Transferencia Asíncrono (ATM: Asynchrnous Transfer Mode), La Red Digital de Servicios Integrados (ISDN:



Integrated Services Digital Network), Internet, definen un segmento de desarrollo tecnológico, que hoy día tiene un impacto social y económico muy grande, que a todas luces marcará un cambio en la forma de pensar, actuar, trabajar y hasta las formas de descansar y divertirse.

Por ello considero necesario que nuestra generación y las que vienen comprendamos la importancia de estas tecnologías de manera tal que volquemos nuestro esfuerzo intelectual para comprenderlas, desarrollarlas y aplicarlas en beneficio de nuestro país.

En armonía con lo indicado, el presente informe describirá una de las partes muy importantes de la tecnología ATM, como es la Capa AAL y sus funciones, no sin antes conocer la tecnología de las redes de comunicaciones y el ATM en su conjunto, con ello pretendo describir y documentar esta tecnología de manera tal que se pueda contar con un material que permita a los interesados acceder a estos conocimientos con facilidad.

# **CAPITULO I**

## **ANTECEDENTES**

### **1.1 Definición de Redes**

Para poder definir una red, es conveniente fijar los términos correspondientes a Equipo Terminal de Datos (ETD), Equipo de Comunicación de Datos (ECD) o Equipo de Terminación del Circuito de Datos (ETCD).

En general, definimos como ETD a un equipo, capaz de generar y/o procesar información y transmitirla y/o recibirla a través de los circuitos de control que cumplen el rol de controlador de comunicaciones y que podrán ser internos o externos a la unidad de procesamiento.

En general, definimos como ETCD a un equipo, que tiene la función de actuar como interfaz entre el controlador de comunicaciones y el medio físico que actuará como enlace. En una terminología anterior, se lo denominaba también ECD.

Con estas definiciones previas se puede definir que una red de telecomunicaciones es un conjunto de medios técnicos instalados, organizados, operados y administrados con la finalidad de brindar servicios de comunicaciones a distancia. En particular, se

dice que una red de computadoras, es una red de telecomunicaciones de datos que enlaza a dos o más ETD.

Debe notarse que el concepto de red es independiente de la cantidad de enlaces que comprende.

Para estudiar las redes, se pueden hacer distintos enfoques, según las características que se analizan, y cada una de éstas da lugar a uno o varios tipos de red específicos.

Así, podemos estudiarlas según:

- El tipo de Servicio: Públicas y Privadas
- La naturaleza de las señales que transportan: Analógicas, Digitales
- Su disponibilidad : Dedicadas, Conmutadas.
- Su topología: Bus, Estrella, Anillo, Malla.
- Su extensión o cobertura: Red de Área Local (LAN: Local Area Network), Red de Area Amplia (WAN: Wide Area Network)

### **1.1.1 Clasificación de una red por su tipo de Servicios**

Según el modo de ser utilizadas y compartidas, las redes son de carácter público o privado.

**a) Redes públicas** .- Una red de comunicaciones tiene carácter público cuando los requerimientos necesarios para ser usuarios de la misma, no tienen otra restricción que la disponibilidad de los medios técnicos. Para el análisis, no interesa si al servicio se accede a título gratuito u oneroso.

Las redes públicas son generalmente de conmutación de paquetes o de conmutación de circuitos (ver más adelante: Según su disponibilidad), y los servicios son

prestados por compañías que se dedican a transportar señales, llamadas prestadores o carriers, dando cobertura tanto urbana (local) como interurbana (larga distancia).

**b) Redes privadas.-** Una red de comunicaciones tiene carácter privado, cuando es operada con un fin determinado y sus usuarios pertenecen a una o varias corporaciones con intereses específicos en las mismas.

En la práctica, una red privada puede ser una red con facilidades de una pública. En este caso, el cliente proporciona todo el equipamiento de conmutación y alquila enlaces entre distintos lugares. De este modo, el término privado se refiere al hecho de que la organización tiene el uso exclusivo de todo o una parte de ella, sin compartir los recursos de la red pública dentro de la cual funciona.

### **1.1.2 Clasificación de una red por la naturaleza de las señales que transporta**

Según la naturaleza de las señales que transportan, las redes pueden ser analógicas o digitales. Es importante diferenciar que las características de analógica o digital debe conferirse a la señal de datos y no al enlace.

En general los enlaces aptos para el transporte de señal digital tienen características físicas inherentes al material y particularidades constructivas distintas a los usados para transportar señales analógicas; pero bajo ciertas condiciones, pueden usarse unos para los fines del otro, es decir que un analógico puede transportar señal digital y viceversa.

Habitualmente, se termina hablando de un enlace digital en lugar de un enlace apto para el transporte de señal digital.

**a) Redes analógicas.-** Son redes que son concebidas y equipadas para el transporte de señales analógicas. Son el medio de transporte de señal más difundido, ya que en

sus orígenes estas redes fueron concebidas para la transmisión de voz, y éste es un fenómeno que si bien es naturalmente analógico, en el momento de su mayor expansión no había tecnología para su desarrollo digital.

Siguen siendo las más usadas actualmente, ya que se trabaja sobre la base instalada de las redes públicas de telefonía y éstas se encuentran disponibles con una cobertura mundial y con inmensas inversiones de capital. Son económicas frente a las redes digitales. Sus servicios están normalizados internacionalmente por el Comité de Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telefonía (ITU-T: International Telecommunication Union-Telecommunication Standardization Sector), esta normalización permite disponer de interfaces estándares con equipos ETD.

**b) Redes digitales.-** Son redes diseñadas y equipadas para el transporte de señales digitales, y surgieron ante la necesidad de transmitir digitalmente mensajes codificados digitalmente. Hoy, la tendencia es la digitalización de transmisión y conmutación en las redes, por razones de simplicidad de diseño; facilidad de construcción de circuitos integrados; posibilidad de regenerar las señales sin necesidad de amplificación; minimización del ruido y la interferencia; capacidad para transportar concurrentemente voz, imagen y texto.

Los requerimientos de comunicación actuales, junto a las nuevas tecnologías, han hecho posible la existencia de Redes Digitales de Servicios Integrados (RDSI), también comúnmente conocidas por su sigla en inglés ISDN.

Podemos encontrar como mayores aplicaciones la telefonía digital, el fax, el transporte de datos, correo electrónico, televisión, alarmas, telemedición y control. Además, ha avanzado la tecnología de las centrales de conmutación, siendo éstas totalmente controladas por computadoras. Todo esto ha permitido que estas redes

ganen paulatinamente mercado, al bajar sus costos y aumentar su confiabilidad, mejorando sus prestaciones.

Existen estándares en las redes digitales, sobresaliendo por lo difundidos: T1 y E1. Son redes digitales nacidas como de alta velocidad y que hoy funcionan como plataformas básicas para transportes de mayores prestaciones. T1 es un estándar de EEUU de 1,5 Mbps mientras que E1 es un estándar europeo de 2 Mbps.

### **1.1.3 Clasificación de una red por su disponibilidad**

Según sea la disponibilidad que el usuario tiene para acceder a un enlace y la posibilidad que tenga de establecer siempre la misma ruta para los datos, las redes se clasifican en redes de circuitos dedicados y redes de conmutación.

En las primeras, dos ETD siempre disponen del enlace, el que a su vez tiene una trayectoria o camino conocido. En las segundas, los ETD deben necesariamente tomar acciones para disponer del enlace. Además, en estos últimos el camino no es necesariamente igual que la última vez que se estableció, y cuando los ETD terminan de usarlo ya no les pertenece.

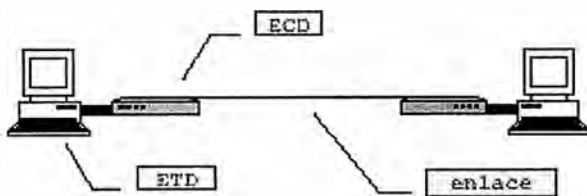
**a) Redes con enlaces dedicados.-** Son redes enlazadas por un camino de comunicación –trayecto- estáticamente definido entre dos sistemas que se comunican ya sea por un enlace físico determinado o bien por una traza lógicamente definida por completo dentro de un sistema de comunicaciones. Este sistema puede, de todos modos, ser multiplexado y/o conmutado.

Normalmente, estos circuitos cuando se encuentran en redes de cobertura interurbana o urbana, se alquilan mensualmente y mantienen una conexión permanente entre dos emplazamientos fijos, que por ello se llama punto a punto. Se usan para crear redes

privadas: pueden ser líneas de grado de voz utilizando un módem en cada extremo, o líneas digitales como T1, T3 o fraccionales.

Un circuito dedicado también puede existir lógicamente en redes de conmutación de paquetes, tales como el estándar de comunicaciones aprobada en 1976 por Comité Consultativo Internacional Telefónico y Telegráfico (CCITT) llamado el X.25 o Frame Relay que son sendos protocolos para la transmisión de datos en redes de conmutación de paquetes. Este circuito no existe físicamente como punto a punto, sino que es una definición lógica y se establece virtualmente sobre la red, predefiniendo un camino para la transmisión. Por esta razón, se lo conoce como Circuito Virtual Permanente.

La siguiente figura grafica como es un enlace dedicado.



Dos ETD conectados por un enlace dedicado

**Figura. 1.1 - Un enlace dedicado típico**

**b) Redes conmutadas.-** Cuando las redes no tienen las características de un enlace dedicado, entonces decimos que son redes conmutadas porque debe establecerse la ruta de datos –o trayecto- antes de comenzar la comunicación entre dos sistemas de transmisión. La ruta establecida podría incluso ser dinámicamente alterada sin que se altere la comunicación entre los ETD, dependiendo del tipo de red.

De acuerdo a cuál sea la tecnología empleada y la técnica para conmutar, encontramos redes de conmutación de circuitos (circuit switching); de paquetes (packet switching) y de mensajes (messages switching).

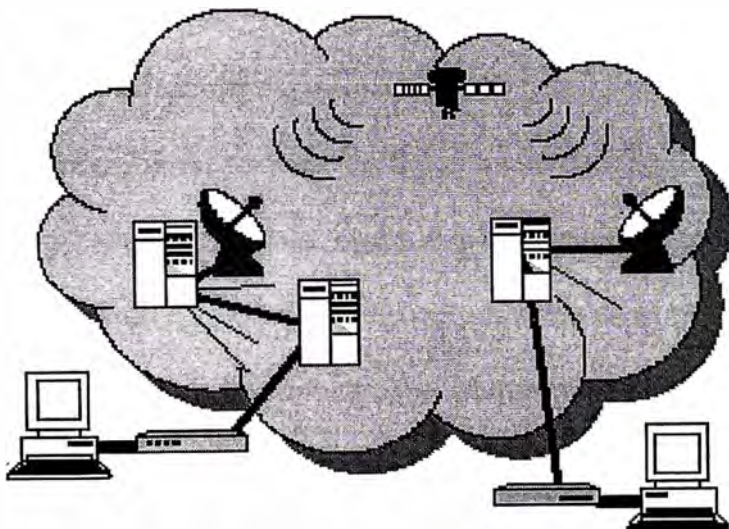
Independientemente de cuál analicemos, las características principales de ellas son:

La transmisión no puede ser preestablecida o preacondicionada, por cuanto los circuitos que se establecen y las rutas de los datos empleadas podrán cambiar de sesión en sesión.

Cuando la comunicación se corta, se libera el enlace.

El costo es generalmente una función del tiempo de conexión o una función de la cantidad de datos transmitidos.

Un esquema de enlace conmutado, podría verse como en la figura 1.2.



Dos ETD comunicados por un trayecto

**Figura.1 2 -Una Red Conmutada**



### **b1) Conmutación de circuitos**

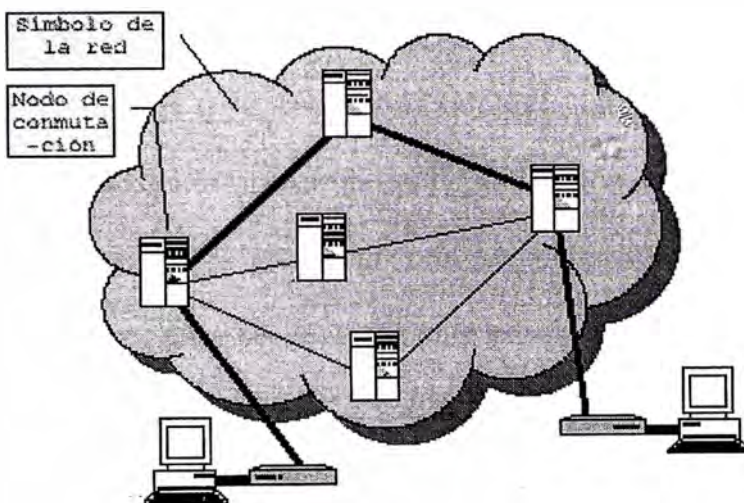
La conmutación de circuitos es el proceso de definir la ruta y conectar bajo demanda a dos o varios ETD, y permite la utilización exclusiva de sólo un circuito de datos durante la comunicación.

Con este sistema, el estado natural de un ETD es desconectado. Cuando desea establecer una comunicación, toma acciones concretas antes de comenzar la transmisión, lo que se denomina acciones en tiempo de conexión. Estas acciones hacen que la red reaccione estableciendo el circuito - es decir, la ruta - de datos estáticamente, la que no podrá ser cambiada durante la comunicación. Los parámetros de la comunicación, tales como velocidad de transmisión, tipo de protocolo, etc., se negocian entre los ETD y la red en tiempo de conexión. La sesión de comunicación, es decir el tiempo que dura una comunicación completa entre dos ETD, suele llamarse una **llamada**.

### **b2) Conmutación de paquetes**

Se denomina un paquete de datos a una cadena de bits de datos y/o de bits de control, organizados según una longitud y formato determinado dependiente del protocolo de capa de red. La conmutación de paquetes es el proceso de transmisión de datos en el cual la entidad de control es el paquete (Unidad de Datos del Protocolo de Red, en términos de lo indicado en el Sistema Abierto de Interconexión (OSI: Open System Interconnection)) por medio de paquetes provistos de direcciones, en el cual el canal está ocupado solamente durante la transmisión del paquete, estando inmediatamente antes o después disponible para la transmisión de cualquier otro paquete de cualquier otro ETD que comparta la ruta.

La red de conmutación de paquetes es una típica red de malla - todos contra todos - que soporta múltiples usuarios concurrentemente enviando cada uno paquetes con distintos destinos. Se encontrará frecuentemente la ilustración de una nube simbolizando la red de conmutación de paquetes. (ver figura 1.3) Esto obedece al hecho de existir en ella muchas conexiones y rutas físicas diferentes que un paquete puede seguir para alcanzar su destino, y por ello se dice que es una red de cualquiera contra cualquiera, contrariamente a la de conmutación de circuitos, que proporciona una conexión temporalmente dedicada entre dos ETD.



La red podría ser de paquetes o de mensajes

**Fig. 1.3 – Red típica con nodos de conmutación**

En las redes de conmutación de paquetes, los nodos se encargan de encaminar los paquetes. En este caso, recibe el nombre de nodo al sitio de la red que interconecta a varios enlaces, que tiene capacidad de computación y que está diseñado para transferir paquetes desde una línea a otra, en función de parámetros de diseño,

porque el nodo tiene que tomar la decisión de colocar el paquete en la mejor ruta. De todos modos, la mejor ruta es la que mejor se adecua a sus parámetros de diseño, dado que dos criterios básicos determinan al nodo, según qué se quiera optimizar: el tiempo de respuesta: mínimo tiempo en la red por la ruta más corta, o el menor tráfico: tránsito por la ruta más descongestionada.

Los nodos también cumplen un importante papel en el control de errores, mediante la verificación de los paquetes transmitidos y recibidos.

Las redes de conmutación de paquetes son redes de prestación de servicios de comunicaciones y, desde este punto de vista, se diferencian por los servicios que prestan, que pueden ser:

**Orientados a la conexión:** también llamados de prestación de circuitos virtuales, requieren el establecimiento de una sesión entre dos ETD antes de comunicarlos, con el propósito de garantizar una comunicación fiable. Nótese que los paquetes deben ser entregados secuencialmente en el orden emitido, independientemente de la ruta que cada uno siga individualmente.

**No orientados a la conexión:** son para realizar transmisiones sin compromiso de secuenciamiento. Estos servicios no requieren negociación en tiempo de conexión relativos a la sesión de comunicación dado que cada paquete es una entidad en sí misma.

El concepto principal de las redes de conmutación de paquetes, es el de **circuito virtual (CV)**. Un CV es un camino a través de una red de conmutación de paquetes que se comporta como si fuera un enlace dedicado, proporcionando para los ETD una sesión orientada a la conexión.

La característica distintiva es que tiene un trayecto definido en realidad predefinido a través de una red que tiene muchos trayectos. Técnicamente, no obstante, las trazas o trayectos pueden variar a lo largo de la sesión para evitar una congestión, o una indisponibilidad de enlaces - líneas caídas.

Un circuito virtual puede ser: Permanente ó Dedicado

**b2.1) Circuito Virtual Permanente (PVC: Permanent Virtual Circuit):** Conexión entre dos ETD que se define por adelantado - normalmente en tiempos anteriores a la conexión, es decir cuando se negocia la contratación - y por lo tanto tiene un tiempo de establecimiento muy pequeño - insignificante frente a otros tiempos. Cuando dos ETD están enlazados por este tipo de circuitos, la única actividad necesaria para comenzar la sesión entre ellos es que se enciendan.

**b2.2) Circuito Virtual Conmutado (SVC: Switched Virtual Circuit):** Es la conexión temporal establecida por la red para dos ETD, que durará sólo el tiempo necesario para el desarrollo de la sesión. Se establecerá a pedido de uno de los ETD y ante la aceptación del otro. Esta negociación se lleva a cabo durante el tiempo de conexión. Para que el enlace se establezca, el ETD además de encenderse debe tomar acciones de establecimiento del circuito, equivalente a discar para hablar por teléfono. Estas acciones desencadenan el despacho de un paquete - también llamado trama - de control que se llama paquete de llamada, que es el que negocia el establecimiento del enlace.

### **b3) Conmutación de mensajes**

El concepto de mensaje usado aquí, no corresponde al Protocolo del Datagrama del Usuario (UDP: User Datagram Protocol) de capa 7 OSI, sino al de una unidad de intercambio independiente que no necesita ser secuenciada. Las redes de

conmutación de mensajes son, en la práctica, un caso especial de la conmutación de paquetes, pero en las cuales lo que transita son mensajes –también llamados celdas, con las siguientes características:

- La información está contenida en paquetes unitarios y no se admite secuenciamiento.
- La longitud de los mensajes es, intrínsecamente, variable.
- Los nodos se limitan al control de destino.

Por lo demás, se puede aplicar a ésta los conceptos generales de conmutación de paquetes.

#### **1.1.4 Clasificación de una red por su Topología**

En esta sección se analizan las redes según sus elementos constitutivos principales, que son los nodos y los enlaces, definiéndolos y estudiándolos para comprender cómo éstos dan lugar a distintos tipos de redes, según el grafo resultante. La topología, en general, puede determinar desde el protocolo de capa de las capas bajas (física, enlace, red) hasta las capacidades y prestaciones mismas de las redes.

Una red está básicamente constituida por nodos y enlaces.

**a) Nodo.-** Es el equipo de la red que interconecta a enlaces, con capacidad de computación y que está diseñado para transferir información desde un enlace a otro, en función de sus parámetros de diseño.

**b) Enlace.-** Es el conjunto de medios de comunicación que no incluye los ETD, que permite establecer uno o más canales de transmisión entre dos o más puntos de la red.

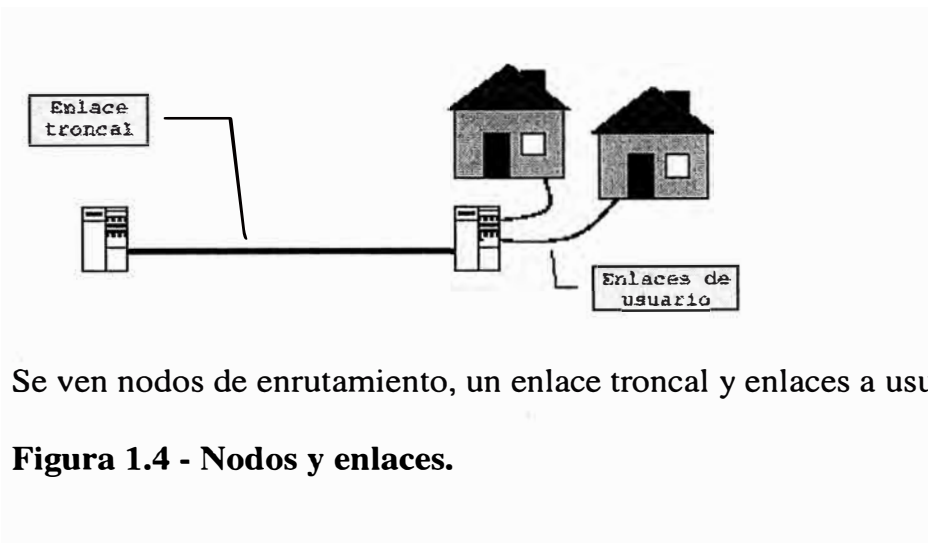
Dentro del concepto de enlace, incluimos:

- a los ETCD,
- a los vínculos físicos tangible e intangibles, y
- a los equipos que entre los puntos origen y destino son atravesados por la conexión, actuando o no como nodo.

Dependiendo de qué tipos de dispositivos, para qué fines y con qué rutas se esté enlazando, los enlaces podrán ser:

**b1) Troncales.-** cuando enlazan dos nodos comprendiendo varios canales y transportando señales de varias comunicaciones simultáneamente.

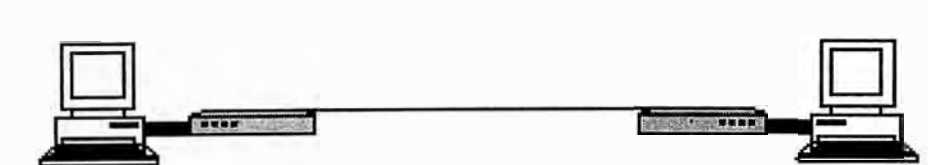
**b2) De usuario.-** cuando enlazan un nodo y un sitio de usuario, transportando señal sólo para el ETD del usuario.



Se ven nodos de enrutamiento, un enlace troncal y enlaces a usuarios.

**Figura 1.4 - Nodos y enlaces.**

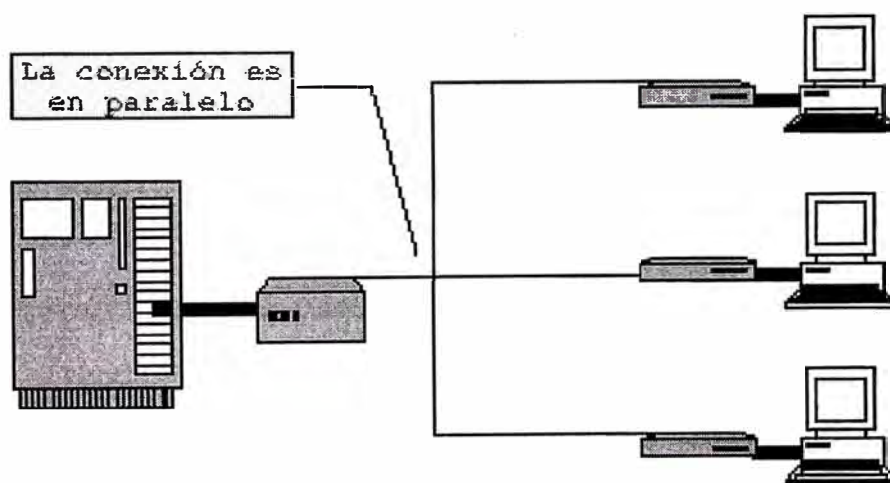
**b3) Enlaces punto a punto.-** Es aquella configuración en la que un enlace atiende un ETD en cada extremo. Estos ETD son estáticamente definidos, fijos e inmutables, esto se puede apreciar en la siguiente figura.



**Figura. 1.5 - Enlace punto a punto**

Generalmente, la comunicación punto a punto atiende ETD que son pares, es decir que el hardware propio del ETD o el ECD asociado, no contempla relaciones distintas que entre ETD iguales. De todos modos, también los protocolos que vinculan a aquellos en una WAN, bajo ciertas condiciones, si establecen diferencias entre extremo primario (o maestro) y secundario.

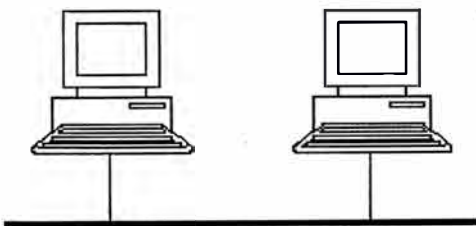
**b4) Enlaces multipunto.-** Es la configuración en la cual un ETD, al que se llama siempre primario (o maestro) está conectado a varios ETD secundarios (o esclavos), mediante un enlace que tiene un extremo para el primario y varios extremos secundarios conectados en paralelo. Este tipo de enlaces es muy común en transmisiones sincrónicas de datos. En este caso, los ECD asociados a los ETD tienen hardware capaz de configurar direcciones de red, en términos tales que el primario pueda transmitir en modo broadcasting, pero sólo un ETD pueda adueñarse del mensaje correspondiente, sea porque éste es filtrado por el ECD asociado al ETD o porque este último lee la dirección contenida en el mensaje.



**Figura. 1.6 - Conexión Multipunto**

Las colisiones que necesariamente aparecerían si varios secundarios transmitieran al unísono, se resuelven por medio de los protocolos de comunicación de datos correspondientes.

**b5) Enlace difuso.-** Es la configuración en la cual varios ETD se conectan entre sí, pero no existe una jerarquía para los extremos de los enlaces ni para los ETD. Se debe notar que cuando el enlace es difuso, todos los ETD acceden al enlace mediante un medio de comunicación que lo dejará conectado en modo llamado broadcasting, es decir “todos hablan o todos oyen”. Las colisiones que necesariamente aparecerían si cualquier ETD transmitiera al unísono con cualquier otro u otros, se resuelven por medio de los protocolos de comunicación de datos correspondientes. De hecho, un enlace difuso es un conjunto de enlaces puestos en paralelo, uno por cada ETD, en donde los ECD son generalmente parte integrante del mismo ETD. Así, por ejemplo, en ciertas redes LAN del tipo Ethernet, cada estación de trabajo se conecta en modo difuso a una barra, y el ECD es un adaptador de red que se instala en cada PC.



**Figura 1.7 - Enlace difuso.**

En general, todos estos tipos de enlaces se usan para distintos tipos de redes. Entre otros factores, está determinado por las posibilidades que los protocolos de transmisión de datos tengan de usarlos.



Por eso, no cualquier enlace se suele utilizar con cualquier tipo de red, ni viceversa. La relación que existe entre los enlaces y las redes cuando se analizan estos factores, se puede ver en la tabla adjunta.

