

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



**CALIDAD DE SERVICIO EN EL MODO DE TRANSFERENCIA
ASÍNCRONO**

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PRESENTADO POR:

RUBÉN ALLAN GUTIÉRREZ ABARCA

**PROMOCIÓN
1999– I**

**LIMA – PERÚ
2003**

***A mi familia por su
apoyo y dedicación
incondicionales.***

**CALIDAD DE SERVICIO EN EL MODO DE TRANSFERENCIA
ASÍNCRONO**

SUMARIO

El presente trabajo tiene por objetivo hacer una revisión de los conceptos básicos del Modo de Transferencia Asíncrono (ATM), así como discutir las diferentes categorías de servicio que esta tecnología nos puede brindar. Asimismo se exponen los parámetros de calidad de servicio que deben tomarse en cuenta en el momento de evaluar la performance de una red ATM. También se mencionan aspectos que deben considerarse en el momento del diseño de una red ATM para que esta sea capaz de cumplir los requerimientos de velocidad de transferencia, retardo de celda, variación de retardo de celda entre otros con el fin proporcionar la calidad adecuada a cada clase de servicio existente.

Las recomendaciones expuestas en este trabajo se basan en las Recomendaciones del ITU-T y del Forum ATM, así como de la experiencia obtenida en los dos años y medio de desempeño laboral durante el quehacer cotidiano de la operación de una de las pocas redes íntegramente ATM existentes de Lima Metropolitana.

ÍNDICE

PRÓLOGO

CAPÍTULO I

EL MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO

1.1 Definición	1
1.2 Características	3
1.3 El Modelo de Capas ATM	10
1.4 La Capa Física	17
1.5 La Capa ATM	25
1.6 La Capa de Adaptación ATM	30

CAPÍTULO II

CATEGORÍAS DE SERVICIO, PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO Y MANEJO DE TRÁFICO

2.1 Introducción	38
2.2 Funciones Genéricas	38
2.3 Arquitectura de los Servicios en ATM	40
2.4 Definiciones para las Categorías de Servicio	41
2.5 Definición de la Categoría de Servicio CBR	41

2.6 Definición de la Categoría de Servicio RT-VBR	42
2.7 Definición de la Categoría de Servicio NRT-VBR	42
2.8 Definición de la Categoría de Servicio UBR	43
2.9 Definición de la Categoría de Servicio ABR	43
2.10 Parámetros y Atributos de las Categorías de Servicio	44
2.11 Calidad de Servicio de la Capa ATM	45
2.12 Contrato de Tráfico	58

CAPÍTULO III

CATEGORÍAS DE SERVICIO EN TIEMPO REAL

3.1 La Categoría de Servicio CBR	65
3.2 La Categoría de Servicio RT-VBR	67
3.3 Requerimientos de Red	69
3.4 Consideraciones de Diseño	72
3.5 Aplicaciones	75
3.6 Servicios de Voz sobre ATM	76

CAPÍTULO IV

CATEGORÍAS DE SERVICIOS SIN REQUERIMIENTO DE TIEMPO REAL

4.1 La Categoría de Servicio ABR	82
4.2 La Categoría de Servicio NRT-VBR	83
4.3 Requerimientos de Red	85
4.4 Consideraciones de Diseño	86
4.5 Aplicaciones	87

4.6 Caso de Análisis: RFC 1483	88
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	94
ANEXO: RESUMEN DIDÁCTICO – “CALIDAD DE SERVICIO EN ATM”	98
BIBLIOGRAFÍA	162

PRÓLOGO

En 1988 existían muy pocas recomendaciones con respecto a la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha. Dos años más tarde, la ITU-T (Unión Internacional de Telecomunicaciones) (antes llamado CCITT) terminó de preparar trece recomendaciones que definían los principios básicos del Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) y su rol como el modo de transferencia futuro para la Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha, así también determinó sus parámetros principales.

En el año 1991 fue creado el Forum ATM por los vendedores de equipos de cliente, proveedores de equipos de telecomunicaciones, operadores públicos y otros. El objetivo fue promover el ATM en el entorno privado, y por lo tanto, elaboró las primeras especificaciones que garantizaban la interoperabilidad entre equipos de diferentes proveedores.

Desde entonces, se han definido muchas especificaciones para asegurar la compatibilidad de ATM con los otros protocolos existentes, como por ejemplo la norma RFC 1483 que especifica el funcionamiento de la capa de adaptación AAL tipo 5.

En el Capítulo I del presente trabajo se exponen los conceptos fundamentales de la tecnología de Modo de Transferencia Asíncrono, a modo de introducción y siguiendo el Modelo de Capas ATM.

En el Capítulo II se definen los parámetros de calidad utilizados en ATM, las clases de servicio existentes, y los mecanismos de Control de Tráfico de los cuales ATM dispone para asegurar la calidad de servicio de cada conexión.

En el Capítulo III se discuten los servicios con requerimiento de tiempo real a la vez que recomiendan consideraciones básicas que se deben tener en cuenta al momento del diseño de una plataforma ATM que pueda soportar este tipo de servicios.

En el Capítulo IV se analizan los servicios que no requieren tiempo real y también se detallan algunos criterios que deben ser considerados al momento del diseño. Asimismo, se expone un caso específico (RFC 1483) de un servicio sobre la tecnología ATM.

Finalizando se presentan un conjunto de conclusiones y recomendaciones que espero sean útiles en el diseño y mantenimiento de redes ATM futuras.

CAPÍTULO I

EL MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO

En esta sección mostraremos brevemente los principios básicos del Modo de Transferencia Asíncrono normados por la ITU-T en su Recomendación I.150.

1.1 DEFINICIÓN

El Modo de Transferencia Asíncrono (ATM) es considerado como un modo de transferencia de paquetes orientado a la conexión, basado en la multiplexación por división de tiempo asíncrona y que utiliza una longitud de celda fija. Cada celda contiene un campo de información y una cabecera. La cabecera es utilizada principalmente para identificar las celdas que pertenecen al mismo canal virtual y para realizar el enrutamiento apropiado de las mismas. La secuencia de integridad de celda es determinada para cada canal virtual.

El campo de información de las celdas ATM es transportado de manera transparente a través de la red. No se realiza ningún proceso de control de error dentro de la red sobre dicho campo. Todos los servicios (voz, video, data, etc.) pueden ser transportados mediante el ATM, incluyendo servicios no orientados a la conexión. Para acomodar los diferentes tipos de servicios, se han definido varias capas de adaptación ATM (AAL) dependiendo de la naturaleza del servicio, para convertir la

información en celdas ATM, y para proveer funciones específicas al servicio (por ejemplo: recuperación de reloj, recuperación de celdas perdidas, etc.). La información específica para cada AAL está contenida en el campo de información de la celda ATM. Un bit de indicación en la cabecera está también disponible para ser utilizado con este propósito.

Como ATM está orientado a la conexión, los valores de cabecera son asignados para cada sección de la conexión, los cuales permanecerán invariables durante la existencia de la conexión dentro de la red, y serán traducidos cada vez que se realice la conmutación de celdas de una sección hacia otra. La señalización y la información de usuario son transportadas en canales virtuales separados.

Dos tipos de conexiones son posibles: las conexiones de canal virtual (VCC) y las conexiones de camino virtual (VPC). Un VPC puede ser considerado como un conjunto de VCCs. Cuando la conmutación y multiplexación de celdas es ejecutada, ésta deberá basarse primero en los VPC, después en los VCC. Esto es mostrado en la figura 1.1. Se observa una entidad que solamente realiza la conmutación sobre los VP y otra entidad que realiza la conmutación sobre los VP y los VC.

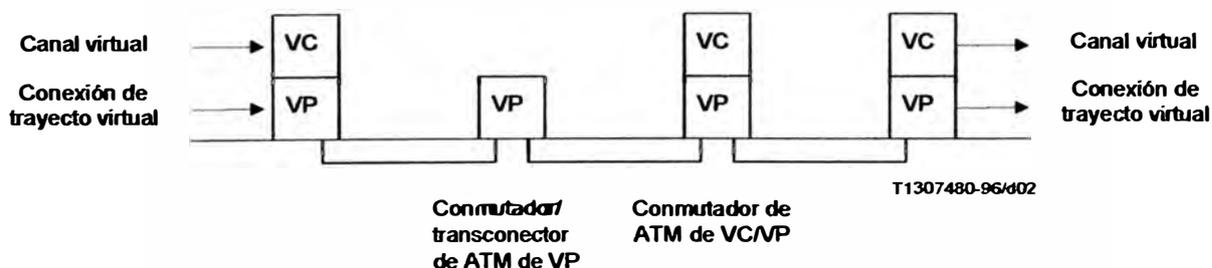


FIGURA 1.1.
Tipos de conexiones de capa ATM

Sin embargo la conmutación de VPs podría ser inútil (sobre todo si no se ha definido más de un VP dentro de la red), resultando una conmutación pura de VCs.

1.2 CARACTERÍSTICAS

ATM posee características especiales en el manejo de recursos, identificación de las celdas, gestión de la velocidad de transferencia, las clases de calidad de servicio, y otros que se explican a continuación:

1.2.1 MANEJO DE RECURSOS

Como ATM es orientada a la conexión, las conexiones son establecidas permanentemente, semi-permanentemente o por la duración de una llamada en el caso de servicios conmutados. Este establecimiento no sólo incluye la reserva de un Identificador de Canal Virtual (VCI) y/o Identificador de Camino Virtual (VPI), también incluye la reserva de los recursos requeridos para el acceso del usuario y dentro de la red. Estos recursos son expresados en términos de velocidad de transferencia (tasa de bits) y Calidad de Servicio. Estos serán negociados entre el usuario y la red para las conexiones conmutadas, durante el proceso de inicio de llamada y posiblemente durante el transcurso de la llamada.

1.2.2 IDENTIFICADORES DE LA CELDA ATM

Los identificadores de la celda ATM, por ejemplo: los identificadores de Camino Virtual (VPI), Canal Virtual (VCI) y Tipo de Carga Útil (PTI), permiten el reconocimiento de una celda ATM en el medio de transmisión físico. El reconocimiento de la celda es la base para la ejecución de muchas operaciones. El

VPI y el VCI son únicos para las celdas que pertenecen a una misma conexión virtual en un medio de transmisión compartido. Dentro de un circuito virtual específico, las celdas deberán ser distinguidas mediante su PTI, cuyo valor depende del tipo de carga útil transportado por la celda. Este campo indica si la celda está transportando información de usuario para ser transmitida transparentemente a través de la red, o información especial de red. En caso este campo indique información de red, parte de esta información indicará el tipo de control de red y la parte restante será procesada dentro de la red.

Se han escogido un número de identificadores preasignados en la capa ATM para flujos de celda específicos en la interfase de usuario-red y en las interfases de nodo-red. Estos son necesarios para habilitar y permitir la comunicación con la red, y para realizar la administración de red. Los identificadores no asignados de celda marcan el ancho de banda no utilizado. Otros valores preasignados definen celdas de meta-señalización, celdas de señalización punto a punto, celdas generales de señalización, celdas para el mantenimiento y operación de la capa física (OAM) y celdas de la administración de recursos.

1.2.3 VELOCIDAD DE TRANSFERENCIA

El ancho de banda tiene que ser reservado en la red para cada conexión virtual. ATM ofrece la posibilidad de realizar la utilización óptima del total de ancho de banda requerido cuando multiplexa tráfico de varias conexiones de tasa de bit variable. Sin embargo, la cantidad de ancho de banda que puede ser optimizado depende grandemente del número de conexiones multiplexadas, de la característica de tráfico

en ellas transportado, de la correlación entre dichos tráficos, y de la calidad de servicio por ellos requerido.

Se han definido parámetros como la Tasa de Celda Pico (PCR), la Tasa de Celda Sostenible (SCR), esta última puede ser descrita como el máximo de la tasa promedio de celda, medido sobre un periodo más corto que la duración de una llamada pero mucho más largo que el intervalo de arribo de celda, y otros para maximizar el ahorro de ancho de banda. También se está utilizando la multiplexación estadística y el algoritmo de control de aceptación de conexión.

1.2.4 CALIDAD DE SERVICIO

La Calidad de Servicio (QoS) está relacionada a la pérdida de celdas, al retardo y la variación de retardo experimentada por las celdas que pertenecen a dicha conexión en una red ATM. Para ATM, la calidad de servicio de una conexión está cercanamente ligada al ancho de banda que ésta conexión utiliza. Cuando se proveen recursos físicos limitados, el uso de mayor ancho de banda incrementa la pérdida de celdas, el retardo y la variación de retardo, es decir, reduce el QoS, para las celdas de todas las conexiones que comparten estos recursos.

Por razones prácticas sólo se ha estandarizado un limitado número de clases de QoS. Adicionalmente, algunos servicios son beneficiados por una indicación explícita de Prioridad de Pérdida de Celda (CLP), contenida en un bit específico en la cabecera de la celda y que significa pérdida de celdas administrativas durante periodos de congestión de red. Esto permite al usuario escoger entre dos niveles de tasa de pérdida de celdas en una conexión particular: prioridad alta para las celdas que

cargan información básica, y celdas con prioridad baja las cuales son susceptibles a descarte dependiendo de las condiciones en la red.

Especialmente para algunos servicios de Tasa de Bit Variable (VBR) y de Tasa de Bit Disponible (ABR), será conveniente que la red garantice una capacidad mínima. En momentos de congestión, la red podrá descartar algunas celdas ATM sin violar la calidad básica requerida y todavía ofreciendo la capacidad garantizada. Es importante que la secuencia de integridad de celda sea respetada dentro de cada canal virtual, aún en las celdas con diferente prioridad.

1.2.5 PARÁMETRO DE CONTROL DE CONSUMO

A diferencia del ambiente de modo de transferencia síncrono, no hay limitaciones físicas en la velocidad de acceso del usuario al medio de transmisión físico en ATM, a excepción de las limitaciones de velocidad que corresponden exclusivamente a dicho medio físico. Por otro lado el equipo de multiplexación hará su mejor esfuerzo para evitar la pérdida de celdas, ofreciendo la máxima velocidad de transferencia posible, cualquiera que sea la utilizada por el usuario.

Sin embargo, como las conexiones virtuales comparten los recursos físicos, el medio de transmisión y el espacio de memoria de almacenamiento temporal, la utilización excesiva e imprevista de recursos de un usuario dañaría el tráfico de otros usuarios. Por consiguiente, la velocidad de transferencia debe ser monitoreada en la interfase usuario-red por la función del Parámetro de Control de Consumo (UPC) en la red, para asegurar que el contrato negociado por cada VCC o VPC entre la red y el usuario sea respetado. Los parámetros de tráfico deberán describir la velocidad de transferencia deseada y el QoS sin ambigüedades en el contrato.

En este contexto es muy importante que los parámetros de tráfico que son seleccionados para este propósito puedan ser monitoreados en tiempo real al arribo de cada celda.

La ITU-T prevé un chequeo del PCR del flujo de celdas de alta prioridad ($CLP=0$) y un chequeo del PCR del flujo de celdas total ($CLP=0+1$), por cada conexión virtual.

1.2.6 SEÑALIZACIÓN

La negociación entre el usuario y la red respecto a los recursos (VCI/VPI, velocidad de transferencia, QoS) es realizada sobre un canal virtual de señalización definido para tal fin.

Para configuraciones punto a punto en la Interfase de Red-Usuario (UNI), existe un canal de señalización predefinido.

Para configuraciones punto-multipunto, donde múltiples terminales son conectados a una única interfase mediante un medio compartido, se establecen canales virtuales múltiples de señalización (como mínimo uno por terminal) mediante el canal de meta-señalización. Esta meta-señalización es transportada sobre un VCI/VPI preasignado definido en la UNI. El procedimiento de meta-señalización ejecuta la negociación del VCI/VPI y de la velocidad de transferencia requerida con el terminal.

1.2.7 CELDAS DE MANEJO DE RECURSOS

La ITU-T ha distinguido dos clases de servicio en la capa ATM, los cuales son: “Tasa de Bits Constante” (CBR) y “Tasa de Bits Variable” (VBR), mientras que el Forum ATM ha estimado necesario introducir dos clases más de servicios: “Tasa de

Bits Disponible” (ABR) y “Tasa de Bits no Especifica” (UBR); en particular, ABR requiere un mecanismo de control de flujo específico, el cual involucra a la fuente, el destino y los recursos de conmutación en conjunto.

La idea del ABR es que los servicios particulares de datos a cada instante pueden requerir utilizar cualquier capacidad de velocidad de transferencia en la red, capacidad que no es utilizada por las conexiones “usuales”. De hecho, lo que se busca es un comportamiento similar que las Redes de Área Local (LAN) existentes para datos. Las conexiones ABR pueden permanecer con una velocidad de transferencia variable, del mismo modo existe la posibilidad de incrementos en sus retardos. Sin embargo, el incremento de pérdida de celdas no es aceptable para usuarios de ABR. Esto implica que los operadores necesitan un medio eficiente y rápido para señalar los recursos disponibles de velocidad de transferencia a través de la red, y eventualmente hacia los terminales que utilizan esta clase de servicio.

El principio está basado en controlar la tasa de celdas de un terminal en la dirección de subida del VCC usado (transmisión del terminal), mediante la inserción de celdas ATM especiales, llamadas celdas de Manejo de Recursos (RM), en la dirección de bajada del mismo VCC (recepción del terminal). Las celdas RM son distinguidas por un código PTI especial y le indican al terminal fuente el incremento o decremento de su tasa de celdas. En ausencia de recepción de celdas RM, el terminal deberá reducir la tasa de celdas que emite hasta su valor mínimo. La red incrementará lentamente la tasa de celdas permitida para una conexión ABR desde un terminal, hasta que sea detectada alguna congestión dentro de la red que afecte dicha conexión. La congestión, en cualquier parte de la red ATM, es señalizada colocando en uno el bit de Indicación Explícita de Congestión Hacia Delante (EFCI) dentro de las cabeceras

de las celdas ATM de todas las conexiones afectadas en esa parte de la red en ese momento. Cuando el destino recibe las celdas de usuario con el bit EFCI colocado en uno ajusta las indicaciones de control del ancho de banda en las celdas RM de bajada que le envía a la fuente.

1.2.8 OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO

La ITU-T ha definido cinco niveles de conectividad en la red de transporte ATM. La capa física está compuesta de los tres niveles menores: la sección de regeneración que corresponde al nivel más bajo, la sección digital, y el camino de transmisión. La capa ATM consiste de los niveles restantes: el camino virtual, y sobre este el canal virtual. Cada uno de estos niveles tiene sus propios flujos de operación y mantenimiento, llamados F1 al F5, empezando con F1 en la sección de regeneración. Estos flujos constituyen un medio para la comunicación de información entre las funciones OAM pares, las cuales monitorean el camino de datos en los diferentes niveles. El modo de transferencia utilizado por la información transportada mediante estos flujos depende de la naturaleza del nivel. Para una capa física basada en SDH o PDH, los flujos F1 al F3 son transportados en los canales síncronos dentro de la cabecera de la capa física. Para una capa física basada en celdas, estos flujos son transportados por las celdas de la Capa Física OAM (PL-OAM). Para la capa ATM, el flujo 4 es transportado en celdas distinguidas por VCIs preasignados dentro del camino virtual, y el flujo F5 es transportado en celdas distinguidas por códigos PTI especiales dentro del circuito virtual.

En particular, los flujos F4 y F5 soportan las siguientes funciones OAM para VPCs y VCCs respectivamente, extremo a extremo o para secciones pequeñas en la red, denominadas segmentos:

- Manejo de fallas: reporte de fallas, chequeo de continuidad, verificación de conectividad.
- Manejo de performance: monitoreo de performance.
- Activación y desactivación de las funciones OAM arriba mencionadas.

1.3 EL MODELO DE CAPAS ATM

El modelo OSI de ISO es muy famoso y usado con gran éxito para modelar toda clase de sistemas de comunicaciones. La misma arquitectura jerárquica lógica utilizada en OSI es usada para la red ATM RDSI-BA (Red Digital de Servicios Integrados – Banda Ancha) en la Recomendación ITU-T I.321.

El modelo utiliza el concepto de planos separados para diferenciar las funciones de usuario, control y administración. El modelo del protocolo RDSI-BA para ATM es mostrado en la figura 1.2. Este contiene tres planos: un plano de usuario para transportar la información de usuario, un plano de control principalmente compuesto por la información de señalización, y un plano de administración utilizado para el mantenimiento de red y ejecutar funciones operativas. En adición, se tiene un administrador de planos, el cual es responsable del manejo de los diferentes planos existentes.

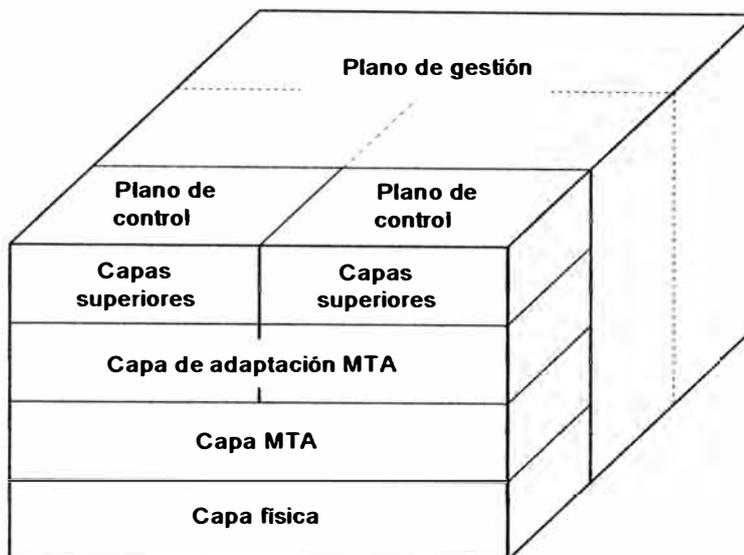


FIGURA 1.2
Modelo de referencia de protocolos de RDSL-BA

Pueden encontrarse las siguientes relaciones: la capa física es equivalente a la capa 1 del modelo OSI, y principalmente ejecuta funciones a nivel de bit. La capa ATM puede ser localizada en el límite inferior de la capa 2 del modelo OSI. La capa de adaptación ejecuta la adaptación de los protocolos de las capas superiores, sean estos protocolos de señalización o información de usuario, al tamaño fijo de las celdas ATM.

De acuerdo al ITU-T las capas están divididas como se describe en la figura 1.3. Las tres capas son definidas: la capa física (PHY) la cual transporta principalmente información (bits/celdas); la capa ATM la cual principalmente ejecuta funciones de conmutación, enrutamiento y multiplexación, y la capa de adaptación ATM (AAL) la cual es responsable de adaptar la información dentro del flujo de celdas ATM.

Estas capas pueden ser divididas en subcapas. Cada subcapa realiza un determinado número de funciones Figura 1.3.

Funciones de capa superior	Capas superiores	
	Convergencia	CS
Segmentación y reensamblado	SAR	
Control de flujo genérico Generación/extracción del encabezamiento de célula Traducción del ITYV/ICV de célula Multiplexión y demultiplexión de células	ATM	
Desacoplamiento de la velocidad de células Generación/verificación de secuencia de encabezamiento de CEE Delimitación de células Adaptación de la trama de transmisión Generación/recuperación de la trama de transmisión	TC	PHY
Temporización de los bits Medio físico	PM	

TC Convergencia de transmisión
 PM Medio físico
 CS Subcapa de convergencia
 SAR Subcapa segmentación y reensamblado

FIGURA 1.3

Funciones de la RDSI-BA con el modelo de referencia de protocolo

1.3.1 LA CAPA FÍSICA

La capa física del RDSI-BA está compuesta de dos subcapas: la subcapa de Medio Físico (PM) soporta funciones puramente dependientes del medio, la subcapa de Convergencia de Transmisión (TC) convierte las celdas ATM en bits para ser

transportados sobre el medio físico. La capa física para la Interfase de Usuario-Red (UNI) está descrita por la ITU-T en la Recomendación I.432, y por el Forum ATM en su Especificación “Interfase Usuario-Red ATM”.

- **LA SUBCAPA DE MEDIO FÍSICO**

Esta subcapa es responsable de la transmisión y recepción correcta de bits en el medio físico apropiado. Las funciones que debe realizar han sido mostradas en la Figura 1.3. Al nivel más bajo esta función es dependiente del medio (óptico, eléctrico) y es denominada Subcapa de Medio Físico (PM). En adición, esta subcapa debe garantizar una reconstrucción apropiada del reloj en el receptor. Asimismo, la entidad de transmisión será responsable de la inserción de la información de reloj requerida y de la codificación de línea. Las subcapas de medio físico aplicables han sido especificadas por la ITU-T en las Recomendaciones G.703, G.957 y por el Forum ATM.

- **LA SUBCAPA DE CONVERGENCIA DE TRANSMISIÓN**

En esta subcapa, los bits son reconocidos. Esta subcapa realiza básicamente cinco funciones. La primera función después de la reconstrucción de bits es la adaptación al sistema de transmisión utilizado. Los sistemas de transmisión posibles están basados en G.708 y G.709 SDH (Jerarquía Digital Síncrona), G.703 y G.804 PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona), o basada en celdas. Las celdas son acomodadas dentro del sistema de transmisión de acuerdo a un mapeo estándar. El Forum ATM ha añadido al medio FDDI como una opción para la interfase usuario-red.

Esta subcapa es también responsable de la generación del Chequeo de Error de Cabecera (HEC) para cada celda en el transmisor, y de su verificación en el receptor. En principio, esto permite el reconocimiento de los límites de celda, es decir, la delimitación apropiada de celdas en el receptor. El mecanismo para ejecutar la delimitación de celdas está basado en el algoritmo del HEC. Esto significa que si el patrón del HEC es reconocido correcto por un número consecutivo de celdas, se asume que el límite de celdas correcto ha sido encontrado. Para evitar una delimitación de celdas maliciosa o errónea de la información de usuario, el campo de información de cada celda es “mezclado” en el lado de transmisión y “desmezclado” en el lado de recepción. Esto asegura que la probabilidad de encontrar un patrón HEC correcto en el campo de información de una celda ATM sea muy pequeña.

Luego que se ha realizado la delimitación de celdas, un mecanismo adaptivo utiliza el patrón HEC para la corrección o detección de errores de cabecera, dependiendo de la situación. Los errores de bits aislados son corregidos, pero tan pronto como múltiples errores consecutivos de cabecera se muestran, la corrección es dejada de lado y se pone énfasis en la detección y eliminación de celdas con errores, para eliminar el paso de celdas con múltiples errores de cabecera no detectables durante períodos de ráfagas de bits errados. Estos tipos de error no serían detectados por el algoritmo de corrección habitual.

Finalmente, esta subcapa deberá asegurarse de la inserción y supresión de celdas no asignadas para adaptar la tasa de bits utilizada a la carga útil disponible del sistema de transmisión. Esta función es llamada acoplamiento/desacoplamiento de la tasa de celdas.

En adición, la información de Operación y Mantenimiento (OAM) debe ser intercambiada con el plano de administración.

1.3.2 LA CAPA ATM

La capa ATM es completamente independiente del medio físico utilizado para transportar las celdas ATM. Las siguientes funciones principales son ejecutadas por esta capa:

- La multiplexación y demultiplexación de celdas de las diferentes conexiones (identificadas por valores diferentes de VPI y VCI) dentro de una única corriente de celdas en la capa física.
- La traducción del identificador de la celda, el cual es requerido en la mayoría de los casos cuando se conmuta una celda desde un enlace físico hacia otro, en un conmutador ATM o matriz de conexión. Esta traducción puede realizarse sobre el VPI o el VCI separadamente, o simultáneamente sobre ambas.
- Proveer al usuario de un VCC o de un VPC con una clase de QoS. Algunos servicios requieren cierto QoS para una parte del flujo de celdas de una conexión, y un QoS menor para la restante. La distinción dentro de la conexión es hecha mediante el bit CLP de la cabecera de la celda.
- Funciones de administración: la cabecera de las celdas de información de usuario proveen de un indicador de congestión. Los valores VCI preasignados están definidos para flujos F4 extremo a extremo y de segmento, se tienen códigos PTI dedicados para flujos F5 extremo a extremo y de segmento, y para las celdas de manejo de recursos. Cuando el PTI no indica información

de usuario más información correspondiente a la capa de administración se encontrará en el campo de información de la celda.

- La extracción (y adición) de la cabecera de celda antes (y después) que la celda sea entregada a (y de) la capa de adaptación.
- La implementación del mecanismo de control de flujo en la interfase de usuario-red. Esto es soportado por los bits GFC en la cabecera.

1.3.3 LAS CAPAS DE ADAPTACIÓN ATM

La capa de adaptación ATM eleva el servicio provisto por la capa ATM al nivel requerido de la capa superior siguiente. Este realiza funciones para los planos de usuario, control y administra y soporta el mapeo entre la capa ATM y la capa superior próxima. Las funciones realizadas en el AAL dependen de los requerimientos de la capa superior.

La capa AAL está dividida en dos subcapas: la Subcapa de Segmentación y Reensamble (SAR) y la Subcapa de Convergencia (CS).

El propósito principal de la subcapa SAR es la segmentación de la información de la capa superior en un tamaño apropiado para la carga útil de las celdas ATM de una conexión virtual, y la operación inversa, el reensamble del contenido de las conexiones de las celdas de una conexión virtual, en unidades de datos que serán entregados a la capa superior.

La subcapa de convergencia realiza funciones de identificación de mensaje, recuperación de reloj y otros. Para algunos tipos de AAL, la subcapa de convergencia ha sido subdividida en una Subcapa de Convergencia de Parte Común (CPCS), y una Subcapa de Convergencia de Servicio Específico (CSCS).

Algunos usuarios encontrarán el servicio ATM suficiente para sus requerimientos, en ese caso el protocolo AAL estará vacío.

1.4 LA CAPA FÍSICA

1.4.1 LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA (SDH)

- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MEDIO**

El medio físico preferido es la fibra óptica; sin embargo, otros medios de transmisión como el cable coaxial son también considerados.

Las interfases eléctricas y ópticas son posibles, dependiendo de los requerimientos en términos de distancia, confiabilidad, costo y otros. Para la interfase eléctrica, los parámetros eléctricos están definidos en G.703. El máximo rango depende de la atenuación específica del medio de transmisión utilizado, y cae en el rango de 100-200 metros. La solución óptica cubre una distancia mínima de 800 metros y distancias de hasta 80 km. El medio óptico consiste de dos fibras monomodo de acuerdo a G.652. Sin embargo, es posible utilizar fibras multimodo. La velocidad considerada es de 155.520 Mbit/s, también se puede utilizar interfases de velocidad igual a 622.080 Mbit/s y de 2488.320 Mbit/s. Sin embargo, para estas interfases sólo la fibra monomodo es aplicable.

