

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

---

---

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
ARAGÓN

**USO DE TECNOLOGIAS EMERGENTES EN LA TRANSMISION DE  
DATOS. CASO: “JERARQUIA DIGITAL SINCRONA Y MODO DE  
TRANSFERENCIA ASINCRONO”**

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICO

PRESENTA:

CARLOS HARO ALEXANDRES

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO EN COMPUTACION

PRESENTA:

MARIA JOHEMIA MEDINA OLIVA

ASESOR: M. en C. DAVID MOISES TERAN PEREZ

Noviembre 2006





Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## **AGRADECIMIENTOS**

### ***A DIOS***

Que es la luz que desvanece a su paso la oscuridad.  
Que es aquél que con amor franco, cosecha con entusiasmo la vida.  
Por ser todo en cada uno de nosotros.

### ***A MI MADRE***

Por haber sido tú la que incansablemente sin importar las dificultades de la vida, luchó por hacerme un hombre de bien, un hombre preparado. Por haber confiado en mí, aún en los momentos de tonta rebeldía. Por haberme enseñado el valor y realidad de la vida, por enseñarme a vivir con aliento para aprender a tener confianza. Por haberme dado la vida misma. Hoy te agradezco con cariño.

### ***A MI PADRE***

Gracias a ti padre, por ser un gran amigo y apoyarme en mi camino, gracias por formarme con tu sabiduría. Por enseñarme a vivir con honradez, para aprender a ser justo. Por tu apoyo para llegar al término de un ciclo más en mi preparación. Por tu esfuerzo por hacer de mi un profesionalista y por la dedicación que siempre recibí. Con gratitud.

### ***A MIS HERMANOS***

Porque siempre me brindaron una palabra cuando más lo necesite. Porque siempre han estado a mi lado en lo bueno y en lo adverso. Por tener fe en sus propios esfuerzos y ánimo para perseverar en mis intenciones. Por su amor y apoyo, gracias.

### ***A MI ESPOSA***

A ti porque vives mis triunfos, por tu comprensión y apoyo durante los momentos difíciles, por tu ánimo para seguir adelante. Porque tú haces el prodigio de que mi amor germine y florezca, por ende, yo viva y sea.

### ***A MI HIJA***

Porque es el mayor testimonio de gratitud que la vida misma me ha brindado, tu presencia me impulsa a luchar para seguir superándome, con amor y cariño.

### ***A MI FAMILIA***

Porque se aprende de los fuertes, de los activos, de los audaces, de los valientes, de los que no conocen dificultades, se aprende de los que "Triunfan".

### ***A LA FAMILIA MEDINA OLIVA***

Quienes me han apoyado incondicionalmente, en esta nueva etapa de mi vida. Porque siempre existen palabras y muestras de apoyo que nos brindan para seguir adelante. Hoy como muestra de mi gratitud deseo compartir y saborear este logro. Con cariño y respeto.

***Carlos Haro Alexandres***

### **A DIOS**

En quien creo infinitamente y alimenta mi espíritu. Gracias por tantos motivos de felicidad que has dado a mi vida.

### **A MI MAMÁ Y ABUELITA**

Gracias por guiarme y formarme con tus enseñanzas, amor, confianza y consejos invaluable. Por estar incondicionalmente a mi lado, por cada palabra de aliento que me han ayudado a seguir adelante, por ser ejemplo. Y a mi abuelita por tenerme presente en sus oraciones. Con todo mi amor y respeto.

### **A MI PAPÁ**

Gracias por tu inmenso amor, por apoyarme en todos mis proyectos, por ser tan objetivo y enriquecerme con tan valiosos aciertos, por orientarme en mi preparación profesional y por ser un gran ejemplo de responsabilidad y entrega. Con amor, admiración y respeto.

### **A ADRIANA**

Por ser amiga, por brindarme consuelo en los tiempos difíciles, por tu entusiasmo y alegría que me contagia, por tu amor y confianza. Gracias.

### **A MIS SUEGROS**

Por su apoyo que me han brindado, sus consejos y palabras de aliento. Con cariño y respeto.

### **A CARLOS**

Por tu compañía en los momentos más felices pero sobre todo en los adversos, por caminar a mi lado persiguiendo un mismo objetivo. Gracias por tu comprensión y amor. Te amo.

### **A JOHEMY SAMANTHA**

Porque eres la alegría que llena mi vida, estímulo de lucha y motivo de superación constante, por tu inocencia y amor. Dios te bendiga, te amo.

### **A MIS MAESTROS**

Quienes me han aportado experiencias invaluable para mi formación profesional. En especial al Maestro Luis Flores entrañable amigo a quien admiro y respeto, a mi asesor el Maestro David Moisés Terán por su experiencia y profesionalismo, al Ing. Noé González Rosas por sus valiosos consejos. Con afecto.

“El cambio en la vida de la gente de éxito suele surgir en el momento de alguna crisis a través de la cual es presentado su verdadero Yo”

**Napoleón Hill**

**María Johemia Medina Oliva**

## INTRODUCCIÓN.

Que los dibujantes de tiras cómicas y los programadores de música en salones de fiesta comiencen a dar sus direcciones de correo electrónico a sus seguidores, es un signo de la creciente *Interconectividad* que define la forma de comunicación con la gente y con las Instituciones que interesan. La Internet y la *web* (World Wide Web) apuntan a una auténtica colaboración a una escala global. A través de un Ordenador Digital y de un MODEM, un músico en la Escuela Nacional de Música de la UNAM en México, puede tener acceso directo a los recursos de *L'Institute pour la Recherche et Coordination Acoustique et Musique* en París.

Las *Redes* están cambiando las formas de comercio y las formas de vida en general. Las decisiones comerciales se toman cada vez más rápidamente y los que las toman requieren acceso inmediato a información exacta. Pero antes de preguntar lo rápido que es posible conectarse; es necesario, saber cómo funcionan las *Redes*, qué tipo de Tecnología está disponible y qué diseño se ajusta mejor a cada conjunto de necesidades. Cuando una Empresa añade una nueva División o Departamento, la Tecnología debe ser lo suficientemente flexible para reflejar los cambios de configuración. ¿Es un diseño determinado, suficientemente robusto (completo) como para poder adaptarse al crecimiento? Conocer las posibilidades de las *Redes* y cuándo usar cada tipo de Tecnología es esencial para establecer el sistema correcto en los entornos de información actuales que cambian dinámicamente.

El desarrollo del Ordenador Personal, ha significado cambios extraordinarios para los Negocios, la Industria, la Ciencia y la Educación. La Tecnología de Procesamiento de la Información (TPI), antaño bajo el dominio de técnicos altamente entrenados, se ha convertido en algo suficientemente amigable para poder ser utilizado por usuarios y trabajadores no especializados. Pronto los Vendedores, Contadores, Docentes, Investigadores, Secretarías, Gestores, Médicos, Abogados, etcétera; comenzaron a diseñar sus propias hojas de cálculo, presentaciones, documentos y Bases de Datos. Las Empresas y las Universidades comenzaron a construir *Redes* para facilitar la Gestión (Administración) de la Información. A medida que se instalaron estas *Redes*, los equipos tradicionales que habían proporcionado transmisiones pasivas con los grandes ordenadores digitales centrales, quedaron obsoletos y paulatinamente fueron eliminados.

Una revolución similar está sucediendo en la *Red de telecomunicaciones*. Los avances tecnológicos están haciendo posible que los enlaces de comunicaciones puedan transmitir señales más rápidamente y con más capacidad. Como resultado, los servicios están evolucionando para permitir el uso de nuevas capacidades, incluyendo ampliaciones a servicios telefónicos ya existentes como: conferencias múltiples, llamada en espera, correo a través de la *web* e identificación de llamadas; los nuevos servicios digitales incluyen videoconferencias y recuperación de la información.

El desarrollo de la Arquitectura de Sistemas (*Hardware*) adecuado ha sido uno de los retos que han tenido que afrontar los diseñadores de *Redes*, pero de ninguna forma ha sido el único. Diseñar conexiones entre Ordenadores Personales, Estaciones de Trabajo y otros dispositivos digitales requiere una buena comprensión de las necesidades de los usuarios. ¿Cómo fluye la información?, ¿Quién está compartiendo datos y qué tipo de datos se comparten?, ¿Qué distancia física tiene que viajar la información?, ¿Están los datos compartidos limitados a varios Ordenadores Personales dentro de una oficina, o también deben compartirse los datos con oficinas en el área local o con un impredecible número de suscriptores a lo largo del mundo. De hecho, para gestionar efectivamente su negocio, muchas instituciones actuales deben disponer de más de un tipo de *Red*.

## **OBJETIVO GENERAL.**

**Describir el uso de Tecnologías Emergentes en la Transmisión de Datos. Caso: Jerarquía Digital Síncrona (SDH) y Modo de Transferencia Asíncrono, (ATM).**

## **OBJETIVOS PARTICULARES.**

- 1.- Establecer los conceptos sobre Redes de Comunicaciones.
- 2.- Establecer los Fundamentos de la Jerarquía Digital Síncrona, (SDH).
- 3.- Determinar el Funcionamiento de la Jerarquía Digital Síncrona, (SDH).
- 4.- Describir el Modo de Transferencia Asíncrono, (ATM).
- 5.- Establecer la Aplicación de la Jerarquía Digital Síncrona, (SDH) y del Modo de Transferencia Asíncrono, (ATM).

# CAPÍTULO I.

## CONCEPTOS SOBRE REDES DE COMUNICACIONES.




### 1.1. Transmisión de Datos.

Cuando se establece una comunicación, se está compartiendo información. Esta compartición puede ser local o remota. Entre los individuos, la comunicación local se produce habitualmente *cara a cara*; mientras que la comunicación remota tiene lugar a través de la distancia. El término **Telecomunicación**, que incluye Telefonía, Telegrafía y Televisión, significa comunicación a distancia (*tele* en griego, significa “lejos”).

La palabra *datos* se refiere a hechos, conceptos e instrucciones presentados en cualquier formato acordado entre las partes que crean y utilizan dichos datos. En el contexto de los Sistemas de Información basados en Ordenadores, los datos se representan en unidades de información Binaria (o Bits) producidos y consumidos en forma de “0” y “1” lógicos.

La **Transmisión de Datos** es el intercambio de datos (en forma de “0” y “1” lógicos) entre dos dispositivos a través de alguna forma de medio de transmisión (como un cable). La transmisión de datos se considera local si los dispositivos de comunicación están en el mismo edificio o en un área geográfica restringida, y se considera remota si los dispositivos están separados por una distancia considerable. (Herrera Pérez, 2001).

Para que la transmisión de datos sea posible, los dispositivos de comunicación deben ser parte de un sistema de comunicación formado por *Hardware* y *Software*. La efectividad del sistema de comunicación de datos depende de tres características fundamentales:

-  **Entrega.**- El sistema debe entregar los datos en el destino correcto. Los datos deben ser recibidos por el dispositivo o usuario adecuado, y solamente por ese dispositivo o usuario.
-  **Exactitud.**- El sistema debe entregar los datos con exactitud. Los datos que se alteran en la transmisión son incorrectos y no se pueden utilizar.
-  **Puntualidad.**- El sistema debe entregar los datos con puntualidad. Los datos entregados tarde son inútiles. En el caso del vídeo, el audio y la voz; la entrega puntual significa entregar los datos a medida que se producen, en el mismo orden en que se producen y sin un retraso significativo. Este tipo de entrega se llama *transmisión en tiempo real*.

#### 1.1.1. Componentes.

Un sistema de transmisión de datos (Forouzan, 2002), está formado por cinco componentes: (Ver Figura 1.1).

**1.- Mensaje.**- Es la Información<sup>1</sup> o Datos<sup>2</sup> a comunicarse. Puede estar formado por texto, números, gráficos, sonido o vídeo (o cualquier combinación de los anteriores).

**2.- Emisor.**- Es el dispositivo que envía los datos del mensaje. Puede ser un Ordenador, una Estación de Trabajo, un Teléfono, una Videocámara o cualquier otro periférico.

**3.- Receptor.**- Es el dispositivo que recibe el mensaje. Puede ser un Ordenador, una Estación de Trabajo, un Teléfono, una Televisión o cualquier otro dispositivo periférico.

---

<sup>1</sup> Información.- Es la agrupación ordenada, sistematizada, organizada y significativa de los datos.

<sup>2</sup> Datos.- Es la representación numérica de una constante o de una variable.

**4.- El Medio.-** El medio de transmisión es el camino físico por el cual viaja el mensaje del Emisor al Receptor. Puede estar formado por un cable de par trenzado (telefónico), un cable coaxial, un cable de fibra óptica, un láser u ondas de radio (terrestres o microondas de satélite).

**5.- Protocolo.-** Es un conjunto de reglas que gobiernan la transmisión de datos. Representa un acuerdo entre los dispositivos que se comunican. Sin un Protocolo, dos dispositivos pueden estar conectados, pero no comunicarse, igual que una persona que hable francés no podría ser comprendida por una que sólo hable árabe.

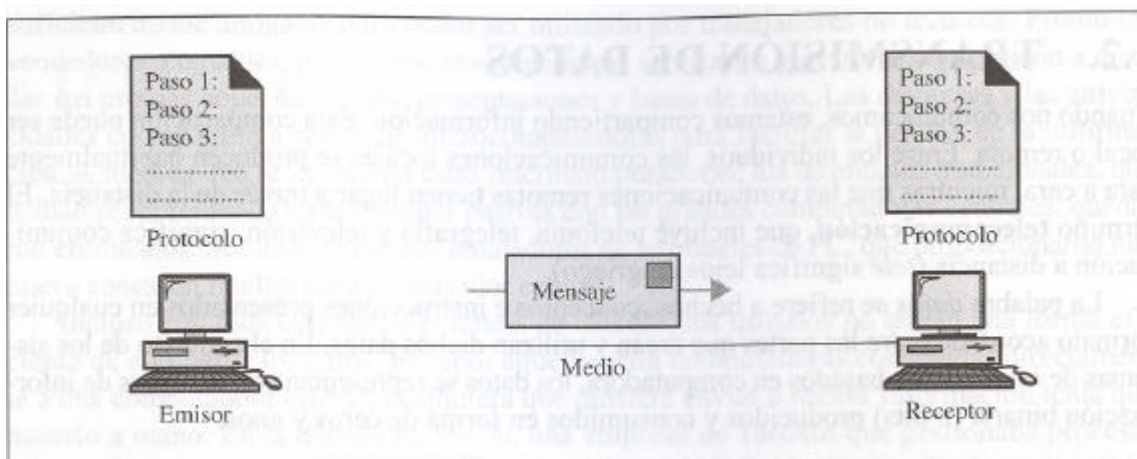


Figura I.1.- Componentes de un Sistema de Transmisión de Datos.

## 1.2. Redes.

Una *Red* es un conjunto de dispositivos (a menudo denominados nodos) conectados por enlaces de un medio físico. Un nodo puede ser un Ordenador, una Impresora o cualquier otro dispositivo capaz de enviar y/o recibir datos generados por otros nodos de la *Red*. Los enlaces conectados con los dispositivos se denominan a menudo canales de comunicación.

### 1.2.1. Procesamiento Distribuido.

Las *Redes* usan **procesamiento distribuido** en el aspecto en que una tarea está dividida entre múltiples Ordenadores. (Bellamy, 1991). En lugar de usar una única máquina grande responsable de todos los aspectos de un proceso, cada Ordenador individual (habitualmente un Ordenador Personal o una Estación de Trabajo) maneja un subconjunto de ellos. Algunas ventajas del procesamiento distribuido son las siguientes:

❖ **Seguridad/Encapsulación.** Un diseñador de sistemas puede limitar el tipo de interacciones que un determinado usuario puede tener con el sistema completo. Por ejemplo, un Banco puede permitir a los usuarios acceder solamente a su propia cuenta a través de un Cajero Automático, sin permitirles acceder a la Base de Datos completa del Banco.

❖ **Bases de Datos Distribuidas.** - Ningún sistema necesita proporcionar una capacidad de almacenamiento para toda la Base de Datos. Por ejemplo, la *web* da acceso a los usuarios a información que pueda estar siendo almacenada y manipulada realmente en cualquier parte de Internet.



❖ **Resolución más Rápida de Problemas.**- Múltiples Ordenadores que trabajan en partes de un problema de forma concurrente a menudo pueden resolver el problema más rápidamente que una única máquina que trabaje en dicho problema. Por ejemplo, las *Redes de Ordenadores* han descubierto códigos de cifrado que se presumían indescifrables debido a la cantidad de tiempo que supondría hacerlo con un único Ordenador Digital.

❖ **Seguridad mediante Redundancia.**- Múltiples Ordenadores ejecutando el mismo programa al mismo tiempo pueden proporcionar un mecanismo de seguridad a través de la redundancia. Por ejemplo, en la lanzadera espacial hay tres Ordenadores que ejecutan el mismo programa, de forma que si una tiene un error de *Hardware* o de *Software*, las otras pueden solventarlo.

❖ **Proceso Cooperativo.**- Tanto múltiples Ordenadores, como múltiples Usuarios pueden interactuar para llevar a cabo una tarea. Por ejemplo, en los juegos multiusuario que hay en la *Red* las acciones de cada jugador son visibles y afectan a los demás.

### 1.2.2. Criterios de Redes.

Para que sea considerada efectiva y eficiente una *Red* debe satisfacer un cierto número de criterios (Bellamy, 1991). Los más importantes son: las prestaciones, la fiabilidad y la seguridad (ver figura 1.2).

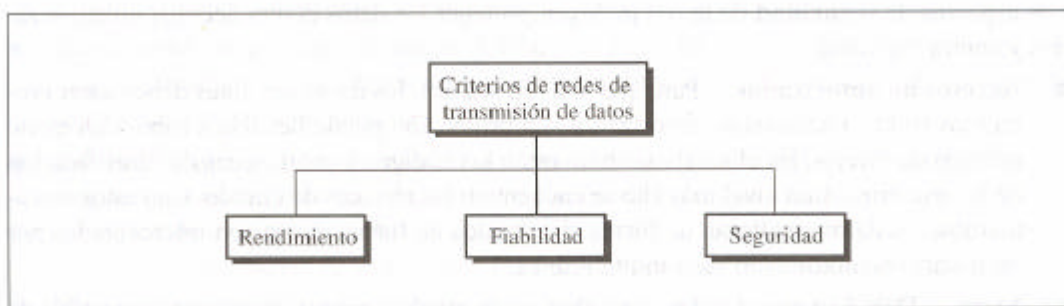


Figura 1.2.- Criterios de Redes.

**Prestaciones.** - Las prestaciones se pueden medir de muchas formas, incluyendo el tiempo de tránsito y el tiempo de respuesta. El tiempo de tránsito es la cantidad de tiempo necesario para que un mensaje viaje de un dispositivo a otro. El tiempo de respuesta es el tiempo transcurrido entre una petición y una respuesta. Las prestaciones de una *Red* dependen de un cierto número de factores, incluyendo el número de usuarios, el tipo de medio de transmisión, las capacidades de los dispositivos *Hardware* conectados y la eficiencia del *Software*.

**1.- Número de Usuarios.** - La existencia de un gran número de usuarios concurrentes puede retrasar el tiempo de respuesta en una *Red* no diseñada para coordinar un gran volumen de tráfico. El diseño de una *Red* dada se basa en una estimación del número medio de usuarios que estarán en comunicación al mismo tiempo. Sin embargo, en los periodos de carga, el número real de usuarios puede exceder con mucho la media y por tanto, causar una disminución de las prestaciones. La forma en que una *Red* responde a la carga es una medida de su rendimiento.

**2.- Tipo de Medio de Transmisión.** - El medio define la velocidad a la cual se pueden enviar los datos a través de una conexión (la tasa de datos). Las redes actuales están consiguiendo cada vez medios de transmisión más y más rápidos, como los cables de fibra óptica.

Un medio que puede transportar datos a 100 Mbps es diez veces más potente que un medio que puede transportar datos a solamente 10 Mbps. Sin embargo, la velocidad de la luz supone un límite superior en la tasa de datos.

**3.- Arquitectura del Sistema (Hardware).**- El tipo de *Hardware* incluido en la *Red* afecta tanto a la velocidad como a la capacidad de transmisión de la misma. Un Ordenador Digital de alta velocidad con una gran capacidad de almacenamiento da lugar a mejores prestaciones.

**4.- Paquetes y Programas (Software).**- El *Software* utilizado para procesar los datos en el Emisor, el Receptor y los nodos intermedios afecta también las prestaciones de la *Red*. Llevar un mensaje de un nodo a otro a través de una *Red* significa una cierta carga de procesamiento para transformar los datos primarios a señales transmisibles, para encaminar estas señales al destino apropiado, para asegurar una entrega libre de errores y para reconvertir las señales en un formato que pueda utilizar el Usuario. El *Software* que proporciona estos servicios afecta tanto la velocidad como la fiabilidad del enlace en la *Red*. Un *Software* bien diseñado puede acelerar el proceso y hacer que la transmisión sea más efectiva y más eficiente.

**Fiabilidad.**- Además de tener en cuenta la exactitud de la entrega, la fiabilidad de la *Red* se mide por la frecuencia de fallo, el tiempo que le cuesta al enlace recuperarse del fallo y la robustez de la *Red* dentro de una catástrofe.

**1.- Frecuencia de Fallo.**- Todas las *Redes* fallan ocasionalmente. Sin embargo, una *Red* que falla a menudo es muy poco útil para los usuarios.

**2.- Tiempo de Recuperación de una Red después de un Fallo.**- ¿Cuánto cuesta restaurar el Servicio? Una *Red* que se recupera rápidamente, es más útil que una que no lo hace.

**3.- Catástrofe.**- Las *Redes* deben estar protegidas de eventos catastróficos tales como: fuego, terremotos, inundaciones y robo(s). Una protección adecuada contra un daño imprevisto (para lograr un *Sistema de Red fiable*), es tener copias de respaldo del *Software* de la *Red*.

**Seguridad.**- Los aspectos de **seguridad** de la *Red* incluyen proteger los datos contra accesos no autorizados y contra virus informáticos.

**1.- Accesos No Autorizados.**- Para que una *Red* sea útil, los datos sensibles deben estar protegidos frente a accesos no autorizados. La protección puede llevarse a cabo en un cierto número de niveles. En el nivel más bajo están los códigos y contraseñas de identificación de los usuarios. A un nivel más alto se encuentran las técnicas de cifrado. Con estos mecanismos, los datos se alteran de forma sistemática de forma que si son interceptados por un usuario no autorizado, sean ininteligibles.

**2.- Virus.**- Debido a que *Redes* accesible desde muchos puntos, puede ser susceptible de sufrir ataques de virus informáticos. Un virus es un código que se ha introducido en la *Red* ilícitamente, y que genera daños en el sistema. Una buena *Red* está protegida ante ataques de virus informáticos mediante mecanismos de *Software* y *Hardware* diseñados específicamente para ese propósito.

**Aplicaciones.**- En el corto espacio de tiempo que llevan en funcionamiento, las *Redes de Transmisión de Datos*, se han convertido en una parte indispensable de los negocios, la industria, el entretenimiento, la educación, etcétera. Algunas de las aplicaciones de las *Redes* en distintos campos son las siguientes:

**1.- Mercadeo y Ventas (Marketing).**- Las *Redes de Ordenadores* se usan extensamente en las organizaciones de ventas y mercadeo. Los profesionales del mercadeo las usan para recolectar, intercambiar y analizar datos relacionados con las necesidades de los clientes y con los ciclos de desarrollo de productos.

Las aplicaciones de ventas incluyen la televenta que capta pedidos por Ordenador o los teléfonos conectados a una *Red de Procesamiento de Pedidos*, así como los servicios de reserva interactiva para hoteles, líneas aéreas y otros muchos.

**2.- Servicios Financieros.** - Los servicios financieros actuales son totalmente dependientes de las *Redes de Computadoras*. Las aplicaciones incluyen búsqueda de historia de créditos, intercambio de moneda extranjera y servicios de investigación y transferencia electrónica de fondos (EFT, *Electronic Funds Transfer*), las cuales permiten a un Usuario transferir dinero sin ir a un Banco (un Cajero Automático es un tipo de transferencia electrónica de fondos; el depósito automático de cheques, es otra).

**3.- Fabricación.**- Las *Redes de Ordenadores* se usan actualmente en muchos ámbitos de la fabricación, incluyendo el proceso de fabricación en sí mismo. Dos aplicaciones que usan *Redes* para proporcionar servicios esenciales son el Diseño Asistido Por Computadora (CAD) y la Fabricación Asistida por Computadora (CAM), las cuales permiten que múltiples usuarios trabajen simultáneamente en un Proyecto.

**4.- Mensajería Electrónica, (e-mail).**- Probablemente, la aplicación de las *Redes* más extendida es el Correo Electrónico (*e-mail*).

**5.- Servicios de Directorios.** - Los servicios de directorios permiten almacenar listas de archivos en una localización centralizada para acelerar las operaciones de búsqueda a nivel mundial.

**6.- Servicios de Información.**- Los *Servicios de Información de la Red* incluyen boletines y Bancos de Datos. Un Servidor *web* que ofrezca especificaciones técnicas para un producto nuevo es un servicio de información.

**7.- Intercambio Electrónico de Datos, (EDI).**- El EDI permite la transmisión de información comercial (incluyendo documentos tales como pedidos y facturas), sin usar papel.

**8.- Teleconferencia.**- La Teleconferencia permite llevar a cabo conferencia(s) sin que los participantes estén en el mismo lugar. Las aplicaciones incluyen conferencias sencillas de texto (donde los participantes se comunican a través de teclados), conferencias de voz (donde los participantes en un cierto número de localidades se comunican simultáneamente a través del teléfono) y videoconferencias (donde los participantes pueden verse mientras hablan entre sí).

**9.- Teléfono Celular.**- En el pasado, dos socios que quisieran utilizar los servicios de la compañía telefónica tenían que estar enlazados por una conexión física fija. Las *redes celulares* actuales hacen posible mantener conexiones con teléfonos móviles incluso mientras se está viajando a largas distancias.

**10.- Televisión por Cable.**- Los servicios futuros a proporcionar por la *Red de Televisión por Cable* pueden incluir vídeo bajo demanda, así como la misma información, financiera y servicios de comunicación actualmente proporcionados por las compañías telefónicas y las *Redes de Ordenadores*.

### 1.3. *Protocolos y Normas (Estándares).*

#### 1.3.1. Protocolo.

En las *Redes de Ordenadores*, la comunicación se lleva a cabo entre distintas entidades de distintos sistemas. Una entidad es cualquier "cosa" capaz de enviar o recibir información. Algunos ejemplos, incluyen programas de aplicación, paquetes de transferencia de archivos, navegadores, sistemas de gestión de Bases de Datos y *Software* de Correo Electrónico.

Un sistema es un objeto físico que contiene una o más entidades. Algunos ejemplos incluyen los Ordenadores y las Terminales. (Maynard, 1984).

Pero no basta con que dos entidades se envíen flujos de Bits entre sí para que se entiendan. Para que realmente exista comunicación, las entidades deben estar de acuerdo en un Protocolo. Un Protocolo define qué se comunica, cómo se comunica, cuándo se comunica y para qué se comunica. Los elementos clave de un Protocolo son:

- ◆ **Sintaxis.** - Ésta se refiere a la estructura del formato de los datos; es decir, el orden en el cual se presentan. Por ejemplo, un Protocolo sencillo podría esperar que los primeros 8 bits de datos fueran la dirección del Emisor, los segundos 8 bits la dirección del Receptor y el resto del flujo fuera el mensaje mismo.
- ◆ **Semántica.** - Ésta se refiere al significado de cada sección de bits. ¿Cómo se interpreta un determinado patrón y qué acción se toma basada en dicha representación? Por ejemplo, ¿una dirección identifica la ruta a tomar o el destino final del mensaje?
- ◆ **Temporización.** - Ésta define dos características: cuándo se deberían enviar los datos y con qué rapidez deberían ser enviados. Por ejemplo; si un Emisor produce datos a una velocidad de 100 Mbps, pero el Receptor puede procesar datos solamente a 1 Mbps, la transmisión sobrecargará al Receptor y se perderá gran cantidad de datos.

### 1.3.2. Normas (Estándares).

Con la existencia de tantos factores a sincronizar; es necesario, llevar a cabo un gran trabajo de coordinación entre los nodos de una *Red* si se quiere que haya algún tipo de comunicación, independientemente de que sea exacta y eficiente. Un único fabricante puede construir todos sus productos para que funcionen bien entre sí, pero, ¿qué pasa si alguno de los componentes que necesita no están hechos por la misma Empresa?

Donde no hay Normas (Estándares) surgen las dificultades. Los automóviles son un claro ejemplo de productos no Normalizados (Estandarizados). Por ejemplo, un volante de una marca y un modelo de un automóvil no vale en general para otra marca de modelo si no se hace una modificación. Una Norma (Estándar) proporciona un modelo de desarrollo que hace posible que un producto funcione adecuadamente con otros, sin tener en cuenta quién lo ha fabricado.

Las Normas son esenciales para crear y mantener un mercado abierto y competitivo entre los fabricantes de los equipos y para garantizar la interoperabilidad nacional e internacional de los datos y la tecnología y los procesos de Telecomunicaciones. Proporcionan guías a los fabricantes, vendedores, agencias de gobierno y otros proveedores de servicios, para asegurar el tipo de interconectividad necesario en los mercados actuales y en las comunicaciones internacionales.

Si las Normas no están bien pensadas, pueden retrasar el desarrollo debido a que pueden forzar la adhesión a desarrollos bisonños y, muy probablemente, inflexibles. Pero el pragmatismo actual y la presión de los consumidores ha forzado a la industria a reconocer la necesidad de modelos generales y hay un acuerdo global de lo que deben ser estos modelos. La inteligencia y la previsión de los diseñadores parecen ser tales que las Normas que están siendo adoptadas actualmente facilitarían más que retrasarían el desarrollo técnico.

Los Estándares de Transmisión de Datos, se pueden clasificar en dos categorías: *De Facto* (que quiere decir de Hecho o por Convención) y *De Jure* (que quiere decir por Ley o por Regulación).

Los **Estándares de Jure**, son aquellos que han sido legislados por un Organismo oficialmente reconocido. Los Estándares que no han sido aprobados por una Organización reconocida, pero han sido aprobados como Estándares por su amplio uso, son **Estándares de Facto**. Los Estándares de Facto son establecidos a menudo por fabricantes que quieren definir la funcionalidad de un nuevo producto de Tecnología. (Ver Figura 1.3).

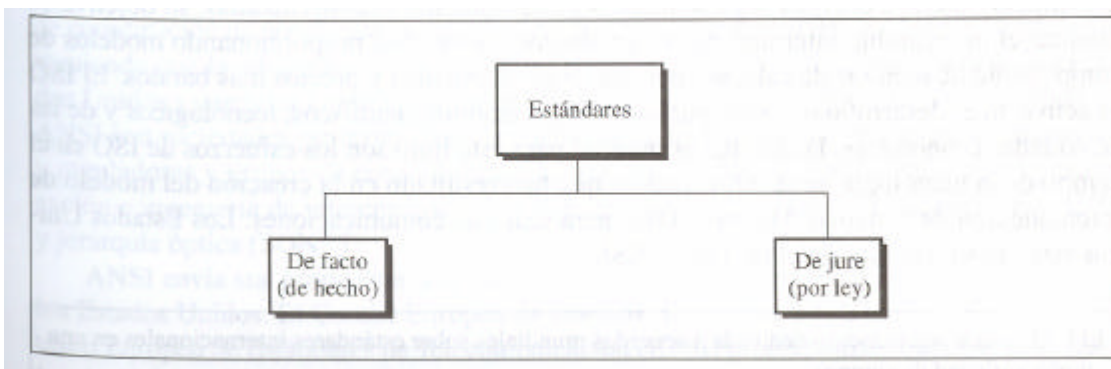


Figura I.3. - Categorías de Estándares.

Los **Estándares de Facto** se pueden subdividir en dos clases: *Propietario* y *No Propietario*. Los Estándares de Propietario son aquellos originalmente inventados por una Organización Comercial como base para el funcionamiento de sus productos. Se llaman de propietario porque son propiedad de la Compañía que los desarrolló. Estos Estándares también se llaman *Estándares Cerrados*, porque cierran o entorpecen las comunicaciones entre sistemas producidos por distintos vendedores. Los Estándares No propietarios son aquellos originalmente desarrollados por Comités o Grupos que los han transferido al dominio público; también se llaman *Estándares Abiertos* porque abren las comunicaciones entre distintos sistemas.

#### 1.4. Organizaciones de Estandarizaciones (Normalización).

Los Estándares son desarrollados mediante la cooperación entre **Comités de Creación de Estándares, Foros y Agencias Reguladoras** de los gobiernos.

##### 1.4.1. Comités de Creación de Estándares.

Aunque hay muchas organizaciones que se dedican a la definición y establecimiento de Estándares para datos y comunicaciones, en los Estados Unidos de América, se confía fundamentalmente en aquellos publicados por los siguientes:

The International Standards Organization, (ISO).

The International Telecommunications Union-Telecommunication Standards Sector (ITU-T), anteriormente, el CCITT).

The American National Standard Institute, (ANSI).

The Institute of Electrical and Electronics Engineers, (IEEE).

The Electronic Industries Association, (EIA).

Telcordia.

**ISO.-** Es un Organismo Multinacional cuyos miembros provienen fundamentalmente de los Comités de creación de Estándares de varios gobiernos a lo largo del Mundo. Creado en 1947, el ISO es una Organización totalmente voluntaria dedicada a acuerdos mundiales sobre Estándares Internacionales. Con un número de miembros que actualmente incluye cuerpos representativos de 82 naciones industrializadas, su objetivo es facilitar el intercambio internacional de productos y servicios, proporcionando modelos de compatibilidad, mejoras de calidad, mejoras de productividad y precios más baratos. El ISO es activo en el desarrollo de la cooperación en los ámbitos científicos, tecnológicos y de las actividades económicas. De interés primordial son los esfuerzos de ISO en el campo de la Tecnología de la Información, que han resultado en la creación de el Modelo de Interconexión de Sistemas Abiertos (OSI) para *Redes de Comunicaciones*.

**ITU-T.-** A principios de la década de los años 70, un cierto número de países estaba definiendo estándares nacionales para Telecomunicaciones, pero a pesar de ello seguía habiendo muy poca compatibilidad internacional. Las Naciones Unidas respondieron a este problema formando, como parte de su Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU), un Comité denominado Comité Consultivo para la Telefonía y la Telegrafía Internacional (CCITT). Este Comité estaba dedicado al desarrollo y establecimiento de Estándares para Telecomunicaciones en general y para la Telefonía y los Sistemas de Datos en particular. El primero de Marzo de 1993, el nombre de este Comité cambió a Unión Internacional de Telecomunicaciones – Sector de Estándares de Telecomunicaciones (ITU-T).

La ITU-T está dividida en grupos de estudios, cada uno de los cuales se dedica a aspectos distintos de la Industria. Los comités nacionales como ANSI en los Estados Unidos de América y el CEPT en la Unión Europea) envían propuestas a estos grupos de estudio. Si los grupos de estudio están de acuerdo, la propuesta es ratificada y se convierte en una parte de los Estándares de la ITU-T, que se emiten cada 4 años. Los Estándares mejor conocidos de la ITU-T son las series: V (V.32, V.33, V.42) que definen la transmisión de datos a través de líneas telefónicas; la serie X (X.25, X.400, X.500) que define la transmisión a través de redes digitales públicas; correo electrónico, servicios de directorios y la Red Digital de Servicios Integrados (RDSI), que incluyen parte de las otras series y definen la emergente Red Digital Internacional. Los productos actuales incluyen una ampliación de RDSI llamada RDSI de Banda Ancha, conocida popularmente como la Autopista de la Información.

**ANSI.-** A pesar de su nombre, el Instituto Nacional Americano para la Estandarización (ANSI), es una Corporación completamente privada sin ánimo de lucro que no tiene ninguna relación con el Gobierno Federal de los Estados Unidos de América. Sin embargo, todas las actividades de ANSI están orientadas hacia el desarrollo de ese país, y sus ciudadanos tienen una importancia primordial. Los objetivos expresados por ANSI incluyen servir como una Institución de coordinación nacional para la Estandarización voluntaria dentro de ese país, persiguiendo que la adopción de los Estándares permita hacer avanzar la Economía estadounidense y asegurar la participación y la protección del interés público. Los miembros de ANSI son sociedades profesionales, asociaciones de la industria, agencias gubernamentales y reguladoras y grupos de consumidores. Los temas actuales de discusión incluyen planificación e ingeniería de interconexión de redes; servicios, señalización y arquitecturas RDSI; y jerarquía óptica (SONET).

ANSI envía sus propuestas a la ITU-T y es un miembro con derecho a voto del ISO de los Estados Unidos de América. El Comité Europeo de Correos, Telégrafos y Teléfonos (CEPT) y el Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicación (ETSI) proporcionan servicios similares a los de ANSI en la Unión Europea.

**IEEE.-** El IEEE es la mayor sociedad profesional de Ingeniería del Mundo. De ámbito internacional, sus objetivos son el desarrollo de la teoría, la creatividad y la calidad de los productos en el campo de la Ingeniería Eléctrica, la Electrónica y la Radio, así como otras ramas relacionadas de la Ingeniería. Como uno de sus objetivos principales, el IEEE prevé el desarrollo y adopción de Estándares internacionales para computación y comunicación. El IEEE tiene un Comité especial para las Redes de Área Local (LAN), del cual ha surgido el Proyecto 802.

**EIA.-** En la línea de ANSI es una Organización sin ánimo de lucro dedicado a la promoción de aspectos de la fabricación electrónica. Sus objetivos incluyen despertar el interés de la educación pública y hacer esfuerzos para el desarrollo de los Estándares. En el campo de la tecnología de la información, la EIA ha hecho contribuciones significativas mediante la definición de interfases de conexión física y de especificaciones de señalización eléctrica para la comunicación de datos. En particular, el EIA-232-D; EIA-449 y EIA-530, que definen la transmisión serie entre dos dispositivos digitales.

**Telcordia.**- Anteriormente llamado *Bellcore*, es un producto de los Laboratorios Bell. Telcordia proporciona recursos de investigación y desarrollo para la innovación de las tecnologías de telecomunicaciones. Es una fuente importante de primeras versiones de Estándares para ANSI.

## CAPÍTULO II.



### FUNDAMENTOS DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA, (SDH).

#### II.1. Fundamentos de SDH.

El objetivo de este capítulo es suministrar información sobre lo que en la actualidad se conoce como **Jerarquía Digital Síncrona, (SDH)**, que constituye el Estándar mundial para los sistemas de transmisión síncrona que suministrará a las empresas de comunicaciones una red flexible y económica. La meta es comprender satisfactoriamente el significado y la forma como trabaja SDH para, de ello, derivar la razón por la que la Comunidad de Telecomunicaciones está tan interesada en esta nueva Tecnología.

#### II.2. Definición de SDH.

SDH<sup>1</sup> significa en Español: Jerarquía Digital Síncrona, y es:

-  La Norma o el Estándar Internacional para una Red óptica de Telecomunicaciones de Alta Capacidad.
-  Un sistema de transporte digital síncrono enfocado a suministrar una infraestructura de Red de Telecomunicaciones más simple, económica y flexible.

En Noviembre de 1988 se aprobaron los primeros Estándares SDH (G.707, G.708 y G.709). Éstos definen las velocidades de transmisión, el formato de señal, las estructuras de multiplexaje y mapeo tributario para la Interfase Nodal de Red (INR) que constituye la interfase estándar internacional para la Jerarquía Digital Síncrona.

Además de la definición de los Estándares que cubren la INR, el CCITT se dedicó a obtener una serie de estándares para gobernar la operación de multiplexores síncronos (G.781, G.782 y G.783), y la administración de la red SHD (G.784). La estandarización de estos aspectos del equipo SDH es lo que permitirá la flexibilidad que requieren las empresas de comunicaciones para manejar de manera económica el crecimiento de ancho de banda y el suministro de los nuevos servicios a clientes que se espera en la siguiente década.

El concepto de Sistema de Transporte Síncrono, en base a Estándares SDH, va más allá de las necesidades básicas de un sistema de transmisión de punto a punto para incluir los requerimientos de interconexión, conmutación, transmisión y control de Red de Telecomunicaciones. Estas posibilidades permiten que SDH se emplee en las tres áreas tradicionales de aplicación de las Redes: *Red Local*, *Red Intercentral* y *Red de Largo Alcance*. Consecuentemente, SDH suministra una infraestructura unificada de Red de Telecomunicaciones.

#### II.3. Los Nuevos Requerimientos de Red.

Las redes actuales (tradicionales) de alta capacidad fueron desarrolladas en una época en la que la transmisión de punto a punto era el requerimiento predominante de red. Para satisfacer este requisito, el método normal para la Administración y Mantenimiento de la Red era el empleo de marcos de distribución manual para acceder a las señales individuales. Ahora, este panorama ha pasado de moda. Además, se ha encontrado que las redes existentes limitan fuertemente la habilidad de los operadores de red para responder a las demandas de un mercado en evolución de telecomunicaciones.

---

<sup>1</sup> SDH es *Synchronoua Digital Hierarchy*.



El principal requisito de las compañías operadoras de redes modernas es poder suministrar una respuesta más rápida al abastecimiento de circuitos y servicios a los abonados. Su meta final es proveer a sus clientes del control en línea del Ancho de Banda de circuito y de los servicios.

Para satisfacer estos requisitos, las empresas operadoras de redes necesitan mejorar su habilidad para manejar el Ancho de Banda disponible en sus redes y necesitan hacerlo de manera económica. En consecuencia, el requisito de red que ahora predomina es la integración de redes de telecomunicaciones soportadas por un sistema más avanzado de Administración y Mantenimiento a base de equipos de cómputo.

#### II.4. Principio de la Red Tradicional de Alta Capacidad.

Las redes de transmisión de alta capacidad actuales, se basan en una Jerarquización de Señales Digitales Multiplexadas como se muestra en la Figura II.1. Las señales tributarias de más baja tasa de Bits (por ejemplo, 2048 Mbps), se multiplexan en pasos asíncronos fijos para formar y transmitir una señal con tasa más alta de Bits.

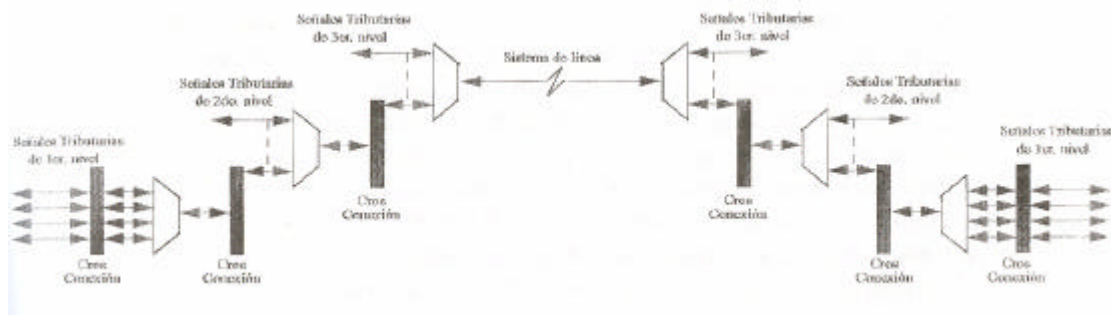


Figura II.1. - Jerarquización de Señales Digitales Multiplexadas.

