

**UNIVERSIDAD DE PANAMÁ  
CENTRO REGIONAL UNIVERSITARIO DE VERAGUAS  
FACULTAD DE INFORMÁTICA, ELECTRÓNICA Y  
COMUNICACIÓN**

**MONOGRAFÍA:**

**MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONA: ATM**

**PRESENTA:**

**RAÚL ENRIQUE DUTARI DUTARI**

**2010**

## ***TABLA DE CONTENIDOS***

1.	INTRODUCCIÓN. ....	1
2.	SIGNIFICADO DE ATM. ....	1
3.	ANTECEDENTES DE ATM. ....	2
4.	ASPECTOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL PROYECTO ATM. ....	2
5.	PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS SISTEMAS EXISTENTES ANTES DE ATM. ....	3
6.	BASE CONCEPTUAL DE LA TECNOLOGÍA ATM.....	4
7.	ARQUITECTURA DE ATM. ....	6
7.1	CLASES DE SERVICIOS ATM.....	8
7.2	ARQUITECTURA DE LAS REDES ATM. ....	9
7.3	COMPONENTES DE LA TECNOLOGÍA ATM: TP, VP Y VC. ....	10
7.4	IDENTIFICACIÓN DE CONEXIONES. ....	11
7.5	LAS CELDAS EN ATM. ....	12
7.6	ENCAMINAMIENTO DENTRO DE LAS REDES ATM.....	15
7.7	CALIDAD DE SERVICIO. ....	16

8.	APLICACIONES DE ATM. ....	18
8.1	WAN CON ATM. ....	18
8.2	LAN CON ATM.....	19
9.	PERSPECTIVAS DE LA TECNOLOGÍA ATM. ....	20
10.	CONCLUSIONES. ....	21
11.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	22

## 1. INTRODUCCIÓN.

Las computadoras y las redes de datos se han convertido en herramientas y vías de comunicación en muchas áreas del quehacer humano.

Sin embargo, bajo la hermosa cara de Internet, subyace todo un mundo complejo de tecnologías y normas que posibilitan su existencia: el modo de transferencia asíncrono, mejor conocido como **ATM**, es una de ellas.

En esta monografía se consideran los aspectos más importantes que definen a esta tecnología, que posibilita el transporte eficiente de voz, vídeo y datos; utilizando una tecnología simple de conmutación y multiplexación, que utiliza paquetes de longitud fija, como los es **ATM**.

## 2. SIGNIFICADO DE ATM.

ATM es el acrónimo de “**Asynchronous Transfer Mode**”, o **Modo De Transferencia Asíncrono**, en español. También conocido como “Retransmisión de Celdas”. Es una tecnología desarrollada para hacer frente a la gran demanda de capacidad de servicios y aplicaciones que requieren de un ancho de banda significativo [WIKI10]. Surge como una tecnología derivada del proyecto **RDSI**, pero ha encontrado aplicación en entornos muy diversos, que requieren de velocidades de transmisión muy elevadas [STAL04].

### 3. ANTECEDENTES DE ATM.

En los Laboratorios Bell, durante los años 60's se patentó un modo de transferencia no síncrono. Sin embargo, fue en 1988, cuando el “**Comité Consultivo Internacional Telegráfico y Telefónico**”<sup>1</sup> de la **UIT**, la seleccionó como la tecnología de conmutación de las redes ISDN en banda ancha [WIKI10].

En sus inicios, ATM enfrentó un fuerte debate relacionado con el tamaño de la celda que se utilizaría. Un grupo de naciones, encabezadas por los EUA proponía el empleo de un tamaño de celda grande (64 bytes), en tanto que las naciones europeas proponían uno más pequeño (32 bytes). Este dilema fue zanjado en junio de 1989 en la reunión del CCITT realizada en Ginebra - Suiza, donde estableció una solución de compromiso, adoptando un tamaño de celda de 48 bytes y 5 bytes para la cabecera [TANE03].

### 4. ASPECTOS BÁSICOS DE DISEÑO DEL PROYECTO ATM.

El proyecto ATM se caracteriza por ciertos puntos clave de diseño, que se exponen a continuación:

---

1 Mejor conocido en su época como **CCITT**, y actualmente el **UIT-T**, está encargado de establecer las recomendaciones para la normalización de las telecomunicaciones a nivel mundial.

- ATM debe optimizar el empleo de los medios de transmisión de alta velocidad, tales como las fibras ópticas.
- El uso de ATM como protocolo de propósito general, implica la necesidad de implementar una capa de adaptación, que le permita interactuar eficientemente con protocolos de transferencia de información que no se encuentren basados en ATM.
- ATM debe ser una tecnología relativamente barata de implementar, para lograr que se implemente fácilmente a escala mundial.
- El sistema ATM debe ser compatible con la mayor cantidad posible de tecnologías de comunicaciones pre-existentes.
- La tecnología ATM debe basarse en servicios orientados a la conexión, de manera que se asegure una entrega precisa y predecible de los paquetes.
- ATM debe desplazar hacia el hardware tantas funciones como sea posible, de manera que las funciones que se ejecuten en software sean las mínimas indispensables, con el objetivo de elevar la velocidad de transferencia de datos [FORO02].