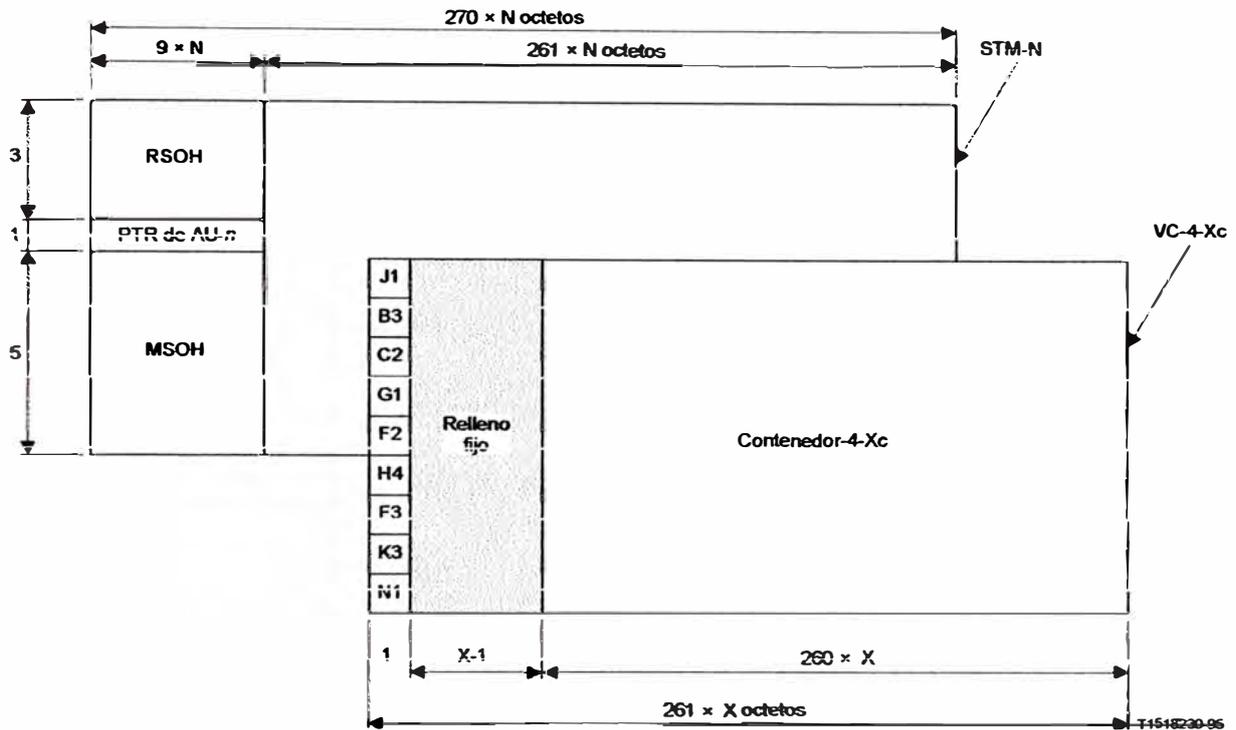
Aparte de los medios ópticos y coaxiales el Forum ATM ha especificado una capa física para cables categoría 5 UTP y categoría 5 STP. El código de línea utilizado es Sin Retorno a Cero (NRZ), la tasa de códigos es igual a 155.52 Mbaud, y el reloj de transmisión de dispositivo de usuario es derivado desde la señal recibida por la línea.

- **CARACTERÍSTICAS DE LA CONVERGENCIA DE TRANSMISIÓN**

La tasa de bits disponible para las celdas de información de usuario, las celdas de señalización y las celdas OAM excluyendo la estructura de trama de la capa física es 149.760 Mbit/s en un sistema de transmisión de 155.520 Mbit/s, de 599.040 Mbit/s en un sistema retransmisión de 622.080 Mbit/s, y de 2396.160 Mbit/s en un sistema de transmisión de 2488.320 Mbit/s.

En esta opción, las celdas ATM son transportadas en una trama SDH como se muestra en la figura 1.4, para una señal STM-1. El SOH (Section Overhead) y el POH (Path Overhead) cumplen plenamente con las Recomendaciones para SDH (G.707, G.708, G.709). La subcapa de Convergencia de Transmisión realiza la generación/recuperación de la trama, el mezclado y desmezclado para proveer un mecanismo de extracción de reloj, la multiplexación de los contenedores, la justificación en frecuencia de contenedores individuales a la frecuencia de transmisión mediante el procesamiento del puntero, OAM y la recuperación del reloj de 125 μ s. Especialmente para la carga útil de las celdas ATM han sido agregados: la delineación de celda usando el HEC, el mezclado y desmezclado de celdas, y la generación y chequeo del HEC.

La recomendación ITU-T para el transporte de celdas ATM sobre SDH considera el mapeo de las celdas dentro del C-4, el cual luego es empaquetado en el contenedor VC-4. Las celdas ATM son alineadas en octetos y cruzan los límites del C-4, desde que ningún múltiplo entero de celdas ($N \times (48 + 5)$ bytes) encaja dentro de la capacidad de un C-4 (260×9 bytes). El mapeo de las celdas ATM dentro de contenedores de tasa de bits más bajo también ha sido especificado.



PTR Puntero

FIGURA 1.4

Estructura de VC-4-Xc Utilizada para Transporte de Celdas ATM

La implementación del OAM se ha realizado de acuerdo a las especificaciones del SDH. El OAM permite el alineamiento de trama, el monitoreo de errores, el reporte de errores y otros. La performance de la transmisión es monitoreada y reportada por cada sección y por cada camino usando los octetos de la cabecera del SDH. Solamente el contenido del byte C2 es único para una trama SDH que transporta celdas ATM: este contiene una indicación que la carga útil consiste de celdas ATM.

El Forum ATM especifica la interfase SONET STS-3c para interfases UNI públicas y privadas en redes síncronas. SONET es prácticamente compatible con

SDH como recomienda la ITU-T. En particular, el uso del byte H4 en el POH es diferente.

1.4.2 LA INTERFASE BASADA EN CELDAS

- **CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL MEDIO**

Para la ITU-T, las características del medio físico basado en celdas son idénticas a las de la interfase basada en SDH. El Forum ATM también especifica fibras multimodo para esta interfase.

- **CARACTERÍSTICAS DE LA CONVERGENCIA DE TRANSMISIÓN**

En esta opción las celdas son transportadas continuamente, sin ninguna trama como marco de referencia. Desde que no existe un reloj externo disponible en el receptor, este reloj deberá ser derivado desde la señal recibida del nodo local, o será provisto por el reloj del equipo del cliente.

La subcapa de convergencia de transmisión realiza la delineación de celdas la generación y chequeo del HEC, la adaptación de la tasa de celdas entre la capa ATM y la capa física, y las funciones OAM. La tasa de bits disponibles para las celdas de información de usuarios, las celdas de señalización y las celdas OAM es de 149.760 Mbit/s en un sistema de transmisión de 155.520 Mbit/s, de 549.040 Mbit/s en un medio de transmisión de 622.080 Mbit/s, y de 2396.160 Mbit/s en un sistema de transmisión de 2488.320 Mbit/s.

Con el objetivo de no exceder el máximo de carga útil permitido en una interfase con una tasa de bits nominalmente alta, la capa física transporta celdas de capa física (PL), las cuales no son transmitidas hacia, ni recibidas desde, la capa ATM.

Estas son generadas e interpretadas en la capa física basada en celdas. El máximo espaciamiento entre celdas PL sucesivas es de 26 celdas ATM. Estas pueden ser celdas ociosas, o celdas OAM de la capa física (PL-OAM). Las celdas PL son identificadas por una cabecera predefinida. Las celdas ociosas ejecutan la adaptación de la tasa de celdas, las celdas PL-OAM proporcionan información OAM concerniente a la capa física en sí misma. La tabla 1 muestra los valores de cabecera preasignados para los tipos de celdas PL.

Las celdas PL-OAM transportan información del nivel de regeneración (F1) y el nivel de camino de transmisión (F3). Estas necesitan ser insertadas en el flujo de celdas de la capa ATM. La periodicidad mínima para cada tipo es de una por cada 513 celdas. El nivel de sección digital (F2) no es utilizado, debido a que sus funciones son soportadas por el nivel F3.

Tipo de Celda	Octeto 1	Octeto 2	Octeto 3	Octeto 4
Celdas Ociosas	00000000	00000000	00000000	00000001
Celdas OAM de Medio Físico	00000000	00000000	00000000	00001001
Reservadas para uso del Medio Físico	PPPP0000	00000000	00000000	0000PPPP

P: Bit disponible para ser usado por la Capa Física.

TABLA 1 – Valores Pre-Asignados de Cabecera de Celda en la Capa Física.

Las funciones que serán soportadas son las de monitoreo del performance, y la detección y reporte de los errores de transmisión. El chequeo de performance incluye conteo y recálculo de un código de error sobre la capa ATM y las celdas ociosas entre dos celdas consecutivas PL-OAM. Los resultados son colocados en

el campo de información de las celdas PL-OAM, junto a la señalización de mantenimiento, y el CRC de la información de la celda PL-OAM.

1.4.3 FUNCIONES DE LA SUBCAPA DE CONVERGENCIA DE TRANSMISIÓN

- **CONTROL DE ERROR DE CABECERA (HEC)**

El control de error de cabecera protege sólo la cabecera de la celda. El código seleccionado de 8 bits permite la corrección de errores únicos o la detección de múltiples errores.

En el modo por defecto, el lado receptor opera en el modo de corrección de errores únicos (figura 1.5). Si un solo error es detectado, el error es corregido y el estado del receptor conmuta al modo de detección. En caso que un error múltiple es detectado, la celda es descartada y el estado también conmuta al modo de detección.

En el modo de detección todas las celdas con errores de cabecera son descartadas. Tan pronto una cabecera sea encontrada libre de errores, el receptor vuelve al modo de corrección.

El transmisor calcula el valor HEC usando el polinomio generado por los bits de cabecera multiplicado por 8 y dividiendo este polinomio con: $x^8 + x^2 + x + 1$. El residuo de esta división será transmitido como el campo HEC.

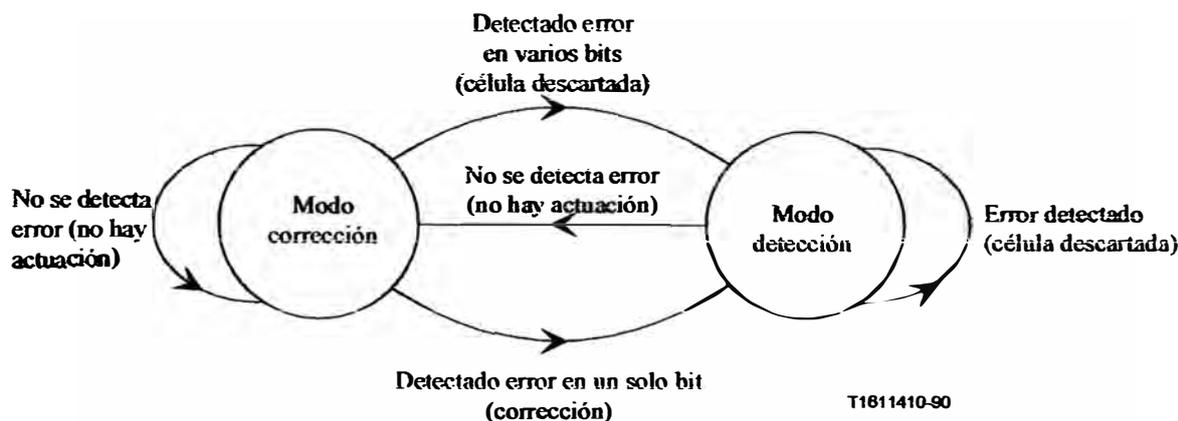


FIGURA 1.5 – Modo de Operación Dual del Algoritmo HEC

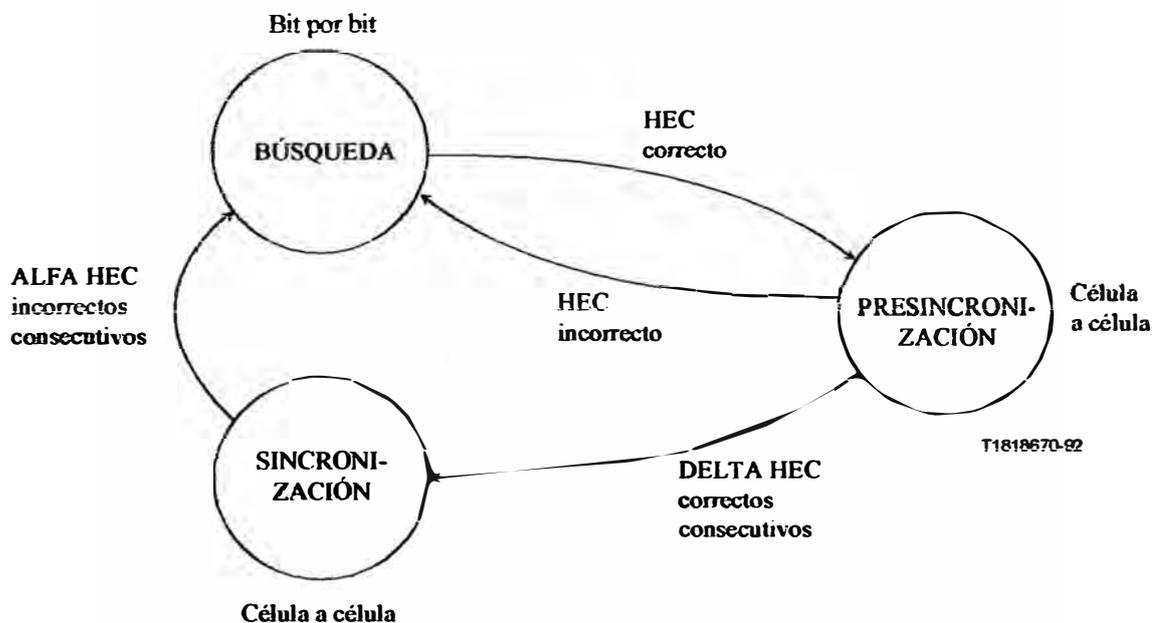
- **DELINEACIÓN DE CELDAS**

La Recomendación I.432 establece que el algoritmo de delineación de celda tiene que ser autosoportado así este podrá ser transportado en cada interfase de red, independientemente de los sistemas de transmisión utilizados.

El mecanismo de delineación de celdas está basado en la correlación que existe entre los bits de cabecera y los bits HEC. El diagrama de estado para la delineación de celdas es mostrado en la figura 1.6:

- En el estado HUNT, el proceso de delineación chequea bit por bit la corrección de los bits HEC, para la cabecera asumida. Cuando se puede obtener un reloj por octetos en la capa física, la delineación de celdas en el estado HUNT será realizada octeto por octeto. Esto es aplicable por ejemplo a un sistema de transmisión SDH.
- Cuando el resultado del chequeo es correcto, se ingresa al estado PRESYNC. En el estado PRESYNC se asume que la delineación de celda correcta ha sido encontrada. Sin embargo, se requiere de una confirmación. Por consiguiente, la corrección del campo HEC es chequeada. Un HEC incorrecto detectado antes del estado SYNCH hará que el sistema retorne al estado HUNT.

- El estado SYNCH es alcanzado si se confirma que el HEC es correcto DELTA veces. El sistema se declara asimismo sincronizado.
- El estado SYNCH es abandonado (pérdida de la delineación de celdas), cuando ALPHA celdas consecutivas muestran un patrón HEC incorrecto. La ITU-T recomienda los valores de ALPHA =7 y DELTA = 6 para un sistema basado en SDH y valores de ALPHA = 7 y DELTA = 8 para un sistema de capa física basado en celdas.



NOTA – "HEC correcto" significa que el encabezamiento no tiene errores en los bits (el síndrome es cero) y que no ha sido corregido.

FIGURA 1.6 – Diagrama de Estado de la Delineación de Celdas

• ALEATORIZADO DE LA CARGA ÚTIL DE UNA CELDA

Para incrementar la seguridad del proceso de delineación contra usuarios maliciosos y simulaciones no intencionales de HEC correctos en el campo de información, los bits del campo de información son mezclados aleatoriamente.

Para una capa física basada en SDH, un aleatorizador autosincronizado con un polinomio de $x^{43} + 1$ es recomendado. Este aleatorizador tiene una tasa de multiplicación de error de 2. Sin embargo, este factor de multiplicación no tiene ningún efecto sobre la calidad del algoritmo de corrección/detección de errores de cabecera, desde que la cabecera en si misma no es aleatorizada.

Para una capa física basada en celdas, un aleatorizador de muestras distribuido es recomendado en el cual el patrón aleatorio es obtenido por un módulo de adición de una secuencia pseudoaleatoria. El proceso inverso en el receptor es realizado por un módulo de adición de una secuencia pseudoaleatoria idéntica generada localmente. El aleatorizador no tiene ningún efecto sobre el algoritmo de corrección y detección de errores de cabecera.

1.5 LA CAPA ATM (MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO)

En la Recomendación I.361 la codificación de las celdas ATM es descrita en detalle. La estructura de celda seleccionada por la ITU-T contiene 48 octetos en el campo de información y 5 octetos en la cabecera (figura 1.7). Los octetos son enviados en orden creciente empezando con el octeto número 1 de la cabecera. Dentro de un octeto los bits son enviados en forma decreciente empezando con el bit número 8. Para todos los campos de una celda ATM, el primer bit enviado es el Bit Más Significativo (MSB).

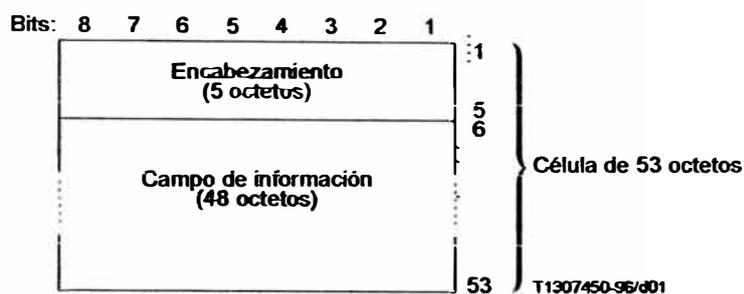


FIGURA 1.7
Estructura de la célula en el UNI/NNI

En la Interfase Usuario-Red (UNI), la estructura de cabecera es la mostrada en la figura 1.8. El primer campo contiene los 4 bits para el Control de Flujo Genérico (GFC). El segundo campo está subdividido en un campo para el Identificador de Canal Virtual (VCI) de 16 bits y un campo para el Identificador del Camino Virtual de 8 bits (VPI). El campo para el Identificador del Tipo de Carga Útil (PTI) es de 3 bits. El bit de Prioridad de Pérdida de Celda (CLP) indica si una celda tiene prioridad alta ($CLP = 0$) o si es sujeta a descarte en la red ($CLP = 1$). Finalmente, el campo de control de error de cabecera (HEC) contiene 8 bits.

8	7	6	5	4	3	2	1	Bit	Octeto
GFC				VPI					1
VPI				VCI					2
VCI									3
VCI				PT		CLP			4
HEC									5

CLP	Prioridad de pérdida de célula (<i>cell loss priority</i>)
GFC	Control de flujo genérico (<i>generic flow control</i>)
PT	Tipo de carga útil (<i>payload type</i>)
HEC	Control de errores de encabezamiento (<i>header error control</i>)
VPI	Identificador de trayecto virtual (<i>virtual path identifier</i>)
VCI	Identificador de canal virtual (<i>virtual channel identifier</i>)

FIGURA 1.8

Estructura de la cabecera de la celda UNI.

En la Interfase Red-Nodo (NNI), el formato de cabecera es idéntico al formato en la UNI (figura 1.9), excepto por el campo GFC el cual es reemplazado por 4 bits adicionales para el VPI, es decir, el campo VPI es de 12 bits en el NNI.

Las celdas ociosas (IDLE) son únicamente visibles en la capa física y no son entregadas a la capa ATM. Estas son usadas para rellenar el ancho de banda no utilizado en la capa física. Las celdas no asignadas son visibles en la capa física y en la capa ATM, pero en la capa física estas son tratadas como cualquier celda ATM. Estas ocupan posiciones disponibles, es decir, ancho de banda no usado en el flujo de celdas ATM. Las celdas ociosas y las celdas no asignadas permiten una operación completamente asíncrona en el transmisor y en el receptor, en sus respectivas capas.

8	7	6	5	4	3	2	1	Bit	Octeto
VPI									1
VPI				VCI					2
VCI									3
VCI				PT		CLP			4
HEC									5

FIGURA 1.9
Estructura de la cabecera de la celda NNI

Los valores de cabecera preasignados para la capa ATM, recomendados por el ITU-T son mostrados en la Tabla 2:

- Las celdas para metaseñalización son utilizadas en la negociación de los recursos y del VCI.
- Las celdas de señalización de difusión general transportan información que será enviada a todos los terminales UNI.
- La cabecera de señalización punto a punto es utilizada para la señalización sobre interfases UNI o NNI en una configuración punto a punto.
- Los flujos F4 de segmento y de extremo a extremo son codificados con los VCIs 003 H y 004 H dentro del Camino Virtual.
- Los flujos F5 de segmento y de extremo a extremo son codificados con los PTIs 4 H y 5 H dentro del Canal Virtual.

- El valor 6 H del PTI es reservado para el manejo de recursos en el Canal Virtual.

Utilización	VPI	VCI	PTI	CLP
Celdas no asignadas	000000000000	00000000 00000000	-	0
Metaseñalización	XXXXXXXXXX	00000000 00000001	0A0	B
Señalización de difusión general	XXXXXXXXXX	00000000 00000010	0AA	B
Señalización punto a punto	XXXXXXXXXX	00000000 00000101	0AA	B
Celdas de flujo F4 de OAM de segmento	YYYYYYYYYY	00000000 00000011	0A0	A
Celdas de flujo F4 de OAM de extremo a extremo	YYYYYYYYYY	00000000 00000100	0A0	A
Celdas de gestión de recursos de VP	YYYYYYYYYY	00000000 00000110	110	A
Celdas de flujo F5 de OAM de segmento	YYYYYYYYYY	<i>ZZZZZZZZ ZZZZZZZZ</i>	100	A
Celdas de flujo F5 de OAM de extremo a extremo	YYYYYYYYYY	<i>ZZZZZZZZ ZZZZZZZZ</i>	101	A
Celdas de gestión de recursos de VC	YYYYYYYYYY	<i>ZZZZZZZZ ZZZZZZZZ</i>	110	A
Celdas de información de usuario	YYYYYYYYYY	VVVVVVVV VVVVVVVV	0CU	L

A: Bit disponible para ser utilizado por la capa ATM.

B: Bit colocado en cero por la entidad que genera el tráfico, pero que puede ser modificado dentro de la red.

C: Bit de Indicación de Explícita de Congestión Hacia Delante.

L: Bit de Prioridad de Pérdida de Celdas.

U: Bit de indicación de usuario de capa ATM a usuario de capa ATM.

X: Cualquier valor de VPI. Para VPI=0, el valor de VCI es válido para la señalización con la central local.

Y: Cualquier valor de VPI. Z: Cualquier valor de VCI excepto cero.

V: Cualquier valor de VCI mayor que 0031H.

TABLA 2 - Combinaciones de valores de VPI, VCI, PTI y CLP previamente asignados.

El Forum ATM define una cabecera adicional de valor preasignado en la capa ATM que corresponde al VCI del ILMI (Interim Local Management Interfase). El objetivo

del ILMI es permitir a los usuarios de ATM obtener la información del estado y control de los VPCs y VCCs en sus UNI. El protocolo está basado en el uso del SNMP (Simple Network Management Protocol) y el estándar MIB (Management Information Base) ATM UNI. El protocolo ILMI usa el AAL 5 para encapsular los mensajes SNMP en ATM. El MIB contiene la información acerca de la capa física, la capa ATM, las características de la capa ATM, los VPCs y de los VCCs.

Tipo de Celda	VPI	VCI	PTI	CLP
Celdas ILMI	00000000	00000000 00010000	0AA	B

TABLA 3 – Valores Preasignados para la cabecera de las celdas ILMI. (Forum ATM)

1.6 LA CAPA DE ADAPTACIÓN ATM

1.6.1 FUNCIONES Y TIPOS DE CAPAS DE ADAPTACIÓN

El AAL permite adaptar los servicios provistos por la capa ATM a los requerimientos de los servicios específicos (I.362). Estos servicios pueden ser servicios de usuario, así como funciones de control y administración. El AAL mapea los PDUs (Protocol Data Unit) de usuario, control y administración dentro del campo de información de una o más celdas ATM consecutivas de una conexión virtual, y viceversa.

La AAL está dividida en dos subcapas: la socapa SAR (Segmentación y Reensamble) y la subcapa CS (Subcapa de Convergencia).

1.6.2 AAL1: SERVICIO DE ADAPTACIÓN PARA TASA DE BITS CONSTANTE

El servicio de Tasa de Bits Constante (CBR) requiere que la información sea transferida entre la fuente y el destino a una tasa de bits constante, después que una conexión virtual ha sido creada. Los servicios provistos por la capa AAL tipo 1 son:

- Transferencia de Unidades del Servicio de Datos (SDU) con una tasa de bits constante desde la fuente, y su entrega con la misma tasa de bits.
- Transferencia de la información de sincronismo entre la fuente y el destino.
- Transferencia de la información de la estructura de los datos.
- Indicación de información perdida o errada, la cual no es recuperada por el AAL.

- **FUNCIONES DE LA SUBCAPA SAR**

La subcapa SAR acepta un bloque de 47 octetos de datos desde la subcapa de Convergencia (CS), y luego le añade un octeto de cabecera. Estos 48 octetos en conjunto son denominados SAR-PDU. En el extremo de recepción, la subcapa SAR obtiene los 48 bytes desde la capa ATM y luego separa la cabecera de un octeto. Los 47 octetos restantes son entregados a la CS. Asociado con cada 47 octetos de SAR-PDU, la subcapa SAR recibe un número de secuencia desde la CS. En el extremo de recepción, este número es entregado al CS. Este número será usado para detectar celdas perdidas o celdas insertadas en la carga útil del SAR.

La capa SAR tiene la capacidad de indicar la existencia de la capa CS. El uso de este indicador es opcional (CSI).

El Número de Secuencia (SN) y el Indicador de Subcapa de Convergencia (CSI) están protegidos contra errores por un Número de Protección de Secuencia (SNP) de cuatro bits de extensión, capaz de corregir un único error y de detectar múltiples errores. Si los errores son demasiados y no pueden ser corregidos por el SAR, la CS es informada.

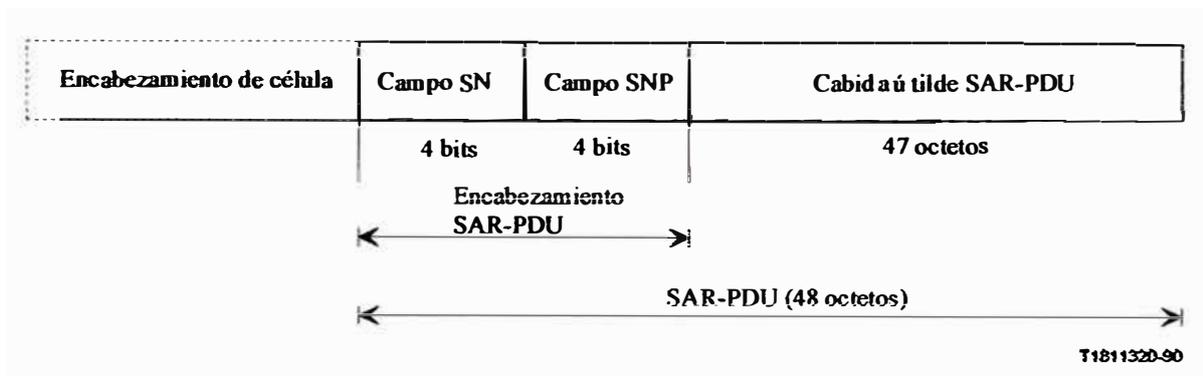


FIGURA 1.10 – Estructura del SAR-PDU del AAL Tipo 1.

• FUNCIONES DE LA SUBCAPA DE CONVERGENCIA

La subcapa de convergencia depende del servicio específico que se brinda y puede contener las siguientes funciones:

- Manejo de la Variación del Retardo de Celda (CDV).
- Manejo del retardo de ensamble de la carga útil de celda. El SAR-PDU será llenado parcialmente con data de usuario, con el propósito de reducir el retardo en su ensamble. El número de octetos usados por la información de usuario en cada SAR-PDU es constante. El espacio restante consiste en octetos “tontos”.
- Recuperación del reloj de la fuente en el receptor. Varios métodos de recuperación de reloj en el receptor existen. La ITU-T recomienda el uso del

método SRTS (Synchronous Residual Time Stamp). Este usa un RTS (Residual Time Stamp) para medir y transportar hacia el receptor información acerca de la diferencia entre la referencia de reloj común derivado de la red y el reloj de servicio enviado por el transmisor. El RTS es transportado en los bits CSI de SAR-PDUs sucesivos. Una referencia común de reloj está disponible si el receptor y el transmisor se conectan mediante una red síncrona, por ejemplo: una red basada en SDH o SONET. El método es capaz de encontrar los requerimientos de jitter especificados por la ITU-T para las jerarquías de: 2.048 y 1.544 Mbit/s. Si una referencia común de reloj no está disponible, por ejemplo, una red basada en PDH, será usado un método de recuperación de reloj adaptivo, basado en el monitoreo del nivel de llenado del espacio de memoria de almacenamiento temporal en el receptor.

- Monitoreo de celdas insertadas y perdidas y una posible acción correctiva.
- Monitoreo de la Información del Protocolo de Control (PCI) del AAL para encontrar bits errados y una posible acción correctiva.
- Monitoreo del campo de información de usuario para detectar bits errados y una posible acción correctiva.
- Reporte del estado de la performance extremo a extremo.

Para algunos servicios específicos, ciertas funciones especiales serán soportadas por el CS. Ejemplos típicos de estas funciones son:

1. Tasa de bits constante para audio y video de alta calidad. En este caso se requiere un método de corrección en la carga útil. Este será combinado con un método donde los bits son intercalados antes de ser colocados en la celda.

2. Voz. Ningún campo del SAR-SDU será provisto a la subcapa de convergencia. La función principal de recuperación de reloj en el lado de recepción está basado en la corriente entrante de celdas. Esto será realizado chequeando el nivel de llenado del espacio de memoria de almacenamiento en el lado del receptor.

1.6.3 AAL3/4: ADAPTACIÓN PARA SERVICIO DE DATOS

Es usada para transmitir paquetes SMDS (Switched Multimegabit Data Service) sobre una Red ATM.

El nivel de Convergencia (CS) crea un PDU (Protocol Data Unit) a partir del Frame, anteponiendo un encabezado y agregando al final un campo de longitud. El nivel de segmentación y reensamblado (SAR) fragmenta el CS PDU y le antepone a cada fragmento un encabezado que consiste de:

- Tipo: identifica cuando una celda es el comienzo, continuación o final de mensaje.
- Número de secuencia: indica el orden en el cuál las celdas deben ser reensambladas.
- Identificador de multiplexado: identifica celdas de orígenes distintos mezcladas en un mismo circuito virtual de conexión (VCC) para ser reensambladas correctamente en el destino. Este nivel también agrega un CRC-10 a cada fragmento del CS PDU. El SAR PDU completo pasará a ser el payload de la celda ATM.

En la figura 1.11 se muestra gráficamente dicho proceso:

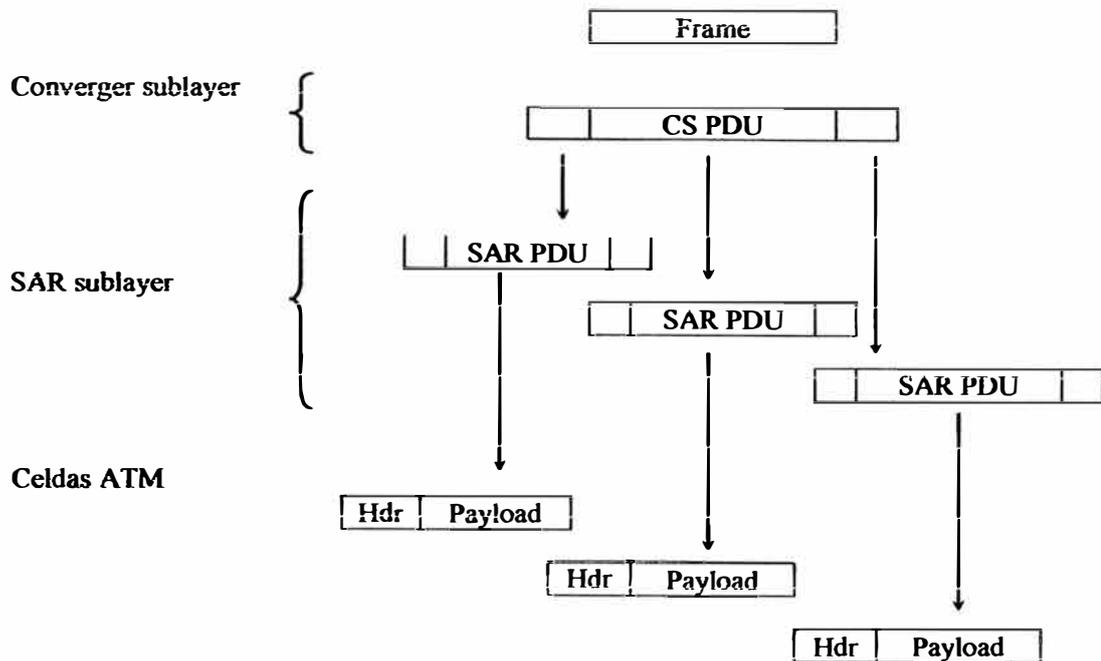


FIGURA 1.11 – Proceso de Adaptación AAL tipo 3/4

1.6.4 AAL5: CAPA DE ADAPTACIÓN PARA EL SERVICIO DE DATOS Y SEÑALIZACIÓN

El Forum ATM ha especificado el AAL tipo 5. El objetivo de esta especificación es ofrecer un servicio con pocos bytes de encabezamiento y con mejor mecanismo de detección de error debajo de la Subcapa de Convergencia de Parte Común (CPCS).