El acceso a las señales tributarias individuales en cada nivel de la Jerarquía, para propósitos de enrutamiento y de prueba, se consigue mediante puntos de conexión de cruce de señal en el nivel apropiado de la estructura de multiplexaje. Nótese que debido a la naturaleza asíncrona del multiplexaje, para lograr acceso a la señal de 2048 Mbps para fines de reenrutamiento o de prueba, toda la estructura de la señal de línea se debe demultiplexar paso a paso hasta descender al nivel de 2048 Mbps.

En cada paso de multiplexaje, la tasa de bits de las señales tributarias individuales está controlada dentro de límites específicos y no está sincronizada con el equipo múltiplex. Debido a que las tasas de bits de los tributarios individuales están controladas dentro de límites específicos, este tipo de multiplexaje se conoce a menudo como **pleiósincrono**, que significa casi síncrono. Los tributarios individuales se sincronizan con el equipo en cada paso de multiplexaje mediante el proceso de **inserción positiva de bits (Justificación)**.

## II.5. Limitantes de la Red Tradicional de Alta Capacidad.

Las principales limitantes de las redes tradicionales actuales de alta capacidad son:

❖ **Inflexibles y Costosas.** - Para la conformación de Redes de Telecomunicaciones. La flexibilidad para propósitos de integración de redes se mide en términos de la accesibilidad a una señal tributaria individual, transportada por un sistema particular de línea, para poder reenrutarla. Los sistemas de línea de alta capacidad actuales no se consideran apropiados en este respecto toda vez que el acceso a cualquier señal tributaria no se puede obtener sin demultiplexar toda la señal de línea paso a paso hasta bajar al nivel adecuado. Desde la perspectiva de costos, ganar acceso a una señal tributaria para propósitos de reenrutamiento cubre la mitad del costo del equipo. La otra mitad, aparece después del reenrutamiento, pues la señal tributaria también se debe remultiplexar paso a paso para formar de nuevo la señal de línea y poder transmitirla. Esto hace que la Tecnología de multiplexaje plesiócrono sea una solución costosa para la construcción de Redes de Telecomunicaciones.

❖ **Capacidad de apoyo a Mantenimiento y Administración de Red sumamente Limitada.**- En su concepto original, las prácticas de Mantenimiento y Administración de Red de las redes actuales de alta capacidad, se basan en el cruce de conexión manual de señales y en las técnicas de prueba fuera de servicio. Por lo tanto, no había necesidad de agregar capacidad extra a las estructuras de trama de las señales multiplexadas para las funciones de Administración y Mantenimiento de Red. Sin embargo, ahora, la falta de capacidad de reserva de señal en estas estructuras de trama de señal limita frecuentemente las mejoras que se pueden hacer en las posibilidades de administración y manejo de red para sustentar una red futura.

❖ **Los Sistemas de Línea de Mayores Tasas son Particulares.**- Una limitante adicional de los sistemas de línea de alta capacidad actuales consiste en que no hay un Estándar común. Los fabricantes individuales de equipo de red tienen sus propios diseños. Consecuentemente, ambos extremos del sistema de línea se deben comprar al mismo fabricante. No hay posibilidad de que el equipo de diferentes marcas pueda interoperar.

## II.6. Ventajas de SDH.

Las principales ventajas de SDH son las siguientes:

❖ **Diseñado para la Integración de Redes de Telecomunicaciones de manera Flexible y Económica.**- Los Estándares SDH se basan en los principios del *Multiplexaje Síncrono Directo* que es la base para la integración flexible y económica de Redes de Telecomunicaciones. En esencia, significa que las señales tributarias individuales se pueden multiplexar directamente para formar una señal SDH de más alta tasa, sin la necesidad de etapas intermedias de multiplexaje. Los elementos de la Red SDH se pueden entonces interconectar directamente con considerables ahorros en costo y equipo en comparación con la red tradicional.

❖ **Suministra capacidad interconstruida de señal para la Administración y Mantenimiento Avanzado de Red.** En una Red flexible, se requieren posibilidades para la Administración y el Mantenimiento Avanzados con el objetivo de manejar y mantener de manera efectiva la flexibilidad. Aproximadamente, el 5% de la estructura de la señal SDH se asigna para soporte de las prácticas y procedimientos de Administración y Mantenimiento Avanzados.

❖ **Presenta Posibilidades Flexibles de Transporte de Señal.**- La señal SDH puede transportar todas las señales tributarias comunes que se encuentran en las Redes de Telecomunicaciones de hoy día. Esto quiere decir que SDH se puede desplegar como superpuesta a la Red existente y, en donde sea apropiado, proveer mayor flexibilidad de Red mediante el transporte de los tipos existentes de señal. Además, SDH tiene la flexibilidad de adoptar rápidamente los nuevos tipos de señales de servicio a la medida que los Operadores de Red desearán apoyar en el futuro.

◆ **Permite una Infraestructura única de Red de Telecomunicaciones.**- SDH se puede emplear en las tres áreas tradicionales de aplicación de las Telecomunicaciones: de largo alcance, Red Local y Red de Línea de Abonado. SDH por lo tanto, hace posible el surgimiento de una infraestructura unificada de Red de Telecomunicaciones. El hecho de que SDH suministre un Estándar común único para esta Red de Telecomunicaciones significa que el equipo suministrado por diferentes fabricantes se puede interconectar directamente.

## II.7. Multiplexaje Síncrono Directo.

El *Multiplexaje Síncrono Directo* mantiene el acceso de las señales tributarias individualmente dentro de la estructura de la señal multiplexada. Las señales tributarias individuales se pueden reenrutar; por lo tanto, mediante funcionalidad de conmutación digital contenida dentro de equipo de multiplexaje de red. La base de la verdadera flexibilidad en la formación de Redes de Telecomunicaciones viene de la capacidad para integrar la funcionalidad tanto del multiplexaje síncrono como de la conmutación digital dentro de un solo elemento de red. La Figura II. 2, ilustra los componentes que se necesitan para realizar el multiplexaje síncrono directo.

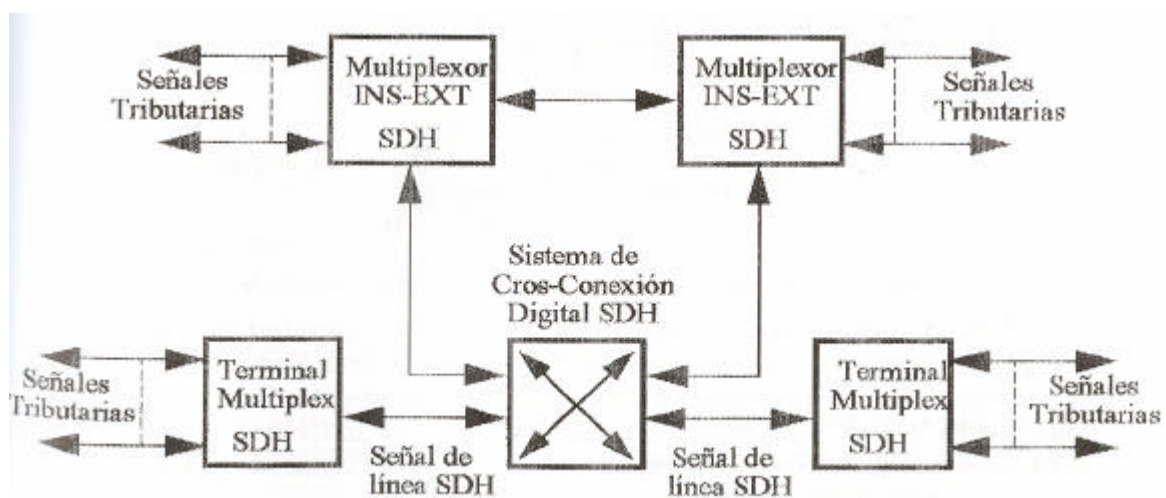


Figura II.2.- Multiplexaje Síncrono Directo.

Ahorros adicionales de equipo se pueden lograr integrando la interfase de línea con el multiplexaje y/o la conmutación tributaria. Esto facilitará la interconexión directa entre equipo SDH.

Un nuevo tipo de Elemento de Red (ER), el multiplexor de Inserción-Extracción (MIE)<sup>2</sup>, se ha hecho viable mediante la integración del multiplexaje síncrono y la conmutación digital. Existe gran interés en los Multiplexores de Inserción-Extracción (MIE), debido a la libertad que permiten en el diseño de las nuevas redes. De particular importancia es la arquitectura de anillo que se puede instrumentar con los MIE a diferentes niveles de capacidad en la Red SDH para proporcionar mayor flexibilidad en el manejo de ancho de banda de red.

<sup>2</sup> En inglés : ADM (Add Drop Multiplexor).

## II.8. Administración y Mantenimiento Integrados de Red.

La mayor flexibilidad en la integración de Redes de Telecomunicaciones que permite SDH sólo se puede manejar de manera efectiva con posibilidades igualmente flexibles de Administración y Mantenimiento de Red. El Control Asistido por Computadora de la Red es esencial, pero mucha de la funcionalidad de Administración y Mantenimiento es necesario delegarla y construirla en los elementos individuales de Red. Todo, se convierte en un sistema integrado de Administración y Mantenimiento de Red (ver Figura II.3).

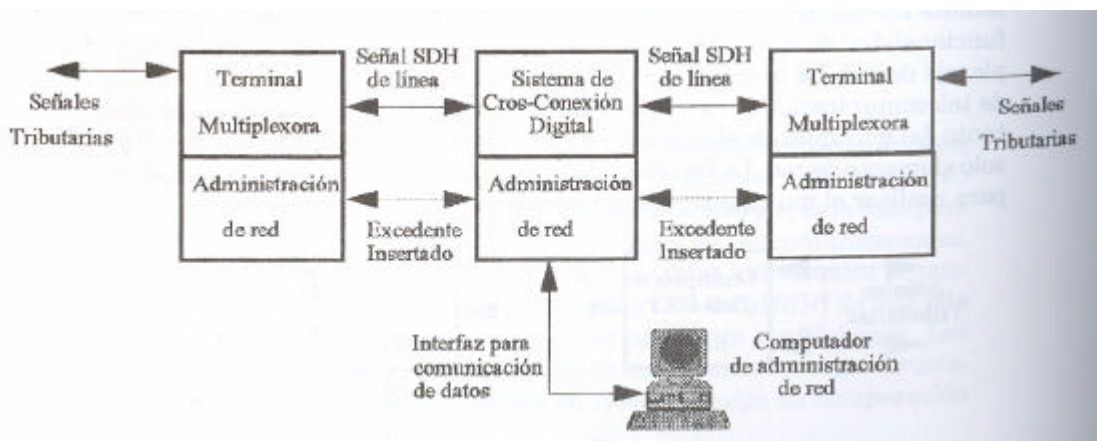


Figura II.3.- Administración y Mantenimiento Integrados de Red.

Toda la estructura de la señal SDH proporciona capacidad para señales de Administración y Mantenimiento de Red, más otras funciones. Estas señales adicionales a menudo se conocen como **excedente "embutido" o insertado**. Cuando se emplean canales excedentes individuales para las funciones de operación de la Red, se les conoce como **Canales de Control Insertados, (CCI)** Canales especiales de conmutación de datos (CCD), que suministran trayectorias de comunicación de datos entre equipo de Red SDH, se emplean como CCI en base a mensaje. Los elementos más grandes de Red SDH (como por ejemplo, los sistemas de Cross-Connection Digital (SCD) de Banda Ancha) se seleccionan para suministrar una interfase de acceso de comunicaciones de datos de regreso, hacia el Ordenador de Administración de Red. Así, por ejemplo, las posibilidades de monitoreo de funcionamiento construidas dentro de la señal SDH proporciona a los operadores de Red una base sonora para asegurar que la Calidad de Servicio (QoS) que se suministra al Cliente se mantiene. Además, si la Calidad de Servicio comienza a deteriorarse, por cualquier razón, se puede enviar de regreso al Ordenador de Administración de Red, vía los canales de comunicación de datos, también construidos dentro de la señal SDH, la información relevante. Si es apropiado, se puede entonces iniciar la acción correctiva y comunicárselo rápidamente de regreso al Equipo de Red SDH desde el Ordenador de Red sobre los mismos canales de comunicación de datos. La Administración en línea del Ancho de Banda de la Red SDH se vuelve entonces, una posibilidad real.

## II.9. Posibilidad de Transporte.

Todas las señales tributarias que aparecen en la Red Plesiócrona actual se pueden transportar sobre SDH. La lista incluye: señales tributarias, CEPT2, 34 y 140 Mbps, más las señales estadounidenses DS1, DS2 y DS3. Esto significa que SDH es retrospectivamente compatible con la Red existente completamente. Por lo tanto, SDH se puede instrumentar como Red Superpuesta apoyando a la Red existente con mucha mayor flexibilidad de Red en tanto se lleva a cabo la transferencia a SDH. Además, las posibilidades de transporte de SDH tienen mayor flexibilidad para adoptar las señales más avanzadas de servicio a Cliente que se espera en el futuro. Esta lista de señales incluye:

- ① Modo de Transferencia Asíncrona (ATM), el Estándar (Norma) para RDSI de Banda Ancha (RDSI-BA).
- ① Interfase para Distribución de Datos por Fibra (FDDI), un Estándar (Norma) para Red de Área Local, (LAN) de Alta Velocidad.
- ① Bus Dual de Fila Distribuida (DQDB), un Estándar (Norma) para Red de Área Metropolitana, (MAN).

## II.10. Infraestructura única de Red.

Para suministrar la flexibilidad deseada de Red, la estructura de la señal SDH se ha optimizado manteniendo en mente las aplicaciones tanto de Transmisión de Red como de Conmutación. Se puede aplicar para suministrar el manejo simple, económico y flexible de señales en las tres áreas tradicionales de aplicación: de largo alcance, red local y planta de líneas. Puede surgir entonces una infraestructura única de red SDH en la que será posible la interconexión directa simple y eficiente entre las tres principales áreas de aplicación de las Telecomunicaciones (Figura II.4). Además, el hecho de que SDH suministre una interfase estandarizada de red, que se llama Interfase Nodal de Red (INR)<sup>3</sup>, permite la interconexión directa de equipo de transmisión de diferentes fabricantes.

Los comentaristas sobre las tendencias de la Industria de las Telecomunicaciones han pronosticado que el cambio hacia una Red SDH ocurrirá progresivamente durante los próximos 10 ó 15 años. Sin embargo, no hay duda que esta evolución de la Red se llevará a cabo.

## II.11. SONET/SDH.

El gran Ancho de Banda que ofrece el cable de fibra óptica es adecuado para las tecnologías que requieren las más altas tasas de datos de hoy en día (como la Videoconferencia) y para transportar al mismo tiempo señales de un gran número de tecnologías de velocidades más bajas.. Por esta razón, la importancia de la fibra óptica crece junto con el desarrollo de tecnologías que requieren para transmisión altas tasas de datos o grandes anchos de banda. Dada su importancia, se hace necesario su estandarización. Sin Estándares (Normas) la interconexión entre sistemas propietarios existentes sería imposible. Los Estado Unidos de América (ANSI) y la Unión Europea (ITU-T) han respondido definiendo estándares que, aunque independientes, son fundamentalmente similares y en última instancia compatibles. El Estándar ANSI se denomina **Red Óptica Síncrona (SONET)**, *Synchronous Digital Network*. El Estándar de la ITU-T se denomina **Jerarquía Digital Síncrona (SDH)**, *Synchronous Digital Hierarchy*. Estas dos Normalizaciones son casi idénticas.

Entre los aspectos considerados por los diseñadores de SONET y SDH, hay tres de particular interés. En primer lugar, SONET/SDH es una Red Síncrona. Se utiliza un único reloj para gestionar la temporización de las transmisiones y equipos a través de la red completa. Esta sincronización sobre toda la red añade una cierta capacidad de predicción al sistema. Esta capacidad de predicción, junto con un potente diseño de tramas, permite que los canales individuales sean multiplexados, mejorando por tanto, la velocidad y reduciendo el costo. En segundo lugar, SONET/SDH contiene recomendaciones para la Normalización de los Equipos de Transmisión de Fibra Óptica (FOTS) vendidos por diferentes fabricantes. En tercer lugar, las especificaciones físicas de SONET/SDH y el diseño de las tramas incluye mecanismos que permiten transportar señales de sistemas tributarios incompatibles (particularmente los servicios asíncronos como DS-0 y DS-1). Es esta flexibilidad la que da a SONET una buena reputación para la conectividad universal. Es importante hacer notar que SONET es un mecanismo de transporte multiplexado y como tal puede ser portador de servicios de Banda Ancha, particularmente, ATM y RDSI-BA.

<sup>3</sup> En Inglés: Network Nodal Interface, (NNI).

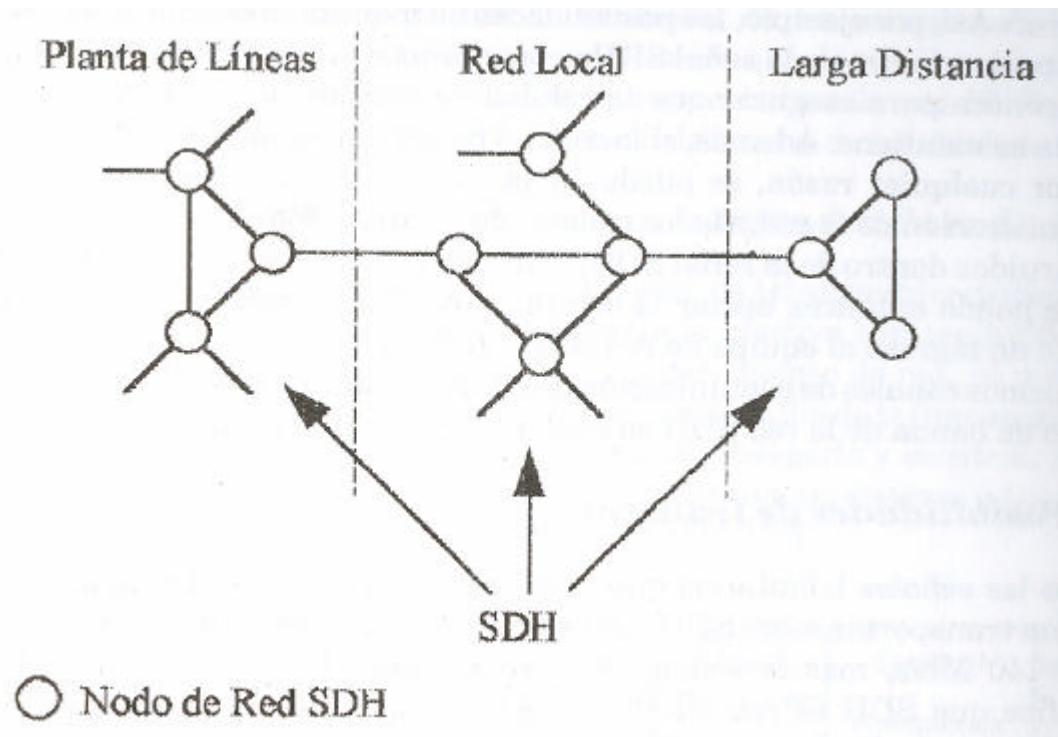


Figura II.4. - Infraestructura Única de Red.

### II.12. Señales de Transporte Síncronas.

Como lo primero es la flexibilidad, SONET define una jerarquía de niveles de señalización denominados **Señales de Transporte Síncronas (STS)**. Cada nivel STS (STS-1 a STS-192) soporta una cierta tasa de datos, especificada en Megabits por Segundo (Mb/seg) (véase la Tabla II.1). Los enlaces físicos definidos para transportar cada nivel de STS se denominan **Portadoras Ópticas, (OC)**. Los niveles OC describen las especificaciones físicas y conceptuales de los enlaces requeridos para admitir cada nivel de señalización. La implantación real de estas especificaciones se deja a los fabricantes. Actualmente, las implantaciones más populares son OC-1, OC-3, OC-12 y OC-48.

STS	OC	Velocidad (Mbps).	STM
STS-1	OC-1	51,840	
STS-3	OC-3	155,520	STM-1
STS-9	OC-9	466,560	STM-3
STS-12	OC-12	622,080	STM-4
STS-18	OC-18	933,120	STM-6
STS-24	OC-24	1,244,160	STM-8
STS-36	OC-36	1,866,230	STM-12
STS-48	OC-48	2,488,320	STM-16
STS-96	OC-96	4,976,640	STM-32
STS-192	OC-192	9,953,280	STM-64

Tabla II.1.- Velocidades de SONET/SDH.

La Tabla II.1 revela algunos puntos interesantes. En primer lugar, el nivel más bajo en esta Jerarquía tiene una tasa de datos de 51,480 Mbps, que es mayor que la ofrecida por el servicio DS-3 o por la línea T3 (44,736 Mbps). Esto significa que el nivel más bajo de SONET permite velocidades mayores que el nivel T más alto (T-3 es la línea eléctrica común más alta de las disponibles comercialmente hoy en día, aunque está definida la línea T-4). De hecho, STS-1 está diseñada para alojar las tasas de datos equivalentes a las de DS-3. La diferencia en capacidad se debe a las necesidades de sobrecarga de los sistemas ópticos. En segundo lugar, la velocidad STS-3 es exactamente tres veces la velocidad de STS-1; y la velocidad de STS-9 es exactamente la mitad de STS-18. Estas relaciones significan que 18 canales STS-1 pueden multiplexarse en un canal STS-18, seis canales STS-3 se pueden multiplexar en un canal STS-18, y así sucesivamente. Como se puede ver, el concepto de jerarquía es similar al de las señales DS y líneas T. SDH especifica un sistema similar denominado **Módulo de Transporte Síncrono, (STM)**. El objetivo del STM es ser compatible con las jerarquías existentes en Europa, como las líneas E y con los niveles STS. Para ello, el nivel más bajo de STM, STM-1, se ha definido a 155,520 Mbps, que es exactamente igual a la velocidad de STS-3.

### II.13. Configuración Física.

La Figura II.5, muestra los dispositivos utilizados en un Sistema de Transmisión SONET y también especifica, algunas formas de organizar y enlazar estos dispositivos.

#### II.13.1. Dispositivos SONET.

La transmisión con SONET depende de tres dispositivos básicos: multiplexores STS, regeneradores y multiplexores de inserción/extracción (multiplexores *add/drop*). Los multiplexores STS marcan el comienzo y el final de un enlace SONET. Proporcionan la interfase entre una Red Tributaria y la Red SONET. Puede haber cualquier número de dispositivos ellos, y estos dispositivos pueden tener cualquier configuración requerida por el sistema. Los regeneradores extienden la longitud de los posibles enlaces entre el generador y el receptor. Los multiplexores de inserción/extracción permiten la inserción y extracción de caminos SONET.

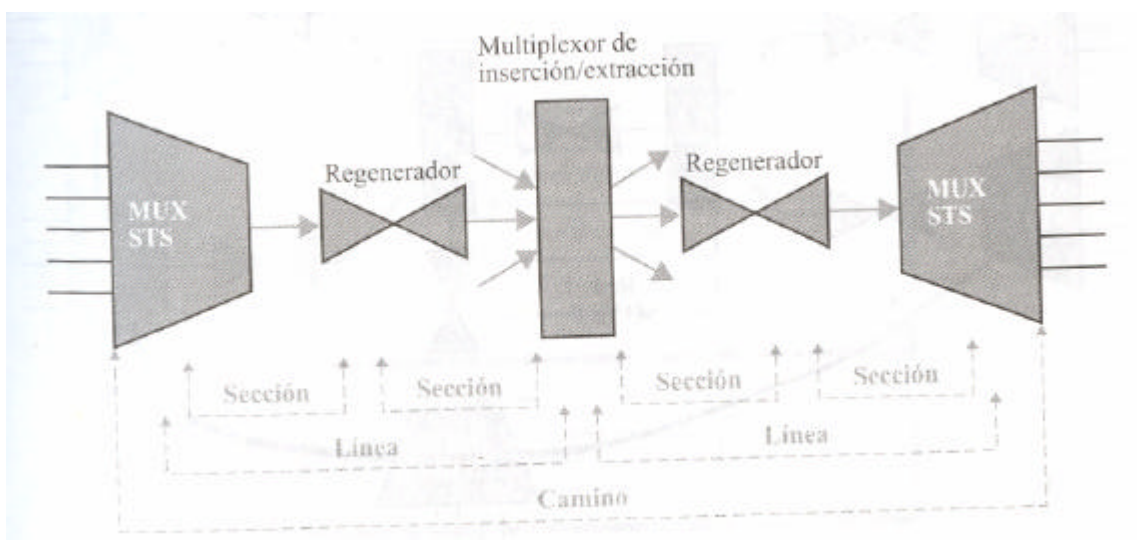


Figura II.5.- Un Sistema SONET.

- ◆ **Multiplexor/Demultiplexor STS.-** Un multiplexor/demultiplexor STS, o multiplexa las señales de varias fuentes en una señal STS, o demultiplexa una señal STS en señales para diferentes destinos.
- ◆ **Regenerador.-** Un regenerador STS es un repetidor que recibe una señal óptica y la regenera. Los regeneradores en este sistema; sin embargo, añaden una función a los repetidores de nivel físico. Un regenerador SONET reemplaza alguna información de sobrecarga existente (información de cabecera con una nueva información. Estos dispositivos funcionan en el nivel de Enlace de Datos.
- ◆ **Multiplexor de Inserción/Extracción.-** Este dispositivo puede añadir señales que vienen de fuentes diferentes en un camino o eliminar una señal deseada de un camino y redirigirla sin demultiplexar la señal entera. En lugar de depender de la temporización y las posiciones de los Bits, los multiplexores de inserción/extracción utilizan la información de la cabecera, como direcciones y punteros para identificar los flujos individuales.

En la sencilla configuración mostrada en la Figura II.5, varias señales electrónicas llegan a un multiplexor STS, donde se combinan en una única señal óptica. La señal óptica se transmite a un regenerador, donde se regenera sin ruido y se mejora. Las señales regeneradas de varios orígenes son llevadas después a un multiplexor de inserción/extracción. El multiplexor de inserción/extracción reorganiza estas señales, si es necesario, y las envía de acuerdo a la información de las tramas de datos. Estas señales remultiplexadas son enviadas a otro regenerador y de aquí al multiplexor STS de recepción, donde se convierten a un formato utilizable por los Enlaces de Recepción.

### II.13.2. Secciones, Líneas y Caminos.

Como se pueden ver la Figura II.5, los diversos niveles de las conexiones SONET se denominan secciones, líneas y caminos. Una sección es el enlace óptico que conecta dos dispositivos vecinos: multiplexor a multiplexor, multiplexor a regenerador o regenerador a regenerador. Una línea es la porción de Red situada entre dos multiplexores: un multiplexor STS a un multiplexor de inserción/extracción, dos multiplexores de inserción/extracción o dos multiplexores STS. Un camino es la porción extremo a extremo de la Red situada entre dos multiplexores STS.

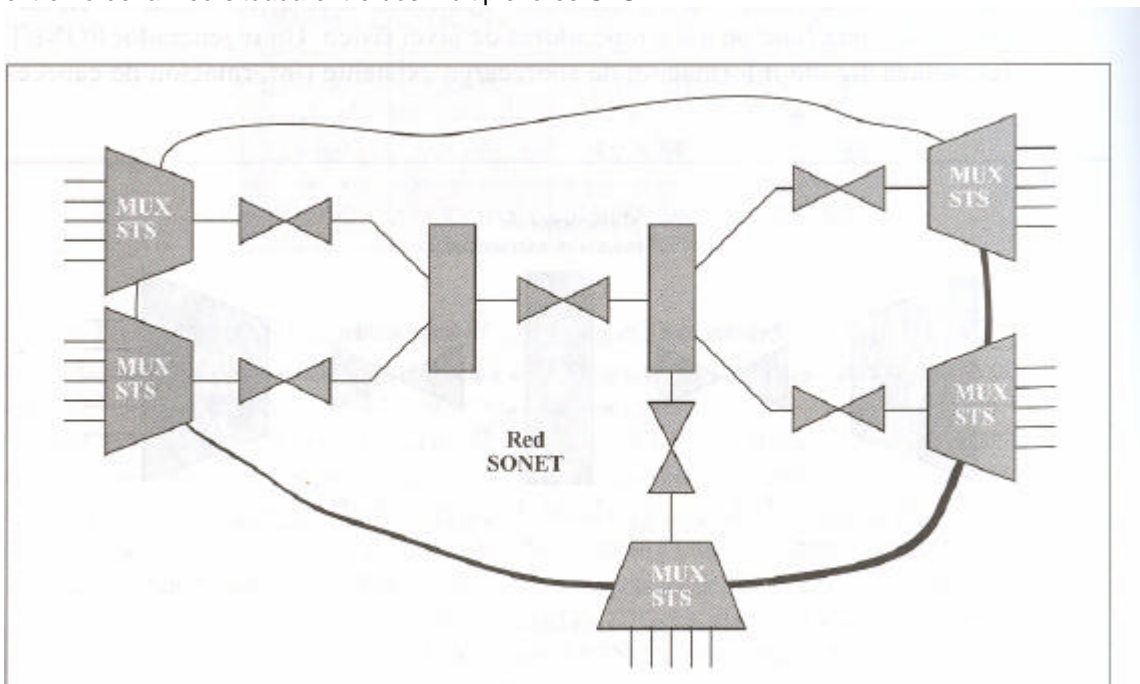


Figura II.6. - Ejemplo de una Red SONET.



En una Red SONET sencilla, compuesta de dos multiplexores STS enlazados directamente uno a otro, la sección, la línea y el camino son lo mismo. La Figura II.6 muestra una Red SONET típica con cinco multiplexores STS, dos multiplexores de inserción/extracción y seis regeneradores.

#### II.14. Niveles de SONET.

El Estándar SONET incluye cuatro niveles funcionales: el nivel fotónico, el nivel de sección, el nivel de línea y el nivel de camino. Estos niveles se corresponden normalmente con el primer nivel (físico) de el Modelo OSI. En realidad, se corresponden con los niveles Físico y de Enlace de Datos (véase la Figura II.7).

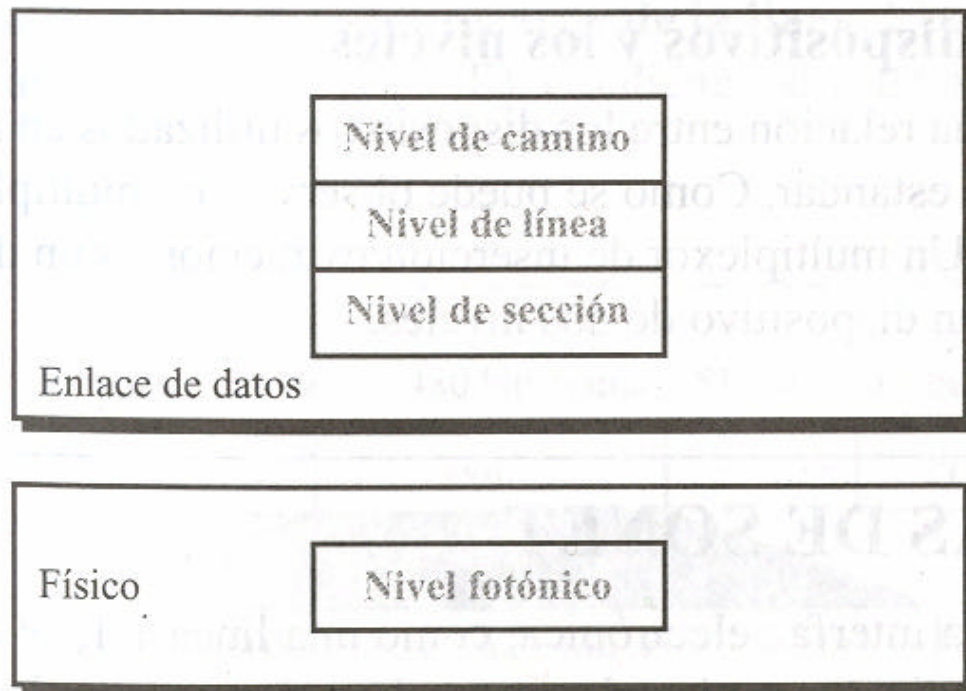


Figura II.7.- Niveles de SONET.

- ⊕ **Nivel Fotónico.**- Se corresponde con el Nivel Físico de el Modelo OSI. Incluye las especificaciones físicas para el canal de fibra óptica, la sensibilidad del receptor, las funciones de multiplexación y otras. SONET utiliza codificación NZR, con la presencia de luz representando un "1" y la ausencia de luz representando un "0".
- ⊕ **Nivel de Sección.**- Se encarga de la transferencia de una señal a través de la sección física. Se encarga de la construcción de tramas, la mezcla y el control de errores. La sobrecarga del Nivel de Sección se añade a la trama en este nivel.
- ⊕ **Nivel de Línea.**- Éste es responsable de la transferencia de una señal a través de la línea física. La sobrecarga del Nivel de Línea se añade a la trama de este nivel. Los multiplexores STS y los multiplexores de inserción/extracción ofrecen funciones de Nivel de Línea.
- ⊕ **Nivel de Camino.**- Éste se encarga de la transferencia de una señal desde su fuente óptica hasta su destino óptico. En la fuente óptica, la señal se cambia de una forma electrónica a una forma óptica, se multiplexa con otras señales y se encapsula en una trama. En el destino óptico, la trama recibida es demultiplexada y las señales ópticas individuales se convierten a sus correspondientes formas electrónicas. La sobrecarga del Nivel de Camino se añade en este nivel. Los multiplexores STS ofrecen funciones de Nivel de Camino.

La Figura II.8 muestra la relación entre los dispositivos utilizados en la transmisión SONET y los cuatro niveles del Estándar (Norma). Como se puede observar, un multiplexor STS es un dispositivo de cuatro niveles. Un multiplexor de inserción/extracción es un dispositivo de tres niveles. Un regenerador es un dispositivo de dos niveles.

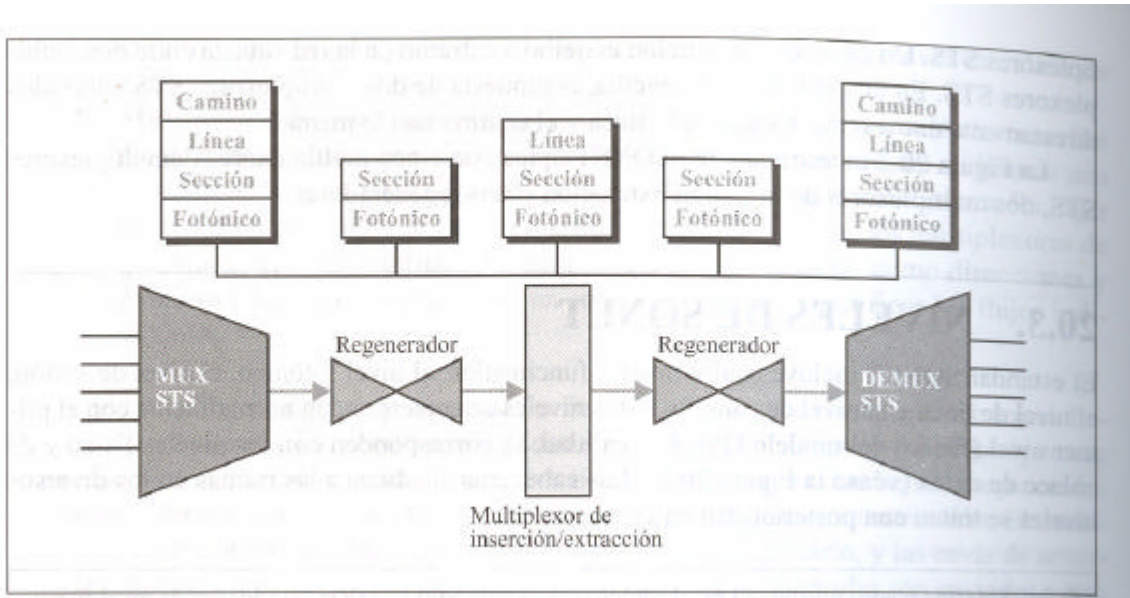


Figura II.8.- Relación entre los Dispositivos y los Niveles.

## II.15. *Tramas de SONET.*

Los datos recibidos de la interfase electrónica (como una línea T-1), se encapsulan en una trama en el Nivel de Línea y luego en el Nivel de Sección. Finalmente, la trama pasa al Nivel Fotónico donde se transforma en una señal óptica (véase la Figura II.9). Obsérvese que, sin embargo, la sobrecarga de SONET no se añade como cabeceras y colas como se ha visto hacer en otros Protocolos. En lugar de ello, SONET inserta sobrecarga en diversas posiciones situadas dentro de la trama. Las posiciones y significados de estas inserciones se discuten a continuación.

### II.15.1. Formato de Trama.

El formato básico de una trama STS-1 en el Nivel Fotónico se muestra en la Figura II.10. Cada trama contiene 6,480 bits (810 octetos). STS-1 transmite a una velocidad de 51,480 Mbps. Una trama SONET es una matriz de filas de 90 octetos cada una, con una total de 810 octetos (véase Figura II.11).

Las primeras tres columnas de la trama se utilizan para la sobrecarga del Nivel de Línea y del Nivel de Sección. Las tres filas superiores de la primera columna se utilizan para la **sobrecarga de la sección**. Las seis inferiores para la **sobrecarga de la línea**. El resto de la trama se denomina envolvente de carga útil síncrona (SPE). Contiene datos de usuario y detalles sobre el coste y el gasto requerido por la transmisión (si lo hay). Una columna de la SPE, sin embargo, se utiliza para la **sobrecarga del camino** (normalmente, la primera). La sobrecarga del camino incluye información de seguimiento del camino extremo a extremo.

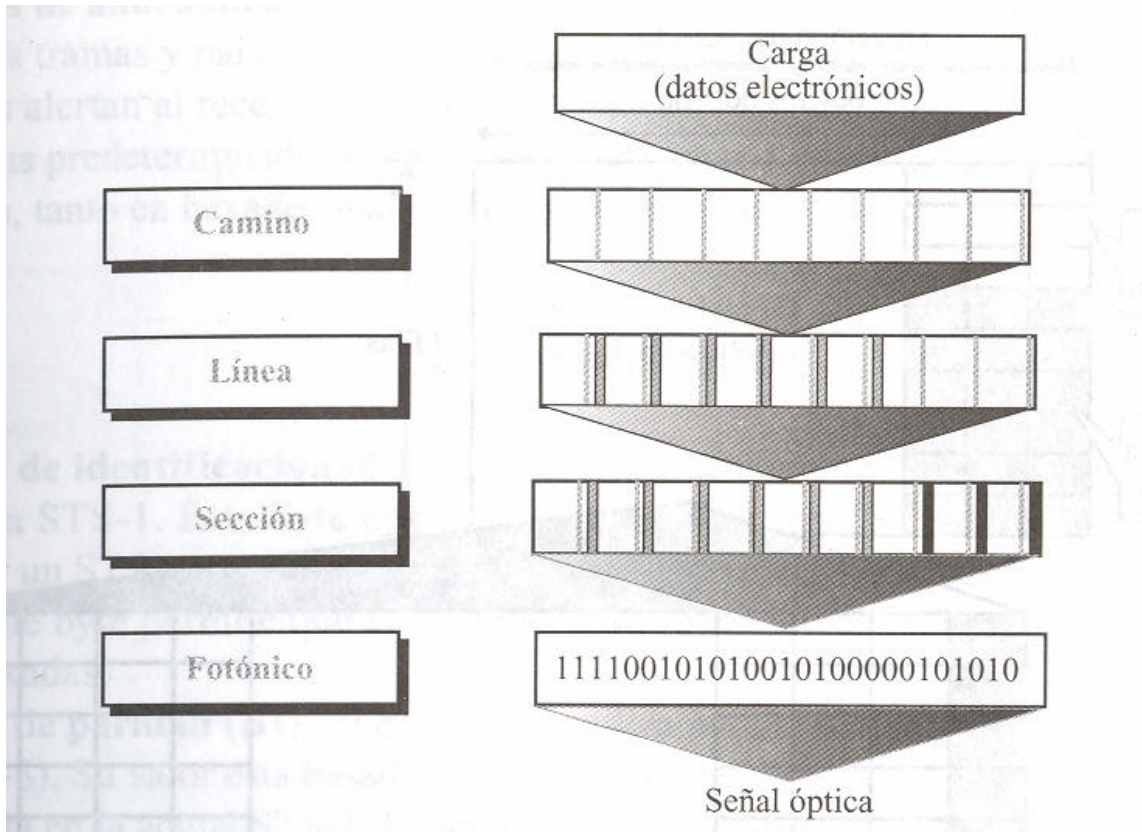


Figura II.9.- Encapsulado de Datos en SONET.

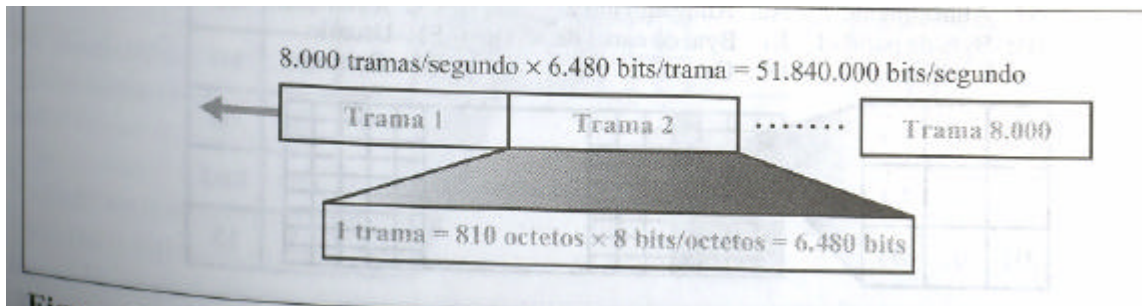


Figura II.10.- Trama STS-1.