## **5. PROBLEMAS ASOCIADOS A LOS SISTEMAS EXISTENTES ANTES DE ATM.**

ATM viene a responder a toda una problemática existente, previa a su introducción, que se destaca por los siguientes problemas:

- Las redes existentes se basan en conmutación de paquetes de muy diversos tamaños y tipos, con los problemas correspondientes de sobre utilización y subutilización de los paquetes, tal como se aprecia en la ilustración siguiente **[FORO02]**:

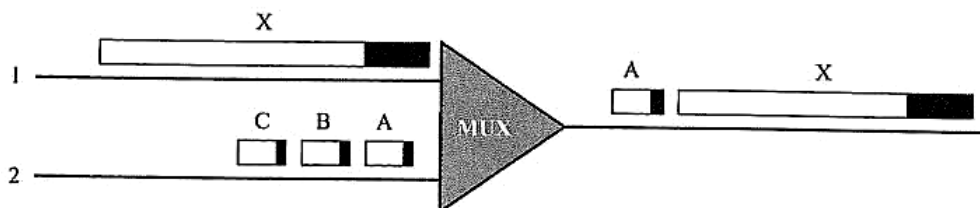


Ilustración 1: Multiplexación de paquetes de longitud variable

- Para optimizar el uso de los enlaces existentes, ellos pueden transmitir cualquier tipo de paquete, lo que obliga a implementar costosos sistemas basados en software que deben analizar las cabeceras de los paquetes y decidir en que momento se envían los paquetes, lo que conlleva frecuentemente a cuellos de botella por los retardos inaceptables en que se incurre **[TANE03]**.

## 6. BASE CONCEPTUAL DE LA TECNOLOGÍA ATM.

El modo de transferencia asíncrono es similar en muchos aspectos a la conmutación de paquetes basada en X.25 conjuntamente con la técnica de retransmisión de tramas.

Además, permite la multiplexación de varias conexiones lógicas a través de una única interfaz física.

En el caso de ATM, el flujo de información en cada conexión lógica se organiza en paquetes de tamaño fijo denominados celdas, ofreciendo una capacidad

mínima de control de errores y de flujo, para reducir el costo de procesamiento de las celdas, así como las metadatos.

Los paquetes de gran tamaño – que generalmente son los de datos – se subdividen en pequeñas partes dentro de las celdas, de modo que otros paquetes que pueden contener pocos datos, - como sonido o vídeo – se entrelazan entre si, ofreciendo de este modo, un flujo continuo de datos para todos los destinos, a través del canal, tal como se aprecia en la siguiente ilustración **[FORO02]**:

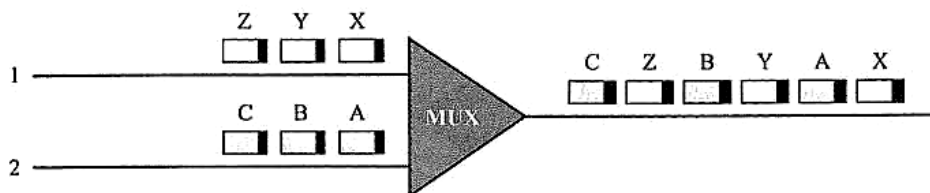


Ilustración 2: Multiplexación de celdas de longitud fija

En consecuencia, el principio de ATM es bastante simple: primero se toman todos los paquetes de datos, de longitud variable, de cada uno de los canales de origen y se subdividen en celdas de longitud fija. Posteriormente, toman los paquetes de cualquiera de los canales de entrada que tenga alguna celda que transmitir y la encaminan por el medio, utilizando la multiplexación por división de tiempo asíncrona. En caso que ninguno de los canales de entrada tenga celdas que transmitir, entonces la ranura del canal de salida se transmite vacía, tal como se aprecia en la siguiente ilustración **[FORO02]**:



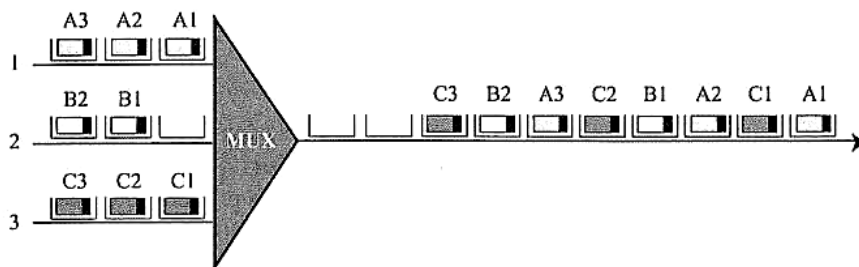


Ilustración 3: Multiplexación de celdas en ATM

De este modo, los paquetes de gran tamaño – que generalmente son los de datos – se subdividen en pequeñas partes dentro de las celdas, de modo que otros paquetes que pueden contener pocos datos, - como sonido o vídeo – se entrelazan entre si, ofreciendo de este modo, un flujo continuo de datos para todos los destinos, a través del canal, compartido.