<u>ENLACE</u>	<u>LAN</u>	<u>WAN</u>
<b>Punto a Punto</b>	<b>SI</b>	<b>SI</b>
<b>Multi Punto</b>	<b>NO</b>	<b>SI</b>
<b>Difuso</b>	<b>SI</b>	<b>NO</b>

**Tabla N° 1.1 – Relación de los enlaces con las redes.**

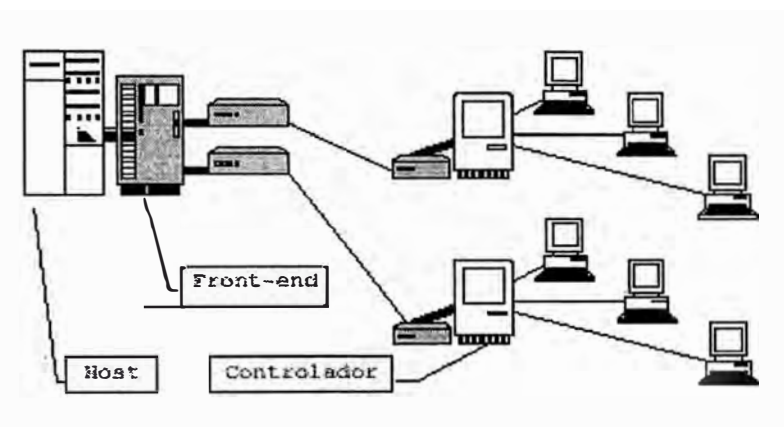
Se define como Topología de Redes a la forma como se vinculan los nodos por medio de enlaces, lo que resulta en distintos grafos que dan lugar a las redes de tipo estrella, anillo, bus y malla.

**c) Redes tipo Estrella.-** Están basadas en un nodo central que actúa como concentrador del tráfico, que tiene un conjunto de enlaces punto a punto para unir a los extremos remotos.

En las redes de datos, se las encuentra habitualmente en las redes WAN, donde este nodo central o host es habitualmente una computadora de gran porte, llamado generalmente un mainframe o de mediano porte, un midrange, que actúa como ETD con una capacidad importante de interfaces para la conexión de DCE. Suelen utilizarse en estos casos cuando existe dispersión de los sitios de usuarios. Se usan para enlace redes públicas o privadas, sean dedicadas o conmutadas.

También se las encuentra como redes LAN, donde el nodo central es un dispositivo de conexión común llamado **Hub** o un conmutador (**switch**), que conecta en estrella a las estaciones de trabajo para redes Ethernet, o dispositivos de acceso a multiestaciones (MAU: Multistation Access Unit), Unidad controlador de accesos (CAU: Controlled Access Unit) que conecta en estrella estaciones de trabajo para redes Token Ring.

En la siguiente figura se muestra una conexión típica en estrella.



Un computador Central en una red en estrella

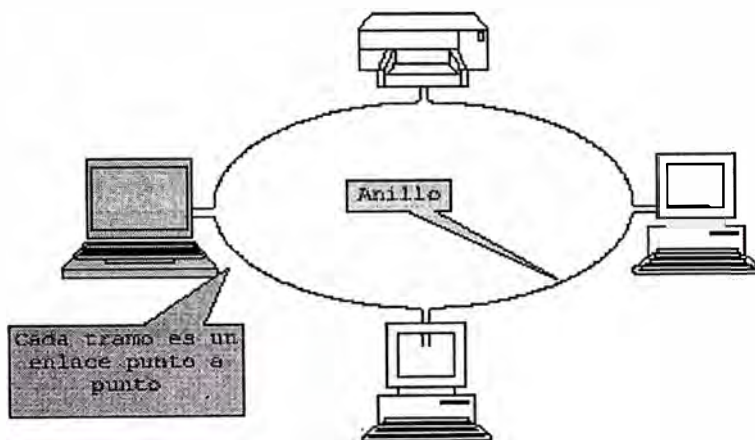
**Figura. 1.8 - Redes en estrella.**

En las redes de telefonía, es fácil advertir que el nodo central es, por ejemplo, una central telefónica zonal, mientras que cada extremo remoto es un sitio de usuario que contiene, por ejemplo, un teléfono. En este caso, además, la red es conmutada.

**d) Redes tipo Anillo.-** En este tipo de redes, el enlace une a cada ETD consecutivamente, cerrando el círculo uniéndolo con el primero. Los ETD se interponen en el camino del enlace. Esto significa que interrumpen el enlace, siendo que éste entra y sale del ETD o del ECD, si hubiera.

La información, en la forma de tramas o de mensajes, circula en una única dirección, entrando al ETD, siendo procesado y continuando. Como se podrá ver, la información se pone en el enlace y todos la van a recibir, pero sólo el que corresponde la va a procesar.

En la práctica, los anillos suelen ser lógicos. Tomemos, por ejemplo, las redes de área local con protocolo Token Ring. En ellas, cada estación está conectada en estrella a un dispositivo central, que se llama MAU o CAU. Pero éste tiene como función únicamente recibir una trama de una estación y redireccionarla a la siguiente estación, controlando que ella esté presente, para saber tiene que direccionar o saltar.



Red LAN muy difundida: Token Ring

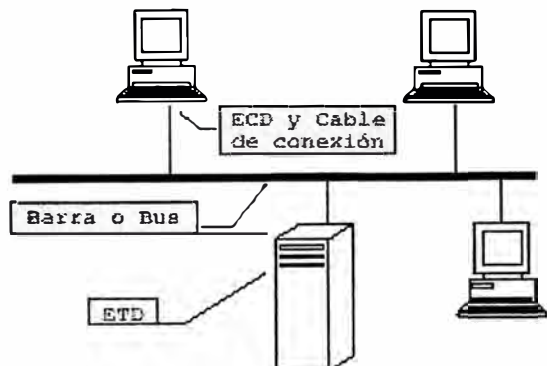
**Figura. 1.9 - Red en anillo.**

Así la red es físicamente una estrella, pero lógicamente un anillo, porque nunca se invierte el orden establecido.

Tienen el inconveniente de que el mensaje tiene que dar una vuelta casi completa al anillo en la situación más desfavorable. Pero por otro lado, son previsibles en cuanto al tiempo que demorará el mensaje en llegar a destino, lo que permite armar redes de tiempo real.

e) **Redes tipo Bus.**- El término bus, que es el término inglés de este tipo de red en la que se utiliza un enlace difuso para conectar a cada estación.

Puede representarse como una barra de la cual se desprende un cable (llamado habitualmente un cable drop, o una T) para conectar a una estación. De este modo, la conexión queda como un vínculo en paralelo estación.



**Figura. 1.10 - Una red tipo bus**

Se puede encontrar también bajo la forma de un enlace que se conecta secuencialmente de estación en estación, pero esto es, formalmente, un anillo abierto. Esta topología es la que utilizan las redes tipo LAN con protocolo Ethernet, aún aquellas que se construyen con el dispositivo llamado hub que conecta las estaciones

en estrella, porque en la práctica, para ellas la estrella es también sólo aparente. En realidad, en el hub internamente está construida la barra y cada conector que soporta un enlace en estrella hacia una estación, es una T.

A diferencia de las redes en estrella, donde la caída de un enlace directo a una estación no afecta sino a esa sola estación, en las redes en bus la rotura de la barra deja inhabilitada toda la red, este tipo de red se aprecia en la siguiente figura.

**f) Redes tipo Malla.-** Son aquellas formadas por enlaces punto a punto entre los nodos, en una configuración del tipo todos con todos. Se le puede ver en la figura 1.6. Al tener caminos redundantes, se aumenta la disponibilidad de enlaces entre los nodos.

La utilización más usual de estas redes es en conmutación de paquetes y de conmutación de mensajes para las aplicaciones de transporte de datos. Sin embargo, si analizamos las redes de transporte de voz, que suelen ser de conmutación de circuitos, encontraremos que también son redes del tipo malla. Los nodos trabajan de dos modos: con un enlace activo a un tiempo, o varios (o todos) activos al mismo tiempo. Los nodos que satisfacen este último criterio, suelen tener capacidad de control no sólo sobre el vínculo sino que, mediante los protocolos adecuados, suelen manejar la comunicación para poder secuenciar los paquetes o administrar los mensajes puestos en cada vínculo. Como consecuencia de su configuración, las redes en malla terminan teniendo nodos terminales o finales (end node) y nodos de paso o intermediarios (intermediate node).

### 1.1.5 Clasificación de una red por su extensión o cobertura

Uno de los aspectos más estudiados de las redes, son sus características dependiendo de la cobertura geográfica que tengan. Encontraremos redes de distintas magnitudes, que en cada caso, se llaman LAN y WAN.

**a) Redes LAN.-** Abarcan el área geográfica de un edificio. Se puede generalizar indicando que su cobertura es, en general,  $10^3$  metros. Redes LAN

En una red de este tipo, los ETD son generalmente, pero no necesariamente, computadoras, ya sea personales, del tipo rango medio o grandes computadoras trabajando en modo estación de trabajo o servidor. También se encuentra terminales no inteligentes o tontas trabajando con sus correspondientes computadoras.

Existe para este tipo de redes, entre otros, dos protocolos muy difundidos llamados Ethernet y Token Ring que utilizan distintos medios de comunicación, como cable de tipo par trenzado (UTP: Unshielded Twisted Pair), coaxial, fibra óptica o enlaces no tangibles. Desarrollan velocidades de transmisión del orden de  $10^1$  y  $10^2$  Mbps (por ejemplo, 10 Mbps Ethernet, 16 Mbps Token Ring, 100 Mbps Fast Ethernet), y como su cobertura es limitada, utilizan equipamiento para mejorarla, generalmente uniendo varios segmentos o interconectando varias LAN, utilizando para ello equipamiento como Repetidores, Puentes, Ruteadores, lo que a continuación se definen:

**a1) Repetidor.-** Alarga la cobertura de un segmento, amplificando la señal. Tiene un conector de entrada y uno de salida, ambos homogéneos respecto a los conectores que usa el segmento: por ejemplo RJ45 para par trenzado. Pueden ser utilizados, además, como convertidores de medio. El repetidor es un dispositivo sólo hardware al nivel más bajo de la conexión.

**a2)Puente.-** Tiene como objetivo enlazar dos redes de distintos protocolos. No tienen necesariamente sólo dos conectores homogéneos, sino que se configuran y generalmente es un dispositivo de hardware + software.

**a3) Ruteador.-** Su propósito es interconectar muchos segmentos de red, aunque se encuentren muy distantes, y controlar el tráfico en caso de que existan múltiples caminos entre estos segmentos. Al igual que el puente, el Ruteador (Router) es un dispositivo con software de administración. También al igual que el caso anterior, existen dispositivos específicos que tienen esta función, o las mismas se pueden llevar adelante con computadoras equipadas y programadas para ejecutarlas. Conviene tener presente que se los puede encontrar combinados con las funciones de un Puente (bridge), si bien no están muy difundidos. En estos casos, se los llama *brouter* .

**b) Redes WAN.-** Estas redes también son llamadas de área extendida o área extensa, y en la práctica son de cobertura ilimitada, ya que encadenan diferentes redes de cobertura menor. Para poder hacerlo, se valen generalmente de redes públicas y privadas, utilizando todo tipo de vínculos: no tangibles, como satélite y radio enlace, y tangibles, como pares de cobre, coaxiales y fibras.

Debido a su cobertura también se las llama interurbanas aunque este calificativo no logre abarcar realmente que son ilimitadas, dando servicios de todo tipo, para todo tipo de ETD.

## **1.2 Redes de Banda Ancha**

No hay una definición legal ó universalmente aceptada del término “Banda Ancha”, técnicamente se asocia a cualquier tecnología de acceso capaz de generar velocidades

de transferencia mayores a 2 megabits por segundo, se tiene conocimiento que Unión Europea (UE) ha incorporado una propuesta en el plan e-Europe 2005 en la que se cita la referencia de que la banda ancha empieza en los 2 Mb/seg. En este momento estaríamos hablando de la tecnología de Línea digital asimétrica del abonado (ADSL: Asymmetric Digital Subscriber Line), que sí permite llegar a esos 2 Mb, del cable, del Servicio de distribución punto, multipunto (LMDS: Local Multipoint Distribution Service), del satélite y, llegado al caso, hasta de la tecnología que proporciona el Sistema Universal de telecomunicaciones móviles (UMTS: Universal Mobile Telecommunications System).

En el lenguaje cotidiano, sin embargo, la banda ancha se relaciona con las tecnologías superiores a 64 kilobits por segundo. El punto de referencia para ponderar las ventajas de las diferentes tecnologías de banda ancha es el módem casero que tiene una capacidad límite de 56 kilobits por segundo. Esta es la velocidad máxima que un usuario puede lograr en un enlace discado a Internet, pues compite en varios niveles con el resto de los usuarios conectados: tanto en el ancho de banda suministrado por el proveedor de Internet, como en el acceso a los sitios web más visitados.

Las denominadas tecnologías de banda ancha coinciden en una importante ventaja: el acceso es permanente.

Las Redes que podemos considerar de Banda ancha son:

Red Digital de Servicios Integrados para banda ancha (B-ISDN: Broadband Integrated Services Digital Network), ATM, ADSL, FRAME RELAY, Redes de anillo local (WLL: Wireless Local Loop), Servicio de distribución punto, multipunto



(LMDS: Local Multipoint Distribution Service), Sistema de distribución de microondas multipunto (MMDS: Multipoint Microwave Distribution System)

## **CAPITULO II**

### **EL ATM**

#### **2.1 Introducción al ATM**

La tecnología ATM es el corazón de los servicios digitales integrados que ofrecerán las nuevas redes B-ISDN, para muchos ya no hay cuestionamientos; el llamado tráfico del "Cyber espacio", con su voluminoso y tumultuoso crecimiento, impone a los operadores de redes públicas y privadas una voraz demanda de anchos de banda mayores y flexibles con soluciones robustas. La versatilidad de la conmutación de paquetes de longitud fija, denominadas celdas ATM, son las tablas más calificadas para soportar la cresta de esta "Ciberola" donde los surfedores de la banda ancha navegan.

Algunos críticos establecen una analogía de la tecnología ATM con el ISDN. Al respecto se escuchan respuestas de expertos que desautorizan esta comparación aduciendo que la ISDN es una gran tecnología que llegó en una época equivocada, en términos de que el mercado estaba principalmente en manos de actores con posiciones monopolísticas.

Ahora el mercado está cambiando, la ISDN está encontrando una gran cantidad de aplicaciones. De toda forma la tecnología ATM se proyecta para diferentes necesidades, a pesar de su estrecha relación con ISDN, en términos de volúmenes de datos, flexibilidad de conmutación y facilidades para el operador.

Los conmutadores ATM aseguran que el tráfico de grandes volúmenes es flexiblemente conmutado al destino correcto. Los usuarios aprecian ambas cosas, ya que se cansan de esperar los datos y las pantallas de llegada a sus terminales. Estas necesidades cuadran de maravilla para los proveedores de servicios públicos de salud, con requerimientos de videoconferencias médicas, redes financieras interconectadas con los entes de intermediación y validación, o con las exigencias que pronto serán familiares como vídeo en demanda para nuestros hogares con alta definición de imágenes y calidad de sonido de un disco compacto (CD: Compaq Disk), etc.

Para el operador, con la flexibilidad del ATM, una llamada telefónica con tráfico de voz será tarifado a una tasa diferente a la que estaría dispuesto a pagar un cirujano asistiendo en tiempo real a una operación al otro lado del mundo. Ese es una de las fortalezas de ATM usted paga solamente por la carga de celdas que es efectivamente transportada y conmutada para usted. Además la demanda por acceso a Internet ha tomado a la industria de telecomunicaciones como una tormenta. Hoy día los accesos conmutados a Internet están creando "Cuellos de Botella" en la infraestructura. Para copar este problema los fabricantes no solo han desarrollado sistemas de acceso sino aplicaciones para soluciones de fin a fin con conmutadores ATM, con solventes sistemas de administración de la red (Network Management).

En varios aspectos, ATM es el resultado de una pregunta similar a la de teoría del campo unificada en física ¿Cómo se puede transportar un universo diferente de servicio de voz, vídeo por un lado y datos por otro de manera eficiente usando una simple tecnología de conmutación y multiplexación?.

ATM contesta esta pregunta combinando la simplicidad de la multiplexación por división en el tiempo (TDM: Time Division Multiplex) encontrado en la conmutación de circuitos, con la eficiencia de las redes de conmutación de paquetes con multiplexación estadística. Por eso es que algunos hacen reminiscencias de perspectivas de conmutación de circuitos mientras que otros lo hacen a redes de paquetes orientados a conexión.

### **2.1.1 El Modelo OSI y ATM**

Se puede realizar alguna comparación con los niveles de la arquitectura del sistema de interconexión abierta (OSI: Open System Interconnection) y ATM, pues existe actualmente discusión académica sobre a qué niveles OSI corresponde cada nivel ATM.

Se puede decir que la capa AAL corresponde principalmente a un nivel de transporte, aunque también cumple funciones de nivel de enlace de datos.

El nivel ATM tiene la funcionalidad del nivel de red y también cumple funciones de nivel de enlace de datos de OSI

El nivel físico comparte ciertas tareas propias del nivel de enlace de datos de OSI y por su puesto todas las funciones del nivel físico de OSI.

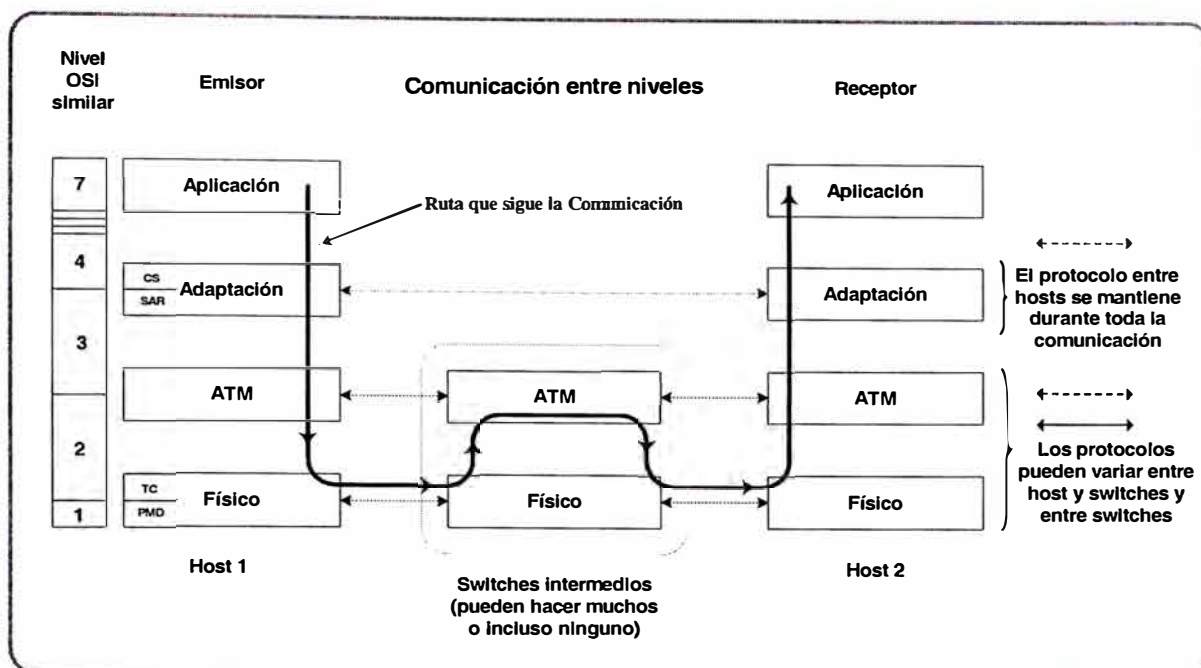


figura N° 2.1 – Correspondencia del modelo OSI con ATM

## 2.2 Multiplexación en ATM

Previamente vamos a indicar algunos conceptos de lo que significa multiplexación en comunicaciones.

Se puede conceptuar multiplexación como la transmisión electrónica simultánea de dos o más mensajes en una o ambas direcciones sobre una sola trayectoria de transmisión, con las señales separadas en tiempo o frecuencia. Por ejemplo en TDM, diversos intervalos del tiempo se emplean para diversas señales.

Para entender como fluyen las celdas en ATM, vamos primero a entender los conceptos Camino Virtual (VP: Virtual Path) y Circuito Virtual (VC: Virtual Circuit) Debido a que para las compañías de comunicaciones es impracticable dedicar un circuito especial para cada posible comunicación entre sus suscriptores, cuando en realidad la mayoría del tiempo no se está comunicando se inventó el Circuito Virtual,

para ello se establece una ruta entre dos suscriptores, que permanece inactiva (sin usar los recursos) hasta el momento en realmente desean comunicarse.

El concepto de camino virtual VP es un nivel más de abstracción de ATM, un camino virtual puede contener a muchos circuitos virtuales.

Cada circuito virtual es como una llamada telefónica entre dos estaciones. La llegada en orden es garantizada sólo dentro de un circuito virtual, no entre circuitos de un mismo camino virtual.

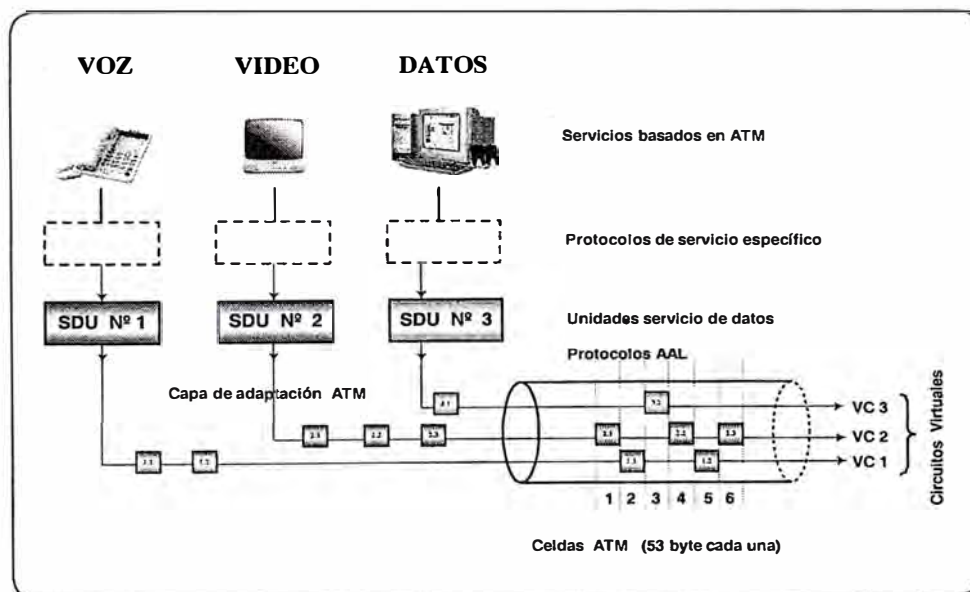
La idea detrás de este nuevo concepto es proveer de una mayor abstracción a lo ruteadores. Antes, se gastaba mucho tiempo en mirar el encabezado de un paquete para decidir por cuál línea debía ser enviado. Ahora en camino virtual será la misma para todos los circuitos que se vayan hasta un mismo Conmutador (switch) final. A este switch estarán conectadas varias estaciones. Recién ahí se determinará el curso de una celda según su circuito virtual. De este modo, los switches intermedios, solo deben de mirar la ruta virtual de cada celda y solo en el final su circuito virtual.

Una ventaja adicional de este nuevo nivel de abstracción, es la mayor facilidad de mantenimiento de las conexiones. Por ejemplo, si una línea entre dos switches se corta, es posible cambiar el camino que seguirán las celdas, simplemente cambiando la línea de destino de una ruta virtual. Antes había que cambiar la línea de destino de todos los circuitos virtuales que salían a la línea afectada.

Un examen más cercano del protocolo ATM y cómo opera ayudará a explicar cómo los circuitos virtuales, las rutas virtuales, los conmutadores y los servicios que ellos acarrear se afectan entre sí.

La figura 2.2 muestra un formato básico y la jerarquía de ATM. Una conexión ATM, consiste de "celdas" de información contenidos en VC.

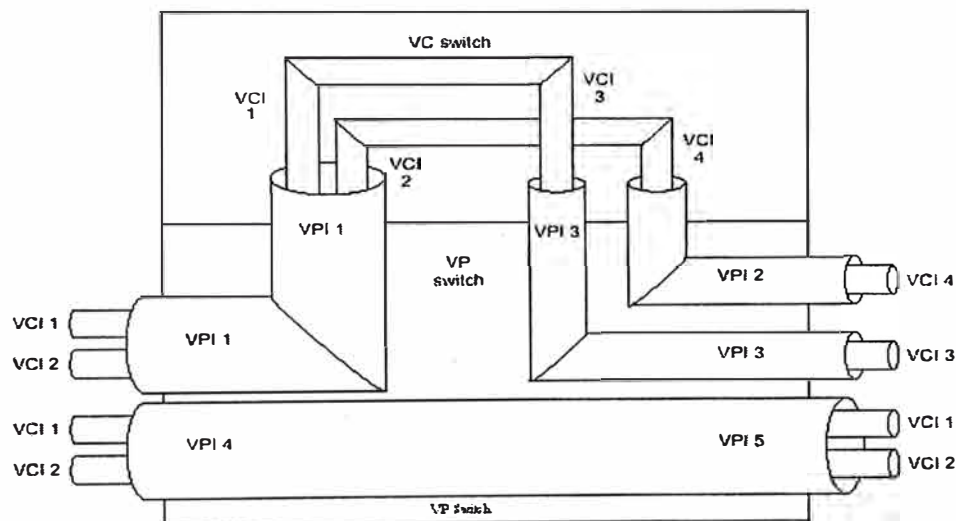
Estas celdas provienen de diferentes fuentes representadas como generadores de bits a tasas de transferencia constantes como la voz y a tasas variables tipo ráfagas (bursty traffic) como los datos. Cada celda compuesta por 53 bytes, de los cuales 48 (opcionalmente 44) son para trasiego de información y los restantes para uso de campos de control (cabecera) con información de "quién soy" y "donde voy"; es identificada por un Identificador de Circuito Virtual (VCI: Virtual Circuit Identifier) y un Identificador de Camino Virtual (VPI: Virtual Path Identifier) dentro de esos campos de control, que incluyen tanto el enrutamiento de celdas como el tipo de conexión. La organización de la cabecera (header) variará levemente dependiendo de si la información relacionada es para interfaces de red a red o de usuario a red. Las celdas son enrutadas individualmente a través de los conmutadores basados en estos identificadores, los cuales tienen significado local - ya que pueden ser cambiados de interface a interface.



**Figura 2.2 - Formato básico y la Jerarquía de ATM**

Como una reminiscencia en los años 80 se probaba en Francia un sistema de transmisión de voz que usaba celda de 32 bytes. Al mismo tiempo en Estados Unidos y Australia se probaba el sistema de Distribución de Colas Usando Bus Dual (DQDB: Distributed Queue Dual Bus), que tiene 64 bytes. Al momento de decidir el tamaño de la celda ATM, ambos grupos presionaron en la CCITT, por lo que salomónicamente el tamaño fue definido en la mitad entre 64 y 32, o sea 48 bytes.

La técnica ATM multiplexa muchas celdas de circuitos virtuales en una ruta (path) virtual colocándolas en particiones (slots), similar a la técnica TDM. Sin embargo, ATM llena cada slot con celdas de un circuito virtual a la primera oportunidad, similar a la operación de una red conmutada de paquetes. La figura No.2.3 describe los procesos de conmutación implícitos en los VC switches y los VP switches.