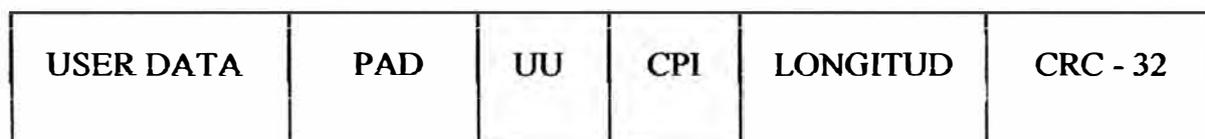
- **FUNCIONES DE LA SUBCAPA SAR**

La subcapa SAR acepta longitudes variables de los SAR-SDUs, los cuales son múltiplos enteros de 48 octetos que provienen del CPCS, y genera los SAR-PDUs conteniendo 48 octetos de datos SAR. La preservación o delineación del SAR-SDU se realiza mediante un indicador colocado al final del SAR-SDU, el cual tendrá el valor de 1 para indicar la finalización del SAR-SDU.

- **FUNCIONES DE LA SUBCAPA DE CONVERGENCIA**

Esta subcapa ejecuta las siguientes funciones:

- **Preservación del CPCS-SDU.** Esta función provee de delineación y transparencia a los CPCS-SDUs.
- **Manejo y detección de errores.** Los CPCS-SDUs corruptos son descartados, opcionalmente son entregados a la Subcapa de Convergencia de Servicio Especifico (SSCS).
- **Interrupción.** Un CPCS-PDU parcialmente transmitido puede ser interrumpido y eliminado. La figura 1.12 muestra el formato del CPCS-PDU para el AAL5.



USER DATA	[0...65535 octetos]
PAD: Campo de Relleno	[0...47 octetos]
UU: Información Usuario – Usuario transportada de forma transparente	[1 octeto]
CPI: Indicador de Parte Común	[1 octeto]
LONGITUD: Longitud del campo de Data User	[2 octetos]
CRC-32: Chequeo de Redundancia Cíclica	[4 octetos]

FIGURA 1.12 – Formato del CPCS-PDU del AAL tipo 5.

- **El Campo de Relleno (PAD).** Este campo es utilizado para alinear el CPCS-PDU en un espacio múltiplo de 48 octetos. El tamaño del PAD puede variar de 0 a 47 octetos no utilizados. Este campo no transporta información.
- **Campo Usuario a Usuario (UU).** Este campo contiene un octeto de información, el cual será transferido de forma transparente entre los usuarios extremos.

- Campo de Indicación de Parte Común (CPI). Este campo tiene un tamaño de 8 bits. Su valor por defecto es 0, lo que indica que el CPCS-PDU contiene información de usuario.
- Campo de Longitud. Este campo indica la longitud del CPCS-SDU dentro del CPCS-PDU. Este campo es necesario para determinar los límites entre la data de usuario y el campo de relleno.
- Campo CRC-32. Este campo será llenado con el valor calculado de CRC, el cual es encontrado utilizando el contenido entero del CPCS-PDU, incluyendo la carga útil del CPCS-PDU, el campo de relleno, el campo UU, el campo CPI y el campo de longitud. El polinomio generador del CRC-32 es:

$$G(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1$$

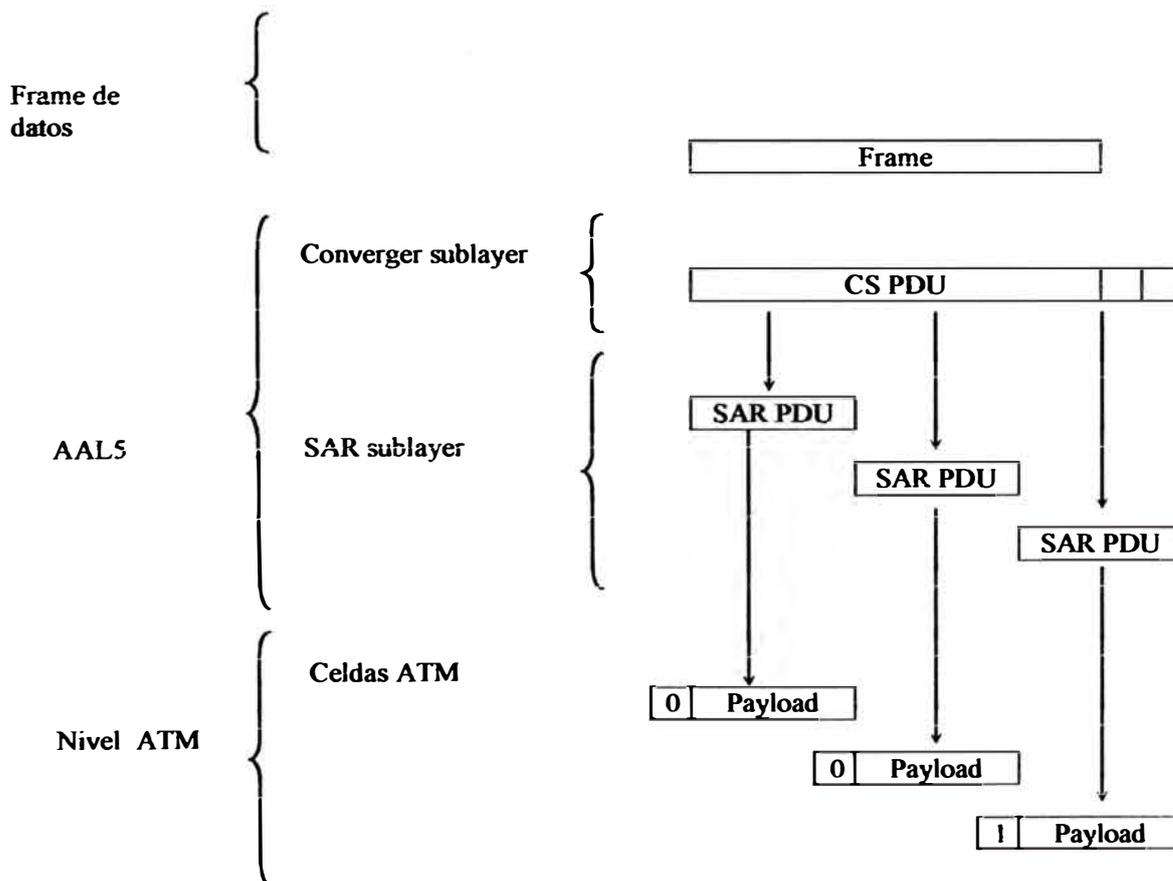


FIGURA 1.13 – Proceso de Formación de Celdas a partir de tramas AAL tipo 5.

CAPÍTULO II

CATEGORÍAS DE SERVICIO, PARÁMETROS DE CALIDAD DE SERVICIO Y MANEJO DE TRÁFICO

2.1 INTRODUCCIÓN

ATM es una tecnología desarrollada para soportar una gran variedad de servicios y aplicaciones. El Control del Tráfico esta fundamentalmente relacionado con la habilidad de la red de proveer apropiadamente la Calidad del Servicio (QoS).

Un rol primario en el manejo del tráfico es proteger a la red y a los usuarios finales de la congestión y así asegurar los objetivos de la performance de la red. Un rol adicional es el de promover el uso eficiente de los recursos de la red.

Se han definido cinco categorías para los servicios. En cada una de ellas se da un conjunto de parámetros que describen el tráfico presentado a la red y el QoS que se requiere en la misma. Se definen ciertos mecanismos de control de tráfico para asegurar y alcanzar los requerimientos de QoS deseado.

2.2 FUNCIONES GENÉRICAS

Las siguientes funciones son utilizadas para alcanzar los objetivos propuestos anteriormente:

- **Control de Admisión de Conexión (CAC).** Es definida como un conjunto de acciones tomadas por la red durante el inicio de la conexión para determinar cuando la petición de conexión puede ser aceptado y cuando debe ser rechazado.
- **Control de Retroalimentación.** Son un conjunto de acciones tomadas por la red y los terminales para regular el tráfico presentado en las conexiones ATM de acuerdo a los estados de los elementos de la red. En este caso se define el Control de Flujo ABR, el cual puede utilizarse para compartir el ancho de banda disponible entre los usuarios participantes.
- **Parámetro de Control de Consumo (UPC).** La red tiene definido un conjunto de acciones para monitorear y controlar el tráfico, en términos de tráfico ofrecido y validez de la conexión ATM, en el acceso de los terminales. El propósito principal es proteger los recursos de la red de las malas conductas ya sean intencionadas o no, que pueden afectar el QoS de las conexiones ya establecidas, detectando violaciones de los parámetros negociados y tomando las acciones correspondientes. Tales acciones incluyen descarte y etiquetado de celdas.
- **Control de la Prioridad de Pérdida de Celdas.** Para varias categorías de servicio los terminales deben generar celdas con el bit CLP marcado. La red puede seguir modelos que traten a esta marca en forma transparente o dándole significado, en cuyo caso la red descarta celdas marcadas para proteger tanto como sea posible los objetivos de QoS de las celdas con mayor prioridad.

- **Modelado del Tráfico.** Los mecanismos de Modelado de Tráfico deben ser usados para llevar a cabo una modificación deseada en las características del tráfico.
- **Administración de los Recursos de Red (NRM).** La arquitectura de servicio permite la separación lógica de las conexiones de acuerdo a las características del servicio. Si bien el retardo en la entrega de celdas y el provisionamiento de recursos son implementaciones específicas de la red, estas pueden ser utilizadas para proveer una apropiada separación y accesos a los recursos.
- **Descarte de Tramas.** Una red congestionada que necesita descartar celdas puede realizar el descarte a nivel de tramas en lugar de a nivel celdas.

2.3 ARQUITECTURA DE LOS SERVICIOS EN ATM

Las categorías de servicio provistas por ATM son:

- **Tasa de Bits Constante (CBR: Constant Bit Rate)**
- **Tasa de Bits Variable en Tiempo Real (RT-VBR: Real Time - Variable Bit Rate)**
- **Tasa de Bits Variable en Tiempo No Real (NRT-VBR: Non Real Time – Variable Bit Rate)**
- **Tasa de Bits No Específica (UBR: Unspecified Bit Rate)**
- **Tasa de Bits Disponible (ABR: Available Bit Rate)**

Estas categorías de servicio relacionan las características del tráfico y los requerimientos de QoS con el comportamiento de la red. Funciones como enrutamiento, CAC y reserva de recursos, en general, son realizados de manera particular para cada categoría de servicio.

Las categorías de servicio son distinguidas en principio como de Tiempo Real o de Tiempo No Real (sin requerimiento de tiempo real). Todas estas categorías se aplican tanto a los VCC como a los VPC.

2.4 DEFINICIONES PARA LAS CATEGORÍAS DE SERVICIO

Se definen las categorías de servicios ATM usando los siguientes parámetros de QoS:

- Variación del Retardo de Celda Pico a Pico (Peak-to-Peak CDV).
- Retardo de Transferencia de Celda Máximo (maxCTD).
- Razón de Pérdida de Celdas (CLR).

Cada categoría de servicio tiene una o más de una definición de conformidad, las cuales se diferencian por la manera en que los parámetros de QoS se aplican a los flujos de celdas CLP=0 y CLP=0+1.

2.5 DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE SERVICIO CBR

Esta categoría es usada por conexiones que requieren un ancho de banda fijo continuamente disponible durante el tiempo de vida de la conexión. Esta cantidad de ancho de banda está caracterizada por la Razón de Celdas Pico (PCR).

El compromiso básico hecho por la red al usuario que reserva recursos mediante la clase de servicio CBR es que una vez que la conexión es establecida, se asegura el QoS negociado por la capa ATM para todas las celdas.

En esta categoría el origen puede emitir celdas de acuerdo al PCR en cualquier unidad de tiempo y por cualquier duración de tiempo. Este tipo de servicio está pensado para soportar aplicaciones de tiempo real, como por ejemplo voz, video,

emulación de circuitos, pero no es restrictiva a las mismas. La fuente no está obligada a utilizar constantemente el PCR para la transmisión. Las celdas que son retrasadas más allá del valor especificado para el maxCTD se asume que tienen valor reducido para la aplicación. Esta categoría de servicio puede ser usada tanto para los VCC como para los VPC.

2.6 DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE SERVICIO RT-VBR

Al igual que la categoría anterior, esta categoría de servicio también está orientada a aplicaciones de tiempo real, las conexiones de este tipo se caracterizan en términos de la Razón de Celdas Pico (PCR), la Razón de Celdas Sostenible (SCR) y un Tamaño Máximo de Ráfaga (MBS). Los equipos fuente podrán transmitir a una tasa que varía con el tiempo. De la misma manera que en la categoría anterior, las celdas que son retrasadas más allá del maxCTD se asume que tienen valor reducido para la aplicación. Los servicios de esta categoría pueden soportar multiplexado estático de fuentes en tiempo real.

2.7 DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE SERVICIO NRT-VBR

Esta categoría de servicio está orientada para aplicaciones que no trabajan en tiempo real las cuales tienen características de tráfico repentino y están caracterizadas en términos del PCR, el SCR y el MBS. Para aquellas celdas que son transferidas dentro del contrato del tráfico, las aplicaciones esperan una tasa baja de pérdida de celdas. Los servicios NRT-VBR pueden soportar multiplexado estadístico de conexiones. Esta categoría no tiene límites asociados para los retrasos.

2.8 DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE SERVICIO UBR

Esta orientada a aplicaciones que no trabajan en tiempo real, por ejemplo, aquellas que no requieren un control sobre los retrasos ni cuentan con retrasos variables. Ejemplos de tales aplicaciones son la transferencia de archivos y el email. UBR no especifica garantías para el tráfico relacionado al servicio. No existe un valor de compromiso para los parámetros de CLR y CTD en este tipo de conexiones. Una red puede o no aplicar al PCR las funciones CAC y UPC. En el caso donde la red no fuerza el uso del PCR, el mismo es solo de información y será utilizado como parámetro de referencia cuando haya disponibilidad de recursos en la red.

2.9 DEFINICIÓN DE LA CATEGORÍA DE SERVICIO ABR

ABR es una categoría de servicio del nivel ATM para la cuál los límites de transferencia provistos por la red pueden cambiar luego de establecida la conexión. Se especifica un mecanismo de control de flujo que soporta varios tipos de control retroalimentado para controlar la tasa de bits enviada por la fuente en respuesta a los cambios en las características de la transmisión. Esta información de retroalimentación es enviada a la fuente a través de las Celdas de Manejo de Recursos (celdas RM). El terminal adaptara su tasa de transmisión de acuerdo con la información recibida de forma que por efectos de congestión se tenga una baja tasa de pérdida de celdas. Este servicio no requiere limitar el retraso de las celdas y no esta orientado para trabajar con aplicaciones de tiempo real. Cuando se establece una conexión ABR el terminal debe especificar a la red el máximo y el mínimo ancho de banda que quiere utilizar. Estos valores deben ser asignados como Razón de Celdas

Pico (PCR) y Razón de Celdas Mínimo (MCR). El MCR puede ser cero; el ancho de banda disponible puede variar pero no puede ser menor al MCR.

2.10 PARÁMETROS Y ATRIBUTOS DE LAS CATEGORÍAS DE SERVICIO

Atributo	Categoría de Servicio del Nivel ATM				
	CBR	nt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
Parámetros de Tráfico₍₄₎					
PCR y CDVT ₍₅₎	especificado			especific ₍₂₎	especific ₍₃₎
SCR, MBS, CDVT ₍₅₎	n/a	especificado		n/a	
MCR	n/a			n/a	especific.
Parámetros QoS₍₄₎					
Peak-to-Peak CDV	especificado		sin especificar		
MaxCTD	especificado		sin especificar		
CLR	especificado			sin especific.	(1)
Otros Atributos					
Feedback	sin especificar				especific.

Notas:

(1) El CLR es inferior para fuentes que adjuntan el flujo de celdas para el control de información.

(2) Puede no estar propuesto para los procedimientos CAC y PCR.

(3) Representa la máxima velocidad con la cuál la fuente puede enviar. La velocidad actual es propuesta por el control de información.

(4) Estos parámetros están especificados en forma explícita o implícita para PVCs o SVCs.

(5) CDVT se refiere a la Tolerancia de Variación del Retardo de Celda. En general no tiene un único valor para una conexión. Diferentes valores pueden aplicarse a cada interface a lo largo del camino de una conexión.

TABLA 4 - Resumen de los Parámetros de las Categorías del Servicio ATM.

2.11 CALIDAD DE SERVICIO DE LA CAPA ATM

Este nivel está dado por un conjunto de parámetros que caracterizan una conexión a nivel ATM. Estos parámetros cuantifican la performance de la red Punto a Punto a nivel ATM.

2.11.1 PARÁMETROS DE LA CALIDAD DE SERVICIO

Se identifican seis parámetros los cuales corresponden a un objetivo de performance en la red, tres de estos pueden ser negociados entre los terminales y la red.

Los siguientes parámetros de QoS son negociados:

- Variación del Retardo de Celda Pico a Pico (Peak-to-Peak CDV).
- Retardo de Transferencia de Celda Máximo (maxCTD).
- Razón de Pérdida de Celdas (CLR).

Los siguientes parámetros no son negociables:

- Razón de Celdas Erradas (CER).
- Razón de Bloques de Celdas Severamente Erradas (SECBR).
- Razón de Inserción de Celdas (CMR).

2.11.2 NATURALEZA DE LOS PARÁMETROS DE QOS ACORDADOS

Una red puede soportar uno o más objetivos de performance para cada parámetro de QoS. Para cada dirección de una conexión, un QoS específico es negociado entre la red y los terminales. La red acuerda alcanzar o exceder los QoS negociados tanto como los terminales puedan cumplir con el contrato de tráfico.

Los compromisos de QoS son de naturaleza probabilística y tienen la intención de ser la primera aproximación de la performance que la red puede ofrecer. Desde que no

existe límite para la duración de una conexión y la red solo puede tomar decisiones basada en información disponible en el momento del establecimiento de la conexión, es posible que el QoS de la conexión pueda variar durante el tiempo de vida de la conexión, En particular, eventos transitorios pueden causar periodos cortos en donde se observe una performance menor a los compromisos de QoS. Por lo tanto, los compromisos de QoS solo pueden evaluarse en largos periodos de observación y sobre múltiples conexiones con compromisos de QoS similares.

La precisión con la cuál los valores de QoS pueden ser codificados pueden ser significativamente grandes con respecto a la exactitud con la cuál la red los puede predecir, medir o mantener en un nivel de performance dado.

2.11.3 NEGOCIACIÓN DE LOS PARÁMETROS DE QOS

Los mecanismos por los cuales el QoS es negociado entre el sistema final y la red están definidos en las especificaciones del Forum ATM: UNI Signaling 4.0 y PNNI 1.0. Estos mecanismos complementan los procedimientos definidos en UNI Signaling 3.1 del Forum ATM y la Recomendación I.356 de la ITU-T.

2.11.4 TERMINOLOGÍA

- **EVENTOS DE CELDAS**

Los dos eventos siguientes están definidos basados en la Recomendación I.356. Estos eventos se utilizan para definir la performance de los parámetros de QoS:

- Un evento de “salida de celda” ocurre cuando el primer bit de una celda ATM ha completado su transmisión desde el sistema terminal hacia el elemento de

red que pertenece a una red ATM Privada o Pública, a través del Punto de Medición correspondiente.

- Un evento de “entrada de celda” ocurre cuando el último bit de una celda ATM ha completado su transmisión dentro del sistema terminal desde un elemento de red perteneciente a una red ATM Privada o Pública, a través del Punto de Medición correspondiente.

- **RESULTADO DE LA TRANSFERENCIA DE CELDA**

Los posibles resultados de la transferencia de celda entre Puntos de Medición para celdas transmitidas son definidos en la Recomendación ITU-T I.356:

- **Transferencia de Celda Exitosa.** La celda es recibida dentro del tiempo especificado T_{MAX} . El contenido binario de la celda recibida es idéntico al de la celda transmitida y asimismo posee un valor de cabecera válido y el HEC fue ejecutado satisfactoriamente.
- **Celda Errada.** La celda es recibida dentro del tiempo especificado T_{MAX} . El contenido binario de la celda recibida difiere de la correspondiente celda transmitida o la celda es recibida con una cabecera no válida.
- **Celda Perdida.** Ninguna celda es recibida en correspondencia a una celda transmitida dentro del tiempo especificado T_{MAX} .
- **Celda incorrectamente insertada.** Una celda es recibida sin tener una celda transmitida correspondiente.
- **Bloque de celdas Severamente Errado.** Cuando M o más Celdas perdidas, Celdas incorrectamente insertadas o Celdas erradas son recibidas en un bloque de N celdas transmitidas consecutivamente sobre una conexión dada.

2.11.5 CONFIGURACIONES DE REFERENCIA PARA MEDIR EL QOS

Los parámetros de QoS son definidos en los Puntos de Medición que coinciden con las interfaces mostradas en la Figura 2.1.

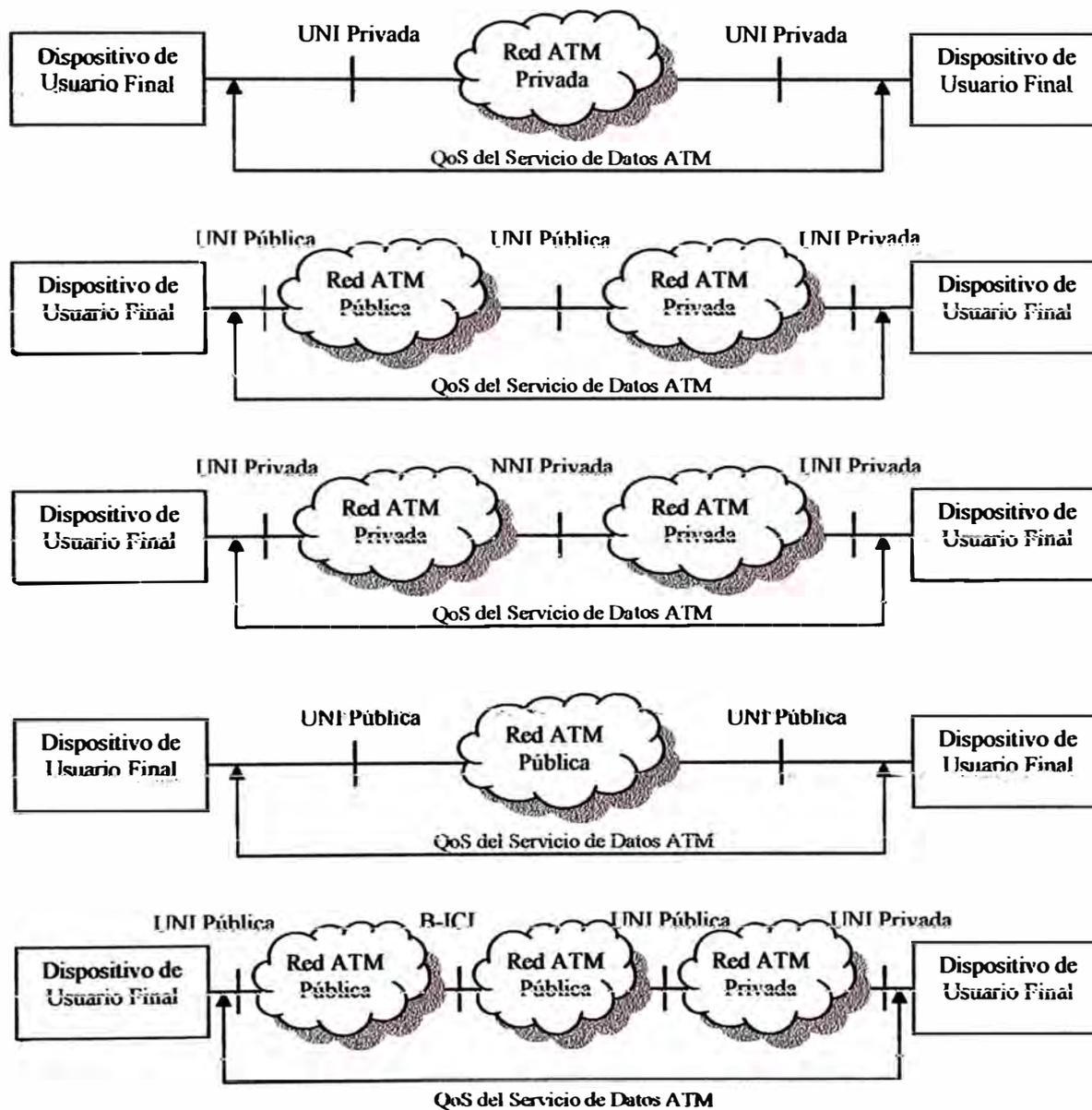


FIGURA 2.1 – Configuraciones de Referencia para el QoS ATM

2.11.6 DEFINICIÓN DE LOS PARÁMETROS DE QoS NEGOCIADOS

Esta sección describe los parámetros de QoS que pueden aplicarse a una conexión.

Estos parámetros están definidos en términos de:

- un método para medir las características de transferencia de la red sobre una celda ATM (o una secuencia de celdas ATM) durante el tiempo de vida de una conexión ATM virtual, y
- un objetivo estadístico que es negociado, tal que la red accede a brindar como mínimo el valor negociado considerando un gran número de muestras (celdas).

Las mediciones son útiles para determinar la performance de la red (incluyendo la determinación de si los objetivos estadísticos negociados de la conexión fueron alcanzados). Las mediciones se realizan en los Puntos de Medición definidos anteriormente.

La medición de la performance de la red sobre una conexión virtual comúnmente será diferente de los objetivos negociados para la conexión en cualquier momento, esto se debe a:

- El objetivo negociado es el peor caso de la performance de la red (medido sobre una muestra de celdas que es apropiadamente mayor para el parámetro QoS dado) que la red permitirá, incluyendo períodos de carga pico. Durante períodos donde la carga de la red es mucho menor que su capacidad total, la performance medida será significativamente mejor que el objetivo negociado.
- Eventos transitorios pueden causar que la performance medida en una conexión sea peor que el objetivo negociado, esto ocurre cuando se realiza una medición sobre un número insuficiente de muestras (celdas).

- **PARÁMETROS DE RETARDO**

El Retardo de Transferencia de Celda (CTD) está definido como el tiempo transcurrido entre un evento de salida de celda en el punto de medición 1, y el correspondiente evento de entrada de celda en el punto de medición 2 para una conexión particular. El Retardo de Transferencia de Celda entre dos puntos de medición es la suma del total de retardo de transmisión entre los nodos ATM y el total de retardo de procesamiento dentro de los nodos ATM.

Dos parámetros de retardo extremo a extremo son negociados:

- peak-to-peak CDV (CDV pico a pico)
- maxCTD (CTD máximo)

La figura 2.2 muestra la función de densidad de probabilidad del CTD en la categoría de servicio CBR y RT-VBR, y lo relaciona con el CDV pico a pico y el CTD máximo.

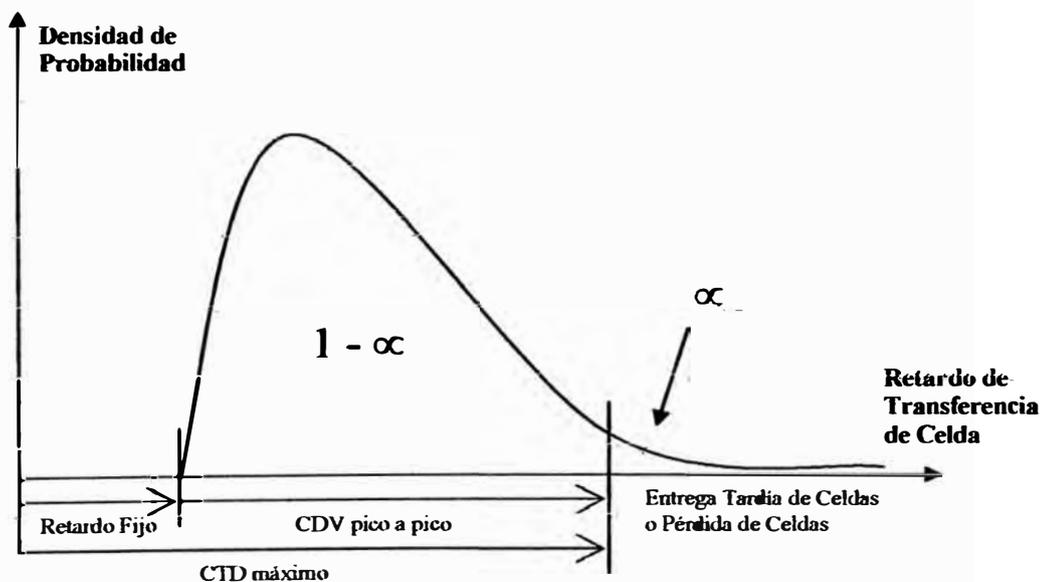


FIGURA 2.2 – Modelo de Densidad de Probabilidad para el CTD (para servicios de tiempo real)

Los componentes del retardo pre-establecido incluyen la propagación a través del medio físico, retardos producidos por el sistema de transmisión y retardos debido al procesamiento del conmutador. El CDV es inducido por el almacenamiento en memoria, el acondicionamiento de celdas, y las componentes variables del retardo del procesamiento en el conmutador.

- **MAXIMO RETARDO DE TRANSFERENCIA DE CELDA**

El Máximo Retardo de Transferencia de Celda (maxCTD) especificado para una conexión es el cuantil $(1 - \alpha)$ del CTD. El CLR en el momento de petición de la conexión es utilizado para colocar un límite superior en α . Cuando un conmutador acumula maxCTD o CDV deberá escoger un valor de α menor el cual tendrá el efecto de sobrestimar el maxCTD o CDV acumulado.

- **VARIACIÓN DEL RETARDO DE CELDA**

Dos métodos de medición están definidos para el CDV. Estos son:

- Variación del retardo de celda unipunto (one-point CDV).
- Variación del retardo de celda bipunto (two-point CDV)

El objetivo negociado para el performance del CDV está expresado en términos del CDV pico a pico.

- **VARIACIÓN DEL RETARDO DE CELDA UNIPUNTO**

El CDV unipunto describe la variabilidad del patrón de eventos de arribo de celdas observado desde un solo punto de medición con referencia a la razón pico

negociada $1/T$.

El CDV unipunto para la celda k (y_k) en el punto de medición está definido como la diferencia entre el tiempo de arribo de celda de referencia (c_k) y el tiempo de arribo real (a_k) en el punto de medición: $y_k = c_k - a_k$. El tiempo de arribo de celda utilizado como referencia (c_k) está definido como:

$$c_0 = a_0$$

$$c_{k+1} = \begin{cases} a_k + T & \text{si } c_k \leq a_k \\ c_k + T & \text{en cualquier otro caso} \end{cases}$$

Los valores positivos del CDV unipunto corresponden al aglomeramiento de celdas; los valores negativos del CDV unipunto corresponden a vacíos en las corrientes de celdas. El tiempo de arribo de referencia definido arriba elimina el efecto de los vacíos y provee una medida del aglomeramiento de celdas.