En consecuencia, ATM es una interfaz funcional de transferencia de paquetes de tamaño fijo llamados celdas. El uso de tamaño y formato fijos, hacen que la técnica resulte eficiente para transmisión a través de redes de alta velocidad.

## 7. ARQUITECTURA DE ATM.

La arquitectura de protocolos ATM, se presenta en la siguiente ilustración [STAL04]:

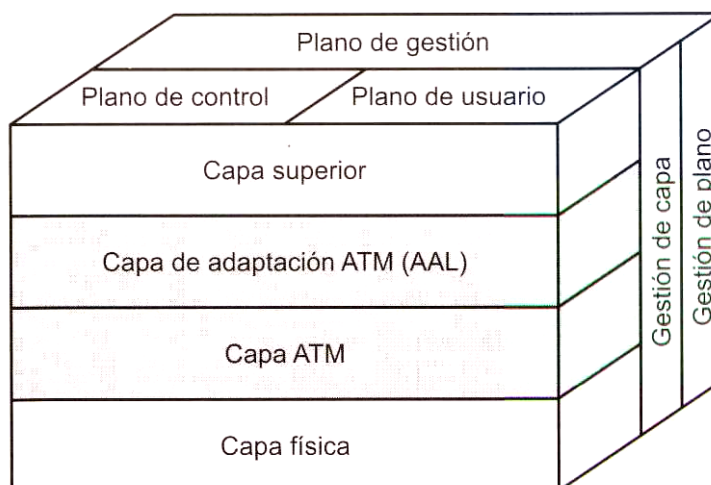


Ilustración 4: Arquitectura ATM

En ella, se deben resaltar, entre otros, los siguientes aspectos:

- Existe una capa física, que se refiere al medio de transmisión propiamente utilizado (cable, fibra o irradiación de señales), que es completamente hardware.
- La capa ATM, se encarga propiamente de implementar en hardware, tanto como sea posible, toda la norma en sí, atendiendo a la transmisión de datos en celdas de tamaño fijo y el establecimiento de conexiones lógicas.
- La capa de adaptación ATM (ATM Adaptation Layer o AAL), es dependiente del tipo de servicio o protocolo que utilizará esta tecnología, y se encarga de subdividir las unidades de transmisión del servicio en particular, en celdas de longitud fija, mismo tiempo que extrae la información contenida en las celdas ATM y la transmite a las capas superiores. Tiene la intención de ofrecer soporte a los protocolos de transferencia de información que no se fundamentan en ATM.

- La capa superior, se refiere al protocolo que utiliza los servicios de transmisión de celdas de ATM.
- Por otro lado, el modelo ATM involucra tres planos de acción independientes:
  - ❖ **Plano de usuario:** que permite la transferencia de información del usuario, así como de controles asociados (flujo y errores, entre otros).
  - ❖ **Plano de control:** que realiza funciones de control de llamada y de control de conexión.
  - ❖ **Plano de gestión:** comprende a la *gestión de plano*, que controla el funcionamiento del sistema como un todo y coordina la acción de todos los planos, así como la *gestión de capa*, que realiza funciones de gestión relativas a los recursos y los parámetros residentes en las entidades del protocolo [STAL04].

## 7.1 CLASES DE SERVICIOS ATM.

ATM proporciona servicios en tiempo real o no real, soportando una amplia variedad de tipos de tráfico, a través de los servicios conocidos como:

- **servicio de velocidad constante (CBR, constant bit rate)**, diseñado para clientes que requieren servicios en tiempo real.
- **servicio de velocidad variable en tiempo real (rt-VBR, real-time variable bit rate)**, para usuarios que requieren servicios en tiempo real y utilizan técnicas de compresión de datos.

- **servicio en no tiempo real de velocidad variable (nrt-VBR, no-real-time variable bit rate)**, para usuarios que no requieren servicios en tiempo real, pero que utilizan compresión de datos.
- **servicio de velocidad disponible (ABR, available bit rate)**, para usuarios que requieren los datos por ráfagas, pero esencialmente, operan a la velocidad mínima del sistema, con posibilidad de incrementarse, si es posible.
- **servicio de velocidad sin especificar (UBR, unspecified bit rate)**, es un servicio que se ofrece a clientes que requieren de la mejor entrega que sea posible, pero sin ningún tipo de garantía.
- **servicio de velocidad de tramas garantizada (GFR, guaranteed frame rate)**, que se ofrece a clientes que requieren de servicios con calidad de servicio.