**Figura 2.3 - Conmutación en los VC y VP**



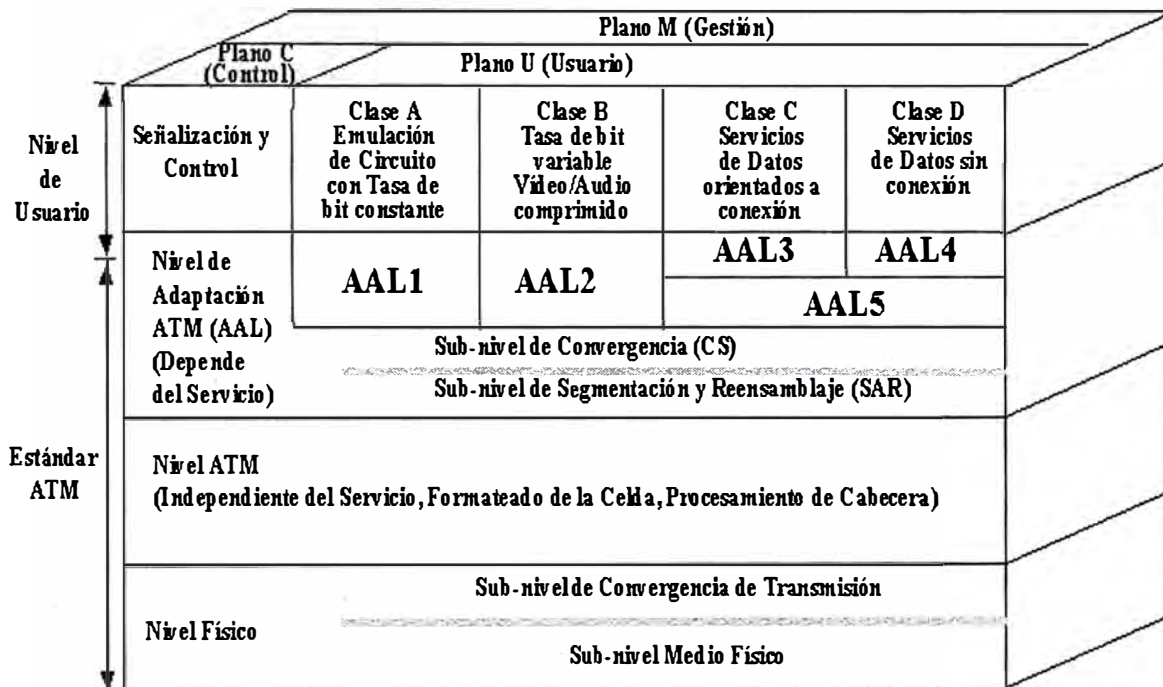
Los slots de celda no usados son llenados con celdas desocupadas (dile), identificadas por un patrón específico en la cabecera de la celda, este proceso se aplica a celdas enteras.

Diferentes categorías de tráfico son convertidas en celdas ATM vía el AAL, de acuerdo con el protocolo usado.

La tecnología ATM ha sido definida tanto por el Instituto Nacional Americano de Estándares (**ANSI**: American National Standards Institute) como por el **CCITT** a través de sus respectivos comités ANSI T1, UIT SG XVIII, como la tecnología de transporte para la B-ISDN, la RDSI de banda ancha. En este contexto "transporte" se refiere al uso de técnicas de conmutación y multiplexación en la capa de enlace (Capa 2 del modelo OSI) para el trasiego del tráfico del usuario final de la fuente al destino, dentro de una red. El ATM Forum, que agrupa a fabricantes y usuarios dedicado al análisis y avances de ATM, ha aprobado cuatro velocidades para Interfase de Red a Usuario (UNI: User Network Interfases) para ATM: DS3 (44.736 Mbit/s), SONET STS3c (155.52 Mbit/s) y 100 Mbit/s para UNI privados y 155 Mbit/s para UNI privadas. UNI privadas se refieren a la interconexión de usuarios ATM con un switch ATM privado que es manejado como parte de la misma red corporativa. Aunque la tasa de datos original para ATM fue de 45 Nimitos especificado para redes de operadores (carriers) con redes T3 existentes, posteriormente se han venido evaluando velocidades UNI adicionales, las cuales se están ofreciendo. También hay un alto interés en interfases, para velocidades E1 (2Mbps) y T1 (1,544 Mbps) para accesos ATM de baja velocidad.

## 2.3 El Protocolo ATM

El protocolo ATM consiste de tres niveles o capas básicas, el primero es la capa física, el segundo es la capa ATM y la tercera es la capa de adaptación de ATM (AAL), cabe señalar que este modelo de referencia fue propuesto por el CCITT, estos niveles pueden apreciarse claramente es el gráfico que a continuación se muestra.



**Figura 2.4 - Protocolo de Modelo de Referencia para ATM**

Las funciones han sido divididas en tres grupos conocidos como planos:

El plano C de control y señalización, el plano U de usuario y el plano M de gestión.

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

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

Los protocolos del plano M se encargan de la Operación, Administración y Mantenimiento (OAM: Operating, Administrating and Maintenance), esto permite intercambiar información de operación y mantenimiento con el plano de administración.

Los protocolos de los tres planos hacen uso de los servicios ofrecidos por los tres niveles ATM.

A continuación se detallaran los tres niveles de los que está compuesto el protocolo ATM

### **2.3.1 La Capa Física (Physical Layer)**

En esta capa se definen las interfases físicas con los medios de transmisión, los protocolos de trama y codificación para la red ATM. El protocolo de trama es responsable de la correcta transmisión y recepción de los bit en el medio físico apropiado.

A diferencia de muchas tecnologías LAN como Ethernet, que especifica ciertos medios de transmisión, (10 base T, 10 base 5, etc.) ATM es independiente del transporte físico. Hay diferentes opciones de conexiones físicas.

La especificación del ATM Forum con relación a la Interfase Usuario Red (ATM UNI) actualmente define SONET/SDH STS-3c (155.52 Mbps), DS3(44.736 Mbps), E3(34.368 Mbps), posiblemente DS1/E1, así como 100 Mbps con codificación 4B/5B para fibra local (derivado del estándar para distribución de datos por fibra óptica (FDDI: Fiber Distributed Data Interface) / Interface asíncrona transparente

para transmisión / recepción (TAXI: Transparent Asynchronous Transmitter/Receiver Interface)) y 155 Mbps con codificación 8B/10B sobre fibra óptica multimodo (basado en Canal de fibra). Existen varias propuestas para el uso de Par Trenzado apantallado (STP: Shielded Twisted Pair) o par trenzado no apantallado (UTP: Unshielded Twisted Pair), enfrentándose todas ellas al problema común de transmitir 100+ Mbps sobre la extensa base instalada de UTP (principalmente tipo 3) sin violar los límites de interferencia de la Comisión Federal de Comunicaciones (FCC: Federal Communications Comisión). El ATM Forum ha aprobado las especificaciones para UTP Categoría 5 con codificación SONET STS-3c a 155.52 Mbps, así como UTP Categoría 3 con codificación SONET STS-1 a 51.84 Mbps. La empresa de Informática (IBM: International Bussines Machines) propone UTP Categoría 3 con codificación 4B/5B a 25.6 Mbps.

Cada conexión física al conmutador ATM es un enlace dedicado y todos los enlaces pueden estar simultáneamente activos. Los conmutadores ATM están diseñados para permitir a todos los puertos comunicarse transparentemente e independiente de la velocidad física. Esto permite que la conexión física esté acoplada con los requerimientos de ancho de banda del dispositivo conectado. La conversión de velocidad es una característica inherente de ATM, tampoco tiene restricciones topológicas de las redes clásicas tales como Token Ring o Ethernet.

El nivel físico (PHY), proporciona al nivel ATM los medios para transportar celdas ya configuradas.

Define los interfases físicos con los medios de transmisión, Este nivel está dividida a su vez por dos subcapas:

La subcapa física dependiente del medio (**PMD: Physical Medium Dependent**) y La subcapa de convergencia de transmisión (**TC: Transmission Convergence**)

La selección del medio físico determina la operación de ambos subniveles.

**a) El subnivel PMD.-** Tiene que ver con los detalles que se especifican para velocidades de transmisión, tipos de conectores físicos, extracción de reloj, etc., Por ejemplo, la tasa de datos del estándar para redes ópticas síncronas (**SONET: Synchronous Optical Network**) que se usa, es parte del PMD, define cosas tales como formas de onda, ordenación de los bits, codificación en línea, sincronización, etc. Además, para tráfico con temporización relacionada, proporciona información de temporización al nivel AAL.

**b) El subnivel TC.-** Es la clave para que la celda ATM, viaje libremente sobre una amplia variedad de medios, este subnivel tiene que ver con la extracción de información contenida en la misma capa física. El subnivel TC empaqueta las celdas ATM salientes en la estructura de trama del medio de transmisión, rellenando con celdas nulas según se necesite. A la recepción, el subnivel TC determina los contornos de las celdas, extrayéndolas del flujo de bits, descartando celdas nulas o erróneas y finalmente entregándolas al nivel ATM.

Otra función importante de esta subcapa es intercambiar información de operación y mantenimiento (OAM) con el plano de administración.

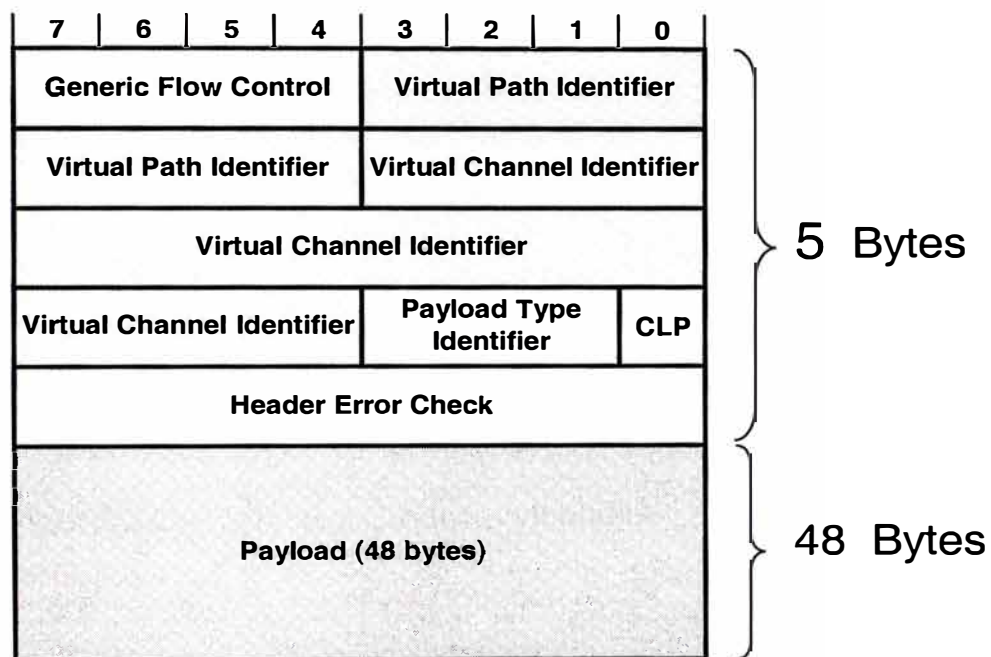
### **2.3.2 La Capa ATM**

Este nivel está considerada como el núcleo de la tecnología ATM, en este nivel se define la estructura de la celda ATM, está encargado de construcción/extracción de cabeceras, mantiene los identificadores de las conexiones, realiza el ruteo (routing)

entre nodos, multiplexa/demultiplexa las celdas por los medios físicos de transmisión y su entrega secuencial dentro de una conexión virtual

Adicionalmente es el responsable de la conmutación y transmisión de las celda ATM, así mismo este nivel es independiente del servicio

El formato de la celda ATM es muy simple y consiste en 5 bytes de cabecera y 48 bytes para información. La siguiente la figura nos ilustra como es el formato de la celda ATM.

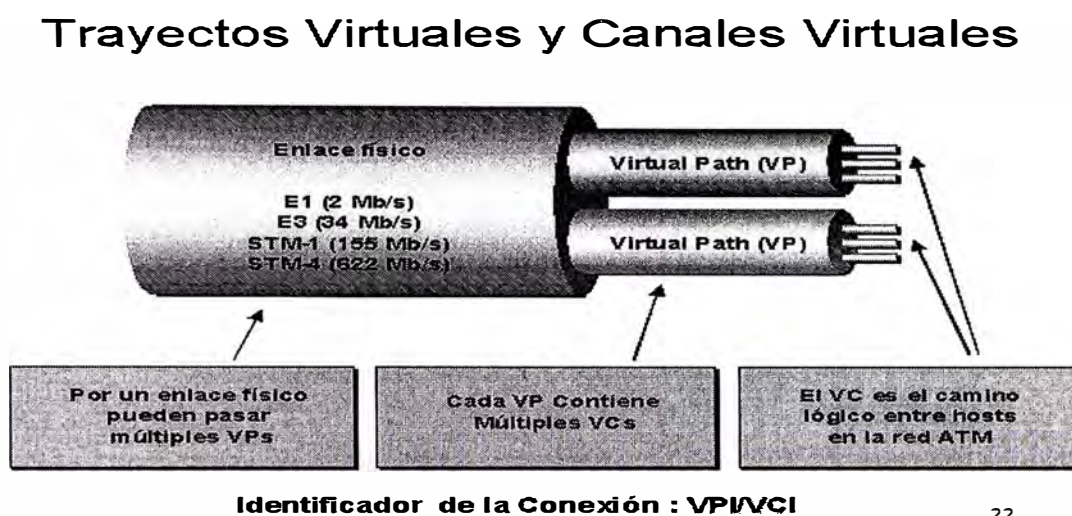


**CLP : Cell Loss Priority**

**Figura 2.5 - Estructura de una celda ATM**

En esta capa se define la estructura de la cabecera de la celda ATM, y el procedimiento de flujo de las celdas sobre las conexiones lógicas en la red ATM. Realiza las funciones de multiplexación estadística de celdas procedentes de diferentes conexiones, y su encaminamiento sobre las conexiones virtuales. Las

conexiones lógicas en el nivel ATM, están basadas en el concepto de Camino Virtual VP y Canal ó Circuito Virtual VC. Una Conexión de Camino Virtual (VPC: Virtual Path Connection) es una colección de Conexiones de Canal Virtual (VCC: Virtual Chanel Connection) que son transportados a lo largo del mismo camino o ruta. Estos conceptos se ilustra en la figura que se muestra a continuación.



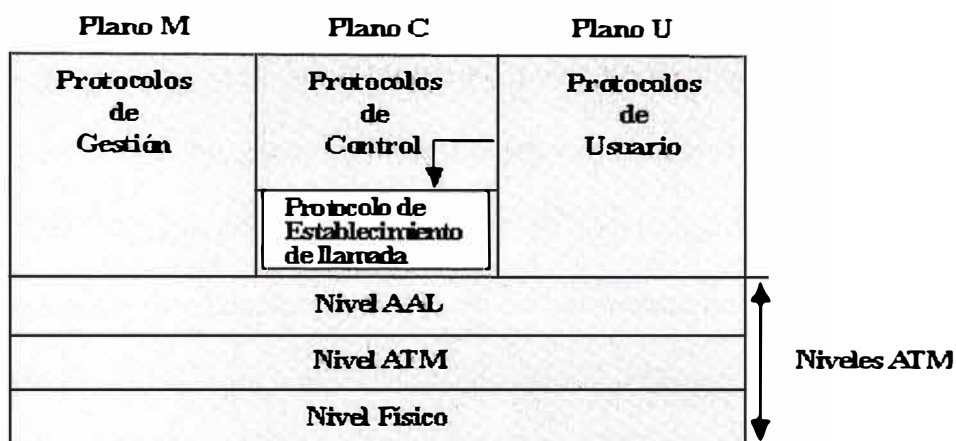
22

**Figura 2.6 – Canales y Circuitos virtuales**

Un conmutador de tránsito podría reaccionar únicamente a la información de camino (VPC), mientras que los conmutadores terminales reaccionarían a la información de fan-out (VCC), pudiéndose mapear diferentes sesiones contra la información que indican los Identificadores de VCIs sobre la misma conexión VPC.

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

funciones de control y señalización asociadas con el plano C, y por lo tanto fuera del modelo de referencia ATM (Ver figura 2.7), permiten al usuario establecer y determinar dinámicamente VPCs y VCCs . Dentro de una red ATM, el camino seguido por los mensajes de señalización es una conexión virtual específica conocida como Conexión de Canal Virtual para Señalización (SVCC: Signaling Virtual Circuit Connection).



**Figura 2.7 – Protocolos externos a ATM**

Un descriptor de tráfico, o contrato usuario-red, define los parámetros y reglas de cada VPC y VCC. Están especificados descriptores de tráfico definiendo pico de tráfico (PCR: Peak Cell Rate), longitud máxima de ráfagas (MBS: Maximum Burst Size), tasa de bit media (SCR: Sustainable Cell Rate), variación del retardo (CDVT: Cell Delay Variation Tolerance). El protocolo de control de la conexión negocia la clase de servicio específica y las características del ancho de banda de cada circuito virtual durante el establecimiento de la llamada. La red propaga esa petición internamente hasta su destino y verifica si los requerimientos exigidos se van a poder



cumplir. En caso afirmativo, la red acepta el circuito y a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento. Esto permite que cada circuito virtual sea cortado a medida para su uso específico, por ejemplo vídeo o paquetes de datos, siendo la calidad del servicio (QoS: Quality of Service) una característica inherente de ATM.

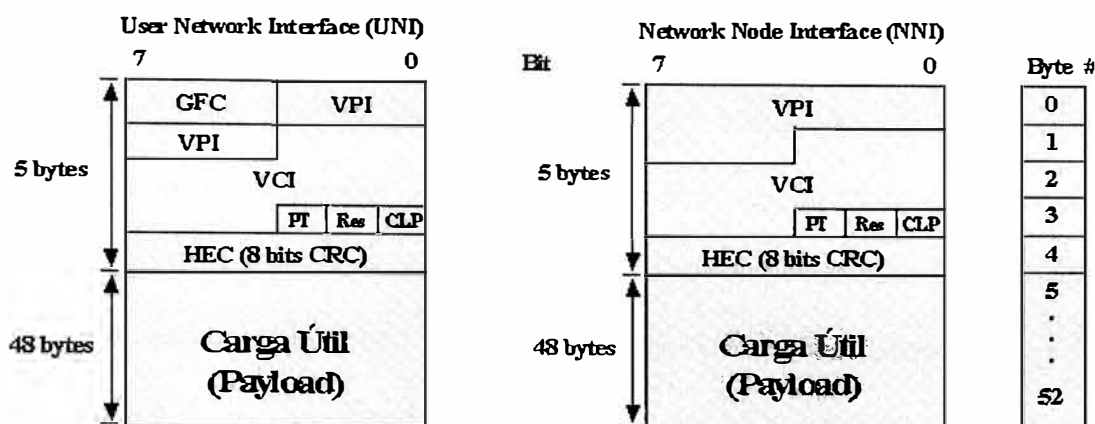
Las celdas son transmitidas serialmente y se propagan en estricta secuencia numérica a través de la red. El tamaño de la celda ha sido escogido como un compromiso entre una larga celda, que es muy eficiente para transmitir largas tramas de datos y longitudes de celdas cortas que minimizan el retardo de procesamiento de extremo a extremo, que son buenas para voz, vídeo y protocolos sensibles al retardo. A pesar de que no se diseñó específicamente para eso, la longitud de la celda ATM acomoda convenientemente dos Fast Packets IPX de 24 bytes cada uno.

Los comités de estándares han definido dos tipos de cabeceras ATM: las interfaces de usuario a red (UNI: User-to-Network Interface) y las interfaces de red a red (NNI: Network to Network Interface).

**a) La UNI.-** Es un modo nativo de interfaz ATM que define la interfaz entre el equipo del cliente (Customer Premises Equipment), tal como concentradores ATM (hubs) o ruteadores ATM (routers) y la red de área ancha ATM (ATM WAN).

**b) La NNI.-** Define la interfase entre los nodos de las redes (los switches o conmutadores) o entre redes. La NNI puede usarse como una interfase entre una red ATM de un usuario privado y la red ATM de un proveedor público (carrier). Específicamente, la función principal de ambos tipos de cabeceras de UNI y la NNI, es identificar los VPI y los VCI como identificadores para el ruteo y la conmutación de las celdas ATM.

Podemos apreciar a continuación en el gráficos que se muestra los formatos de cabecera tanto para un UNI como para un NNI.



GFC - Generic Flow Control (4 bits)  
 VPI - Virtual Path Identifier (8-12 bits)  
 VCI - Virtual Channel Identifier (16 bit)  
 PT - Payload Type  
 CLP - Cell Loss Priority (CLP=0 Alta, CLP=1 Baja)  
 HEC - Header Error Control (CRC de 8 bits)

**Figura 2.8 – Formatos de cabecera de un UNI y un NNI**

El formato de cabecera para el lado de Usuarios (ATM – UNI), utilizado en el enlace de acceso entre el usuario y la red, y está pensado para usuarios que utilizan equipos que trabajan en modo nativo ATM y que generan directamente celdas. El campo Control de Flujo Genérico (GFC: Generic Flow Control) solo tiene significado únicamente en este enlace y se incluye para asignar prioridades a las diferentes celdas, dependiendo del tipo de información que transportan, y que estas sean colocadas en diferentes colas de salida según su prioridad.

El formato de cabecera para el lado NNI, solo se diferencia del formato de la UNI en el campo GFC, ya que es este formato no está presente, y en su lugar se amplía el campo VPI.

El campo Tipo de Carga útil (PT: Payload Type) se utiliza para permitir que las celdas de los planos C y M, se distingan de las celdas conteniendo información de Usuario, y también para informar de la existencia de congestión. El protocolo AAL5, que más adelante estudiaremos utiliza un bit del campo PT para indicar el fin del mensaje (EOM: Ending Of Message) de una trama AAL5 (PT=0x1). El bit de Prioridad de celda perdida (CLP: Cell Loss Priority) permite que las celdas tengan una de dos prioridades: es alta cuando el **CLP=0** y es baja cuando el **CLP=1**. Debido a que un conmutador ATM opera por multiplexación estadística de sus entradas, es posible que múltiples entradas compitan por una misma salida, dando lugar a que un buffer temporal se desborde en un enlace de salida de un nodo ATM. El bit CLP se utiliza para marcar aquellas celdas que en caso de congestión se puedan descartar primero. El campo de Control de error de cabecera (**HEC: Header Error Control**) es un verificador cíclica de redundancia (**CRC: Cyclic Redundancy Check**) de 8 bits para detección de errores en la cabecera (solo), especialmente si el direccionamiento es correcto. Si falla, la celda es descartada. Si es correcto, se puede proceder inmediatamente a la conmutación.

Las celdas vacías también son descartadas y se caracterizan por que su VPI/VCI es cero.

### **2.3.3 Introducción al estudio de la Capa AAL**

Esta capa es la responsable de las relaciones con el mundo externo, por esta razón el nivel AAL solo se encuentra en los nodos terminales de la red.

Su misión es aceptar la información, adaptando los niveles superiores de comunicaciones no ATM a los formatos ATM.

Esta capa provee las funciones orientadas al usuario no comprendidas en la Capa ATM y permite a la Capa ATM transportar diferentes protocolos y servicios de capas superiores

ATM ha sido definido para proporcionar un soporte de conmutación y transmisión flexible para tráfico multimedia. En consecuencia, es esencial que ATM soporte un rango de tipos de servicios alternativos. Mas aun, excepto para aquellas aplicaciones que generan directamente celdas, el uso de la conmutación y transmisión de celdas ha de ser totalmente transparente al equipo del usuario. El nivel AAL, como su nombre indica, realiza las funciones de adaptación (convergencia) entre las clases de servicio proporcionadas al usuario, por ejemplo transportar tramas de datos entre dos LANs, y el servicio basado en celdas proporcionado por ATM.

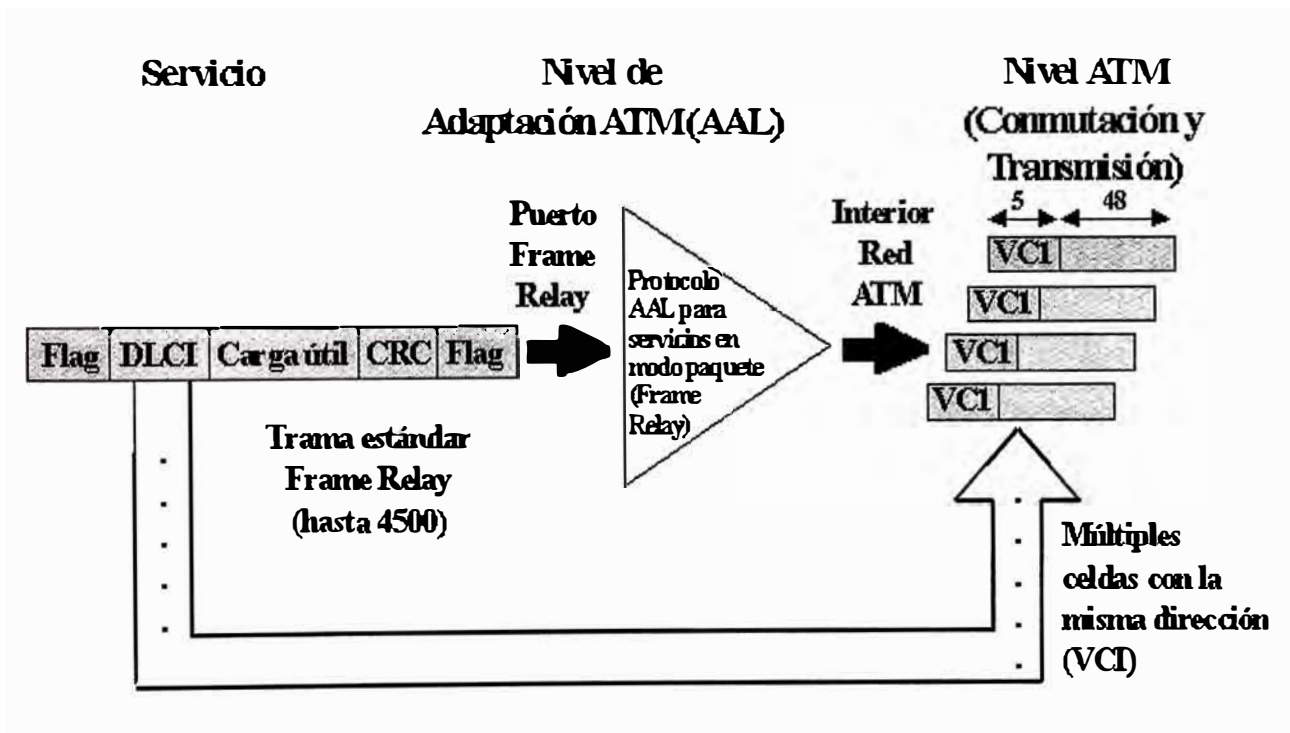


Figura 2.9 – Servicio de adaptación del nivel AAL

Cuando una trama o flujo de bits, cualquiera que sea su origen (voz, datos, imagen o vídeo), entra en una red ATM, el nivel AAL la segmenta en celdas. El proceso comienza inmediatamente cuando la primera parte de la trama entra en el conmutador de acceso a la red ATM; no hay que esperar hasta que la trama entera haya llegado, la figura 2.9 nos ilustra este proceso.

Las celdas generadas son enviadas a través de la red ATM a alta velocidad, por ejemplo a 622 Mbps. Durante la totalidad del proceso, hay únicamente un punto donde la trama completa podría estar almacenada: en el punto de salida de la red, sin embargo bastará que haya un número suficiente de celdas en el punto de salida para comenzar la entrega al usuario.