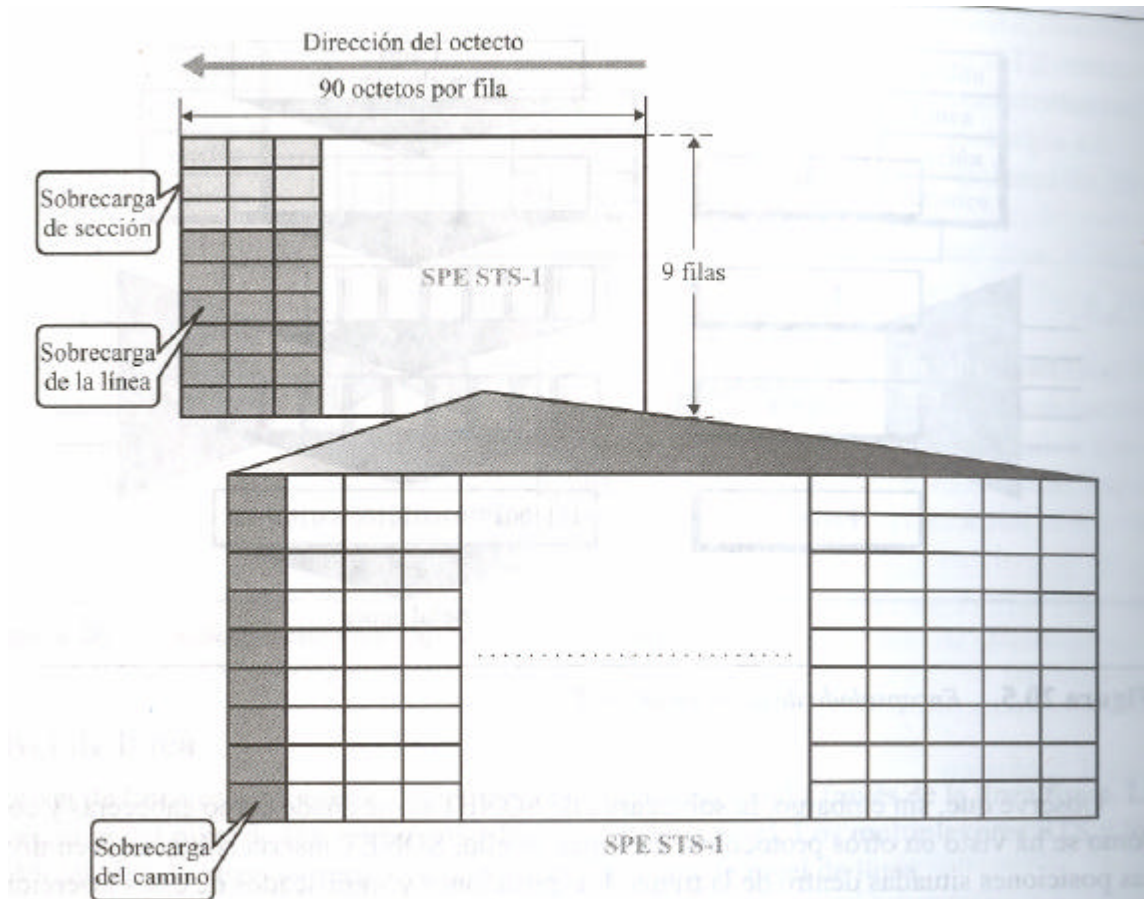


Figura II.11.- Sobrecargas de la Trama STS-1.

**II.15.2. Sobrecarga de Sección.**

Ésta, contiene nueve octetos. Las etiquetas, funciones y organización de estos octetos se muestra en la Figura II.12.

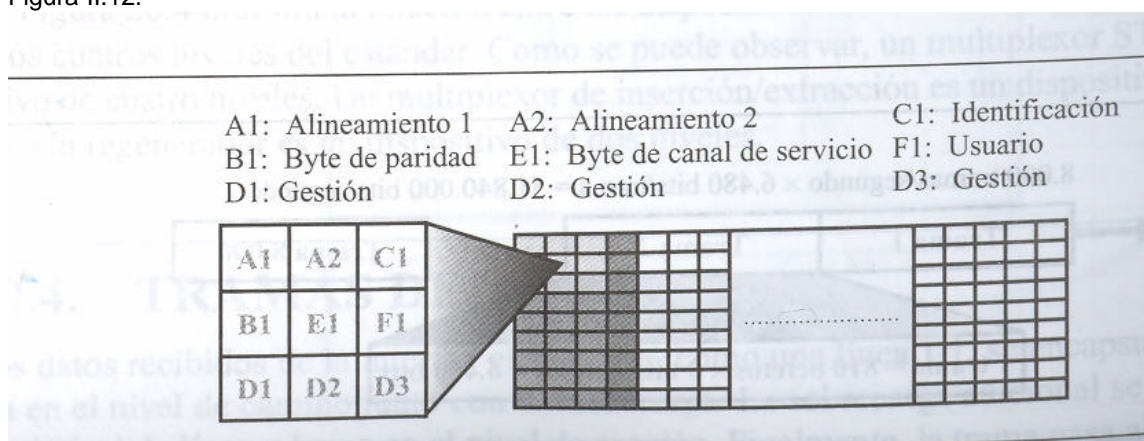


Figura II.12.- Trama STS-1: Sobrecarga de Sección.

☀ **Bytes de Alineamiento (A1 y A2).**- Éstos, se utilizan para la delimitación de las tramas y para la sincronización, y se denominan Bytes de Alineamiento. Estos Bytes alertan al receptor de que una trama está llegando y dan al receptor un patrón de bits predeterminado sobre el cual sincronizar. Los patrones de bits para estos dos Bytes, tanto en Hexadecimal como en Binario, son:

A1? F6? 11110110

A2? 28? 00101000

☀ **Byte de Identificación, (C1).**- Éste, almacena un identificador único para la trama STS-1. Este Byte es necesario cuando varias STS-1 se multiplexan para crear un STS con velocidad mayor (STS-3, STS-9, STS-12, etcétera). La información de este Byte permite que las señales sean reconocidas fácilmente una vez demultiplexadas.)

☀ **Byte de Paridad, (B1).**- Éste, se utiliza para la paridad de los bits entrelazados (BIP-8). Su valor está basado en la cabecera de la sección de la STS-1, anterior, y se inserta en la actual STS-1. Funciona como un código de redundancia cíclico.

☀ **Byte de Canal de Servicio, (E1).**- Estos Bytes en tramas consecutivas forman un canal de 64 Kbps (8,000 tramas por segundo, 8 bits por trama). Este canal se utiliza para la comunicación entre regeneradores, o entre terminales y regeneradores.

☀ **Byte de Usuario, (F1).**- Éstos en tramas consecutivas forman un canal de 64 Kbps que se reserva para las necesidades del usuario en el Nivel de Sección.

☀ **Bytes de Gestión, (D1, D2 y D3).**- Los Bytes D1, D2 y D3 juntos, forman un canal de 192 Kbps (3 X 8,000 X 8) denominado canal de comunicación de datos. Este canal se necesita para la señalización de la operación, administración y mantenimiento (OAM).

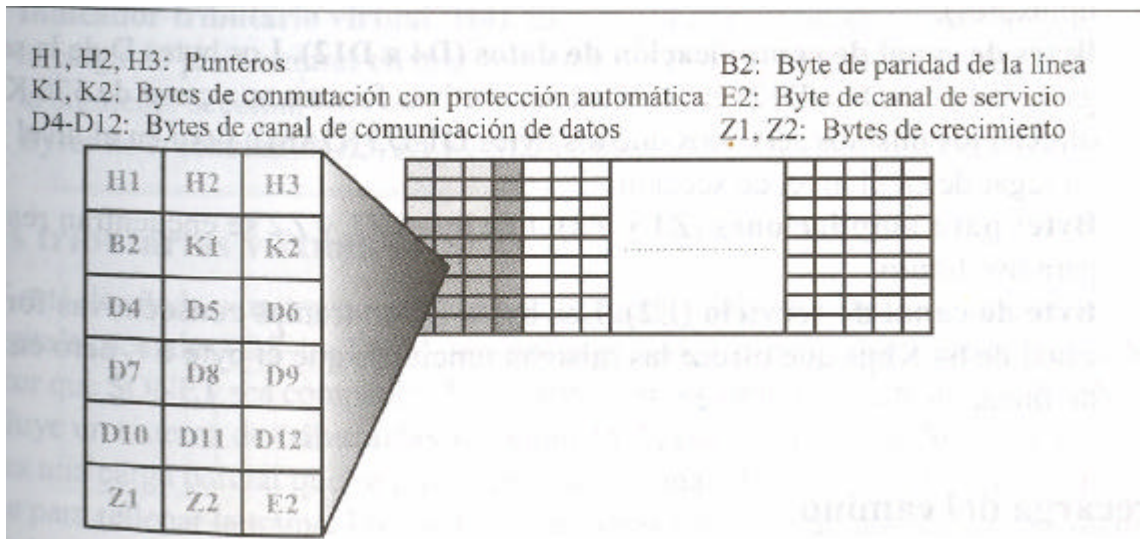


Figura II.13. - Trama STS-1: Sobrecarga de la Línea.

### II.15.3. Sobrecarga de la Línea.

Ésta, consta de 18 Bytes. Las etiquetas, funciones y organización de estos Bytes se muestra en la Figura II.14.

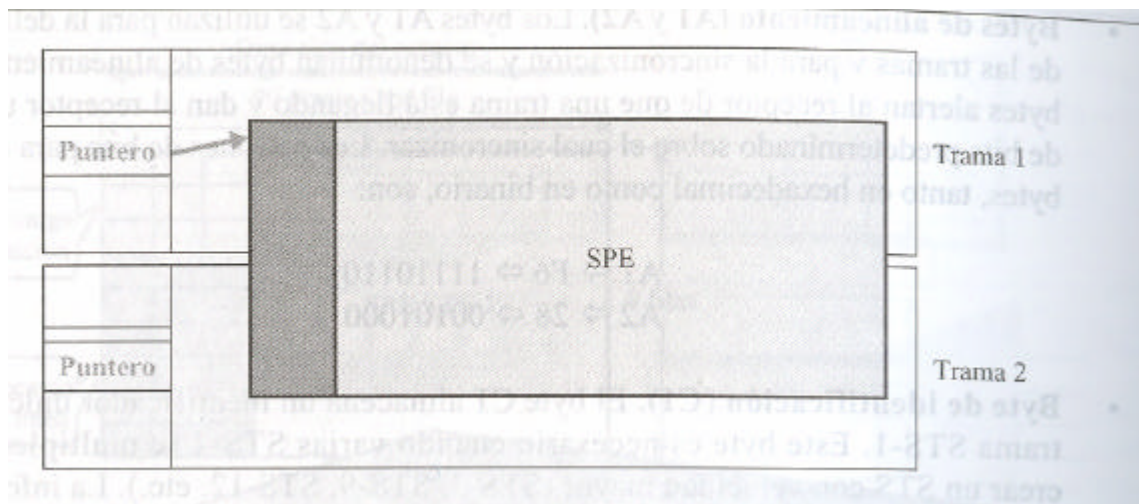


Figura II.14.- Punteros a la Carga.

- ✿ **Byte Puntero, (H1, H2 y H3).**- Éstos, son punteros. Identifican la posición de la carga en la trama cuando comienza en algún punto diferente al comienzo de la envolvente STS, (véase la Figura II.14). Los punteros son esenciales en varias situaciones. SONET es un protocolo Síncrono. Las tramas se construyen haciendo corresponder la temporización de los datos de entrada con las funciones de trama de la Red. Por este motivo, los datos que provienen de entradas correspondientes a una Red Asíncrona pueden no estar sincronizados con la SPE y pueden acabar ocupando dos tramas. Los punteros permiten a SONET hacer frente a estas discrepancias en las tramas. En estos casos, H1, H2 y H3 juntos, forman un puntero al Byte de comienzo de la carga. También, existen otros usos más complejos para los punteros, los cuales no se analizarán en esta tesis.
- ✿ **Byte de Paridad de la Línea, (B2).**- Éste, se utiliza para paridad entrelazada de bits, al igual que el Byte B1; pero, se calcula para la cabecera de la línea.
- ✿ **Byte de Conmutación con Protección Automática, (K1 y K2).**- Éstos, en tramas consecutivas, forman un canal de 128 Kbps utilizado para la detección automática de problemas en los equipos de terminación de línea (por ejemplo, multiplexores).
- ✿ **Bytes de Canal de Comunicación de Datos, (D4 a D12).**- Los Bytes D de la sobrecarga de la línea (D4 a D12) en tramas consecutivas forman un canal de 576 Kbps que ofrecen los mismos servicios que los Bytes D1-D3 (OAM), pero en el Nivel de Línea en lugar de en el Nivel de Sección.
- ✿ **Bytes para Ampliaciones, (Z1 y Z2).**- Éstos, se encuentran reservados para uso futuro.
- ✿ **Byte de Canal de Servicio, (E2).**- Éstos, en tramas consecutivas forman un canal de 64 Kbps, que ofrece las mismas funciones que el Byte E1, pero en el Nivel de Línea.

#### II.15.4. Sobrecarga del Camino.

La sobrecarga en el Nivel de Camino consta de nueve Bytes. Las etiquetas, funciones y organización de estos Bytes, se muestra en la Figura II.15.

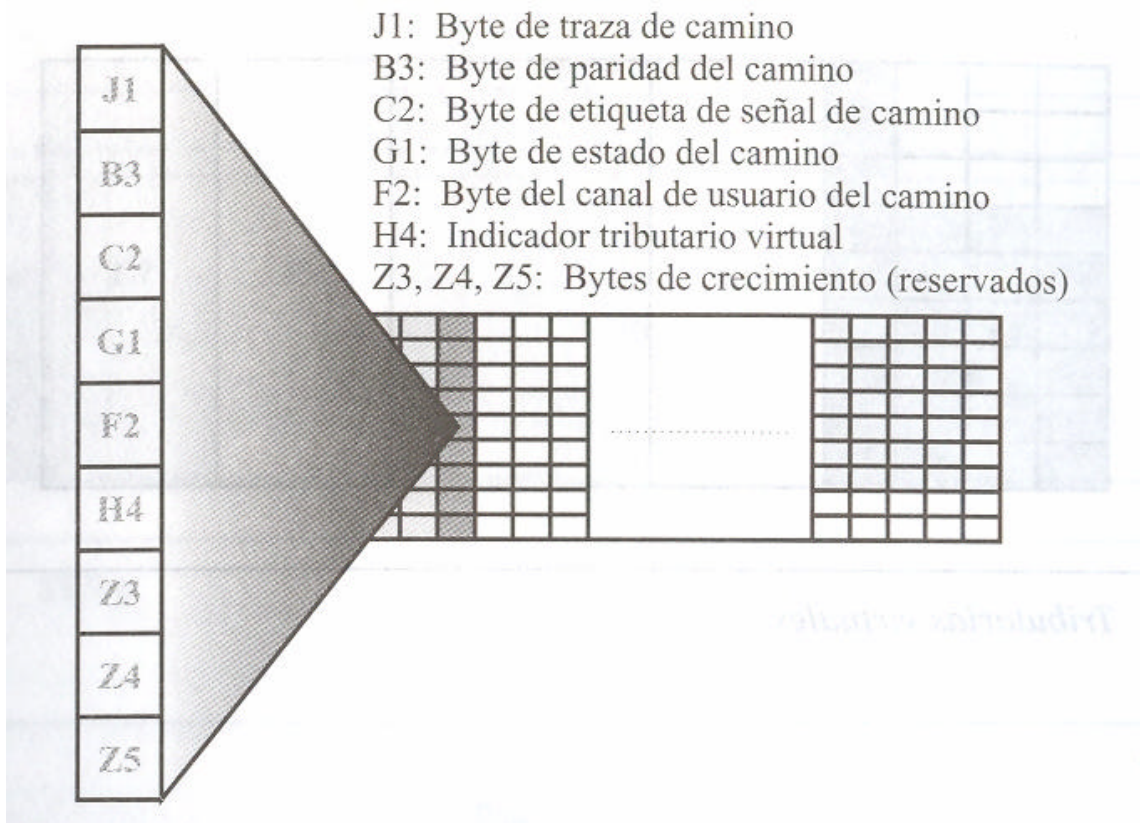









Figura II.15. - Trama STS-1: Sobrecarga del Camino.

-  **Byte de Traza de Camino, (J1).**- Los Bytes J1 en tramas consecutivas forman un canal de 64 Kbps utilizados para comprobar el camino. El Byte J1 envía una cadena continua de 64 bits para verificar la conexión. La elección de la cadena se deja al Programa de Aplicación.
-  **Byte de Paridad del Camino, (B3).**- Éste, se utiliza para la paridad de bits entrelazados, al igual que los Bytes B1 y B2, pero se calcula para la cabecera del camino.
-  **Byte de Etiqueta de Señal de Camino, (C2).**- Éste, es el Byte de identificación del camino. Se utiliza para identificar los diferentes protocolos utilizados en los niveles superiores (como FDI o SMDS).
-  **Byte de Estado del Camino, (G1).**- Éste, es enviado por el receptor para comunicar su estado al emisor.
-  **Byte del Canal de Usuario del Camino, (F2).**- Los Bytes F2 en tramas consecutivas, al igual que los Bytes F1, forman un canal de 64 Kbps que se reserva para las necesidades de los usuarios, pero en el Nivel de Camino.
-  **Indicador Tributario Virtual, (H4).**- Éste, es el indicador multitrama. Indica que la carga no puede entrar en una única trama.
-  **Bytes de Crecimiento.-, (Z3, Z4 y Z5).**- Éstos, se reservan para un uso futuro.

### II.15.5. Cargas Tributarias Virtuales.

SONET está diseñada para transportar cargas de Banda Ancha. Las tasas de datos de las jerarquías digitales actuales (DS-1 a DS-3); sin embargo, son más bajas que la ofrecida por STS-1. Para hacer que SONET sea compatible hacia atrás con las jerarquías actuales, su diseño de tramas incluye un sistema de **tributarias virtuales (VT)**, véase la Figura II.16). Una tributaria virtual es una carga parcial que se puede insertar en una STS-1 y combinar con otras cargas parciales para rellenar la trama. En lugar de usar todas las 86 columnas de la carga de una trama STS-1 para los datos que provienen de un origen, se puede subdividir la SPE y llamar a cada componente tributaria virtual.

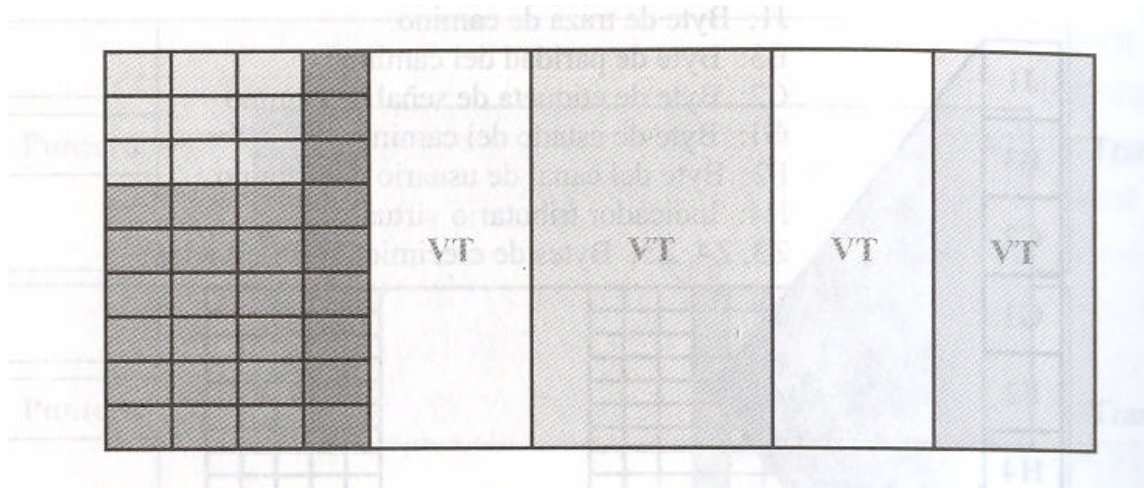


Figura II.16.- Tributarias Virtuales.

### II.15.6. Tipos de VT.

Se han definido cuatro tipos de VT para adaptar las jerarquías digitales existentes (véase la Figura II.17). Obsérvese que el número de columnas permitido para cada tipo de VT puede determinarse doblando el número de identificación de tipo (VT1.5 toma tres columnas, VT2 cuatro y así, sucesivamente).

**VT1.5.-** Éste, se utiliza para el servicio DS-1 de los Estados Unidos de América (1,544 Mbps).

**VT2.-** Se utiliza para el servicio CEPT-1 Europeo (2,048 Mbps).

**VT3.-** Se utiliza para el servicio DS-1C (DS-1 fraccional, 3,152 Mbps).

**VT6.-** Éste, se utiliza para el servicio DS-2 (6,312 Mbps).

Cuando dos o más tributarias se insertan en una única trama STS-1, se entrelazan columna a columna SONET proporciona mecanismos para identificar cada VT y separarlas sin demultiplexar el flujo entero. La discusión de estos mecanismos y los problemas de control que hay detrás de ellos se encuentran fuera de este trabajo de tesis.



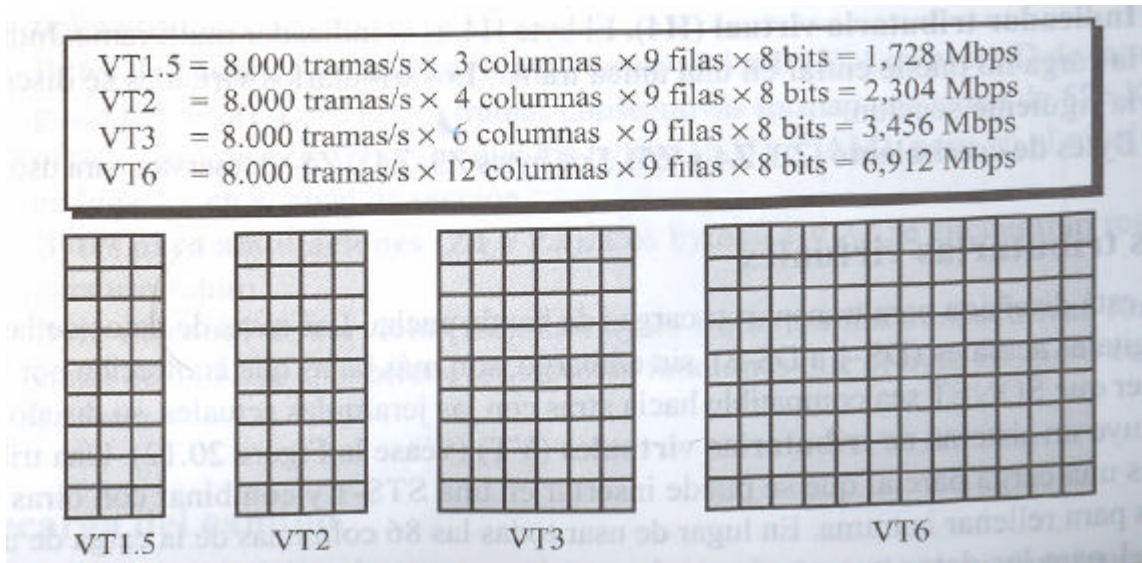


Figura II.17. - Tipos de VT.

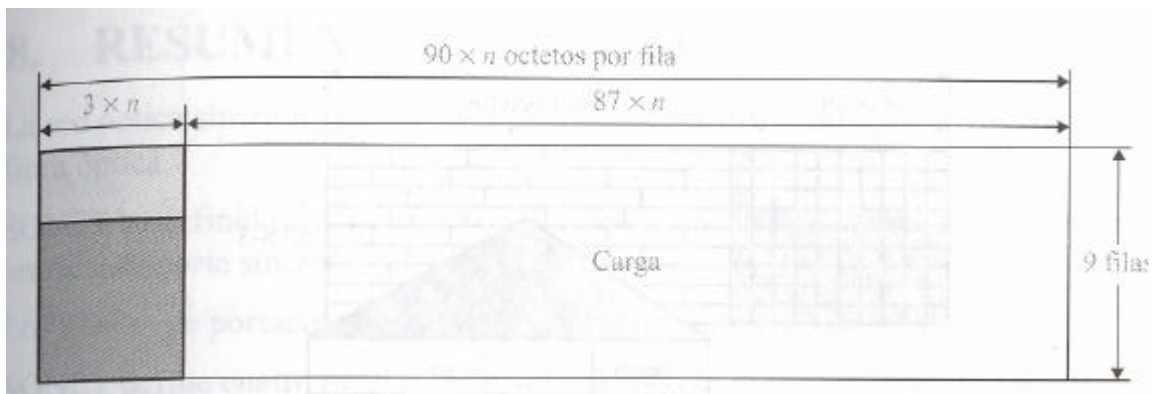


Figura II.18. - STS-n.

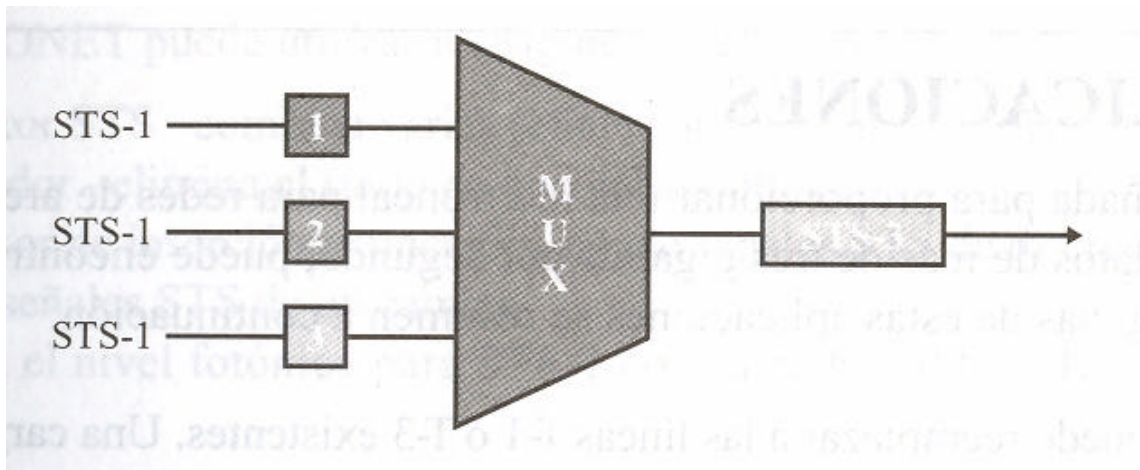


Figura II.19. - Multiplexación de STS.

## II.16. Multiplexación de Tramas STS.

Las tramas STS de más baja tasa se multiplexan para hacerlas compatibles con los sistemas de tasas mayores. Por ejemplo, tres STS-1 pueden combinarse en una STS-3, cuatro STS-3 se pueden multiplexar en una STS-12, y así sucesivamente. El formato general para una trama STS-n compuesta de STS de baja tasa se muestra en la Figura II.18. La Figura II.19 muestra cómo tres STS-1 se multiplexan en una STS-3. Para crear una STS-12 con servicios de menor tasa, se pueden multiplexar 12 STS-1 ó 4 STS-3.

### II.16.1. Convergencia de ATM a SONET/SDH.

La portadora física más importante para ATM es el servicio STS-3 de SONET (STM-1 en la SDH de Europa). Debido a que ATM proporciona multiplexación, la carga entera de la trama STS-3 puede ser utilizada para transportar celdas sin la sobrecarga adicional requerida por otros sistemas. Una posible proyección de ATM a una envolvente STS-3 se muestra en la Figura II.20.

Cada fila de la trama (envolvente) consta de 270 octetos (3 X 90). De estos, nueve octetos se utilizan para la sobrecarga de la línea y de la sección, y un octeto se utiliza para la sobrecarga del camino. Los 260 octetos restantes pueden transportar cerca de cinco celdas (5 X 53 = 265). La quinta trama en la primera fila debe separarse entre la primera y la segunda fila. Otras filas pueden tener celdas parciales en ambos extremos.

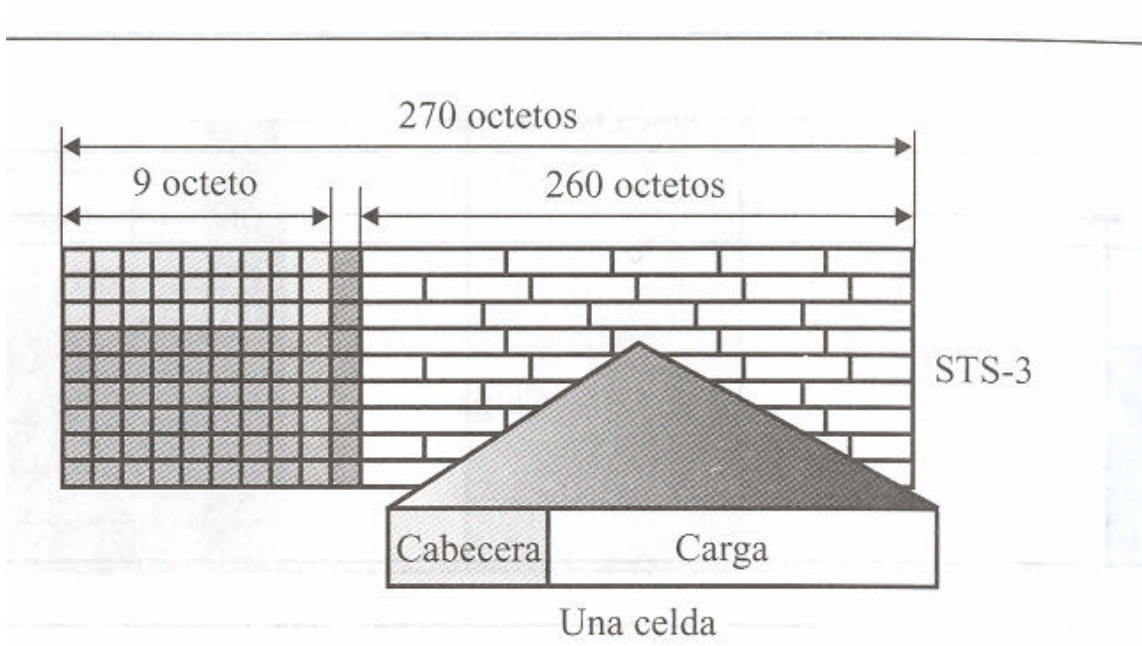


Figura II.20.- ATM es una Envoltente STS-3.

### CAPÍTULO III.

## FUNCIONAMIENTO DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA, (SDH).

### III.1. Estructura Básica de la Señal SDH.

La comprensión de este funcionamiento requiere el conocimiento de las siguientes tres áreas (los atributos de la señal SDH):

- ✚ La estructura básica de la señal SDH.
- ✚ Las posibilidades de transporte de la señal.
- ✚ Las posibilidades de excelente insertado.

#### III.1.1. Estructura de la Señal Síncrona.

La señal síncrona SDH contiene un grupo de Bytes de 8 bits cada uno que se organiza como estructura de trama. Dentro de esta estructura de trama, la identidad de cada Byte se conoce y se preserva con respecto a un Byte de trama o marcador. Como se muestra en la Figura III.1, una trama en la corriente serie de señal se puede representar mediante un mapa de dos dimensiones. Este mapa comprende "N" filas y "M" columnas de cuadros. Cada cuadro representa un solo Byte de 8 bits dentro de la señal síncrona. Un Byte de trama aparece en el cuadro superior izquierdo del mapa bidimensional. Este Byte de trama funciona como marcador, permitiendo por lo tanto, la localización sencilla de cualquier Byte de trama.

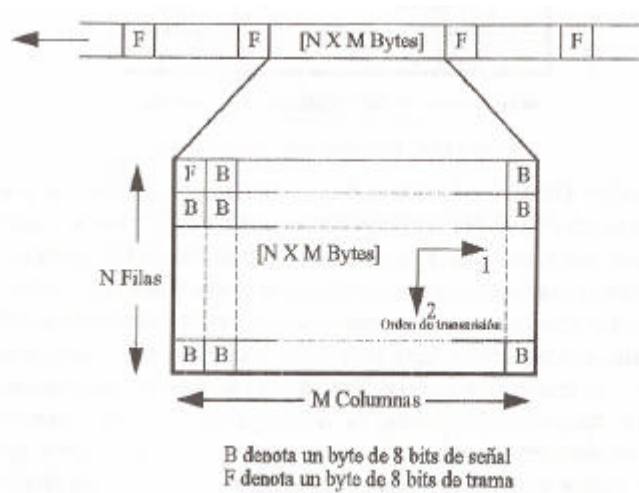


Figura III.1. - Estructura de Señal Síncrona.

Los bits de señal se transmiten en una secuencia que comienza con los de la primera fila. El orden de transmisión es de izquierda a derecha. Después de transmitir el último Byte de la trama (el Byte localizado en la fila "N", columna "M"), se repite toda la secuencia, empezando con el Byte de trama de la siguiente trama.

### III.1.2. Trama Síncrona de Transporte.

El concepto de transportar señales tributarias de manera intacta a través de una Red Síncrona, ha generado el término **Trama Síncrona de Transporte** aplicando a tales estructuras síncronas de señal. Sin embargo, más importante es el hecho de que se reserva cierta capacidad de señal dentro de una trama síncrona de transporte para apoyar las posibilidades de transporte de la red. Una trama síncrona de transporte como lo ilustra la Figura III.2, comprende dos partes distintas y fácilmente accesibles dentro de la estructura de trama, la parte llamada **Contenedor Virtual (CV)** y la llamada **Excedente de Sección (ES)**.

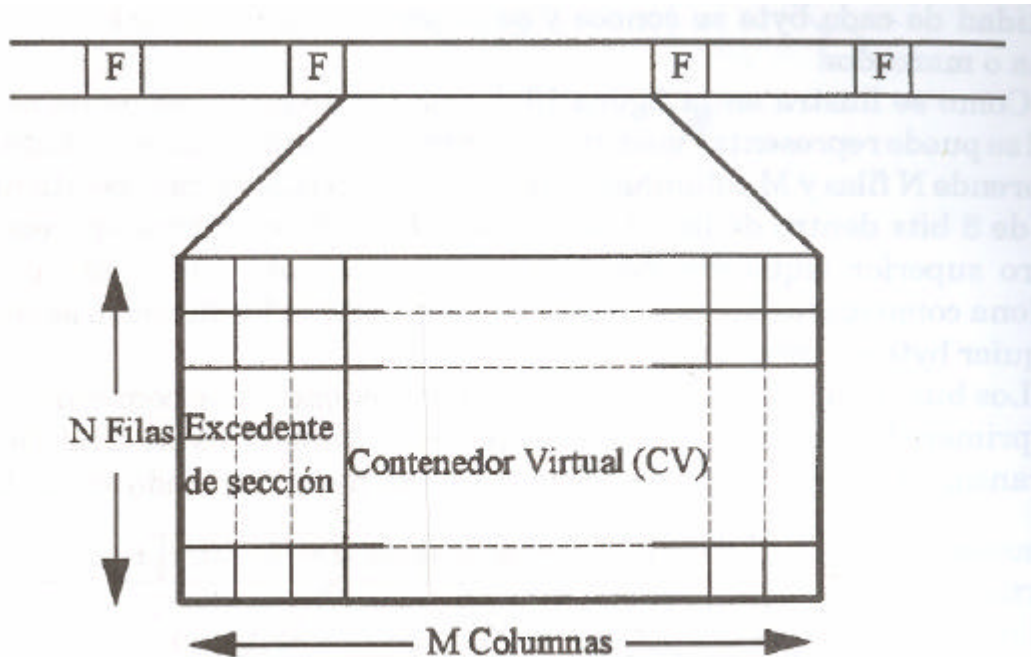


Figura III.2.- Trama Síncrona de Transporte.

- ⇒ **Contenedor Virtual, (CV).**- Las señales tributarias individuales (por ejemplo, la señal de 140 Mbps) se arreglan dentro del CV para la transmisión de extremo a extremo a través de la Red SDH. El CV se ensambla y desensambla sólo una vez, aún cuando se puede transferir de un sistema de transporte a otro muchas veces sobre su ruta a través de la Red.
- ⇒ **Excedente de Sección.**- Algo de la capacidad de señal se asigna en cada trama de transporte para el Excedente de Sección. Esto permite las facilidades (como monitoreo de alarma, monitoreo de error de bit y canales de comunicación de datos) que se necesitan para apoyar y mantener el transporte de un CV entre nodos de una Red Síncrona. El Excedente de Sección pertenece sólo a un sistema individual del transporte y no se transfiere con el CV entre sistemas de transporte.

### III.2. Principio de Interconexión de Redes SDH.

Una Red SDH se puede considerar como compuesta de una interconexión en malla de nodos de procesamiento de señales SDH. La Figura III.3 ilustra este concepto. La interconexión de cualquier par de nodos en esta Red se consigue mediante sistemas SDH individuales de transporte. Cada sistema transporta una señal cuyo formato se puede describir en términos de la estructura de trama SDH.

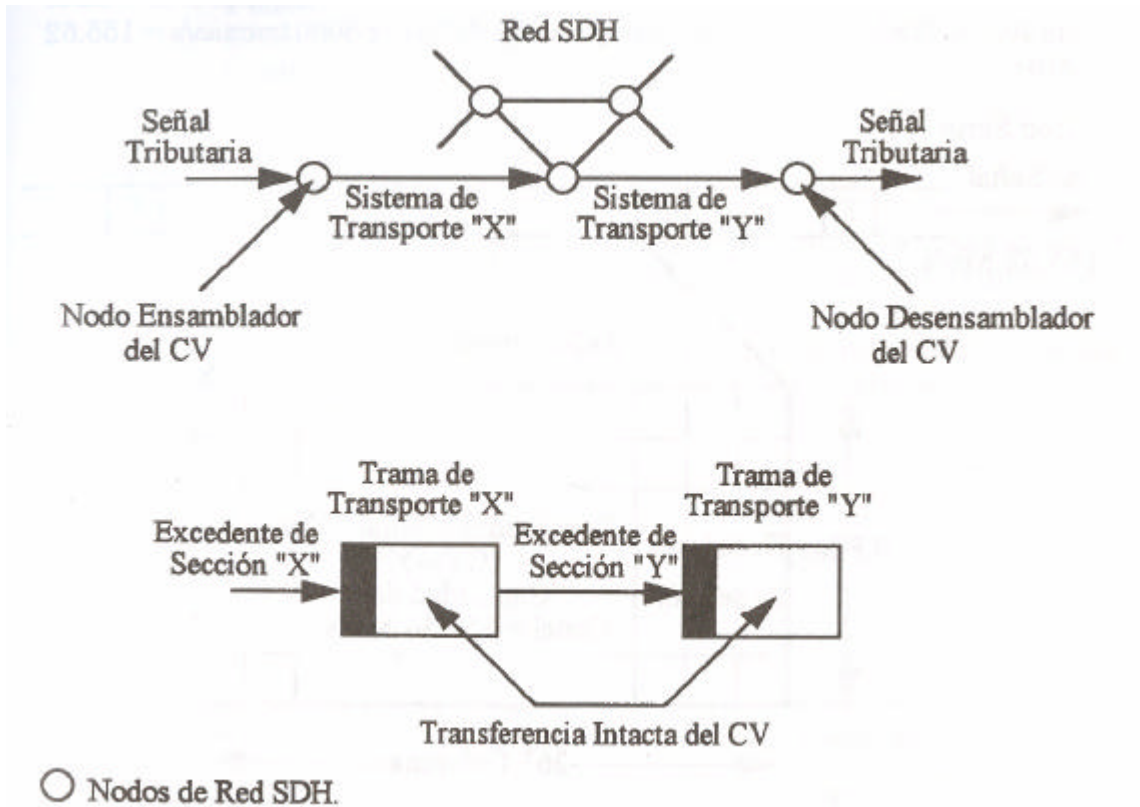


Figura III.3.- Principio de Interconexión de Redes SDH.

El Contenedor Virtual (CV) se emplea para transportar una señal tributaria a través de la Red Síncrona. En la mayoría de los casos, esta señal se ensambla en el punto de entrada a la Red Síncrona y se desensambla en el punto de salida. Dentro de la Red Síncrona, el CV se pasa intacto entre sistemas de transporte sobre su ruta a través de la Red.

El Excedente de Sección se crea en el lado de transmisión de cada Nodo de Red y se termina en el Nodo Final Receptor de Red de la serie. Así, el Excedente de Sección pertenece solamente a un sistema individual de transporte y apoya el transporte del CV sobre ese sistema de transporte. No se transfiere con el CV entre los sistemas de transporte.

### III.3. Estructura de Trama STM-1.

La señal SDH de nivel básico se llama Modo de Transporte Síncrono de Nivel 1 (STM-1)<sup>1</sup>. El mapa bidimensional (Figura III.4) para la trama de la señal STM-1 incluye 9 filas y 270 columnas dando una capacidad total de señal de 2,430 Bytes, de 8 bits cada uno, por trama. La velocidad de repetición de trama, o tasa de tramas, es de 8,000 tramas por segundo de modo que la duración de cada trama es de 125 microsegundos. Este tamaño y tasa de tramas, da por resultado la tasa de bits de la estructura de señal básica SDH de 155.52 Mbps (o sea, 2,430 Bytes/Trama \* 8 Bits/Byte \* 8000 Trama/Segundo = 155.52 Mbps).

<sup>1</sup> En Inglés: Synchronous Transport Mode Level 1.

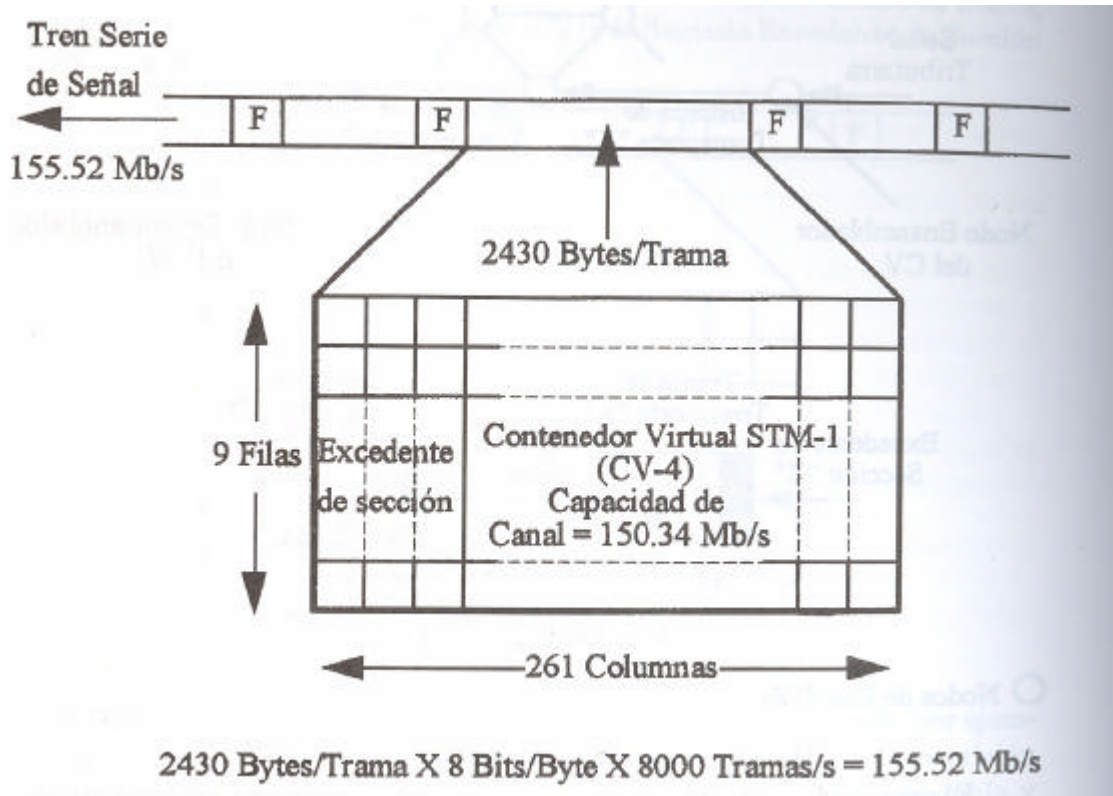


Figura III.4.- Estructura de la Trama STM -1.

El contenido de sección ocupa las primeras nueve columnas de la trama STM -1; un total de 81 Bytes. Las restantes 261 columnas, un total de 2,349 Bytes, se asignan al Contenedor Virtual de señal. Esto suministra una capacidad de canal de 150.34 Mbps en la estructura de la señal STM-1 para el transporte de señales tributarias de manera intacta a través de la Red Síncrona. Aquí conviene hacer notar lo siguiente:

- ▶ La capacidad de canal de 150.34 Mbps asegura que la señal SDH básica se puede emplear para transportar una señal tributaria de 139.264 Mbps.
- ▶ A 8,000 Tramas/Segundo, cada Byte dentro de la estructura de la señal SDH representa un Ancho de Banda de canal de 64 Kbps; (es decir,  $8 \text{ Bits/Byte} \times 8,000 \text{ Bytes/Segundo} = 64 \text{ Kbps}$ ). Ésta, es la misma tasa de bits que la de un canal de voz MCP (Modulación por Codificación de Pulsos).
- ▶ El Contenedor Virtual (CV) asociado con la trama STM-1 se conoce como **Contenedor Virtual de Nivel 4 o CV-4**. Los CV de nivel 1, 2 y 3 se obtienen subdividiendo el CV-4.