## 7.2 ARQUITECTURA DE LAS REDES ATM.

Las redes basadas en la tecnología ATM se caracterizan porque los sistemas de usuario final se conectan a los conmutadores de la red mediante un interfaz usuario-red (UNI User-Network Interface). Por otro lado, los conmutadores se conectan entre si mediante interfaces red a red (Network to Network Interface), tal como se aprecia en la siguiente ilustración **[FORO02]**:

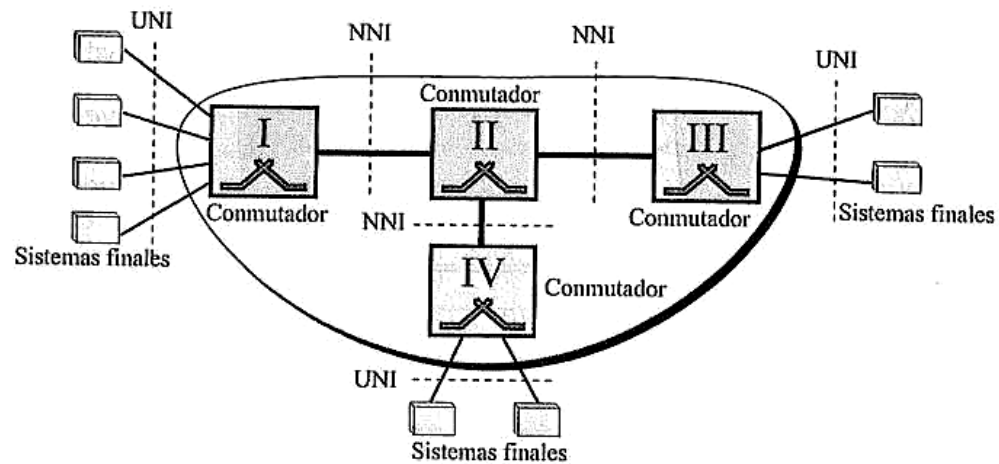


Ilustración 5: Arquitectura de una red basada en ATM

### 7.3 COMPONENTES DE LA TECNOLOGÍA ATM: TP, VP Y VC.

La conexión entre usuarios finales se realiza vía caminos de transmisión (TP, transmission Path), caminos virtuales (VP, virtual Path) y circuitos virtuales (VC, Virtual Circuits).

El camino de transmisión es simplemente el medio físico entre un equipo final y el conmutador ATM. Es como si entre dos ciudades existieran muchas carreteras que las conectan, entonces ese conjunto de carreteras representa a los caminos de transmisión.

El camino de transmisión se divide en varios caminos virtuales, que son esencialmente, conjuntos de conexiones entre conmutadores ATM. Siguiendo la analogía anterior, cada una de las carreteras que conecta a las ciudades, es un camino de transmisión.

Todas las celdas que pertenecen a un mismo mensaje siguen el mismo circuito virtual y mantienen su orden original hasta llegar a su destino. Los circuitos virtuales vienen a ser los carriles de la autopista.

La ilustración que se muestra a continuación, ejemplifica los conceptos antes señalados (TP, VP, VC) **[FORO02]**:

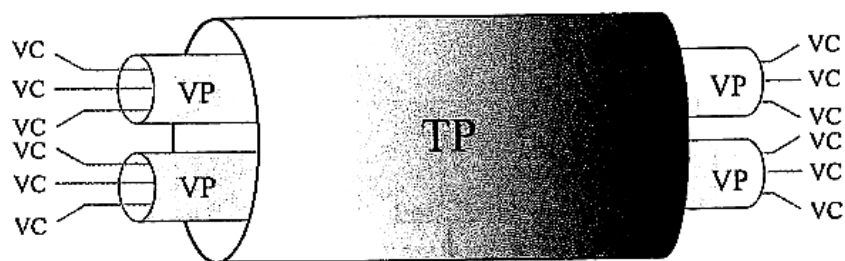


Ilustración 6: Componentes de la tecnología ATM (TP, VP, VC)

## 7.4 IDENTIFICACIÓN DE CONEXIONES.

En las redes de circuitos virtuales, las conexiones requieren identificarse, para ello se utilizan los identificadores de camino virtual (VPI, virtual path identifier) y de circuito virtual (VCI, virtual circuit identifier).

El identificador de camino establece el camino virtual concreto que se utiliza, en tanto que el identificador de circuito virtual, hace lo mismo para el circuito.

En consecuencia, una conexión virtual se define en función a la pareja VPI y VCI, tal como se observa en la siguiente ilustración **[FORO02]**:

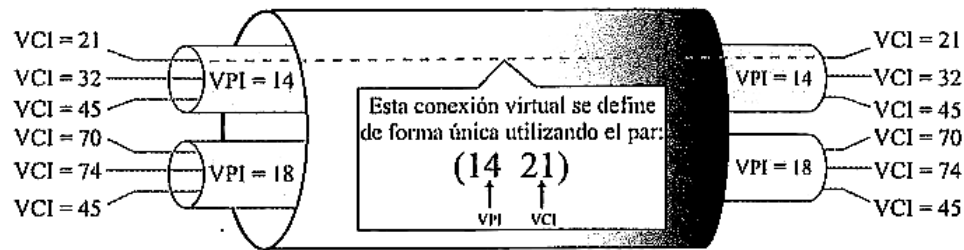


Ilustración 7: Identificadores de conexión en ATM

Es relevante resaltar que, dentro de la celda ATM, la longitud del campo VPI difiere si se trata de una interfase UNI o NNI. Para el caso UNI, la VPI es de 8 bits, en tanto que para NNI, la VPI es de 12 bits. En ambos casos, la longitud del campo VCI es de 16 bits.