En los conmutadores intermedios, todas las celdas son despachadas tan rápidamente como llegan. De hecho, en el momento que la trama ha entrado totalmente en el conmutador de acceso a la red, la mayor parte de la trama estará ya en el puerto de destino, próxima a salir o saliendo de la red ATM. Esta tecnología evita el retardo de serialización causado por otras técnicas, que emplean la aproximación de almacenamiento de la trama y su posterior envío. También la utilización de celdas de tamaño pequeño y fijo, permite el intercalado y priorización de celdas en los buffers de salida de los conmutadores ATM, reduciéndose la sensibilidad a la congestión.

En un principio ATM estaba siendo desarrollada en la CCITT (ahora ITU-T). Pero como muchos visionarios no querían que pasara lo mismo que con ISDN, se llevaron el proyecto consigo y formaron el ATM Forum. Las personas y organizaciones que lo fundaron eran del área de telefonía. Más tarde las empresas de computación y redes se dieron cuenta que los servicios proveídos no les era muy útiles y se incorporaron para mejorar esto.

La Capa de AAL soporta cuatro tipos de servicios: Clases A, B, C y D. Estos servicios se definieron cuando ATM estaba en la CCITT.

La Clase de Servicio (A), permite emulación de Circuito con tasa de bit constante, esta clase de servicio es soportada por AAL1.

La Clase de Servicio (B), permite tasa de bit variable generado por ejemplo por video o audio comprimido, esta clase de servicio es soportada por AAL2.

La Clase de Servicio (C), es un tipo de servicio orientado a conexión, esta clase de servicio es soportada por AAL3.

La Clase de Servicio (D), es un tipo de servicio de datos sin conexión, esta clase de servicio es soportada por AAL4.

Posteriormente se dieron cuenta que en realidad las clases C y D tienen los mismos requerimientos, por lo que se unió el protocolo 3 y 4 en un único protocolo llamado ahora AAL3/4.

Luego, en el ATM Forum la industria de la computación y redes decidieron que en realidad ninguno era útil y crearon el AAL5, por eso actualmente hay cuatro protocolos AAL1, AAL2, AAL3/4 y AAL5.

El protocolo AAL5, más comúnmente llamado Capa de Segmentación y Reensamblaje (SEAL: Segmentation And Reassembly Layer) Soporta tanto los servicios de clase C y D. Este protocolo es una versión más sencilla y eficiente de la AAL 3 y la AAL4 .

El nivel AAL realiza funciones de Segmentación y Reensamblado (SAR) para mapear la información de niveles superiores, al campo de Carga Útil del la celda.

Otras funciones de AAL son el control y recuperación de la temporización para las

clases de servicio A y B, así como la detección y manejo de celdas perdidas o fuera de secuencia.

Esta nivel a la vez se subdivide en dos subcapas

**a) Subcapa de Convergencia (CS: Convergence Sublayer)**

**b) Subcapa de Segmentación y Reensamblaje (SAR: Segmentation and Reassembly Sublayer)**

En el capítulo III describiremos a detalle esta capa y subcapas.

## **2.4 Calidad de Servicio ATM**

Con la aparición y demanda de nuevos servicios de Información se han generado nuevos tipos de tráfico que varían tremendamente en sus requerimientos. Generalmente, estas nuevas aplicaciones incorporan tráfico de alta resolución, video, audio, archivos de datos de gran tamaño, lo que conlleva a una mayor demanda de ancho de banda. Otro factor común de muchas de estas aplicaciones es que tratan con flujos de datos multimedia en tiempo real con estrictos requerimientos de temporización, fiabilidad o funcionalidades multicast.

Por otra parte, todos estos factores requieren una óptima asignación de recursos con objeto de ofrecer el servicio requerido sin penalizar por ello a otro tipo de aplicaciones o usuarios. Es decir, estas nuevas aplicaciones requieren que las redes ganen en inteligencia, por lo que para poder responder a estas nuevas funcionalidades es necesario añadir lo que llamamos Calidad de Servicio (**QoS**) a la red.

En resumen, la llegada de estas nuevas aplicaciones ha marcado el siguiente conjunto de requerimientos por parte de los usuarios:

- Comunicación de Banda Ancha

- Comunicaciones Interactivas o en tiempo real
- Acceso a recursos multimedia
- Comunicaciones seguras
- Comunicaciones muchos a muchos
- Flexibilidad en el uso de la red

A partir de esta lista de requerimientos de usuario, se pueden deducir un conjunto de requerimientos funcionales, como son un elevado ancho de banda, limitaciones temporales , funcionalidades multicast, seguridad, que a su vez finalmente se traducirán en una serie de requerimientos técnicos por parte de la red.

En la tabla 2.1, puede verse un ejemplo para la aplicación más compleja definida actualmente.

<b>Tipo</b>	<b>Latencia</b>	<b>Ancho de banda</b>	<b>Fiable</b>	<b>Multicast</b>	<b>Seguridad</b>	<b>Tiempo real</b>	<b>QoS dinámico</b>
Control	< 30 msg	64 Kbps	si	no	alta	no	bajo
Texto	< 100 msg	64 Kbps	si	no	media	no	bajo
Audio	< 30 msg	Nx128 Kbps	no	si	media	si	medio
Video	< 100 msg	Nx5 Kbps	no	si	baja	si	medio
Localización	< 10 msg	Nx128 Kbps	no	si	baja	si	medio
Base de datos	< 100 msg	> 1 Gbps	si	quizás	media	no	alto
Simulación	< 30 msg	> 1 Gbps	mezcla	quizás	media	quizás	alto
Rendering	< 30 msg	> 1 Gbps	no	quizás	baja	quizás	medio

**Tabla 2.1 - Ejemplo de requerimiento de calidad de servicio (QoS)**

En este documento se recogen los resultados iniciales de un proyecto cuyo principal objetivo era obtener la relación de correspondencia (mapping) entre la calidad de servicio **QoS** de varias aplicaciones o servicios de red, es decir la calidad percibida y deseada por el usuario final de dicho servicio o aplicación y la QoS de la red. Por lo



tanto , consistía en encontrar una forma de relacionar la calidad de servicio que la red puede aportar con la calidad de servicio percibida por el usuario final, ya que este finalmente va a determinar que un servicio tenga o no tenga éxito.

#### **2.4.1 Definición de Calidad de Servicio (QoS)**

En la recomendación de E-800 de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU: International Telecommunication Union) se define como Calidad de Servicio al efecto colectivo del rendimiento de un servicio que determina el grado de satisfacción del usuario de dicho servicio.

Esto significa que **QoS** debe de reflejar el punto de vista del usuario del servicio, ya que la **QoS** es claramente una propiedad orientada al usuario del Servicio.

Para poder evaluar el rendimiento de una red se deben de seguir dos métodos.

- Control activo del entorno distribuido, basado en medidas, estadísticas y test de rendimiento de la red.
- Análisis del nivel de rendimiento desde el punto de vista del usuario.

A diferencia de los mecanismos de control extremo a extremo que utiliza el protocolo de control de transmisión en Ethernet (TCP: Transmisión Control Protocol) en internetworking, la capacidad de Gbit/seg de la red ATM genera un juego de requerimientos necesarios para el control de flujo. Si el control del flujo se hiciese como una realimentación del lazo extremo a extremo, en el momento en que el mensaje de control de flujo arribase a la fuente, ésta habría transmitido ya algunos Mbytes de datos en el sistema, aumentando la congestión y el momento en que la fuente reaccionase al mensaje de control la condición de congestión hubiese podido desaparecer apagando innecesariamente la fuente. La constante de tiempo de la

realimentación extremo a extremo en las redes ATM (retardo de realimentación por producto lazo - ancho de banda) debe ser lo suficientemente alta como para cumplir con las necesidades del usuario sin que la dinámica de la red se vuelva no práctico.

Las condiciones de congestión en las redes ATM están previstas para que sean extremadamente dinámicas requiriendo de mecanismos de hardware lo suficientemente rápidos para llevar a la red al estado estacionario, necesitando que la red en sí éste activamente involucrada en el rápido establecimiento de este estado estacionario. Sin embargo, esta aproximación simplista de control reactivo de lazo cerrado extremo a extremo en condiciones de congestión no se considera suficiente para las redes ATM.

El consenso entre los investigadores de este campo arroja recomendaciones que incluyen el empleo de una colección de esquemas de control de flujo, junto con la colocación adecuada de los recursos y dimensionamiento de las redes, para que aunados se pueda tratar y evadir la congestión ya sea:

Detectando y manipulando la congestión que se genera tempranamente monitoreando de cerca las entradas/salidas que están dentro de los conmutadores ATM y reaccionando gradualmente a medida que vaya arribando a ciertos niveles prefijados.

Tratando y controlando la inyección de la conexión de datos dentro de la red en la NNI, de tal forma que su tasa de inyección sea modulada y medida allí primero, antes de tener que ir a la conexión de usuario a tomar acciones más drásticas.

El estado de la red debe ser comunicado a la UNI, generando rápidamente una celda de control de flujo siempre que se vaya a descartar una celda en algún nodo debido a congestión. La UNI debe entonces manejar la congestión, cambiando su tasa de

inyección o notificándola a la conexión de usuario para que cese el flujo dependiendo del nivel de severidad de la congestión.

El mayor compromiso durante el control de congestión es el de tratar y afectar solo a los flujos de conexión que son responsables de la congestión y actuar de forma transparente frente a los flujos que observan buen comportamiento. Al mismo tiempo, permitir que el flujo de conexión utilice tanto ancho de banda como necesite sino hay congestión.

La recomendación ITU - T I. 371 especifica un contrato de tráfico que define como el tráfico del usuario sería administrado. El contrato que existe para cada conexión virtual (VP o VC), es básicamente un acuerdo entre el usuario y la red con respecto a la QoS y los parámetros que regulan el flujo de celdas. Estos descriptores de tráfico dependen de una particular clase de servicio y pueden incluir bajo la especificación del ATM Forum UNI / QoS referenciados en los AAL. El objetivo de estas subclases de servicio es agrupar características de servicio como requerimiento de ancho de banda similares, sensibilidad a la pérdida de datos y retardos para un correcto manejo de los datos en los puertos de acceso ATM, etc. Estos parámetros pueden incluir en la celda de mantenimiento de tasa de bit (SCR: Sustained Cell Rate), la celda de mínima tasa de bit (MCR: Minimum Cell Rate), el PCR y/o la tolerancia a ráfaga (BT: Burst Tolerance). Para soportar todas las diferentes clases de servicios definidos por los estándares el switch ATM debe ser capaz de definir éstos parámetros en base a cada VC o cada VP y debe proveer amortiguadores (buffers) para absorber las ráfagas de tráfico.

## 2.4.2 Parámetros de QoS en ATM

La QoS en ATM se basa en varios parámetros:

- Tasa de celdas erradas (precisión)
- Tasa de celdas severamente erradas (precisión)
- Tasa de celdas perdidas (confiabilidad)
- Tasa de celdas mal insertadas (precisión)
- Retardo de transferencia de celdas (velocidad)
- Retardo medio de transferencia de celdas (velocidad)
- Variación del retardo de celdas (velocidad)

Actualmente en vez de clases de servicio que fueron explicados anteriormente se habla de categorías de servicio con las que se puede contratar una línea ATM

En ATM Se definen cuatro categorías de tráfico básicas:

**a) Tasa de bit continuo (CBR: Continuous Bit Rate).**- Típicamente sirve para emulación de circuitos, en donde la velocidad binaria es constante (ancho de banda constante) y la temporización entre extremos tiene que ser mantenida.

Está pensado para implementar líneas telefónicas en fibra óptica, no hay control de flujo y tampoco corrección de errores. Tal como sería transportar una T1 o similares por fibra óptica. CBR también puede ser utilizado para aplicaciones en tiempo real, por ejemplo, video sin comprimir.

**b) Tasa de bit variable – en tiempo real (VBR-RT: Variable Bit Rate –Real Time).**- Para señales de velocidad binaria variable con temporización mantenida, está pensado para la transmisión típica de video o audio en tiempo real.

La tasa es variable, pues los algoritmos de compresión no pueden asegurar una relación fija de compresión. Por ejemplo, si se transmite una video conferencia y la

persona no se mueve, la tasa será bastante baja (sólo se envían las diferencias con el cuadro anterior). Pero cuando el interlocutor se mueva bruscamente, aumentará repentina en ancho de banda utilizado (hay que enviar el cuadro completo, no bastan las diferencias). En este servicio la pérdida de algunos bits no importa. Sin embargo, se limita el retardo y la variación de éste. La variación en el retardo produce efectos negativos en los algoritmos de descompresión como, por ejemplo, el manejo de un búfer considerablemente más grande.

**c) Tasa de bit variable – en tiempo no real (VBR-NRT: Variable Bit Rate - Non-Real Time).**- Para señales que no requieren que la temporización sea mantenida, pero que exigen una QoS garantizada (basada en la latencia o en el ancho de banda digital), aquí la llegada a tiempo de la información es importante, pero se puede aceptar un retardo importante como, por ejemplo, tráfico de frame relay en el cual la Tasa de flujo de información que se asegura (CIR: Committed Information Rate) es mapeada en la red ATM.

**d) Tasa de bit disponible (ABR: Available Bit Rate):** parecida a la VBR-NRT, pero sin garantizar un determinado ancho de banda al usuario, en todo caso se puede asegurar un ancho de banda mínimo; implementando, sin embargo, un mecanismo de control de flujo para informar al usuario sobre la disponibilidad momentánea de capacidad en la red.

Está pensado para el envío de datos o la interconexión de redes de computadoras. Si la red tiene capacidad disponible aumentará el ancho de banda disponible para esta categoría. ABR es la única categoría que avisa a la aplicación cuando debe reducir su ancho de banda (pero no bajo el mínimo pactado). De este modo, si la red vuelve a

cogestionarse, después de un periodo ocioso, no tendrá que botarle celdas a la aplicación .

**e) Tasa de bit no especificado (UBR: Unspecified Bit Rate):** servicio que no ofrece garantía de cualquier tipo; el usuario puede enviar cualquier cantidad de datos hasta un cierto límite, pero no puede contar con una calidad específica en lo relativo a la tasa de celdas perdidas, retardo o variación del retardo.

Provee el ancho de banda sobrante de la red. Es como el ABR, pero sin ancho de banda mínimo y sin mensajes corteses de “reduzca su ancho de banda”. Todas las celdas UBR serán aceptadas, pero sólo si hay capacidad disponibles serán enviadas. Esta categoría puede servir, por ejemplo, para hacer transferencia de emails entre servidores. Sin embargo las aplicaciones deberán chequear los errores.

Categoría de Servicios de la capa ATM						
Atributo	CBR	VBR (RT)	VBR (NRT)	ABR	UBR	Parámetro
CLR	especificada opc. solo CLP = 1	especificada opc. solo CLP = 1	especificada = 1 opc. solo CLP	especificada*	no especificada	QoS
CDT y CDV	CDV y max. CDT	CDV y máx. CDT	solamente CDT media	no especificada	no especificada	QoS
PRC y CDVT	especificado	Especificada	especificada	especificada	especificada	tráfico
SCR Y BT	No disponible	Especificada	especificada	No disponible	No disponible	tráfico
MCR	no disponible	No disponible	No disponible	especificada	No disponible	tráfico
Control de Congestion	no	No	no	si	no	

CLR - cell loss ratio	MCR - minimum cell rate (solo ABR)	VBR (NRT) - variable bit rate (non-real time)
CDT - cell delay tolerance	BT - burst tolerance	ABR - available bit rate
CDV - cell delay variation	CBR - consant bit rate	UBR - unspecified bit rate
CDVT - cell delay variation tolerance	VBR (RT) - variable bit rate (real time)	QoS - quality of service
SCR - sustainable cell rate		

(\*) minimizada para flujos que responden al control de flujo

**Tabla 2.2 – Categorías de servicios de la capa ATM**

En el momento de la creación, el DTE caracteriza el tráfico que va a enviar por el circuito mediante cuatro parámetros: PCR, SCR, Celda de Tolerancia a la variación

de retardo (CDVT: Cell Delay Variation Tolerance) y MCR, dentro de una de esas cuatro categorías. La red propaga esa petición internamente hasta su destino y valida si los requerimientos exigidos se van a poder cumplir. En caso afirmativo, la red acepta el circuito y, a partir de ese momento, garantiza que el tráfico se va a tratar acorde a las condiciones negociadas en el establecimiento.

La Tabla 2.2 muestra un resumen de las categorías de Servicios de la capa ATM

Los conmutadores ATM ejecutan un algoritmo llamado **dual leaky buckets** que garantiza, celda por celda, que se está ofreciendo la calidad de servicio requerida. Está permitido que el DTE envíe los datos por un circuito a más velocidad de la negociada. En ese caso el conmutador ATM puede proceder al descarte de las celdas correspondientes en caso de saturación en algún punto de la red.

## **2.5 Aplicaciones de las redes ATM**

Las redes globales son promovidas por aplicaciones múltiples que permiten a los usuarios el acceso a la información y a alcanzar un mayor nivel de productividad con respecto al que permiten las redes locales y metropolitanas.

Un factor clave para la evolución de una red es su simplicidad a los efectos de permitir una conectividad en una escala global y de soportar: varias aplicaciones, proveedores de servicios (SP: Services Providers), y fabricantes de equipos.

Esta conectividad global es estimulada mediante el empleo del servicio ATM que es soportado ampliamente por las industrias de Computación y Telecomunicaciones para proveer conectividad desde una dimensión local a una global.

Recientemente, ha habido un gran interés en el desarrollo de aplicaciones comerciales que requieren de un servicio con exigencias de calidad (QoS), frente a la capacidad de servicio "Best-Effort" ofrecido hoy en día por Internet.

Las aplicaciones que se puede dar a esta tecnología de banda ancha son para TeleMedicina, Tele Educación, Cooperación Industrial, Comercio electrónico, Mantenimiento y Soporte al Cliente, Laboratorio virtuales.

### **2.5.1 Descripción de algunas aplicaciones en ATM**

**a) Redes de empresa homogéneas.-** ATM puede utilizarse para crear una verdadera red homogénea a través de una gran compañía. ATM puede utilizarse como una red LAN altamente efectiva, como red WAN, o como una combinación de las anteriores. Es concebible que redes de grandes empresas estén basadas principalmente en ATM, con una infraestructura que cubra la empresa entera. Esta red ATM soportaría tráfico multimedia, es decir, todo tipo de tráfico transportado por una red única y homogénea.

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

**c) Desarrollos en colaboración.-** Los departamentos de ingeniería de diferentes países pueden trabajar conjuntamente en la especificación de un nuevo diseño,



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

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

**e) Vídeo conferencia de sobremesa multiventana.-** Una red ATM proporciona una alta calidad a un coste efectivo en el transporte de múltiples tipos de información. Por ejemplo, un grupo de ejecutivos podría revisar los planes comerciales de un nuevo producto, un equipo de científicos podría revisar los resultados de un nuevo experimento, un equipo de doctores podría diagnosticar a un paciente en una clínica remota. La información podría ser un documento complejo, un vídeo con movimiento en tiempo real, de un experimento científico, o una combinación de radiografías, cardiogramas e imágenes TAC.

Los beneficios serían menos viajes, mejor utilización de los recursos caros (tales como ejecutivos, científicos y doctores), y una comunicación muy superior a la de voz.

**f) Soporte y formación remota.-** Un cliente llama, al centro de soporte del vendedor, con un problema. El vendedor inmediatamente obtiene sobre su pantalla la información acerca del cliente, y le transfiere al ingeniero de soporte apropiado para revisar su problema. El cliente envía un vídeo clip con los síntomas del problema, o muestra el problema en tiempo real según está ocurriendo en vídeo en movimiento, junto con los informes de diagnósticos previamente capturados. El suministrador trabaja con el cliente remotamente para resolver el problema en tiempo real. Los beneficios serían una rápida respuesta al cliente, una mejora de las relaciones entre el cliente y el suministrador, y ahorros de gastos para ambos.

## CAPÍTULO III

### LA CAPA DE ADAPTACIÓN DE ATM (AAL)

#### 3.1 Descripción de la Capa AAL

La Capa AAL representa la Tercera capa del protocolo ATM. La AAL juega un rol clave en el manejo de múltiples tipos de tráfico para usar la red ATM, y es dependiente del servicio.

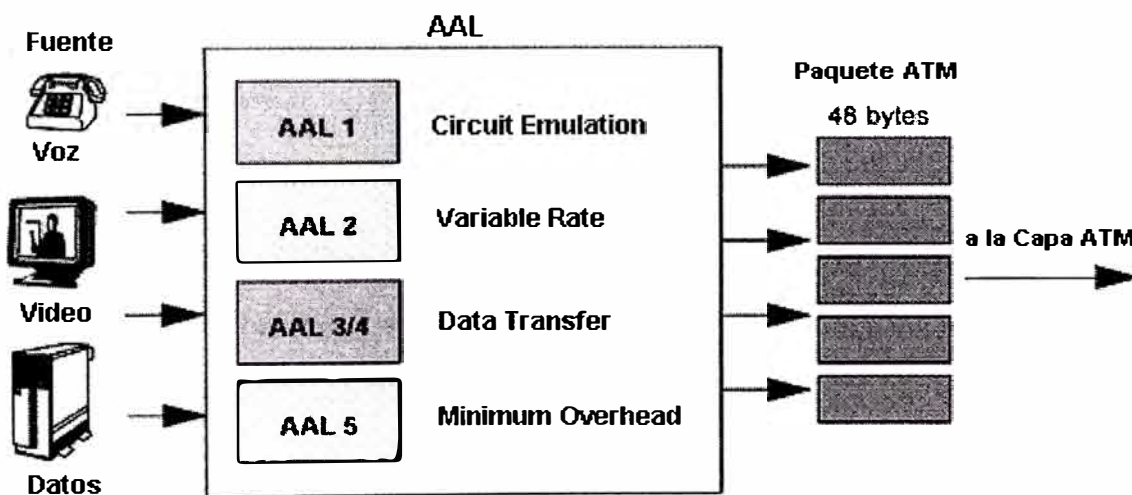


Figura 3.1 - Disposición de los servicios de AAL ATM

Específicamente su trabajo es adaptar los servicios dados por la capa ATM a aquellos servicios que son requeridos por las capas más altas, tales como emulación de circuitos, (circuit emulation), vídeo, audio, frame relay, etc. La AAL recibe los datos de varias fuentes o aplicaciones y las convierte en los segmentos de 48 bytes a la velocidad que fue generada por los usuarios.

En la figura 3.1 podemos apreciar la disposición de los servicios AAL

La capa de Adaptación de ATM se sitúa entre la capa ATM y las capas más altas que usan el servicio ATM; Su propósito principal es resolver cualquier disparidad entre un servicio requerido por el usuario y atender los servicios disponibles de la capa ATM. La capa de adaptación introduce la información en paquetes ATM y controla los errores de la transmisión.

La capa de adaptación se divide a la vez en la subcapa de convergencia (CS: Convergence Sublayer) y la subcapa de segmentación y reensamblaje (SAR: Segmentation And Reassembly).

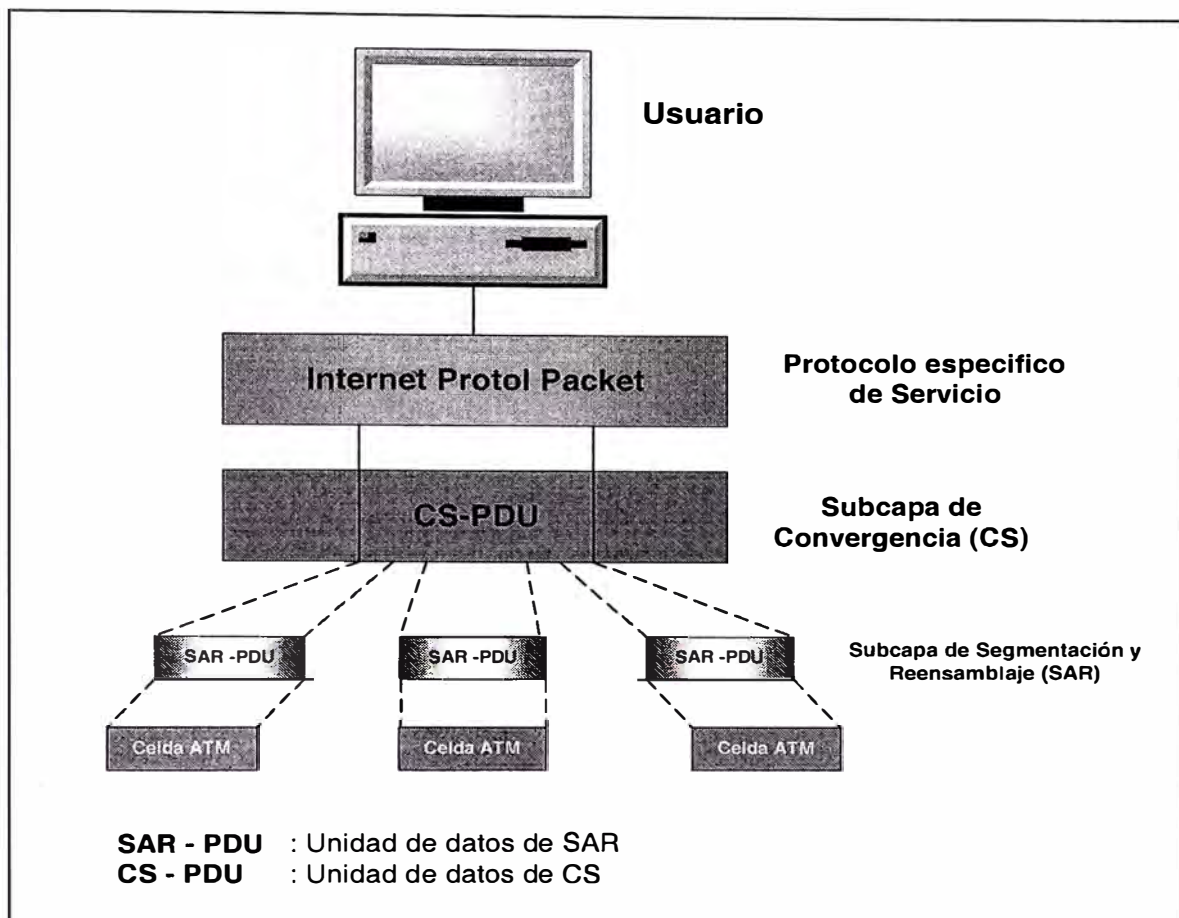
### **3.1.1 La Subcapa CS**

CS es el nivel de interfaz con la aplicación y es quién provee los servicios. CS recibe los mensajes de la aplicación y según el tipo de servicio pedido, agrega encabezados y terminaciones a los datos, de modo de poder rearmar los mensajes en el receptor

CS es la capa más externa y ejecuta funciones como la detección y demultiplexación de datos, detección de células perdidas y mantenimiento de sincronismo de la conexión. En esta capa se calcula los valores que debe llevar la cabecera y los payloads (datos a transportar) del mensaje. La información en la cabecera y en el payload depende de la clase de información que va a ser transportada.

### 3.1.2 La SubCapa SAR

Esta capa recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando las celdas de ATM. Agrega la cabecera que llevara la información necesaria para el reensamblaje en el destino.



**Figura 3.2 – La subcapa CS y SAR**

SAR realiza las siguientes funciones:

- Segmenta la Información de las capas superiores en celdas y las envía al nivel ATM para que les ponga la cabecera.

- Recibe celdas y reensambla los campos de información de las celdas en unidades de información para las capas superiores.
- Recibe los datos de la capa de convergencia y los divide en trozos formando paquetes ATM.
- Agrega la cabecera que llevará la información necesaria para el reensamblaje en el destino.