- **VARIACIÓN DEL RETARDO DE CELDA BIPUNTO**

El CDV bipunto describe la variabilidad del patrón de arribo de celdas observado en la salida de una conexión con referencia al patrón de eventos correspondientes observados en la entrada de dicha conexión.

El CDV bipunto para la celda k (v_k) entre dos puntos de medición es la diferencia entre el retardo de transferencia de celda absoluto de la celda k (x_k) entre los dos puntos de medición y un retardo de transferencia de celda definido como referencia ($d_{1,2}$) entre los dos puntos de referencia: $v_k = x_k - d_{1,2}$.

- **VARIACIÓN PICO A PICO DEL RETARDO DE CELDA**

La Variación Pico a Pico del Retardo de Celda (*peak-to-peak CDV*) es la diferencia entre el cuantil $(1-\alpha)$ del CTD y el CTD fijo que podría experimentar cualquier celda entregada a través de la conexión durante el tiempo total de duración de la conexión. El término “pico a pico” refiere a la diferencia entre el mejor y el peor caso del CTD, donde el mejor caso es igual al retardo fijo, y el peor caso es igual al valor probable a ser excedido con una probabilidad no mayor que α . Asumiendo que el retardo fijo es el retardo de referencia para el CDV bipunto, el rango de distribución del CDV bipunto es el mismo que el CDV pico a pico.

Las redes tienen una habilidad limitada para controlar el CDV pico a pico. Por lo mismo, los sistemas terminales no podrán negociar arbitrariamente valores pequeños del CDV pico a pico.

- **PARÁMETROS DEPENDIENTES**

Un solo parámetro extremo a extremo es negociado:

- Razón de celdas perdidas (CLR)

este parámetro extremo a extremo aplica para todas las categorías de servicio con excepción de la categoría de servicio UBR.

- **RAZÓN DE CELDAS PERDIDAS**

La razón de celdas perdidas (CLR) está definida para una conexión como:

$$CLR = \frac{\text{Celdas perdidas}}{\text{Total de Celdas Transmitidas}}$$

Las celdas perdidas y transmitidas contadas en los bloques de celdas severamente erradas deberán ser excluidas del universo de celdas utilizado en el cálculo de la razón de celdas perdidas.

El parámetro del CLR es el valor del CLR que la red acuerda ofrecer como un objetivo sobre el tiempo de vida de la conexión.

El CLR objetivo aplica para los flujos de celdas CLP=0 y para el flujo agregado de celdas CLP=0+1.

Si el descarte de tramas está habilitado para una conexión, grupos de celdas conformes pueden ser descartadas para mejorar la performance. En este caso, el CLR no es una medida confiable de la performance del servicio.

Si el descarte de tramas está habilitado se define la razón de pérdidas de tramas (FLR) como:

$$FLR = \frac{\text{Tramas Perdidas} + \text{Tramas Corruptas}}{\text{Total de Tramas Transmitidas}}$$

Donde “tramas perdidas” se refiere a tramas completamente descartadas y “tramas corruptas” se refiere a tramas parcialmente eliminadas.

La Razón de Pérdidas de Tramas no es un parámetro QoS negociado

2.11.7 PARÁMETROS DE QOS NO NEGOCIADOS

- **RAZÓN DE CELDAS ERRADAS**

La Razón de Celdas Erradas (CER) es definida como sigue para una conexión:

$$CER = \frac{\text{Celdas Erradas}}{\text{Celdas Transferidas Exitosamente} + \text{Celdas Erradas}}$$

Las celdas transferidas exitosamente y las celdas erradas contenidas en Bloques de celdas severamente erradas deben excluirse del universo de celdas utilizado para realizar el cálculo.

- **RAZÓN DE BLOQUES DE CELDAS SEVERAMENTE ERRADAS**

La Razón de Bloques de Celdas Severamente Erradas (SECBR) está definida como sigue para una conexión:

$$SECBR = \frac{\text{Bloques de Celdas Severamente Erradas}}{\text{Total de Bloques de Celdas Transmitidos}}$$

Un bloque de celdas es una secuencia de N celdas transmitidas consecutivamente en una conexión dada. Un bloque de celdas severamente errado ocurre cuando más de M celdas erradas, celdas perdidas, o celdas insertadas incorrectamente se observan en un bloque recibido.

Para propósitos de mediciones prácticas, un bloque de celdas normalmente corresponderá al número de celdas de información de usuario transmitida entre celdas OAM sucesivas (de acuerdo ITU-T Recomendación I.610).

Si el descarte de tramas está habilitado para una conexión, el número de celdas podrá aumentar y afectar el SECBR. El tamaño de trama deberá considerarse cuando se definan los parámetros M y N.

- **RAZÓN DE CELDAS INSERTADAS INCORRECTAMENTE**

La Razón de Celdas Insertadas Incorrectamente está definida como sigue:

$$CMR = \frac{\text{Celdas Insertadas Incorrectamente}}{\text{Intervalo de Tiempo}}$$

Los bloques de celdas severamente errados deben ser excluidos del universo de celdas.

2.11.8 OBJETIVOS DE QoS DE LAS REDES ATM

Tomando de referencia la Especificación del Forum ATM de Manejo de Tráfico Versión 4.1, no se encuentran recomendaciones acerca de los valores mínimos y/o máximos que establecen un QoS exigente, aceptable, o pobre en una red ATM. La ITU-T en su Recomendación I.356 lista objetivos de QoS provisionales, asimismo menciona que depende de los proveedores definir los límites para los valores de los parámetros de QoS donde no se haya especificado valor alguno.

En la tabla 5 se muestran los valores recomendados por la Recomendación I.356 de ITU-T:

	Naturaleza del objetivo de calidad de la red	Objetivo por defecto	Clases de QOS			
			Clase 1 (clase exigente)	Clase 2 (clase tolerante)	Clase 3 (clase binivel)	Clase U
CTD	Límite superior del valor medio del CTD	Ninguno	400 mseg	U	U	U
CDV 2-pt.	Límite superior de la diferencia entre los cuantiles superior e inferior de 10^{-8} del CTD	Ninguno	3 mseg	U	U	U
CLR₀+1	Límite superior de la probabilidad de pérdida de células	Ninguno	3×10^{-7}	10^{-5}	U	U
CLR₀	Límite superior de la probabilidad de pérdida de células	Ninguno	Ninguno	Ninguno	10^{-5}	U
CER	Límite superior de la probabilidad de errores de células	4×10^{-6} (nota 1)	Por defecto	Por defecto	Por defecto	U
CMR	Límite superior del valor medio de la CMR	1/día	Por defecto	Por defecto	Por defecto	U
SECB	Límite superior de la probabilidad de SECB	10^{-4}	Por defecto	Por defecto	Por defecto	U

TABLA 5 – Objetivos de QoS para redes ATM (según ITU-T I.356)

2.12 CONTRATO DE TRÁFICO

2.12.1 PARÁMETROS Y DESCRIPTORES DEL TRÁFICO

Los Parámetros de Tráfico describen las características del tráfico de la fuente. Para una conexión dada estos parámetros son agrupados dentro de un descriptor de tráfico de la fuente.

- **PARÁMETROS DEL TRÁFICO**

Los Parámetros del Tráfico describen las características inherentes al tráfico enviado por la fuente, ésta puede ser cuantitativa o cualitativa, por ejemplo: PCR, SCR, MBS y MCR.

- **DESCRIPTORES DEL TRÁFICO FUENTE**

Un descriptor es un conjunto de parámetros de tráfico de una fuente ATM. Este es usado durante el establecimiento de la conexión para capturar las características intrínsecas del tráfico de una conexión solicitada desde una fuente particular.

- **DESCRIPTORES DEL TRÁFICO DE LA CONEXIÓN**

Este descriptor especifica las características del tráfico de una conexión ATM. Incluye el descriptor de la fuente del tráfico, el CDVT y la definición de conformidad que es usada para especificar en forma no ambigua las celdas que conforman la conexión.

Los procedimientos de CAC usan este descriptor para reservar recursos y para derivar valores de los parámetros para la operación del UPC. Estos parámetros de tráfico deberían cumplir los siguientes requerimientos:

- Que sean comprendidos por los terminales.
- Ser útiles en los esquemas de reserva de recursos, alcanzando los requerimientos de performance de la red.
- Tener la capacidad de ser forzados por el UPC.

2.12.2 ESPECIFICACIÓN DEL CONTRATO DE TRÁFICO

Un Contrato de Tráfico especifica las características negociadas de una conexión. El Contrato del Tráfico en una Interfase Red-Usuario (UNI) pública consistirá de un descriptor de conexión de tráfico y un conjunto de parámetros QoS para cada dirección de la conexión, e incluirá la definición de una conexión que cumple el contrato. La UNI privada puede opcionalmente soportar el mismo Contrato de Tráfico que la UNI pública o uno diferente. El descriptor de tráfico de la conexión consiste de todos los parámetros usados para especificar en forma no ambigua la conformidad de las celdas de la conexión, por ejemplo:

- El descriptor del tráfico fuente (PCR, SCR, MBS y MCR).
- El CDVT.
- La definición de conformidad.

Para las categorías de servicio CBR, rt-VBR, nrt-VBR, y UBR la definición de conformidad basada en el GCRA es utilizada sin ambigüedad para especificar las celdas conformes de una conexión en la UNI. Para la categoría de servicio ABR, la definición de conformidad se refiere al comportamiento especificado para las fuentes

ABR, destinos y conmutadores, pero permite retardos entre la fuente y el UNI, el cual podrá perturbar el flujo de tráfico.

2.12.3 PARÁMETROS DEL CONTRATO DE TRÁFICO Y ALGORITMOS RELACIONADOS

- **TOLERANCIA DE LA VARIACIÓN DEL RETARDO DE CELDA PARA EL PCR Y EL SCR**

Las funciones de la capa ATM (por ejm., la multiplexación de celdas) puede alterar las características de tráfico de las conexiones al introducir una variación en el retardo de la celda. Cuando las celdas de dos o más conexiones son multiplexadas, las celdas de una conexión dada podrán ser demoradas mientras las celdas de otra conexión son insertadas en la salida del multiplexor. Asimismo, algunas celdas pueden ser demoradas mientras la cabecera de la capa física o las celdas OAM son insertadas. En consecuencia, tomando como referencia el intervalo pico de emisión T (el inverso del PCR contratado) cierta aleatoriedad puede afectar el tiempo de arribo entre celdas consecutivas de una conexión monitoreada en la interfase UNI. El límite superior de este fenómeno es la medida de la Tolerancia de Variación del Retardo de Celda (CDVT).

De la misma forma, tomando como referencia el intervalo sostenido de emisión T_S (el inverso del SCR contratado) cierta aleatoriedad puede afectar el tiempo de arribo entre celdas consecutivas de una conexión monitoreada en la interfase UNI.

El CDVT permitido para una conexión particular en la interfase UNI privada (denotada como $CDVT^*$) representa en esta interface el límite en dicha conexión

del fenómeno de aglomeramiento de celdas debido a la naturaleza discreta de ATM, la cabecera de la capa física y las funciones de la capa ATM realizados en el sistema final. El CDVT permitido para una conexión particular en la interfase UNI pública (denotada como CDVT) representa en esta interfase el límite en dicha conexión del fenómeno de aglomeramiento de celdas debido a la naturaleza discreta de ATM, la cabecera de la capa física y las funciones de la capa ATM realizadas dentro del equipo de red privado antes de llegar a la interfase UNI pública.

El CDVT y el CDVT* pueden impactar en la reserva de recursos de la red para una conexión. Por lo tanto es recomendable sobredimensionar dichos parámetros.

- **ALGORITMO DE VELOCIDAD DE CELDAS GENÉRICO**

El Algoritmo de Velocidad de Celdas Genérico (GCRA) es utilizado para definir la conformidad con respecto al tráfico contratado. Para cada arribo de celda el GCRA determina si la celda es conforme al tráfico contratado para la conexión. La función UPC podrá implementar el GCRA, o uno o más algoritmos equivalentes para garantizar la conformidad. A pesar que la conformidad del tráfico está definida en términos del GCRA, la red no está obligada a utilizar este algoritmo para el UPC.

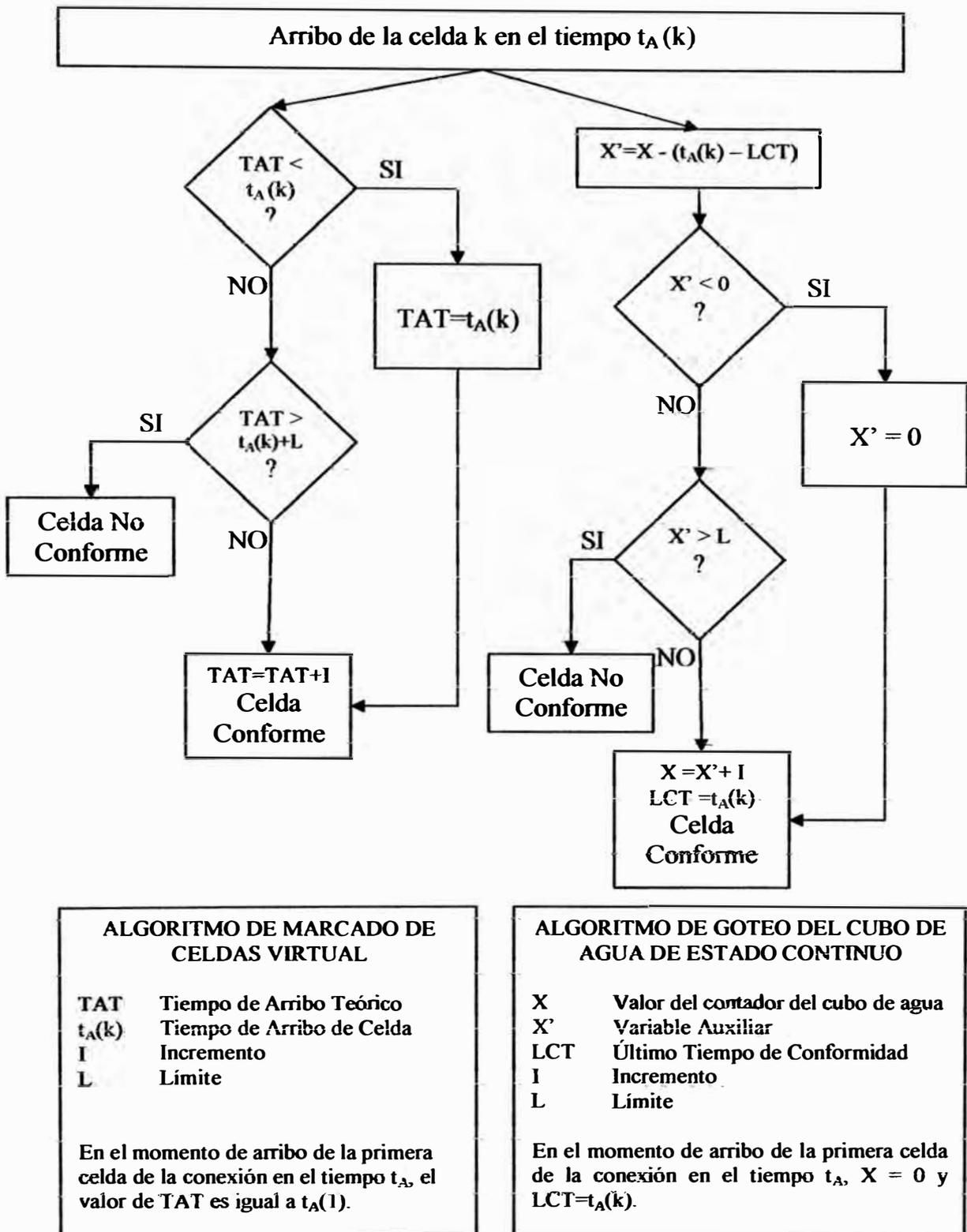


FIGURA 2.3 – Versiones Equivalentes del Algoritmo de Velocidad de Celdas Genérico

La red puede utilizar cualquier UPC con la única condición que la operación del UPC soporte los objetivos de QoS de una conexión que cumple el contrato.

El GCRA es un algoritmo virtual descrito en la Figura 2.3. El GCRA se utiliza para definir, en una forma operacional, la relación entre el PCR y el CDVT, y la relación entre el SCR y el BT.

2.12.4 CONTRATO DE TRÁFICO Y DEFINICIONES DE CONFORMIDAD

La conformidad de las celdas de una conexión en una interfase está definida en relación al algoritmo de conformidad y los parámetros especificados correspondientes en el descriptor de tráfico de la conexión. Esta definición de conformidad está especificada en el contrato de tráfico. El conjunto de definiciones de conformidad están soportados en la interfase UNI pública son específicos a la red. Las categorías de servicio futuras probablemente requieran de la definición de nuevos parámetros en el contrato de tráfico.

La ITU-T provee una definición de granularidad del PCR, SCR, CDVT, y BT utilizada para definir la conformidad de las conexiones CBR y VBR (Recomendación I.371).

Para las operaciones de la red, hay dos modelos para el flujo de celdas CLP=1:

- **CLP-Transparente.** La red generalmente ignora el bit CLP. El CLR objetivo aplica solo al flujo CLP=0+1, por lo cual las celdas CLP=1 experimentan el mismo CLR que las celdas CLP=0. La opción de marcado de celdas no aplica en este modelo.
- **CLP-Significativo.** El CLR objetivo aplica solo en el flujo de celdas CLP=0. El CLR para el flujo de celdas CLP=1 no está especificado, así como el CLR

para el flujo de celdas $CLR=0+1$. El marcado de celdas realizado por la red aplica como una opción. La red realizará su mejor esfuerzo para transmitir el flujo $CLP=1$, caso contrario aplicará el descarte de celdas selectivo sin afectar el CLR objetivo.

2.12.5 RESUMEN DE LAS DEFINICIONES DE CONFORMIDAD

La siguiente tabla resume las definiciones de conformidad para las categorías de servicio CBR, VBR, ABR y UBR.

Definición de Conformidad	Flujo PCR	Flujo SCR	Opción de Marcado Activa	MCR	CLR sobre
CBR.1	0+1	ne	n/a	ne	0+1
VBR.1	0+1	0+1	n/a	ne	0+1
VBR.2	0+1	0	No	ne	0
VBR.3	0+1	0	Si	ne	0
ABR	0	ne	n/a	Si	0
UBR.1	0+1	ne	No	ne	ne
UBR.2	0+1	ne	Si	ne	ne

Donde:

ne: no especificado

n/a: no aplicable.

TABLA 6 – Definiciones de Conformidad de las Categorías de Servicio

CAPÍTULO III

CATEGORÍAS DE SERVICIO EN TIEMPO REAL

3.1 LA CATEGORÍA DE SERVICIO CBR

El Servicio de Tasa de Bits Constante (CBR) permite el transporte de información de manera constante y con un retardo casi idéntico en la entrega de cada celda desde la fuente de transmisión hacia el destino.

La figura 3.1 muestra el tipo de tráfico esperado para este servicio:

Tráfico Esperado para el Servicio CBR

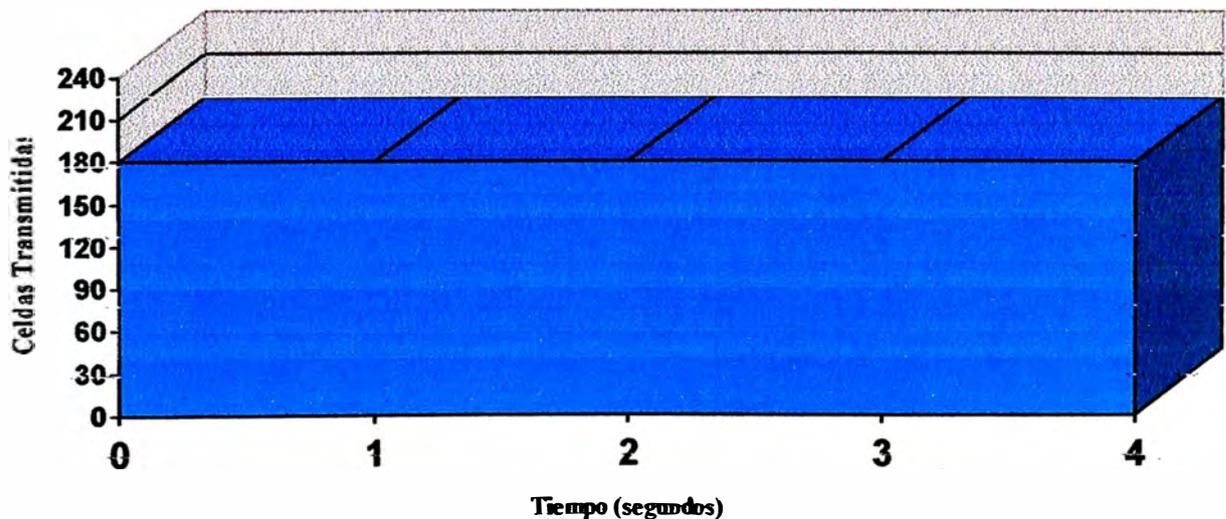


FIGURA 3.1 – Tráfico Característico Esperado en la Categoría de Servicio CBR

De acuerdo al tráfico esperado, este servicio está caracterizado por los siguientes parámetros de tráfico:

PCR. Define la Razón de Celdas Pico Permitida en todo momento, es decir, la fuente tendrá la capacidad de enviar una razón de tráfico igual al PCR constantemente. Este es un parámetro que puede ser negociado.

CDVT. Define la variación máxima aceptable del CTD. Este parámetro no es negociado.

Política de Control de Tráfico. Como se discutió en el capítulo anterior para esta categoría de servicio existe una sola definición de conformidad, que implica el chequeo de la conformidad de las celdas del flujo $CLP=0+1$ sin hacer ninguna diferenciación entre las celdas marcadas y las no marcadas.

Cuando se establece una conexión con categoría de servicio CBR se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se debe especificar la Razón de Celdas Pico (PCR) que la conexión requiere para el transporte del servicio. La red ATM reservara los recursos necesarios de ancho de banda para atender la solicitud (en caso existan dichos recursos), los cuales quedarán asignados para esta conexión hasta la eliminación o desaparición de la conexión. Se debe tener la certeza respecto al número de celdas por segundo que el servicio necesita, debido a que una solicitud menor de tasa de celdas a las necesitadas provocaría una violación del contrato. La red ATM está preparada para el descarte de celdas en caso ocurra una violación del contrato, por consiguiente, si el servicio envía más celdas de las

establecidas por el contrato, estas serían descartadas, lo que afectaría seriamente el servicio de usuario.

- Se debe especificar la Tolerancia a la Variación de Retardo de Celdas (CDVT). Este parámetro permite solicitar a la red ATM determinado esfuerzo en la entrega de las celdas de una conexión específica.
- Se debe especificar el tipo de política de control de tráfico que se utilizará.

Una desventaja que se debe mencionar del servicio CBR, es que una vez que se reservan los recursos lógicos sobre la red ATM para este tipo de servicio, estos recursos quedan ocupados irremediablemente aunque el usuario no haga uso de los recursos asignados a la conexión.

3.2 LA CATEGORÍA DE SERVICIO RT-VBR

El servicio de Tasa de Bits Variable en Tiempo Real (RT-VBR) permite el transporte de información caracterizada por la generación variable de bits a través del tiempo, que a la vez requiere de transmisión en tiempo real. Ejemplos de este tipo de servicio son el audio y el video comprimido.

La figura 3.2 muestra el tráfico esperado para este servicio:

Tráfico Esperado para el Servicio RT-VBR

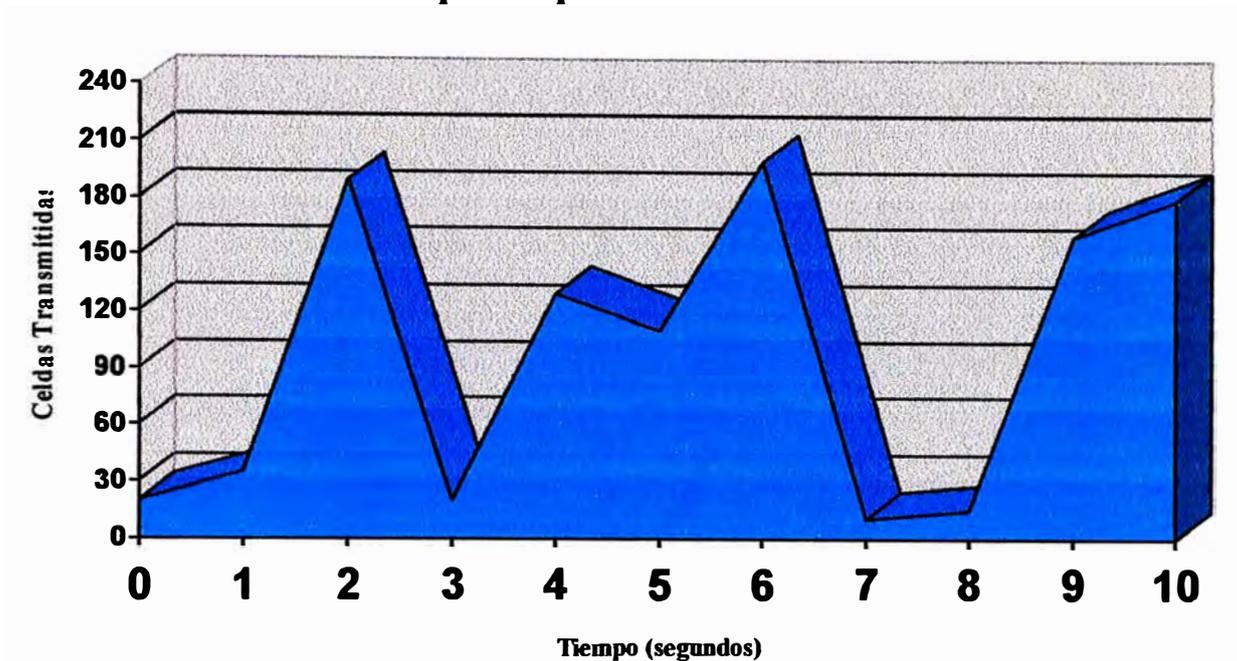


FIGURA 3.2 – Tráfico Característico Esperado en la Categoría de Servicio RT-VBR

Los parámetros de tráfico del servicio RT-VBR son los siguientes:

PCR: Define la Razón de Celdas Pico que puede alcanzar el tráfico esperado.

SCR: Define la Razón de Celdas Sostenible.

MBS: Define el Tamaño Máximo de Ráfaga.

CDVT: Define la variación máxima permitida del CTD.

Política de Tráfico: De acuerdo a las definiciones de conformidad de este servicio pueden utilizarse hasta tres tipos diferentes de política de control de tráfico. La primera consiste en el chequeo de la conformidad del flujo de celdas $CLP=0+1$, la segunda en el chequeo de la conformidad del flujo de celdas $CLP=0$ sin opción al marcado de celdas, y la tercera en el chequeo de la conformidad del flujo de celdas $CLP=0$ con opción a cambiar el valor del bit CLP a uno.

Cuando se establece una conexión de categoría RT-VBR se deben especificar los siguientes datos:

- Los valores adecuados PCR, SCR y MBS, que deberán ser definidos de acuerdo al tráfico esperado en la conexión.
- Se debe especificar la Tolerancia a la Variación de Retardo de Celdas (CDVT). Este parámetro permite solicitar a la red ATM determinado esfuerzo en la entrega de las celdas de una conexión específica.
- Se debe especificar el tipo de política de control de tráfico que se utilizará.

3.3 REQUERIMIENTOS DE RED

Con respecto a los servicios de Tiempo Real, los requerimientos de red son muy exigentes. Se debe comprender que en los servicios de tiempo real también está incluido el servicio de Emulación de Circuitos que puede transportar canales de voz del servicio de Telefonía, los cuales siempre debe estar disponibles. En general, los servicios de voz requieren de la disponibilidad de red más alta posible. Los requerimientos de red que se deben considerar al respecto son los siguientes:

- Disponibilidad de Red. La Disponibilidad de la red ATM lo más cercana al 100%.
- Discriminación por Tipo de Servicio. Capacidad del conmutador ATM de diferenciar entre los circuitos lógicos virtuales con requerimiento de tiempo real de aquellos que no tienen este requerimiento. Posibilidad de darles prioridad en situaciones de emergencia, como posibles enrutamientos de conexiones o escasez de recursos (ancho de banda).

- **Disponibilidad de Recursos de Red.** Asegurar disponibilidad de recursos sobre la red ATM, tales como, rutas alternas en caso de falla, suficiente ancho de banda disponible en caso de falla,
- **Retardo de Celda (CTD).** Asegurar retardo de celda entre nodos adecuado y constante. El retardo de celda es un parámetro inherente al diseño de la red, depende exclusivamente del tipo de conmutadores ATM utilizados, el número de saltos que tiene una conexión antes de llegar a su destino (es decir, del número de nodos que conforman la red).
- **Sincronismo.** Un sistema robusto y confiable de sincronismo. Si es posible una red de sincronismo asociada a la red ATM. La falta de una referencia externa de sincronismo apropiada ocasionará fallas en los servicios transportados por las conexiones CBR y RT-VBR. En el caso del servicio de Emulación de Circuitos se observarán ocasionales deslizamientos sin explicación aparente. En caso la referencia de sincronismo sea muy pobre (menor a Stratum 3 – definido en ANSI / Bellcore GR-253, UIT-T G.813) las tramas E1 transportadas sobre los circuitos emulados experimentarán pérdida de sincronismo y caídas constantes.
- **Variación del Retardo de Celda (CDV).** Mantener el valor de Variación de Retardo de Celdas lo más bajo que sea posible. La Variación del Retardo de Celdas es un parámetro que permite cuantificar la cantidad de jitter/wander (definición G.810 ITU-T) que la red está adicionando a una conexión particular. Si el jitter es muy alto, implicará una mayor variación del retardo de celda. Si esto ocurre, la probabilidad que las celdas lleguen a destiempo será mayor. Las celdas que llegan a destiempo son descartadas y no son

tomadas en cuenta en la reconstrucción de la trama en el lado del destino, por consiguiente, se afectará irremediablemente el servicio brindado al usuario final. El funcionamiento de la red puede ser monitoreado una vez al mes, midiendo por un periodo de 24 horas la variabilidad del retardo de celdas de una conexión dependiente del tiempo apropiadamente ubicada a lo largo de la red, o de varias conexiones, con la idea de cubrir todos los nodos de la red, incluyendo los nodos centrales, como los nodos alejados. Si se detectan variaciones del retardo de celda muy altas, es probable que el sistema de sincronismo de la red tenga problemas que deberán ser solucionados tan pronto como sea posible.

- Razón de Pérdida de Celdas (CLR). Mantener el valor de Razón de Pérdida de Celdas lo más bajo que sea posible. El funcionamiento de la red puede ser monitoreado una vez al mes, midiendo por un periodo de 24 horas el CLR. Asimismo se recomienda que se revise periódicamente el consumo esperado en los enlaces que conforman la red ATM, pues una causa directa del aumento del CLR es el incremento del nivel de congestión de la red, es decir, el valor de CLR nos permitirá vigilar la cantidad de recursos de la red que se está utilizando.

Otra causa directa del aumento parámetro CLR es un malfuncionamiento de algún componente dentro de la red. Este monitoreo constante permite hallar el o los componentes dañados o degradados por el paso del tiempo para su revisión y cambio antes que estas fallas puedan causar impacto en el servicio brindado al usuario final.