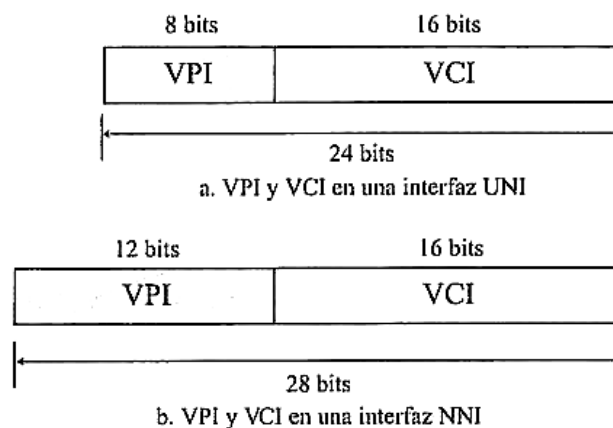


Ilustración 8: Identificadores de conexiones virtuales en interfaces UNI y NNI

## 7.5 LAS CELDAS EN ATM.

La unidad de datos básica dentro de la tecnología ATM es la celda, que cuenta con únicamente 53 bytes. De ellos, 5 son la cabecera de la celda, en tanto que la carga útil mide 48 bytes. De los 5 bytes, la mayoría es ocupada por el VPI y por el VCI, tal como se aprecia en la siguiente ilustración.

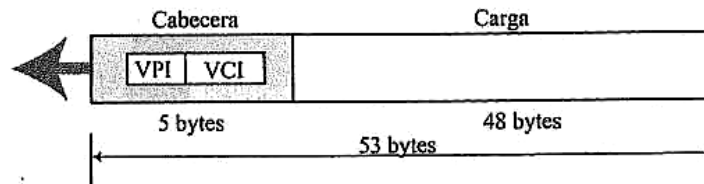


Ilustración 9: Distribución de bytes dentro de la cabecera de la celda ATM

La distribución completa de bytes dentro de la celda ATM se presenta en la ilustración que se muestra a continuación:

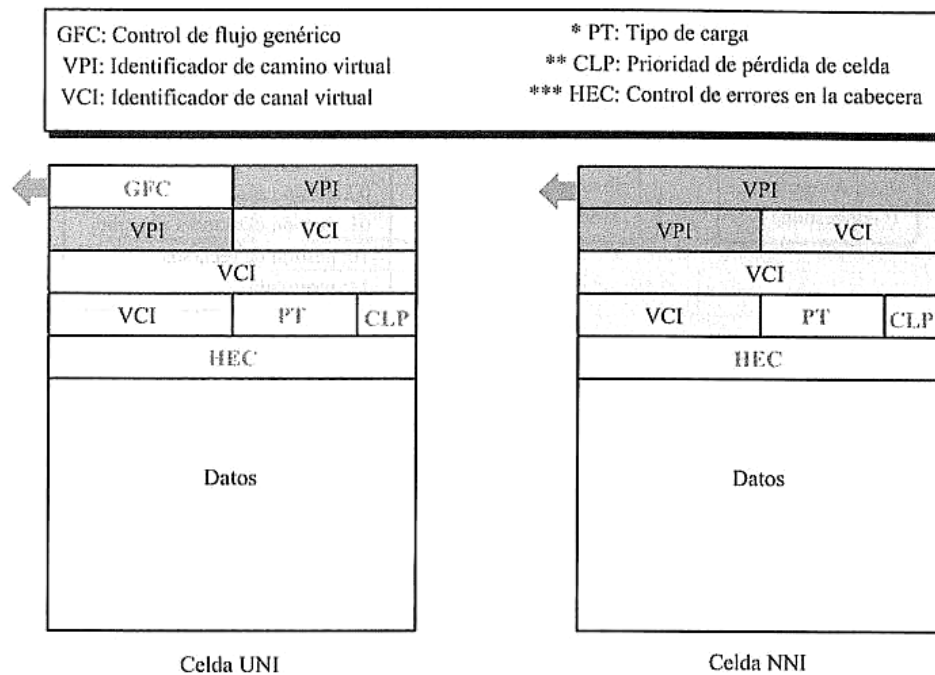


Ilustración 10: Distribución de bytes dentro de la celda ATM

A continuación, se explica el significado de cada uno de los componentes dentro de la celda ATM:

- **Control de flujo genérico (GFC, Generic Flow Control):** Consta de cuatro bits y sólo aparece en la celda UNI. En la cabecera NNI estos bytes se agregan al VPI. Se utiliza para controlar el flujo de datos.