La figura 3.2 aporta una mejor comprensión de estas subcapas. La subcapa CS es dependiente del servicio y se encarga de recibir y paquetizar los datos provenientes de varias aplicaciones en tramas o paquete de datos longitud variable.

## **3.2 Funciones de la Capa AAL**

La Capa AAL proporciona funciones orientadas al usuario no comprendidas en la capa ATM.

Permite a la Capa ATM transportar diferentes protocolos y servicios superiores.

Es responsable de las relaciones con el mundo externo. Por esta razón el nivel AAL sólo se encuentra en los nodos terminales de red. Su misión es aceptar la información, adaptando los niveles superiores de comunicación no ATM a los formatos ATM.

### **3.2.1 Funciones del subnivel CS**

- Adaptación a la velocidad de los usuarios.
- Detección de células erróneas y perdidas.
- Mantenimiento del sincronismo entre terminales.

### **3.2.2 Funciones de subnivel SAR**

Esta subcapa realiza las funciones de:

ensamblado/segmentación de los datos de origen para colocarlos en el campo de información de la celda y la correspondiente

El desensamblado / reensamblado en el destino

La segmentación de los datos se realiza en células de 48 bytes (sin cabecera ATM). Las funciones anteriores permiten mapear la información de niveles superiores, al campo de carga útil de la celda.

La capa de adaptación resuelve la disparidad entre servicios proporcionados por la tecnología basada en celdas de la capa ATM a la tecnología de corriente de bits de los servicios digitales (como teléfonos y cámaras de vídeo) y la tecnología de corriente de paquetes de las redes de datos tradicionales (como Frame Relay y X.25 empleadas en protocolos de LAN y WAN, como Ethernet y TCP/IP).

La Unión Internacional de Telecomunicaciones determinó primero la necesidad de proporcionar varias AAL estándar (clases de servicio) para satisfacer las necesidades de encapsulación de distintos tipos de información en celdas de capas ATM.

## **3.3 Clases de Servicio que proporciona la Capa AAL**

Como ya mencionamos anteriormente AAL soporta cuatro tipos de servicios, los cuales son A, B, C y D.

### **3.3.1 Servicio Clase A**

Servicio con conexión, proporciona una velocidad de acceso constante (CBR) y una relación sincronizada entre los usuarios, en otras palabras, es un servicio que emula las prestaciones de un circuito. Un tráfico de este tipo es el generado por la telefonía.

### **3.3.2 Servicio Clase B**

Servicio con conexión, permite velocidades de tráfico variable (VBR), por lo que resulta adecuado para aplicaciones en tiempo real que necesitan una sincronización aunque no una velocidad constante. La transmisión de la señal de vídeo comprimido utiliza este servicio.

### **3.3.3 Servicios Clase C**

Servicio con conexión, también proporciona una velocidad de acceso variable pero no basada en el tiempo, por lo que resulta apropiado para datos insensibles al retardo. La distribución de software podría ser una aplicación que hiciera uso de este servicio.

### **3.3.4 Servicio Clase D**

Servicio sin conexión equivalente al modo datagrama de las redes de paquetes. Acepta tramas que contienen la suficiente información de direccionamiento para llegar a su destino sin necesidad de establecimiento de una conexión previa. La interconexión de LAN está basada para utilizar este servicio.

Los cuatro tipos de servicios mencionados han sido clasificados de acuerdo con tres criterios:

- 1) La existencia de una temporización relacionada entre los usuarios origen y destino (por ejemplo voz).
- 2) La tasa de bit, o velocidad binaria asociada con la transferencia (constante/CBR o variable/VBR).
- 3) El modo de conexión (con conexión ó sin conexión)



La figura 3.3, resume lo indicado.

<b>Clase A</b>	<b>Clase B</b>	<b>Clase C</b>	<b>Clase D</b>	
<b>Si</b>		<b>No</b>		
<b>Constante</b>	<b>Variable</b>			
<b>Orientado a conexión</b>			<b>Sin conexión</b>	

**Figura 3.3 – Servicios que soporta AAL**

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

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

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

### 3.3.5 Puntos de Acceso al Servicio (SAP: Service Access Point)

Cada clase de Servicio (A, B, C, D) tiene a su vez asociado un tipo SAP.

Así la Clase A tiene un SAP de tipo 1, la clase B de tipo 2, la clase B de tipo 3, la clase B de tipo 4.

La figura 3.4, nos ilustra las diferentes SAP.

Los cuatro tipos o clases de servicios utilizan los 48 bytes del campo de carga útil en cada celda de forma diferente, pudiendo opcionalmente contener un campo de hasta 4 bytes para adaptación ATM.

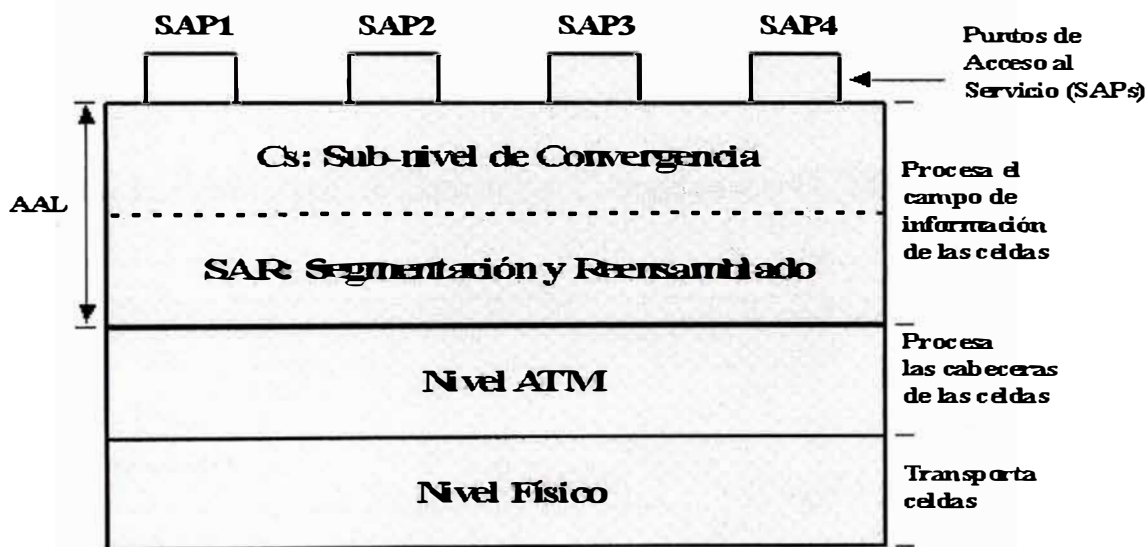


Figura 3.4 – Puntos de Acceso al Servicio (SAPs)

A continuación se pasará a describir cada uno de los tipos asociados a cada SAP

### a) Tipo 1: Velocidad Binaria Constante (CBR).

En este tipo de servicio, el protocolo de AAL1 se esfuerza en mantener un flujo con tasa de bit constante entre los SAPs de origen y destino (entrega sincronizada). La velocidad binaria está en el rango de pocos kilobits por segundo, por ejemplo para voz comprimida, a decenas de megabits por segundo, por ejemplo en vídeo no comprimido. Sin embargo, la velocidad binaria acordada debe ser mantenida, incluso con pérdidas ocasionales de celdas o variaciones en el tiempo de transferencia de las mismas. Este servicio se asemeja al proporcionado por el sistema telefónico existente, ya que garantiza un número fijo de celdas por unidad de tiempo para la aplicación. El formato del campo de información de la celda, conocido como segmento, incluye un Número de Secuencia de 4 bits (SN: Sequence Number) y un campo asociado de 4 bits utilizado para Proteger el Número de Secuencia (SNP: Séquence Number Protect) contra errores de un bit, esto se puede apreciar en la figura 3.5.

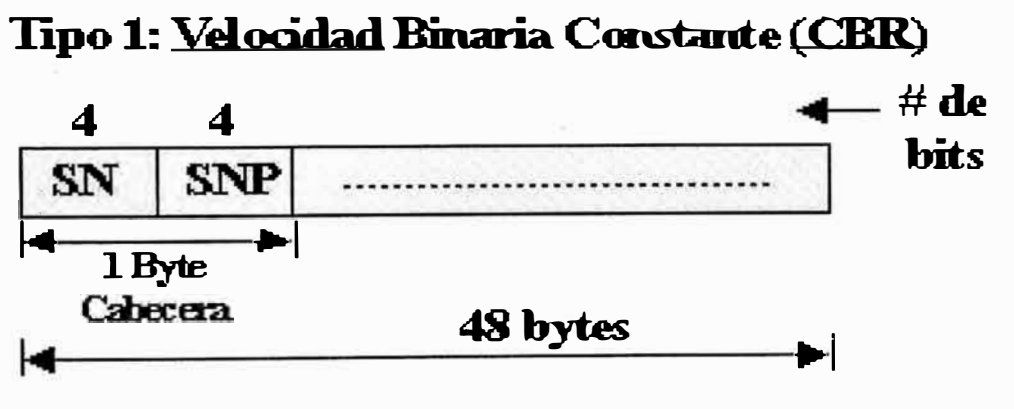


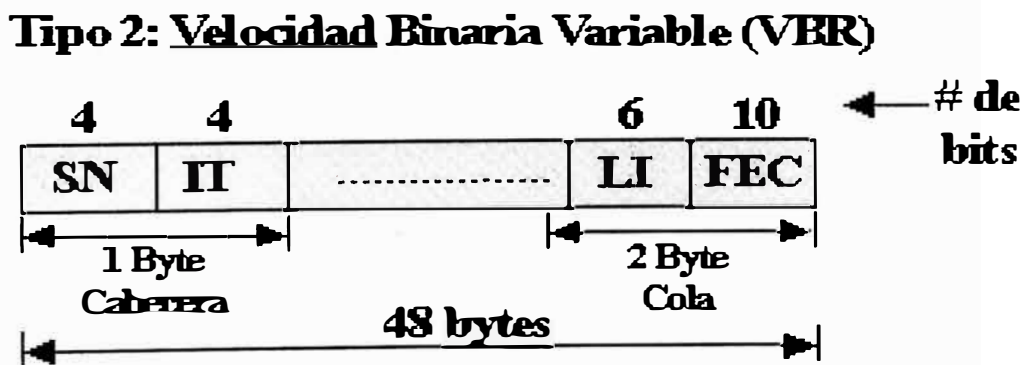
Figura 3.5 – Formato del segmento CBR

De esta forma es posible detectar pérdidas de segmentos. Las pérdidas de celdas se superan de forma acordada; por ejemplo, insertando segmentos ficticios en el flujo entregado. Variaciones en el retardo de transferencia de celdas, son compensadas

mediante buffereado en el destino; la salida de segmentos correspondiente a una llamada, únicamente se comienza después de que se hayan recibido un número predeterminado de segmentos, este número viene determinado por la velocidad binaria del usuario. Valores típicos son 2 segmentos a velocidades de kilobits y 100 segmentos a velocidades de megabits por segundo. Claramente este retardo se sumará al retardo de ensamblaje/desensamblaje ya identificado.

El uso de buffereado en destino también proporciona un modo sencillo de superar cualquier pequeña variación entre las velocidades binarias en origen y destino; por ejemplo si cada uno está basado en diferente reloj. Una solución mejor, es que la red proporcione los relojes de entrada y salida, normalmente extraídos de la codificación en línea del flujo de bits transmitido.

**b) Tipo 2: Velocidad Binaria Variable (VBR: Variable Bit Rate)** .- En este tipo de servicio, aunque exista una temporización relacionada entre los SAPs fuente y el destino, la velocidad de transferencia real de información, puede variar durante la conexión. Como con el tipo 1, el segmento contiene un Número de Secuencia de 4 bits para la recuperación de celdas perdidas, esto se aprecia en la figura 3.6.



**Figura 3.6 – Formato del segmento VBR**

El campo de Tipo de Información (IT: Information Type) indica, o bien la posición relativa del segmento con relación al mensaje remitido, por ejemplo, una trama comprimida procedente de un video-codec, o si el segmento contiene información de temporización, o de otro tipo. Los tres tipos de segmento con relación a la información posicional son: comienzo de mensaje (BOM: Beginning Of Message), continuación de mensaje (COM: Continuity Of Message) y fin de mensaje (EOM: End Of Message). Debido al tamaño variable de las unidades de mensaje remitidas, un Indicador de Longitud (LI: Longitude Indicator) en la cola del segmento indica el número de bytes útiles en el último segmento. Finalmente, el campo de envío de errores corregidos (FEC: Forward Error Correction) habilita la detección y corrección de errores.

**c) Tipo 3: Datos Orientados a Conexión .-** El protocolo AAL3/4 proporciona dos tipos de servicios para la transferencia de datos: uno Orientado a Conexión (CO: Connection Oriented) y otro Sin Conexión (CLS: Connection Less Channel). La diferencia entre los dos es que con el primero, antes de que cualquier dato pueda ser transmitido, debe establecerse una Conexión Virtual.

El servicio orientado a conexión tiene dos modos operacionales: asegurado y no asegurado, cada uno soportando envíos de Unidades de Datos del Servicio (SDU: Service Data Unit) o mensajes de usuario, de tamaño fijo o variable. El modo asegurado proporciona un servicio fiable que garantiza que todas las SDUs son entregadas sin errores y en la misma secuencia con que fueron remitidas. Este es un servicio similar al proporcionado por una red de conmutación de paquetes tipo X.25 y, para proporcionar este servicio, todos los segmentos generados por la subcapa CS están sujetos a procedimientos de control de flujo y recuperación de errores.

Para el modo no asegurado, los segmentos son transmitidos sobre la base del mejor intento; esto es, cualquier segmento corrompido es simplemente descartado y se deja a los niveles de protocolo de usuario superar esta eventualidad.

### Tipo 3: Datos Orientado a Conexión

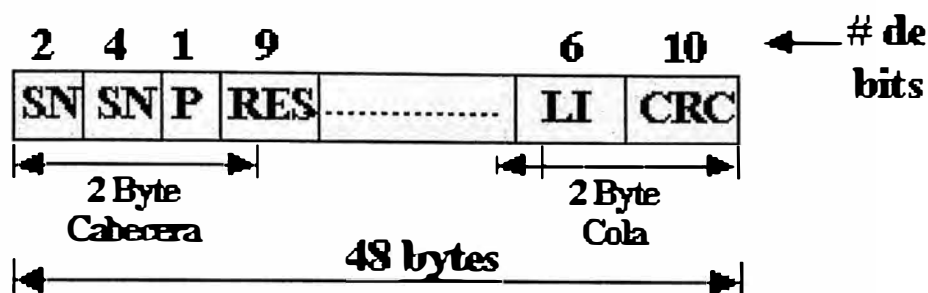


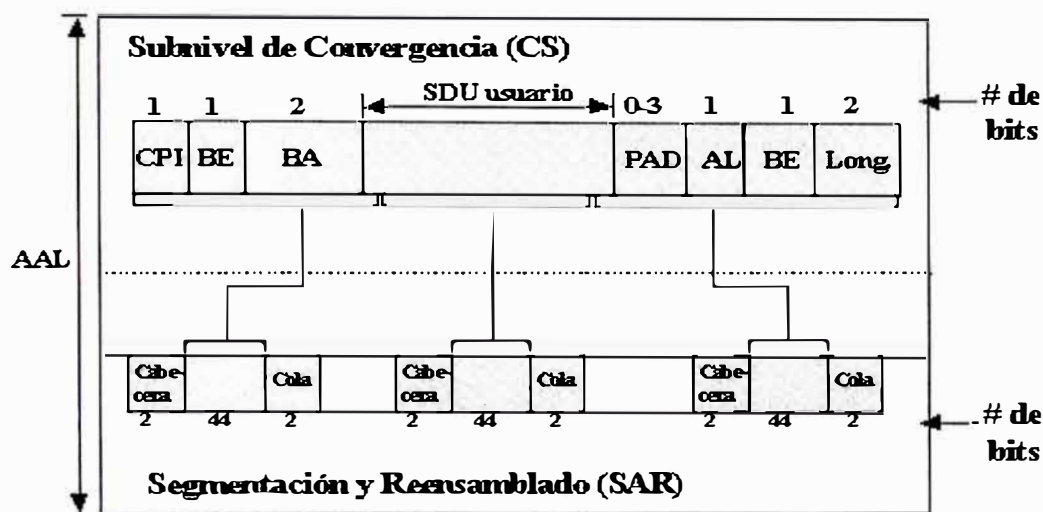
Figura 3.7 - Formato del segmento con conexión

El Tipo de Segmento (ST: Segment Type) indica si es el primero (BOM), continuación (COM), último (EOM), o el único Segmento de mensaje (SSM: Single Segment Message) de una SDU remitida, lo mencionado se puede apreciar en la figura 3.7.

El SN se emplea para detectar segmentos perdidos o duplicados y también para control de flujo. Un único bit de Prioridad (P) permite que los segmentos tengan uno de dos niveles de prioridad. En la cola, el Indicador de Longitud (LI) indica el número de bytes útiles en el segmento y el CRC-10 está presente para la detección y eventual corrección de errores. Claramente LI solamente tiene significado en el último segmento de una SDU o si es el único segmento.

Los segmentos generados por el sub-nivel SAR del protocolo AAL3/4, son compatibles con la especificación del estándar 802.6 del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE: Institute of Electric and Electronic Engineers) utilizada en el servicio de datos conmutados para multimegabit (SMDS: Switched Multimegabit Data Service).

El funcionamiento del protocolo del Sub-nivel CS se puede describir mejor, considerando el formato de los mensajes o Unidades de Datos del Protocolo CS (CS-PDU: Convergence Sublayer – Protocol Data Unit) que genera, en relación con la SDU remitida por el usuario, y el modo que esta es transportada por el sub-nivel SAR, lo mencionado se puede apreciar en la figura 3.8.



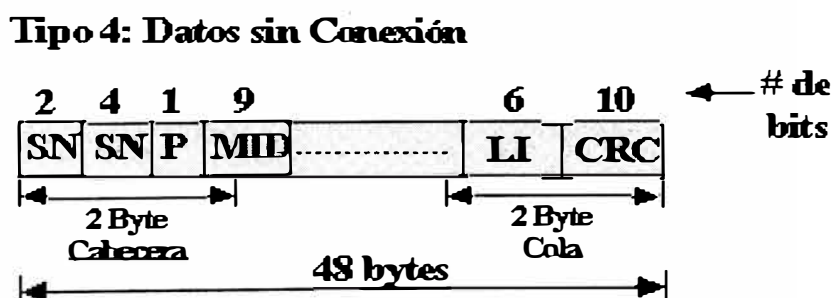
**Figura 3.8 – Protocolos del AAL**

Los campos de cabecera y cola añadidos por el protocolo CS en origen a la SDU remitida, se utilizan para habilitar al protocolo CS receptor la detección de SDUs perdidas o malformadas. El identificador común de Protocolo CS (CPI: Common Part Identifier), se utiliza para identificar el tipo de protocolo CS que está siendo utilizado. El identificador comienzo-fin (BE: Beginning-Ended) es un número de secuencia módulo 256 y se repite en cola para añadir capacidad de reacción. Se utiliza para asegurarse que las SDUs son entregadas en la misma secuencia en la que se remitieron. El campo de Asignación de Buffer (BA: Buffer Assigation) se inserta

en la cabecera para ayudar al protocolo CS receptor, a reservar una cantidad de memoria suficiente (buffer) para contener una SDU completa.

En la cola, el campo de relleno (PAD) se utiliza para hacer que el número de bytes de la unidad de datos del protocolo CS, sea un múltiplo de 4 bytes. De forma similar, el byte de Alineamiento (AL) es un byte de relleno para hacer que la cola tenga 4 bytes. El campo de longitud (Length) indica la longitud total de la unidad de datos del protocolo completa y entonces ayuda al receptor a detectar cualquier SDU malformada.

**d) Tipo 4: Datos sin Conexión .-** El servicio de datos sin conexión es probablemente el primero que va a ser soportado. Está pensado, por ejemplo, para la interconexión de LANs a alta velocidad. A diferencia del tipo 3 no hay señalización de llamada ni terminación, en su lugar conexiones permanentes o semi-permanentes están siempre establecidas entre cada par de SAPs origen y destino. Aparte de esto, los dos servicios utilizan los mismos formatos en el Subnivel de Convergencia CS y segmento.



**Figura 3.9 - Formato del segmento sin conexión**

Sin embargo, con los servicios sin conexión, el campo RES (reservado) está sustituido por el identificador del Mensaje (MID: Message IDentifier). Normalmente celdas relacionadas con diferentes tramas estarán en tránsito en cualquier instante, el



campo MID se utiliza para habilitar al subnivel SAR de destino relacionar cada celda recibida a su SDU específica. La utilización del MID permite la multiplexación de múltiples sesiones en una misma conexión virtual VPI/VCI.

### **3.4 Recomendaciones de la ITU-T para la Capa AAL**

Las Recomendaciones UIT-T son las normas internacionales elaboradas por el Sector de Normalización de las Telecomunicaciones (anteriormente CCITT) de la UIT. Son el resultado de los estudios efectuados acerca de cuestiones técnicas, de explotación y tarifarias cuyo objetivo es asegurar la interconectividad e interoperabilidad a nivel mundial, incluyendo a los sistemas radioeléctricos de las redes de telecomunicaciones públicas, y el nivel de calidad necesario para dichas interconexiones. Actualmente hay más de 2,600 Recomendaciones UIT-T *en vigor*, la mayoría de las cuales son Recomendaciones nuevas o revisadas publicadas desde la aparición del Libro Azul del CCITT (1,988). Estas Recomendaciones fueron aprobadas en reuniones de Comisión de Estudio del UIT-T por los Miembros de dicho Sector. Incluyen todas las modificaciones o cambios de redacción producidos durante el proceso de edición.

La ITU-T define la capa AAL en la recomendación I.363. Esta recomendación ha sido fruto de diversos compromisos y reajustes sobre la marcha, y para comprender su estado actual tenemos que referimos aunque sea brevemente a su evolución histórica.

#### **3.4.1 El ITU-T y su participación activa en la definición del AAL**

**a) La experiencia RECIBA .-** La Red Experimental de Comunicaciones Integradas de Banda Ancha (RECIBA) ha dado lugar a un banco de pruebas de las nuevas

tecnologías y servicios de telecomunicación de banda ancha y, como tal, ayuda a Telefónica a incrementar su experiencia en este área, así como a contribuir al esfuerzo internacional de investigación y normalización de la B-ISDN. Actualmente se está desarrollando la segunda fase de este proyecto, llamada RECIBA II. El primer demostrador RECIBA se encuentra operativo desde 1,992 y el segundo desde el año 1995.

Uno de los temas clave en ambas fases del proyecto ha sido, y es, la especificación y la implementación de software de señalización que permita establecer llamadas bajo demanda entre los usuarios de la red. En ambas fases se ha desarrollado señalización para la interfaz usuario-red.

A continuación, se van a describir brevemente los resultados obtenidos con la primera fase (RECIBA), así como los desarrollos que se están realizando actualmente para la segunda fase (RECIBA II).

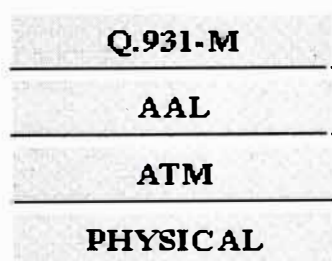
**a1) Señalización en RECIBA.-** La decisión sobre el modelo de señalización a implementar en el demostrador RECIBA se basó fundamentalmente en la no existencia de estándares en el momento de su especificación (mediados del año 90). Los organismos de normalización Instituto europeo de estándares de telecomunicaciones (ETSI: European Telecommunication Standard Institute), ITU-T estaban comenzando a elaborar los primeros borradores de recomendación para la señalización de las nuevas redes de banda ancha. Debido a esto, las premisas utilizadas fueron fundamentalmente:

- Compatibilidad con los borradores de recomendación en elaboración en aquel momento por el ITU-T.

- Posible compatibilidad con la ISDN de banda estrecha.
- Tendencias internacionales en otras experiencias piloto de redes ATM.
- Facilidades para el manejo de servicios de diferentes características.
- Seguridad y fiabilidad del sistema de señalización.
- Coste de realización.

Estas consideraciones llevaron a establecer que la señalización fuese similar a la de la ISDN (banda estrecha), con las modificaciones necesarias derivadas de la utilización del modo de transferencia utilizado - ATM - (mayor fiabilidad, estructuración de la información en células, mayor ancho de banda disponible) y de las características de los nuevos servicios a soportar.

La estructura de la pila de protocolos de señalización en RECIBA se muestra en siguiente figura.



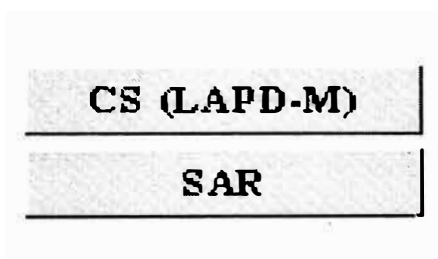
**Figura 3.10 - Pila de protocolos de señalización en RECIBA**

**a2) METASEÑALIZACIÓN.-** Metaseñalización puede definirse como el conjunto de procedimientos que permiten el establecimiento de canales de señalización entre usuario y red. En el momento de definirse el protocolo para RECIBA, en ITU-T se estaba empezando a elaborar el proyecto de recomendación para este fin. En RECIBA, por lo tanto, se especificó e implementó basándose en dicho proyecto de

recomendación y, fundamentalmente, en los procedimientos de gestión de identificador de punto extremo terminal de la Recomendación Q.921 (ISDN).

Realmente, los procedimientos de metaseñalización no son necesarios en un escenario de red como el de RECIBA, con interfaces físicos punto a punto en el acceso, puesto que se puede prefijar un canal de señalización para cada usuario. Pero la experiencia RECIBA intentaba ser lo más completa posible, por lo que se decidió implementarlos.

**a3) El AAL en RECIBA.-** Se utilizó la capa de adaptación del tipo 3 definida para los servicios de clase C (orientados a conexión y en modo paquete). Como se muestra en la figura 3.11, se encuentra dividida en dos subcapas.



Protocolo de enlace en ISDN (LAPD-M : Link Access Protocol D channel Modified)

**Figura 3.11 – el AAL en RECIBA**

La primera de dichas subcapas, subcapa de segmentación y reensamblado (SAR), es idéntica para todas las variantes de AAL de tipo 3, mientras que la segunda (subcapa de convergencia) depende del usuario de los servicios ofrecidos por la capa ATM.

Vamos a centrarnos en la subcapa CS.

**a 3.1) Subcapa de Convergencia (LAP-D modificado).-** El protocolo a utilizar en esta subcapa se basó en el especificado por la Recomendación Q.921 (ISDN), con

las modificaciones necesarias para adaptarlo al contexto de banda ancha existente en RECIBA.

El protocolo se aplica sobre el canal virtual de señalización asignado previamente mediante metaseñalización.

Las modificaciones realizadas se basaron fundamentalmente en qué parte de las funciones de la Q.921 son realizadas por otras capas o procedimientos de la B-ISDN y, por tanto, son redundantes. Como consecuencia, se suprimieron ciertos campos e indicadores de las tramas, algunas tramas, y algunos de sus procedimientos y estados.

**a4) Capa3 (Q.931 Modificado).**- Los procedimientos para el establecimiento, mantenimiento y finalización de las llamadas en la interfaz usuario-red de RECIBA se basan en la Recomendación Q.931 (ISDN), con modificaciones para adaptarlos a un contexto de banda ancha.