De acuerdo a la siguiente tabla (Forum ATM – TM - Versión 4.1) se puede observar que realizando mediciones periódicas del CLR, CDV y CTD se puede encontrar las posibles causas de cambios drásticos en dichos parámetros:

Atributo	CER	SECBR	CLR	CMR	CTD	CDV
Retardo de Propagación					X	
Errores en el medio Físico	X	X	X	X		
Arquitectura del Conmutador			X		X	X
Capacidad de Buffer		X	X		X	X
Número de Nodos	X	X	X	X	X	X
Carga de Tráfico			X	X	X	X
Fallas	X	X	X			
Reserva de Recursos			X		X	X

TABLA 7 – Causas de la Degradación de los Parámetros de QoS

3.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las siguientes consideraciones deberán tomarse en cuenta en el diseño de una red ATM que sea capaz de soportar servicios de tiempo real:

- **Disponibilidad de Red.** Los conmutadores ATM a utilizarse deberán asegurar la máxima disponibilidad posible, por lo tanto, contarán con redundancia de procesador principal y de matriz de conexión (componente principal del conmutador, que permite la conmutación de los paquetes ATM; éste conecta la líneas de entrada con las líneas de salida). Asimismo, será indispensable

que cuenten con redundancia de fuente de poder y respaldo de batería, para prevenir cualquier evento externo que pueda dejar sin energía eléctrica al conmutador. Es importante tener en consideración la elección de la topología de la red, y chequear el funcionamiento adecuado de los procesos de enrutamiento y reenrutamiento de conexiones (en caso el conmutador pueda proveer esta facilidad).

- **Discriminación por Tipo de Servicio.** Debido a que los servicios de tiempo real son muy sensibles a los retardos, el conmutador ATM, deberá facilitar la tarea de dar preferencia a las conexiones que transporten esta clase de servicio. Si fuese posible, permitir reservar recursos del conmutador específicamente para este tipo de conexiones.
- **Disponibilidad de Recursos de Red.** Es crucial dimensionar correctamente la red. La correcta elección de la capacidad del conmutador ATM permitirá el crecimiento adecuado de la red, así como tener siempre recursos a disposición. La mayoría de conmutadores ATM que están en el mercado permiten una gran escalabilidad (crecimiento de recursos de red a bajo costo y sin tediosos cambios de hardware). Sin embargo, es recomendable realizar un seguimiento minucioso del crecimiento del tráfico de la red, para proyectar la instalación de nuevos conmutadores o la desinstalación de aquellos conmutadores sub-utilizados. Un conmutador ATM mal ubicado traerá como consecuencia costo de mantenimiento alto. Se deberá tomar en cuenta lo siguiente:

- (1) **Análisis del Crecimiento de los Requerimientos de Ancho de Banda desde dicho conmutador hacia todos los demás conmutadores.**

- (2) Seguimiento de la utilización de sus enlaces, y verificación de problemas de congestión.
 - (3) Ubicación Geográfica y Área de Cobertura del Conmutador.
 - (4) Seguimiento de la Cantidad de conexiones “pasantes” y conexiones terminantes en el conmutador.
- **Retardo de Celda.** El retardo de celda queda definido en el proceso de diseño de la red. Generalmente puede ser ignorado debido a que la performance de los conmutadores ATM de la actualidad es muy buena y añaden retardos insignificantes en cada salto, sin embargo, es recomendable realizar el cálculo teórico de este parámetro, basándose en la documentación de los equipos elegidos para la implementación de la red. Este cálculo aproximado permitirá conocer desde un inicio los máximos retardos de celda de la red (es decir, el retardo de celda entre los dos puntos más extremos de la red) y decidir si existirá algún tipo de problema en la implementación futura de los servicios de tiempo real.
 - **Sincronismo.** Mantener una referencia de sincronismo estable y de alta calidad es uno de los puntos clave en el diseño de una red ATM, de esta forma se asegura la calidad del servicio de tiempo real brindado por la misma. Es primordial verificar cual es la función de transferencia en frecuencia de los conmutadores y medir que cantidad de jitter y wander le añaden a la señal entrante (medir el MTIE, el TDEV, ITU-T G.813). Asimismo, esta verificación deberá realizarse con varios conmutadores ATM en cascada para comprobar cual es el efecto de jitter y wander sobre la misma señal de entrada. Esto permitirá hallar cual es la cantidad ideal de

conmutadores ATM que deberán tener referencia externa de sincronismo, y cuantos tendrán como referencia la señal recibida desde otro conmutador ATM. Para definir los equipos que proporcionarán la referencia externa se recomiendan los equipos con reloj de Rubidio (stratum 2 – G.812 ITU-T) que tienen disponible un GPS (Global Position System) y que pueden, por lo tanto, engancharse al sistema de satélites de posición global, los cuales tienen como referencia relojes de Cesio (stratum 1 - G.811 ITU-T). No es necesario disponer de relojes de Cesio, pues son demasiado costosos. Como consideración adicional, es importante verificar el manejo de reloj propio del conmutador ATM, es decir, analizar cuales son las directivas que tiene el conmutador para la elección de su referencia externa de reloj, y si estas directivas son modificables. También es importante verificar el impacto que tiene sobre el conmutador el funcionamiento de su procesador redundante en el manejo de la referencia de reloj. Es indispensable asegurar un manejo lo más transparente posible del cambio de referencia, porque sino estos cambios afectarán considerablemente los servicios de tiempo real que soporta el conmutador.

3.5 APLICACIONES

Existen muchas aplicaciones para las categorías de servicio de tiempo de real brindados por ATM, entre ellos tenemos:

- El Servicio de Emulación de Circuitos, que permite ofrecer conexiones punto a punto, o punto – multipunto. La información se envía mediante canales de 64Kbit/s, y es similar al servicio brindado por las redes basadas en TDM

(Multiplexación por División de Tiempo). Este servicio puede utilizarse para transporte de Els completos y primarios, o puede utilizarse para dar velocidades variables de enlace seriales desde 64 Kbit/s hasta 2Mbit/s.

- El Servicio de Multimedia sobre ATM. La Primera Fase de este servicio está definida para el servicio de Video Por Demanda. Para este efecto se recomienda el uso de MPEG-2 sobre ATM. El ATM Forum recomienda el uso de la capa de adaptación tipo 5, mientras que la ETSI recomienda el uso de la capa de adaptación tipo 1. La ITU-T establece en su Recomendación H.222.1 ambas opciones. La Segunda Fase de este servicio contempla el servicio de Video-Conferencia, Educación a Distancia y Servicios Multimedia para la Oficina.
- Otros servicios como:
 - Video Interactivo (por ejm. video conferencia)
 - Audio Interactivo (por ejm. telefonía)
 - Distribución de Video (por ejm. televisión)
 - Distribución de Audio (por ejm. radio)Cualquier aplicación de transferencia de imágenes/texto/datos que se caracterice por generar un tráfico uniforme, o porque el sistema terminal requiera respuesta en tiempo real que justifique ocupar totalmente una conexión CBR o RT-VBR.

3.6 SERVICIOS DE VOZ SOBRE ATM

El Forum ATM ha definido dos servicios principales para transportar voz sobre ATM:

- Servicio de Emulación de Circuitos (CES) para transportar velocidad completas o fraccionales de circuitos E1 y T1.
- Servicio de Emulación de Circuitos Dinámico (DBCES).

Asimismo se encuentra en desarrollo el Uso de Troncales ATM para servicios de Banda Angosta utilizando AAL2 (AF-VTOA-0113.000).

3.6.1 SERVICIO DE EMULACIÓN DE CIRCUITOS

El Servicio de Emulación de Circuitos (CES) es un estándar confiable y estable (Forum ATM CES Interoperability Versión 2.0) y ha sido implementado en un gran número de equipos de los diferentes proveedores.

Cuando se utiliza la Emulación de Circuitos la red ATM simplemente provee un mecanismo de transporte transparente para enlaces cuya estructura corresponde al G.703/4 de la ITU-T.

La voz se codifica dentro de estos enlaces como en una red TDM tradicional, usando PCM, ADPCM o algún otro tipo de codificación y compresión.

La red asegura que el circuito entregado sea reconstruido exactamente en el lado de recepción. La Emulación de Circuitos es un mecanismo bidireccional y presenta un servicio de voz con un circuito dedicado aparente. Este servicio es muy valioso puesto que no se requieren cambios en la red TDM o PBX existente. Un circuito emulado puede transportar cualquier tipo y mezcla de tráfico.

La emulación de circuitos utiliza el mecanismo de adaptación AAL1 para segmentar el tráfico E1/T1 en celdas ATM con la información de reloj necesaria para asegurar que el circuito podrá reensamblarse correctamente en el destino. La principal ventaja del CES es su simplicidad. Sin embargo, tiene dos limitaciones:

- Primero, no puede brindar multiplexación estadística. La red ATM no distingue entre canales activos o canales ociosos, esto significa que tanto los canales activos como los inactivos son transportados.
- Segundo, a menudo es implementado como un servicio punto a punto brindando el servicio de transporte desde una interfase física particular hacia otra. Esto puede incrementar los costos, pues siempre será necesaria una interfase física para cada destino.

El servicio de Emulación de Circuitos tiene las siguientes características particulares:

- La categoría de servicio de la conexión en la red ATM es de Tasa de Bits Constante (CBR).
- La velocidad de transferencia ofrecida por este servicio es discreta, teniendo como unidad básica 64Kbit/s, y pudiendo crecer en múltiplos de la unidad básica hasta 2048Kbit/s (velocidad primaria).
- La utilización del ancho de banda en la red ATM es constante. No es necesario fijar ningún tipo de control de tráfico, ni de realizar restricciones en el flujo de bits esperado. Solo es necesario determinar el número de celdas por segundo que se necesita para cada ancho de banda posible y asignarle el Valor de Tasa de Celda Pico (PCR) aceptable, de tal forma que no se produzca descarte de celdas por incumplimiento de contrato.
- La capa de adaptación ATM utilizada es de tipo 1 (AAL1).
- El proceso de adaptación ATM se realiza en los equipos de acceso.
- El equipo de acceso debe poseer una fuente de reloj confiable para evitar problemas de corrimientos en los E/s emulados.

- Los EIs emulados proveen el mismo servicio que los EIs sobre TDM, asimismo, pueden escogerse diferentes opciones, de acuerdo a la necesidad presente como: (1) código de línea (hdb3, ami); (2) estructurado o no estructurado; (3) CAS o CCS; (4) con o sin chequeo de CRC (5) con multitrama.

Entre las ventajas se pueden citar las siguientes:

- Permite proporcionar un servicio clásico de las redes TDM.
- Permite utilizar la misma infraestructura universal de red para dar el servicio de PRIs.
- Permite a las redes ATM dar el servicio de transporte de Telefonía (voz PCM) clásico.

Entre las desventajas se tienen:

- Utilización constante de recursos sobre la red ATM. No es posible compartir los recursos reservados por estas conexiones, a pesar que el usuario no utilice su conexión para transmitir información relevante.
- Se requiere equipos de acceso con referencias de reloj de calidad, y con algoritmos de sincronización potentes para evitar degradar el servicio.

3.6.2 SERVICIO DE EMULACIÓN DE CIRCUITOS CON UTILIZACIÓN DE ANCHO DE BANDA DINÁMICO

Las restricciones inherentes del CES dieron origen al Servicio de Emulación de Circuitos con Utilización de Ancho de Banda Dinámico.

El objetivo de este estándar es habilitar la utilización de ancho de banda dinámicamente detectando cuales canales de la troncal TDM están activos y cuales inactivos.

Cuando se detecta un estado de inactivo en un canal específico, este canal es eliminado de la siguiente estructura del Circuito Emulado ATM y el ancho de banda de este canal se reutiliza para otros servicios.

El DBCES podrá usar cualquier método de detección de actividad en el canal. La implementación específica y los métodos particulares que utiliza cada proveedor no han sido definidos y varias compañías han adoptado estrategias diferentes.

El mecanismo comúnmente implementado es el monitoreo de los bits A/B (descolgado / colgado) en el canal de señalización asociado y la detección de los códigos ociosos dentro de la carga útil del canal de voz.

El DBCES puede operar en configuraciones de red ATM con PVCs o con SVCs. Los canales de voz activos son transmitidos utilizando el servicio CES estándar.

Las siguientes funciones son realizadas por la función de interworking del CES (CES IWF):

- Servicio de Emulación de Circuitos
- Detección de actividad en el canal
- Determinación Dinámica del tamaño de la estructura AAL1, que se correlaciona con los canales activos en el TDM encontrados y transportados hacia ATM
- Recuperación de los canales activos desde la estructura AAL1 del ATM hacia el TDM, y colocándolos en el canal apropiado en la trama TDM.

- Colocar las señales apropiadas (ejm. ABCD) en cada canal del flujo TDM recuperado

En operación, el sistema asigna ancho de banda suficiente para soportar las funciones DBCES cuando todos los canales se encuentran activos. Cuando algunos de los canales se vuelven inactivos, el sistema dinámicamente detiene la transmisión de los canales inactivos, por lo cual menos celdas son encoladas en el proceso de transmisión.

El sistema de encolamiento en el conmutador puede tomar entonces el ancho de banda no utilizado por la función DBCES y temporalmente asignarlo a otro servicio. Esta capacidad provee ancho de banda para la categoría de servicio UBR durante los tiempos de poca carga de tráfico de voz. Esto incrementa la eficiencia en la utilización de la red.

CAPÍTULO IV

CATEGORÍAS DE SERVICIOS SIN REQUERIMIENTO DE TIEMPO REAL

4.1 LA CATEGORÍA DE SERVICIO ABR

El Servicio de Tasa de Bits Disponible (ABR) permite el transporte de información de manera variable y está diseñado para soportar tráfico de ráfagas. No tiene requerimientos de tiempo real.

La figura 4.1 muestra el tipo de tráfico esperado para este servicio:

Tráfico Esperado para el Servicio ABR

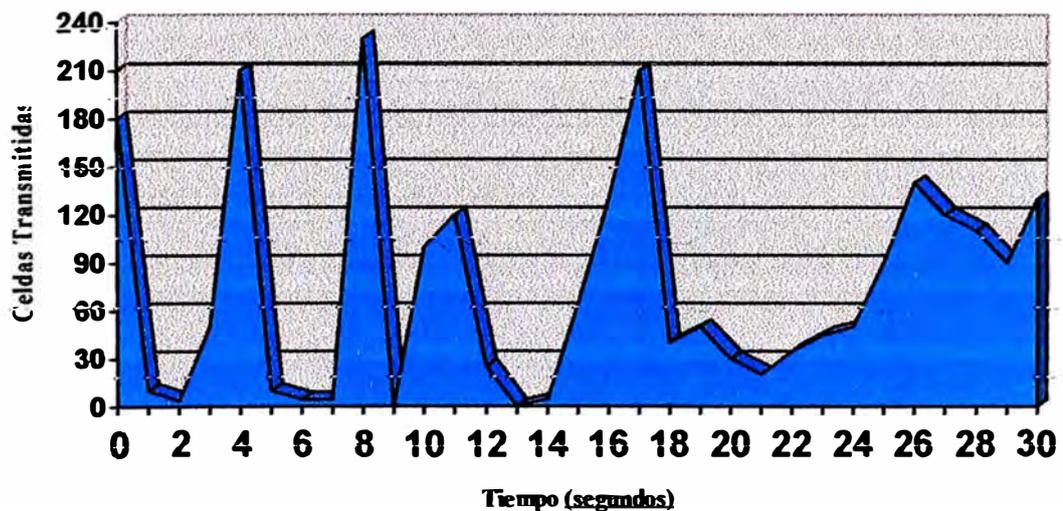


FIGURA 4.1 – Tráfico Característico Esperado en la Categoría de Servicio ABR

De acuerdo al tráfico esperado, este servicio está caracterizado por los siguientes parámetros de tráfico:

PCR. Define la Razón de Celdas Pico Permitida en todo momento, es decir, la fuente tendrá la capacidad de enviar una razón de tráfico igual al PCR constantemente.

MCR. Define la Razón de Celdas Mínima Promedio. El tráfico de la conexión se ajustará a este valor en caso se determine que existe congestión, o en caso no existan recursos de ancho de banda disponible para atender el PCR.

Cuando se establece una conexión con calidad de servicio ABR se debe tener en cuenta lo siguiente:

- Se debe especificar la Razón de Celdas Pico (PCR) que la conexión requiere para el transporte del servicio. La conexión podrá disponer de esta cantidad de ancho de banda en caso existan recursos de red disponibles en el momento que requiera incrementar su velocidad de transferencia hasta el valor PCR.
- Se debe especificar la Razón Mínima de Celdas (MCR) que la conexión requiere. Este valor representa el ancho de banda reservado para la conexión dentro de la red ATM. En caso de congestión, el MCR será el valor máximo de ancho reservado para esta conexión.
- Se debe especificar el tipo de política de control de tráfico que se utilizará.

4.2 LA CATEGORÍA DE SERVICIO NRT-VBR

El servicio de Tasa de Bits Variable en Tiempo No Real (NRT-VBR) permite el transporte de información caracterizada por la generación variable de bits a través del tiempo, pero que no requiere de transmisión en tiempo real.

La figura 4.2 muestra el tráfico esperado para este servicio:

Tráfico Esperado para el Servicio NRT-VBR

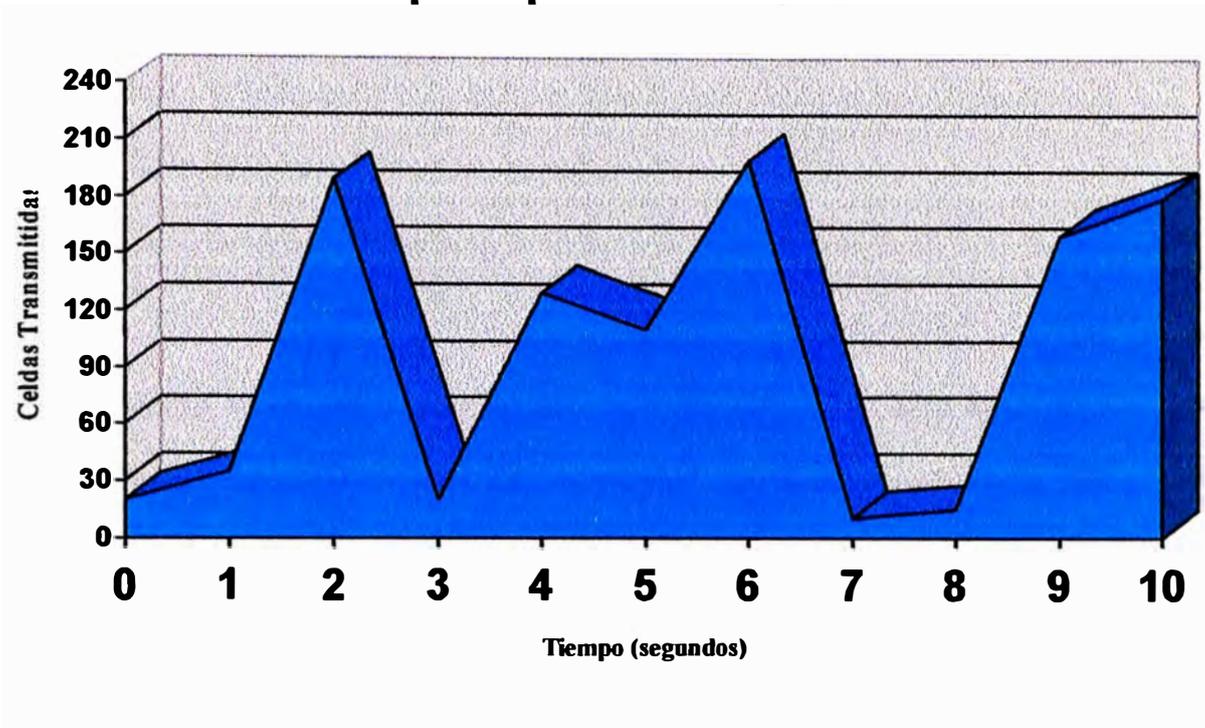


FIGURA 4.2 – Tráfico Característico Esperado en la Categoría de Servicio NRT-VBR

Los parámetros de tráfico del servicio VBR-NRT son los siguientes:

PCR: Define la Razón de Celdas Pico que puede alcanzar el tráfico esperado.

SCR: Define la Razón de Celdas Sostenible.

MBS: Define el Tamaño Máximo de Ráfaga.

Política de Tráfico: De acuerdo a las definiciones de conformidad de este servicio pueden utilizarse hasta tres tipos diferentes de política de control de tráfico. La primera consiste en el chequeo de la conformidad del flujo de celdas $CLP=0+1$, la segunda en el chequeo de la conformidad del flujo de celdas $CLP=0$ sin opción al marcado de celdas, y la tercera en el chequeo de la conformidad del flujo de celdas $CLP=0$ con opción a cambiar el valor del bit CLP a uno.

Cuando se establece una conexión de categoría NRT-VBR se deben especificar los siguientes datos:

- Los valores adecuados PCR, SCR y MBS, que deberán ser definidos de acuerdo al tráfico esperado en la conexión.
- Se debe especificar la Tolerancia a la Variación de Retardo de Celdas (CDVT). Este parámetro permite solicitar a la red ATM determinado esfuerzo en la entrega de las celdas de una conexión específica. El valor del CDVT para conexiones NRT-VBR es menos restrictivo que para conexiones RT-VBR.
- Se debe especificar el tipo de política de control de tráfico que se utilizará.

4.3 REQUERIMIENTOS DE RED

Con respecto a los servicios de Tiempo No Real, los requerimientos de red son menos exigentes. Los requerimientos de red que se deben considerar al respecto son los siguientes:

- Disponibilidad de Red. La Disponibilidad de la red ATM lo más cercana al 100%.
- Disponibilidad de Recursos de Red. Asegurar disponibilidad de recursos sobre la red ATM, tales como, rutas alternas en caso de falla, suficiente ancho de banda disponible en caso de falla,
- Sincronismo. Un sistema de sincronismo de nivel stratum 3 o stratum 4 es suficiente para brindar un servicio de alta calidad en tiempo no real.

- **Variación del Retardo de Celda.** No es requisito mantener bajo este valor. Los servicios de tiempo no real están diseñados para soportar variaciones grandes en el retardo de celda, sin experimentar descarte de celdas.
- **Razón de Pérdida de Celdas.** Se deberán tomar las mismas consideraciones que las mencionadas en el punto 3.3. Asimismo, cabe resaltar que la eliminación o pérdida de celdas tiene un efecto más nocivo en este servicio, debido a que cada celda formará parte de una trama AAL de tipo 5, la cual cuando sea reensamblada en el destino tendrá que ser descartada, lo que produce el consecuente descarte de múltiples celdas ATM. Se debe habilitar el descarte a nivel de trama para evitar este comportamiento nocivo.

Una consideración importante que debe tomarse en cuenta respecto a los servicios que no requieren esfuerzo de tiempo real es el hecho que estas categorías permiten el multiplexado de tráfico sobre un mismo medio de transmisión físico. Esto permite la utilización eficiente de recursos, sin embargo, se debe monitorear de manera continua y permanente la utilización dinámica de los medios físicos utilizados, controlando que los medios físicos no lleguen a sus niveles máximos de tráfico, pues esto implicaría degradaciones en los parámetros de calidad de servicio.

4.4 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

Las siguientes consideraciones deberán tomarse en cuenta en el diseño de una red ATM que sea capaz de soportar servicio de tiempo no real:

- **Disponibilidad de Red.** Las mismas consideraciones mencionadas en el punto 3.3.

- Disponibilidad de Recursos de Red. Las mismas consideraciones mencionadas en el punto 3.3.
- Sincronismo. Asegurar una red de sincronismo de stratum 3 o 4 es suficiente para el funcionamiento correcto de este tipo de servicio. La gran mayoría de conmutadores ATM incluyen referencias de reloj interno de estos niveles.
- Equipos de Acceso. Es necesario disponer de equipos de acceso que puedan realizar un control adecuado del ancho de banda de entrada y salida dentro de la conexión. Como se explicará más adelante (punto 4.6), no es posible brindar mediante ATM ancho de banda constante a las conexiones del servicio de tiempo no real que utilizan capa de adaptación AAL tipo 5. Asimismo los equipos de acceso permitirán realizar el modelado del tráfico de usuario, de tal forma que las celdas lleguen al conmutador ATM de forma mejor distribuida a través del tiempo y se evite encontrar celdas no conformes.

4.5 APLICACIONES

Existen muchas aplicaciones para los servicios de tiempo no real brindados por ATM, entre ellas figuran todas las aplicaciones de redes de Área Local que pueden ser transportadas sobre ATM, en especial las redes basadas en tecnología IP, y todos aquellos protocolos que pueden ser transportados sobre IP.

Asimismo se pueden construir redes de acceso hacia la red Internet basadas utilizando redes basadas en tecnología ATM e IP.

Entre las diversas aplicaciones que pueden implementarse utilizando conexiones de categoría de servicio NRT-VBR y ABR tenemos:

- Procesamiento de transacciones críticas (por ejm. reservaciones de aerolíneas, transacciones bancarias, monitoreo de procesos).
- Frame Relay Interworking.
- Transferencia Interactiva de Texto/Imágenes/Datos. (por ejm. verificación de tarjetas de crédito).
- Mensajería de Texto/Imágenes/Video (por ejm. email, telex, fax).
- Distribución de Texto/Imágenes/Video (por ejm. imágenes satelitales del clima)
- Servicios LAN (por ejm. interconexión o emulación LAN)
- Terminal Remoto (por ejm. telnet)
- Transferencia de Datos Crítica (por ejm. Información de defensa)
- Aplicaciones para Super Computadoras.
- Aplicaciones de Comunicaciones de Datos que requieran un comportamiento de retardo mejor que el UBR, como servicio de archivos distribuido (NFS).

4.6 CASO DE ANÁLISIS: RFC 1483

El servicio de Multiprotocolo sobre ATM utiliza la calidad de servicio VBR-NRT o ABR, cualquiera de los dos sin diferencias sustanciales. Asimismo, utiliza capa de adaptación AAL tipo 5.

Se muestra a continuación un análisis que corresponde a la configuración de enlaces con anchos de banda específicos para este servicio. Se realiza un análisis exhaustivo de cómo se realiza la adaptación del protocolo IP al AAL tipo 5 y se concluye que la única forma de poder brindar un ancho de banda constante a las conexiones que

utilizan este tipo de protocolo es mediante el control del ancho de banda en los equipos de acceso.

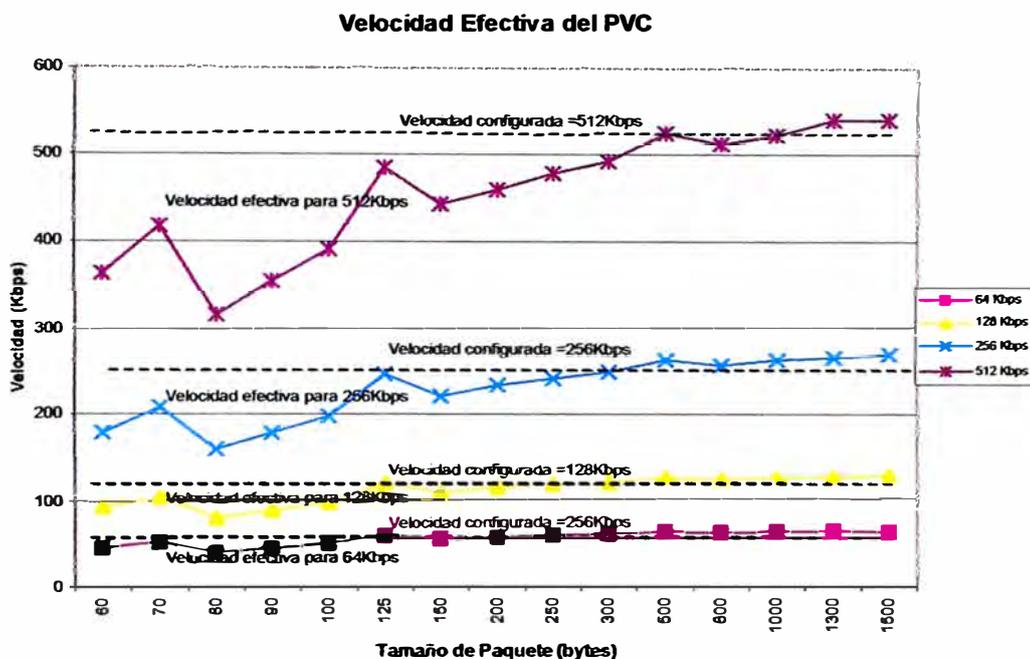


FIGURA 4.3 – Velocidad Efectiva del PVC

Velocidad en el PVC para mantener Velocidad de Datos Constante

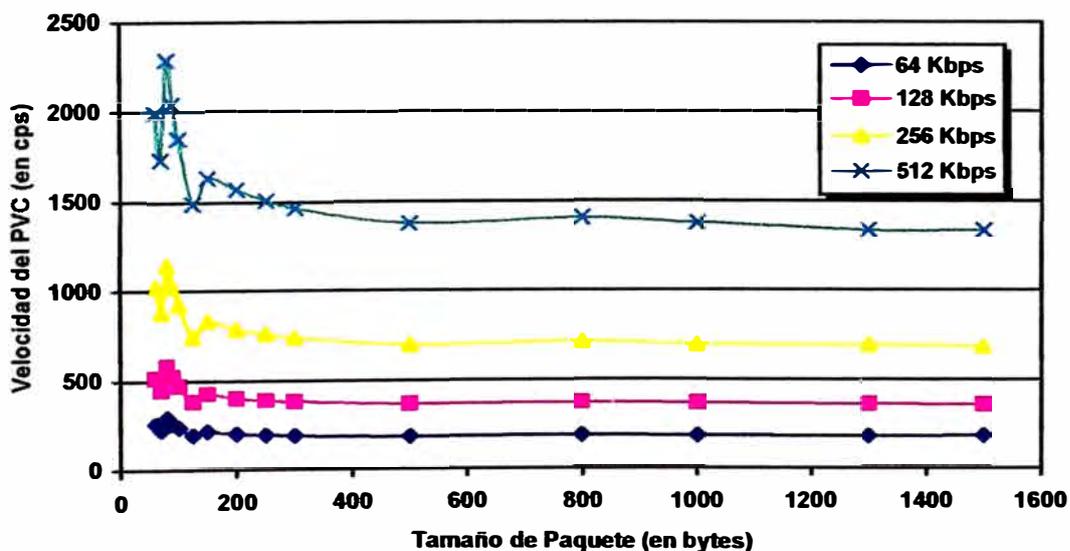


FIGURA 4.4 – Velocidad en el PVC para Velocidad de Datos Constante

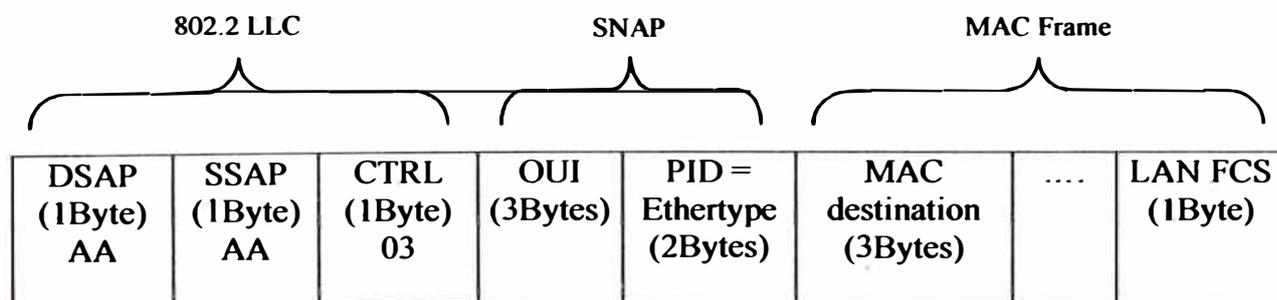
De la figura 4.3 se observa que cuando el paquete transmitido es más grande, la velocidad efectiva tiende al valor de la velocidad configurada, y cuando el tamaño de paquete es pequeño la velocidad efectiva puede llegar hasta el 50% o menos de la velocidad configurada (baja productividad).

En el caso ideal que se quisiera mantener la velocidad efectiva en forma constante, entonces la velocidad configurada debería variar dinámicamente de acuerdo al tamaño de paquete transmitido según muestra la figura 4.4.