- **Identificador de camino virtual (VPI):** Es un campo de 8 bits en una celda UNI y de 12 bits en una celda NNI. Identifica al camino virtual utilizado.
- **Identificador de canal virtual (VCI):** posee 16 bits en ambos tipos de celdas. Permite identificar el canal virtual utilizado.
- **Tipo de carga (PT, Payload Type):** tiene 3 bits, de los que el primero señala el tipo de carga – datos de usuario o información de gestión -. Los restantes bits dependen de cómo se interprete el primero, como se muestra en la siguiente ilustración:

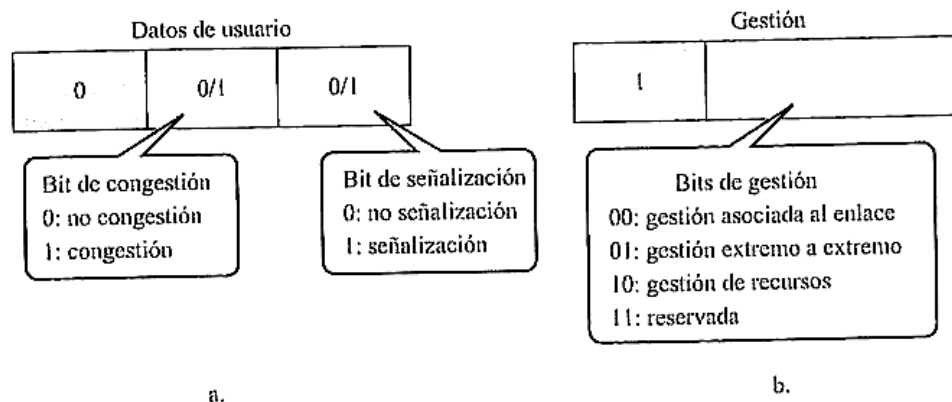


Ilustración 11: Valores que puede asumir el campo PT dentro de la celda ATM

- **Prioridad de pérdida de celda (CLP, Cell Loss Priority):** posee 1 bit en ambos tipos de celdas. Permite controlar el nivel de congestión del canal. Una celda que tenga CLP en 1 se debe retener hasta que no hay celdas con CLP en 0.
- **Corrección de errores de la cabecera (HEC, Header Error Correction):** este campo es un código de corrección de errores de un bit, así como clases mayores de errores en varios bits. Es importante recalcar

que por concepción, en ATM los errores se corrigen únicamente en la cabecera de la celda, no así en la carga útil de la celda. El caso de los errores dentro de la carga útil de la celda, simplemente, debe ser administrado por las capas superiores del sistema, que utiliza los servicios de ATM.

## **7.6 ENCAMINAMIENTO DENTRO DE LAS REDES ATM.**

ATM ofrece un servicio orientado a conexión, en el cual no hay un desorden en la llegada de las celdas al destino. Esto lo hace gracias a los caminos o rutas virtuales (VP) y los canales o circuitos virtuales (VC). Los caminos y canales virtuales tienen el mismo significado que los Virtual Channel Connection (VCC) en X.25, que indica el camino fijo que debe seguir la celda. En el caso de ATM, los caminos virtuales (VP), son los caminos que siguen las celdas entre dos enrutadores ATM pero este camino puede tener varios canales virtuales (VC).

En el momento de establecer la comunicación con una calidad de servicio deseada y un destino, se busca el camino virtual que van a seguir todas las celdas. Este camino no cambia durante toda la comunicación, así que si se cae un nodo la comunicación se pierde. Durante la conexión se reservan los recursos necesarios para garantizarle durante toda la sesión la calidad del servicio al usuario.

Cuando una celda llega a un encaminador, éste le cambia el encabezado según la tabla que posee y lo envía al siguiente con un VPI y/o un VCI nuevo.

La ruta inicial de encaminamiento se obtiene, en la mayoría de los casos, a partir de tablas estáticas que residen en los conmutadores. También podemos encontrar tablas dinámicas que se configuran dependiendo del estado de la red al comienzo de la conexión; éste es uno de los puntos donde se ha dejado

libertad para los fabricantes. Gran parte del esfuerzo que están haciendo las compañías está dedicado a esta área, puesto que puede ser el punto fundamental que les permita permanecer en el mercado en un futuro [WIKI10].

## 7.7 CALIDAD DE SERVICIO.

La calidad de servicio (QoS, Quality of Service), define un conjunto de atributos relacionados con el rendimiento de la conexión. Para cada conexión, el usuario puede solicitar un atributo concreto. Cada clase de servicio está asociada con un conjunto de atributos relacionados con el usuario y relacionados con la red, tal como se muestra en la siguiente ilustración:

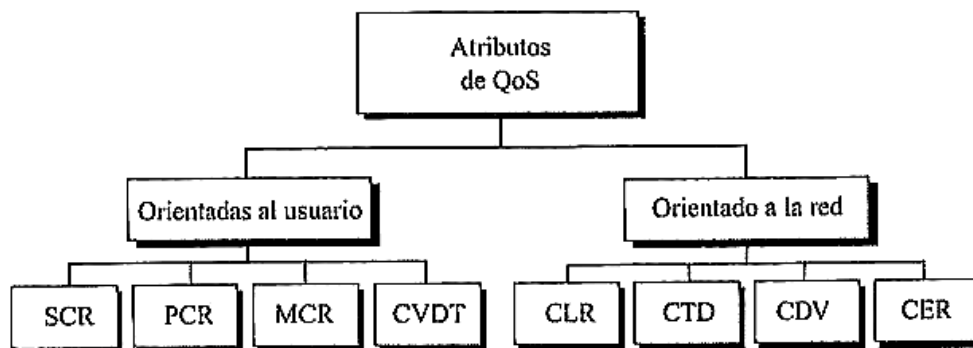


Ilustración 12: Atributos de QoS en la tecnología ATM

A continuación, se detallan los atributos del usuario y de la red. Por el lado del usuario, se tiene:

- **Tasa de celdas sostenida (SCR, Sustained Cell Rate):** es la tasa de celdas media en un intervalo de tiempo largo. Es lo que se espera que rinda la red.
- **Tasa de celdas Pico (PCR, Peak Cell Rate):** define la máxima tasa de celdas que puede enviar el emisor. Es el nivel máximo de rendimiento de la red.