Las condiciones bajo las que se modifica la Q.931 para utilizarla en el demostrador RECIBA son:

- ❑ No se soportan llamadas multipunto (punto a multipunto o multipunto a multipunto) de forma interactiva.
- ❑ Sólo se soportan servicios básicos. Los servicios suplementarios (tal como se definen por el ITU-T para la ISDN) no se consideran.
- ❑ Se soportan llamadas multimedia de diferentes tipos de servicios, definidos de acuerdo con la siguiente estructura:

❖ *Servicio*

Un "servicio" determinado se construye mediante la agrupación de uno o varios "componentes de servicio".

❖ *Componentes de servicio*

Son las partes elementales de la llamada, transportado cada uno por un diferente canal virtual.

❖ Los componentes de servicio pueden ser obligatorios (imprescindibles para la prestación del servicio) o facultativos (el usuario puede seleccionarlo o no en el establecimiento de la llamada).

- No se soporta control de la llamada para el modo de acceso de conmutación de paquetes, ni mensajes para la señalización usuario-usuario no asociada con las llamadas conmutadas, tal como se definen en la Recomendación Q.931 ya que no se pretende transportar información de usuario a través del canal de señalización.
- Los canales virtuales a utilizar por el usuario son propuestos siempre por la red, no existiendo negociación tal como ocurre en la ISDN.
- Existe la posibilidad de modificación de las características de una llamada durante el curso de la misma, de dos formas distintas:
  - ❖ Añadiendo o suprimiendo componentes de servicio definidos como facultativos.

- ❖ Incrementando o reduciendo la capacidad del canal asociado a un componente de servicio.

La definición de los servicios de telecomunicación adoptada en RECIBA y la técnica de transferencia utilizada dio lugar a la necesidad de definir nuevos elementos de información no existentes en la recomendación de partida. Para soportar las nuevas facilidades también fue necesaria la definición de nuevos mensajes de señalización.

**a5) Señalización en RECIBA II.-** La situación existente a la hora de decidir el modelo de señalización a implementar en el demostrador RECIBA II es totalmente distinta a la situación con la que se partía en RECIBA. Ahora existen una serie de recomendaciones producidas por los organismos de normalización y la premisa fundamental ya no es el experimentar con una posible y muy completa implementación, sino el conseguir un alineamiento total con los estándares existentes. Ello permitirá uno de los objetivos fundamentales de esta fase del proyecto, la interconectividad del demostrador RECIBA II con otras redes y terminales de banda ancha, fruto de otras experiencias nacionales e internacionales en este campo.

Como ya se ha explicado anteriormente, el ITU-T ha aprobado el conjunto de protocolos del "Capability Set 1", y están en elaboración los correspondientes al "Capability Set 2 -step 1". Dentro de éstos últimos, hay algunos borradores de recomendaciones que presentan estados mucho más estables que otros, por ejemplo, los protocolos para soportar conexiones con topología tipo 2 aparecen mucho más maduros que los referentes a multiconexión.

Como consecuencia de lo anterior, la especificación e implementación de la señalización en el marco de RECIBA II, sigue dos fases bien diferenciadas. En la primera (ya completada) se han desarrollado los procedimientos correspondientes al "Capability Set 1" del ITU-T, con lo que se tiene la capacidad de establecer llamadas punto a punto bajo demanda entre dos usuarios (llamadas básicas). La segunda etapa se encuentra aún en fase de estudio, y tendrá como misión desarrollar procedimientos que soporten capacidades adicionales a las ofrecidas para las llamadas básicas.

La selección de qué capacidades adicionales va a soportar la señalización de RECIBA II viene determinada por el progreso y la estabilidad conseguido por el ITU-T en sus estudios actuales. Parece claro que todas las capacidades actuales relacionadas con el punto a multipunto van a formar parte del demostrador, pero queda por decidir la selección de capacidades asociadas al concepto de multiconexión.

**b) El ITU-T y la evolución histórica del AAL.-** Dado que el objetivo de la capa AAL es adaptar diversos tipos de tráfico para su transporte sobre redes ATM, la ITU-T empezó estudiando y clasificando las clases de tráfico que podían tener cierto interés. Desde el punto de vista de la ITU-T (principalmente formada por compañías telefónicas) los parámetros relevantes para esa clasificación eran tres

- Tiempo real o no tiempo real (tráfico isócrono o asíncrono)
- Caudal de tráfico constante o variable
- Servicio orientado a conexión o no orientado a conexión

Con tres parámetros y dos posibles valores para cada uno se obtienen en total ocho combinaciones. De éstas la ITU-T decidió que sólo cuatro tenían sentido; por



ejemplo se consideró que un tráfico en tiempo real con caudal constante no orientado a conexión no tenía sentido o era algo inútil, por lo que se descartó esa combinación. Las cuatro clases que se consideraron interesantes se denominaron A, B, C y D; en la tabla 3.1 se recogen las características relevantes de cada una de ellas

<b>Clase</b>	<b>Tiempo real</b>	<b>Caudal de tráfico</b>	<b>CONS-CLNS</b>
<b>A</b>	Si	Constante	CONS
<b>B</b>	Si	Variable	CONS
<b>C</b>	No	Variable	CONS
<b>D</b>	No	Variable	CLNS

Servicio de red orientado a conexión (CONS: Connection Oriented Network Service)  
 Servicio de red no orientado a conexión (CLNS: Connection Less Network Service)

**Tabla 3.1 - Clases de tráfico ATM definidas por la ITU-T.**

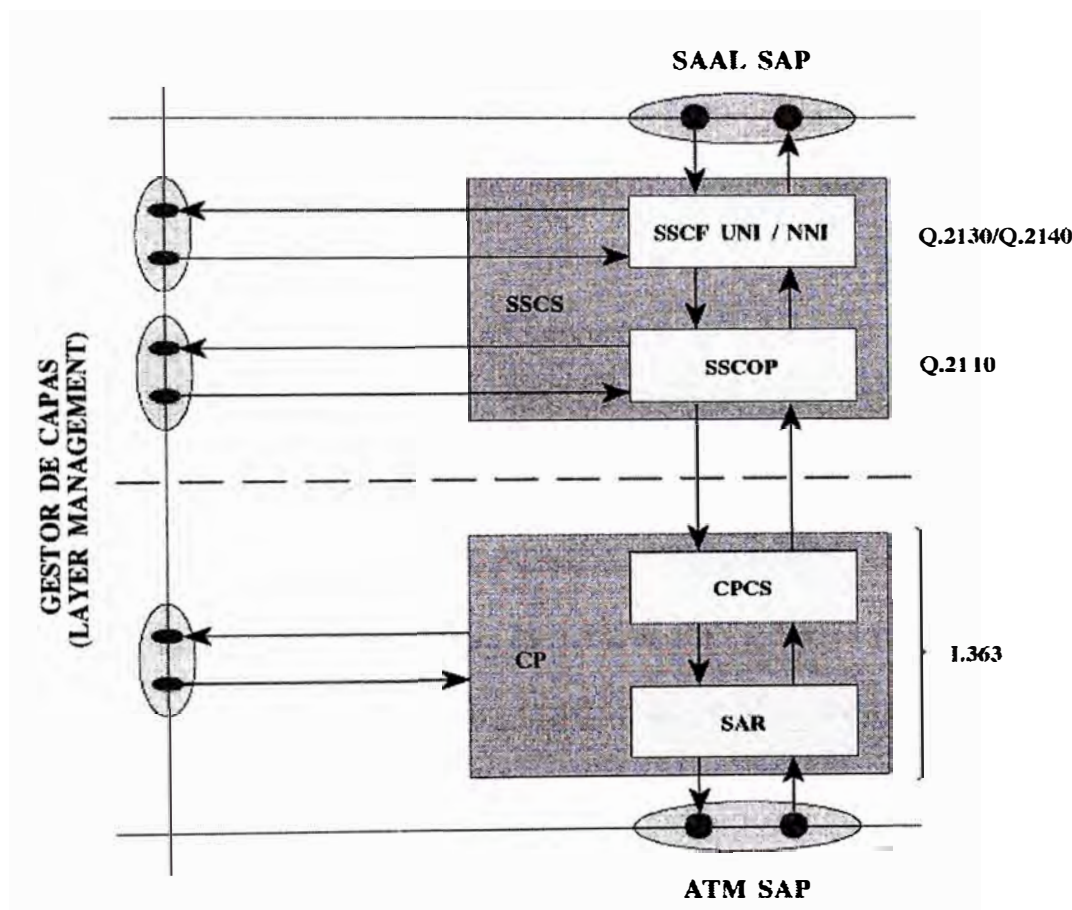
Aunque esta clasificación hoy en día está obsoleta tiene cierto interés porque fue la base para definir los protocolos de adaptación de ATM (AAL). Inicialmente se definieron cuatro protocolos AAL, denominados AAL1 a AAL4, que correspondían a las cuatro clases descritas. A medida que se iban especificando los detalles de cada AAL se observó que los requerimientos de las clases C y D eran tan similares que no se justificaba la existencia de dos protocolos diferentes, por lo que AAL3 y AAL4 fueron agrupados en un protocolo conjunto, denominado por ello AAL3/4. La gama de protocolos AAL quedaba así reducida a tres posibilidades: AAL1 para servicios CONS en tiempo real con tasa constante, AAL2 para servicios CONS en tiempo real

con tasa variable y AAL3/4 para tráfico no en tiempo real con tasa variable; este último sería el protocolo normalmente elegido cuando se tratara de transmitir datos sin el requerimiento de tiempo real, por ejemplo para la interconexión de redes locales.

El grupo de trabajo que se ocupaba en la ITU-T de especificar los protocolos AAL estaba formado principalmente por representantes de las operadoras, que eran (y son) los representantes 'genuinos' de la ITU-T. Por aquel entonces recibía una cierta atención una tecnología de redes de área metropolitana (MAN: Metropolitan Area Network) denominada DQDB estandarizada por el IEEE bajo la denominación 802.6; este estándar se perfilaba como una vía por la cual las operadoras podrían ofrecer servicios de transporte de datos a los usuarios. Cabe pensar que redes DQDB distantes se unieran entre sí utilizando redes ATM, y en particular el protocolo AAL3/4. No resulta pues extraño que AAL3/4 se diseñara pensando en disfrutar una buena compatibilidad con DQDB, de forma que fuera fácil el intercambio de datos entre ambas tecnologías. Sin embargo a cambio de esta virtud, de cuestionable utilidad por cuanto que DQDB es una tecnología hoy olvidada, el protocolo AAL3/4 es poco eficiente e introduce un overhead excesivo tanto en la información de control que requiere como en la cantidad de proceso necesario para generarla e interpretarla. Las empresas fabricantes de equipos informáticos (conmutadores y adaptadores ATM), que se incorporaron tarde al proceso de estandarización de los protocolos AAL, se dieron cuenta de esto cuando ya no era posible modificar el AAL3/4, por lo que decidieron crear un nuevo protocolo que denominaron AAL5, para transportar la misma clase de datos que AAL3/4 pero de forma más eficiente.

Dos hosts acuerdan el protocolo AAL a utilizar cuando establecen una conexión o VC; a partir de ese momento el protocolo permanece inalterado durante toda la conexión. Un VC no puede transportar simultáneamente tráfico utilizando diferentes protocolos AAL; sin embargo un mismo enlace físico si puede ser utilizado por diferentes AALs si cada uno utiliza un VC diferente

**c) Situación Actual.-** El ITU-T es el que ha definido para la AAL las cuatro clases de servicio tal como se indicó en el punto 3.3.



**Figura 3.12 - Recomendaciones del ITU-T**

Inicialmente, el ITU-T recomendó cuatro tipos de protocolos AAL para soportar las cuatro clases de servicio definidas, los protocolos AAL de tipo 1, 2, 3, y 4. Así, el

tráfico de clase 1 utilizará el protocolo AAL-1, el de clase 2 el AAL-2, y los de clase 3 y 4 el protocolo AAL-3/4. Los protocolo de las clases 3 y 4 utilizan un protocolo único. A su vez, y debido a la complejidad del protocolo AAL-3/4 se propuso como alternativa el AAL-5, denominado SEAL (“Simple and Efficient Adaptation Layer”). En consecuencia, las clases de tráfico 3 y 4 pueden utilizar el protocolo AAL-3/4 o el AAL-5.

Actualmente se está trabajando en la definición de una capa **AAL-6** que integre todas las definidas anteriormente en una única capa.

La Recomendación del ITU-T Q.2100 [14] describe brevemente los componentes que realizan las funciones de AAL necesarias para sustentar una entidad de señalización (Q.2931 o B-ISUP) que desea comunicarse con una entidad homóloga.

La figura 3.12 muestra dichos componentes.

La señalización ALL (SAAL: Signaling ATM Adaptation Layer) usa los servicios ofrecidos por la parte común de la Subcapa de Convergencia (CPCS: Common Part Convergence Sublayer) y la Subcapa de Segmentación y Reensamblado (SAR) que forman la parte común (CP) de la AAL de tipo 5. La parte específica del servicio de la Subcapa de Convergencia (SSCS) se realiza mediante la combinación del Protocolo Orientado a Conexión Específica del Servicio (SSCOP: Service Specific Connection Oriented Protocol Layer) y las Funciones de Coordinación Específicas del Servicio (SSCF: Specif Coordination Funtion layer).

La figura 3.12, detalla también la recomendación del ITU-T aplicable a cada subcapa.

La SAAL para la interfaz UNI, se diferencia de la SAAL para NNI, en el contenido de las SSCF (SSCF adapta los requisitos del protocolo de capa 3 de UNI o NNI a los servicios que proporciona el SSCOP).

El SSCOP es un protocolo entre entidades homólogas que proporciona las siguientes funciones:

- Transferencia de datos de usuario con integridad de secuencia
- Corrección de errores por retransmisión
- Control de flujo
- Control de conexión
- Informe de errores a la capa de gestión
- Mantenimiento de la conexión en ausencia prolongada de transferencia de datos
- Extracción local de datos por el usuario
- Detección de errores de información de control de protocolo
- Informe de situación

La SAAL se ha especificado para ser usada en todas las "Capability Sets" de señalización.

### **3.5 El Protocolo AAL0**

Este protocolo no es muy conocido, oficialmente no existe, no realiza ninguna función ni SAR ni CS. Se utiliza para que las aplicaciones posean acceso directo a la capa ATM, y control al nivel de celda, de modo que se pueda acceder directamente a las celdas de la capa ATM.

A pesar de que AAL 0 no es un término oficial ni un protocolo normalizado, son cada vez más los fabricantes que lo ofrecen. Supone la gran ventaja para algunas aplicaciones de acceder directamente a las celdas que se transmiten en la capa ATM.

### **3.6 El Protocolo AAL1**

Este protocolo fue diseñado para transmitir tráfico en tiempo real con caudal constante, o sea tráfico de Clase A. Por tanto se corresponde normalmente con la categoría de servicio CBR.

AAL 1 sirve por ejemplo para transportar circuitos de voz digitalizada por Modulación de código de pulso (PCM: Pulse Code Modulation) cuando se conectan centralitas mediante una red ATM mediante lo que se conoce como servicio de emulación de circuitos (CES: Circuit Emulation Services). Es bastante habitual emular circuitos E1 (2,048 Mb/s) que permiten interconectar centrales telefónicas soportando hasta 30 conversaciones simultáneas (audio no comprimido). Se puede utilizar este protocolo con equipos de compresión de audio siempre y cuando el algoritmo de compresión utilizado genere una tasa de bits constante. También hay algunos sistemas de videoconferencia especialmente diseñados para funcionar con AAL1 sobre circuitos CBR; estos sistemas se caracterizan también por emplear algoritmos de compresión que funcionan con una tasa de bits constante, como el MJPEG<sup>1</sup>.

AAL1 provee comunicación orientada a la conexión, de tiempo real y con ancho de banda constante, esto significa que este nivel ofrece un alto grado de servicio y

<sup>1</sup> La compresión MJPEG consiste en enviar el flujo de vídeo como una secuencia de fotogramas independientes aplicando a cada uno de ellos el algoritmo de compresión JPEG como si se tratara de una fotografía independiente. Al no aprovechar la redundancia temporal de la información de vídeo la eficiencia es menor que con MPEG, pero la tasa de bits es más constante.

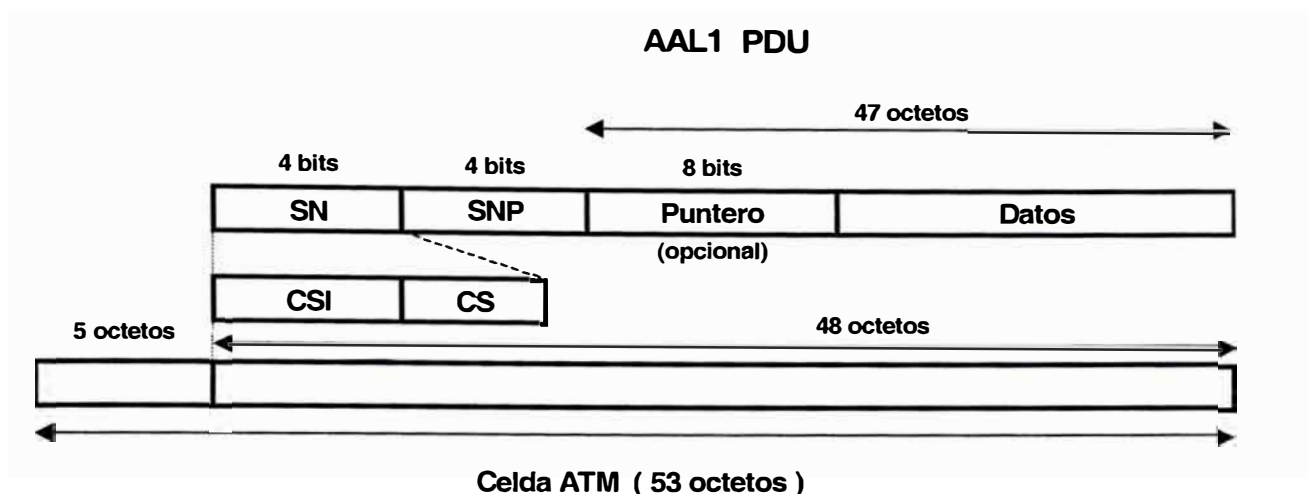
garantiza el ancho de banda necesario, es por ello que AAL1 garantiza un mínimo retardo, un jitter pequeño y un reducido overhead de proceso y de información de control.

En AAL1 la subcapa CS se ocupa de compensar las irregularidades que se puedan producir en el tráfico entrante para ajustarlo lo más posible a un caudal constante. Para esto se construye un buffer con unas pocas celdas antes de empezar a entregar los datos a la aplicación correspondiente. El número de celdas utilizado como buffer depende de la velocidad del circuito.

Los datos son recibidos de la aplicación normalmente como un flujo continuo de bits sin ninguna separación que permita identificar en él mensajes discretos. La subcapa CS no tiene un protocolo propio, es decir, no incorpora información de control. La subcapa SAR si lo tiene; utiliza un byte de la parte de carga útil de cada celda para incluir una información de control constituida por un número de secuencia y un CRC del número de secuencia; de esta forma el receptor puede verificar con seguridad que las celdas le están llegando todas y en orden, y corregir pequeñas pérdidas que se puedan producir, o notificar a la aplicación en caso de que las pérdidas sean superiores a lo tolerable.

### **3.6.1 Estudio de la Estructura del Protocolo AAL1**

En esta sección vamos a estudiar la estructura del Protocolo AAL1, para ello nos ayudará mucho la siguiente figura, donde se indica el formato de la PDU de AAL 1



**Figura 3.13 – La Unidad de Datos de AAL1**

**a) Descripción de los Campos del AAL1 PDU:**

**a1) Número de Secuencia (SN: Sequence Number) .-** Consta de 4 bits y se divide en dos subcampos: el contador de secuencia (SC: Sequence Count) de 3 bits y el indicador de CS (CSI: Convergence Sublayer Indication) que consta de un solo bit.

**a1.1) Funciones del bit CSI.-** El bit CSI tiene funciones diferentes según la celda sea impar o par (en su número de secuencia) así que describimos su función en cada caso :

- ❖ Celdas impares: en estas celdas se utiliza para recuperar la información de temporización a partir de la fuente. O lo que es lo mismo, aquí se utiliza para marcar el sincronismo.
- ❖ Celdas pares: en estas se utiliza para habilitar la capacidad de preservar límites de mensajes (CSI=1), en cuyo caso los 7 bits menos significativos del campo "puntero" (entre 0 y 92) indican el inicio del siguiente mensaje en la celda actual o en la siguiente. Dichas celdas se denominan celdas P.



**a2) Protección de Número de Secuencia (SNP: Sequence Number Protection).**- consta de 4 bits y es el campo de protección del campo SN. Consta de un código cíclico generado por un polinomio de orden 3 ( $x^3 + x + 1$ ), es un Hamming que consigue corrección de errores simples y detectar errores dobles y el último bit es un bit de paridad par.

**a3) Puntero.**- Consta de 8 bits y es un campo opcional que se utiliza en caso de celdas impares como ya se describió.

**a4) Datos .-** Consta de 47 octetos, para construir la celda ATM lo que hace es introducir directamente la PDU en el campo de datos de celda ATM añadiéndole la cabecera de 5 octetos.

**b) Descripción de las Funciones de AAL1 .-** Las funciones más importantes que provee este protocolo son las siguientes:

**b1)** AAL1 se encarga de amortiguar la variación del retardo de las celdas para entregar al destino un flujo de bits constante. Si el retardo de llenado de una celda antes de su transmisión (47 bytes x 125 microsegundos = 5.875 microsegundos) es inaceptable, puede acordarse en la fase de establecimiento de la conexión el número de bytes por celda.

**b2)** Tiene que recuperar una señal de temporización:

**b2.1)** En sistemas de transporte síncronos (interfaz SDH/SONET):

La señal de temporización se obtiene a partir de la fuente de los datos mediante el método SRTS (Synchronous Residual Time Stamp). Los 4 bits RTS (diferencia entre el reloj de referencia de la red y el de la fuente) se transfieren en el bit CSI de las

celdas impares. De este modo tenemos 4 bits cada 4 celdas impares (en las celdas 1, 3, 5 y 7 respectivamente).

**b2.2)** En sistemas de transporte asíncronos (interfaz de celdas):

La señal de temporización se recupera localmente, en función del nivel de ocupación del búfer.

**b3)** Tiene que transferir entre fuente y destino información de estructura de los mensajes, utilizando celdas P, si se requiere preservar los límites de éstos.

**b4)** Tiene que detectar celdas perdidas y/o fuera de secuencia. No se usan estrategias de retransmisión, pues dan lugar a retardos inaceptables. Sólo se informa a la aplicación de la pérdida de celdas o, si se requiere, se usan técnicas correctas (FEC).

### **3.7 El Protocolo AAL2**

El protocolo AAL 2 fue diseñado específicamente para la transmisión de tráfico de clase B (por ejemplo, audio o vídeo comprimido) donde, a diferencia del protocolo anterior se requiere una tasa de bits variable y deben conservarse los límites de los mensajes. Cabe destacar, no obstante, que la norma todavía no ha sido totalmente especificada.

Según la recomendación ITU-T I.363 (1996), AAL 2 permite "la transmisión eficiente de secuencias de paquetes de corta longitud en aplicaciones sensibles al retardo". Es decir, un método de multiplexar paquetes pequeños de distintas aplicaciones (por ejemplo, paquetes de voz producidos en las redes móviles) a través de un único canal virtual.

### 3.7.1 Estructura del Protocolo AAL2

## AAL2 PDU

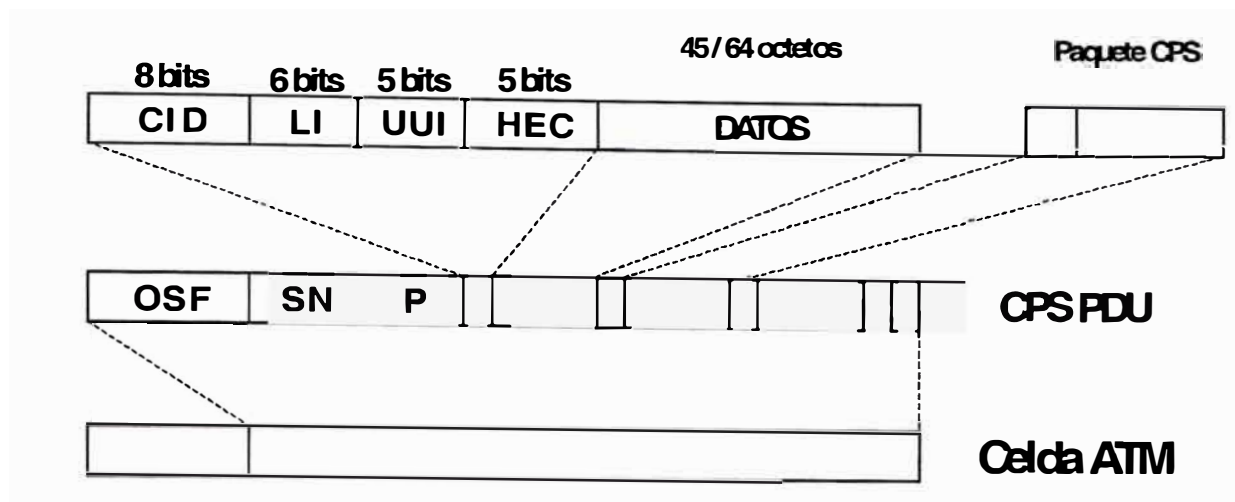


Figura 3.14 – Estructura del AAL2 PDU

a) **Subcapa común** (CPS: Common Part Sublayer).- Es responsable de la multiplexación paquete a paquete de los canales AAL 2.

b) **Subcapa de convergencia específica de servicio** (SSCS: Service-specific Convergence Sublayer) .- Esta subcapa da acceso a las aplicaciones a diferentes servicios (algunos aún bajo estudio) y, en algunos casos, puede no existir. A día de hoy sólo se ha normalizado la subcapa SSCS para las redes *trunking*.

#### b1) Servicios de CPS a SSCS.

- ❖ Transferencia de paquetes CPS de hasta 45 (por defecto) o 64 octetos. No hay corrección de errores ni retransmisión.
- ❖ Multiplexación de paquetes CPS en un canal virtual ATM.
- ❖ Secuencialidad de los paquetes entregados.

**c) Descripción de los Campos de la estructura indicada en la figura 3.14.-** Una PDU de CPS (que se transmitirá en una celda ATM) comienza con una cabecera de un octeto denominada Campo de Inicio (STF: Start Field), al que seguirá el resto de un paquete CPS que comenzó en una PDU anterior o un paquete CPS. El octeto STF sirve para que CPS pueda recuperar los paquetes CPS en destino, realizando así las funciones de las subcapas SAR, por tanto innecesaria.

El octeto STF consta de los siguientes campos:

- **OSF (Offset):** número de octetos desde la cabecera hasta el primer paquete CPS de la celda (6 bits).
- **SN (Sequence Number)**
- **P:** bit de paridad impar para proteger el campo OSF.

**c1) Descripción de los Campos de Control:**

- **Indificador de Canal (CID: Channel Identifier):** Consta de 8 bits, es el identificador del paquete CPS para su demultiplexación.
- **Indicador de Longitud (LI: Length Indicator):** tiene 6 bits para indicar la longitud del paquete CPS.
- **Indicador usuario a usuario (UUI: User to User Indication):** en total tiene 5 bits, de los cuales 3 bits para uso de transparente entre usuarios (SSCS o OAM).
- **Cabecera para control de errores (HEC :Header Error Control):** consta de 5 bits para la detección de errores, Consta de un código generado por un polinomio de orden 5 ( $x^5 + x^2 + x$ ).