Adicionalmente el tráfico real esta formado por un espectro de paquetes de distintos tamaños en proporciones aleatorias en el tiempo, dependiendo de las aplicaciones que corren por la red; este comportamiento acentúa todavía más la no linealidad entre la velocidad configurada y la velocidad efectiva del PVC dejando un rango aleatorio donde puede variar el valor de los parámetros que define la velocidad.

De acuerdo a RFC1483, la adaptación AAL 5 será realizada de la siguiente forma:

La RFC1483 actúa en el equipo de acceso y adiciona al paquete original ethernet, 5Bytes de SNAP y 3 Bytes de LLC resultando el formato CPCS_PDU.



Donde:

DSAP: Destination SAP

SSAP: Source SAP

CTRL: Control

OUI: Indica que tipo de frame es (Ejm. Ethernet, FDI, Token Ring, etc.)

PID: Indica los tipos de servicios que transporta el frame, este coincide con Ethertype.

LAN FCS: Secuencia de revisión de frame

FIGURA 4.5 – Formato del CPCS-PDU

4.6.1 SUBCAPA AAL5

Continuando con el encapsulamiento el frame RFC1483 (CPCS-PDU) pasa por la etapa de adaptación ATM AAL5 donde se le adiciona 8 bytes de trailer y 0-47 bytes de PAD (bytes de relleno sin información) formando el AAL5 format:

CPCS-PDU Payload ($2^{16}-1$ bytes)	PAD (0-47Bytes)	CPCS-UU (1 Byte)	CPI (1 Byte)	Length (2 Bytes).	CRC (4Bytes)
---	--------------------	---------------------	-----------------	----------------------	-----------------

Donde:

PAD: Completa el tamaño del frame con bytes de relleno (sin información) para que sea múltiplo de 48 bytes.

CPCS-UU: Para transmitir información usuario a usuario respecto de la subcapa de convergencia.

CPI: Su uso no esta especificado.

Length: Longitud del Payload

CRC: Código de redundancia ciclica para todo el paquete excepto el mismo campo de CRC.

FIGURA 4.6 – Formato AAL5

Finalmente este nuevo paquete es segmentado en tamaños de 48 bytes en la subcapa SAR.

4.6.2 EFICIENCIA DE ENCAPSULACIÓN ATM AAL5 CON RFC1483

En total la data del usuario es adicionado en 16 bytes fijos y bytes de PAD que varía de 0 a 47. Con estos incrementos la relación entre la velocidad de datos del cliente (velocidad efectiva) y la velocidad configurada del PVC es:

$$Celdas_{seg} = \frac{\left\lceil \frac{x+15}{48} \right\rceil + 1}{x} * \left(\frac{Velocidad_{bps}}{8} \right)$$

x=Tamaño del paquete de usuario
 Velocidad=Velocidad efectiva del cliente
 Celdas= Celdas configuradas en el PVC

La grafica siguiente muestra la velocidad de las celdas trasmitidas:

Velocidad en el PVC para Velocidades de Datos Constante en la conexión Punto a Punto

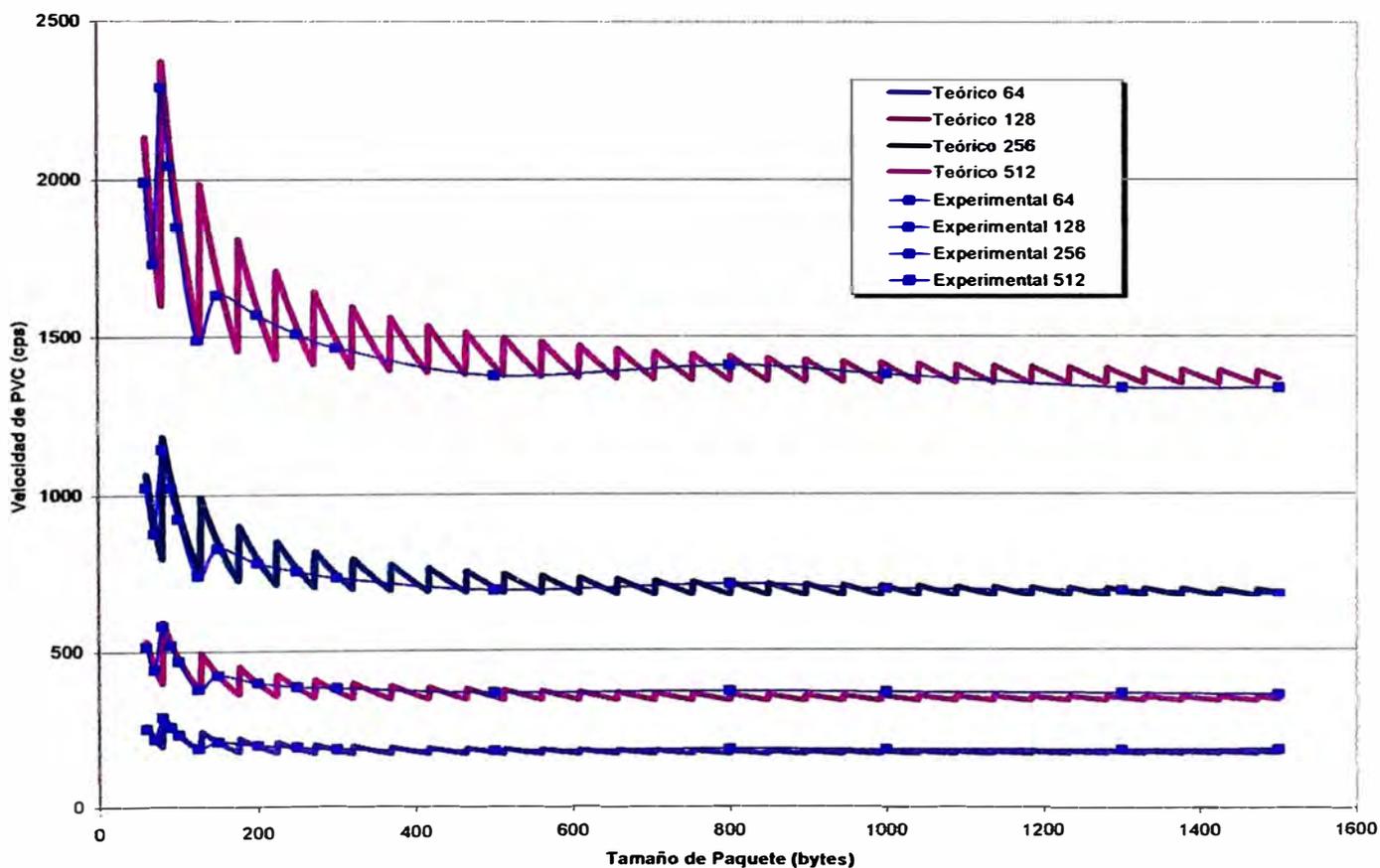


FIGURA 4.7 – Velocidad en el PVC para Velocidades de Datos Constante

$$y = \frac{\left\lceil \frac{x+15}{48} \right\rceil \text{Velocidad}(Kbps)}{8000x}$$

4.6.3 ANÁLISIS DE LA GRÁFICA

- La gráfica es tipo diente de sierra con periodos de 48 bytes.
- La eficiencia en la transmisión depende del rizado y el tamaño del paquete.
- No es posible brindar un ancho de banda constante con los parámetros de tráfico definidos para los servicios ABR o VBR-NRT para la capa de adaptación AAL tipo 5, pues siempre dependerá del tamaño de paquete que reciba la capa de adaptación como carga útil, de ahí que sea necesario controlar el flujo dichos paquetes (velocidad de transferencia) en el equipo de acceso.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De acuerdo a los temas tratados en el presente informe se pueden extraer las siguientes conclusiones:

- Las Redes ATM permiten el transporte de servicios múltiples sobre una misma plataforma, sin embargo, se deben cumplir ciertos requerimientos de sincronismo y ancho de banda, para que los servicios puedan brindarse con la calidad adecuada. Actualmente es la única tecnología confiable, estable y de mayor difusión que ha logrado transportar los servicios de voz, datos y video sobre una sola plataforma con niveles de calidad de servicio óptimos.
- La tecnología ATM permite la utilización eficiente del ancho de banda, y elimina la necesidad de tener diferentes redes para transportar diferentes tipos de servicio.
- La medición de los parámetros de calidad de servicio permite determinar sin ambigüedades la performance de una red ATM cualquiera.
- Los servicios de tiempo real son muy sensibles a la Variación del Retardo de Celda (CDV). Se debe mantener este parámetro en valores mínimos, sino se

experimentarán errores, deslizamientos y pérdida de conectividad en los servicios de voz y video.

- Los servicios de tiempo real y no real son muy sensibles al parámetro de tráfico: Razón de Pérdida de Celdas (CLR). Siempre se debe mantener este parámetro en rangos mínimos, si es posible en cero.
- Los servicios de tiempo real en ATM necesitan de una referencia externa stratum 2 como mínimo y la distribución uniforme de la referencia de reloj hacia todos los conmutadores ATM para asegurar su funcionamiento correcto.
- Es posible la multiplexación de tráfico de diferentes características debido a los parámetros de tráfico definidos así como a los algoritmos de control de tráfico implementados en las redes ATM.
- La medición del CDV permite auditar de manera indirecta la calidad de las señales de sincronismo de una red ATM cualquiera.
- Los servicios soportados por la capa de adaptación tipo 5 en ATM, por sí solos no pueden brindar velocidades de transferencia constantes, pues la naturaleza inherente de este tipo de encapsulamiento depende del tamaño del paquete recibido de los protocolos superiores. Para poder brindar velocidades constantes es necesario que los equipos de borde entreguen dichos paquetes a una velocidad de transferencia de bits constante, es decir, la velocidad será determinada por el equipo de acceso y no por el conmutador ATM.

De acuerdo a las consideraciones expuestas en el presente informe se pueden establecer las siguientes recomendaciones:

- La medición continua de los parámetros de calidad de servicio en una red ATM permite realizar el mantenimiento preventivo de dicha red, anticipando problemas físicos que pudieran impactar en el servicio, como por ejemplo, degradación de los enlaces de fibra entre nodos, o entre los nodos y los equipos de acceso. Para esto es necesario medir periódicamente el CLR y el CER de manera directa (a través de equipos sofisticados de medición) o de manera indirecta (a través de los contadores que los proveedores implementan en los conmutadores ATM).
- El CTD es un parámetro inherente a una red ATM, esto implica que en condiciones normales no debería variar a través del tiempo. Se recomienda realizar la medición del CTD entre los nodos más representativos de la red ATM tratando de cubrir todas las rutas físicas posibles, y llevar un control de mensual de dichos valores. Cualquier cambio drástico debe ser investigado y se debe encontrar su procedencia.
- La medición del CDV también debe realizarse de manera periódica (se recomienda realizar dicha medición a intervalos mensuales de tiempo). Incrementos exagerados del CDV indicarán problemas de sincronismo en la red ATM.
- Se recomienda controlar los contadores de descarte de celda por incumplimiento de contrato en la red ATM. Para esto debe tomarse un universo muestra de conexiones y realizar el muestreo de datos de manera

periódica. En caso se encuentre este tipo de descarte se deberá investigar el origen de los mismos. En general, si existen recursos de red disponibles y si el servicio ha sido correctamente implementado no debería producirse este tipo de descarte.

- Se recomienda realizar mediciones sobre conexiones de prueba configuradas para tal fin, y realizar el chequeo de los parámetros de tráfico de todas las categorías de servicio, para comprobar que los algoritmos de conformidad estén trabajando correctamente y asimismo se constate la calidad de servicio de dichas categorías.

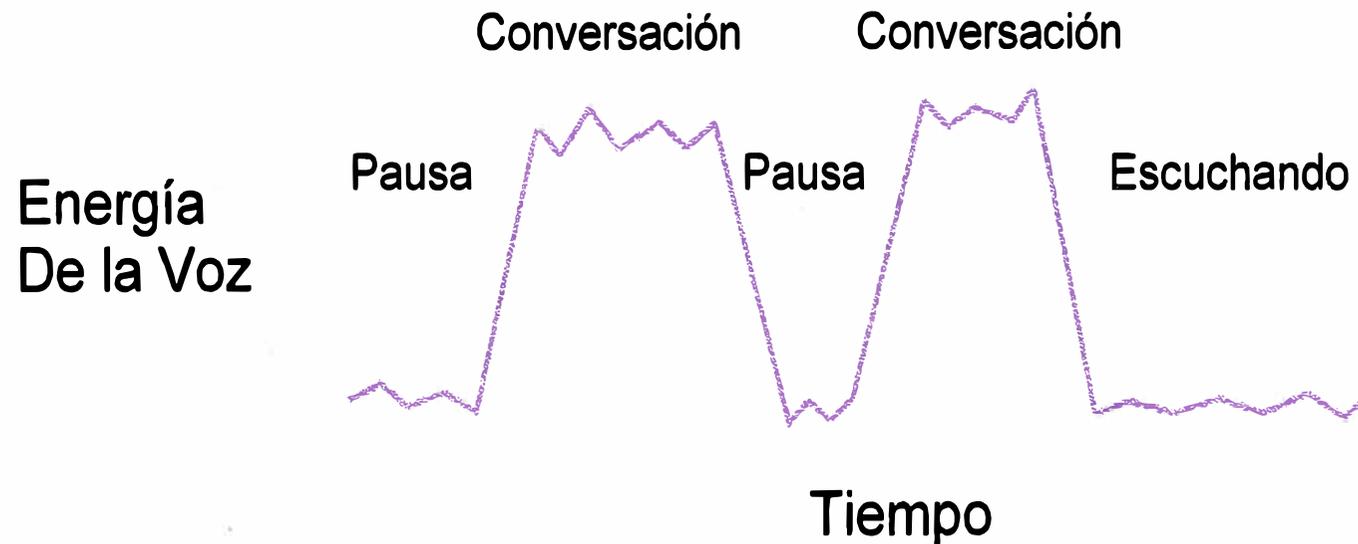
ANEXO:

RESUMEN DIDÁCTICO – “CALIDAD DE SERVICIO EN ATM”

Conceptos de ATM

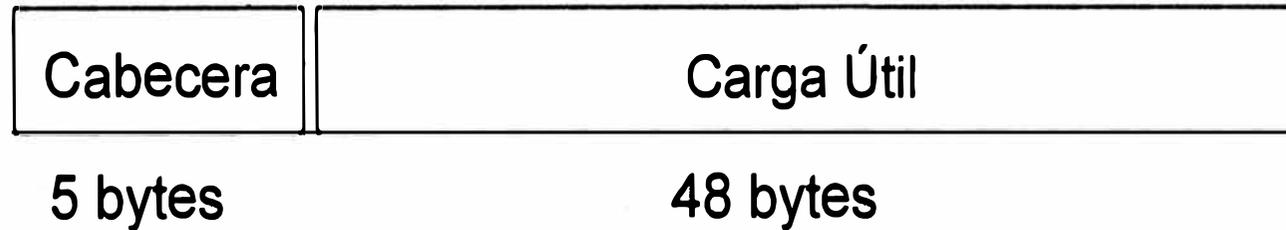
Concepto Fundamental de ATM

Todas las comunicaciones son a ráfagas.



Por lo tanto, una red de conmutación de paquetes de alta performance y velocidad puede transportar todas las señales de comunicaciones.

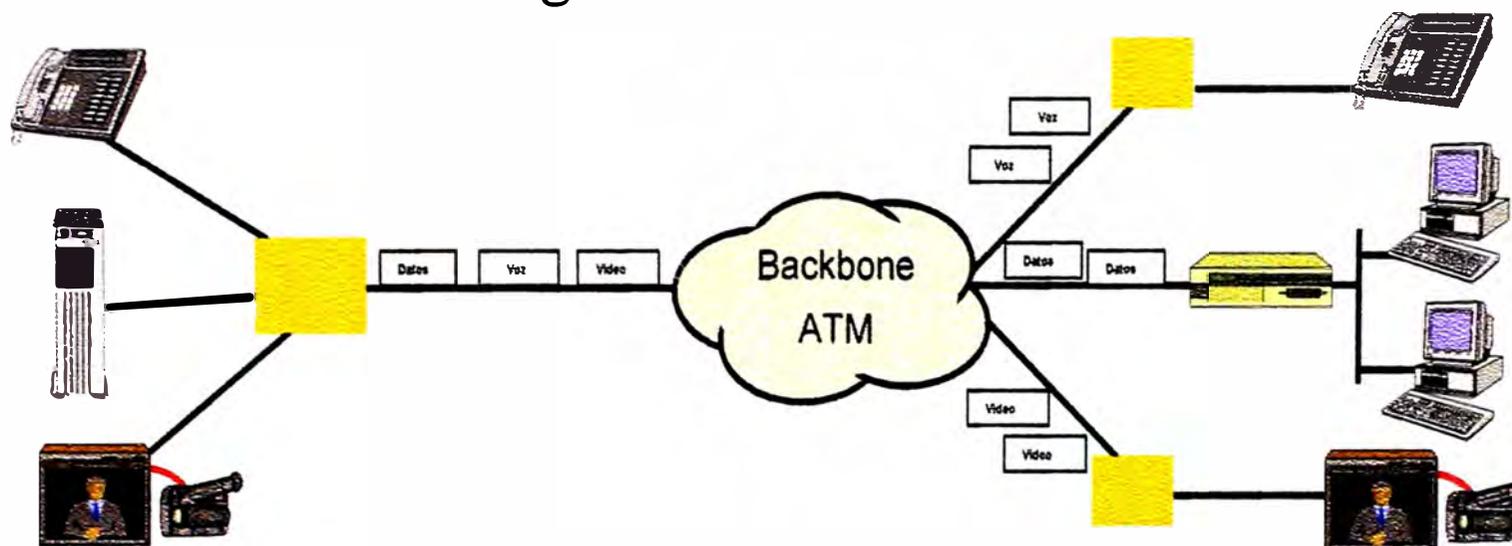
Celda ATM (simplificada)



- La cabecera contiene información que permite a la red enviar la celda a su destino.

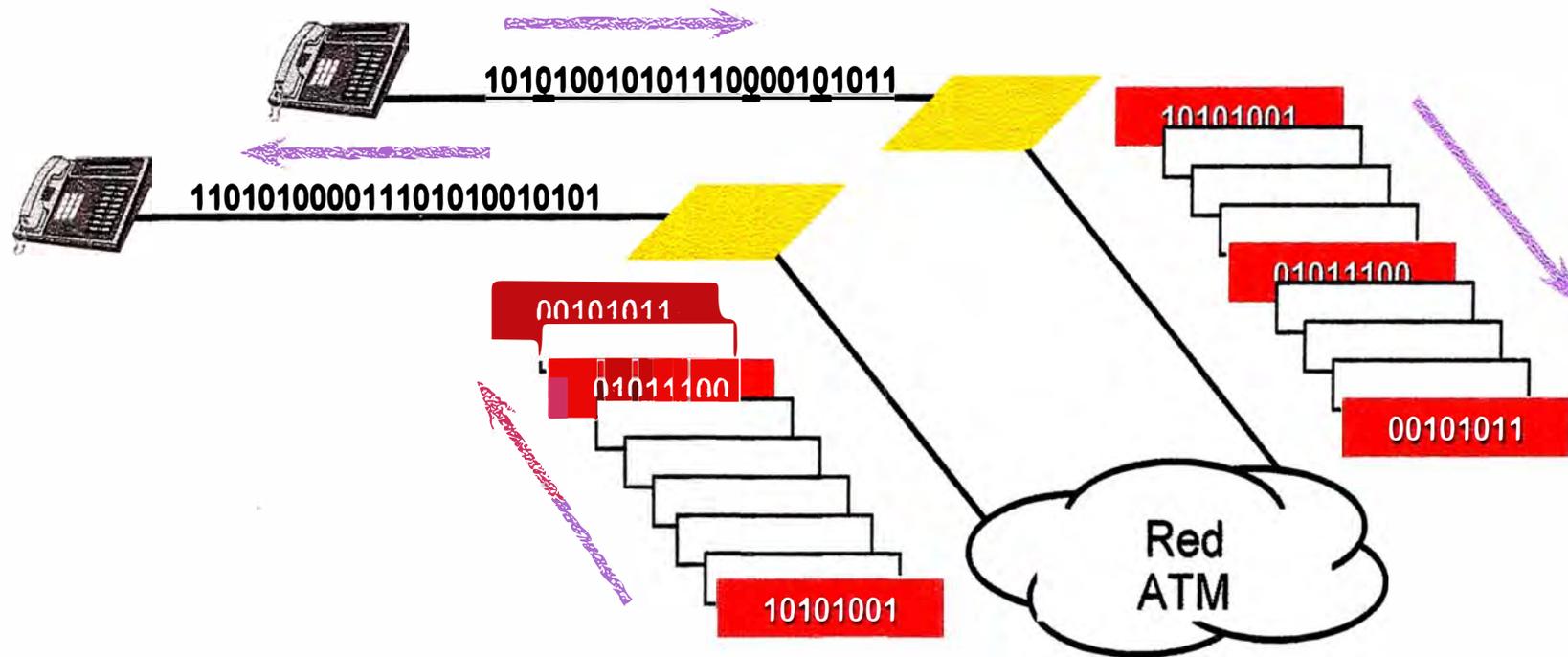
Visión de la tecnología ATM

Red de Servicios Integrados

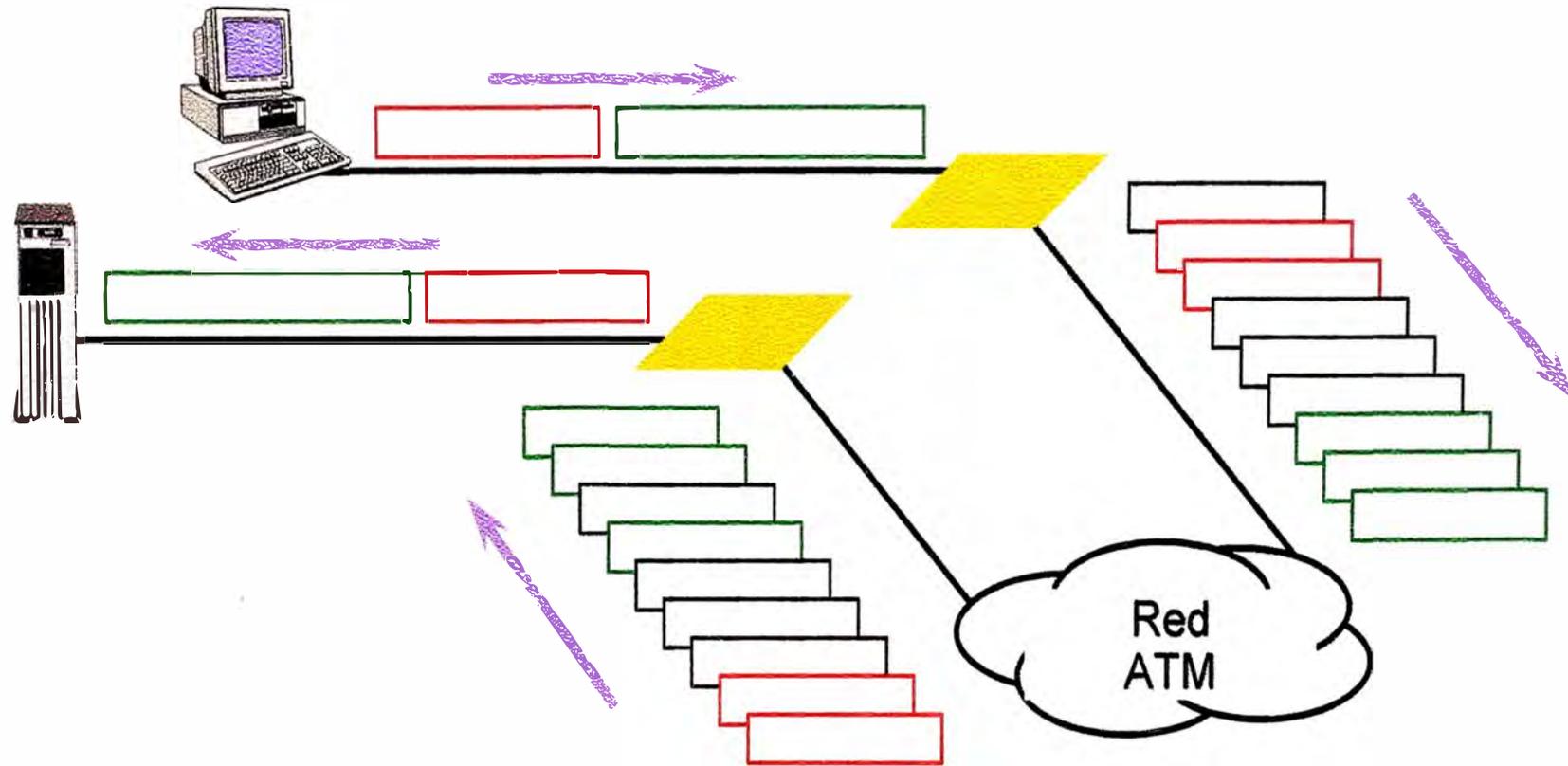


- La red ATM transporta celdas de longitud fija a altas velocidades, bajo retardo y baja variación de retardo.
- Los dispositivos de borde se encargan de ensamblar las celdas para obtener el tráfico original.

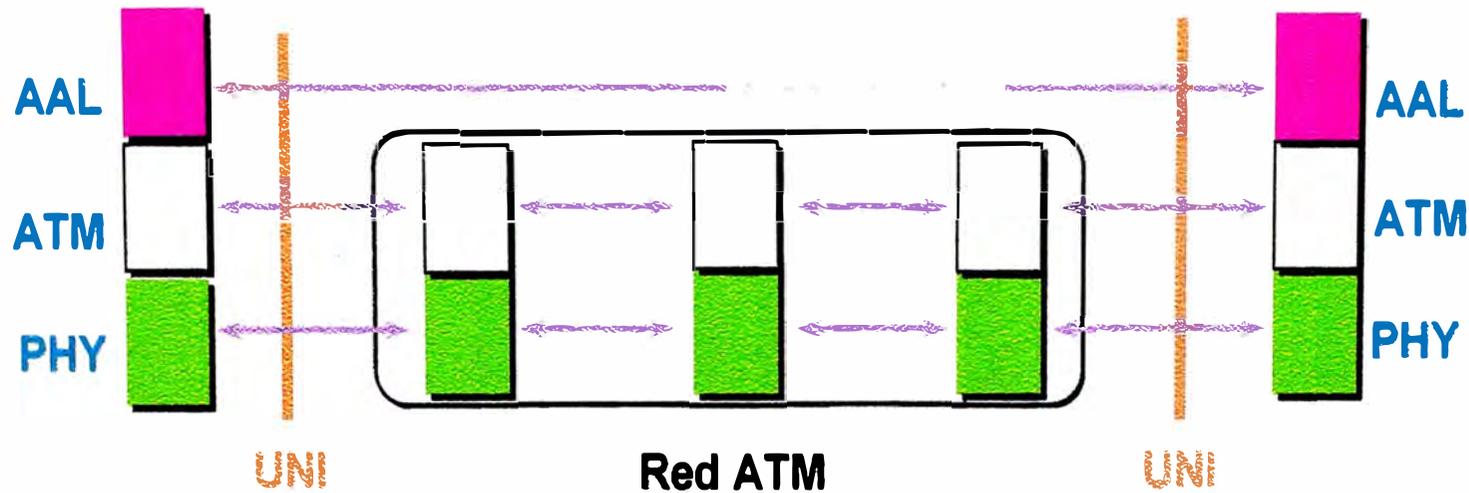
Transportando una Corriente de Bits



Transportando Paquetes de Información



Modelo de Capas



- PHY = Capa Física
- UNI = Interface Red - Usuario
- AAL = Capa de Adaptación ATM.
- Diferentes AAL para diferentes tipos de tráfico (datos, voz, video)

La Capa Física

Capa Física para la Interface UNI (ATM Forum)		
Formato de Trama	Velocidad del Medio	Medio de Transmisión
Flujo de Celdas	25.6 Mb/s / 32 Mbaud	UTP-3
STS-1	51.84 Mb/s	UTP-3
FDDI	100 Mb/s / 125 Mbaud	MMF
STS-3c, STM-1	155.52 Mb/s	UTP-5, STP
STS-3c, STM-1	155.52 Mb/s	SMF, MMF, Par Coaxial
Flujo de Celdas	155.52 Mb/s / 194.4 Mbaud	MMF/STP
STS-3c, STM-1	155.52 Mb/s	UTP-3
STS-12, STM-4	622.08 Mb/s	SMF, MMF
STS-48, STM-16	2,488.32 Mb/s	SMF

SMF-Fibra Monomodo
MMF-Fibra Multimodo

UTP-Par Trenzado No Apantallado
STP-Par Trenzado Apantallado

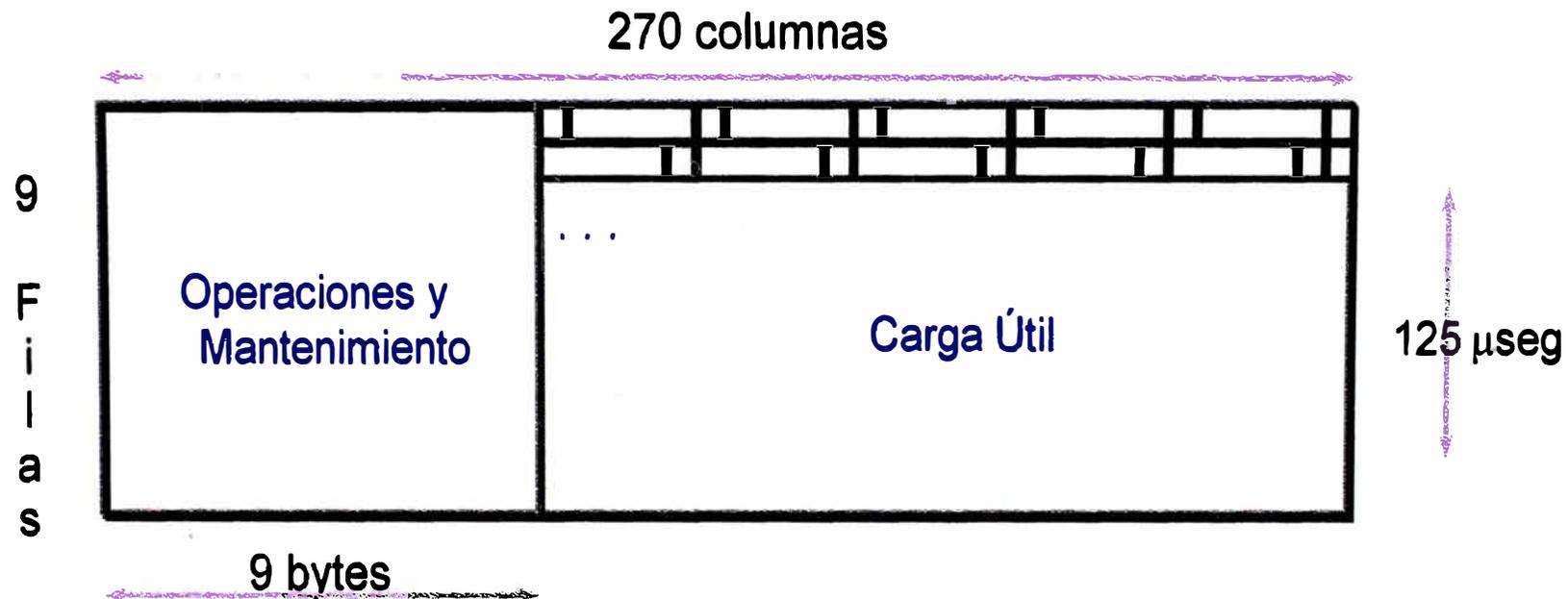
Dos Subcapas

Subcapa de Convergencia de
Transmisión(TC)

Subcapa Dependiente del Medio
Físico(PM)

- PM:
 - Medio físico, código de línea, conectores.
- TC:
 - Delineación de celdas
 - Acoplamiento / Desacoplamiento de la velocidad de celdas.
 - Detección / Corrección de Errores de Cabecera.
 - Aleatorizado de la Carga Útil de una Celda.