#### III.4. Enlace entre el Excedente de Sección y CV-4.

Para facilitar el multiplexaje eficiente y la conexión cruzada de señales en la Red Síncrona, al CV -4 se le permite flotar dentro de la capacidad útil suministrada por las tramas STM-1. Esto significa que el CV-4 puede empezar en dondequiera dentro de la capacidad útil del STM-1 y es improbable que sea completamente contenido en la trama. Lo más probable es que el CV-4 empiece en una trama y termine en la siguiente.

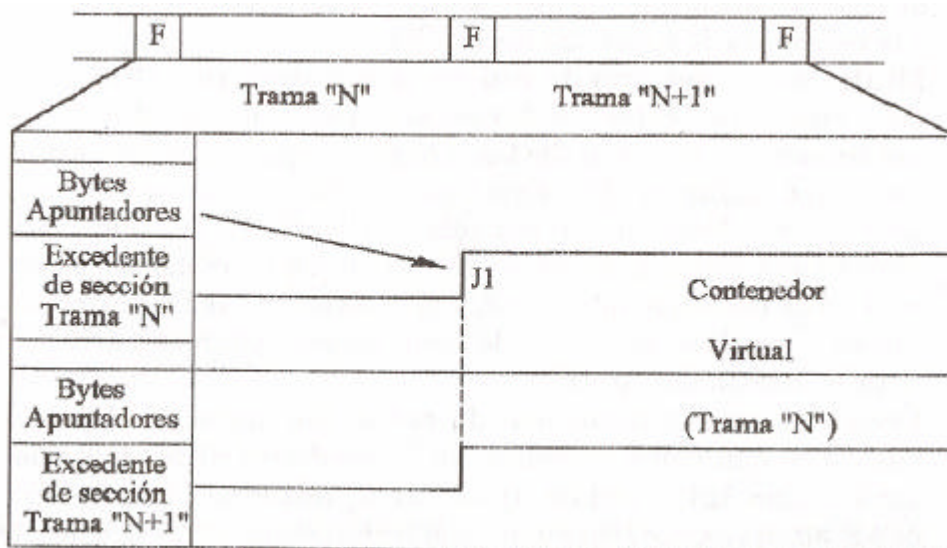


Figura III.5.- Enlace entre el Contenido de Sección y el CV.


Como se ilustra en la Figura III.5, cuando un CV-4 se ensambla dentro de la trama de transporte de Bytes adicionales, que se conoce como el **Apuntador**, se ponen disponibles en el Excedente de Sección. Estos Bytes contienen un valor apuntador que indica la ubicación del primer Byte (J1) del CV-4. El CV-4 puede flotar libremente dentro del espacio que se ha dispuesto para él en la trama de transporte para que se puedan hacer ajustes de sincronía de fase, conforme se necesite entre el CV-4 y la trama de transporte.

#### III.4.1. Función de los Apuntadores.

Los apuntadores tienen las siguientes funciones:

- ☛ **Permiten la operación asíncrona de la Red Síncrona.-** SDH está destinada a ser una Red Síncrona. De manera ideal, esto significa que todos los nodos de la Red Síncrona deben obtener sus señales de sincronía de un reloj maestro único de Red. Sin embargo, la Red SDH está diseñada para manejar la operación asíncrona dentro de ella. Esto es necesario para compensar las diferencias en tiempo que resultan porque un nodo SDH pierde la referencia de tiempo de la Red y opera con su reloj de reemplazo; también para nivelar las diferencias en tiempo en la frontera entre dos redes SDH distintas. Para arreglar las diferencias en tiempo (compensación o nivelación de relojes), el CV-4 se puede mover (justificado) positiva o negativamente tres Bytes en tiempo con respecto a la trama de transporte. Esto se logra simplemente recalculando o actualizando el Apuntador en cada nodo de Red SDH. Además de las compensaciones de reloj, la actualización del Apuntador también arreglará cualquier otro ajuste de sincronía de fase que se necesite entre las señales SDH de entrada y la referencia de tiempo de nodo SDH.
- ☛ **Minimizar el retardo de Red Síncrona.-** Otro método para superar los problemas de tiempo de red es el empleo de almacenes transitorios ("*Buffers*") CV-4 de 125 microsegundos en las entradas del equipo múltiplex SDH. Este tipo de *Buffer* corrige las diferencias en frecuencia borrando o repitiendo una trama CV-4 de información conforme se necesite. Este tipo de *Buffers* son indeseables debido al retardo de señal que introducen y al deterioro de señal que el deslizamiento produce. El empleo de Apuntadores elimina estas características indeseables de Red.




**Crean un nuevo deterioro de señal.-** Sin embargo, el procesamiento de Apuntador introduce un nuevo deterioro de señal que se conoce como Agitación de Ajuste de Apuntador<sup>2</sup>. Este deterioro de agitación aparece sobre una señal tributaria que se recibe después de su recuperación en un CV-4 que ha sido sujeto a cambios de Apuntador. La “agitación” excesiva en una señal tributaria afectará la operación del equipo de Red que procesa la señal tributaria inmediatamente hacia el final de la serie. Por lo tanto, se requiere mucho cuidado en el diseño de la distribución de tiempo para la Red Síncrona. Esto es con el objetivo de minimizar el número de ajustes de Apuntador y, por lo tanto, el nivel de agitación tributaria que resulta del transporte síncrono.

### III.4.2. Sincronización de Trama-Actividad de los Apuntadores.

Para que el equipo de Red SDH pueda llevar a cabo el multiplexaje, primero se deben sincronizar las señales individuales SDH de transporte con el equipo de Red. (Figura III.6).

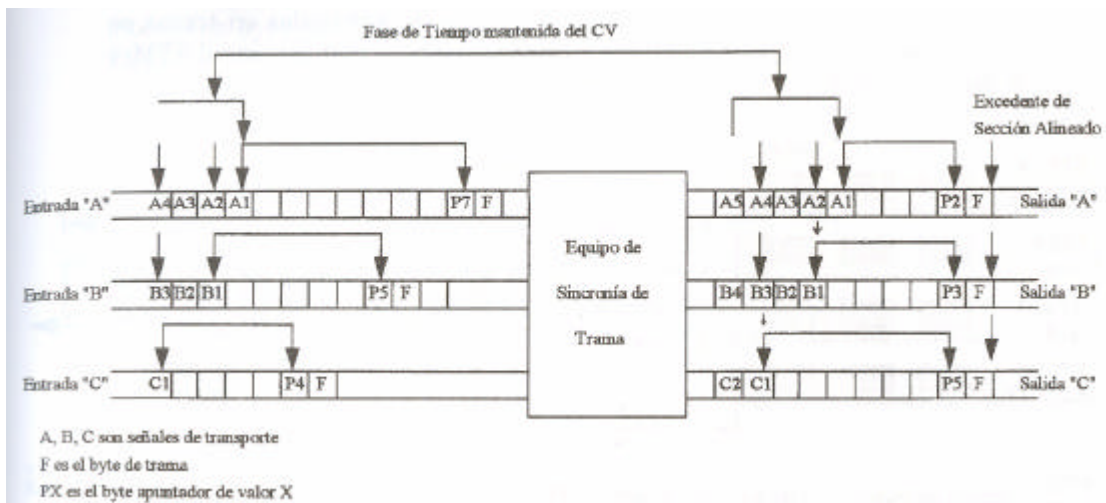


Figura III.6.- Sincronía de Trama-Acción de los Apuntadores.

En el lado de entrada del equipo SDH, las señales SDH de transporte se pueden desalinearse tanto en sincronía de fase como en tasa de bits (nótese que tasas desiguales de bits serían el resultado directo de la operación asíncrona entre equipos de la red). La sincronía de trama alinea las señales SDH de transporte tanto en sincronía de fase como en tasa de bits.

En el proceso de sincronía de trama, la parte de Excedente de Sección y la parte de CV-4 de las señales de transporte se manejan de manera diferente. Los Bytes de Excedente de Sección para cada una de las señales de transporte están sincronizados en trama, y para ayudar en este proceso, el Excedente de Sección incluye seis o más bits de trama (Bytes F). Los Bytes de CV-4 por otro lado, mantienen la misma relación de sincronía de fase relativa con respecto a cada una de las demás. Esto se logra recalculando el valor Apuntador asociado con cada CV-4 para acomodar cualquier ajuste en la sincronía de fase de Excedente de Sección debida a la sincronía de trama.

<sup>2</sup> En Inglés: Pointer Adjustment Jitter.

### III.5. Multiplexaje Síncrono por la Intercalación de Bytes.

Varios grupos de trama síncronas de transporte se pueden combinar para transportarlos como señal asíncrona de transporte de orden más alto. El agrupamiento de mayor orden se logra mediante el proceso de multiplexaje por intercalación de Bytes, en el que señales de transporte de entrada se mezclan en base fija de Byte por Byte. Es necesario que las señales de entrada tengan la misma estructura de trama y tasa de bits. Además, también se deben sincronizar en tramas todas entre sí. Por ejemplo, como se ilustra en la Figura III.7; cuatro señales STM-1 en paralelo y sincronizadas en trama se pueden multiplexar por intercalación de Bytes para formar una señal STM-4 a razón de 622.08 Mbps (tasa de bits de  $4 * \text{STM-1}$ ).

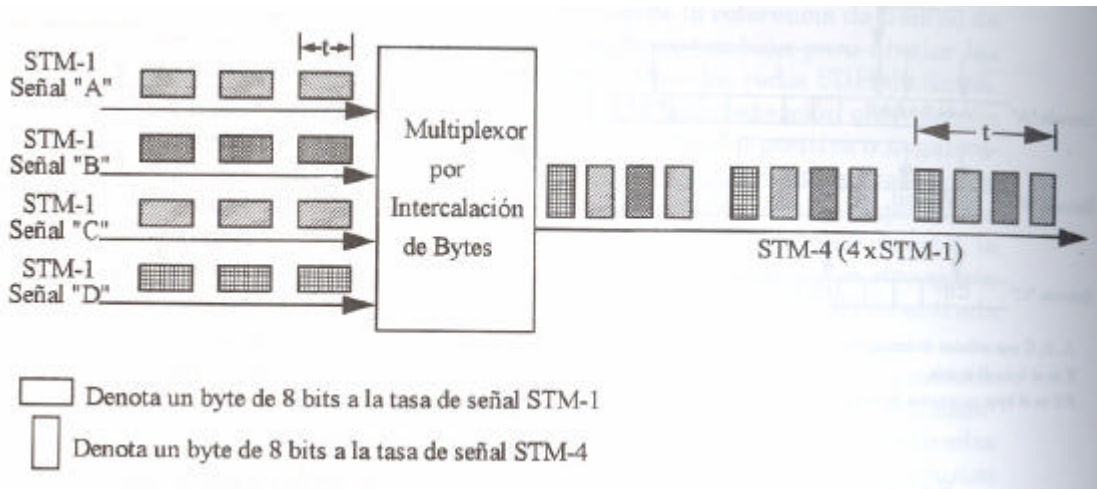


Figura III.7.- Multiplexaje Síncrono por Intercalación de Bytes.

### III.6. Estructura de Trama STM-4.

La estructura de la trama STM-4 se ilustra en la Figura III.8, la señal STM-4 se ensambla mediante la intercalación de Bytes de 4 señales SMT-1 paralelas sincronizadas en trama. En consecuencia, el mapa bidimensional para la trama de la señal STM-4 incluye la misma profundidad de 9 filas que la señal STM-1 pero tiene 1,080 columnas, lo que representa 4 veces el número de columnas de la señal STM-1. Por lo tanto, la capacidad total de la señal STM-4 es de 9,702 Bytes de 8 bits ó 77,760 bits por trama. Con ese tamaño de trama y la tasa de repetición de tramas de 8,000 Tramas/Segundo, la tasa de señal para la señal STM-4 es de 622.08 Mbps (nótese que la tasa de repetición de tramas de una señal SDH es de 8,000 Tramas/Segundo, independientemente del nivel jerárquico).

El mapa bidimensional de una señal STM-4 se ensambla tomando columnas individuales de cada una de las 4 estructuras de señal STM-1 e intercalando éstas en secuencia repetitiva. Así, comenzando con las primeras columnas de cada STM-1; una columna se toma de las STM-1 número 1, seguida de una columna STM-1 número 2, seguida de una columna de la STM-1 número 3, seguida de una columna de la STM-1 número 4. Esta secuencia se repite 270 veces hasta que todas las columnas quedan ensambladas dentro de la estructura de trama STM-4.

Las primeras 36 columnas de la trama STM-4 están ocupadas por el Excedente de Sección. Las 1,044 restantes, están ocupadas por las 4 señales CV-4 asociadas con las 4 señales STM-1 individuales. Estas señales se intercalan Byte por Byte mediante columnas como se describe en la Figura III.8.

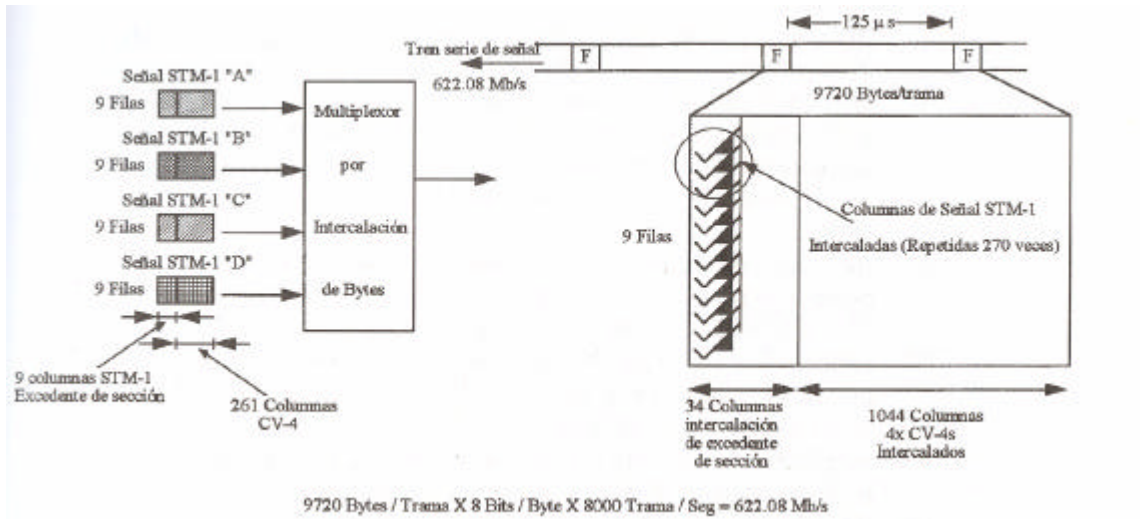


Figura III.8.- Estructura de la Trama STM -4.

### III.7. Jerarquía de Señales SDH y Tasas de Línea.

La señal SDH de más bajo nivel se conoce como Modo de Transporte Síncrono de Nivel 1 (STM-1) la cual tiene la tasa de señal de 155.52 Mb/s, (Tabla III.1).

Módulo síncrono de transporte	Tasa de línea (Mb/s)
STM-1	155.52*
STM-4	622.08
STM-16	2488.32

\* Ambas interfaces, eléctrica y óptica

Tabla III.1.- Jerarquía de Señales SDH y Tasas de Línea.

Señales de nivel más alto, obtenidas mediante multiplexaje por intercalación de Bytes de señales de nivel más bajo, se denotan por STM-N, en donde N es un entero, la tasa de línea de la señal STM -N de nivel más alto es N veces 155.52 Mb/s. Los estándares SDH comunes sólo permiten los valores 1, 4 ó 16 para N. Otros valores se pueden incluir en futuras revisiones de los estándares.

### III.8. Interfases de Líneas SDH.

Para SDH se definen las interfases físicas tanto ópticas como eléctricas.

🔗 **Interfases Ópticas.**- Las especificaciones se definen en cada tasa para tres escenarios diferentes de aplicación.

🔗 i). Interfases ópticas **Intra-Oficina** (denotado por I-n, en donde n = nivel jerárquico STM). Cubre aplicaciones que requieren transmisión hasta aproximadamente 2 kilómetros, con pérdidas en el rango de 0 a 7 dB con fibra mono-modo. Los transmisores ópticos I-n pueden ser ya sea Diodos Emisores de Luz (LED) o Láser de modo multi-longitudinal de baja potencia (MLM) a 1,310 nm de longitud de onda.

🔗 ii). Interfases ópticas de **Corto Alcance** (denotadas por S-n. 1, ó 2, en donde n = nivel STM-1; 1 = 1,310 nm de longitud de onda sobre fibra óptica G.652; 2 = 1,550 nm de longitud de onda sobre fibra G.652). Cubre aplicaciones hasta aproximadamente 1 kilómetros, con pérdidas de sistema en el rango de 0 a 12 dB con fibra mono-modo. Se emplean transmisores láser de baja potencia (50µW ó 13dBm) de modo longitudinal único (SLM) o láser de modo multi-longitudinal (MLM) a ya sea 1,310 ó 1,550 nm de longitud de onda.

🔗 iii). Interfases ópticas de **Largo Alcance** (denotadas por L-n. 1, 2 ó 3, en donde n = nivel STM; 1 = 1,310 nm de longitud de onda sobre fibra G.652; 2 = 1,550 nm de longitud de onda sobre fibra G.652 o G.654; 3 = 1,550 nm de longitud de onda sobre fibra G.653). Cubre aplicaciones hasta aproximadamente 40 km, con pérdida de sistema en el rango de 10 a 28 dB en fibra mono-modo.

Se emplean transmisores láser de alta potencia (500 µW ó 3 dBm) de modo longitudinal único (SLM) o láser de modo multi-longitudinal (MLM) ya sea a 1,310 ó 1,550 nm de longitud de onda.

🔗 **Interfases Eléctricas.**- Para aplicaciones intra-oficina se define una interfase eléctrica al nivel STM-1. Las características de esta interfase eléctrica codificada (CMI) se definen en la Rec. G.703 del CCITT.

### III.9. Capacidad de Transporte de Señal.

En la segunda parte del estudio de los atributos de la estructura de señal de SDH se considera la capacidad de transporte con más detalle. En esta sección se ampliarán los siguientes tópicos:

- 🔗 i). El Contenedor Virtual STM-1, (CV-4).
- 🔗 ii). El proceso de ensamble (desensamble del CV).
- 🔗 iii). Las unidades tributarias, (UT).
- 🔗 iv). La concatenación.

### III.10. Estructura de Trama STM-1.

La trama SDH STM-1 se ha descrito como el nivel base de la capacidad de transporte de SDH. Incluye un Excedente de Sección y un Contenedor Virtual (CV-4). Las señales de tributarias individuales se ensamblan dentro del CV-4 para su transporte intacto a través de la Red SDH. Para conocer más acerca de la capacidad de transporte es necesario analizar con más detalle la señal del Contenedor Virtual.

#### III.10.1. Contenedor Virtual STM-1 (CV-4).

El CV-4 STM-1 proporciona el nivel de base para ensamblar la capacidad de señal de SDH y transportarla entre los nodos de la Red. Incluye la capacidad útil conocida como **Contenedor** y capacidad de señal para Excedente de Trayectoria. Su estructura se ilustra en la Figura III.9.

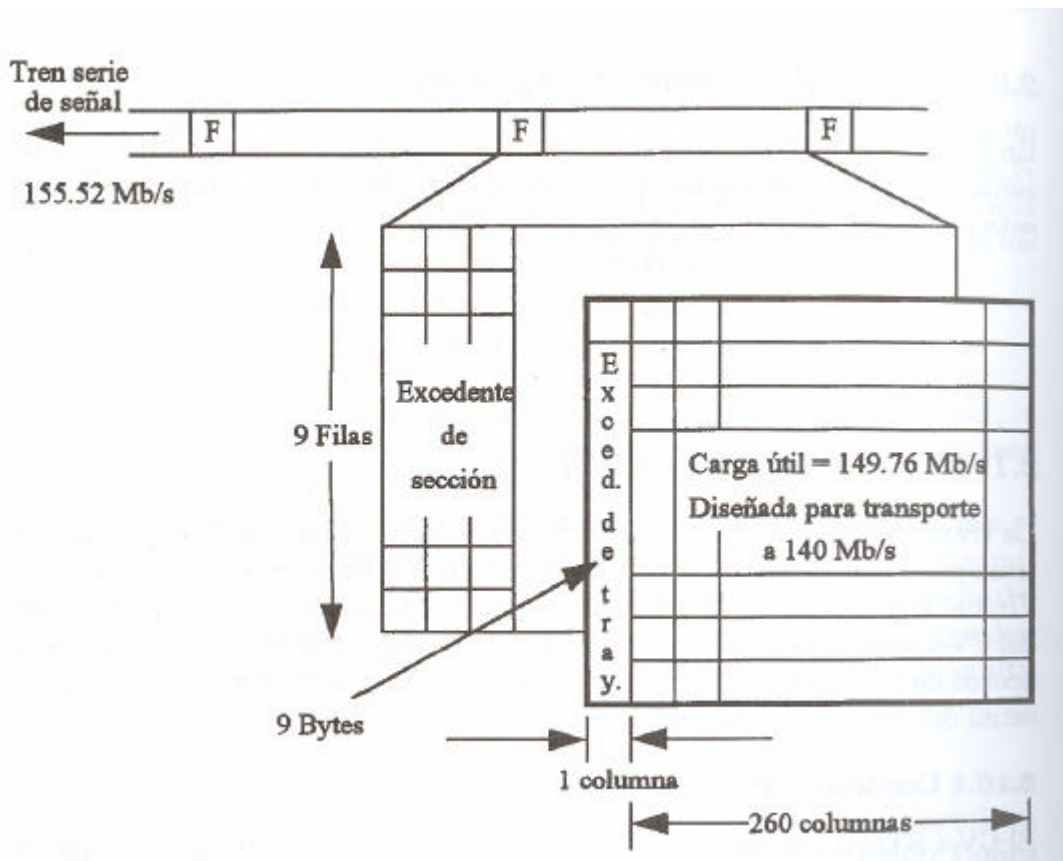


Figura III.9.- Contenedor Virtual TM-1 (CV-4).

■ **Contenedor.-** El área de Contenedor de cada CV-4 está destinada a apoyar el transporte de señales tributarias específicas. El Contenedor CV-4 (denotado por C-4) incluye 2,340 Bytes, estructurados como 260 columnas de 9 Bytes. Estos Bytes suministran la capacidad de transporte de 149.76 Mbps con una tasa de repetición de tramas de 8,000. Esta capacidad se ha diseñado específicamente para acomodar el transporte de una señal tributaria de 140 Mbps.

■ **Excedente de Trayectoria.-** Un área de cada CV-4 también se asigna para Excedente Asignado ("Embutido") que se conoce como Excedente de Trayectoria de Alto Orden. El Excedente de Trayectoria proporciona facilidades tales como monitoreo de alarma y monitoreo de funcionamiento, que se necesitan para apoyar y mantener el transporte de un CV-4 entre localidades extremas (conocidas como Terminaciones de Trayectoria de Alto Orden). Las Terminaciones de Trayectoria son los puntos en donde un CV se ensambla o desensambla. El Excedente de Trayectoria CV-4 se localiza en la primera columna del CV-4 (un total de 9 Bytes por trama).

### III.11. Proceso de Ensamble del CV-4.

El concepto de señal tributaria (como la de 140 Mbps) que se ensambla dentro de un CV, para transportarse extremo a extremo a través de una Red Síncrona, es fundamental para el estándar (Norma) SDH. Este proceso de ensamble de la señal tributaria dentro del CV se llama **mapeo**.

Para suministrar uniformidad a través de toda la capacidad de transporte de SDH, la capacidad útil suministrada para cada señal tributaria individual siempre es ligeramente superior a la que requiere la señal tributaria. Así, la esencia del proceso de mapeo es sincronizar la señal tributaria con la capacidad útil suministrada para el transporte.

Como lo ilustra la Figura III.10, una señal tributaria de 140 Mbps necesita ser sincronizada con la capacidad de carga útil de 149.76 Mbps suministrada por el CV-4. La adición del Excedente de Trayectoria completa el ensamble del CV-4 e incrementa la tasa de bits de la señal compuesta de 150.34 Mbps.

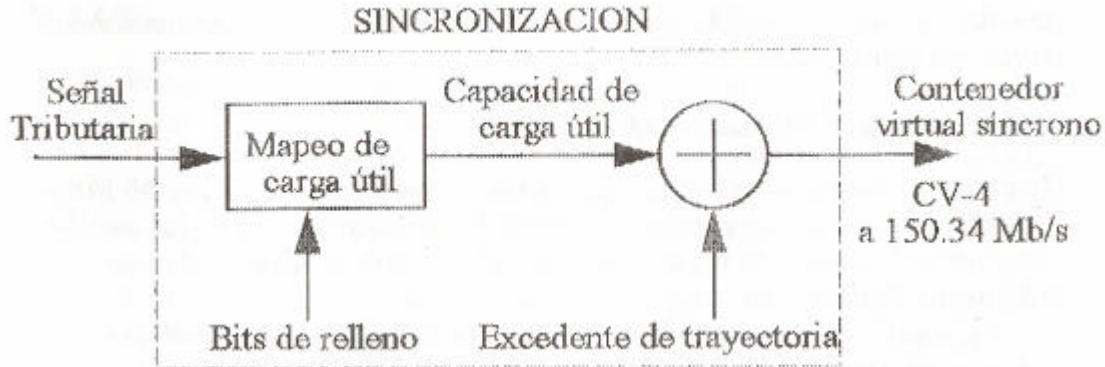


Figura III.10.- Proceso de Ensamble del CV-4.

### III.12. Proceso de Desensamble del CV-4.

En el punto de salida de la Red Síncrona, la señal tributaria se debe recuperar del CV. Este proceso se conoce como **desmapeo**.

El CV comprende Excedente de Trayectoria, la señal tributaria y bits de relleno que se han agregado para sincronizar la tasa de bits de la señal tributaria con la capacidad de carga útil disponible para el transporte. Así, la esencia del proceso de desmapeo (Figura III.11) es desincronizar la señal tributaria de la señal compuesta del CV. Esta señal tributaria recuperada se debe sacar entonces, tanto como se pueda, con su forma original.

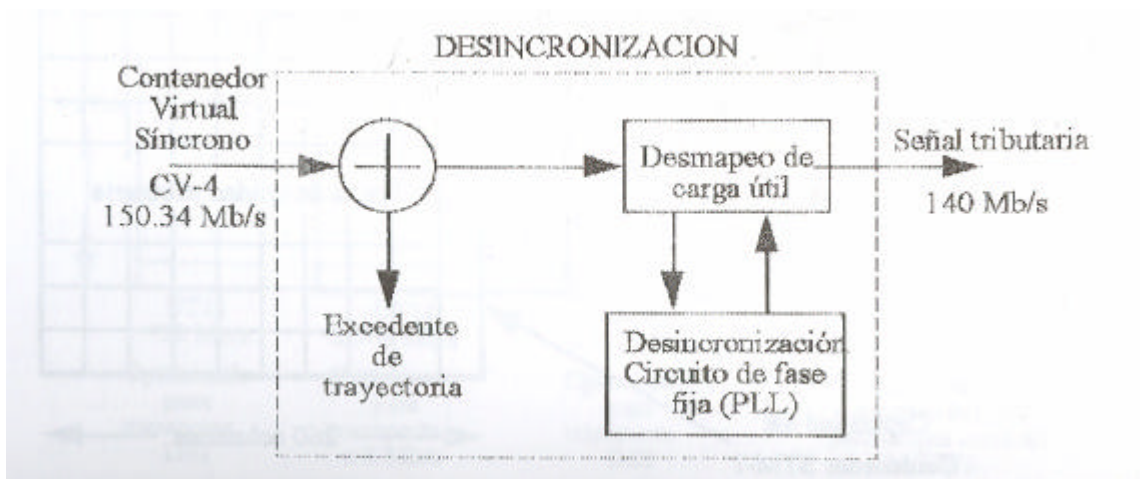


Figura III.11.- Proceso de Desensamble del CV-4.

Así, por ejemplo, un CV-4 que porta una señal tributaria de 140 Mbps llega al punto de desensamble de CV con la tasa de señal de 150.34 Mbps. Eliminando el Excedente de Trayectoria y los bits de relleno del CV-4 da por resultado una señal discontinua que representa la señal tributaria transportada de 140 Mbps. Estas discontinuidades de tiempo se reducen mediante un Circuito de Fase Fija (PLL) de desincronización para producir una señal tributaria continua de 140 Mbps.

### III.13. Unidades Tributarias.

Hasta aquí, sólo se ha estudiado el caso de la señal tributaria de 140 Mbps. Esto obliga a preguntarse sobre la forma de abastecer, en SDH, las señales tributarias de tasas más bajas como por ejemplo la de 2 Mbps, la respuesta es la **Unidad Tributaria**.

La Figura III.12 ilustra la estructura de la UT. La capacidad de canal que suministra un CV-4 STM-1 es de 149.76 Mbps. Éste se ha diseñado específicamente para proveer el transporte de una señal tributaria de 140 Mbps. El transporte de señales tributarias de menor tasa, por ejemplo, de 2 Mbps, se suministra mediante una estructura de trama de Unidad Tributaria.

Las UT están específicamente destinadas para apoyar el transporte y conmutación de la capacidad útil que es menor que la que suministra el CV-4. Por diseño, la estructura de trama de la UT cabe exactamente dentro del CV-4, lo que simplifica el multiplexaje de UT. Dentro del área del contenedor C-4 de un CV-4, se puede ensamblar un determinado número de UT completas.

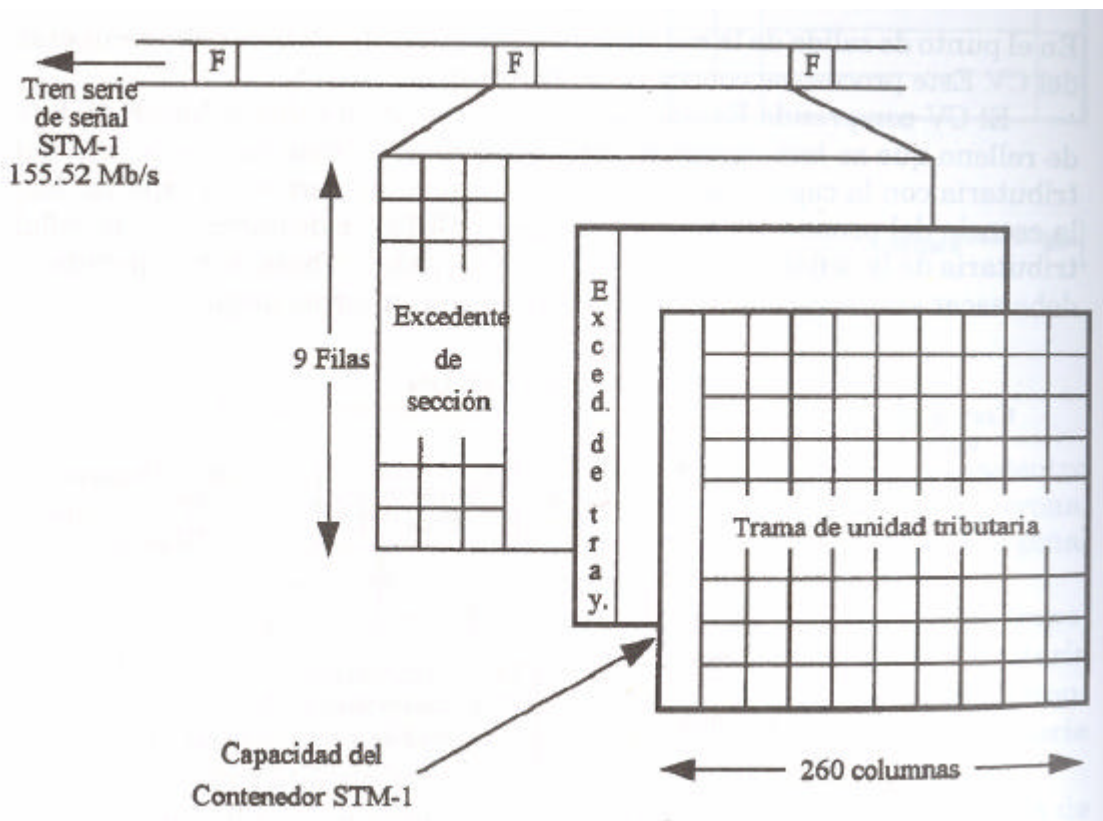


Figura III.12.- Unidades Tributarias.

### III.14. Tamaños de Tramas de Unidad Tributaria.

SDH permite diferentes tamaños de UT (Figura III.13).

- i). UT11: Cada trama consiste de 27 Bytes, estructurados como 3 columnas de 9 bytes. A la tasa de trama de 8,000 Hz, estos Bytes suministran la capacidad de transporte de 1.728 Mbps y aceptarán el mapeo de una señal americana de DSI (1.544 Mbps). En el STM-1 CV-4 pueden multiplexar 84 UT11.
- ii). UT12: Cada trama UT12 consiste de 36 Bytes, estructurados como 4 columnas de 9 Bytes. A la tasa de trama de 8,000 Hz, estos Bytes proporcionan la capacidad de transporte de 2.304 Mbps y aceptarán el mapeo de una señal CEPT de 2.048 Mbps. En el STM-1 CV-4 se puede multiplexar 63 UT12.
- iii). UT2: Cada trama UT2 consiste de 108 Bytes, estructurados como 12 columnas de 9 Bytes. A la tasa de trama de 8,000 Hz, estos Bytes suministran la capacidad de transporte de 6.912 Mbps y aceptarán el mapeo de una señal americana DS2. Dentro del STM-1 CV-4 se puede multiplexar 21 UT2.
- iv). UT3: Cada trama UT3 consiste de 774 Bytes, estructurados como 86 columnas de 9 Bytes. A la tasa de trama de 8,000 Hz, estos Bytes suministran la capacidad de transporte de 49.54 Mbps y aceptarán el mapeo de una señal CEPT de 34 Mbps o una señal americana DS3. Dentro del STM-1 CV-4 se puede multiplexar 3 UT3.

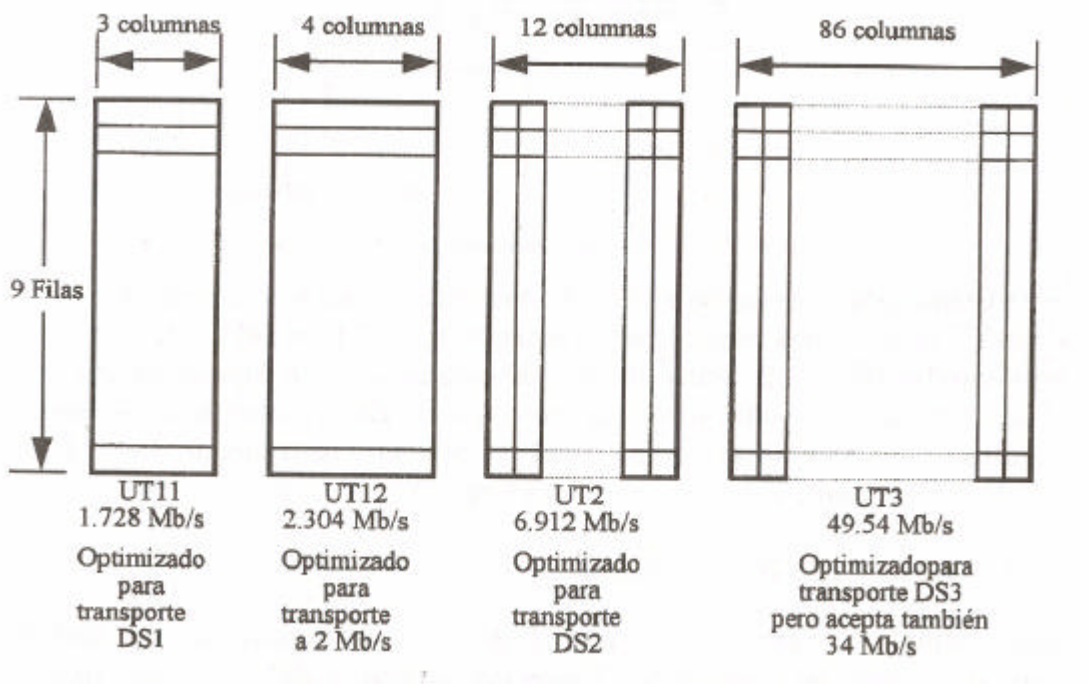


Figura III.13.- Diferentes Tamaños de Tramas de UT.



### III.15. Empaquetamiento de UT12 en CV-4.

El UT12 es un tamaño particular importante de Unidad Tributaria. Esto se debe a que se diseña para aceptar una señal tributaria de 2 Mbps, la señal tributaria más numerosa en las redes CEPT existentes.

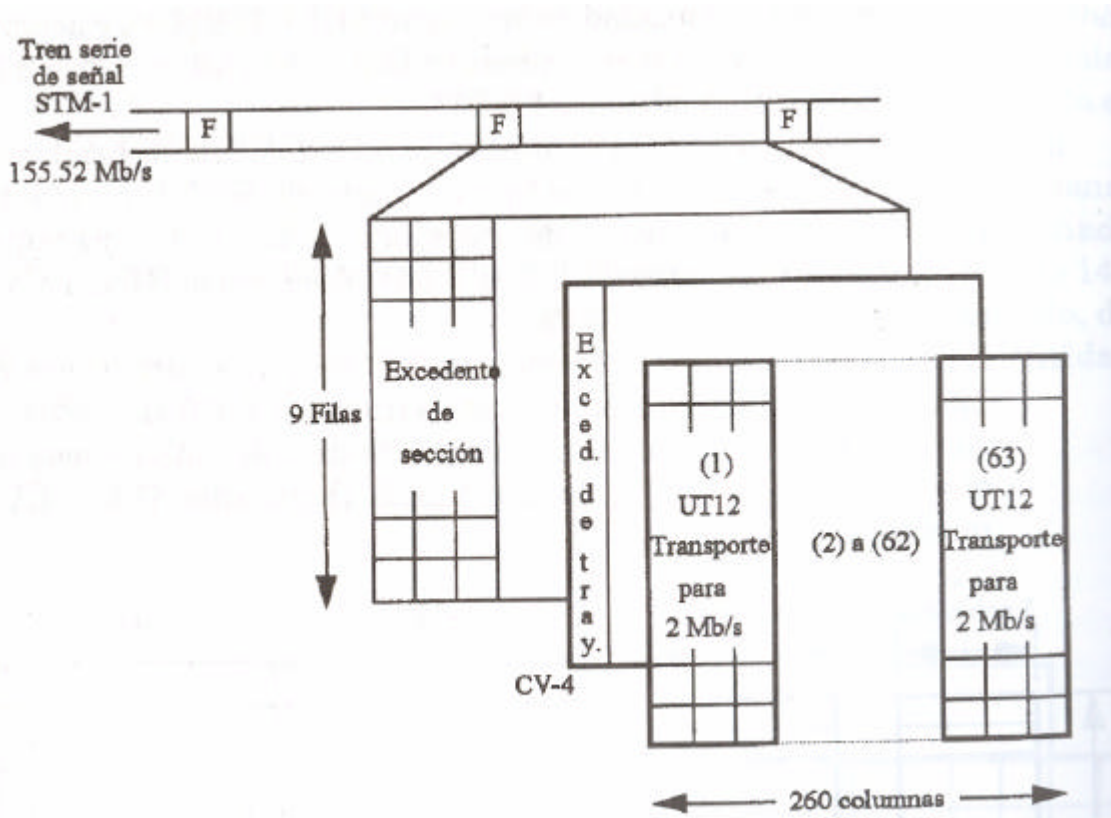


Figura III.14.- Empaquetamiento de UT12 en CV-4.

Como lo ilustra la Figura III.14, la estructura de 4 columnas por 9 filas de la UT12 cabe exactamente en la estructura de 9 filas del CV-4. Se pueden empaquetar 63 UT12 dentro de las 260 columnas de la capacidad útil suministrada por un C-4. Estas columnas de reserva resultan de etapas intermedias en el proceso de multiplexaje de "Ut12 a CV-4", y se llaman con Bytes de relleno fijos.

### III.16. Estructura de Trama de UT.

Esencialmente, la trama de Unidad Tributaria representa una miniestructura de trama de transporte. Tiene los atributos de una estructura de transporte SDH pero se transporta dentro de la estructura estándar de trama SDH STM-1.

Una estructura de trama se crea mediante el mapeo de una señal tributaria de baja tasa en el "Contenedor" de la UT; "agregando el excedente de trayectoria de orden" para crear el Contenedor Virtual de la UT (CV-11, CV-12, CV-2 ó CV-3, dependiendo del tipo de UT); enlazando este CV con la trama de la UT mediante un Apuntador de UT, siendo éste el único elemento de Excedente Sección de UT. La trama de UT se multiplexa entonces en un punto fijo dentro del CV-4.

La estructura de una trama de UT se ilustra en la Figura III.15 como residente en un CV-4. En realidad, la estructura de trama de UT se distribuye sobre cuatro tramas CV-4 consecutivas. Es por lo tanto más preciso llamarle a la estructura como multitrama de UT. La fase de multitrama se indica mediante uno de los 9 Bytes Excedente de Trayectoria CV-4 (Byte H4).

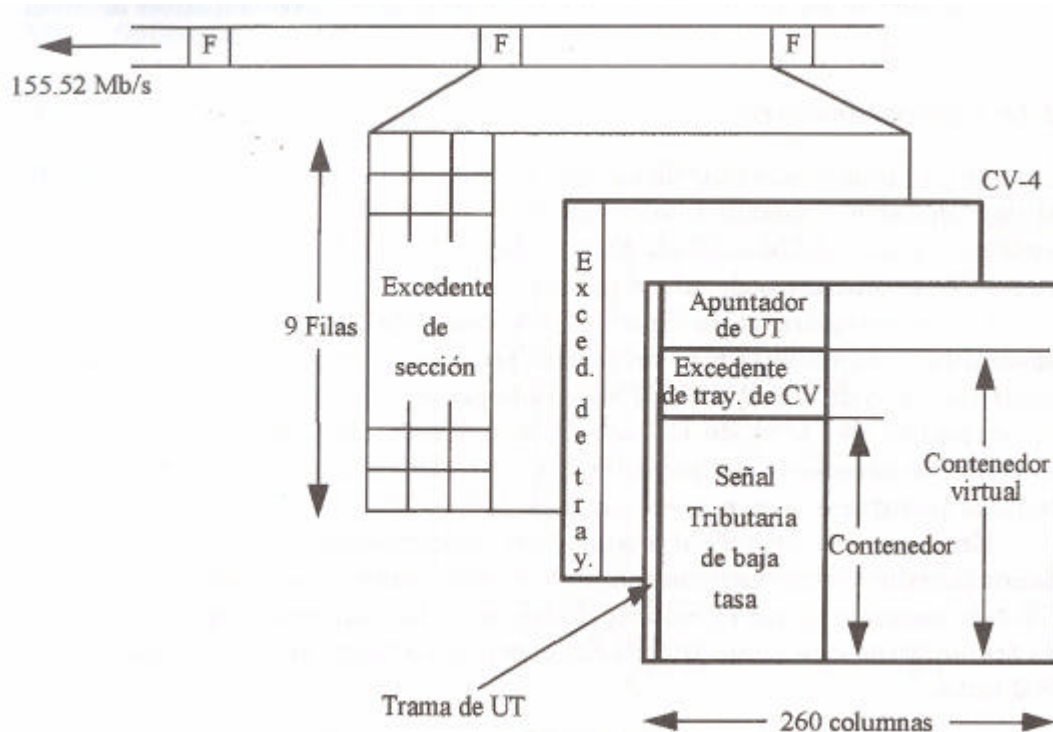


Figura III.15.- Estructura de Trama UT.