Resumiendo, en este nivel las celdas ATM pueden tener un área útil (payload) variable. Todos los indicadores fueron incluidos en un byte de encabezado y 2 de terminación, lo que deja solo 45 bytes disponibles para transportar datos.

### 3.8 El Protocolo AAL3

El protocolo AAL-3, básicamente fue diseñado para transferir los datos con tasa de bits variables que son independientes del tiempo.

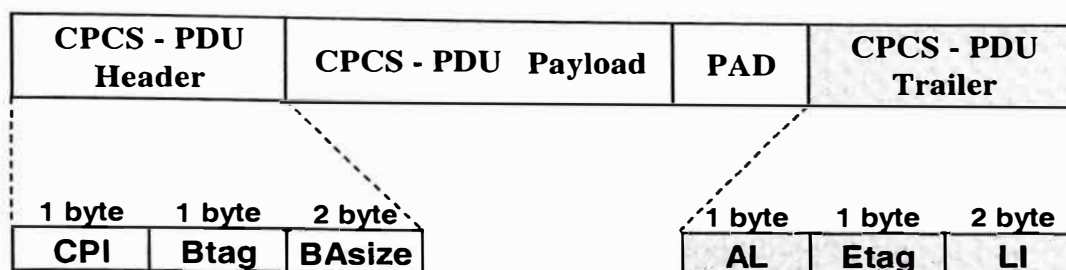
Podemos dividir el AAL-3 por sus modos de operación, las cuales son dos:

- **Modo de Operación Fiable:** En este modo cuando ocurre un caso de pérdida o mala recepción de datos, estos vuelven a ser enviados. Aquí el control de flujo es soportado.
- **Modo de Operación no Fiable:** En este modo la recuperación del error lo realiza las capas mas altas y el control de flujo es opcional.

#### 3.8.1 La subcapa de convergencia de AAL3

La CS de AAL3 es bastante similar a la CS de AAL2, y está dividida en dos secciones:

- a) **Parte común de la Subcapa de convergencia (CPCS: Common Part Convergence Sublayer).**- Esto es provisto también por el AAL-2 CS. Añade una cabecera y un payload a la parte común de la subcapa de convergencia, tal como se muestra en la figura 3.15.



**Figura 3.15 – Estructura de CS del protocolo AAL3**

La cabecera de esta estructura contiene 3 campos:

- 1) Indicador de la parte común (**CPI**: Common Part Indicator): Indica que el payload forma parte de la parte común.
- 2) La etiqueta de Inicio (**Btag**): Indica el comienzo de la parte común de la capa de convergencia.
- 3) Tamaño del buffer (**BAsize**): Indica al receptor el espacio necesario para acomodar el mensaje.

La carga útil (payload) de la estructura en mención, también contiene 3 campos:

- 1) El campo de Alineación (**AL**): Este campo es un byte de relleno usado para hacer que la cabecera y el payload tengan la misma longitud.
- 2) El campo de fin de etiqueta (**Etag**): Este campo indica el fin de la parte común de la CS.
- 3) El campo de longitud (**LI**): Este campo indica la longitud de la parte común de la CS.

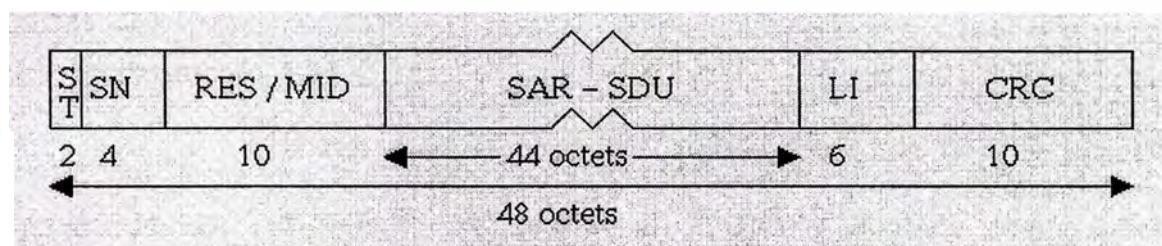
**b) Parte específica del servicio .-** Las funciones que suministra esta capa dependen de los servicios pedidos. Generalmente se incluyen funciones para la recuperación y

detección de errores y puede incluir también funciones especiales como “transparent delibery”.

### 3.8.2 La subcapa de segmentación y reensamblaje (SAR) en AAL3

En esta subcapa los datos son segmentados en paquetes y puestos en celdas ATM. Aquí se añaden al paquete una cabecera y el payload que contiene la información necesaria para la recuperación de errores y reensamblaje.

La figura 3.16, muestra la estructura de esta subcapa.



**Figura 3.16 - Estructura de SAR del protocolo AAL3**

La cabecera en la estructura indicada contiene 3 campos:

- 1) El campo Tipo de Segmento (**ST**: Segment Type) .- En este campo indica que parte de un mensaje contiene en payload. Tiene uno de los siguientes valores:
  - BOM: Comenzando de mensaje
  - COM: Continuación de mensaje
  - EOM: Fin de mensaje
  - Mensaje único en el segmento (**SSM**: Single Segment Message)
- 2) El campo Número de Secuencia (**SN**) .- Numero de secuencia usado para detectar una inserción o una pérdida de un paquete.

- 3) El campo identificador de multiplexación (**RES / MID**) .- Este campo se usa para distinguir datos de diferentes comunicaciones que ha sido multiplexadas en una única conexión de ATM.

El payload de la estructura contiene dos campos:

- 1) **LI** .-Indicador de longitud que indica el número de bytes útiles en un paquete parcialmente lleno.
- 2) **CRC**.- Control de errores.

### **3.9 El Protocolo AAL4**

El protocolo AAL4 fue diseñado para transportar datos con tasa de bits variable independientes del tiempo. Es similar al AAL-3 y también puede operar en transmisión fiable y no fiable. AAL-4 provee la capacidad de transferir datos sin establecer una conexión explícita.

Como se indicó anteriormente, originalmente las clases de servicios C y D eran distinta y como consecuencia sus protocolos correspondientes eran el AAL3 y el AAL4, pero posteriormente se determinó que las características eran similares, por lo que se unieron en un solo protocolo que actualmente se llama AAL 3/4.

Como este protocolo es el actualmente vigente vamos a estudiarlo a continuación.

### **3.10 El Protocolo AAL 3/4**

El protocolo AAL 3/4 soporta tráfico de tasa binaria variable, sin relación temporal entre emisor y receptor, aunque sensible a pérdidas y errores. AAL 3/4 ofrece



servicios orientado a conexión o sin conexión, de tipo fiable y no fiable, y puede operar en modo mensaje o modo flujo.

En AAL 3/4 es posible unir varias sesiones de una misma estación en un solo flujo. Todas las sesiones irán en el mismo circuito virtual, por lo que obtendrán la misma calidad de servicio.

### **3.10.1 Modos de operación de AAL 3/4**

**a) Modo mensaje.-** En este modo se preserva en destino la separación entre unidades de datos de usuario (tramas). Cada mensaje de aplicación se envía en una CS-PDU (opcionalmente pueden usarse varias CS-PDUs, aunque no es habitual).

**b) Modo flujo .-** En este modo no es necesario preservar límites de mensajes. Uno o más mensajes de tamaño fijo son enviados en la misma CS-PDU.

### **3.10.2 Servicios orientados a Conexión de AAL 3/4**

AAL 3/4 ofrece servicios orientado a conexión o sin conexión, de tipo fiable y no fiable , a continuación se indica en que consisten estos modo:

**a) Modo fiable .-** En este modo los bloques de datos perdidos o con errores se retransmiten, es obligatorio el control de flujo. Este modo queda restringido a conexiones punto a punto.

**b) Modo no fiable .-** En este modo no existe recuperación de errores por retransmisión ni control de flujo.

### 3.10.3 Estructura del protocolo AAL 3/4

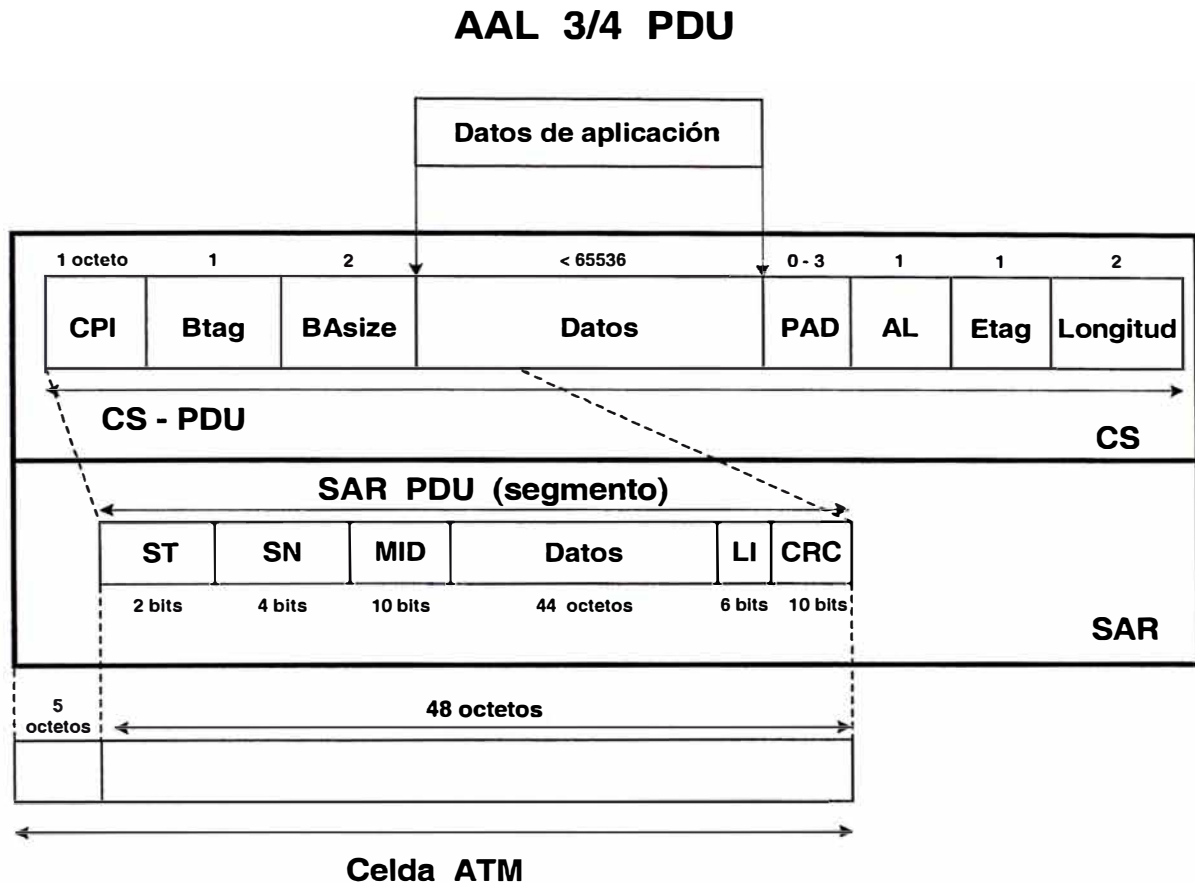


Figura 3.17 – Estructura del protocolo AAL 3/4

#### 3.10.4 La subcapa CS de AAL 3/4

La función de esta capa es dar servicio a las aplicaciones, construyendo una CS-PDU a partir de cada mensaje recibido de la aplicación si se encuentra en modo mensaje, o a partir de varios mensajes de tamaño fijo si se encuentra en modo flujo.

En esta subcapa se agregan encabezados y terminaciones de 4 bytes a cada mensaje (no a la celda). Los bytes adicionales permiten entre otras cosas avisar al receptor el tamaño del buffer que necesitará e información de longitud y secuencia

**a) Descripción de los Campos de la CS-PDU de AAL 3/4 .-** Tomando como referencia el grafico 3.17 se describe a continuación los campos de la SC de AAL 3/4

- **CPI** (Common part Indicator): Consta de un octeto, usado para interpretar el resto de campos (versión del protocolo). Actualmente es todo ceros.
- **Btag** (Beginning Tag) y **Etag** (Ending Tag): Ambas constan de un octeto y sirven para delimitar los mensajes. Son idénticos y se incrementan en cada nuevo mensaje, sirviendo además como número de secuencia.
- **BAsize** (Buffer Allocation Size): Consta de dos octetos e indica al receptor el tamaño del búfer a asignar para recibir la PDU de la capa CS antes de que llegue. En modo mensaje coincide con el campo longitud, y en modo flujo indica el tamaño fijo de los mensajes de aplicación.
- **PAD**: Consta de 0 a 3 octetos y se usa de relleno para que el campo de datos sea múltiplo de 4 bytes.
- **AL** (Alignment): Consta de un octeto sin uso. Completa el apéndice a 4 bytes.
- **Longitud**: Consta de 2 octetos para indicar la longitud del campo de datos (hasta 65.535 octetos).

**b) Descripción de los Campos de la SAR-PDU de AAL 3/4 .-** Tomando como referencia el grafico 3.17 se describe a continuación los campos de la SAR de AAL 3/4.

**b1) El campo tipo de segmento (ST: Segment Type) .-** Este campo indica que parte de un mensaje contiene en payload. Consta de 2 bits que indican el tipo de segmento y tiene uno de los siguientes valores:

<b>BOM</b>	10	Comienzo de mensaje
<b>EOM</b>	00	Final de mensaje
<b>COM</b>	01	Continuación de mensaje
<b>SSM</b>	11	Mensaje de segmento único

**Tabla 3.2 – Valores que asume el campo de ST en AAL 3/4**

**b2) El campo Número de secuencia (SN: Sequence number) .-** Este campo consta de 2 bits que indican el número de secuencia. Se incrementa en 1 relativo a la última SAR-PDU de la misma conexión AAL.

**b3) El campo identificador de multiplexación (MID: Multiplexing Identifier) .-** Este campo consta de 10 bits que sirven para identificar la conexión AAL. Adicionalmente sirve para identificar las celdas pertenecientes a una misma CS-PDU.

**b4) El campo indicador de longitud (LI: Length Indicator) .-** Este campo consta de 6 bits que indican la longitud del campo de información de la SAR-PDU (hasta 44 octetos). El valor LI = 63 junto con EOM se usa para abortar la transmisión del mensaje actual a medio camino.

**b5) El campo CRC .-** Este campo consta de 10 bits que son un código cíclico de un polinomio generador  $x^{10} + x^9 + x^5 + x + 1 = (x+1)(x^9 + x^4 + 1)$ , que cubre la SAR-PDU.

### **3.10.5 Funciones de la subcapa SAR en AAL 3/4**

El mensaje que es procesado por la subcapa CS es luego pasado a esta subcapa SAR, aquí también se agregan encabezados y terminaciones dejando finalmente solo 44 bytes disponibles, las acciones que se realizan en esta capa son las siguientes:

- a) Segmenta o compone las CS-PDUs. En modo flujo se usa una SAR-PDU por mensaje de aplicación contenido en la CS-PDU, incluyendo la cabecera de la CS-PDU en la primera y el apéndice en la última.
- b) Se encarga de detectar errores de transmisión, celdas fuera de secuencia y celdas perdidas, informando a la subcapa CS.
- c) Multiplexa y demultiplexa CS-PDUs correspondientes a múltiples conexiones AAL sobre la misma conexión ATM.
- d) En modo fiable, se ocupa de recuperar celdas perdidas o erróneas mediante retransmisión y realizar control de flujo.

### **3.11 El Protocolo AAL 5**

AAL5 es la propuesta de la industria de la computación y de redes frente a AAL 3/4 propuesta por el sector de telecomunicaciones y este protocolo también está orientado a las clases de servicio C y D..

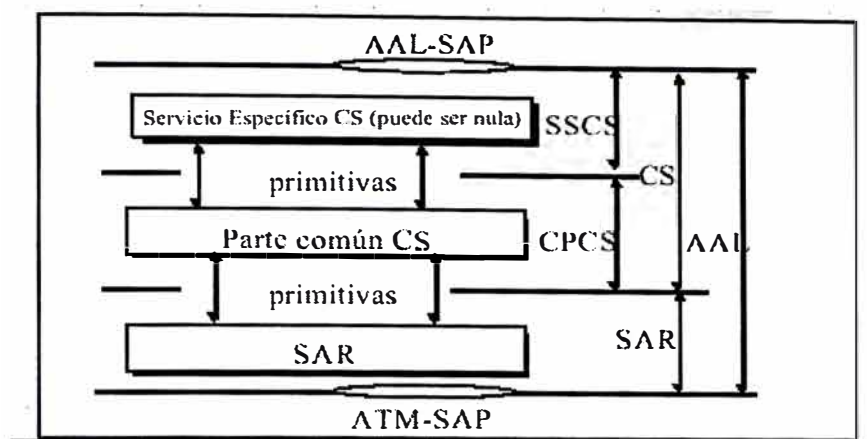
AAL5, que es lo más parecido a un servicio de transporte de datos en ATM, se asemeja en cierto modo a UDP. Se supone que si el usuario desea un transporte

fiable incorporará su propio protocolo encima de AAL5. En la práctica, para no reinventar la rueda, se suelen utilizar protocolos ya existentes, por ejemplo El protocolo de control de transmisión (TCP: Transmisión Control Protocol). En realidad lo que se suele hacer es encapsular paquetes del nivel de red, por ejemplo datagramas del protocolo para Internet (IP: Internet Protocol), o incluso tramas de control de acceso al medio (MAC: Media Access Control) como veremos luego. Aunque esta solución no es ideal, pues aumenta la cantidad de información de control, es la más extendida actualmente

AAL5 nace como consecuencia de que el AAL3/4 se convirtió en un protocolo excesivamente complejo para algunas aplicaciones, y esto debido al afán de disponer de una protocolo con una funcionalidad completa para la transmisión de pues tiene dos capas de protocolo son excesivo overhead y sólo tiene 10 bits de CRC, por ello esto ha permitido que AAL5 haya sido rápidamente adoptado por el ATM Forum y también por la ITU-T. En consecuencia, algunos investigadores propusieron un nuevo protocolo más simple, el protocolo simple y eficiente de la capa de adaptación (SEAL: Simple Efficient Adaptation Layer), cuyo nombre pone de manifiesto las consideraciones anteriores, y que finalmente ha sido normalizado como AAL5.

Al igual que AAL 3/4, AAL 5 ofrece servicio modo mensaje y modo flujo, fiable y no fiable. Sin embargo, se diferencia de éste en que no soporta multiplexación.

AAL5 se ha diseñado para procesar el tráfico típico de LANs de hoy. Originalmente, AAL3/4 fue diseñado para procesar esta clase de tráfico. Sin embargo, la ineficacia de AAL3/4 para manejar tráfico de LAN condujo al uso de AAL5 para tal tráfico.



**Figura 3.18 – Estructura del Protocolo AAL5**

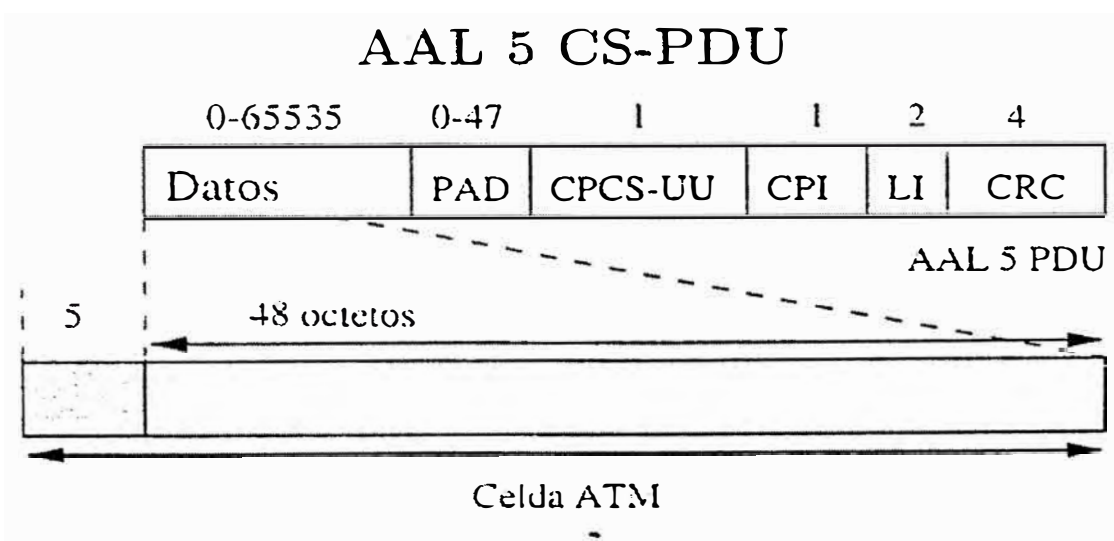
AAL5 proporciona un servicio muy dinámico de transporte de datos que las funciones con poco overhead y ofrece una mejores capacidad para la detección y corrección de errores que AAL3/4. AAL5 es asociado típicamente al tráfico VBR (índice de bit variable) y al tipo de tráfico ABR (Índice de Tráfico disponible).

Otra contribución de AAL5 es la forma eficiente del uso del Indicador del tipo de Carga Útil PTI (Payload Type Indicator), campo ubicado en la cabecera de la Celda ATM, ya que indica que la Celda ATM está soportando tráfico AAL5, y para ello se vale de un espacio en el campo de Payload de la celda ATM. También AAL5 calcula a través del CRC (Cyclic Redundance Check) de 32 bits sobre la unidad de datos completa del protocolo para detectar celdas pérdidas, así como par detectar el desordenamiento de celdas.

### 3.11.1 Estructura del Protocolo AAL 5

**a) Descripción de la estructura subcapa CS en AAL5 .-** Tomando como referencia el gráfico 3.19, se describirá la estructura de la subcapa CS en AAL5:

- a) El campo **DATOS** permite la transferencia de tramas de usuario de hasta 65.535 octetos. Adicionalmente, se puede transmitir de forma transparente un octeto de información (UU) entre ambos usuarios extremos.
- b) El relleno (**PAD**) se usa para obtener una longitud total de la CS-PDU que sea múltiplo de 48 octetos
- c) El campo **CPCS-UU (Common Part Convergence Sublayer – User to User)** indica la parte común de la subcapa de convergencia que permite transmitir de usuario a usuario.
- d) El campo **CPI** posee las mismas funciones que en AAL 3/4.
- e) El campo **LI** (Longitud Indicator) indica el número de byte de la carga útil del mensaje, sin considerar el relleno, cuando la longitud es cero (0) significa abortar el mensaje actual a medio camino.
- f) Utiliza en CRC de 32 bits sobre la CS-PDU completa para detectar errores de bit en el mensaje.



**Figura 3.19 - Estructura subcapa CS en AAL5**



### 3.11.2 Funciones de la Sub capa de Convergencia (CS) de AAL5

Para propósitos de procesamiento de tráfico de AAL5, el CS se ha dividido en dos partes, esta división se puede apreciar en la figura 3.18, y a continuación se pasa a describirlo:

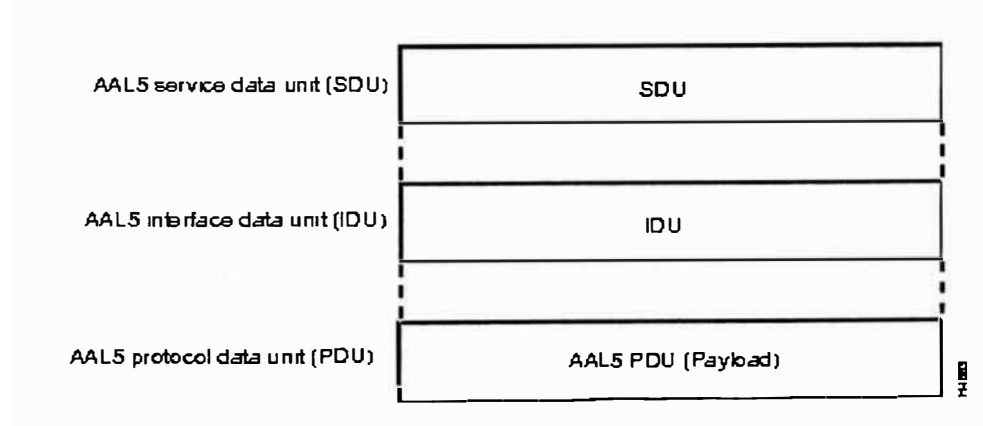
#### 1) Parte Común de la Sub capa de Convergencia (CPCS: Common Part Convergence Sublayer).

Esta parte de la CS proporciona la capacidad de transferencia de unidades de datos CPCS-PDU (Common Parts Convergence Sublayer - Protocol Data Unit) desde un usuario de AAL5 a otro usuario de AAL5 ubicados en la Red.

El tipo de tráfico AAL5 soporta el modo de servicio mensaje (**message**) y el modo de servicio de flujo (**streaming**).

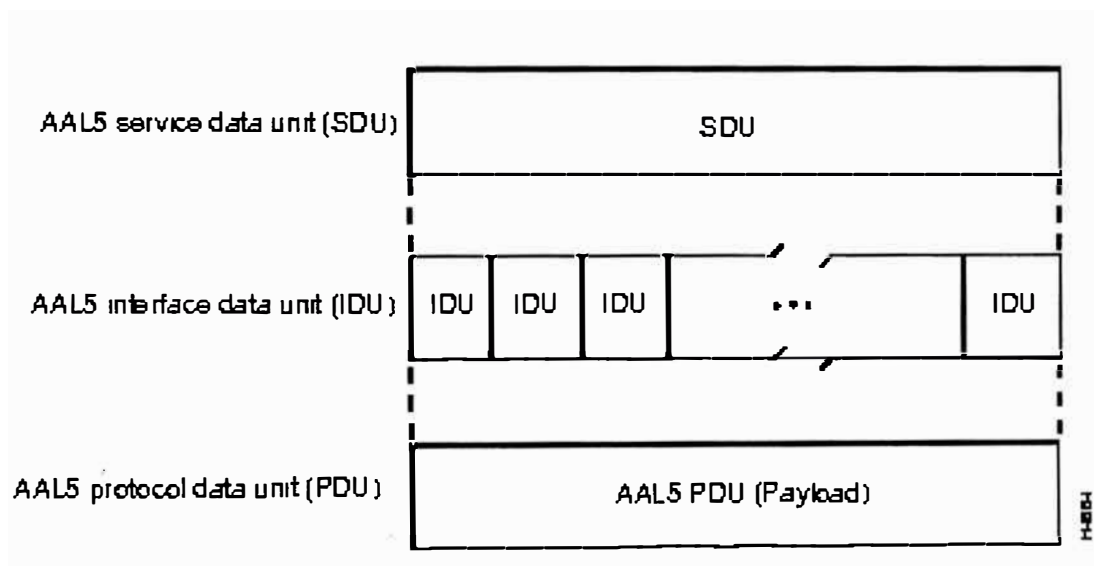
**a) El modo de servicio mensaje .-** En este modo la unidad de servicio de datos (SDU: Service Data Unit) pasa a través de la Interfase AAL5 como un IDU (Interface Data Unit), correspondiendo exactamente como un PDU (Protocol Data Unit).

Como se observa en la figura 3.20, El modo de servicio mensaje proporciona transporte a las unidades de datos de tamaño fijo o longitud variable.