- **Tasa de celdas mínima (MCR, Minimum Cell Rate):** define la tasa mínima de celdas que se considera aceptable para el servicio. Es lo mínimo que se espera que rinda la red.
- **Tolerancia en el Retardo a la variación de celdas (CVDT, Cell Variation Delay Tolerance):** es una medida de la variación de los instantes de transmisión celdas, relacionada a los retardos mínimo y máximo en la entrega de las celdas.

Por otro lado, los atributos de la red, se tiene:

- **Tasa de celdas perdidas (CLR, Cell Loss Ratio):** establece cual es la relación entre las celdas que se consideran perdidas (o entregadas demasiado tarde y que se consideran perdidas) frente a las celdas transmitidas.
- **Retardo en la transferencia de celdas (CTD, Cell Transfer Delay):** define el tiempo medio necesario para que una celda viaje del origen al destino. También se consideran como atributos al CTD máximo y CTD mínimo.
- **Variación en el retardo de celdas (CDV, Cell Delay Variation):** es la diferencia entre CTD máximo y CTD mínimo.
- **Tasa de celdas con error (CER, Cell Error Ratio):** define la fracción de celdas entregadas con errores.

En otro contexto, los mecanismos utilizados para implementar las clases de servicio y los atributos de QoS se denominan **descriptores de tráfico**, y definen la forma en que el sistema de comunicaciones asegura y dirige el tráfico. Estos

se implementan utilizando los llamados algoritmos de velocidad de celdas generalizados (GCRA, Generalized Cell Rate Algorithm), cuya descripción es sumamente complicada [FORO02].

## 8. APLICACIONES DE ATM.

ATM es una tecnología que se pueden utilizar tanto en entornos LAN como WAN.

### 8.1 WAN CON ATM.

Bajo esta perspectiva, se utilizan como sistemas finales a los enrutadores ATM entre redes. El enrutador tendrá dos pilas de protocolos: una perteneciente a ATM y la otra que pertenece a otro protocolo, tal como se describe en la siguiente ilustración:

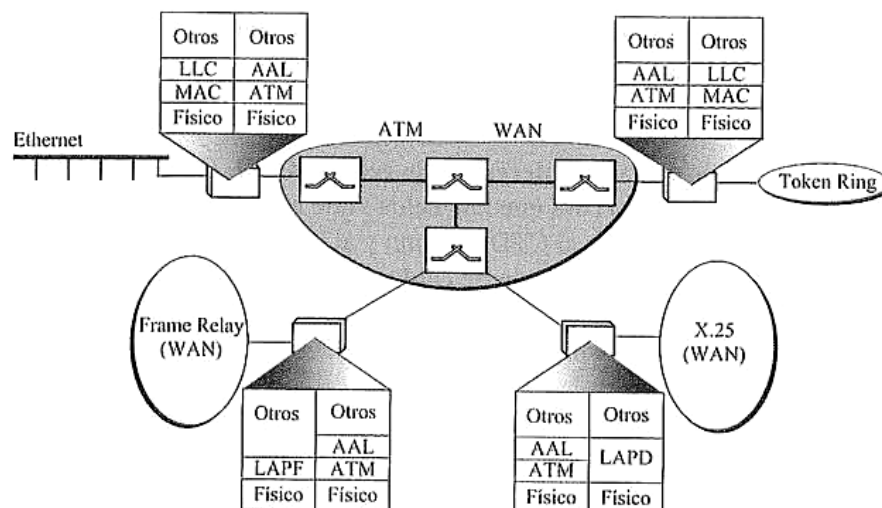


Ilustración 13: Implementación WAN utilizando tecnología ATM

En este entorno es donde toda la arquitectura de la tecnología ATM actúa con ventaja, ofreciendo un sistema práctico de transmisión de todo tipo de datos, voz y vídeo, con garantías de servicio.

## 8.2 LAN CON ATM.

Aunque originalmente se diseñó para ambientes WAN, sus altas velocidades de transmisión (155 a 622Mbps) han atraído la atención de diseñadores de redes LAN. De hecho, a nivel superficial pareciera que las tecnologías ATM y LAN comparten el concepto de conmutador para interconectar a los equipos, tal como se observa en la siguiente ilustración:

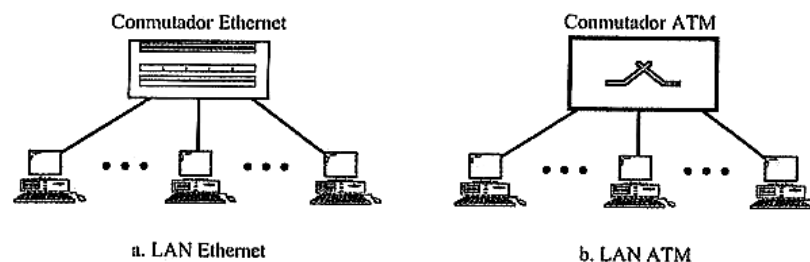


Ilustración 14: Conmutadores Ethernet vs. Conmutadores ATM

Sin embargo, existen una serie de problemas que se deben resolver para que este concepto cristalice, entre ellos:

- Como compaginar los servicios orientados a conexión (ATM) frente a servicios sin conexión (Ethernet).
- Como compaginar direcciones físicas (Ethernet), frente a identificadores de conexión virtual (ATM).
- El problema de la multidifusión bajo ATM no tiene una solución trivial.