### III.17. Modos de Operación de UT.

Existen dos modos de operación para la estructura de UT.

**Modo de Fluctuación.-** Se ha diseñado para minimizar el retardo de Red y suministrar un cruce de conexión eficiente de señales de transporte al nivel de UT. Esto se consigue permitiendo que cada UT CV flote con respecto al CV-4. Por lo tanto, cada UT CV necesita su propio Apuntador. El Apuntador acomoda las emisiones de sincronía asociadas con las UT individuales, evitando el empleo de almacenes indeseados de deslizamiento en cada punto de cruce de conexión. En consecuencia, el Nodo de Flotación apoya de manera efectiva la capacidad de interconexión de redes SDH al nivel de UT.

**Modo Asegurado.-** Se ha diseñado para minimizar la complejidad de interfase y apoyar el transporte pesado de 2 Mbps en aplicaciones de Punto a Punto (por ejemplo, entre switches digitales). Esto se consigue "asegurando" UT CV individuales en posición fija dentro del CV-4. En este modo, no se requieren apuntadores de UT, por lo que, no se suministran. La falta de apuntadores, y en consecuencia la inhabilidad para acomodar emisiones de sincronía, significa que las UT en modo asegurado no son adecuadas para aplicaciones de integración de Redes.

### III.18. Concatenación.

Las señales más avanzadas de servicios a Cliente, tales como ATM de 622.08 Mbps, requieren capacidad de transporte mayor que los 149.76 Mbps suministrados por el STM-1 CV-4. Esto se logra en SDH mediante un Contenedor Virtual **concatenado** de más alta tasa.

Como se muestra en la Figura III.16, una señal de transporte STM-4 se ensambla normalmente mediante multiplexaje por intercalación de Bytes de 4 señales de transporte STM-1. Este proceso de multiplexaje resulta en la ocupación del área de CV por 4 CV-4 individuales. Cada CV-4 consiste de Excedente de Trayectoria y un Contenedor capaz de transportar señales tributarias con mapeo hasta de 149.76 Mbps.

En el caso de una STM-4 concatenada (denotada por STM-4c), el área de Contenedor Virtual se llena completamente mediante un solo CV-4c. Este CV-4c consiste de un Excedente de Trayectoria y un Contenedor solo capaz de transportar una señal tributaria operando a tasas de aproximadamente 60Mbps.

Una vez ensamblado, un CV-4c (o cualquier otra estructura CV concatenada) se multiplexa, conmuta y transporta a través de la Red como entidad única.

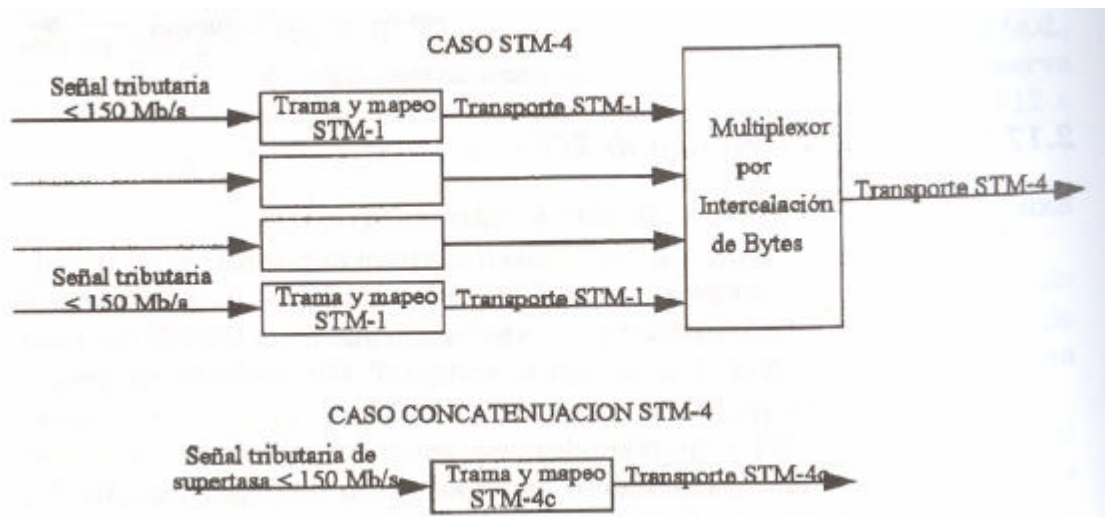


Figura III.16.- Concatenación.

### III.19. Estructura de Trama STM-4c.

La estructura de señal STM-4c tiene las mismas dimensiones totales que una STM-4 (9 filas por 1080 columnas), la misma tasa de repetición de trama (8,000 Tramas/Segundo), y por lo tanto, tiene la misma tasa de señal (622.08 Mbps). Ver la Figura III.17.

El área ES (Excedente de Sección) de un STM-4c es idéntica a la de la trama STM-4, las primeras 36 columnas se asignan al Excedente de Sección.

El contenedor del STM-4c incluye 1,043 columnas y 9 Bytes, un total de 9,387 Bytes. Estos Bytes suministran la capacidad de transporte de 600.77 Mbps a la tasa de repetición de trama de 8,000 Hz. Capacidad de señal para el Excedente de Sección se asigna a la primera columna del CV-4c.

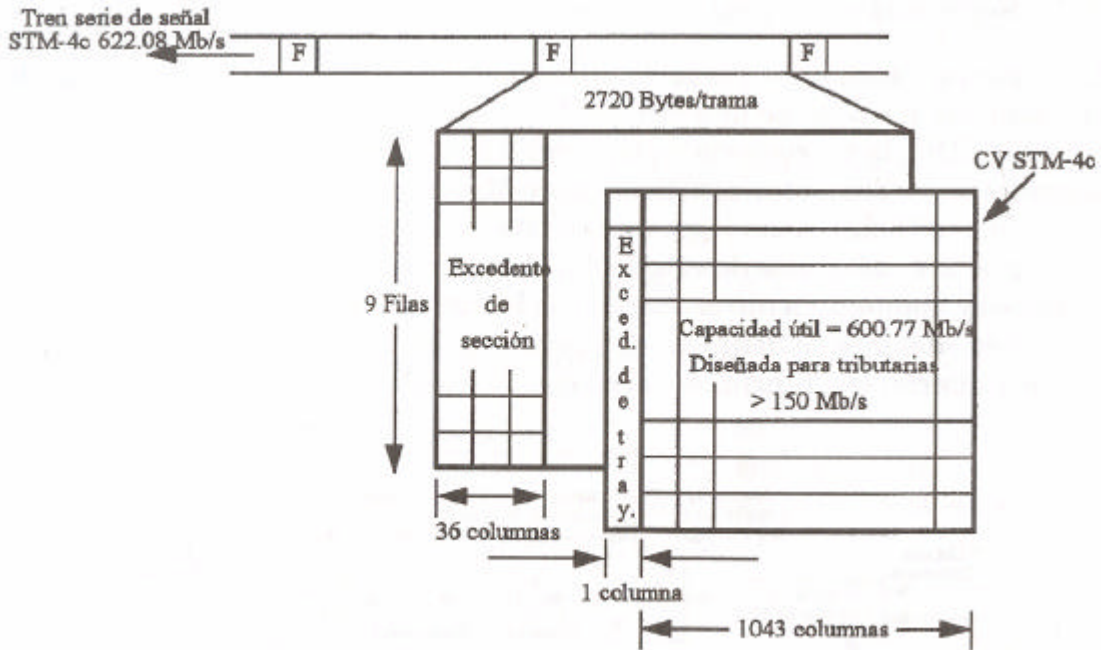


Figura III.17. - Estructura de Trama STM-4c.

### III.20. Capacidad de Excedente Insertado.

Como se ha visto, la trama SDH de transporte síncrono porta 2 clases de datos, a saber: las señales tributarias generadoras de ingresos más las señales de apoyo de Red, conocidas como Excedente Insertado. Las señales de Excedente Insertado suministran las funciones que necesita la Red para el transporte eficiente de las señales tributarias a través de la Red SDH. El Excedente Embebido se divide en tres categorías:

- ⊕ Excedente de Trayectoria.
- ⊕ Excedente de Sección de Multiplexor.
- ⊕ Excedente de Sección de Regenerador.

#### III.20.1. Segmentos de Red SDH.

La primera cuestión se resuelve observando una trayectoria particular de transmisión a través de una Red SDH.

En SDH, la trayectoria de transmisión se considera compuesta de tres segmentos: la Trayectoria, la Sección de Multiplexor y la Sección Regeneradora (Figura III.18). cada segmento se provee de su propio Excedente, de aquí que haya 3 categorías de Excedente. Cada Excedente suministra las señales de apoyo y mantenimiento asociados con la transmisión a través del segmento.

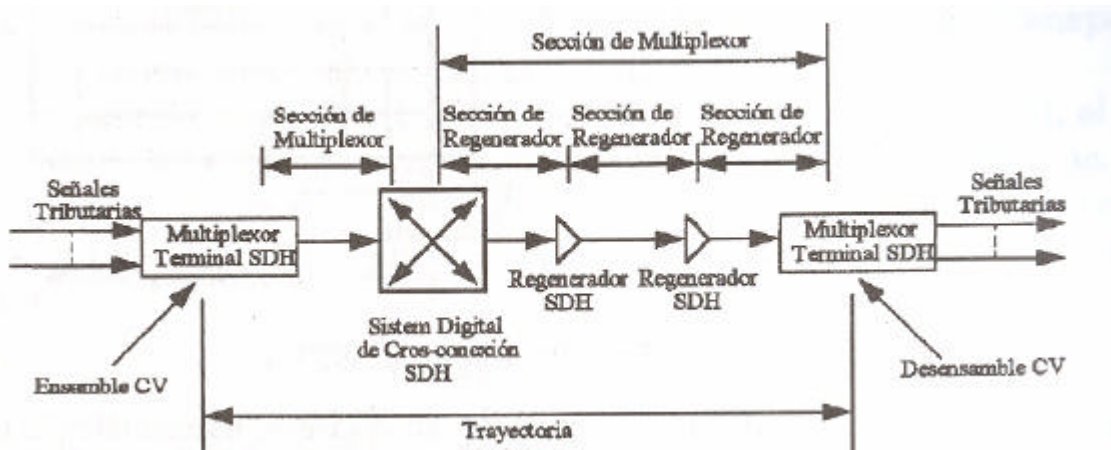


Figura III.18.- Segmentos de Red SDH.

### III.21. Áreas de Excedentes STM-1.

El Excedente de Trayectoria (ET), está contenido dentro de la parte del Contenedor Virtual de la trama STM-1. En el caso de un CV-4, el ET ocupa los 9 Bytes de la primera columna. El ET suministra las facilidades que se necesitan para apoyar y mantener el transporte del Contenedor Virtual entre puntos terminales de trayectoria en donde el CV se ensambla y desensambla.

Como se muestra en la Figura III.19, tanto el Excedente de Sección de Multiplexor (ESM), como el Excedente de Sección Regenerador (ESR), residen en el área de Excedente de Sección (ES) de la trama STM. El ESR ocupa las filas 1 a 3 del ES, mientras que el ESM ocupa las filas 5 a 9.

ESM y ESR, suministran las facilidades que se requieren para apoyar y mantener el transporte de CV entre nodos adyacentes en la Red SDH.

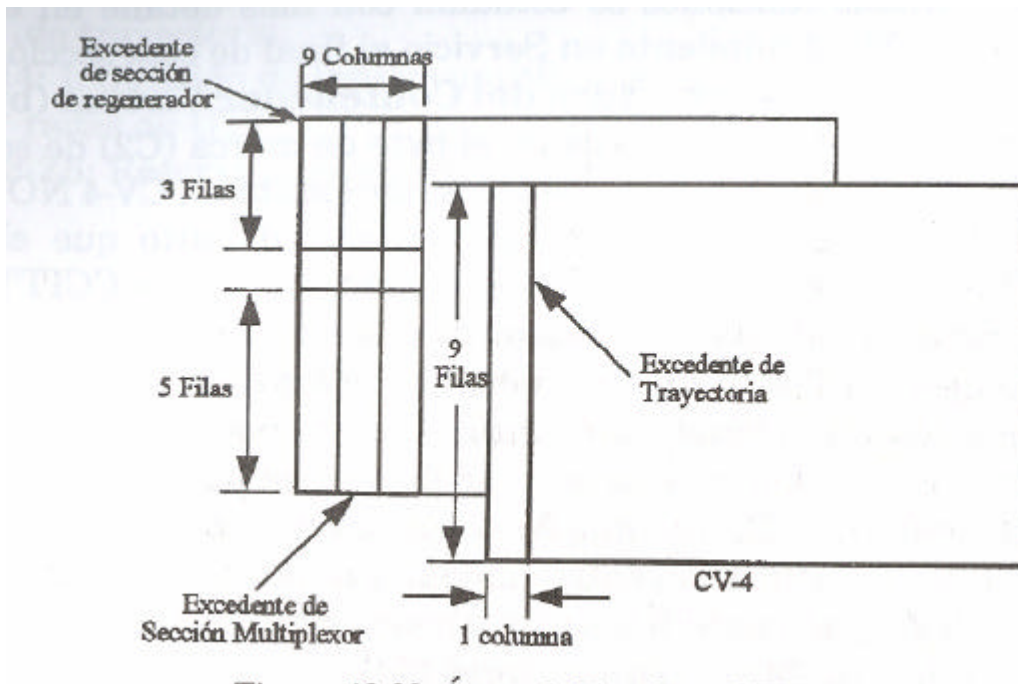


Figura III.19.- Áreas de Excedente STM-1.

### III.22. Definición de Trayectoria de Red SDH.

Una trayectoria de Red SDH es la conexión lógica entre el punto en el cual se ensambla una señal tributaria dentro de su Contenedor Virtual y en el punto en el cual se desensambla del Contenedor Virtual. La Figura III.20 constituye la definición de Trayectoria de Red SDH.

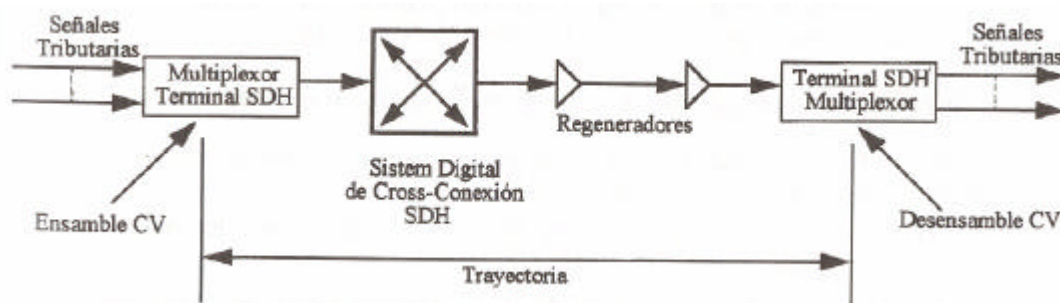


Figura III.20.- Definición de Trayectoria de Red SDH.

### III.23. Funciones de Excedente de Trayectoria de Alto Orden, (CV-4).

■ **Verificación de Paridad (Byte B3).** Una Verificación de Paridad por intercalación de bits con anchura de 8 bits calcula sobre todos los bits del CV-4 anterior. El valor calculado se pone en el lugar del Byte ET B3.

■ **Señales de Alarma.-** Información de alarma y de funcionamiento se incluye como parte del ET. (Estas funciones se estudian con más detalle en el punto Señales de Mantenimiento en Servicio al final de esta sección).

■ **Información de Estructura del Contenedor Virtual (Byte C2).**- La estructura de un CV se da en el Byte de marca (C2) de señal ET. Por ejemplo, el código de puros ceros representa un CV-4 NO equipado, en tanto que el código "00000001" representa un CV-4 equipado. Dentro de CCITT se dan comúnmente definiciones para otras estructuras de CV.

■ **Mensajes de Trazo de Trayectoria (Byte J1).**- Un mensaje de 64 Bytes, transmitido un Byte por trama CV-4, dentro del Byte ET J1. Un solo mensaje se formulará para cada trayectoria en una Red SDH. El mensaje de trazo de trayectoria apoya la continuidad en la verificación entre cualquier punto de una trayectoria de transmisión y el punto fuente de trayectoria.

■ **Indicación de Multitrama (Byte H4).**- Se suministra un indicador generalizado de multitrama para carga útil. En la actualidad, esta facilidad se emplea en las cargas útiles estructuradas de UT. Por ejemplo, el Excedente de UT se distribuye sobre 4 tramas UT, estas 4 tramas incluyen la multitrama UT. El indicador de multitrama identifica la trama de la multitrama de la UT que está presente en el CV-4 común.

■ **Canal de Comunicación de Usuario (Byte F2).**- Un canal de usuario se suministra para comunicaciones de operador de Red propio entre Equipo Terminal de Trayectoria.

### *III.24. Bytes de Excedente de Trayectoria de Alto Orden.*

Los nueve Bytes de Excedente de Trayectoria de Alto Orden que se transportan en el CV-4 son los siguientes (Ver Figura III.21):

J1: Se emplea para transmitir repetitivamente una serie de longitud fija de 64 Bytes.

B3: Suministra una función de monitoreo de error de trayectoria VPIB-8 (Verificación de Paridad por Intercalación de Bits). La trayectoria VPIB-8 se calcula sobre todos los bits del CV-4 anterior, el valor calculado se pone en el Byte B3 antes de la mezcla.

C2: Indica la construcción del contenedor asociado por medio de una marca asignada de una lista de 256 posibles valores.

G1: Se emplea para enviar información de monitoreo de estado y de funcionamiento desde el equipo terminal de trayectoria de recepción hacia el equipo de origen. Esto permite el monitoreo de estado y funcionamiento de una trayectoria de doble sentido en cualquier extremo o en cualquier punto a lo largo de la trayectoria.

F2: Asignado para comunicaciones de operador de Red entre terminales de trayectoria.

H4: Indicación de fase de multitrayectoria para carga útiles estructuradas de UT.

Z3 – Z5: Reserva para empleo futuro.

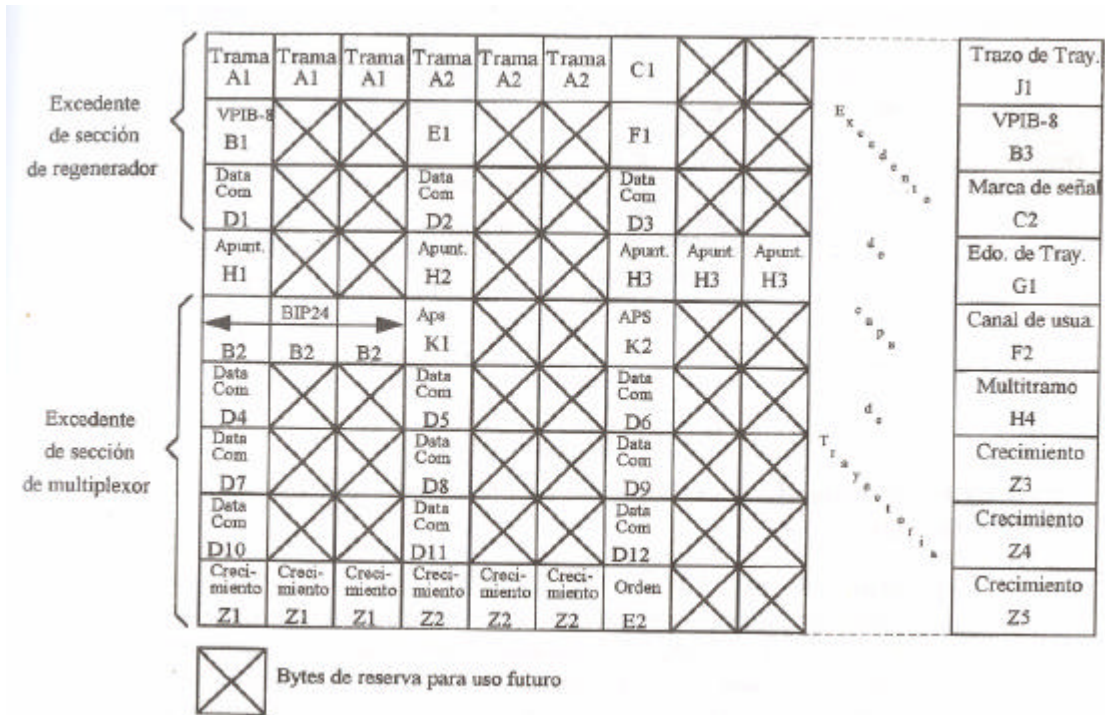


Figura III.21.- Bytes STM-1 ET.

### III.25. Definición de Sección Multiplexora de Red SDH.

Una **Sección Multiplexora** de Red SDH incluye el medio de transmisión, junto con el equipo asociado (incluyendo los regeneradores), que suministra los medios de transporte de información entre dos nodos consecutivos de Red (por ejemplo, multiplexores SDH, switches de cruce de conexión SDH). Uno de los nodos de Red origina el Excedente de Sección Multiplexora (ESM) mientras que el otro termina este excedente (Figura III.22).

En las redes SDH, la sección Multiplexora tiene gran importancia. Es el nivel al cual la Red SDH suministra protección contra las fallas de equipo o deterioro del funcionamiento. La protección cubre la funcionalidad SDH desde el punto en el que ESM se inserta en el tren de señal hasta el punto en donde termina. En el caso de falla (o pobre funcionamiento), la Red SDH conmutará los CV asociados hacia un circuito de transmisión de Sección Multiplexora de respaldo. Esta acción se conoce como Protección de Sección Multiplexora (PSM). El circuito de respaldo se conoce como Canal de Protección e incluye medios de transmisión, regeneradores (si se necesitan) y Equipo Terminal de Sección Multiplexora.



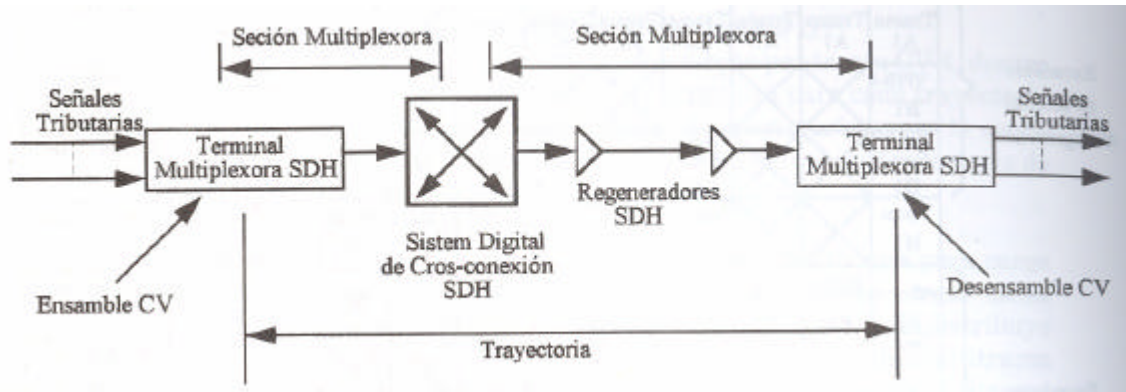






Figura III.22.- Sección Multiplexora de Red SDH.


### III.26. Funciones de Excedente de Sección Multiplexora, (ESM).


 **Apuntadores de UA (Byte H1, H2, H3).**- Los Bytes apuntadores de UA (Unidad de Administración) no son, en realidad, parte del ESM. Sin embargo, son procesadores por equipo terminal de sección multiplexora y, por lo tanto, incluido aquí como complemento. Los Bytes apuntadores de UA suministran el enlace entre el Excedente de Sección y el (los) Contenedor(es) Virtual(es) Asociado. Se suministran apuntadores independientes para cada STM-1 en una trama STM-N. Los apuntadores proporcionan el apoyo necesario para la capacidad de integración de Redes en SDH.

 **Conmutación de Protección (Bytes K1 y K2).**- Las secuencias de Protocolo que controlan la Protección de Sección Multiplexora (PSM) se señalan como parte del ESM. Esta funcionalidad suministra apoyo extra para la capacidad de integración de Redes SDH.

 **Verificación de Paridad (Bytes B2).**- Una Verificación de Paridad por intercalación de bits de 24 bits de anchura (VPIB-24) se calcula sobre todos los bits de la trama STM-1, exceptuando los del Excedente de Sección Regeneradora. El valor calculado se pone en el ESM de la siguiente trama STM. Cada STM-1 es una estructura de trama STM-N tiene su propia Verificación de Paridad.







 **Señal de Alarma.**- Se incluyen señales de alarma como parte del ESM.

 **Canal de Comunicación de Datos (Bytes D4 a D12).**- Un canal de comunicación de datos (CCD) de 576 Kbps permite el intercambio de información de Mantenimiento y Administración de Red entre Equipo Terminal de Sección Multiplexora. Por ejemplo, las tablas de enrutamiento de un sistema digital de cruce de conexión se podrían actualizar enviando los datos apropiados sobre el CDD desde el Ordenador de Administración de la Red.

 **Canal de Orden (Byte E2).**- La comunicación de voz entre terminal de Sección Multiplexora está apoyada por un canal de orden.



### III.27. Bytes de Sección Multiplexora de Alto Orden.

Los Bytes definidos de Excedente de Sección Multiplexora STM-1 se forman de la siguiente manera (Figura III.21):

-  **B2:** Los tres Bytes B2 suministran la función de monitoreo de error de Sección Multiplexora (SM) por VPIB-24. La VPIB-24 de SM se calcula sobre todos los bits de la trama STM-1 anterior exceptuando los que se localizan en el Excedente de Sección Regeneradora. Los Bytes B2 se suministran para todas las STM-1 de la estructura de trama STM-N.
-  **K1 y K2:** Controlan la conmutación de Protección de Sección Multiplexora (PSM). Se definen para la primera STM-1 de una estructura de trama STM-N.
-  **D4 – D12:** Los Bytes D4 a D12 suministran un canal de comunicación de datos de 576 Kbps entre Equipo Terminal de Sección Multiplexora. Este canal de Protocolo en base a mensajes se emplea para transportar información de Administración y Mantenimiento. Estos Bytes se definen sólo para la STM-1 número 1 de una STM-N.
-  **Z1, Z2:** Los Bytes Z1 y Z2 (3 de cada uno) se reservan para funciones aún no definidas.
-  **E2:** El Byte E2 suministra un canal expreso de orden para comunicación de voz entre equipo terminal de sección multiplexora y sólo se define para la STM-1 número 1 de una señal STM-N.
-  **H1 – H3:** Los Bytes apuntadores UA se asocian con, pero no son realmente parte de, el ESM. H1 y H2 contienen la información de Apuntador. Los 3 Bytes H3 son los Bytes de **acción de apuntador**. Los Bytes H3 se emplean para transportar información “viva” desde un CV -4 durante la trama STM en la que aparece un ajuste negativo de Apuntador. Los apuntadores UA suministran para todas las STM -1 de una STM-N.

### III.28. Definición de Sección Regeneradora de Red SDH.

Una Sección Regeneradora de Red SDH (Figura III.23) incluye el medio de transmisión y equipo asociado entre:

-  Un elemento de Red y un Regenerador.
-  Dos Regeneradores.

El equipo asociado contiene equipo de interfase óptico y de procesamiento SDH que origina o termina el Excedente de Sección Regeneradora. Los tramos de Sección Regeneradora no se protegen individualmente.

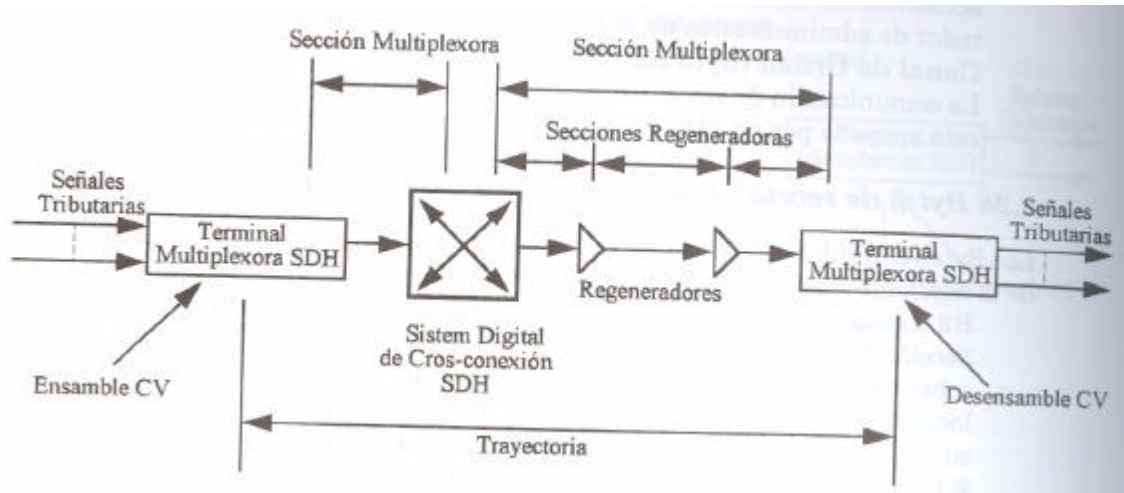


Figura III.23.- Sección Regeneradora de Red SDH.

### III.29. Funciones de Excedente de Sección Regeneradora, (ESR).

- ✚ **Alineación de Trama (Bytes A1, A2).**- Se suministra un patrón de alineación de trama. Se asignan 6 Bytes al patrón de trama en una trama STM-1.  $N * 6$  Bytes se asignan al patrón de trama de una trama STM-N.
- ✚ **Identificador de Canal (Byte C1).**- Cada STM-1 dentro de una STM-N se identifica separadamente mediante un número binario que corresponde a su orden de aparición en la trama STM-N con intercalación de Bytes.
- ✚ **Verificación de Paridad (Byte B1).**- Una Verificación de Paridad por intercalación de bits con anchura de 8 bits, se calcula sobre todos los bits de la trama STM-N. El valor que se calcula se pone en el ESR de la siguiente trama STM-N.
- ✚ **Canal de Comunicación de Datos (Bytes D1 a D3).**- Se suministra un Canal de Comunicación de Datos (CCD) de 192 Kbps. Este CCD se destina para el intercambio de información de Mantenimiento y Administración de Red en base a mensajes entre Equipo terminal de Sección Regeneradora, como por ejemplo, regeneradores y otros elementos de Red SDH.
- ✚ **Canal de Comunicación de Usuario (Byte F1).**- Este canal se destina para el uso del operador de Red en aplicaciones propias de comunicaciones de datos. La información que se transmite en este canal de comunicación de datos puede pasar sin modificación a través de un regenerador. Alternativamente, el regenerador puede sobrescribir la información recibida.

### III.30. Bytes de Sección Regeneradora de Alto Orden.

Los 9 Bytes del Excedente de Sección regeneradora STM-1 se forman como sigue (ver Figura III.21).

- ⊕ **A1, A2:** Suministran un patrón de alineación de trama (1111011000101000). Estos Bytes se proporcionan en todas las STM-1 dentro de una STM-N.
- ⊕ **C1:** El Byte C1 se pone al número binario que corresponda a su orden de aparición en la trama STM-N con intercalación de Bytes, y se puede emplear en el proceso de entramado y de desintercalación para determinar la posición de otras señales. Este Byte se suministra en todas las STM-1 dentro de una STM-N dándole a la primera STM-1 el número 1 (0000001).

- ⊕ **B1:** Una VPIB-8 que suministra el monitoreo de funcionamiento de error al nivel de sección regeneradora. Esta verificación de paridad par se calcula sobre todos los Bytes de la trama anterior STM-N (después de mezclar). El valor calculado se pone en el Byte B1 antes de la mezcla. Este Byte se define únicamente para el primer canal STM en una trama STM-N.
- ⊕ **E1:** El Byte E1 suministra un canal de orden local para la comunicación de voz entre regeneradores, nodos y puntos terminales remotos y sólo se define para la STM-1 número 1 de una señal STM-N.
- ⊕ **F1:** El Byte F1 se asigna para propósitos de usuario y se termina en el equipo al nivel de sección regeneradora. Este Byte se define solamente para la STM-1 número 1 de una trama STM-N.
- ⊕ **D1 – D3:** Un canal de comunicación de datos en base a mensajes de 192 Kbps que suministra funciones de administración, monitoreo, alarma y mantenimiento entre Equipo Terminal de Sección Regeneradora. Estos Bytes se definen solamente para la STM-1 de una trama STM-N.

### *III.31. Señales de Mantenimiento en Servicio.*

El amplio rango de señales de alarma y verificaciones de paridad construida dentro de la estructura de señal SDH apoyan la prueba efectiva en servicio. Las principales condiciones de alarma tales como Pérdida de Señal (PDS), Pérdida de Trama (PDT) y Pérdida de Apuntador (PDA) provocan que se transmita en el sentido de la serie la Señal Indicadora de Alarma (SIA). Se generan diferentes señales SIA dependiendo del nivel de la jerarquía de Mantenimiento que se ve afectado. En respuesta a las diferentes señales SIA y detección de las principales condiciones de alarma, se envían otras señales de alarma en sentido opuesto a la serie para avisar de algún problema más adelante. La Falla en el Extremo Receptor Lejano (FERL) se envía en sentido opuesto a la serie en el Excedente de Sección Multiplexora después de que el equipo terminal de tramo de Sección Repetidora ha detectado una SIA, o PDS, o PDT, o PDA; y, una Indicación de Alarma Remota (IAR) para una Trayectoria de Alto Orden se envía en sentido opuesto a la serie después de que el Equipo Terminal de Trayectoria detecta una SIA de Trayectoria o PDA; y, de igual manera, una Indicación de Alarma Remota (IAR) para una Trayectoria de Bajo Orden se envía en sentido opuesto a la serie después de que el Equipo Terminal de Trayectoria de Bajo Orden ha detectado una SIA de Trayectoria de Bajo Orden o una PDA.

El monitoreo de funcionamiento en cada nivel de la jerarquía de Mantenimiento se basa en las verificaciones de Paridad con Intercalación de Bits(PIB) calculadas sobre la base de trama por trama. Estas verificaciones PIB se insertan en el Excedente asociado con la Sección Regeneradora, la Sección Multiplexora y los tramos de mantenimiento de trayectoria. Además, el Equipo Terminal de Tramos de Trayectoria de Alto y Bajo Orden producen Error de Bloque de Extremo Lejano (EBEL, señales que se basan en errores detectados en PIB de la Trayectoria de Alto Orden y de Bajo Orden respectivamente). Las señales EBEL se envían en sentido opuesto a la serie hacia el extremo origen de la Trayectoria. La Figura III.24 ilustra las señales de mantenimiento en servicio de una Red SDH.

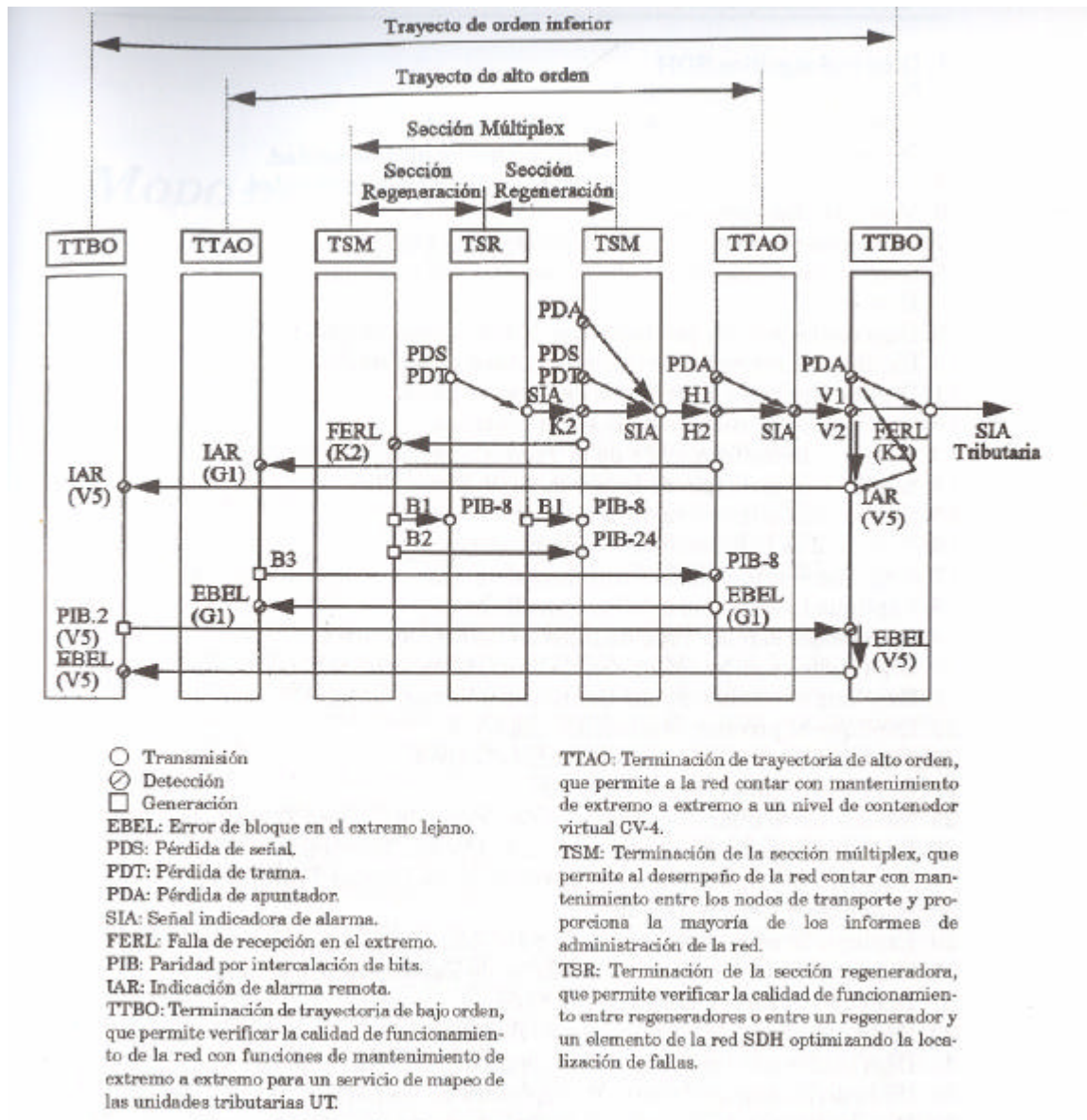


Figura III.24. - Señales de Mantenimiento en Segmentos de una Red SDH.

## CAPÍTULO IV.

### MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO, (ATM).

#### *IV.1. Introducción.*

En el dinámico campo de la Comunicación de Datos, en donde las nuevas tecnologías se introducen rápidamente, la última edición es el **Modo de Transferencia Asíncrono, (ATM)**. Debido a que puede transportar Datos, Vídeo y Voz en una amplia gama de velocidades. ATM representa una gran promesa tanto para las redes de área local, como para las de área amplia.

La última década, ha sido testigo de cómo la industria de la computación ha progresado de manera prácticamente inimaginable. El poder de procesamiento de los ordenadores medido en términos de velocidades de reloj, tamaño de memoria y capacidad de almacenamiento de disco se ha incrementado en varios órdenes de magnitud. Un arreglo de diversas y complejas aplicaciones de Ingeniería, así como de tipo expansivo y de procesamiento de palabras de propósito general ha apoyado este potencial de cómputo. Paralelamente con la expansión del poder de cómputo, se ha presentado un movimiento hacia fuera del "cuarto de cristal" para llegar a los escritorios de usuario. Libre de las restricciones de acceso al cuarto de los ordenadores, la demanda de poder de cómputo se ha incrementado proporcionalmente con el número de escritorios. Pero todo este poder distribuido de cómputo se debe dispersar por la Red para poder aprovecharlo. La Red ha llegado a ser tan importante como todo el poder de cómputo de la organización empresarial.

El resultado de este éxito es bien conocido para los manejadores de la Red. En un campo empresarial en donde cientos de usuarios se encuentran geográficamente dispersos, sus conexiones de Red deben operar en todo tiempo. La Red debe enlazar un amplio rango de aparatos de cómputo y tipo de aplicaciones. Tanto los servidores de archivo de alta velocidad para aplicaciones de Ingeniería, como las redes de ordenadores personales que manejan aplicaciones de expansión de documentos se deben interconectar por Red de manera económica. Además, las topologías de Red deben ser dinámicas para manejar fácilmente el crecimiento y la redistribución de usuarios. La Red también debe poder adoptar la tecnología que se encuentra en continua evolución, apoyando nuevos avances sin permitir la obsolescencia de las inversiones de la infraestructura existente.

En tanto que la tecnología existente de Red ha recibido estos requerimientos en evolución con admirable ingenuidad, puede haber alcanzado los límites de su capacidad. El Mantenimiento y la Operación de redes grandes basadas en enrutador en presencia de reubicaciones frecuentes de usuario es una tarea sustancial y onerosa. Las fallas de Red y falta de seguridad provocan pérdidas inaceptables de datos. Los costos de Enlace de Red no se equilibran adecuadamente a través de la gama de requerimientos de tasas de datos; consecuentemente, agregar conexiones de servidor de alta velocidad a menudo cuesta mucho. La planeación de capacidad de Red es inexistente o insegura. Estos problemas se relacionan solamente con las aplicaciones de la generación actual que son predominantemente de orientación texto-archivo o de base de datos y en donde los archivos son de tamaño manejable. ¿Podrán las redes existentes transportar las nuevas aplicaciones basadas en imágenes tales como videoconferencia y entrenamiento remoto en donde las corrientes de bits se vuelven un diluvio? Las aplicaciones en base a imagen serán atractivas para el usuario menos complejo de cómputo, quien representa el grueso de los nuevos usuarios. ¿Los paradigmas existentes de Red serán suficientes cuando la abrumadora carga de la demanda en base a vídeo invada la Red?, ¿será tiempo de inventar un nuevo paradigma?

ATM constituye ese nuevo y revolucionario paradigma de redes que no sólo satisface los requerimientos de las redes existentes, sino que también tiene capacidad adicional y características para apoyar las nuevas aplicaciones cuya base es el vídeo. Para apreciar plenamente el poder de ATM, primero se debe entender los inconvenientes que impiden que las tecnologías tradicionales de redes satisfagan los requerimientos futuros del usuario.