**Figura 3.20 – Modo de servicio mensaje en AAL5**

**b) El modo de servicio Streaming .-** Como se puede apreciar en la figura 3.21, el SDU pasa a través de la Interfase de AAL5 en una o más IDUs. La transferencia de dichas IDUs a través de la Interfase puede ocurrir separados en tiempos. En otras palabras el modo de servicio Streaming puede canalizar los SDUs, significando que puede iniciar la transferencia de la información a un par de AAL 5 antes de que el SDU entero esté totalmente disponible para la transmisión. En efecto, todo los IDUs que pertenece a un SDU se transfieren sobre la red como unas o más cargas útiles de la PDU AAL5.



**Figura 3.21 – Modo de servicio Streaming en AAL5**

## **2) SSCS (Service Specific Convergence Sublayer ).**

Aquí se pueden definir diferentes clases de Protocolos SSCS para soportar un tipo de servicios específico a Usuarios AAL o grupo de servicios entre las que podrían estar la multiplexación.

### 3.11.3 Funciones de la Subcapa SAR de AAL5

A diferencia de AAL 3/4 en AAL 5 la subcapa SAR tan sólo se ocupa de segmentar y componer los datos de CS, que son siempre múltiplos de 48 bytes, entregándose a la capa ATM. La subcapa SAR no añade *overhead*.

También le indica a la capa ATM el valor del bit AUU del campo PT, mediante el cual se establecen los límites de los mensajes.

La unidad básica de información para transferencia de AAL5 se llama CPCS-PDU (Common Part Convergence Sublayer - Propocol Data Unit).

AAL5 posibilita el transporte de CPCS-PDU de longitud variable que puede contener desde 1 a 65,535 bytes entre el punto de comunicación y la red ATM.

En figura 3.22, se muestra la trama de longitud variable

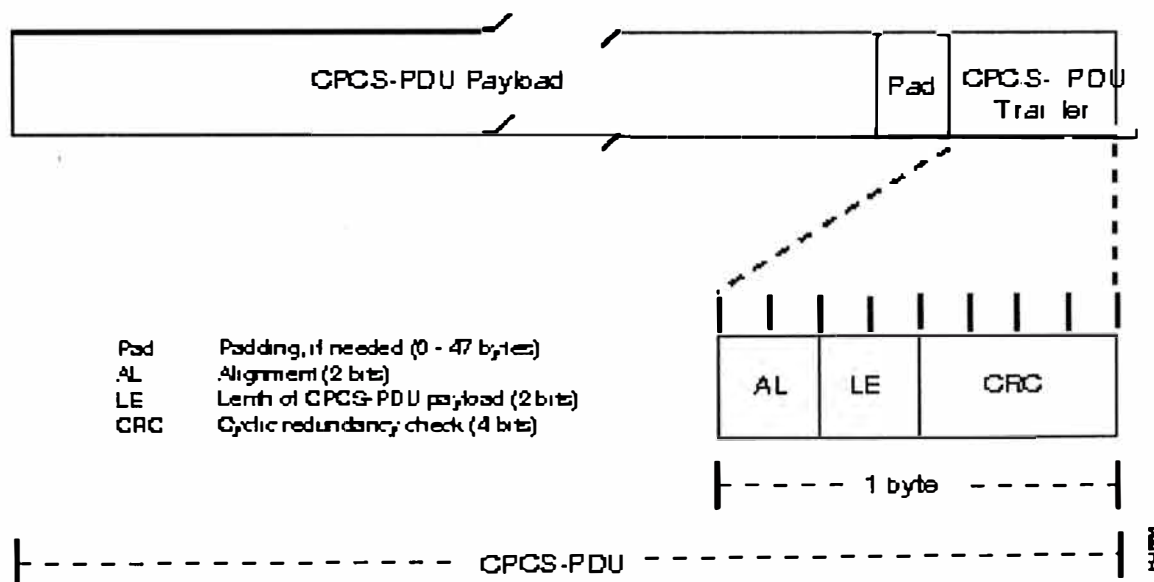


Figura 3.22 - CPCS-PDU Formato de datos de AAL5

Si es necesario la carga útil del CPCS-PDU se rellenará para completar el tamaño de la celda ATM.

El campo **Pad** se utiliza solo para los propósitos de llenado y no transporta ninguna información útil.

Durante el proceso AAL5 los CPCS-PDU transportados son añadidos a la carga útil para ejecutar las siguientes funciones:

**a) Campo de Alineación (AL) .-** Usado para transferir información "usuario a usuario" entre CPCS en la Red.

**b) Campo de Longitud (LE) .-** Usado para codificar la longitud del CPCS-PDU en el campo de Carga útil (payload).

**c) Campo CRC.-** Usado para detectar errores en la Carga Útil CPCS-PDU.

En conclusión AAL5 es más eficiente que AAL 3/4, debido a que no agrega bytes adicionales a cada celda, obtiene casi un 10% más de rendimiento.

Debido al chequeo de suma grande que tiene cada mensaje, le es posible detectar errores y celdas perdidas, tal como AAL 3/4.

## **CONCLUSIONES**

1. El formidable despegue ATM genera un nuevo impulso y confirma su carácter de tecnología extremo a extremo, universal y globalizadora.
2. ATM es una tecnología que continua evolucionando y siendo fuente de interesantes y novedosas propuestas.
3. El desarrollo de avanzados protocolos de comunicaciones es uno de los campos de investigación más activo, con la aspiración de ofrecer el adecuado soporte a las nuevas aplicaciones adaptadas a las clases de servicio nativas ATM.
4. Existen ya propuestas concretas que permiten a través de ATM comunicación fiable a elevados anchos de banda y entre múltiples emisores y receptores (SMART, MCMP o MWAX).

5. Las investigaciones más novedosas en torno a los protocolos ATM , proponen redes ATM programables o activas (active networks) usando agentes móviles.
6. ATM promete ser la tecnología de red empresarial virtual del futuro, un término que refleja tanto la evolución del modelo empresarial global y el énfasis en la conectividad lógica, donde los usuarios obtienen acceso a los recursos que necesitan y el operador de la red provee las rutas de conexión y asigna el ancho de banda necesario a fuentes de tráfico muy diferentes (voz, datos, vídeo).

## **ANEXO A**

### **CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOCOLOS AAL**

## CARACTERÍSTICAS DE LOS PROTOCOLOS AAL

	AAL 1	AAL 2	AAL 3/4	AAL 5
Clase de servicio	A	B	C/D	C/D
Multiplexación	No	Sí	Sí	No
Sincronización	Tiempo real	Tiempo real	Asincrónico	Asincrónico
Preservación de mensajes	No	No	Sí	Sí
Chequeo de mensajes	No	No	No	32 bits
Delimitación de mensaje	Celdas P	OSF y LI	Btag/Etag	Bit AAU en PT
Chequeo de celdas	No	No	10 bits	No
Bits usuario	0	3	0	8
Relleno CS	0	0	0-3 octetos	0-47 octetos
Overhead CS (octetos)	0	1 + 3/pkt. CPS	8	8
Redundancia CS (bits)	Ninguna	5/pkt. CPS (HEC)	Ninguna	32 (CS-PDU)
Overhead SAR (octetos)	1-2	-	4	0
Redundancia SAR (bits)	4 (secuencia)	-	10 (SAR-PDU)	Ninguna
Carga útil disponible	46-47	45	44	48



**ANEXO B**  
**NORMALIZACIÓN**

### RECOMENDACIONES ITU-T

Rec. ITU-T	REFERENCIA
I.113 (6/97)	Vocabulary of terms for broadband aspects of ISDN
I.150 (11/95)	B-ISDN asynchronous transfer mode functional characteristics
I.211 (3/93)	B-ISDN service aspects
I.311 (8/96)	B-ISDN general network aspects
I.313 (9/97)	B-ISDN network requirements
I.321 (4/91)	B-ISDN protocol reference model and its application
I.326 (11/95)	Functional architecture of transport networks based on ATM
I.327 (3/93)	B-ISDN functional architecture
I.356 (10/96)	B-ISDN ATM layer cell transfer performance
I.361 (11/95)	B-ISDN ATM layer specification
I.363 (3/93)	B-ISDN ATM adaptation layer specification

I.363.1 (8/96)	B-ISDN ATM adaptation layer specification: Type 1 AAL
I.363.2 (9/97)	B-ISDN ATM adaptation layer specification: Type 2 AAL
I.363.3 (8/96)	B-ISDN ATM adaptation layer specification: Type 3/4 AAL
I.363.5 (8/96)	B-ISDN ATM adaptation layer specification: Type 5 AAL
I.371 (8/96)	Traffic control and congestion control in B-ISDN
I.413 (3/93)	B-ISDN user-network interface
I.432 (8/96)	B-ISDN User-Network Interface Physical layer specification

## RECOMENDACIONES ATM Forum

<b>Interconexión de redes ATM</b>
B-ICI 1.0 (9/93)
B-ICI 1.1
B-ICI 2.0 (delta spec. to B-ICI 1.1) (12/95)
B-ICI 2.0 (integrated specification) (12/95)
B-ICI 2.0 Addendum or 2.1 (11/96)
<b>Interfaces locales</b>
Data exchange Interface version 1.0 (8/93)
ILMI 4.0 (Integrated Local Mgmt. Interface) (9/96)
<b>LAN Emulation</b>
LAN Emulation over ATM 1.0 (1/95)
LAN Emulation Client Management Specification LANE 1.0 Addendum (9/95)
LANE Servers Management Spec. v1.0 (3/96)
LANE v2.0 LUNI Interface (7/97)

Multi-Protocol Over ATM Specification v1.0 (7/97)
<b>Gestión de red</b>
Customer Network Management (CNM) for ATM Public Network Service (10/94)
M4 Interface Requirements and Logical MIB (10/94)
CMIP Specification for the ME Interface (9/95)
M4 Public Network view (3/96)
M4 "NE View" (1/97)
Circuit Emulation Service Interworking Requirements, Logical and CMIP MIB (1/97)
M4 Network View CMIP MIB Spec v1.0 (1/97)
M4 Network View Requirements & Logical MIB Addendum (1/97)
ATM Remote Monitoring SNMP MIB (7/97)
<b>Capa física</b>
Parte de UNI 3.1
44.736 DS3 Mbps Physical Layer
100 Mbps Multimode Fiber Interface Physical Layer
155.52 Mbps SONET STS- $c$ Physical Layer

155.52 Mbps Physical Layer
ATM Physical Medium Dependent Interface Specification for 155 Mbps over Twisted Pair Cable (9/94)
DS1 Physical Layer Specification (9/94)
Utopia (3/94)
Mid-range Physical Layer Specification for Category 3 UTP (9/94)
6,312 Kbps UNI Specification (6/95)
E3 Uni (8/95)
Utopia Level 2 (6/95)
Physical Interface Specification for 25.6 Mbps over Twisted Pair (11/95)
A Cell-based Transmission Convergence Sublayer for Clear Channel Interfaces (1/96)
622.08 Mbps Physical Layer (1/96)
155.52 Mbps Physical Layer Specification for Category 3 UTP
120 Ohm Addendum to ATM PMD Interface Spec for 155 Mbps over TP (1/96)
DS3 Physical Layer Interface Spec (3/96)
155 Mbps over MMF Short Wave Length Lasers, Addendum to UNI 3.1 (7/96)
E-1 Physical Layer Interface Specification (9/96)

155 Mbps over Plastic Optical Fiber (POF) (5/97)
Inverse ATM Mux (7/97)
<b>Interfaz NNI</b>
Interim Inter-Switch Signaling Protocol P-NNI V1.0 (12/94)
PNNI 1.0 Addendum (soft PVC MIB) (9/96)
PNNI ABR Addendum (1/97)
PNNI v1.0 Errata and PICs (7/97)
<b>Aspectos de servicio y aplicaciones</b>
Frame UNI (9/95)
Circuit Emulation (9/95)
Native ATM Services: Semantic Description (2/96)
Audio/Visual Multimedia Services: Video on Demand v1.0 (1/96)
Audio/Visual Multimedia Services: Video on Demand v1.1 (1/96)
ATM Names Service (11/96)
FUNI 2.0 (7/97)
Native ATM Services DLPI Addendum Version 1.0 (2/98)

<b>Seguridad</b>
ATM Security Framework Version 1.0 (2/98)
<b>Señalización</b>
UNI Signaling 4.0 (7/96)
Signaling ABR Addendum (1/97)
<b>Verificación y pruebas</b>
Introduction to ATM Forum Test Specifications (12/94)
PICS Proforma for the DS3 Physical Layer Interface (9/94)
PICS Proforma for the SONET STS-3c Physical Layer Interface (9/94)
PICS Proforma for the 100 Mbps Multimode Fiber Physical Layer Interface (9/94)
PICS Proforma for the ATM Layer (UNI 3.0) (4/95)
Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer for Intermediate Systems (UNI 3.0) (9/95)
Interoperability Test Suite for the ATM Layer (UNI 3.0) (4/95)
Interoperability Tests Suites for Physical Layer: DS-3, STS-3c, 100 Mbps MMF (TAXI) (4/95)



PICS Proforma for the DS1 Physical Layer (4/95)

Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer UNI 3.0 (End Systems)  
(1/96)

PICS for AAL5 (ITU spec) (1/96)

PICS Proforma for the 51.84 Mbps Mid-Range PHY Layer Interface (1/96)

Conformance Abstract Test Suite for the ATM Layer for Intermediate Systems  
(UNI 3.1) (1/96)

PICS for the 25.6 Mbps over Twisted Pair Cable (UTP-3) Physical Layer (3/96)

Conformance Abstract Test Suite for the ATM Adaptation Layer (AAL) Type 5  
Common Part (Part 1) (3/96)

PICS for ATM Layer (UNI 3.1) (7/96)

Conformance Abstract Test Suite for the SSCOP Sub-layer (UNI 3.1) (9/96)

PICS for the 155 Mbps over Twisted Pair Cable (UTP-5/STP-5) Physical Layer  
(11/96)

PNNI v1.0 Errata and PICs (7/97)

PICS for Direct Mapped DS3 (7/97)

Conformance Abstract Test Suite for Signaling (UNI 3.1) for the Network Side  
(9/97)

ATM Test Access Function (ATAF) Specification v1.0 (2/98)

PICS for Signaling (UNI v3.1) - User Side (4/98)

### **Gestión de tráfico**

Traffic Management 4.0 (4/96)

Traffic Management ABR Addendum (1/97)

### **Voz sobre ATM**

Circuit Emulation Service 2.0 (1/97)

Voice and Telephony Over ATM to the Desktop (5/97)

(DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization in 64 Kbps Time Slot Trunking Over ATM - Using CES (7/97)

ATM Trunking Using AAL1 for Narrow Band Services v1.0 (7/97)

### **Interfaz UNI**

ATM User-Network Interface Specification v2.0 (6/92)

ATM User-Network Interface Specification v3.0 (9/93)

ATM User-Network Interface Specification v3.1 (94)

## **ANEXO C**

### **VELOCIDADES DE INTERFACES**

## VELOCIDADES DE INTERFACES

### Para Interfaces Físicas Asíncronas

<u>Tipo de Señal</u>	<u>Bit Rate</u>	<u>Descripción</u>
DS0	64 Kbps	Un canal de Voz
DS1	1.544 Mbps	24 DS0s
DS1C1	3.152 Mbps	2 DS1s
DS2	6.312 Mbps	4 DS1s
DS3	44.736 Mbps	28 DS1s

1The "C" in DS1C does not imply concatenation, as does the "c" in STS-3c.

### Para Interfase Físicas (SONET) Síncronas

<u>Tipo de Señal</u>	<u>Bit Rate</u>	<u>Descripción</u>
STS-1/OC-1	51.84 Mbps	28 DS1s or one DS3
STS-3/OC-3	155.52 Mbps	3 STS-1s byte interlaced
STS-3c/OC-3c	155.52 Mbps	Concatenated, indivisible payload
STS-12/OC-12	622.08 Mbps	12 STS-1s, 4 STS-3cs, or any mixture
STS-12c/OC-12c	622.08 Mbps	Concatenated, indivisible payload
STS-48/OC-48	2488.32Mbps	48 STS-1s, 16 STS-3cs, or any mixture

## **ANEXO D**

### **INTERFACES FÍSICAS COMUNES A ATM**

### INTERFACES FÍSICAS COMUNES A ATM

Tipo de Interface	Velocidad (Mbps)	Medio Físico
DS-1		
T1	1.544	twisted pair
E1	2.048	twisted pair and coaxial cable
DS-3		
T3	44.736	coaxial cable
E3	34.368	coaxial cable
ATM25	25.6	UTP-3
4B/5B (TAXI)	100	multimode fiber
SONET/SDH		
OC-3	155.52	multimode and single-mode fiber
STS-3c/STM-1	155.52	UTP-5
OC-12	622.08	single-mode fiber
OC-48	2488.32	single-mode fiber

# **ANEXO E**

## **RECOMENDACIONES ITU-T**

## RECOMENDACIONES ITU-T

### Recomendaciones ITU-T Serie Q.121

Ginebra, Septiembre de 1994.

- Recomendaciones para el UNI:
  - ITU-T, Recommendation. Q.2931: "B-ISDN DSS2 UNI layer 3 specification for basic call/connection control".
  - ITU-T, Recommendation. Q.2951: "Stage 3 description for number identification supplementary services using B-ISDN DSS2 basic call".
  - ITU-T, Recommendation. Q.2957: "B-ISDN, stage 3 description for additional information transfer supplementary services using B-ISDN DSS2 basic call".
  
- Recomendaciones para el NNI:
  - ITU-T, Recommendation Q.2761: "Functional description of the B-ISDN user part (B-ISUP) of signaling system No. 7".
  - ITU-T, Recommendation Q.2762: "B-ISUP -General Functions of Messages and Signals".
  - ITU-T, Recommendation Q.2763: "B-ISUP -Formats and codes".
  - ITU-T, Recommendation Q.2764: "B-ISUP -Basic call procedures".
  - ITU-T, Recommendation Q.2730: "B-ISUP -Supplementary services".
  - ITU-T, Recommendation Q.2660: "B-ISDN user part to N-ISDN user part interworking".
  - ITU-T, Recommendation Q.2650: "B-ISUP to DSS2 interworking procedures".
  - ITU-T, Recommendation Q.2610: "Usage of cause and location in ISUP and DSS2".



## **ANEXO F**

### **GLOSARIO**

## GLOSARIO

<b>AAL</b>	(ATM adaptation layer). Capa de adaptación ATM
<b>ADSL</b>	(Asymmetric Digital Subscriber Line). Línea Asimétrica Digital del usuario. Tecnología que permite la transmisión de Información digital a alta velocidad por medio de línea telefónica.
<b>ANSI</b>	(American National Standards Institute). Instituto de Estándar Nacional Americano.
<b>ATM</b>	(Asynchronous Transfer Mode). Modo de transferencia asíncrono. Tecnología de conmutación y multiplexado de células que combina las ventajas de la conmutación de circuitos.
<b>BECN</b>	(Backward Explicit Congestion Notification), Notificación explícita de congestión reversa. Campo en el encabezamiento del núcleo Frame Relay.
<b>B-ISDN</b>	(Broadband Integrated Services Digital Network). Red Digital de Servicios Integrados para banda ancha. Grupo de normas ITU en fase de desarrollo para servicios integrados basados en conmutación ATM.
<b>CCITT</b>	(Comité Consultativo Internacional Telefónico y Telegráfico). Organización que determina los estándares de comunicación Internacional.
<b>CDVT</b>	(Cell Delay Variation Tolerance). Celda de tolerancia a la variación de retardo.
<b>CLP</b>	(Cell Loss Priority). Prioridad de pérdida de células. Campo en el encabezamiento de celdas ATM.
<b>CPCS</b>	(Common Part Convergence Sublayer). Subcapa de convergencia de parte común de una AAL.
<b>CS</b>	(Convergence Sublayer). Subcapa de convergencia
<b>DCE</b>	(Data Communications Equipment). Equipo de comunicación de datos entre el computador que transmite y su destino por medio de una Interfase
<b>DQDB</b>	(Distributed Queue Dual Bus). Central para Telefonía
<b>DTE</b>	(Data Terminal Equipment). Equipo Terminal de Datos. Dispositivos como computadoras, impresoras, teléfonos, fax que sirve como origen de transmisión ó recepción de datos y que está conectado al DCE por medio de una Interfase
<b>EFCI</b>	(Explicit Forward Congestion Indication). Indicación explícita de congestión hacia adelante). Campo en el encabezamiento de células ATM.
<b>FCC</b>	(Federal Communications Commission). Comisión Federal de Comunicaciones. Comisión que determina los rangos de radiación permitidos en los computadores personales, también determina los rangos de radiación de interferencia de los artefactos eléctricos

<b>FDDI</b>	(Fiber Distributed Data Interface). Conjunto de protocolos ANSI para comunicación de datos por Fibra Óptica, utilizados para redes Token Passing
<b>FRAME RELAY</b>	Regulador Enmarcado. Servicio de Comunicación de datos basados en Conmutación de Paquetes a Alta Velocidad
<b>ISDN</b>	(Integrated Services Digital Network). Red Digital de Servicios Integrados. Estándar para líneas de telefonía digitales, que permiten transferencia de voz, datos y video a altas velocidades
<b>LMDS</b>	(Local Multipoint Distribution Service). Servicio de distribución punto, multipunto
<b>MAC</b>	(Media Access Control). Control de acceso a los medios. Proporciona acceso a servicios de medios físicos.
<b>MBS</b>	(Maximum Burst Size). Longitud máxima de ráfagas
<b>MMDS</b>	(Multipoint Microwave Distribution System). Sistema de distribución de microondas multipunto. Conocido también como Multi channel Multipoint Distribution System and Wireless cable. Es una tecnología para acceso a Internet por Banda Ancha
<b>NNI</b>	(Network-to-Network Interface). Interfase de red a red.
<b>OAM</b>	(Operating, Administrating and Maintenance). Administración, Operación y Mantenimiento.
<b>PCR</b>	(Peak Cell Rate). Celda de Tasa máxima.
<b>PDU</b>	(Protocol Data Unit). Protocolo de Unidad de datos. Término genérico para el formato que se utiliza para enviar información en un protocolo de comunicaciones, normalmente un paquete con encabezamientos y colas.
<b>PMD</b>	(Physical Medium Dependent). Dependiente del Medio Físico
<b>PVC</b>	(Permanent Virtual Circuit). Circuito virtual permanente. Es una conexión virtual establecida de forma permanente entre dos dispositivos, usando suministro manual.
<b>RDSI-BA</b>	(Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha). Grupo de normas ITU en fase de desarrollo para servicios integrados basados en conmutación ATM.
<b>SAP</b>	(Service Access Point). Punto de acceso al servicio.
<b>SAR</b>	(Segmentation and Reassembly): capa de segmentación y reagrupamiento de una AAL.
<b>SCR</b>	(Sustained Cell Rate). Tasa de bit media
<b>SDU</b>	(Service Data Units). Unidades de datos de servicio. Término genérico para el formato que se utiliza para intercambiar información del servicio entre un usuario del servicio y un proveedor del servicio en una pila de protocolos.
<b>SONET</b>	(Synchronous Optical Network). Redes Ópticas Síncronas. Conjunto de estándares para transmisión de información digital sobre redes de fibra óptica
<b>SSCS</b>	(Common Part Convergence Sublayer). Parte común de la subcapa de convergencia.
<b>STP</b>	(Signaling Transfer Point). Señalización de punto de transferencia

<b>SVC</b>	(Switched Virtual Circuit). Circuito virtual conmutado. Conexión virtual temporal entre dos dispositivos que utiliza un protocolo de señalización.
<b>TAXI</b>	(Transparent Asynchronous Transmitter / Receiver Interface). Interfase de transmisión / recepción transparente.
<b>TC</b>	(Transmission Convergence). Convergencia de Transmisión.
<b>TDM</b>	(Time Division Multiplexing). Multiplexación por división de Tiempo. Sistema que ofrece transmisión sincrónica de datos sobre canales con ancho de banda fijas
<b>TE</b>	(Terminal Equipment). Equipo terminal.
<b>UNI</b>	(User-Network Interface). Interfaz usuario a red. Interfaz definida para el acceso a redes públicas y privadas.
<b>UTP</b>	(Unshielded Twisted Pair ). Par trenzado no blindado. Tipo y Categoría de cable para LAN
<b>VC</b>	(Virtual Circuit). Circuito Virtual.
<b>VCC</b>	(Virtual Channel Connection). Conexión de canal virtual.
<b>VCI</b>	(Virtual Channel Identifier). Identificador de canal virtual. Campo en el encabezamiento de células ATM.
<b>VP</b>	(Virtual Path). Camino Virtual. Conjunto de Circuitos Virtuales que conectan dos redes
<b>VPC</b>	(Virtual Path Connection). Conexión de camino virtual.
<b>VPCI</b>	(Virtual Path Connection Identifier). Identificador de conexión de camino virtual.
<b>VPI</b>	(Virtual Path Identifier). Identificador de camino virtual. Campo en el encabezamiento de células ATM.

## BIBLIOGRAFÍA

1. **Awdeh R.Y, H.T.Mouftah.** Survey of ATM switch architectures, Computer Networks and ISDN systems 27 (1995) 1567-1613).
2. **Cisco System.** “Fundamentos Tecnológicos de ATM, en: [http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/atm/c8540/12\\_0/13\\_19/atg/1020125](http://www.cisco.com/univercd/cc/td/doc/product/atm/c8540/12_0/13_19/atg/1020125) .
3. **Cisco System.** “Technical Support” en: [http://www.cisco.com/cgi-bin/Support/PSP/Standards %26 Specifications](http://www.cisco.com/cgi-bin/Support/PSP/Standards_%26_Specifications)
4. **Carneiro Díaz Víctor Manuel.** “Tecnologías de la Información y Comunicaciones”, Curso 2001/2002 - Universidad de Coruña.
5. **Recomendaciones ITU-T.** I.363.1 (08/96) “B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 1 AAL, en <http://www.itu.int/rec/recommendation>
6. **Recomendaciones ITU-T.** I.363.2 (09/97) “B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 2 AAL, en <http://www.itu.int/rec/recommendation>
7. **Recomendaciones ITU-T.** I.363.2 (11/00) “B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 2 AAL, en <http://www.itu.int/rec/recommendation>
8. **Recomendaciones ITU-T.** I.363.3 (08/96) “B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 3/4 AAL, en <http://www.itu.int/rec/recommendation>

9. **Recomendaciones ITU-T. I.363.5 (08/96)** “B-ISDN ATM Adaptation Layer Specification: Type 5 AAL, en <http://www.itu.int/rec/recommendation>
10. **Rodríguez Alfredo.** “Redes de Telecomunicaciones”, Universidad Nacional de Ingeniería – Perú, Notas de Curso, 2002
11. **RFC 1483.** “Multiprotocol Encapsulation over ATM Adaptation Layer 5” en: <http://www.cis.ohio-state.edu/cgi-bin/rfc/rfc1483.html>
12. **The ATMForum.** “Historia de ATM”, en <http://www.atmforum.com/aboutatm/history.html>
13. **The ATM Forum.** “Especificaciones U.N.I. ” , en <http://www.atmforum.com>
14. **The ATM Forum.** “La Capa AAL y sus funciones” , en <http://www.atmforum.com/standards/approved.html>
15. **The ATM Forum.** “Native ATM Service: Semantic Description Version 1,” ATM Forum Technical Committee, Document af-saa-0048.000, (Feb. 1996).
16. **Andrew S. Tanenbaum.** “Redes de Computadoras”. Prentice Hall, 1997
17. **Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe.** “Concepto Básico sobre Redes” – Cátedra de Comunicaciones.