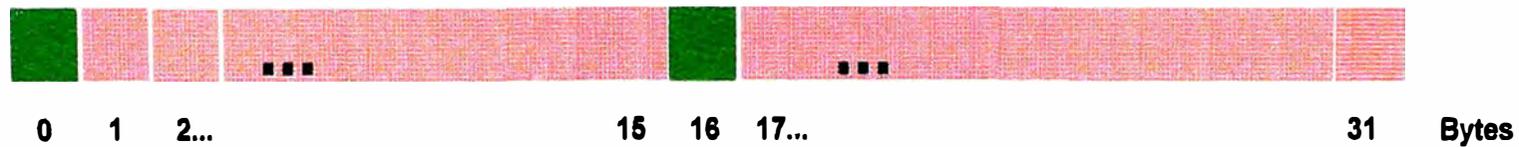
PM: 155 Mbps, SONET STS-3c/SDH STM-1



- $9 \times 260 \times 8 / 125 \text{ mseg} = 149.76 \text{ Mbps de carga útil.}$

TC: 2.048 Mbps E1

32 Bytes/125 μ s



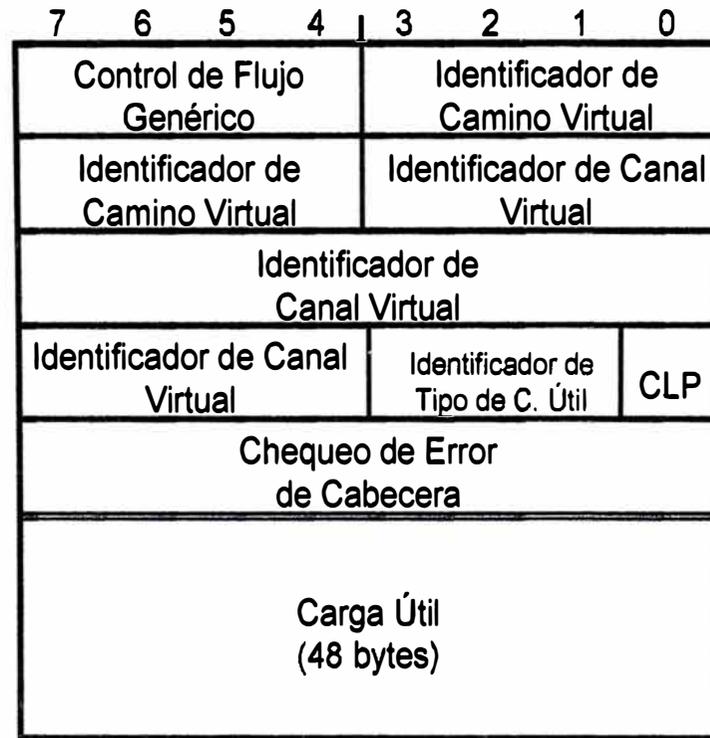
Bytes de Cabecera de Trama



Bytes para el transporte de celdas

- $32 \times 8 / 125 \text{ms} = 2.048 \text{ Mbps}$.
- Se utiliza delineamiento de celdas por detección de HEC.

La Capa ATM: Celdas ATM



5 Bytes

48 Bytes

CLP = Prioridad de Pérdida de Celdas

Conexiones Virtuales

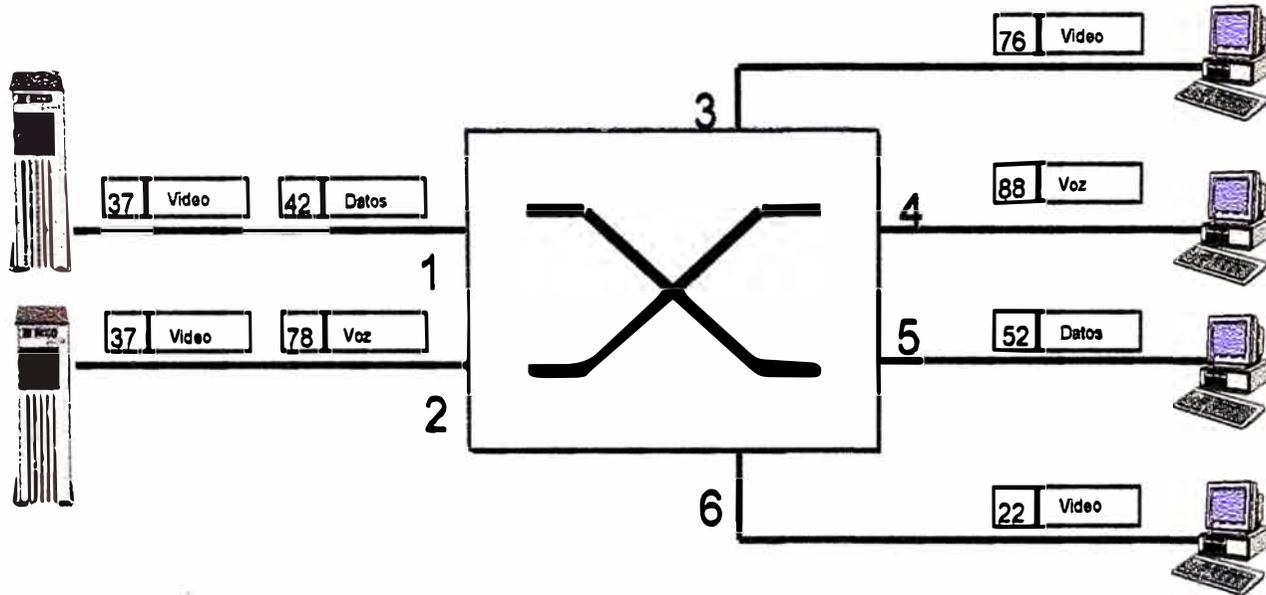
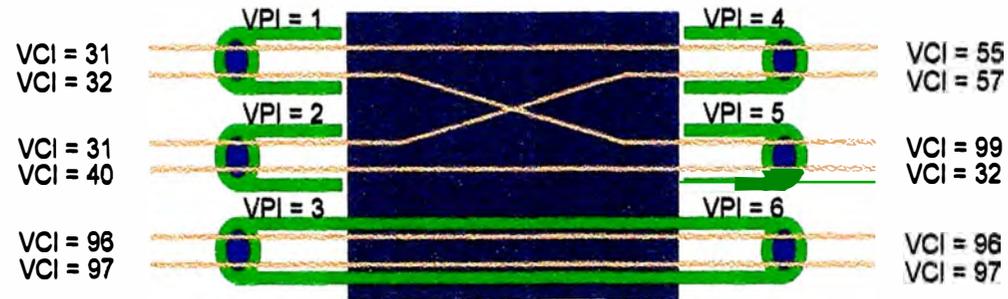


Tabla de Conexiones

	Puerto	VPI/VC1	Puerto	VPI/VC1
	1	0/37	3	0/76
	1	0/42	5	0/52
	2	0/37	6	0/22
	2	0/78	4	0/88

Caminos Virtuales y Canales Virtuales

Red o Conmutador ATM



- Grupos de Canales Virtuales son conmutados mediante Caminos Virtuales

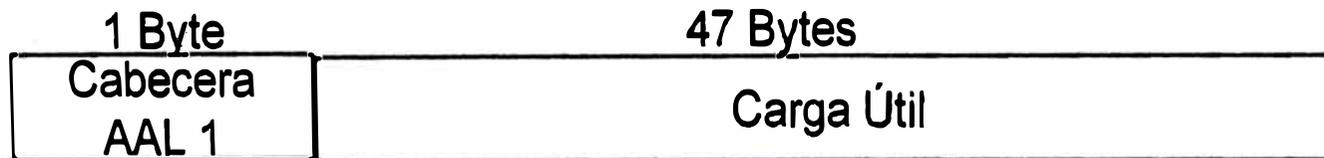
Prioridad de Pérdida de Celda (CLP)

- Las celdas con el bit igual a “1” deberán ser descartadas antes que aquellas que tengan el bit igual a “0”.
- Puede ser colocado por el terminal transmisor.
- Puede ser colocado y cambiado por los conmutadores ATM para el control interno de congestión
 - Canales/Caminos Virtuales con bajo QoS.
 - Celdas que violaron el contrato de tráfico.
- Clave para el Manejo de Tráfico en la Red ATM.

Identificador de Tipo de Carga Útil

- Bit 3: Utilizado para distinguir las celdas de usuario de las celdas de operación, administración y mantenimiento de red.
- Bit 2: Utilizado para indicar congestión en las celdas de usuario (Bit 3 = 0)
 - Colocado por los conmutadores
 - Comportamiento de fuente y destino definido por el mecanismo de control de flujo de las conexiones ABR.
- Bit 1: Transportado de forma transparente por las celdas de usuario.

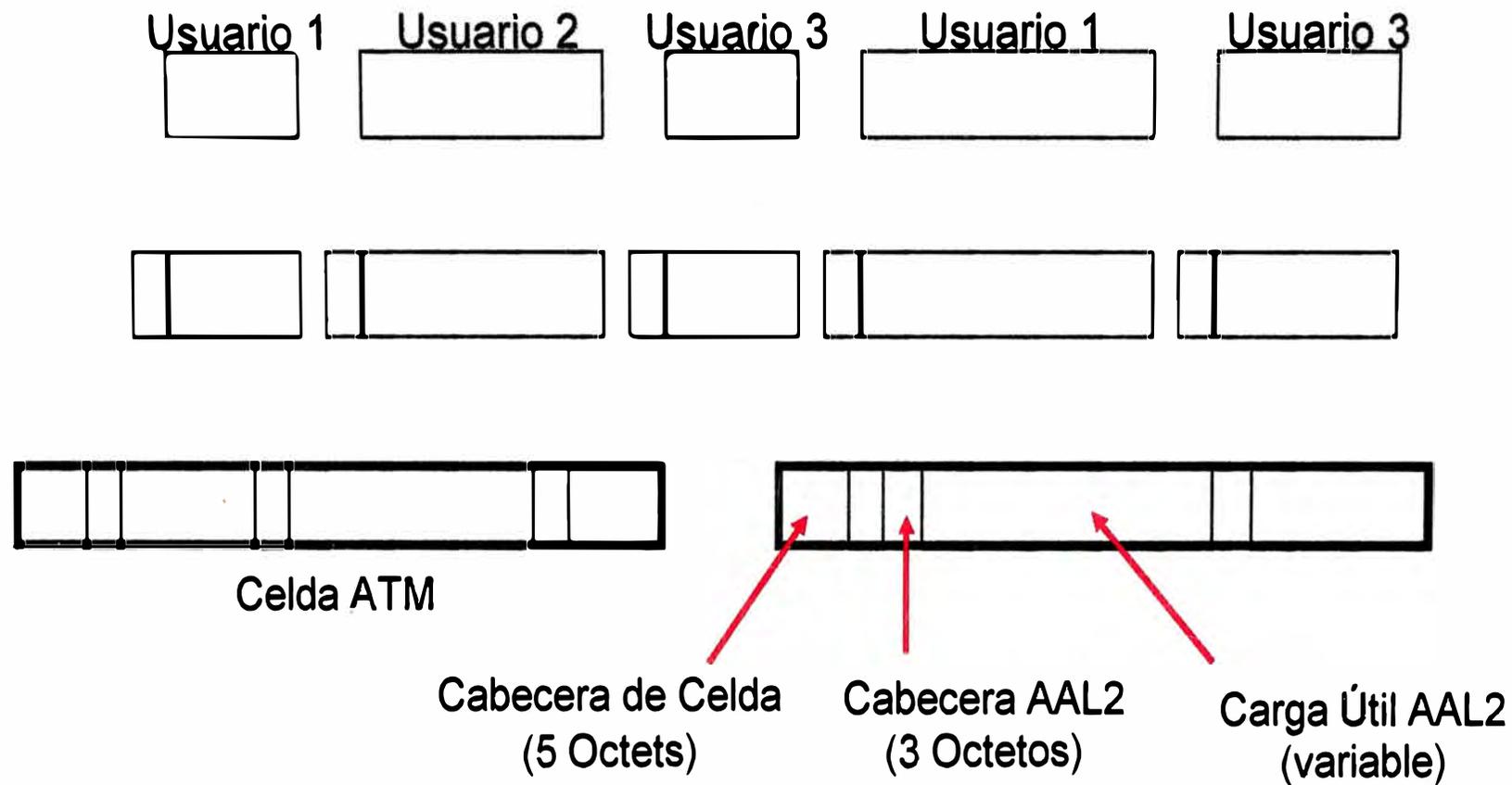
La Capa AAL: AAL1



- Las funciones de la cabecera incluyen:
 - Detección de pérdida de celdas
 - Alineamiento de Byte
 - Permite emulación de circuitos
 - Marcas de tiempo
 - Utilizado para recuperación del reloj extremo a extremo.

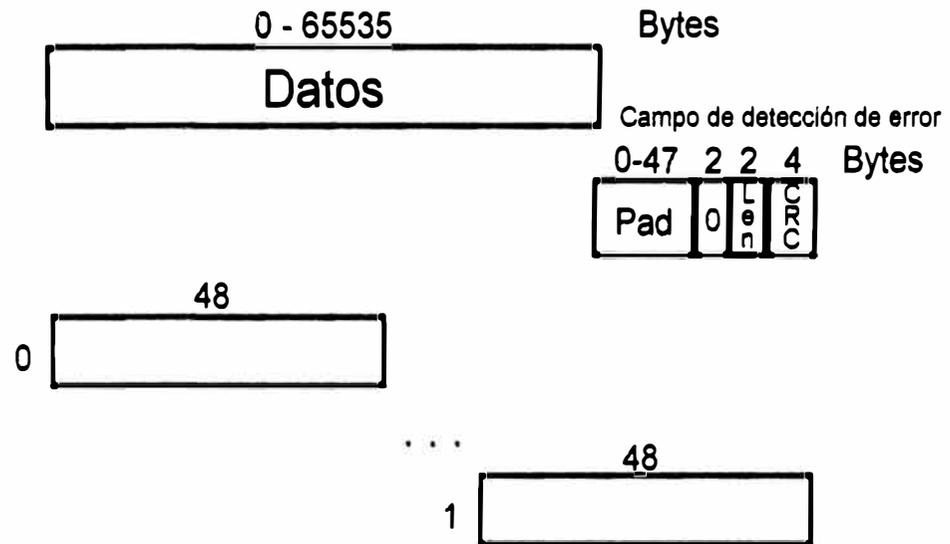
La Capa AAL: AAL2

- Carga Útil para reducir el retardo por paquetización



La Capa AAL: AAL5

- 48 Bytes de datos por cada celda
- Usa el bit PTI Bit para indicar la última celda
- Tamaño Variable de paquetes. Cálculo del CRC por c/paquete de datos.



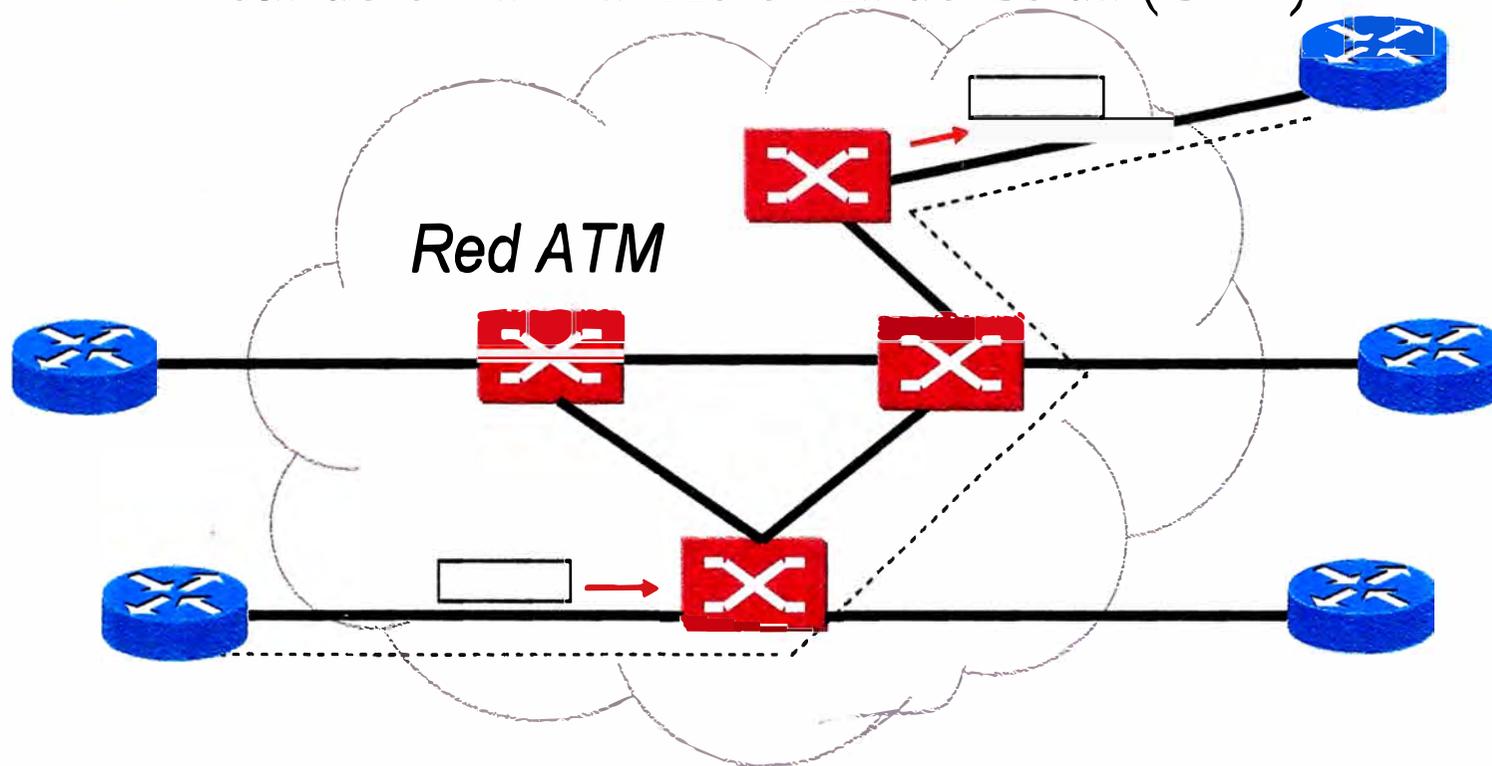
Parámetros de QoS y Contrato de Tráfico

Aplicaciones en la Red ATM Objetivos

- Todo el tráfico transportado mediante los mismos elementos de Red.
- Optimización del Uso de los Recursos de Red.
- Permite definir requerimientos estrictos de QoS para cada aplicación específica.
- Proteger a la red y los usuarios de la congestión y alcanzar los objetivos de performance de la red.

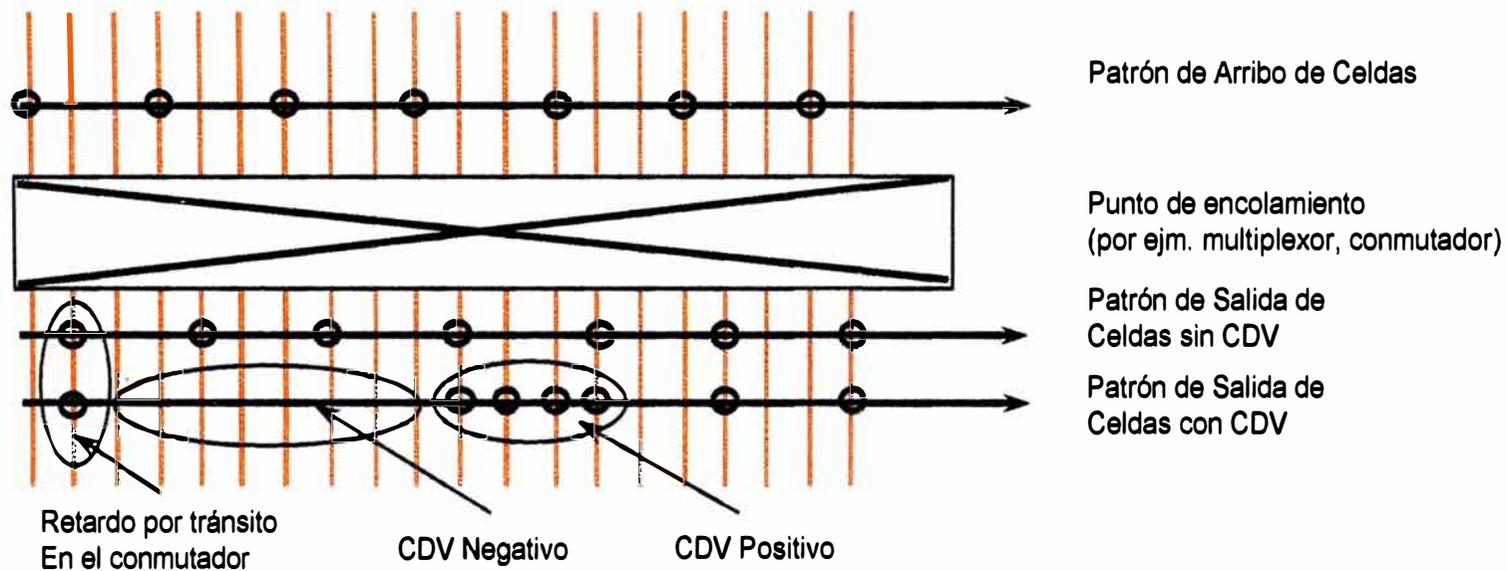
Parámetros de Calidad de Servicio

- Retardo en la Transferencia de Celda (CTD)



Parámetros de Calidad de Servicio

- Variación en el Retardo de Transferencia de Celdas (CDV)



Parámetros de Calidad de Servicio

- Razón de Celdas Perdidas (CLR)
- Razón de Celdas Erradas (CER)
- Razón de Bloques Severamente Errados (SECBR)
- Razón de Celdas Insertadas Incorrectamente (CMR)

Objetivos de QoS para Redes ATM (ITU – T I.356)

	Naturaleza del objetivo de calidad de la red	Objetivo por defecto	Clases de QOS			
			Clase 1 (clase exigente)	Clase 2 (clase tolerante)	Clase 3 (clase binivel)	Clase U
CTD	Límite superior del valor medio del CTD	Ninguno	400 mseg	U	U	U
CDV 2-pt.	Límite superior de la diferencia entre los cuantiles sup. e inf. de 10^{-8} del CTD	Ninguno	3 mseg	U	U	U
CLR₀₊₁	Límite sup. de probabilidad de pérdida de celdas	Ninguno	3×10^{-7}	10^{-5}	U	U
CLR₀	Límite sup. de probabilidad de pérdida de celdas	Ninguno	Ninguno	Ninguno	10^{-5}	U
CER	Límite sup. de probabilidad de errores de celdas	4×10^{-6} (nota 1)	Por defecto	Por defecto	Por defecto	U
CMR	Límite superior del valor medio de la CMR	1/día	Por defecto	Por defecto	Por defecto	U
SECB R	Límite superior de la probabilidad de SECB	10^{-4}	Por defecto	Por defecto	Por defecto	U

Contrato de Tráfico

 El Contrato de Tráfico de una conexión incluye:

-  Categoría de Servicio
-  Descriptores de Tráfico
-  Requerimiento de QoS
-  Definición de Conformidad
-  Definición de cumplimiento de una conexión

Contrato de Tráfico

Categorías de Servicio

		<u>Ejemplo</u>
■ CBR	Tasa de Bits Constante	- voz
■ rt-VBR	Tasa de Bits Variable en Tiempo Real	- video
■ nrt-VBR	Tasa de Bits Variable sin requerimiento de Tiempo Real	- <i>frame relay</i>
■ ABR	Tasa de Bits Disponible	- datos
■ UBR	Tasa de Bits No Especificada	- datos

Contrato de Tráfico

Descriptores de Tráfico – Req. de QoS

- Garantía de Tasa de Bits (Velocidad)
 - En el PCR, SCR y MCR
- Garantía de Retardo
 - En el Retardo de Transferencia de Celda - CTD
 - En la Variación del Retardo de Transferencia de Celda - CDV
- Garantía de Pérdida de Celdas
 - En la Razón de Celdas Perdidas - CLR (Celdas Perdidas/Total de Celdas)

Contrato de Tráfico

Descriptores de Tráfico

- CBR
 - Razón de Celdas Pico (PCR)
- VBR
 - Razón de Celdas Sostenible (SCR)
 - Razón de Celdas Pico (PCR)
 - Máximo Tamaño de Ráfaga (MBS)
- ABR
 - Razón de Celdas Mínima(MCR)
 - Razón de Celdas Permitido (ACR)
 - Razón de Celdas Pico (PCR)
- UBR
 - Razón de Celdas Pico (PCR) no garantizado

Contrato de Tráfico

Requerimientos de QoS

- CBR Retardo de Celda (CTD) y Variación del Retardo de Celda (CDV)
- rt-VBR Retardo de Celda (CTD) y Variación del Retardo de Celda (CDV)
- nrt-VBR Sin Garantías
- ABR Sin Garantías
- UBR Sin Garantías

Contrato de Tráfico

Requerimientos de QoS

- CBR Razón de Pérdida de Celdas (CLR)
- VBR Razón de Pérdida de Celdas (CLR)
- ABR Razón de Pérdida de Celdas (CLR) –
Especificada en la Red
- UBR Sin Garantías

Contrato de Tráfico

Definición de Conformidad

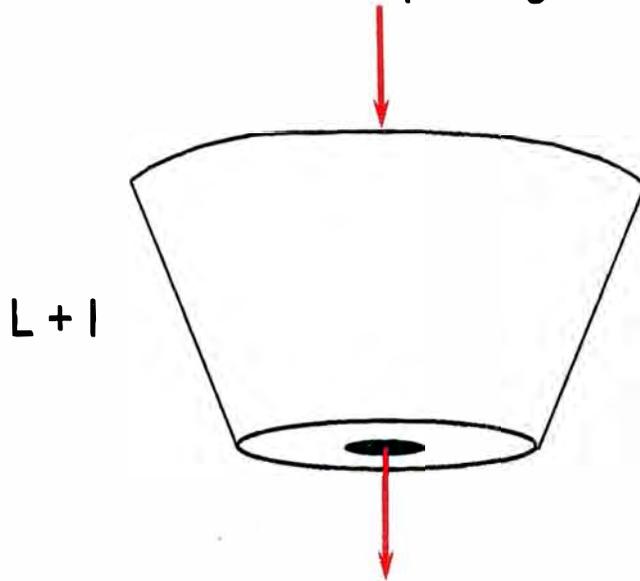
- Las garantías son válidas solo si el tráfico es conforme al Contrato de Tráfico Negociado
- Para CBR, VBR y UBR, la conformidad está definida por el Algoritmo de Mercado de Celdas Virtual (GCRA).
- Para ABR, la conformidad está definida por el comportamiento de la fuente y el destino.
- Ejemplos de Causas de No Conformidad:
 - Tasa de Bits Excesiva
 - Ráfaga excesiva de celdas
- Celdas no conformes serán descartadas o, cuando este permitido serán marcadas con $CLP=1$ para denotarlas como celdas de baja prioridad.

Algoritmo de Control de Velocidad

- El GCRA es un Algoritmo de Goteo Continuo. Por cada celda que arriba, el GCRA chequea que sea conforme con la tasa de bits acordada en el contrato.
- El GCRA tiene dos parámetros:
 - I es el incremento por unidad de tiempo.
 - L es el límite o capacidad.
- Cuando se chequea la conformidad con GCRA:
 - I es el recíproco de la velocidad (tasa de bits)
 - L es la tolerancia.

Algoritmo de Control de Velocidad

Se incrementa "I" por cada celda que llega

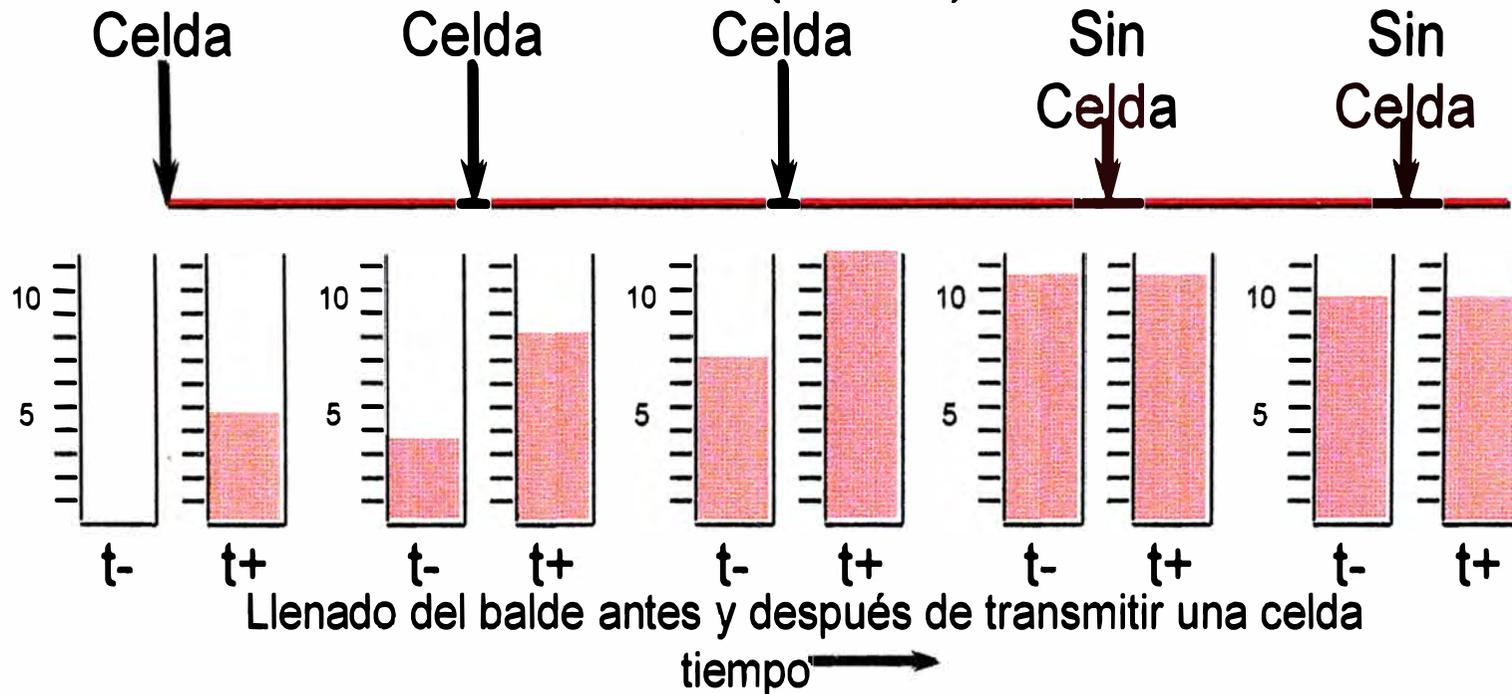


Una unidad gotea del balde por cada unidad de tiempo

- Para una secuencia de tiempos de llegada de celda, $\{t_k\}$, el GCRA determina cuales celdas son conformes al contrato de tráfico.
- Un esquema de contadores basado en dos parámetros se utiliza, denotado por $GCRA(I,L)$
 - Parámetro de Incremento: I
 - Define el espaciamiento mínimo.
 - Parámetro de Límite: L
 - Permite ráfagas de celdas y el CDV
- “Goteo Continuo del balde”
 - Una celda que causaría que el balde se rebalse es una celda “no conforme”.