## IV.2. Los Grandes Inconvenientes de la Tecnología existente de Red.

### IV.2.1. Redes de Acceso Compartido.

Las redes de ordenadores han estado históricamente basadas en el tipo de acceso compartido transfiriendo datos en unidades conocidas como Datagramas. En las redes de acceso compartido, todas las estaciones de la Red comparten un canal de transmisión común. Las estaciones ligadas al medio compartido cuentan con un método para determinar si otra estación está transmitiendo, para entonces diferir su transmisión hasta que se complete cualquier transmisión anterior. Por ejemplo; en Ethernet el mecanismo CSMA/CD<sup>1</sup> controla el acceso al medio. Las redes FDDI<sup>2</sup> y de Turno Anillo (Token Ring) emplean un Protocolo de "paso de turno" para asegurar el acceso apropiado al medio de transmisión. El envío de datos por la Red en todas estas tecnologías de redes LAN<sup>3</sup> es entonces un proceso distribuido pero casi autónomo, en el que la Estación puede transmitir tanta cantidad de datos como necesite, siempre que otras estaciones no compitan por el acceso al canal compartido.

Las tecnologías LAN de acceso compartido necesitan que todas las estaciones operen a la velocidad de línea del segmento de red independientemente de su necesidad de transmisión. ¿Qué sucede si una Red conecta un Servidor de Archivo de alta velocidad con un Ordenador de Escritorio? Todos los equipos de escritorio deben operar a la velocidad superior del Servidor o los Puentes/Enrutadores deben hacer la conversión entre redes de alta y baja velocidad. Como las interfaces de alta velocidad son con frecuencia muy caras, este método de Red no es muy eficiente en costo. Con los requerimientos de Ancho de Banda de Red elevándose a tasas de Gigabits, se deben encontrar nuevos métodos para suministrar este nivel de capacidad sin la necesidad de que cada estación opere a la tasa agregada de Red de Gigabits. La Tecnología ATM resuelve el problema de velocidad contra costo, porque las redes ATM se basan en conmutadores que permiten la operación independiente de cada enlace. Los datos aparecen solamente en los enlaces que conectan a la fuente con el destino de los datos. Los datos de una transmisión no son transportados sobre los demás enlaces como sucede en las redes de acceso compartido. Debido a que la adaptación de tasa es un atributo inherente a los conmutadores ATM, los conmutadores individuales pueden soportar muchas velocidades diferentes de enlace operando sobre la misma Red sin dispositivos puente separados. La capacidad total de Red es la suma de la de los enlaces individuales de la Red.

En las redes de acceso compartido, todo el tráfico de Red en un segmento se propaga hacia cada estación terminal, siendo la estación terminal la que determina si debe aceptar los datos para procesamiento posterior. Esta compartición de acceso representa un gran riesgo de seguridad. ATM elimina esta desventaja mediante la conmutación de datos sobre enlaces de punto a punto. Los datos de una transmisión particular, se transportan solamente sobre los enlaces que conectan a la fuente con el destino de los datos, pudiéndose sostener muchas transmisiones en la Red simultáneamente. ATM simplemente no opera sobre el modo de acceso compartido. La Figura IV.1 ilustra las diferencias entre las redes de acceso compartido y las de acceso por conmutación.

---

<sup>1</sup> CSMA/CD.- Carrier Sense Media Access/with Collision Detection.

<sup>2</sup> FDDI.- Fiber Distributed Data Interface.

<sup>3</sup> LAN.- Local Area Network.

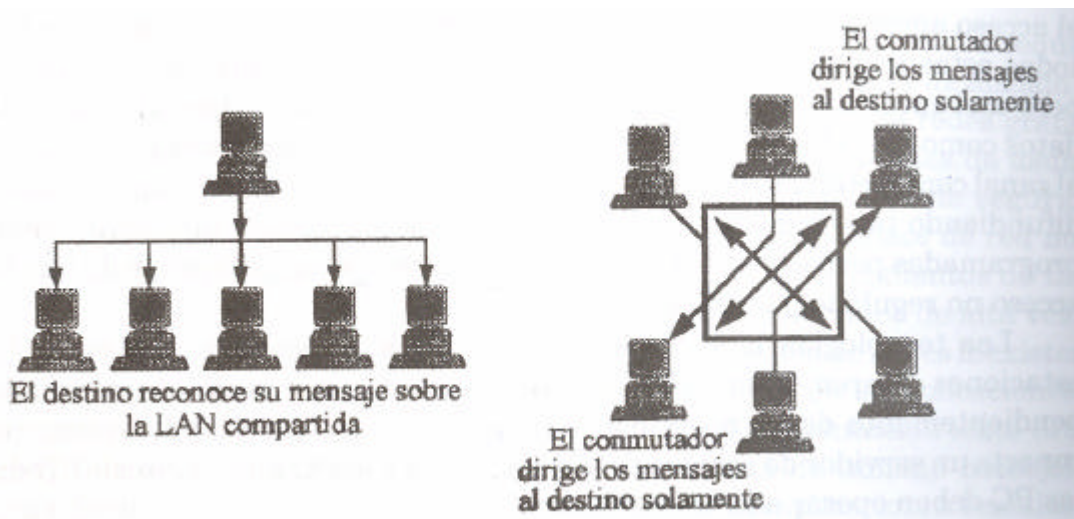


Figura IV.1.- Redes de Acceso Compartido vs. Redes de Acceso por Conmutación.

#### IV.2.2. Retardo de Red.

Debido a que las redes de la generación actual (tradicionales) transmiten datos en incrementos de longitud variable, la cantidad de datos que se transmiten en cada acceso al medio compartido puede variar. Mientras que algunos mensajes son cortos, otros pueden ser muy largos. Las redes pueden transportar más eficientemente los mensajes largos porque éstos tienen proporcionalmente menos excedente que los mensajes cortos. Pero en una Red grande de muchos segmentos interconectados, es imposible predecir el retardo total, o **tardanza**, que se experimenta al atravesar la Red. Esto depende de las características de tráfico de la trayectoria a través de los múltiples segmentos de Red. Algunos segmentos tienen muchos usuarios que emplean grandes paquetes acumulados en filas de transmisión y que se deben atender secuencialmente, provocando mayor tardanza. Otros segmentos tienen menor número de paquetes grandes en el tránsito, y por lo tanto, menor retardo. Si bien, las variaciones de retardo no son dañinas para las redes que manejan datos solamente, en las redes de vídeo o de voz, tienen el potencial para perturbar la imagen o la voz. Las variaciones de retardo pueden distorsionar las corrientes de vídeo o de voz, produciendo el mismo efecto que el ruido en una línea telefónica al volver incoherente la conversación. ATM resuelve el problema de variaciones de retardo en la Red mediante el empleo de cantidades pequeñas de datos, que se conocen como **celdas** e intercalando las celdas de diferentes flujos de datos a través de la Red.

#### IV.2.3. Direccionamiento Enlace de Datos/Red.

En una Red tradicional, cada estación tiene un identificador único que se llama Dirección Fuente (DF). Se trata de una secuencia de 48 bits que es globalmente única; 48 bits significa que existen sobre 2,800 trillones de diferentes direcciones posibles. El IEEE administra este espacio de direcciones para asegurar que ningún identificador de direcciones repita en otro dispositivo de Red. Esta dirección se conoce como Dirección de Enlace de Datos-Capa (o también Dirección CAM) e identifica la conexión física de un Controlador de Acceso a Medios (CAM) de una Estación con la Red. Cuando una Estación envía datos, prepara los 48 bits de Dirección Destino (DD) de los datos, también prepara su propia dirección (la DF) sobre los datos. Si bien que estas direcciones de Enlace de Datos son globalmente únicas, también son no jerárquicas; es decir, no portan estructura alguna para encontrar el destino (o recipiente) en una Red más grande. Así, no existe información equivalente al país, estado, calle y número de una dirección postal; sólo es un nombre. Por supuesto, encontrar a los usuarios en este esquema de direcciones de enlace de datos-capa no jerárquico resulta difícil.



La tecnología tradicional de Red ha resuelto el problema de información no jerárquica de Dirección de Enlace de datos-Capa con direcciones de Red-Capa y Enrutamiento. Pero la solución es compleja y agobia a cada transmisión de datos. ATM resuelve el problema de Enrutamiento con la separación entre las funciones inteligentes de determinación de ruta y las funciones sencillas de reexpedición de datos en la Red.

#### IV.2.4. Enrutamiento de Red.

El campo DF sigue al campo DD en un paquete Datagrama. El campo DF indica el Protocolo de los datos que se están enviando (por ejemplo; IP, IPX o DECnet) y le dice a la Estación receptora cómo interpretar los datos siguientes. En la Figura IV.2, se ilustra un Paquete Datagrama típico. Para suministrar información jerárquica de enrutamiento, la parte de "datos" del mensaje realmente comienza con una dirección Red-Capa particular del Protocolo que se está empleando, y cada Protocolo emplea una nomenclatura diferente de enrutamiento Red-Capa.

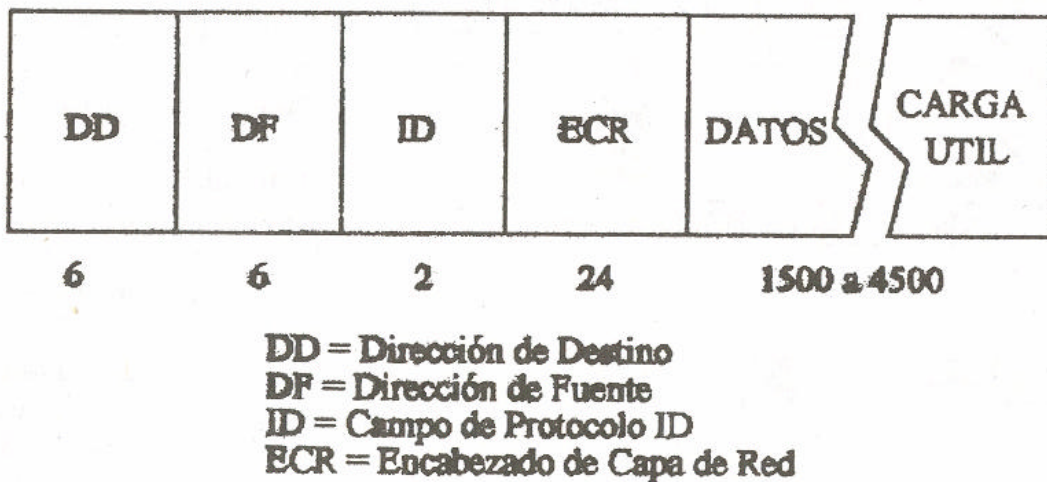


Figura IV.2. - Procesamiento Intermedio de Paquete.

En IP, esta dirección de Red-Capa es un encabezado de 24 Bytes que incluye una Dirección Red-Capa de 4 Bytes. La Dirección Red-Capa contiene la información jerárquica que se necesita para el enrutamiento inteligente de un paquete. El espacio de Dirección Red-Capa se estructura en subredes y los Administradores de Red comúnmente asignan importancia geográfica a estas redes, tal como la oficina postal entiende la información jerárquica de país, estado, ciudad y calle de la dirección de envío de una carta.

Los enrutadores son dispositivos multipuerto de Red que poseen suficiente potencia de cómputo para leer y entender la información jerárquica de Dirección Red-Capa de encabezado. Direccionan inteligentemente los paquetes hacia los diferentes puertos de destino, pero no mantienen Tablas de todas las direcciones de destino, sino que conocen todas las subredes y las rutas hacia estas subredes. Además, los enrutadores deben desarrollar esta función de manera independiente para cada Protocolo que soporten (por ejemplo; IP, IPX y DECnet tienen diferentes mecanismos de enrutamiento). Así, las redes de enrutamiento tradicional operan teniendo paquetes de dirección terminal con la dirección de destino enlace de datos-capa del enrutador local, pero con una dirección red-capa de la estación terminal deseada.

Implícita en la Dirección Red-Capa hay información jerárquica para encontrar la estación terminal deseada. El enrutador local recibe el mensaje y lee el campo de datos para extraer la Dirección Red-Capa. La dirección de subred especificada en los encabezados Red-Capa le informa al enrutador cómo llevar a cabo su decisión de direccionamiento, ya que el enrutador mantiene un mapa que asocia las subredes con los puertos físicos. En consecuencia, el paquete se reexpide hacia el puerto que llega a la subred deseada. La Figura IV.3 ilustra una interred de enrutamiento típica, donde el procesamiento intermedio de paquetes se lleva a cabo mediante los enrutadores de la trayectoria.

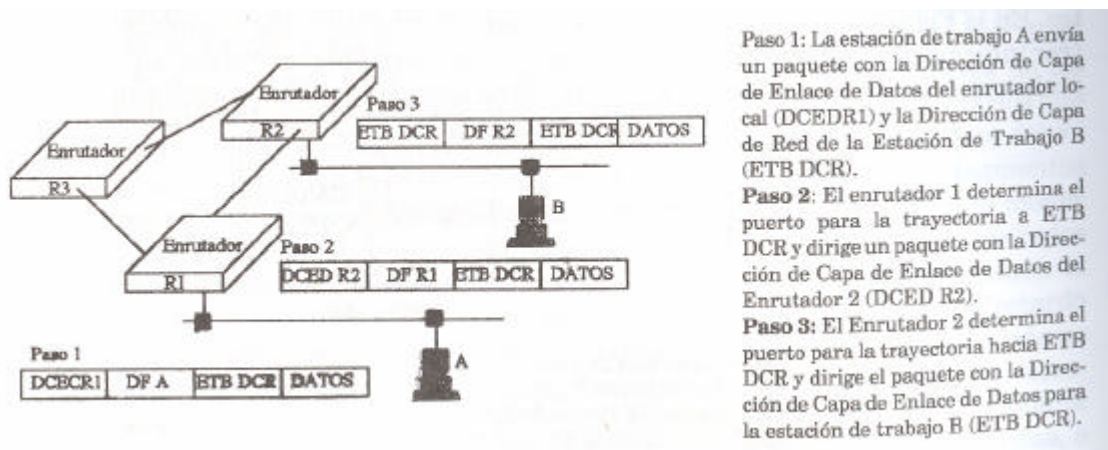


Figura IV.3. - Red Típica con Enrutamiento.

Los paquetes pueden atravesar muchos enrutadores en su trayectoria hacia la subred final. El enrutador final recibe el paquete y lo retransmite con una dirección enlace de datos-capa de destino que corresponde al dueño de la dirección específica red-capa. La correspondencia de la dirección enlace de datos-capa con la dirección red-capa se ha establecido previamente en el enrutador de manera específica al protocolo particular red-capa que se está enrutando. Por ejemplo, en IP el protocolo que se llama Protocolo de Resolución de Dirección (PRD), se emplea para resolver la dirección enlace de datos-capa.

Si bien, el enrutamiento resuelve algunos de los problemas del direccionamiento enlace de datos-capa no jerárquico, recuérdese que cada transmisión de datos en una Red debe incluir toda esta información en cada paquete que se envía, y cada paquete se procesa al final de su ruta en base a su encabezado de red-capa. La lectura de la información red-capa es una operación compleja que requiere comúnmente el almacenamiento de todo el paquete, mientras que el microprocesador interpreta la dirección red-capa. Descifrar el encabezado de la Red requiere de mucha potencia de cómputo desarrollada lo suficientemente rápido para ir al paso de las nuevas velocidades alámbricas de la mayoría de las redes. Los enrutadores son, por lo tanto, "el cuello de botella" común de Red, y el procesamiento intermedio de encabezado mediante enrutadores en una interred de multisegmentos es uno de los grandes contribuyentes al retardo de Red. Si la entrada a un enrutador son paquetes seriados a velocidad alámbrica, entonces las filas del enrutador pueden desbordar y el enrutador empezará a perder paquetes.

Cada paquete de una Red con enrutamiento está sujeto al retardo que introduce la función de determinación de ruta, aún si es a la mitad de una transacción que está fluyendo continuamente a lo largo de la misma trayectoria (como en el caso de la operación de respaldo de disco). ATM resuelve el problema de "cuello de botella" de enrutamiento separando la tarea inteligente de enrutamiento-decisión de la tarea pesada de direccionamiento de datos.

Las redes ATM operan estableciendo **conexiones virtuales** entre estaciones terminales antes de la transmisión de datos. La operación de establecimiento de una conexión necesita inteligencia de enrutamiento, pero ésta funciona solamente una vez por cada sesión de transferencia. Una vez establecidas, las conexiones permiten que los datos se expidan mucho más eficientemente. Esta separación de tareas reduce la carga de procesamiento en los dispositivos que determinan la ruta, posibilitando redes de mayor capacidad y menor tardanza.

#### IV.2.5. Grupos Lógicos de Usuario.

Algunos protocolos red-cap, como IP, sufren de complejidad en adiciones de estación, derivaciones y cambios. Debido a que las direcciones red-cap están asociadas en un enlace físico, las subredes llegan a ser construcciones geográficas. Pero las subredes de dirección red-cap también se emplean para crear subredes lógicas cuando los manejadores de Red necesitan contener el tránsito de Red dentro de una esfera de relevancia. Por ejemplo, un grupo de trabajo usuario de Ingeniería puede definirse dentro de una sola subred para independizar su tránsito de alto volumen del resto de la Red. Pero ahora, las subredes físicas y lógicas son necesariamente la misma. Esta correspondencia significa que cuando una estación terminal se mueve de una subred física a otra, el operador de Red debe cambiar la dirección de red-cap en ese controlador de estación para acoplar la nueva subred. La Estación Terminal no puede ser simplemente movida físicamente y conectada a una nueva subred debido a que los mensajes expedidos hacia esa dirección red-cap de estación serán mal dirigidos por el enrutador hacia el antiguo, ahora incorrecto, enlace físico. Esta dependencia cap-dirección de Red en la configuración de la Estación Terminal es altamente indeseable para un manejador de Red con cientos de estaciones terminales. La dirección red-cap en cada estación se debe configurar manualmente con cada movimiento: una tarea pesada y consumidora de tiempo.

Además, los grupos de trabajo lógicos no se pueden dispersar físicamente entre varios enrutadores debido a que las subredes lógicas y físicas deben ser idénticas. Los grupos de trabajo de usuario, por lo tanto, no pueden separarse más de una sola subred física sin que el tránsito sea obstruido por el enrutador. Esta restricción es inaceptable en un ambiente dinámico de negocios en donde un grupo de trabajo lógico se crea para un proyecto y el grupo de trabajo debe crecer con el proyecto. ATM permite a los manejadores de Red, la creación de grupos lógicos de trabajo, o LAN Virtuales, que se distribuyen físicamente por toda una Red.

#### IV.3. La Tecnología ATM.

Resumiendo, las redes tradicionales adolecen de varios inconvenientes que son resultado de su evolución a través del tiempo. Estas redes no se diseñaron desde su origen para atender todos los requerimientos que comúnmente sostienen y algunas de las soluciones que se desarrollaron no fueron satisfactorias. Los productos resultantes hicieron que la tecnología tradicional de Red fuese costosa de implantar y tuviera fuertes impedimentos para aplicaciones de vídeo y voz. ATM resuelve los problemas anteriores con un cambio fundamental en el paradigma de Red:

- ✚ En lugar de apoyarse en un medio de transmisión de acceso compartido, ATM se basa en enlaces de punto a punto entre nodos terminales y conmutadores.
- ✚ En lugar de basarse en la transmisión de Datagramas de longitud variable, ATM se finca sobre la transmisión de **celdas de longitud fija**.
- ✚ En lugar de lanzar Datagramas dentro de la Red para su direccionamiento mediante enrutadores. ATM usa tecnología de conexión orientada.
- ✚ En lugar de emplear enlaces de datos largos y complicados y concatenaciones de dirección red-cap. ATM emplea un mecanismo eficiente de direccionamiento con construcciones jerárquicas de inserción.
- ✚ En lugar de combinar construcciones lógicas y físicas de subred. ATM separa estos dos conceptos y permite LAN Virtuales entre grupos de usuarios que se encuentran físicamente dispersos en la Red.

Las redes ATM se modelan en una topología arbitraria de malla. Los conmutadores se pueden interconectar con tantos enlaces entre ellos como el tránsito lo requiera. Las estaciones terminales ATM se conectan a los conmutadores con diferentes tipos de enlaces. La interfase entre un conmutador ATM y una Estación Terminal ATM genéricamente se describe como **Interfase de Usuario de Red (IUR)**. La IUR y la IRR constituyen las especificaciones formales para los conmutadores y estaciones ATM; un conmutador y una Estación Terminal debe tener una IUR interoperable para su funcionamiento correcto; dos conmutadores requerirán IRR interoperables para crear una Red ATM más grande. Un ejemplo de Red ATM con fronteras de interfase demarcadas, se ilustra en la Figura IV.4.

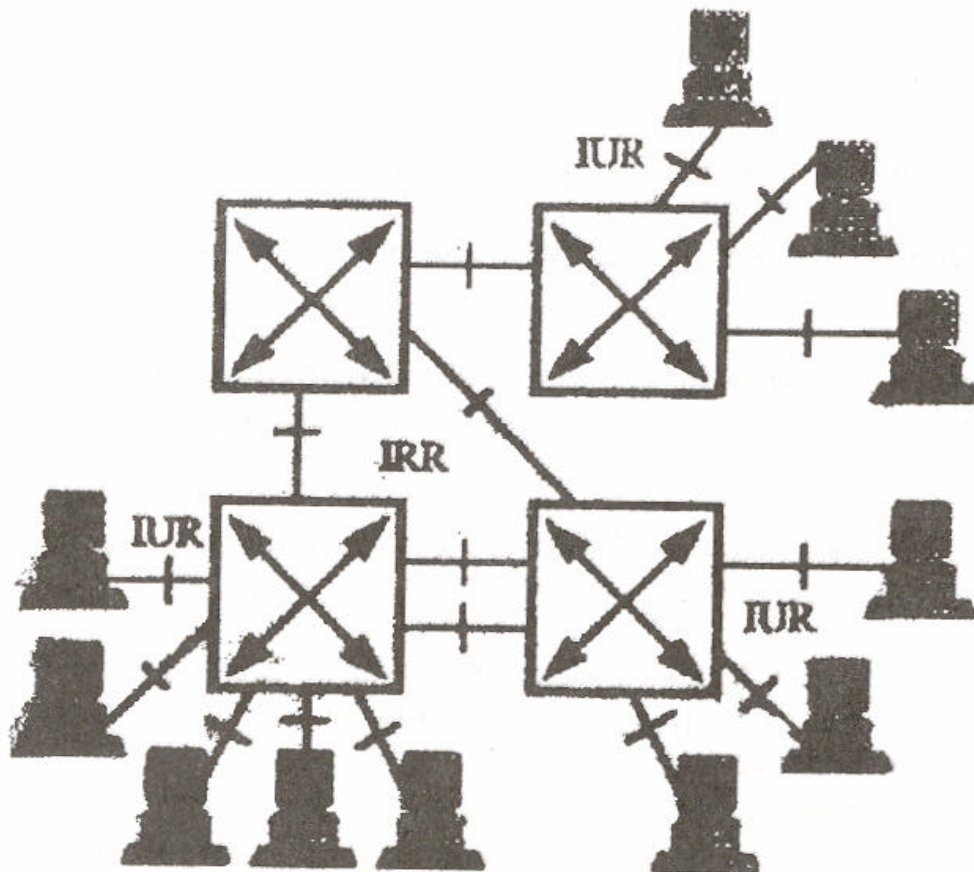


Figura IV.4. - Red ATM Típica: IUR e IRR.

Los componentes claves de la Red ATM son: las celdas ATM, los conmutadores ATM y las conexiones virtuales ATM

### IV.3.1. Celdas ATM.

La unidad de información que cruza la IUR en una Red ATM es una celda de 53 Bytes que se estructura como se ilustra en la Figura IV.5.

Las celdas ATM consisten de los siguientes campos:

**Campo CFG (Control de Flujo Genérico) de 4 bits:** Regula el flujo de tráfico en una red ATM. El empleo de este campo aún está en desarrollo.

**Campo ITV (Identificador de Trayectoria Virtual) de 8 bits:** Parte del identificador de conexión ATM.

**Campo ICV (Identificador de Canal Virtual) de 16 bits:** También parte del identificador de conexión ATM. Identifica una conexión entre 2 estaciones de comunicación ATM. Juntos, el ITV y el ICV forman una dirección de estación terminal ATM.

**Campo TCU (Tipo Carga Útil) de 3 bits:** Indica si el campo de datos es dato de usuario o información de administración. Se han reservado designadores TCU adicionales para uso futuro.

**Campo PPC (Prioridad de Pérdida de Celda) de 1 bit:** Indica si la celda se puede desechar al encontrar congestión en la red.

**Campo CEE (control de Error de Encabezado) de 8 bits:** Llenado con una secuencia derivada matemáticamente que permite a la estación terminal determinar si la información del encabezado es correcta o si ha ocurrido un error. Sin embargo, no suministra garantía alguna de la integridad de los datos en los 48 bytes de carga útil.

**Carga útil de Datos de 48 bytes:** Los datos de usuario se colocan en este campo.

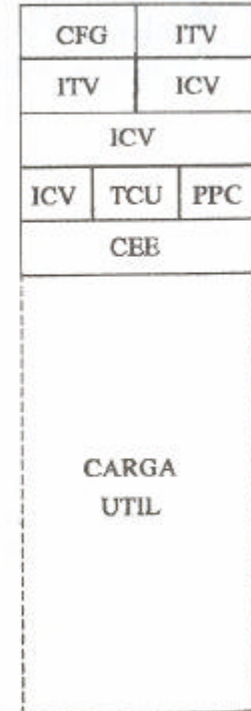


Figura IV.5.- Celdas ATM.

Consiste de un encabezado de 5 Bytes y una carga útil de 48 Bytes. El encabezado se forma con cierto número de campos que portan la información que se necesita para enrutar una celda a través de la Red ATM. Una diferencia clave entre los encabezados de ATM y los encabezados Datagrama son el pequeño tamaño del encabezado ATM comparado con el DD, DF y los campos red-capa que se necesitan en los datagramas. Otra diferencia importante para los encabezados ATM es la jerarquía implícita en sus campos de direccionamiento: **los Indicadores de Trayectoria Virtual (ITV) y el Identificador de Canal Virtual (ICV)**. El ITV representa un agregado de ICV. Otra diferencia importante más para las celdas ATM, es el hecho de que la carga útil se fija en 48 Bytes, en lugar de ser una construcción de carga útil de longitud variable.

Las celdas que cruzan una IRR son probablemente poco diferentes de las que cruzan la IUR. Las celdas IRR pueden no requerir el campo de control de flujo genérico (CFG) de las celdas IUR, ya que la admisión de tránsito es función de la IUR. Los campos reservados para la CFG de las celdas IUR pueden, por lo tanto, emplearse para un espacio identificador de conexión ITV más largo en las celdas IRR.

### IV.3.2. Conmutadores ATM.

Los conmutadores ATM son dispositivos multipuerto de Red que se necesitan en cualquier Red ATM. Sólo una estación terminal puede conectar con cada puerto de conmutador, las estaciones no pueden compartir el enlace hacia un puerto. Los beneficios de los conmutadores ATM son muchos. Permiten la operación simultánea de muchas velocidades de enlace en la misma Red. Mientras que los servidores de archivo y los enlaces interconmutador pueden usar la tecnología de alta velocidad de fibra óptica, los clientes se pueden conectar con enlaces menos costosos a "velocidad de usuario" operando sobre Pares Torcidos de Cobre sin Blindaje (PTSB). Para conseguir la adaptación de tasa ya no son necesarios los puentes o enrutadores separados. La adaptación de tasa es función inherente del conmutador ATM. Algunas de las velocidades comunes de enlace y tecnologías de transmisión en desarrollo dentro de la comunidad ATM son: 25-51 Mbps sobre PTSB conductor nivel 3,100 Mbps sobre fibras ópticas multimodo, 155 Mbps sobre fibras ópticas monomodo y PTB (Par Torcido Blindado) y 622 Mbps sobre fibras ópticas monomodo.

Los conmutadores ATM reciben las celdas en un determinado puerto y, en base al campo ITV/ICV las conmutan hacia fuera por el puerto de salida apropiado. Nótese que como el campo ITV/ICV es pequeño y jerárquico, la tarea de reexpedición se simplifica grandemente. Debido a que los encabezados son tan pequeños, es posible instrumentar la decisión de reexpedición en una máquina de estado de silicio, en lugar de usar un microprocesador costoso y generalmente, más lento. Como la máquina de estado de silicio opera a la velocidad del conductor del puerto de la Red, la tarea de reexpedición deja de ser un "cuello de botella" para el rendimiento de la Red. Un ITV es la combinación de ICV tributarios en un solo circuito troncal. Los conmutadores intermediarios de una trayectoria a través de la Red pueden necesitar reaccionar solamente a la información troncal (ITV). A su vez, los conmutadores terminales reaccionan a la información de expansión (ICV). El dispositivo multipuerto de Red (antes enrutador) ya no tiene que descifrar un encabezado largo y complicado para determinar a qué puerto de salida llega la celda. La Figura IV.6 ilustra el concepto de entroncamiento ITV de ICV a tributarios.

Es esta conmutación sobre el encabezado de celda lo que da a ATM una clara ventaja sobre el enrutamiento tradicional. ATM desacopla el problema del simple transporte de datos de la función inteligente de determinación de ruta. En ATM, una función de tipo enrutamiento establece una trayectoria a través de conmutadores de Red, asignando identificadores ITV/ICV de conexión cortos a la sesión de transferencia de datos. Los datos se mueven mediante conmutadores en base al encabezado ITV/ICV empleando las máquinas de conmutación a base de silicio. La determinación de la ruta se realiza sólo una vez; no se gasta inteligencia de enrutamiento en cada fracción de datos de una corriente de transferencia.

Los nodos terminales y conmutadores ATM establecen una ruta a través de la Red antes de transmitir datos en una operación que se conoce como "establecimiento de conexión" o "realización de llamada". Nótese que el problema de establecer una ruta a través de una Red ATM desde luego que no se elimina. Los grandes espacios de dirección en las redes convencionales no fueron complejidad gratuita. Algunos dispositivos residentes de Red deben retener la información almacenada en el gran espacio de dirección de las redes tradicionales y realizar el mapeo para los identificadores de conexión ITV/ICV. Los conmutadores deben aprender información topológica de Red y compartirla a través de la IRR.

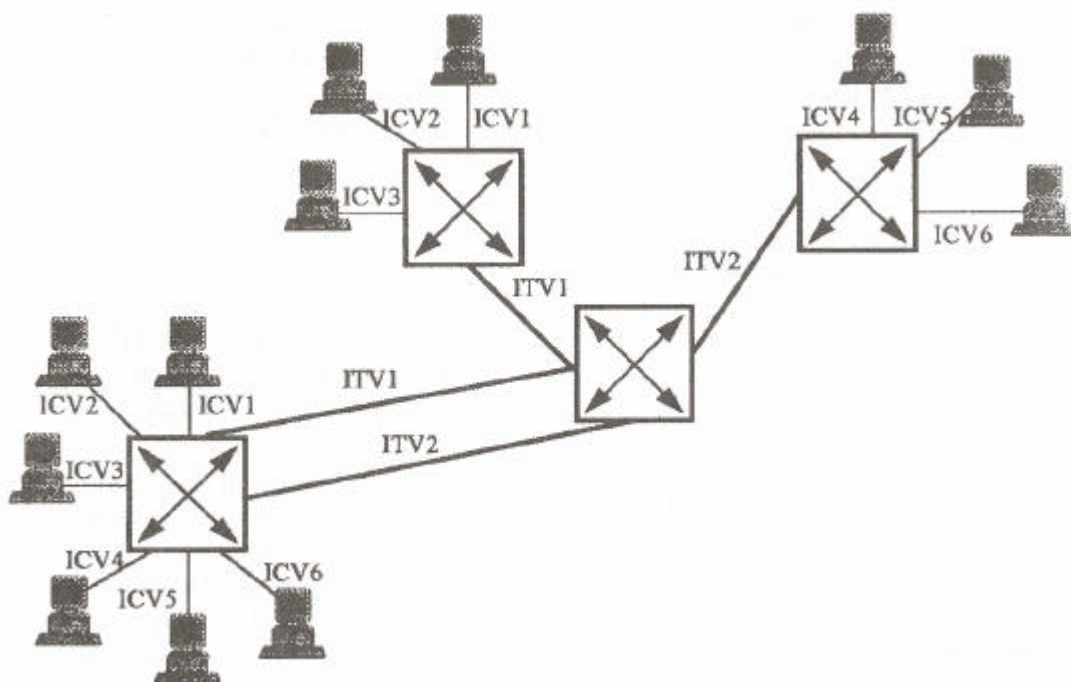


Figura IV.6.- Ejemplo de Entroncamiento ITV-ICV en ATM.

Nótese también, que como el tamaño de la carga útil de la celda ATM se fija en 48 bits, y como los conmutadores pueden intercalar celdas provenientes de diferentes conexiones de datos, el retardo que experimenta un flujo dado de información ya no depende del estado de la Red en el momento de transmisión. Las redes tradicionales que se basan en paquetes, permiten tamaños de paquetes hasta de 16,000 Bytes de longitud (paquetes *Token Ring*). Si estos paquetes se arreglan en una fila de transmisión enfrente de paquetes provenientes de una aplicación sensitiva al retardo, como por ejemplo, Videoconferencia de Red, entonces el retardo incremental causado por los paquetes grandes puede degradar la calidad del tren de vídeo a niveles inaceptables. Por otro lado, las redes ATM permiten la intercalación de celdas de diferentes conexiones de modo que el retardo que experimenta determinada celda es predecible. La saturación de tasa del puerto de salida provocará que las filas se respalden en las redes ATM, pero el tráfico pesado por sí mismo no causará grandes variaciones de retardo debido a la intercalación de celdas que se permite en las redes ATM.

#### IV.4. Conexiones Virtuales ATM.

Las redes ATM también difieren de las redes convencionales en que operan mediante el establecimiento de conexiones virtuales: trayectorias a través de la Red para la transmisión de datos. Cada conexión virtual tiene una métrica de Calidad de Servicio ( $QoS$ ) negociada antes de la transmisión de los datos. El parámetro  $QoS$  cuantifica la capacidad deseada de transporte (en Mbps o celdas/segundo), el tipo de datos en la carga útil (tasa de bits constante o variable) y la prioridad de los datos (alta o baja).

Existen 2 métodos generales para establecer conexiones virtuales: Conexiones Virtuales Permanentes (CVP) y Conexiones Virtuales Conmutadas (CVC). Las CVP se establecen en los momentos de configuración de la Red; son análogas a los circuitos alámbricos estáticos establecidos por el Manejador de Red. Las CVC son dinámicas, las estaciones terminales las establecen y las liberan conforme se necesita según el tráfico de la Red ATM.

Las CVC se establecen mediante celdas especiales de señalización que se transmiten desde una estación terminal a través de la IUR hacia su conmutador. Las conexiones virtuales de cualquiera de los dos tipos provocan una reserva de Ancho de Banda de Red para determinada tarea de transmisión. Las CVP reservan Ancho de Banda permanentemente, apartando de manera efectiva Ancho de Banda de la capacidad agregada para tareas constantes de Red. Con las CVC, el Ancho de Banda de la Red se asigna de manera dinámica. Las sesiones de transmisión CVC reservan solamente el Ancho de Banda que se necesita para una transacción particular. Después de completar la transacción, la asignación se regresa para emplearse en otras sesiones.

El tipo de datos que una Conexión Virtual transporte se identifica vía cuatro clases de datos, de A a D, que varían de acuerdo al retardo y pérdida de celdas que pueden tolerar. Las clases separadas y sus características sobresalientes se indican en la Tabla IV.1. Como lo ilustra esta Tabla, las definiciones ATM cubren toda la gama de flujos de información, voz, vídeo y datos.

	<b>Clase A.</b>	<b>Clase B.</b>	<b>Clase C.</b>	<b>Clase D.</b>
<b>Tiempo Fuente-Destino.</b>	Necesario.	Necesario.	No Necesario.	No Necesario.
<b>Tasa de Bits.</b>	Constante.	Constante.	Variable.	Variable.
<b>Modo de Conexión.</b>	Conexión Orientada.	Conexión Orientada.	Conexión Orientada.	Sin Conexión.
<b>Tipo AAL usado.</b>	AAL1.	AAL2.	AAL3-5.	AAL3-5.

Tabla IV.1.- Tipos de Tráfico de Servicio ATM.

Las conexiones virtuales, por dos razones, permiten el control sobre el flujo de datos en la Red. Primero, las conexiones virtuales se negocian al principio de cualquier transferencia de datos. Segundo, requieren que los usuarios caractericen la transferencia planeada de datos. Las redes convencionales de datagramas no requieren que los nodos terminales señalicen sus intenciones de transmisión antes de lanzar torrentes de datos al interior de la infraestructura de Red. Las conexiones virtuales ATM suministran un conocimiento a priori acerca de la transferencia de datos, así como los medios para garantizar o diferir los requerimientos de transmisión basados en las condiciones locales de Red. Por ejemplo, el tránsito de vídeo de baja prioridad no podrá perturbar las transferencias críticas de Red, tales como respaldos de disco, en las redes ATM. Como las conexiones se establecen con diferentes calidades de servicio distinguiendo a su respectiva carga útil, la Red puede procesar los datos en concordancia.

Un buen ejemplo del potencial de Red en base a conexiones es el respaldo de disco. En esta aplicación, grandes cantidades de datos se mueven desde una fuente fija hacia un destino fijo. Las redes tradicionales en base a enrutadores dotan a cada paquete de la serie con suficiente información para suministrar el enrutamiento global. Cada enrutador de la trayectoria debe llevar a cabo el procesamiento intermedio de paquete reestableciendo constantemente la misma ruta a través de la Red, mediante el examen de cada paquete en su encabezado de red-capa. En respaldo de disco, tal transferencia sería manejada estableciendo primero una conexión virtual; pares ITV/ICV serían asignados a la sesión de transferencia y después todos los subsecuentes movimientos de datos se basarían en los pares asignados a esa conexión virtual. La ruta se determina solamente una vez al principio de la sesión. Después de eso, la conmutación en base a *Hardware* mueve los datos con retardo mínimo y máxima capacidad.

Mientras que las redes ATM requieren el mapeo uno a uno de una estación a un puerto de conmutador ATM, muchas conexiones virtuales se pueden establecer en cualquier enlace. Cada conexión virtual puede transportar diferentes tipos de datos y el conmutador puede procesar y priorizar de manera diferente el tránsito.



Por ejemplo, un enlace hacia una Red ATM puede simultáneamente apoyar conexiones virtuales para una aplicación distribuida de cómputo en base a TCP/IP; como por ejemplo, CAD/CAM (una sesión de entrenamiento en base a vídeo) y una operación local de respaldo de disco. Cada conexión virtual puede tener diferentes tasas de flujo de celdas y prioridades asignadas y pueden ser enrutadas a través de diferentes partes de la Red; es decir, el respaldo de disco se puede regular para señalizar a una tasa baja constante sin permitir la pérdida de celdas mientras que el tráfico de vídeo puede recibir una tasa de celdas más alta, pero también una probabilidad más alta de pérdida de celdas. El tránsito TCP/IP se puede direccionar a través de un enrutador convencional para acceder ordenadores de las redes FDDI, mientras que el vídeo puede señalizar de un Servidor de vídeo conectado directamente a la Red ATM. Los conmutadores ATM permiten esta gran flexibilidad en el manejo de datos sin incurrir en castigos de capacidad o tardanza inaceptables. La Figura IV.7 demuestra la conexión de una Estación de Trabajo ATM apoyando múltiples conexiones virtuales.

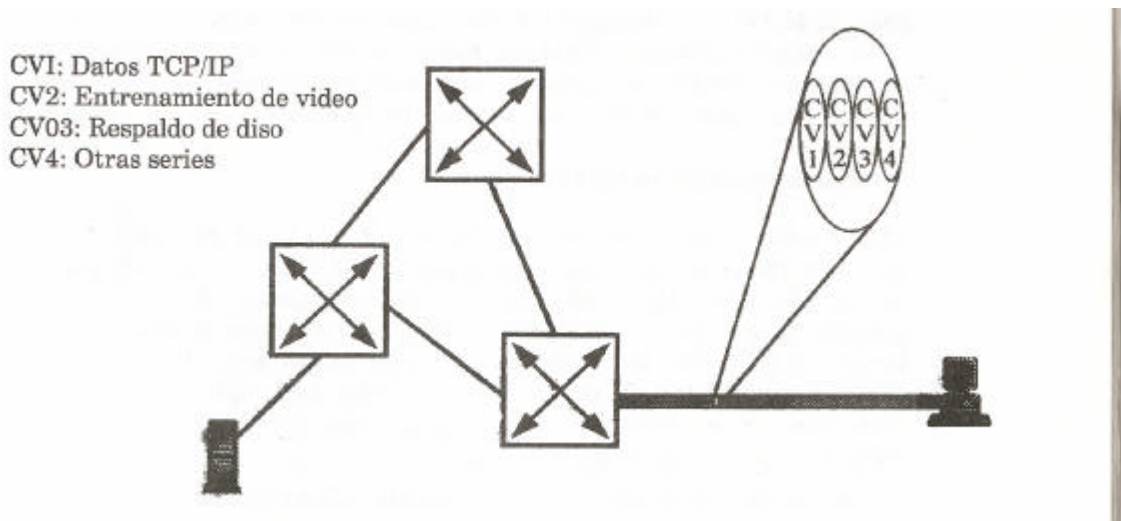


Figura IV.7. - Configuración de Conexión Virtual ATM.

Si bien, las conexiones virtuales suministran gran control, también necesitan funciones adicionales de soporte y complejidad. Los nodos terminales deben tener medios para señalizar sus requerimientos de transmisión a su conmutador. El conmutador debe poder reconocer las solicitudes de inicio de conexión y actuar consecuentemente. Alguna entidad del conmutador o de algún punto conocido de la Red debe mantener el rastro de todas las solicitudes del momento y pendientes y las solicitudes de igual prioridad se deben atender de manera equitativa. Información de topología y de estado de conexión se debe transportar a través de la IRR y comunicarse a la estación solicitante a través de la IUR. El conmutador también debe poder monitorear el tránsito presentado por el nodo terminal en la IUR y hacer valer los parámetros de servicio para la conexión dada.

## IV.5. Complementos de Desarrollo ATM.

Los conmutadores ATM, las celdas ATM y las conexiones virtuales ATM constituyen el fundamento de las redes ATM. Son los bloques de construcción que se necesitan para edificar las estructuras medulares y las redes principales de ATM. Pero estos elementos básicos por sí mismos son insuficientes para crear una Red Operacional. Las redes requieren direccionamiento, desarrollo de subred, control de congestión y métodos de recuperación de error. Estas activas áreas de desarrollo se estudian en las siguientes secciones.

### IV.5.1. Direccionamiento ATM.

El problema de encontrar una ruta a través de una topología arbitraria de Red hacia una estación terminal no es tarea fácil. Los encabezados de enlace de datos tradicional y de red-capa, son grandes simplemente porque deben transportar información de enrutamiento que es globalmente significativa. Las redes ATM también necesitan esta información para identificar una estación en una topología de Red ATM arbitraria. Los requerimientos para direccionar en las redes ATM son complejos, pero en general, los requerimientos se pueden entender como sigue:

- ① Una estación dada ATM impone un Identificador de Estación único e invariante que es parte del *Hardware* de estación. Estos indicadores necesitan una autoridad global de administración y aseguramiento de unicidad (este identificador puede ser muy similar a la dirección MAC de las redes concurrentes).
- ② La estación también tiene una Dirección Red-Capa (o equivalente) que suministra información de direccionamiento globalmente importante (o LAN importante). Esta dirección debe ser definida por un cuerpo apropiado de estándares y no debe variar en las construcciones de los diferentes fabricantes. De manera ideal, no debe ser específica para un Protocolo particular, sino que debe mapear con IP, IPX, DECnet y otros protocolos de red-capa.
- ③ Finalmente, la estación también debe tener un Identificador Adjunto ATM local que indica el número de conmutador y puerto al cual se conecta.