Estos problemas pueden ser resueltos utilizando el enfoque de emulación de red de área local (LANE, Local Area Network Emulation), que permite utilizar conmutadores ATM para que trabajen como conmutadores LAN, que implica que las estaciones de trabajo deben utilizar un software cliente LANE y deben existir unos servidores especiales: un servidor LANE- LES y un servidor de difusión desconocido (BUS, Broadcast Unknown Server), tal como se aprecia en la siguiente ilustración:

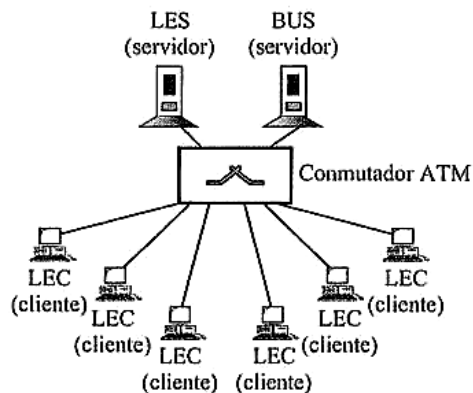


Ilustración 15: Enfoque LANE para redes LAN bajo ATM

Sin embargo, esta solución se observa claramente como más compleja y cara frente a una red LAN Ethernet tradicional.

## 9. PERSPECTIVAS DE LA TECNOLOGÍA ATM.

El Modo de Transferencia Asíncrona es la apuesta de la industria tradicional de las telecomunicaciones por las comunicaciones de banda ancha. Se planteó inicialmente como herramienta para la construcción de redes de banda ancha (B-ISDN) basadas en conmutación de paquetes en vez de la tradicional conmutación de circuitos.

Sin embargo, el despliegue de la tecnología ATM no ha sido el esperado por sus promotores. Las velocidades para las que estaba pensada (hasta 622 Mbps) han sido rápidamente superadas; no está claro que ATM sea la opción más adecuada para las redes actuales y futuras, de velocidades del orden del gigabit. ATM se ha encontrado con la competencia de las tecnologías provenientes de la industria de la Informática, que con proyectos tales como la VoIP parece que ofrecen las mejores perspectivas de futuro.

En la actualidad, ATM es ampliamente utilizado allá donde se necesita dar soporte a velocidades moderadas, como es el caso de la ADSL, aunque la tendencia es sustituir esta tecnología por otras como Ethernet que está basada en tramas de datos [WIKI10].

## **10. CONCLUSIONES.**

Al finalizar esta monografía sobre ATM, se pueden exponer las siguientes conclusiones:

- ATM ofrece una solución práctica para el problema de transmitir bajo un canal compartido de muy diversa índole, a diversos tipos de datos, ofreciendo garantías de servicio, a un costo razonable.
- ATM es una tecnología orientada esencialmente a conexiones WAN, donde se pueden evidenciar sus fortalezas con ventaja.
- Para implementar redes LAN bajo ATM, se requiere implementaciones adicionales de software y servidores, que encarecen su costo, frente al rendimiento que se puede lograr bajo otras tecnologías más modernas.



- Desde un punto de vista amplio, ATM se presenta como la respuesta a la teoría del campo unificada en la física, en versión telemática: ¿Cómo se puede transportar un universo diferente de servicios de voz y vídeo por un lado y datos por otro, de manera eficiente, usando una simple tecnología de conmutación y multiplexación?

## 11. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [FORO02] **FOROUZAN, Behrouz A.** Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones. 2º edición. Editorial McGraw-Hill. España. 2002.
- [FORO07] **FOROUZAN, Behrouz A.** Data Communications and Networking. 4º edición. Editorial McGraw-Hill. EUA. 2007.
- [STAL04] **STALLINGS, William.** Comunicaciones y Redes de Computadoras. 7ma edición. Editorial Pearson. España. 2004.
- [TANE03] **TANENBAUM, Andrew S.** Computer Networks. 4ra edición. Pearson. U.S.A. 2003.
- [WIKI10] **WIKIPEDIA.** Asynchronous Transfer Mode. Wikimedia Foundation, Inc. Fecha de Actualización: 2010-febrero-12. Fecha de Consulta: 2010-febrero-16. Disponible en:  
[http://es.wikipedia.org/wiki/Asynchronous\\_Transfer\\_Mode](http://es.wikipedia.org/wiki/Asynchronous_Transfer_Mode).