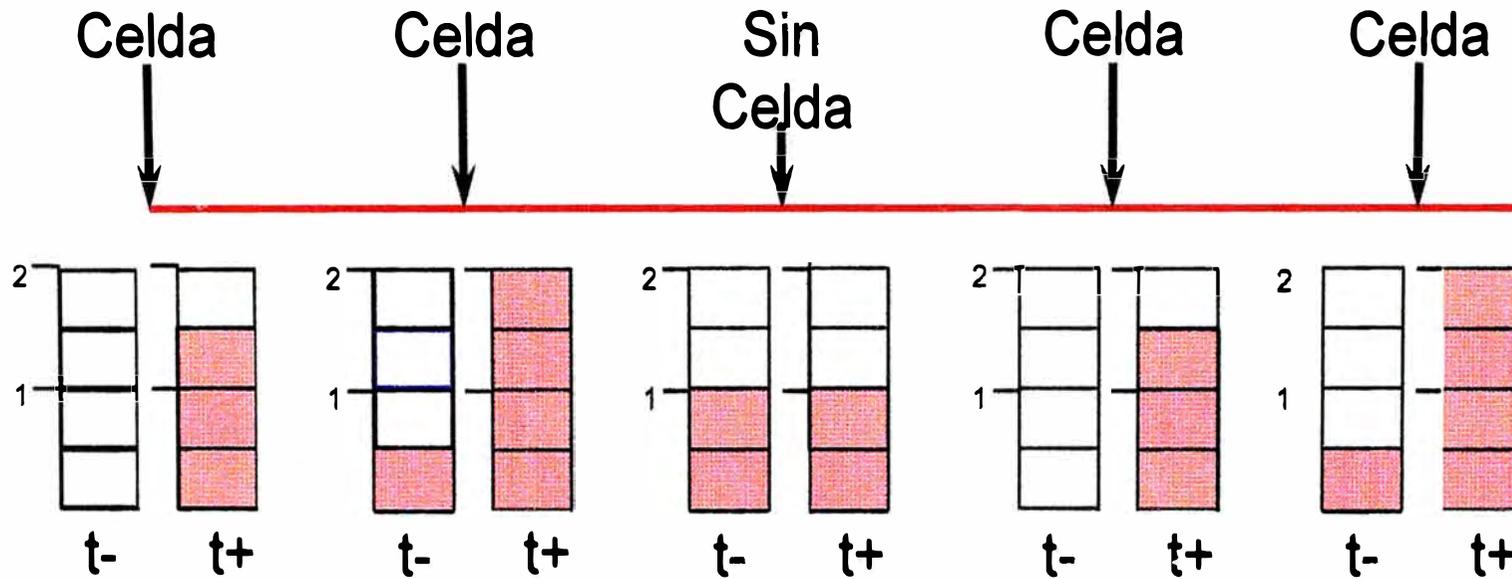
Tráfico a Ráfagas

GCRA(4.5, 7)



Tráfico Constante

GCRA(1.5, 0.5)



Llenado del balde antes y después de transmitir una celda

tiempo \longrightarrow

ALGORITMO DE CONTROL DE VELOCIDAD

El Algoritmo de Control de Velocidad (GCRA) o Algoritmo de Velocidad de Celdas Genérico o Algoritmo de Goteo del Balde de Agua permite el marcado virtual de las celdas, y permite determinar la conformidad o no conformidad de una celda recibida, utilizando dos parámetros predefinidos: el Incremento (I) y el Límite (L).

En el modelo de Goteo del Balde de Agua, se asume un balde cuya altura máxima es “L + I”, además se tienen las dos condiciones siguientes que regulan el funcionamiento del modelo:

- Por cada celda recibida y posteriormente transmitida se incrementa la altura de llenado del balde en “I”.
- Por cada unidad de tiempo transcurrida se disminuye la altura de llenado del balde en una unidad “1”.

El resultado del modelo indica que si se “rebalsó” el balde (es decir, la altura de llenado fue mayor a la altura máxima), la celda que produce el exceso deberá ser marcada, descartada o declarada no conforme, dependiendo de la política de tráfico elegida para la conexión.

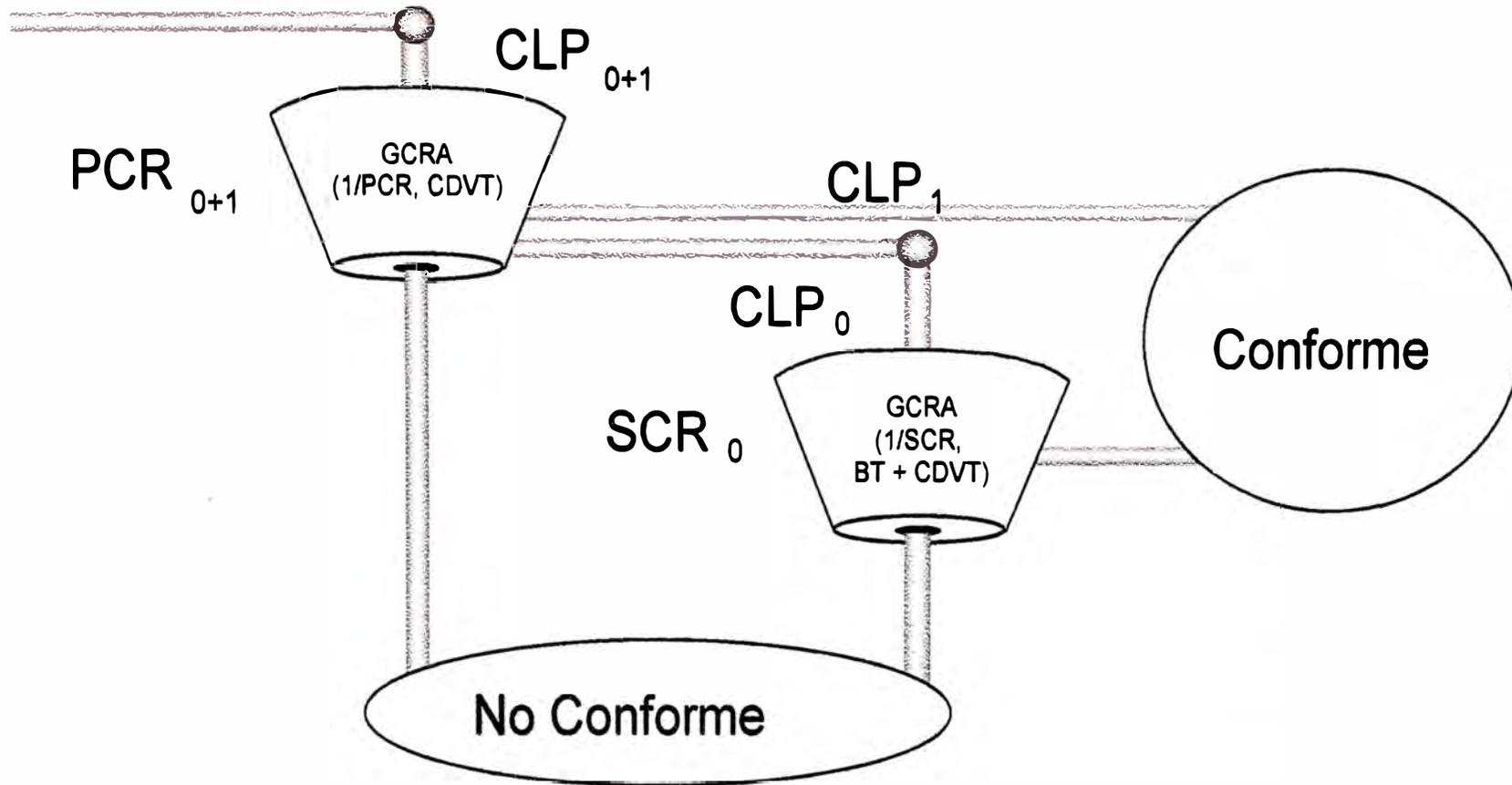
La notación de este algoritmo es GCRA(I,L) y se han presentado dos casos para ilustrar su funcionamiento, el primero que corresponde a un tráfico a ráfagas esperado y el segundo que corresponde a un tráfico constante esperado.

Para el primer caso se ha definido el algoritmo como GCRA(4.5 , 7) y se observa que pueden llegar hasta tres celdas consecutivas que producirán el llenado completo (altura máxima igual a $4.5+7 = 11.5$) del balde sin llegar a sobrepasar la altura

máxima, sin embargo se deberán esperar hasta cinco unidades de tiempo consecutivas para recibir la celda siguiente.

Para el segundo caso se ha definido el algoritmo como GCRA(1.5, 0.5) y se observa que en promedio se pueden recibir dos celdas por cada tres unidades de tiempo, sin embargo este algoritmo no permite recibir tres celdas consecutivas, pues la tercera siempre provocará el rebalse del balde.

Ejemplo de Definición de Conformidad



Contrato de Tráfico

Definición de Conformidad

- Pruebas de Conformidad
- Políticas Típicas en la Red
 - CBR
 - Debe ser conforme al GCRA (1/PCR, CDVT)
 - VBR
 - Debe ser conforme a ambos en simultáneo:
 - GCRA (1/PCR, CDVT)
 - GCRA (1/SCR, CDVT+BT)
 - ABR
 - Debe ser conforme al DGCRA (1/ACR, t) donde:
 - ACR es una velocidad especificada por la red (PCR>ACR>MCR)
 - t es una tolerancia de ráfaga dinámicamente variable
 - UBR
 - Si UBR debe ser conforme al GCRA (1/PCR, CDVT) depende de la red

***CDVT es la Tolerancia a la Variación de Retardo de Celda
Y está especificada en la red ATM.
BT es la Tolerancia de Ráfaga para el SCR.***

Contrato de Tráfico

Resumen de las Def. de Conformidad

Definición de Conformidad	Flujo PCR	Flujo SCR	Opción de Mercado Activa	MCR	CLR sobre ..
CBR.1	0+1	ne	n/a	ne	0+1
VBR.1	0+1	0+1	n/a	ne	0+1
VBR.2	0+1	0	No	ne	0
VBR.3	0+1	0	Si	ne	0
ABR	0	ne	n/a	Si	0
UBR.1	0+1	ne	No	ne	ne
UBR.2	0+1	ne	Si	ne	ne

Contrato de Tráfico

Definición de Cumplimiento

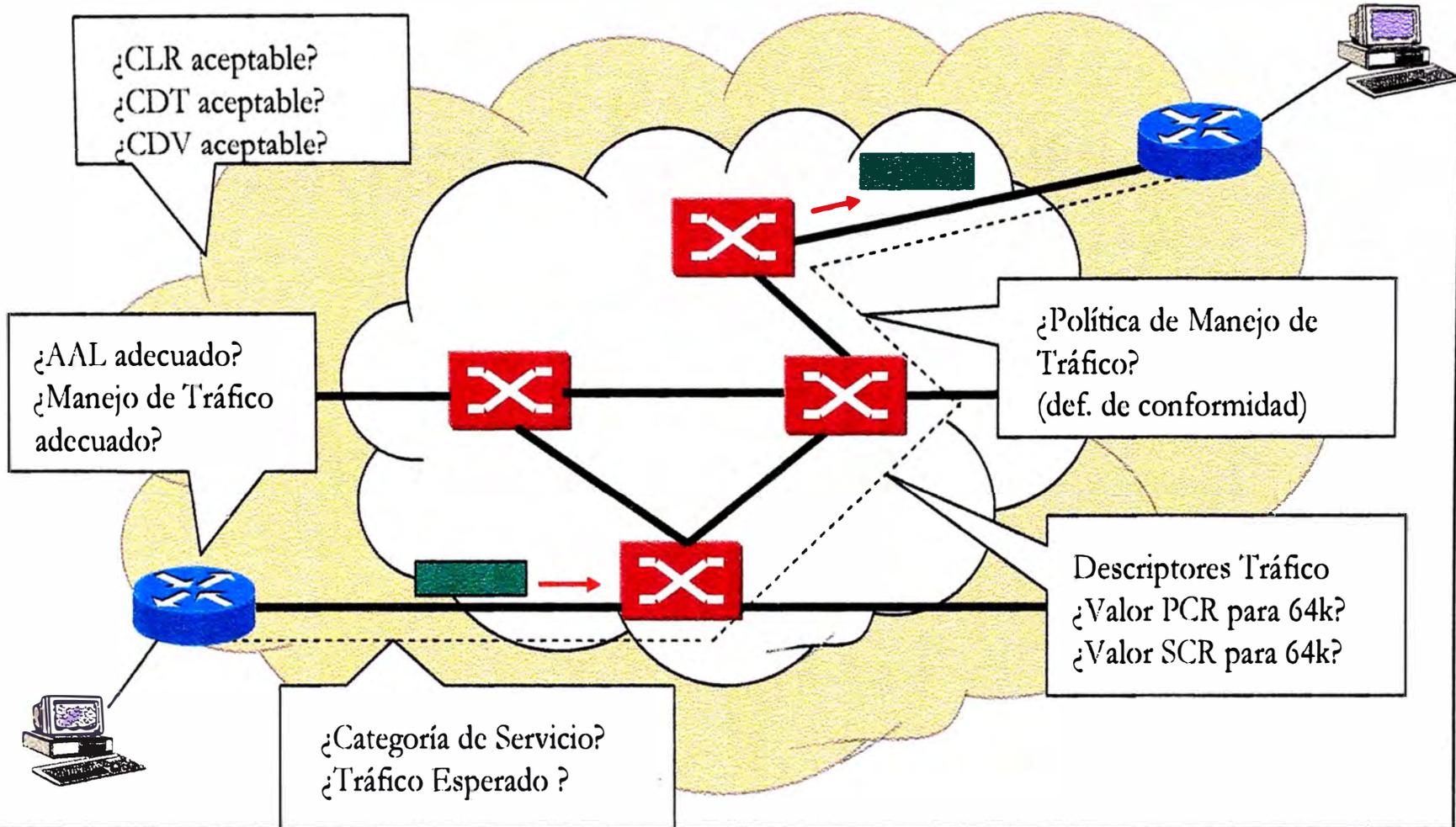
- *Conformidad* es un atributo de la celda
- *Cumplimiento* es un atributo de la conexión
- El QoS está garantizado para todas las celdas “conformes” de una conexión.
- Una conexión “cumple” el contrato cuando el número de celdas no conformes es menor que el umbral determinado por el operador.
- Este umbral se especifica en el contrato de tráfico establecido por el operador.

Servicios Sobre ATM

Requisitos para las Conexiones Virtuales

- Elección de la Categoría de Servicio de las conexiones virtuales ATM que servirán para transportar el servicio específico a implementar.
- Determinación del Valor de los Descriptores de Tráfico para las velocidades que el servicio proyecta brindar.
- Verificar que la Red ATM cumple los Requerimientos de QoS del servicio que se desea implementar.
- Verificar que los equipos de borde permiten la utilización de las capas AAL adecuadas para el servicio a implementar.
- Elección correcta de la Política de Tráfico (definición de conformidad a utilizar).

Requisitos para las Conexiones Virtuales



Servicios de Tiempo Real Sobre ATM

Conexiones Virtuales CBR

- Permite el transporte de información de manera constante y con un retardo casi idéntico en la entrega de cada celda desde la fuente de transmisión hacia el destino. Tráfico Esperado: Constante en el Tiempo.
- Descriptores de Tráfico: PCR. Define la Razón de Celdas Pico permitida en todo momento. (PCR debe ser mayor o igual al tráfico esperado desde el equipo de acceso).
- Requerimiento de QoS: CDVT. Define la variación máxima aceptable del CTD (o el límite máximo para el CDV).
- Política de Manejo de Tráfico. Sobre el flujo $CLP=0+1$.

Conexiones Virtuales VBR - RT

- Permite el transporte de información caracterizada por la generación variable de bits a través del tiempo, que a la vez requiere de transmisión en tiempo real. Tráfico Esperado: Variable en el tiempo.
- Descriptores de Tráfico: PCR. Define la Razón de Celdas Pico que puede alcanzar el tráfico esperado. SCR. Define la Razón de Celdas Sostenible. MBS. Define el Tamaño Máximo de Ráfaga.
- Requerimiento de QoS: CDVT. Define la variación máxima permitida del CTD (o el límite máximo del CDV).
- Política de Manejo de Tráfico. (1) Sobre el flujo CLP=0+1. (2) Sobre el flujo CLP=0 sin opción al marcado de celdas. (3) Sobre el flujo de celdas CLP=0 con opción a marcado de celdas.

Requerimientos de Red

- Alta Disponibilidad de la Red ATM.
- Discriminación por tipo de Servicio.
- Disponibilidad de Recursos.
- CTD, CDV y CLR de Red adecuados.

Atributo	CER	SECBR	CLR	CMR	CTD	CDV
Retardo de Propagación					X	
Errores en el Medio Físico	X	X	X	X		
Arquitectura del Conmutador			X		X	X
Capacidad de Buffer		X	X		X	X
Número de Nodos	X	X	X	X	X	X
Carga de Tráfico			X	X	X	X
Fallas	X	X	X			
Reserva de Recursos			X		X	X

Consideraciones de Diseño

- Para Alta Disponibilidad: Conmutadores Redundantes en Procesadores y en Conectividad entre ellos.
- Para Discriminación de Servicios: Buffers independientes en los conmutadores para cada categoría de servicio.
- Para Disponibilidad de Recursos: Vigilancia constante del crecimiento de consumo de los enlaces entre conmutadores.
- CTD. Depende del diseño red. Distancias de cobertura y número de nodos que conforman la red.
- CDV. Depende de la calidad de la señal de sincronismo de la red. Fuente de sincronismo debe ser stratum 1.

Aplicaciones

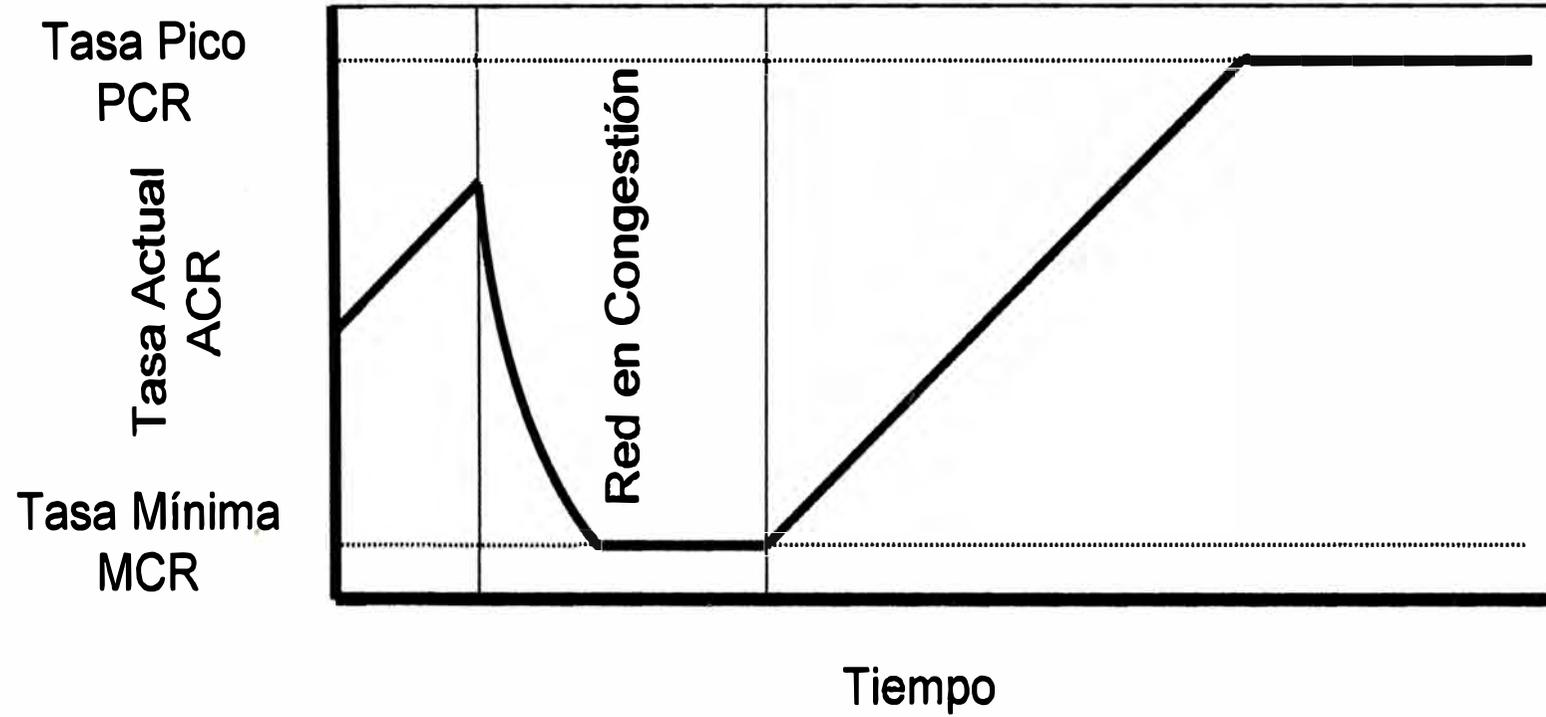
- ⑩ El Servicio de Emulación de Circuitos. La información se envía mediante canales de 64Kbit/s. Este servicio puede utilizarse para transporte de E1s completos y primarios, o puede utilizarse para dar velocidades variables de enlace seriales desde 64 Kbit/s hasta 2Mbit/s.
- ⑩ El Servicio de Multimedia sobre ATM. Video Por Demanda. (MPEG-2 sobre ATM). El ATM Forum recomienda el uso del AAL5, la ETSI recomienda el uso del AAL1. La ITU-T en H.222.1 ambas opciones.
 - Video Interactivo (por ejm. video conferencia)
 - Audio Interactivo (por ejm. telefonía)
 - Distribución de Video (por ejm. televisión)
 - Distribución de Audio (por ejm. radio)

Servicios sin Requerimientos de Tiempo Real sobre ATM

Conexiones Virtuales ABR

- Permite el transporte de información de manera variable y está diseñado para soportar tráfico de ráfagas. Tráfico Esperado: A Ráfagas.
- Descriptores de Tráfico. PCR. Define la Razón de Celdas Pico Permitida en todo momento. MCR. Define la Razón de Celdas Mínima Promedio. El tráfico de la conexión se ajustará a este valor en caso se determine que existe congestión, o en caso no existan recursos de ancho de banda disponible para atender el PCR. Para ABR, la conformidad está definida por el comportamiento de la fuente y el destino.
- Requerimiento de QoS. CDVT.
- Política de Manejo de Tráfico. Sobre el flujo $CLP=0$.

Conexiones Virtuales ABR



Conexiones Virtuales VBR -NRT

- Permite el transporte de información caracterizada por la generación variable de bits a través del tiempo. Tráfico Esperado: Variable en el tiempo.
- Descriptores de Tráfico: PCR. Define la Razón de Celdas Pico que puede alcanzar el tráfico esperado. SCR. Define la Razón de Celdas Sostenible. MBS. Define el Tamaño Máximo de Ráfaga.
- Requerimientos de QoS. CDVT.
- Política de Manejo de Tráfico. (1) Sobre el flujo $CLP=0+1$. (2) Sobre el flujo $CLP=0$ sin opción al marcado de celdas. (3) Sobre el flujo de celdas $CLP=0$ con opción a marcado de celdas.

Aplicaciones

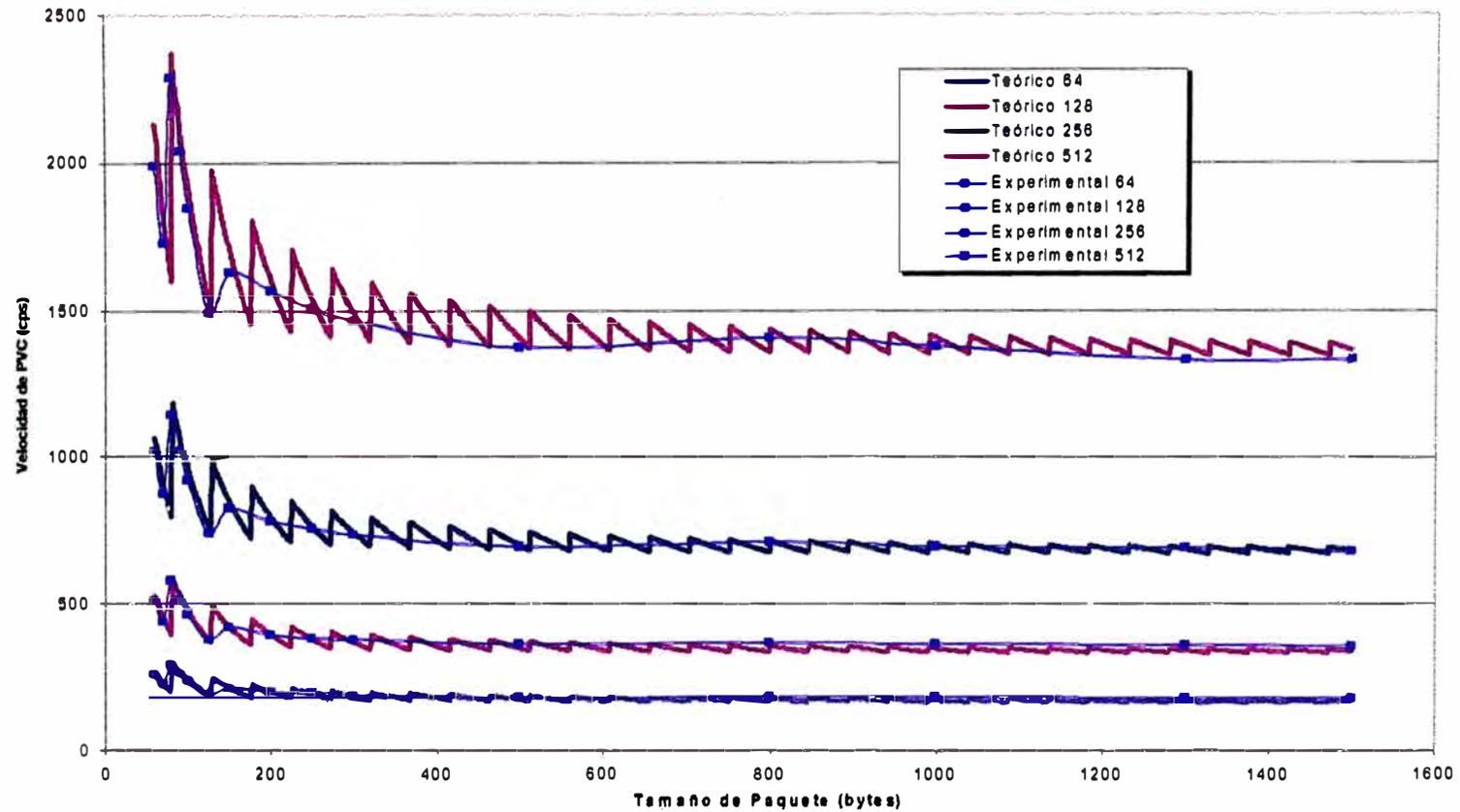
- Procesamiento de transacciones críticas (por ejm. reservaciones de aerolíneas, transacciones bancarias, monitoreo de procesos).
- Frame Relay Interworking.
- Transferencia Interactiva de Texto/Imágenes/Datos. (por ejm. verificación de tarjetas de crédito).
- Mensajería de Texto/Imágenes/Video (por ejm. email, telex, fax).
- Distribución de Texto/Imágenes/Video (por ejm. imágenes satelitales del clima)
- Servicios LAN (por ejm. interconexión o emulación LAN)
- Terminal Remoto (por ejm. telnet)

Aplicaciones

- Transferencia de Datos Crítica (por ejm. Información de defensa)
- Aplicaciones para Super Computadoras.
- Aplicaciones de Comunicaciones de Datos que requieran un comportamiento de retardo mejor que el UBR, como servicio de archivos distribuido (NFS). s garantías son válidas solo si el tráfico es conforme al Contrato de Tráfico Negociado

Caso RFC 1483

Velocidad en el PVC para Velocidades de Datos Constante en la conexión Punto a Punto



Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Las Redes ATM permiten el transporte de servicios múltiples sobre una misma plataforma.
- La medición de los parámetros de calidad de servicio permite determinar sin ambigüedades la performance de una red ATM cualquiera.
- Los servicios de tiempo real son muy sensibles a la Variación del Retardo de Celda (CDV).
- Los servicios de tiempo real y no real son muy sensibles al parámetro de tráfico: Razón de Pérdida de Celdas (CLR).

Conclusiones

- Los servicios de tiempo real en ATM necesitan de una referencia externa stratum 1 y la distribución apropiada de la referencia de reloj a través de la red
- Es posible la multiplexación de tráfico de diferentes características debido a los parámetros de tráfico definidos así como a los algoritmos de control de tráfico implementados en las redes ATM.

Recomendaciones

- Medir continuamente los parámetros de CDV y CLR en una red ATM en producción.
- Se recomienda realizar la medición del CTD entre los nodos más representativos de la red ATM tratando de cubrir todas las rutas físicas posibles.
- Se recomienda realizar mediciones sobre conexiones de prueba configuradas para tal fin y verificar el funcionamiento apropiado de los algoritmos de control de velocidad.

BIBLIOGRAFÍA

Martin de Prycker

Asynchronous Transfer Mode. Solution for Broadband ISDN. Third Edition

Prentice Hall

Año 1995.

ATM Forum Web Page

Speaking Clearly with ATM – A practical guide to carrying voice over ATM

Año 2002

The ATM Forum Technical Committee

Traffic Management Specification Version 4.1

AF-TM-0121.000

March, 1999

The ATM Forum Technical Committee

ATM Performance Testing Specification

AF-TEST-TM-0131.000

October, 1999

The ATM Forum Technical Committee

2.4 Gbps Physical Layer Specification

AF-PHY-0133.000

October, 1999

The ATM Forum Technical Committee

Specification of (DBCES) Dynamic Bandwidth Utilization – in 64Kbps Time Slot Trunking over ATM - using CES

AF-VTOA-0085.000

July, 1997

The ATM Forum Technical Committee

Circuit Emulation Service Interoperability Version 2.0

AF-VTOA-0078.000

January, 1997

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 356. Serie I: Red Digital De Servicios Integrados. Aspectos y funciones globales de la red – Objetivos de calidad de funcionamiento.

Calidad de funcionamiento en la transferencia de células en la capa de modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha

Octubre, 1996.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 432.1. Serie I: Red Digital De Servicios Integrados. Interfaces usuario-red de la RDSI – Recomendaciones relativas a la capa 1
Interfaz usuario-red de la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA) – Especificación de la capa física: Características generales
Agosto, 1996.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 371. Serie I: Red Digital De Servicios Integrados. Aspectos y funciones globales de la red – Funciones y requisitos generales de la red
Control de tráfico y control de congestión en la red digital de servicios integrados de banda ancha (RDSI-BA)
Agosto, 1996.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 363.5. Serie I: Red Digital De Servicios Integrados. Aspectos y funciones globales de la red – Características de las capas de protocolo
Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo 5
Agosto, 1996.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 363.3. Serie I: Red Digital De Servicios Integrados. Aspectos y funciones globales de la red – Características de las capas de protocolo
Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo $\frac{3}{4}$
Agosto, 1996.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 363.1. Serie I: Red Digital De Servicios Integrados. Aspectos y funciones globales de la red – Características de las capas de protocolo.
Especificación de la capa de adaptación del modo transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha: Capa de adaptación del modo transferencia asíncrono tipo 1
Agosto, 1996.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I 361. Red Digital De Servicios Integrados. Aspectos y funciones globales de la red
Especificación de la capa modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha.
Noviembre, 1995.

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I.150. Red Digital de Servicios Integrados. Estructuras Generales. Características funcionales del modo de transferencia asíncrono de la red digital de servicios integrados de banda ancha.

Año 1995.

The ATM Forum Technical Committee

ATM User-Network Interface, Version 3.1 (UNI 3.1) Specification

Draft of May 28, 1994

The ATM Forum Technical Committee

ATM Forum UNI 3.0 Specification Part II

Draft of May 28, 1994

UIT-T Sector de Normalización de las Telecomunicaciones.

Recomendación UIT-T I.432. Red Digital de Servicios Integrados. Interfaces usuario-red de la red digital de servicios integrados.

Marzo, 1993

Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico

Recomendación CCITT I.321. Red Digital de Servicios Integrados (RDSI). Aspectos y funciones globales de la red, interfaces usuario-red de la RDSI. Modelo de referencia de protocolo RDSI-BA y su aplicación.

Ginebra 1,991