Hay muchas discusión acerca del equivalente de dirección red-capa ATM. Para los participantes de ATM orientados a las redes públicas, el Estándar CCITT E.164 de numeración telefónica es el método preferido de direccionamiento. El método de direccionamiento OSI de Puntos de Acceso de Servicio de Red (PASR) se prefiere para participantes ATL de Red Privada (orientada a Ordenador). Al principio, cuando menos, las redes ATM necesitarán soportar diferentes técnicas de direccionamiento, especialmente si el conmutador ATM estará operando en una estructura medular LAN y como interfase hacia una ATM WAN Pública.

Debido a que una estación se puede mover por la Red, el Identificador Adjunto ATM local será dinámico. El Identificador de Estación único y la dirección red-capa ATM se conectarán automáticamente al Identificador Adjunto ATM local para evitar que el manejador de Red tenga que reconfigurar manualmente la estación después de cada movimiento. Las estaciones registrarán su presencia en la Red de modo que las bases de datos de reexpedición apropiadas se puedan actualizar después de que la estación entra o se mueve en una Red ATM. Este Protocolo también se debe basar en Estándares.

El Identificador Adjunto ATM Local es la única liga para la Estación Terminal que es específica del Enlace Físico; así, el equivalente de la dirección red-capa ATM puede soportar grupos subred de usuarios aún cuando estén físicamente dispersos a través de un tramo de interred de varios conmutadores ATM. La dirección red-capa deja de ser el mecanismo asociado con la ubicación física de la Estación en la Red. Las subredes lógicas y físicas ya no estarán basadas en el mismo mecanismo.




El direccionamiento ATM de red-capa también necesitará soportar el multireparto, en donde un mensaje se envía a muchas estaciones simultáneamente. El grupo de multireparto se debe definir dinámicamente para que los miembros del grupo se puedan agregar o derivar al “vuelo” como ocurre en una sesión de videoconferencia en donde las partes se incorporan o salen en diferentes tiempos.

La dirección de bucle después de perturbaciones topológicas, es otra área activa de investigación. Cuando una conexión virtual se establece, se instruye a los conmutadores ATM de la ruta para interpretar los encabezados de conexión de celdas ATM y dirigir aquéllas con determinado encabezado hacia un puerto pre-asignado como parte de una ruta más larga. Sin embargo, los encabezados son de construcción local, específicos sólo para un salto de conmutador; los valores ITV/ICV se cambian en la transmisión a través de muchos conmutadores. Las conexiones que causan erróneamente bucles de transmisión se deben detectar y eliminar con la notificación apropiada a las estaciones de envío y bases topológicas de datos.

Al final, todos los métodos de direccionamiento ATM provocan la asignación del encabezado de celda (pares ITV/ICV) a una conexión dada. La ruta para la conexión se debe determinar mediante un Algoritmo de Enrutamiento y debe hacer uso eficiente de los recursos de la Red en el momento del establecimiento de la conexión. Se requiere un protocolo de Enrutamiento para crear los mapas topológicos y mantenerlos después de perturbaciones topológicas de Red. Un área actual de investigación es modificar el Protocolo de Primero la Trayectoria Abierta más Corta (PTAMC) que se emplea en las redes TCP/IP, y se usa en las redes ATM. Desde luego, los métodos de direccionamiento que se emplean en las redes ATM se acoplan estrechamente a los protocolos de enrutamiento porque la dirección de estación contiene información jerárquica (información de subred o de área) que es integral para los algoritmos de enrutamiento.

Nótese que cuando ATM esté completamente instrumentada desde el escritorio hasta la WAN, entonces la necesidad de enrutadores separados de los conmutadores ATM se desvanecerá. El hecho de establecer una conexión determina la ruta. El conmutador ATM y sus algoritmos asociados de enrutamiento tomarán el lugar de los enrutadores tradicionales.

Las soluciones a los problemas con el direccionamiento y enrutamiento en una Red ATM serán estandarizadas en las especificaciones para la Interfase Red a Red (IRR). En la IRR, los conmutadores requerirán muchos mecanismos basados en estándares para asegurar la operación del conmutador en una Red ATM en malla más grande. Algunas de las funciones importantes que se necesitan en la IRR son:

-  Habilidad para aprender las topologías existentes de Red.
-  Habilidad para detectar perturbaciones topológicas.
-  Habilidad para construir nuevas rutas libres de bucle después de perturbaciones topológicas.

Las redes ATM interoperables de vendedores múltiples no serán posible, hasta que IRR esté bien definida y estable.

#### IV.5.2. Señalización ATM.

El establecimiento de conexiones virtuales ATM y del direccionamiento ATM son parte de un proceso más grande llamado señalización ATM. La solución al problema de establecer conexiones virtuales ATM comienza con la Norma Q.931 de RDSI-N. Una variante de este Estándar, llamada Q.93B, está siendo desarrollada para las redes ATM. Esta Norma definirá los principios que se necesitan para establecer una conexión, las acciones que se necesitan cuando los diferentes principios se consignan y qué acciones se requieren para recuperarse completamente todos los requerimientos en evolución de las Redes de Ordenadores.

Algunos de los miembros de la comunidad de desarrollo ATM aún sienten que la señalización en base a Q.93B es muy compleja y puede estar muy ávida de cómputo para permitir las instrumentaciones de establecimiento de conexión rápida que se necesitan para el despliegue difundido de ATM. Es probable que Q.93B evolucione y se refuerce a medida que gane experiencia con las redes ATM.

#### IV.5.3. Diseño del punto de Control.

Las implicaciones de la señalización ATM son claras: se requiere un punto de control poderoso para el conmutador. Este dispositivo transfiere las solicitudes de conexiones virtuales y maneja los detalles de la asignación de pares ITV/ICV a una conexión. Consecuentemente, también debe mantener la dirección red-capa para los mapas de topología de Red. Las Bases de Datos de conexión y dirección en el punto de control se deben sincronizar con otros puntos de control de conmutador en una Red ATM por dos razones:

- Para asegurar que las solicitudes de conexión originen acceso justo a las solicitudes de igual prioridad.
- Para asegurar que los mapas de identificador dirección a conexión están actualizados.

De manera ideal (y eventualmente los puntos de control), se instrumentarán de manera completamente distribuida. Cada conmutador participará en un Algoritmo completamente distribuido que es suficientemente responsivo y dinámico para estar al tanto de las constantes perturbaciones topológicas inherentes a cualquier Red grande. Sin embargo, al inicio, las instrumentaciones del punto de control ATM se pueden construir en un agente central de Red Amplia, que lo más probable es que sea un Ordenador de alta velocidad operando como conexión virtual e intermediaría de direcciones ATM. Los puntos de control ATM tendrán que ser muy complejos para apoyar el empleo generalizado de circuitos virtuales conmutados, pues las solicitudes CVC serán muy dinámicas y necesitarán ser transferidas rápida y equitativamente.

#### IV.5.4. Control de Congestión.

Las redes ATM aportarán Gigabits de capacidad agregada a las LAN y WAN. La capacidad agregada de los conmutadores iniciales también es probable que sea bastante más alta que las cargas de tráfico encontradas en las redes estructurales de propósito general (por ejemplo, las FDDI estructurales generalmente tienen bajos niveles de utilización; los reemplazos ATM con muchos Gigabits de capacidad pueden tener niveles que son iguales o aún más bajos). En tales configuraciones, los problemas de congestión son improbables, pero como las redes ATM extienden su alcance y soportan tránsito incrementado, necesitarán instrumentaciones CVC muy eficientes para asegurar que el Ancho de Banda no se reserve por más tiempo de lo que se requiere. Además, necesitarán los recursos para regular las fuentes de flujos de datos de manera dinámica para aliviar los problemas de contención tanto dentro de la Red, como en los puntos terminales. Los mecanismos de control de congestión reaccionan rápidamente y son imparciales en su efecto, se consideran como artículo de estudio por la comunidad de desarrollo ATM, pero estos mecanismos de control serán vitales cuando las redes ATM queden sujetas a los altos niveles de tráfico. Las especificaciones IUR requerirán de rectificación para soportar los requerimientos en evolución.

#### IV.5.5. Interfase con las Redes ATM.

Hasta aquí, el estudio se ha concentrado fuertemente en la infraestructura misma de la Red ATM, sin atender a cómo los trenes de datos que se originan fuera de la Red se presentan para emplearse en las redes ATM. Se dispone de dos proposiciones, llamadas Adaptación ATM y Servicios sin Conexión.

La Adaptación ATM se refiere al proceso de tomar las series originales de datos y transformarlas en celdas para su transmisión a través de una Red ATM. Las operaciones de Adaptación se llevan a cabo sólo en la periferia de la Red ATM: en el Ordenador o en el Equipo Terminal Voz/Vídeo. Los datos de Ordenador inherentemente toman la forma de construcciones más grandes de datos tales como archivos, en tanto que voz y vídeo representan series continuas de información. La tecnología de redes ATM incluye el concepto de Capa de Adaptación para la transformación de los datos originales en la serie de celdas que se requieren en la Red. Existen cinco diferentes Capas de Adaptación ATM que se denominan como: AAL1 a AAL5. Cada una transporta un tipo diferente de datos (voz, vídeo o datos), y las diferencias se presentan en la Tabla IV.2. Las capas de adaptación más interesantes son: AAL1, AAL2 y AAL5. AAL1 se ha dedicado al entroncamiento de voz, AAL2 para emplearse como transporte de vídeo, en tanto AAL5 es la más apropiada para datos. Cada una de estas capas tiene asociada una interesante historia de desarrollo, y el debate continúa.

<b>AAL.</b>	<b>Carga Útil.</b>	<b>Características Adicionales.</b>
AAL1.	Voz.	Desarrollo auspiciado por RDSIB, en desarrollo.
AAL2.	Vídeo.	Se necesita estandarización LAN-WAN; en desarrollo.
AAL3-4.	Datos.	Primeras adaptaciones de datos de computadora; muy ineficiente debido a CRC en cada carga útil de celda.
AAL5.	Datos.	Capa simplificada de adaptación de datos de computadora; gran eficiencia sobre AAL3-4 eliminando CRC por celda.

Tabla IV.2.- Capas de Adaptación ATM (AAL).

También, es importante entender que para operar a alto rendimiento, la AAL del equipo Terminal se debe instrumentar en silicio, y ser una parte integral de la tarjeta adaptadora de Red. No puede ser función desempeñada por un procesador central a favor de una tarjeta adaptadora de red. Tener en mente que la función de adaptación será instrumentada en estaciones de trabajo conectadas directamente a redes ATM, así como a enrutadores de acceso ATM que sirven de interfase entre redes de paquetes y una Red ATM. La tarjeta adaptadora debe poder separar lógicamente cada una de las conexiones virtuales que serializarán sobre una tarjeta adaptadora, reensamblando los datos implícitos en el formato original para su presentación a los sistemas conectados. Como los sistemas terminales necesitarán soportar muchas conexiones virtuales simultáneas, y las series de vídeo requerirán procesamiento diferente del de los datos de archivo, el adaptador debe tener almacenamiento elástico significativo e inteligencia para procesar los trenes implícitos de celdas a tasas suficientes para la demanda de aplicación dirigida. El funcionamiento y características de las tarjetas adaptadoras ATM experimentarán desarrollo amplio a medida que la tecnología ATM avance.

Servicio sin Conexión es un término que se emplea para describir la interacción que se necesita entre una Red de Datagramas sin conexión, y una Red ATM de conexión orientada. No se espera que los usuarios abandonen sus redes de paquetes, ni rescriban las aplicaciones y protocolos existentes para acomodar las redes ATM. Los protocolos de Red legados tales como IP a IPX, no fueron originalmente diseñados para operar en una Red ATM de conexión orientada. En consecuencia, debe haber una función de frontera para unir las aplicaciones de Red Legada a las redes ATM. Si bien los requerimientos en el dispositivo de frontera son complejos e imperfectamente entendidos, son evidentes ciertos requerimientos mínimos. Al menos, el Servicio sin Conexión debe establecer las conexiones virtuales para el transporte de datos de Datagramas a manera de permitir la aplicación de LAN legada para operar sin modificación. De manera ideal, la función de frontera también podrá interpretar los encabezados red-capa tradicionales (por ejemplo, la información IP de subred) para mantener las porciones lógicas implicadas de subred. El Servicio sin Conexión es más probable de instrumentar primero como función centralizada de manera muy semejante a los enrutadores actuales. Las aplicaciones tradicionales reexpedirán sus mensajes hacia el Servidor sin Conexión, el que a su vez llevará a cabo el procesamiento apropiado para acceder las redes ATM. Pero tales instrumentaciones pueden no ofrecer ventajas significativas en Ancho de Banda y retardo sobre la tecnología tradicional de enrutadores. Con el tiempo, el Servicio sin Conexión se puede integrar en un conmutador para operar como recurso escalable distribuido por toda la Red.

#### *IV.6. Ámbitos de Implantación ATM.*

La forma como la Tecnología ATM llegará a las redes, así como en dónde aparecerá primero y la forma como los instrumentadores de Red planean incorporar esta tecnología, depende en gran medida de los requisitos de Red de los clientes, así como de la disponibilidad y efectividad de las soluciones a las proposiciones que se acaban de describir. Los diferentes ámbitos posibles de despliegue, se describen a continuación.

##### *IV.6.1. Estructura Medular LAN.*

Los clientes con estructuras medulares de campo grandes, con requerimientos muy elevados de Ancho de Banda y quienes puedan necesitar desplegar vídeo en base a Red para Enrutamiento de Vídeo Distribuido, pueden desplegar la Tecnología ATM como Red Medular. Tal aplicación se ilustra en la Figura IV.8.

Aquí, un Conmutador ATM actúa como “fábrica” de interconexiones escalable de gran Ancho de Banda para servidores y enrutadores conectados en ATM. Los enrutadores establecen conexiones virtuales en ellos y reexpiden tránsito apropiadamente. Servidores de Alto Rendimiento también se pueden conectar directamente a los conmutadores ATM para suministrar conexiones dedicadas con anchos de banda arriba de 100 Mbps. En tal aplicación, ATM juega el mismo papel funcional que una Red Medular FDDI, pero aporta el Ancho de Banda mucho mayor y escalable inherente de la Tecnología ATM. Los problemas de direccionamiento y enrutamiento son potencialmente modestos, porque puede haber relativamente unos cuantos dispositivos conectados directamente a la Red ATM.

##### *IV.6.2. Grupo de Trabajo LAN de Alta Velocidad.*

Las estaciones de trabajo de alto rendimiento y las aplicaciones de Ingeniería de Red Distribuida, tienen necesidades de Ancho de Banda que sobrepasan la capacidad disponible de Red Ethernet y FDDI. En tales situaciones, ATM se puede ampliar como una Red de Grupo de Trabajo de Alta Velocidad. Tal ejemplo de aplicación se ilustra en la Figura IV.9. Un Enrutador conecta la Red de Alta Velocidad con la Red Medular Legada.

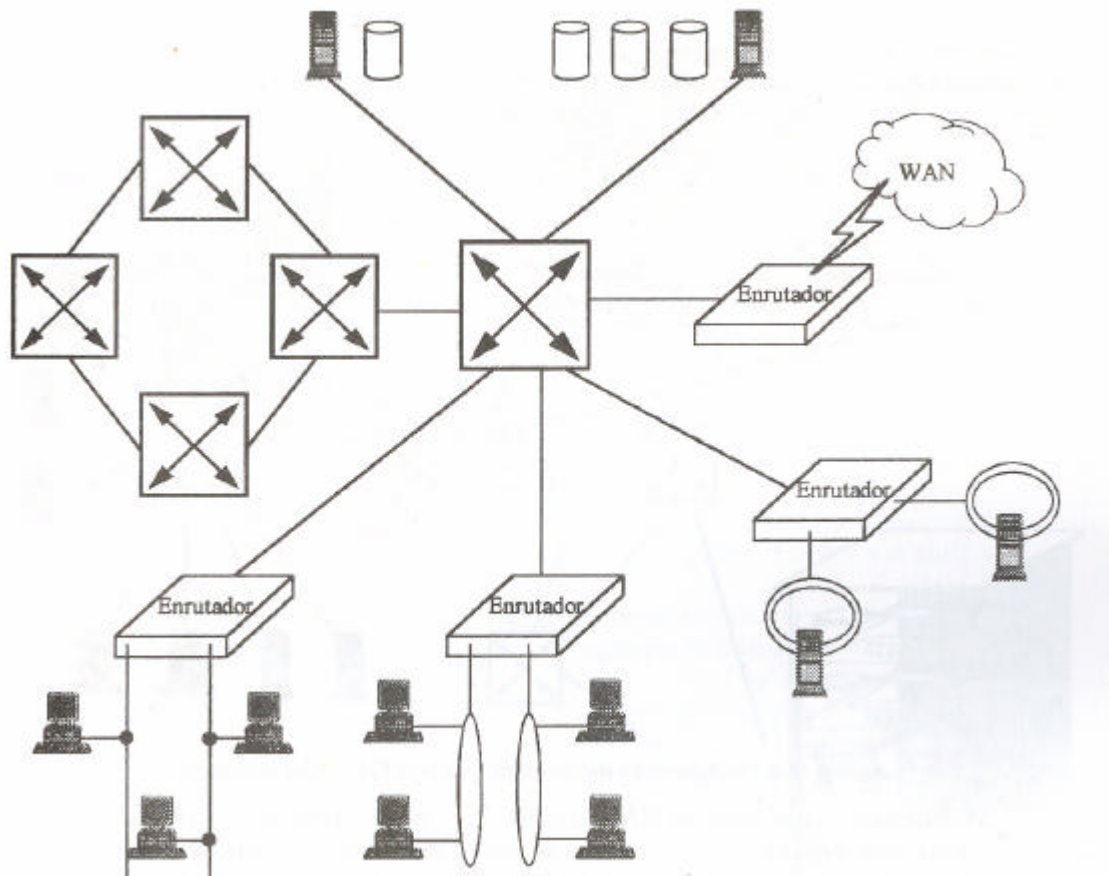


Figura IV.8.- Configuración de Red Medular LAN-ATM.

#### IV.6.3. Infraestructura de Servicio MAN-WAN.

Inicialmente, ATM se desarrolló para usarla en RDSHB, la tecnología de Red Pública concebida para reemplazar a RDSFN, cuando los niveles de tránsito garantizaron una nueva generación de Tecnología WAN. Las pruebas de campo para ATM MAN y WAN, han empezado recientemente en algunas localidades, de modo que estas áreas de servicio pueden estar pronto, ofreciendo servicios MAN/WAN en base a ATM. En tal aplicación, las conexiones ATM con la WAN ofrecerán Ancho de Banda mucho mayor y soluciones más flexibles que las soluciones MAN/WAN de hoy en día, en donde redes en malla privadas, se crean con circuitos fijos de líneas rentadas. En lugar de comprar servicios de líneas múltiples rentadas para cada destino que necesita ser conectado en una Red, los clientes comprarán una conexión a la estructura de conmutadores ATM que les permitirá establecer el número de conexiones con la dinámica de Ancho de Banda que necesitan. La interfase con este servicio probablemente tome la forma de un dispositivo enrutador como se ilustra en la Figura IV.10.

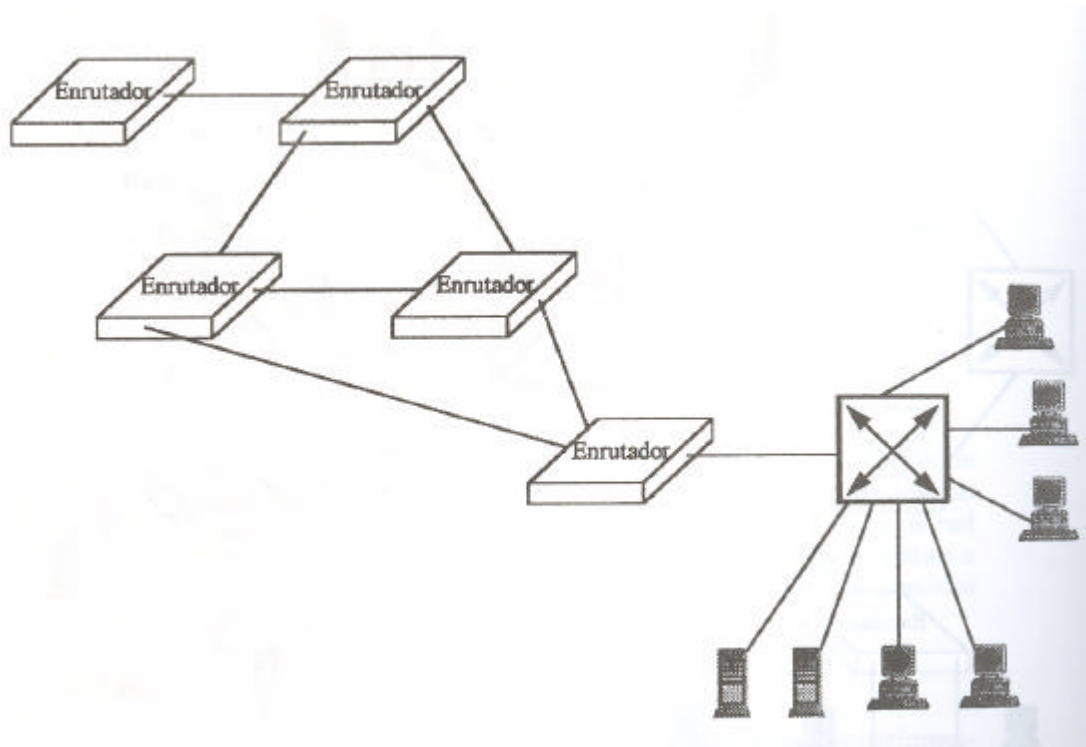


Figura IV.9.- Configuración del Grupo de Trabajo ATM de Alta Velocidad.

#### IV.6.4. La Meta Final.

La meta final en el despliegue de ATM es tener servicio ATM como infraestructura de todas las redes. Es decir, cuando ATM simultáneamente atienda con las capacidades que se indican en las Figuras IV.8, IV.9 y IV.10; entonces, habrá satisfecho su gran cometido, suministrando transporte "sin costuras" desde la LAN hasta la WAN para vídeo y datos. En el futuro, el servicio WAN para telefonía de voz puede aún migrar a una tecnología troncal en base a ATM. En tal punto, es posible concebir una conexión WAN verdaderamente unificada para voz/vídeo/datos, con nuevos servicios de videoteléfono de Ordenador Integrado que están siendo suministrados por los proveedores de servicio WAN.



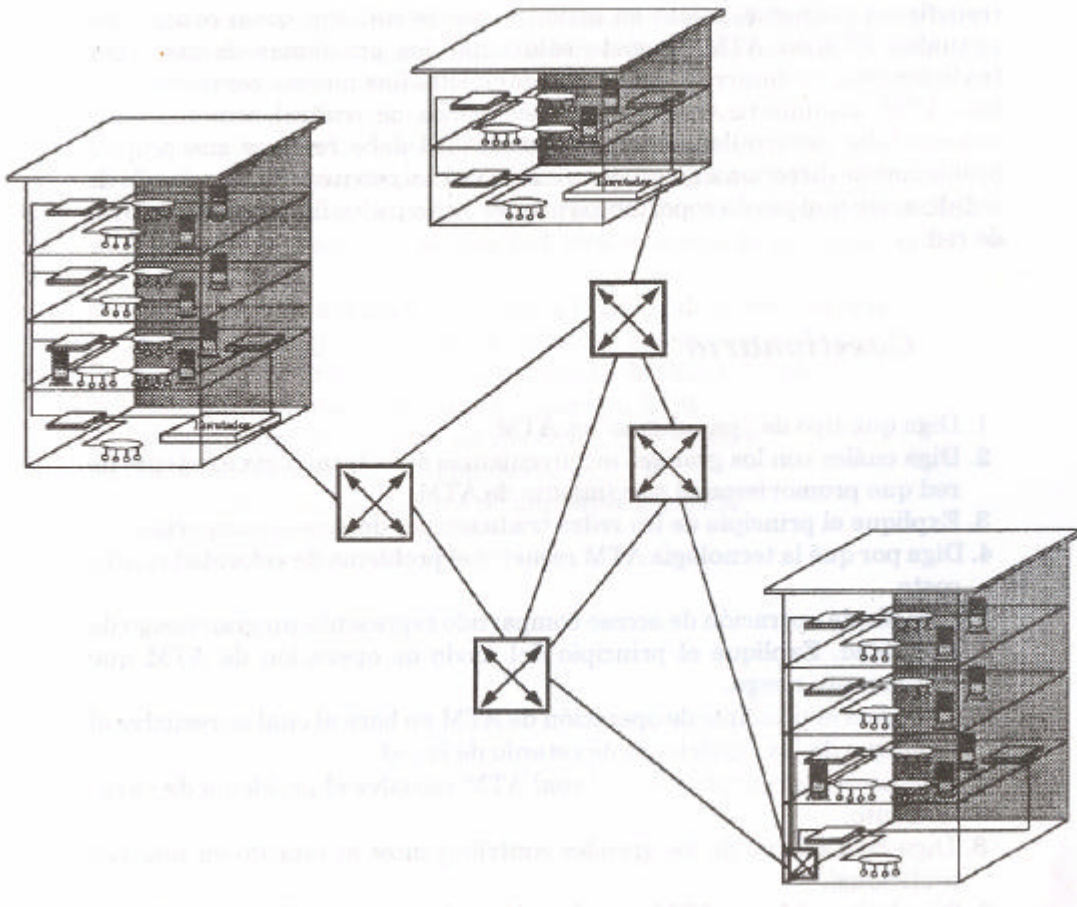


Figura IV.10.- Configuración de Servicio WAN-ATM.

## CAPÍTULO V.

### APLICACIÓN DE SDH/ATM.

#### V.1. Introducción.

ATM se utiliza tanto en LAN como en WAN. A continuación, se ofrece una visión de ambos tipos de aplicaciones.

#### V.2. WAN con ATM.

ATM es básicamente una Tecnología WAN que entrega celdas a larga distancia. En este tipo de aplicaciones, ATM se utiliza principalmente para conectar entre sí, LAN o WAN. Se utiliza como sistema final un encaminador entre la Red ATM y la otra Red. El encaminador tiene dos pilas de Protocolos: una que pertenece a ATM y la otra que pertenece al otro Protocolo. (LA Figura V.1).

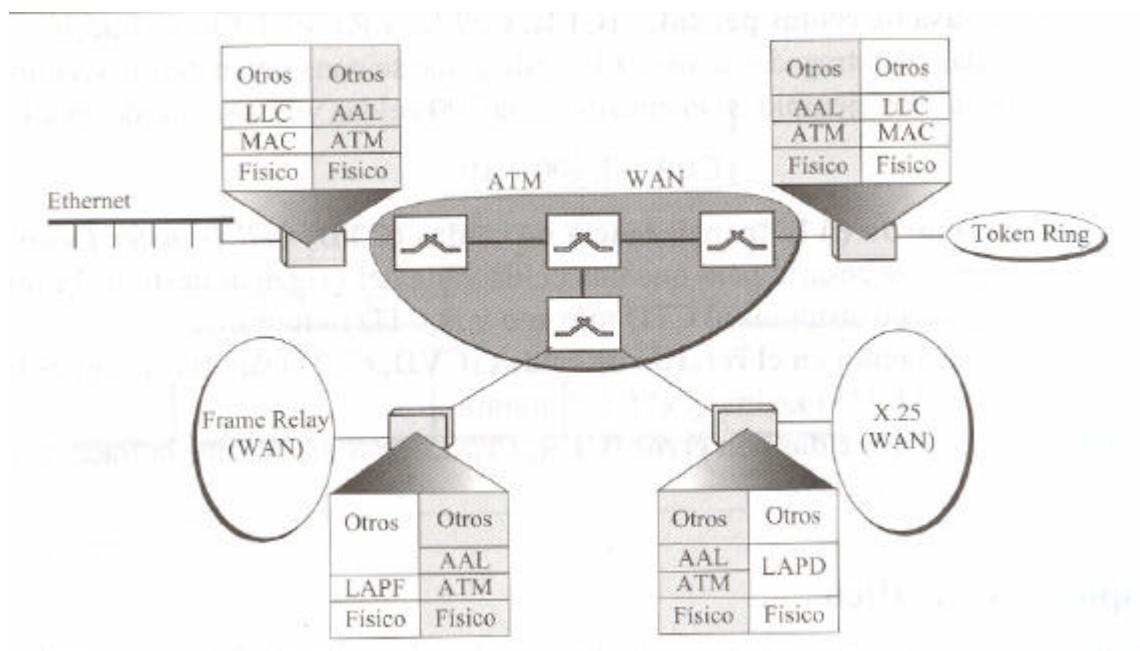


Figura V.1. - WAN con ATM.

#### V.3. LAN con ATM.

ATM fue originalmente diseñado como una Tecnología WAN. Sin embargo, la alta velocidad de datos de esta tecnología (155 y 622 Mbps) ha atraído la atención de los diseñadores que buscan más velocidad en la LAN. En un nivel superficial, el uso de la Tecnología ATM en LAN parece muy natural. Por ejemplo, compárese la parte **a** y la parte **b** de la Figura V.2. La parte **a** muestra una Ethernet Conmutada; la parte **b** muestra una LAN con ATM. Ambas utilizan un conmutador para encaminar los paquetes o celdas entre los ordenadores. Sin embargo, la similitud sólo es superficial; deben resolverse muchos problemas.

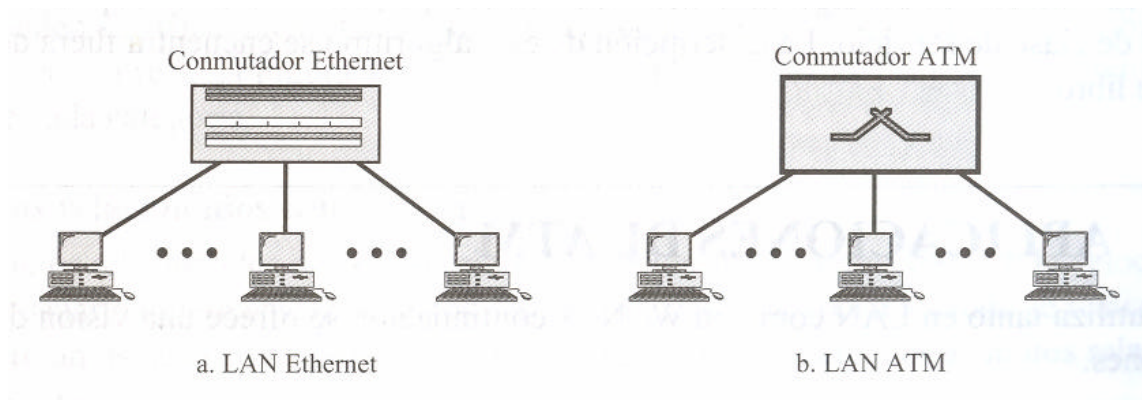


Figura V.2.- Conmutador Ethernet y Conmutador ATM.

A continuación se describen algunos de estos problemas:

- ▶ **Servicio Orientado a Conexión frente a Servicio sin Conexión.**- Las LAN tradicionales como Ethernet son Protocolos no orientados a conexión. Una estación envía paquetes de datos a otra cuando los paquetes están listos. No existe una fase de establecimiento de la conexión ni de liberación de la conexión. Por otro lado, ATM es un Protocolo orientado a conexión; una estación que desea enviar celdas a otra debería establecer en primer lugar una conexión y una vez que ha transmitido todas las celdas, finalizar la conexión.
- ▶ **Direcciones Físicas frente a Identificadores de Conexión Virtual.**- Muy relacionado con el primer problema es la diferencia en el direccionamiento. Un Protocolo sin conexión como Ethernet, define el camino de un paquete mediante dirección origen y destino. Sin embargo, un Protocolo orientado a conexión como ATM define la ruta de una celda mediante identificadores de conexión virtual (VPI y VCI).
- ▶ **Multidifusión.**- Las LAN tradicionales como Ethernet pueden difundir paquetes; una estación puede enviar paquetes a un grupo de estaciones o a todas las estaciones. No es sencillo difundir paquetes en una Red ATM aunque estén disponibles conexiones punto a multipunto.

#### V.4. Emulación de Red de Área Local, (LANE).

Un enfoque denominado **Emulación de Red de Área Local, (LANE)**, permite a un Conmutador ATM trabajar como un conmutador LAN: ofrece servicio sin conexión, permite a las estaciones utilizar sus direcciones tradicionales en lugar de identificadores de conexión (VPI/VCI) y permite la difusión de paquetes. Se basa en un enfoque Cliente/Servidor; todas las estaciones utilizan un **Software Cliente LANE (LEC)** y dos servidores que usan dos **Software servidores LANE** denominados LES y BUS. La Figura V.3 muestra esta idea.

El **Software LEC** se instala en cada estación encima de los tres Protocolos de ATM. Los Protocolos de nivel superior no conocen la existencia de la Tecnología ATM. Estos Protocolos envían sus peticiones al LEC para un servicio LAN como una entrega sin conexión utilizando direcciones unidestino, multidifusión o de difusión. El LEC, sin embargo, interpreta la petición y utiliza los servicios del LEC o del BUS para hacer el trabajo.

El **Servidor LANE (LES)** se instala en el Servidor LES. Cuando una Estación recibe una trama para ser enviada a otra estación utilizando una dirección física, LEC envía una trama especial al Servidor LES. El Servidor crea un circuito virtual entre la estación origen y la de destino. La estación origen puede ahora utilizar este circuito virtual (y el identificador correspondiente) para enviar la trama o tramas al destino.

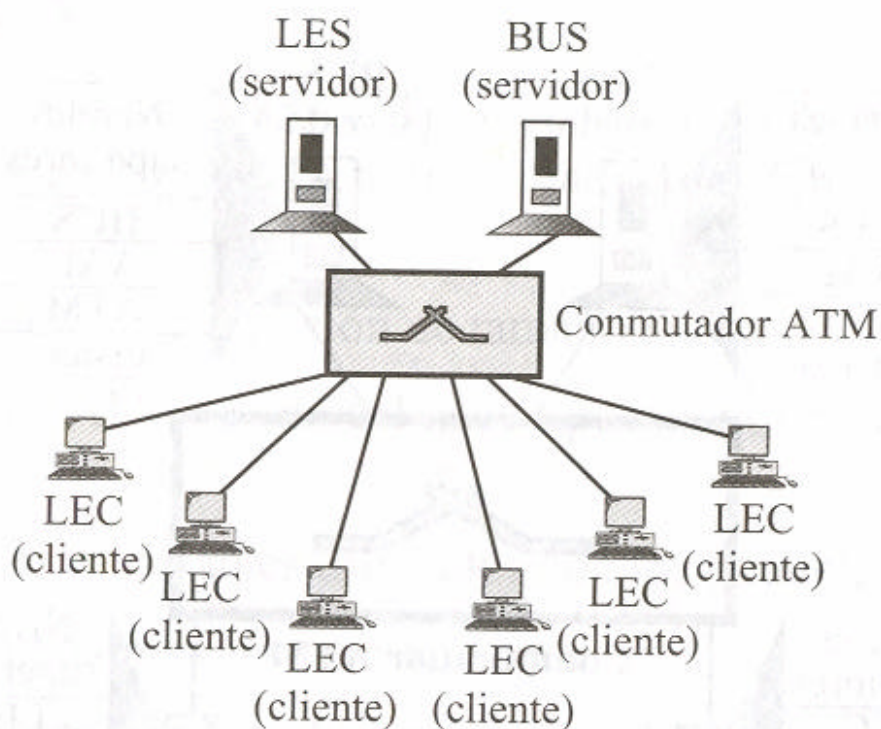


Figura V.3.- Enfoque Basado en LANE.

La difusión o multidifusión requiere el uso de otro servidor denominado **Servidor de Difusión desconocido (BUS)**. Si una estación necesita enviar una trama a un grupo de estaciones o a todas las estaciones, la trama se envía primero al Servidor BUS; este Servidor tiene conexiones virtuales permanentes con todas las estaciones. El Servidor crea copias de trama recibida y envía una copia a un grupo de estaciones o a todas las estaciones, simulando el proceso de difusión. El Servidor también puede entregar una trama unidestino enviando la trama a cada estación. En este caso, la dirección de destino es desconocida. Esto es en algunas ocasiones más eficiente que obtener el identificador de conexión del Servidor LES. La Figura V.4 muestra los niveles en cada estación, en el Servidor BUS y en el Servidor LES.

Por otro lado, SONET está diseñada para proporcionar una Red Troncal para WAN. Con una tasa de datos de más de 3 Gbps, puede encontrar aplicaciones en muchas áreas. Algunas de estas aplicaciones se resumen a continuación:

- ✚ SONET puede reemplazar a las líneas T-1 o T-3 existentes. Una carga T-1 puede fácilmente ser transportada en una tributaria VT1.5 y una carga T-3 puede fácilmente ser transportada en un SPE completa de una trama STS-1.
- ✚ Muchos cables de fibra óptica ya han sido instalados sin un Protocolo común. Estos se pueden combinar en una Red (o redes) que utilice el protocolo SONET. La mayoría de estos cables no están siendo utilizados a su capacidad completa debido a la falta de un Protocolo.
- ✚ SONET puede utilizarse para transportar la RDSI y la RDSI-BA.
- ✚ SONET puede utilizarse para transportar celdas ATM.
- ✚ SONET puede soportar Ancho de Banda bajo demanda.
- ✚ SONET puede reemplazar a los cables de fibra óptica utilizados en las redes de TV por cable.

SONET se puede utilizar como troncal o reemplazar totalmente a otros Protocolos de Red como SMDS o FDDI.

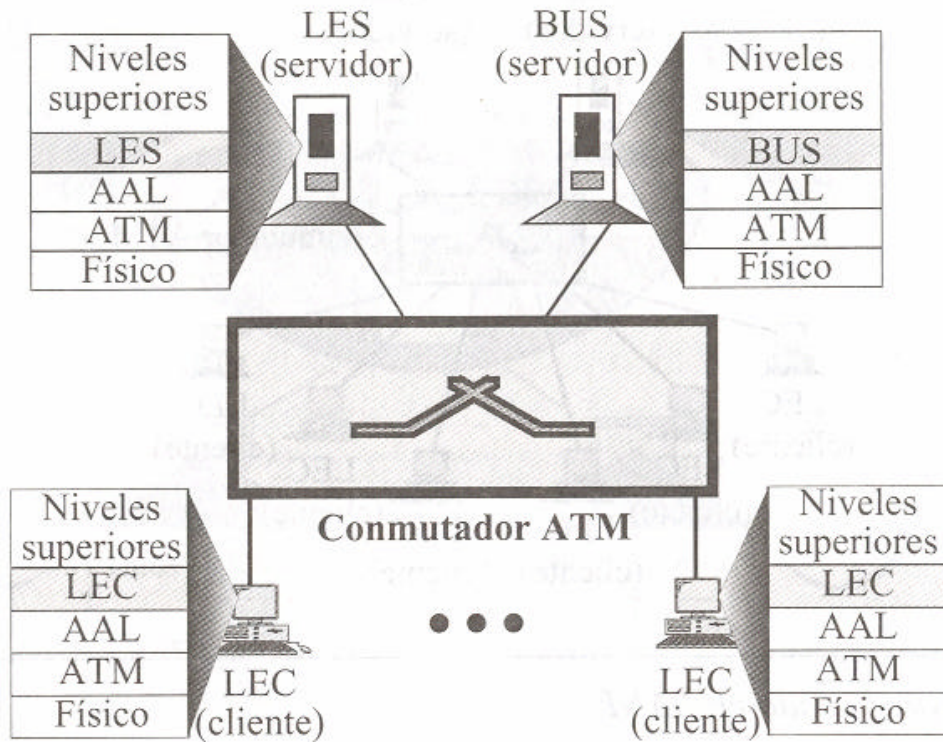






Figura V.4. - LEC, LES y BUS.




## V.5. Equipos SDH por su Aplicación.

Se identifican 4 tipos:

-  Nodo de Red Dorsal.
-  Nodo de Transporte.
-  Nodo de Acceso.
-  Regenerador.

De acuerdo a las funciones que desarrollan los equipos dentro de la Red, se pueden clasificar en 4 categorías, cada una de ellas representando un grado progresivo de complejidad desde el Regenerador (el más importante) hasta el nodo de Red con funciones complejas de interconexión. Es importante tomar en cuenta el concepto de *modularidad*, el cual significa: el uso de elementos comunes en todos los tipos de equipo.

La clasificación es natural a la arquitectura típica de las Redes de Telecomunicaciones en sus diferentes niveles de Seguridad, Complejidad y Dimensión: (Figura V.5).

-  La Red de Acceso es más compleja con mayor número de elementos, pero la menos susceptible a fallas.
-  La Red de Larga Distancia es menor en número de elementos, pero altamente susceptible a fallas; por lo tanto, compleja en su supervisión y control.
-  La Red Troncal es altamente configurada por mallas y protegida, pero su cambio a la SDH será gradual y complicado.

El control de los servicios que acceden a la Red SDH se dan al nivel de Trayectoria. Ya sea bajo orden TU-12, TU-2 o de alto orden TU-3, AU-3, AU-4. El Nodo de Acceso tiene como interfase un Nodo de Transporte que maneja las AU a nivel de Enlace.

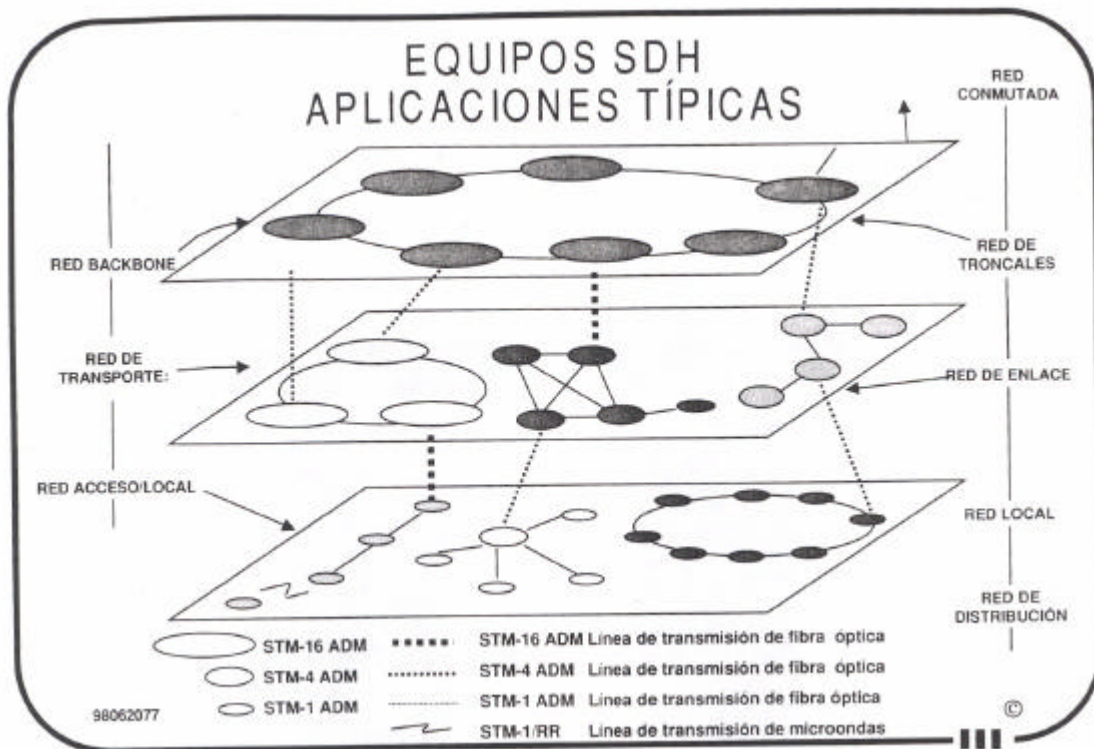


Figura V.5.- Equipos SDH: Aplicaciones Típicas.

Dentro del Mundo SDH se pueden identificar 3 tipos de equipos:

- Equipo Terminal.
- ADD/DROP (ADM).
- El Cross-Connector.

En un principio, la distribución de un equipo a otro es muy clara; pero en la actualidad es posible crear los equipos de un multiplexor hasta un Conector de Cruce, aumentando las tarjetas al equipo base, de la misma manera que se puede migrar de STM -1 a STM-16.

En un principio, la distinción de un equipo a otro es muy clara, pero en la actualidad, es posible crear los equipos desde un Multiplexor hasta un Cross-Connector aumentando tarjetas al Ordenador Base, de la misma manera que se puede migrar de STM-1 A STM-16. (Figura V.6).

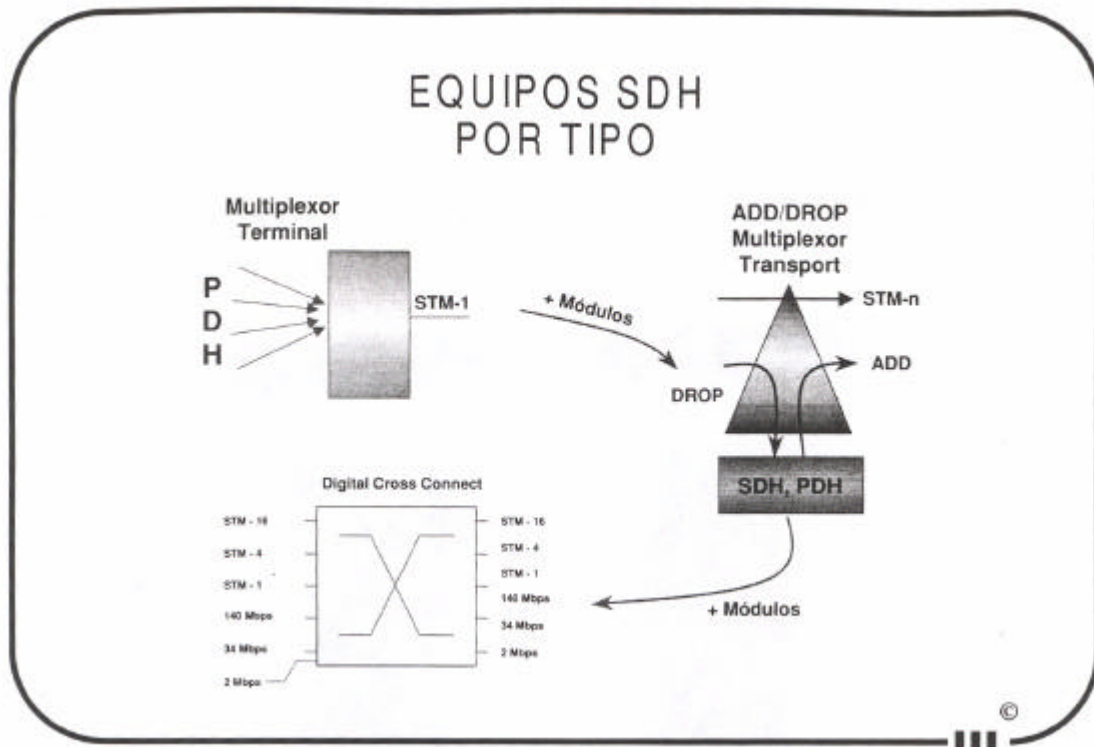







Figura V.6.- Equipo SDH por Tipo.

Las características más importantes de los equipos para Fibra al Distribuidor (FTL, *Fiber to the Loop*) o de Fibra al Cliente Corporativo se relacionan con un costo a la protección del servicio del cliente fundamentalmente en continuidad, y la capacidad de supervisión y control remoto del equipo. Los equipos de acceso reducido tienen las siguientes características:

-  Subdimensionamiento.
-  Doble Casa y Anillo.
-  Protección de Diversidad.
-  Protección de Tributarios.
-  Administración Remota.

El Nodo de Transporte provee capacidad para la Conectividad y la Administración del Ancho de Banda para aplicaciones entre Centrales, ya sea de larga distancia o locales. Por las características necesarias para el Nodo de Transporte, el equipo de inserción y derivación es utilizado en esta aplicación, para la Administración de las AU.

Los Nodos de Transporte se agrupan formando anillos o tramas concatenadas, los cuales proporcionan protección a la Red contra fallas; así mismo, este equipo está diseñado para ser gestionado remotamente a través de interfaces estandarizadas. Una característica importante del Nodo de Transporte, es estar diseñado con una capacidad de tributarios inferior a la capacidad máxima del agregado. Así mismo, son de vital importancia los esquemas de protección de la concatenación (anillos, cadenas, etcétera).



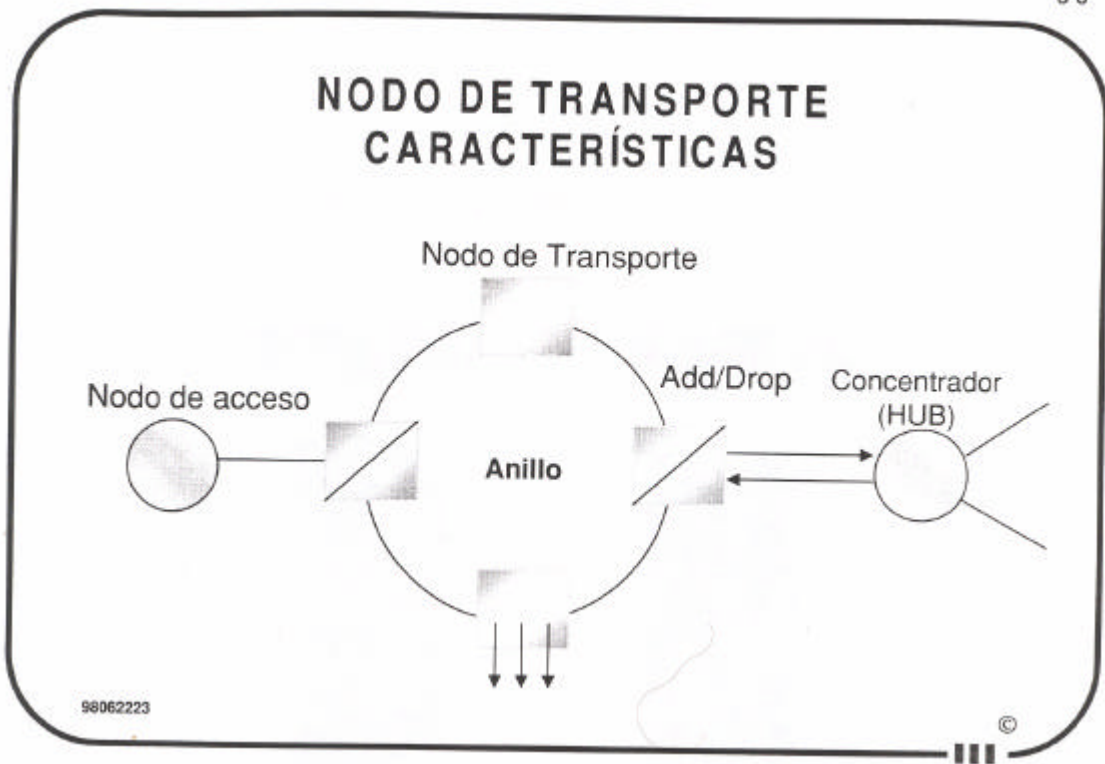


Figura V.7. - Características del Nodo de Transporte.

Existen dos tipos de Nodos de Transporte: (Ver Figura V.8).

1.- Nodo de Concentración cuya función es integrar a la Red SDH, un gran número de accesos PDH a través de los nodos de acceso remotos (clientes, red primaria, centro de conexión de abonados, etcétera) o directamente. Un aspecto importante del Nodo de Concentración es la Confiabilidad.

2.- Nodo de Distribución relacionado con la capacidad de insertar y desagregar tributarios en el Nodo, y la concatenación en anillos o cadenas.

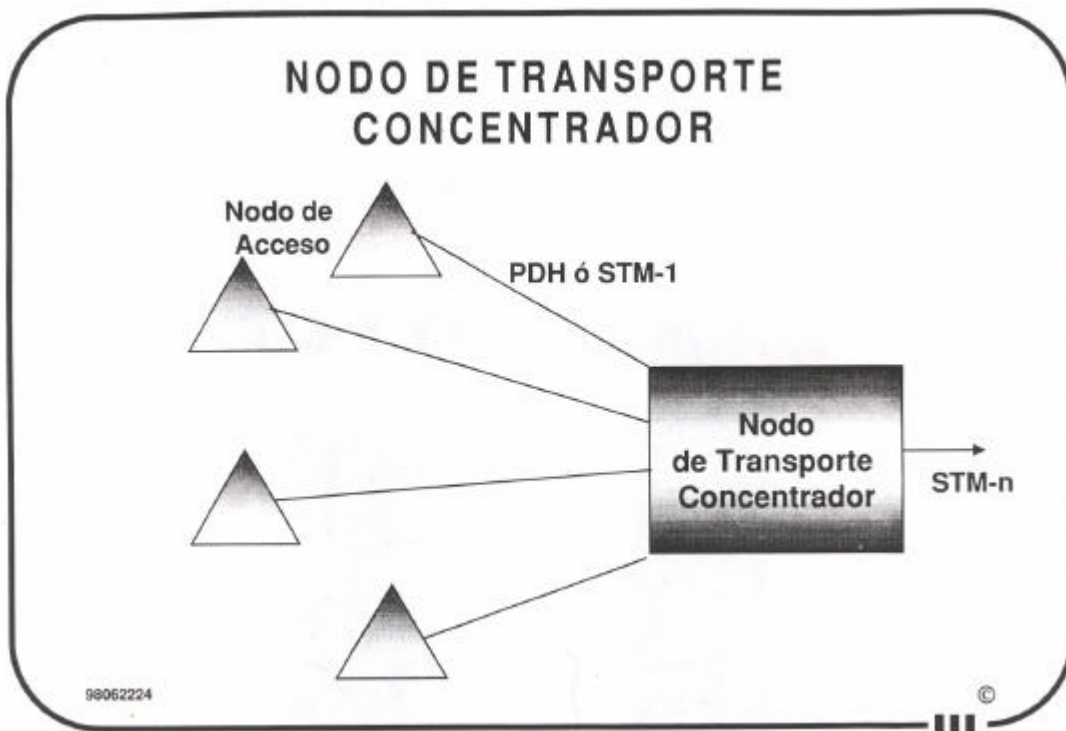


Figura V.8.- Concentrador de un Nodo de Transporte.

Los Equipos de Transporte deben tener flexibilidad para:

- 1.- Configurarse como Nodos de Concentración o de Inserción-Derivación, de manera flexible sobre el mismo chasis.
- 2.- Facilidad para migrar a velocidades superiores con cambios mínimos de tarjetas.
- 3.- Esquemas robustos de alimentación eléctrica y de sincronía.
- 4.- Capacidad variable con flexibilidad en la adición de gabinetes y subgabinetes.

## **TIPOS DE EQUIPO TRANSPORTE**

- 1) STM-4/16 Configuración de Concentración**
- 2) STM-4 Configuración Encadenada**
- 3) STM-1/4 Configuración de Concentración**

Figura V.9.- Tipos de Equipo de Transporte.

Un Equipo ADM está compuesto por lo siguientes bloques funcionales: tarjetas tributarias (TPU), matriz de conmutación (SWR y SWT), tarjetas de transmisión (LTX), recepción (LRX), unidad de temporización (TGU), controlador del sistema (SCT), controlador de encabezados de línea (LOC), controlador de encabezados de sección y de trayecto (TOC), controlador de alimentación (PSF) y panel de usuario (UPL).

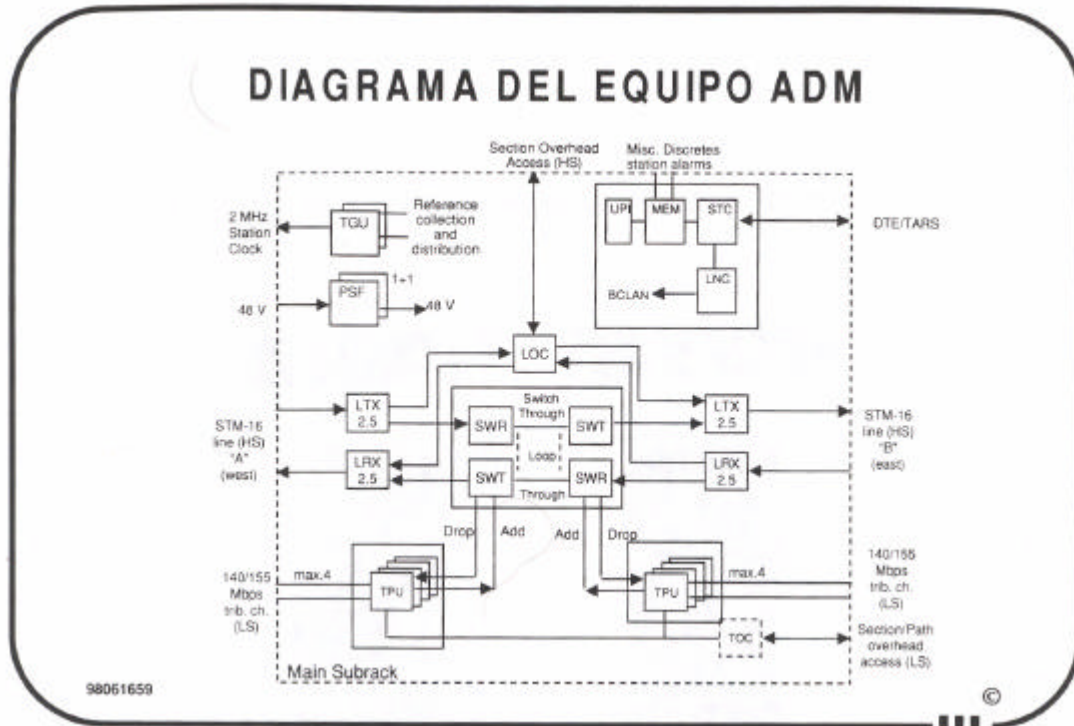


Figura V.10. - Diagrama de un Equipo ADM.

## **CONCLUSIONES.**

A manera de conclusión, se dirá que las redes continuarán creciendo en capacidad e importancia para sus usuarios a medida que transporten más tráfico de negocios diario y a medida que apoyen una nueva generación de aplicaciones de vídeo.

Las tecnologías tradicionales de Red que se basan en métodos de acceso compartido, pueden no estar capacitadas para satisfacer la demanda creciente. Las redes tradicionales sufren de limitaciones de Ancho de Banda, de mucho retraso y de los métodos de direccionamiento y enrutamiento que son muy convulsionados.

La tecnología ATM fue desarrollada por la industria de redes en respuesta a los inconvenientes de las redes tradicionales. Se basa en redes escalables construidas con conmutadores que transfieren pequeñas celdas en sesiones que se conocen como conexiones virtuales.

Si bien ATM promete solucionar los problemas de las redes tradicionales, su desarrollo aún no se completa. Las nuevas características que ATM suministra vienen con mecanismos de control asociados que todavía falta desarrollar completamente. ATM debe resolver sus propios problemas de direccionamiento y conexión virtual con un método robusto de señalización que pueda soportar los niveles anticipados futuros de demanda de Red.

## **BIBLIOGRAFÍA.**

- Banke, A. y Badrinath, B. (1995). **I-TCP: Indirect TCP for Mobile Hosts.** New York: Prentice-Hall.
- Barlow, J. P. (1995). **Property and Speech: Who Owns Whay You Say in Cyberspace.** USA: Commun of the ACM, vol. 38.
- Bates, R. J. (1994). **Wireless Networked Communications.** New York: Mc Graw-Hill.
- Beltrao, A. (1998). **Redes de Computadoras. Protocolos y Prestaciones.** México: Mc Graw-Hill. Primera Edición.
- Bertsekas D. y Gallager R. (1997). **Data Networks.** New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Black, U. D. (1994). **Emerging Communication Technologies.** New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Black, U. D. (1995). **TCP/IP and Related Protocols.** New York: Mc Graw-Hill.
- Black, Ulysees. (1999). **Redes de Computadoras: Protocolos, Normas e Interfases** México: Mc Graw-Hill.
- Carl-Mitchell, S. y Quarterman, J. S. (2001). **Practical Internetworking with TCP/IP and UNIX.** New Jersey: Addison Wesley.
- Clark, D. (1998). **Window and Acknowledgement Strategy in TCP.** New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.
- Comer D. E. (1995). **Internetworking with TCP/IP.** New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.
- Comer, D. (1996). **Redes Globales de Información con Internet y TCP/IP: Principios Básicos, Protocolos y Arquitectura.** México: Pearson-Prentice Hall.
- Conant, G. E. y Wecker, S. (1996). **DNA: An Architecture for Heterogeneous Computer Networks.** Toronto: ICCO.
- De Prycker, M. (1993). **Asynchronous Transfer Mode Solution for Broadband ISDN.** UK: Ellis Horwood, Second Edition.
- De Prycker, M. (1993). **Asynchronous Transfer Mode.** New York: Ellis Horwood. Second Edition.
- Deening, P. J. (1989). **The Science of Computing: Worldnet.** USA: In American Scientist, 432-434.

Deering, S y Cheriton, R. (2000). **Multicast Routing in Datagram Internetworks and Extended LAN's.** New Jersey: Prentice- Hall.

Fischer, W et al. (1994). **Data Communications Using ATM: Architectures, Protocols and Resource Management.** IEEE Magazine, vol. 32.

Floyd, S. y Jacobson, V. (1993). Random Early Detection Gateways for Congestion Avoidance. **IEEE/ACM Transactions on Networking**, 1(4).

Forouzan, B. A. (2002). **Transmisión de Datos y Redes de Comunicaciones.** España: Mc Graw-Hill, 2ª ed.

Frank, H. y Chiou, W. (1991). **Routing in Computer Networks.** New Jersey: Prentice Hall.

Frank, H. y Frish, J. (1991). **Comunicación, Transmisión and Transportation Networks.** Massachusetts: Addison-Wesley.

Gerla, M. y Kleinrock, I. (1998). **Flow Control: A Comparative Survey.** *IEEE Transactions on Communications*. USA: IEEE.

Giozza, W.; De Araújo, J. y Moura, J. (1996). **Redes Locales de Computadores: Aplicaciones y Tecnologías.** México: Mc Graw -Hill.

González, Néstor. (1999). **Comunicaciones y Redes de Procesamiento de Datos.** México: Mc Graw-Hill.

Green, Paul. (1992). **Computer Network Architectures and Protocols.** New York: Plenum Press, Second Edition.

Herrera Pérez, E. (2001). **Introducción a las Telecomunicaciones Modernas.** México: Limusa.

Huitema, C. (1995). **Routing in the Internet.** New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

International Organization for Standardization. (1987a). Information Processing Systems –Open Systems Interconnection- **Specification of Basic Specification of Abstract Syntax Notation One (ASN.1).** International Standard number 8824, ISO, Switzerland.

International Organization for Standardization. (1987b). Information Processing Systems –Open Systems Interconnection – **Specification of Basic Encoding Rules for Abstract Syntax Notation One (ASN.1).** International Standard number 8825, ISO, Switzerland.

International Organization for Standardization. (1988a). Information Processing Systems –Open Systems Interconnection- **Management Information Protocol Definition, Part 2: Common Management Information Protocol.** Draft International Standard number 9596-2.

Latif, A., Rowland, E. J. y Adams, R. H. (1992). **The IBM LAN Bridge.** IEEE Network Magazine.

Madrón, A. (1997). **Redes de Computadoras.** México: Mc Graw-Hill.

Menascé, D. A. y Schwabe, D. (1994). **Redes de Computadoras.** Buenos Aires: Ed. Campus.

Milenkovic, Anton. (1998). **Sistemas Operativos** México: Mc Graw-Hill.

Novel, Inc. (1995). **Introducción a Novel: Manual de Referencia.** México: Novel Incorporation.

Perlman, R. (1992). **Interconnections: Bridges and Routers.** New Jersey: Addison Wesley.

Rose, M. (1993). **The Internet Message.** New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Rosenthal, R. (Ed.). **The Selection of Local Area Computer Networks.** USA: National Bureau of Standards Special Publications.

Santifaller, M. (1994). **TCP/IP and ONC/NFS.** New Jersey: Addison Wesley.

Schwartz, M. y Stern, T. (1999). **IEEE Transactions on Communications.** USA: COM-28 (4), 539-552.

SNA, (1995). **IBM System Network Architecture – General Information.** North Carolina: IBM System Development Division, Publications Center Department.

Tabembaum, Andrews. (1997). **Redes de Computadoras.** México: Pearson/Prentice-Hall. Tercera Edición.

Tanenbaum, A. (1981). **Computer Networks: Toward Distributed Processing Systems.** New Jersey: Prentice-Hall, Englewood Cliffs.

Tanenbaum, A. S. (1991). **Computer Networks.** New Jersey: Prentice Hall, Englewood Cliffs.

Villamizan, C. y Song, C. (1995). **High Performance TCP in ANSNET.** USA: Mc Graw-Hill.



Yeh, H., Hluchyj, M y Acampora, A. (1997). **The Knockout Switch: A Simple, Modular Architecture for High-Performance Packet Switching.** USA: IEEE Edition.

## **ANEXO: GLOSARIO DE TÉRMINOS.**

**100baseT.-** Es el Estándar de la red Ethernet que permite velocidades de transmisión de 100 Mbps. Este estándar es también compatible con el estándar anterior 10BaseT. 100BaseT se basa en la Norma IEEE 802.11u y se le conoce comúnmente como *Fast Ethernet* o Ethernet Rápido.

**10BASET.-** Es el estándar de la red Ethernet que permite velocidades de transmisión de 10 Mbps. 10BaseT se basa en la Norma IEEE 802.3.

**802.11.-** Conjunto de estándares de red de área local inalámbrica definidos por el IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*, "Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos"). Entre estos estándares se encuentra 802.11b, que es en el que se basa Wi-Fi.

**ACCESO TELEFÓNICO.-** Establece una comunicación vía módem utilizando una línea telefónica básica. También se le conoce por el término inglés "*Dial-Up*".

**ACTIVE X.-** Tecnología desarrollada por Microsoft® para incluir aplicaciones en las páginas HTML.

**ADMINISTRADOR.** - Persona responsable del mantenimiento y/o gestión de una red corporativa, red de área local (cableada o inalámbrica) o de un servidor de red.

**ADLS** (*Asymmetric Digital Subscriber Line*, "Línea de Abonado Digital Asimétrica").- Tecnología pensada para poder transmitir datos a alta velocidad a través del bucle de abonado de la línea telefónica. El bucle de abonado es el cable de cobre que va desde la casa del usuario hasta la central telefónica.

**ANCHO DE BANDA.-** Es la cantidad de datos que puede circular en un medio por unidad de tiempo. Generalmente, se mide en bits por segundos. También puede hacer referencia a un rango de frecuencias.

**API** (*Application Program Interface*, "Interfase entre Programas").- Interfase que permite la comunicación entre programas, redes y bases de datos.

**ARP** (*Address Resolution Protocol*, "Protocolo de Resolución de Direcciones").- Se trata de un Protocolo usado para averiguar la dirección del enlace correspondiente

**ASCII** (*American Standard Code for Information Exchange*, "Código Normalizado Americano para el Intercambio de Información").- Se trata de un código que le asigna a cada letra, número o signo empleado por los ordenadores, una determinada combinación de ceros y unos. Este es el código más ampliamente utilizado por todos los ordenadores a escala internacional.

**ASP** (*Active Server Pages*, "Páginas de Servidor Activo").- Lenguaje de Programación creado por Microsoft® para permitir aumentar la interactividad en las páginas *web*.

**ATM** (*Asynchronous Transfer Mode*, "Modo de Transmisión Asíncrono").- Es una tecnología de transmisión de Datos a alta velocidad, la cual posee la característica de poder transmitir diferentes tipos de información, incluyendo: voz, datos, fax, vídeo, audio e imágenes.

**AUP** (*Acceptable Use Policy*, "Política de Uso Aceptable").- Se refiere a las normas que deben cumplir todos los usuarios que hacen uso de la red.

**BANDA ANCHA.-** Hace referencia a las comunicaciones que transmiten datos a alta velocidad. Éste es un término relativo; sin embargo, se suele considerar banda ancha a cualquier comunicación con velocidad superior a 64 Kbps.

**BANDA DE FRECUENCIAS.-** Es un rango de frecuencias del espectro radioeléctrico. Éste, está dividido en bandas de frecuencias que regulatoriamente son utilizadas para distintas finalidades.

**BLUETOOTH.-** Es una tecnología inalámbrica que permite intercomunicar equipos a una distancia de varios metros (menos de 10 metros). Al contrario que otras tecnologías como Wi-Fi, la tecnología “*Bluetooth*” no está pensada para soportar redes de ordenadores, sino más bien, para comunicar un ordenador o cualquier otro dispositivo con sus periféricos: un teléfono móvil con su auricular, un PDA con su ordenador, un ordenador con su impresora, etcétera.

**BSS** (*Basic Service Set*, “Conjunto de Servicios Básicos”).- Es una de las modalidades de comunicación en las que se puede configurar las terminales de una red Wi-Fi. En este caso, la red inalámbrica dispone de un equipo (punto de acceso) que se encarga de gestionar las comunicaciones (internas y externas) de todos los dispositivos que forman la red. Este modo de conexión también es conocido como “Modo Infraestructura”.

**CANAL.-** La banda de frecuencia en la que trabaja una red inalámbrica, se divide en canales. Por cada canal se puede establecer una comunicación.

**CCK** (*Complementary Code Keying*, “Salto de Código Complementario”).- Es una técnica de modulación utilizada en Wi-Fi junto con las técnicas de espectro distribuido.

**CGI** (*Common Gateway Interface*, “Interfase de Pasarela Común”).- Es un estándar que describe cómo un navegador *web* intercambia información con un servidor *web*. Esto le permite al servidor leer información introducida por el usuario en una página *web*, procesarla y mostrarle los resultados posteriormente.

**CLIENTE.-** Es un programa que trabaja en el ordenador local para poder hacer uso de algún servicio del ordenador remoto. El programa del ordenador remoto que permite ese uso recibe el nombre de “Servidor”. También puede hacer referencia al propio ordenador o dispositivo local que depende del ordenador o dispositivo remoto (llamado “Servidor”). En las redes Wi-Fi, cliente puede hacer referencia a los dispositivos (ordenadores, PDA, etcétera) conectados a la red a través de un Punto de Acceso.

**CLIENTE/SERVIDOR.-** Es un sistema mediante el cual las aplicaciones quedan divididas en dos partes: la parte residente en el ordenador del usuario, el cliente, y la parte residente en un ordenador central compartido, el servidor. El cliente se encarga de hacer de interfase con el usuario. El servidor se encarga de gestionar la compartición de las aplicaciones, información y periféricos entre los distintos clientes. El Sistema Cliente/Servidor es utilizado tanto en las redes de área local como en servicios en línea (*on-line*).

**CORTAFUEGOS.-** Es un dispositivo de seguridad (Arquitectura de Sistemas o Programa), que controla los accesos a una red local desde el exterior (típicamente, Internet).

**CRC** (*Cyclic Redundancy Check*, “Comprobación Cíclica de Redundancia”).- Son unos datos adicionales que se adjuntan al final de la información para poder comprobar fácilmente que no ha habido errores en la transmisión. Los datos CRC son el resultado de hacer determinadas operaciones matemáticas con la información original. Como las operaciones son las mismas en origen y en destino, si el resultado no es el mismo, es que hay un error en la transmisión.

**CSMA/CA** (*Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance*, “Acceso Múltiple por detección de Portadora con Evidencia de Colisión”).- Es el sistema que emplea Wi-Fi para negociar las comunicaciones entre los distintos dispositivos. Este sistema evita que dos dispositivos puedan intentar hacer uso del medio simultáneamente (evita la colisión).

**DHCP** (*Dynamic Host Configuration Protocol*, "Protocolo de Configuración Dinámica del "Host").- Es un protocolo que permite que un servidor asigne dinámicamente las direcciones IP a los ordenadores "clientes", conforme éstos las van necesitando. La mayoría de los routers (incluso los incluidos en los puntos de acceso) incluyen la función de servidor DHCP.

**DIRECCIÓN MAC.**- Es un número único que asignan los fabricantes a los dispositivos de red (adaptadores de red y puntos de acceso). Este número es permanente y viene grabado en el propio dispositivo, para permitir identificarlo de forma inequívoca. Las direcciones MAC están formadas por 12 caracteres alfanuméricos (por ejemplo; 12-AB-56-78-90-FE).

**DSL** (*Digital Subscriber Line*, "Línea Digital de Abonado").- Es el término genérico que hace referencia a la familia de tecnologías que utilizan la línea telefónica para transmitir datos a alta velocidad. ADSL, SDSL o HDLS son algunas de estas tecnologías. También se utiliza el término xDSL, para hacer referencia a esta familia de tecnologías.

**DSSS** (*Direct Sequence Spread Spectrum*, "Espectro Expandido por Secuencia Directa").- Es la técnica de modulación utilizada por los sistemas IEEE 802.11b (Wi-Fi) para transmitir datos a alta velocidad (11 Mbps).

**ESTACIÓN BASE.**- Es el nombre general que reciben los equipos de una red inalámbrica que se encargan de gestionar (administrar) las comunicaciones de los dispositivos que forman la red.

**ETSI** (*European Telecommunications Standards Institute*, "Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones").- Creado en Marzo de 1989 y con sede cerca de Nice, Francia.

**ESPECTRO EXPANDIDO.**- Es un sistema de difusión de las señales radioeléctricas. Este sistema utiliza un ancho de banda mayor al estrictamente necesario a cambio de conseguir reducir la vulnerabilidad a las interferencias y garantizar la coexistencia con otras transmisiones.

**ESS** (*Extended Service Set*, "Conjunto de Servicios Extendido").- Es una de las modalidades en las que se puede configurar una red local inalámbrica Wi-Fi. Reciben este nombre las redes inalámbricas que están formadas por más de un punto de acceso.

**FHSS** (*Frequency Hopping Spread Spectrum*, "Espectro Expandido por Salto de Frecuencia").- Es una técnica de modulación utilizada tanto por los sistemas IEEE 802.11 como por *Bluetooth*®. Transmite datos a baja velocidad (1 Mbps) por lo que en la versión 802.11b se sustituyó por el sistema DSSS para poder transmitir datos a alta velocidad (11 Mbps).

**GATEWAY.**- Es una Pasarela. Es un sistema informático que transfiere datos entre dos aplicaciones o redes incompatibles entre sí. La Pasarela adapta el formato de los datos de una aplicación a otra o de una red a otra. Se utiliza generalmente, para interconectar dos redes distintas o para hacer que una aplicación entienda los datos generados por otra aplicación distinta.

**HOMEFNA** (*Home Phoneline Networking Alliance*, "Alianza de Red Doméstica sobre Líneas Telefónicas").- Es el nombre que recibe el grupo que creó las especificaciones que permiten crear una red local de datos utilizando la infraestructura telefónica del hogar. La red de datos utiliza los mismos cables telefónicos que los teléfonos, fax o los módems DSL.

**HOMERF** (*Home Radio Frequency*, "Radio Frecuencia del Hogar").- Es una tecnología de red de área local inalámbrica que en su día fue promovida por Intel. Existen tres versiones en el mercado que alcanzan los 1.6, 10 y 40 Mbp, respectivamente. En cualquier caso, Homero ha quedado hoy en día en el olvido debido al auge de Wi-Fi.

**IBSS** (*Independent Basic Service Set*, "Conjunto de Servicios Básicos Independientes").- Es una de las modalidades de comunicación en las que se pueden configurar las terminales de una red Wi-Fi. En este caso, la red inalámbrica no dispone de punto de acceso, llevándose a cabo las comunicaciones de forma directa entre las distintas terminales que forman la red. Este modo de conexión también es conocido como *ad hoc*, modo independiente o de igual a igual.

**ISM** (*Industrial Scientific and Medicine*, "Industrial, Científica y Médica").- Estas siglas hacen referencia a la banda de frecuencias radioeléctricas reservadas a aplicaciones de este tipo. Ésta es la banda de frecuencias en las que actúa Wi-Fi.

**MAC** (*Medium Access Control*, "Control de Acceso al Medio").- Es un conjunto de protocolos de las redes inalámbricas que controla cómo los distintos dispositivos se comparten el uso del espectro radioeléctrico.

**MODO AD HOC.**- Se refiere a las redes inalámbricas Wi-Fi que disponen de un equipo central, conocido como Punto de Acceso, que se encarga de gestionar las comunicaciones (internas y Externas) de todos los dispositivos que forman la red. Este modo de conexión también es conocido como Modo BSS.

**OFDM** (*Orthogonal Frequency Division Multiplexing*, "Multiplexado Ortogonal por División de Frecuencia").- Es una técnica de modulación utilizada por las redes de área local inalámbrica de alta velocidad (IEEE 802.11a e HiperLAN2). Permite transmitir datos de hasta 54 Mbps.

**PUNTO DE ACCESO.**- Es el equipo de la red inalámbrica que se encarga de gestionar las comunicaciones de todos los dispositivos que forman la red. El punto de acceso no sólo se utiliza para controlar las comunicaciones internas de la red, sino que también hace de puente en las comunicaciones con las redes externas (redes cableadas o Internet).

**ROAMING.**- Se conoce por este nombre a la posibilidad que tienen los equipos inalámbricos de desplazarse dentro del área de cobertura de una red inalámbrica sin perder la conexión.

**RUTEADOR** (*Router*).- Es un sistema utilizado para transferir entre dos redes que utilizan un mismo Protocolo. Un Ruteador puede ser un dispositivo *software*, *hardware* o una combinación de ambos. Los puntos de acceso, generalmente, hacen las funciones de Ruteador. A este equipo también se le conoce como enrutador.

**SSID** (*Service Set Identifier*, "Identificador del Conjunto de Servicios").- Es el parámetro que identifica la red inalámbrica. También se le conoce como nombre de red.

**VPN** (*Virtual Private Network*, "Red Privada Virtual").- Hace referencia a las soluciones que permite crear redes completamente privadas, en cuanto a seguridad y confidencialidad utilizando para ello infraestructuras no seguras (como Internet o redes inalámbricas).

**WECA** (*Wireless Ethernet Compatibility Alliance*, "Alianza de Compatibilidad Ethernet Inalámbrica").- Es una asociación de fabricantes de equipos de red creada en 1999 con el objetivo de fomentar la tecnología inalámbrica, y asegurarse la compatibilidad de equipos. WECA es la creadora de la marca Wi-Fi y, es quien se encarga de certificar los equipos de esta marca.

**WEP** (*Wireless Equivalency Protocol*, "Protocolo de Equivalencia con Red Cableada").- Es el sistema cifrado de datos que incorporan las redes Wi-Fi. El sistema WEP surgió con la idea de ofrecerle a las redes inalámbricas un estado de seguridad similar al que tienen las redes cableadas.

**WI-FI** (*Wireless Fidelity*, “Fidelidad Inalámbrica”).- Es una marca creada por la Asociación WECA con el objetivo de fomentar la tecnología inalámbrica y asegurarse la compatibilidad de equipos. Todos los equipos con la Marca WI-Fi, son compatibles entre sí, y utilizan la tecnología inalámbrica definida por IEEE en su Norma (Estándar) 802.11b.

**WLAN** (*Wireless Local Area Network*, “Red de Área Local Inalámbrica”).- Es el acrónimo con el que se hace referencia a las redes de área local inalámbricas. Las redes Wi-Fi son un ejemplo de este tipo de redes.

**WPA** (*Wi-Fi Protected Access*, “Acceso Wi-Fi Protegido”).- Son unas especificaciones de seguridad basadas en la Norma IEEE 802.11i que incrementa fuertemente el nivel de protección de datos y de control de acceso a las redes Wi-Fi. Las facilidades de seguridad ofrecidas por WPA pueden implantarse en las redes Wi-Fi existentes mediante una instalación de programa(s) y paquete(s).

## ÍNDICE.

Introducción .....	1
Objetivo General .....	2
Objetivos Particulares .....	2
<b>Capítulo I.- <u>CONCEPTOS SOBRE REDES DE COMUNICACIONES</u> .....</b>	<b>3</b>
I.1.- Transmisión de Datos .....	3
I.1.1.- Componentes .....	3
I.2.- Redes .....	4
I.2.1.- Procesamiento Distribuido .....	4
I.2.2.- Criterios de Redes .....	5
I.3.- Protocolos y Normas (Estándares) .....	7
I.3.1.- Protocolo .....	7
I.3.2.- Normas (Estándares) .....	8
I.4.- Organización de Estandarizaciones (Normalización) .....	9
I.4.1.- Comités de Creación de Estándares .....	9
<b>Capítulo II.- <u>FUNDAMENTOS DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA, (SDH)</u> .....</b>	<b>12</b>
II.1.- Fundamentos de SDH .....	12
II.2.- Definición de SDH .....	12
II.3.- Los Nuevos Requerimientos de Red .....	12
II.4.- Principio de la Red Tradicional de Alta Capacidad .....	13
II.5.- Limitantes de la Red Tradicional del Alta Capacidad .....	14
II.6.- Ventajas de SDH .....	14
II.7.- Multiplexaje Síncrono Directo .....	15
II.8.- Administración y Mantenimiento Integrados de Red .....	15
II.9.- Posibilidades de Transporte .....	16
II.10.- Infraestructura única de Red .....	17
II.11.- SONET/SDH .....	17
II.12.- Señales de Transporte Síncronas .....	18
II.13.- Configuración Física .....	19
II.13.1.- Dispositivos SONET .....	19
II.13.2.- Secciones, Líneas y Caminos .....	20
II.14.- Niveles de SONET .....	21
II.15.- Tramas de SONET .....	22
II.15.1.- Formato de Trama .....	22
II.15.2.- Sobrecarga de Sección .....	24
II.15.3.- Sobrecarga de la Línea .....	26
II.15.4.- Sobrecarga del Camino .....	27
II.15.5.- Cargas Tributarias Virtuales .....	28
II.15.6.- Tipos de VT .....	28
II.16.- Multiplexación de Tramas STS .....	30
II.16.1.- Convergencia de ATM a SONET/SDH .....	30
<b>Capítulo III.- <u>FUNCIONAMIENTO DE JERARQUÍA DIGITAL SINCROÍA, SDH</u> .....</b>	<b>32</b>
III.1.- Estructura Básica de la Señal SDH .....	32
III.1.1.- Estructura de la Señal Síncrona .....	32
III.1.2.- Trama Síncrona de Transporte .....	33
III.2.- Principio de Interconexión de Redes .....	33
III.3.- Estructura de Trama STM-1 .....	34
III.4.- Enlace entre el Excedente de Sección y CV-4 .....	35

III.4.1.- Función de los Apuntadores .....	36
III.4.2.- Sincronización de Trama-Actividad de los Apuntadores ..	37
III.5.- Multiplexaje Síncrono por la Interconexión de Bytes .....	38
III.6.- Estructura de Trama STM 4 .....	38
III.7.- Jerarquía de Señales SDH y Tasas de Línea .....	39
III.8.- Interfase de Línea SDH .....	40
III.9.- Capacidad de Transporte de Señal .....	40
III.10.- Estructura de Trama STM-1 .....	40
III.10.1.- Contenedor Virtual STM-1 (CV-4) .....	40
III.11.- Proceso de Ensamble del CV-4 .....	41
III.12.- Proceso de Desensamble del CV-4 .....	42
III.13.- Unidades Tributarias .....	43
III.14.- Tamaños de Tramas de Unidad Tributaria .....	44
III.15.- Empaquetamiento del UT12 en CV-4 .....	44
III.16.- Estructura de Trama de UT .....	45
III.17.- Modos de Operación de UT .....	46
III.18.- Concatenación .....	47
III.19.- Estructura de Trama STM-4c .....	47
III.20.- Capacidad de Excedente Insertado .....	48
III.20.1.- Segmentos de Red SDH .....	48
III.21.- Áreas de Excedentes STM-1 .....	49
III.22.- Definición de Trayectoria de Red SDH .....	50
III.23.- Funciones de Excedente de Trayectoria de Alto Orden, (CV-4) ...	50
III.24.- Bytes de Excedente de Trayectoria de Alto Orden .....	51
III.25.- Definición de Sección Multiplexora de Red SDH .....	52
III.26.- Funciones de Excedente de Sección Multiplexora, (ESM) .....	53
III.27.- Bytes de Sección Multiplexora de Alto Orden .....	53
III.28.- Definición de Sección Regeneradora de Alto Orden .....	53
III.29.- Funciones de Excedente de Sección Regeneradora .....	55
III.30.- Bytes de Sección Regeneradora de Alto Orden .....	55
III.31.- Señales de Mantenimiento en Servicio .....	56
Capítulo IV.- <b>MODO DE TRANSFERENCIA ASÍNCRONO.(ATM)</b> .....	58
IV.1.- Introducción .....	58
IV.2.- Los Grandes Inconvenientes de la Tecnología Existente de Red ...	59
IV.2.1.- Redes de Acceso Compartido .....	59
IV.2.2.- Retardo de Red .....	60
IV.2.3.- Direccionamiento Enlace de Datos/Red .....	60
IV.2.4.- Enrutamiento de Red .....	61
IV.2.5.- Grupos Lógicos de Usuario .....	63
IV.3.- La Tecnología ATM .....	63
IV.3.1.- Celdas ATM .....	65
IV.3.2.- Conmutadores ATM .....	66
IV.4.- Conexiones Virtuales ATM .....	67
IV.5.- Complementos de Desarrollo ATM .....	70
IV.5.1.- Direccionamiento ATM .....	70
IV.5.2.- Señalización ATM .....	71
IV.5.3.- Diseño del Punto de Control .....	72
IV.5.4.- Control de Congestión .....	72
IV.5.5.- Interfase con las Redes ATM .....	73
IV.6.- Ámbitos de Implantación ATM .....	74
IV.6.1.- Estructura Medular ATM .....	74
IV.6.2.- Grupo de Trabajo LAN de Alta Velocidad .....	74
IV.6.3.- Infraestructura de Servicio MAN/WAN .....	75
IV.6.4.- La Meta Final .....	76



Capítulo V.- <b>APLICACIÓN DE SDH/ATM</b> .....	78
V.1.- Introducción .....	78
V.2.- WAN con ATM .....	78
V.3.- LAN con ATM .....	78
V.4.- Emulación de Red de Área Local, (LANE) .....	79
V.5.- Equipos SDH por su Aplicación .....	82
Conclusiones .....	89
Bibliografía .....	90
Anexo: Glosario de Términos .....	94
Índice .....	99