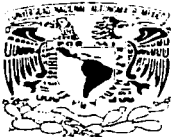


41126  
45



**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA  
DE MEXICO**

**ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
CAMPUS ARAGON**

**" PRINCIPIOS Y ELEMENTOS DEL SISTEMA  
DE TRANSMISIÓN SDH "**

**T E S I S**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA  
AREA: ELECTRICA - ELECTRONICA  
P R E S E N T A :  
NOHEMIGARCIA DEL VALLE

ASESOR: ING. PABLO LUNA ESCORZA

MEXICO

TESIS CON 2003  
FALLA EN ENTREGAR

A



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.

---

A la UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MÉXICO  
y a la ESCUELA NACIONAL DE ESTUDIOS PROFESIONALES  
por ser mi segunda casa, por haberme dado la oportunidad de formarme  
como una profesionista.

A MIS PADRES con todo cariño y respeto,  
por su amor, sacrificio y paciencia, por todo  
G R A C I A S

A MIS HERMANOS quienes son parte fundamental  
en mi vida, por todo su apoyo con mucho cariño.  
ANABEL, DAVID Y ARTURO

---

TESIS CON  
FOLIO DE ORIGEN

---

**A MIS SINODALES**  
**ING. RAUL BARRON VERA**  
**ING. ULISES MAVRIDIS TOVAR**  
**ING. PABLO LUNA ESCORZA**  
**ING. ALAIN MORONES CAMACHO**  
**ING. JOSE LUIS GARCIA ESPINOZA**

Por su apoyo en las correcciones necesarias de este trabajo y el apoyo que hubo durante el tiempo que estuve como estudiante.

**A MIS PROFESORES** por brindarme su tiempo y compartir sus conocimientos, por que de todos aprendí mucho.

**A LOS TOCAYOS** el **ING. BENITO BARRANCO** y el **ING. BENITO ALDANA** por la inmensa ayuda que me brindaron para realizar este trabajo.

---

e

TECIS CON  
LIBRE DE ORIGEN

---

A MIS AMIGOS por que me apoyaron incondicionalmente y aprendí algo de ellos. Diana por tu amistad sincera y de siempre. Sonia por que recorrimos juntas parte del camino por las largas charlas por tu amistad.

Y por ultimo pero no menos importante A DIOS por todas las bendiciones otorgadas, por darme la oportunidad de disfrutar el placer de vivir.

---

D



---

## **INDICE**

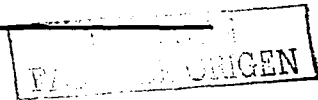
### **INTRODUCCION**

#### **Capitulo I. FUNDAMENTOS DE LA JEARQUIA DIGITAL SINCRONA**

<b>1.1 INTRODUCCION A SDH</b>	
1.1.1 Características de un sistema PDH	1
1.1.2 Limitantes de un sistema PDH	4
1.1.3 Características de un sistema SDH	5
1.1.4 Ventajas de los sistemas SDH	6
1.1.5 Recomendaciones para la SDH	7
<b>1.2 ESTRUCTURA SDH</b>	
1.2.1 Elementos básicos de un sistema SDH	8
1.2.2 Arquitecturas Típicas de la Red	11
1.2.3 Despliegue del sistema SDH	15

#### **Capitulo II. TRANSMISIÓN DE INFORMACION EN SDH**

<b>2.1 ELEMENTOS DE LA TRAMA SDH</b>	
2.1.1 Estructura del Modulo de Transporte Sincrono (STM-1)	17
2.1.2 Estructura de Multiplexaje	19
2.1.3 Elementos de Multiplexaje Sincrono	30
<b>2.2 MULTIPLEXION DE BAJO Y ALTO ORDEN</b>	
2.2.1 Multiplexaje de Bajo Orden	33
2.2.2 Multiplexaje de Alto orden	33



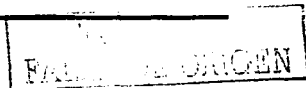
---

### **Capitulo III. MULTIPLEXACION Y MAPEO**

<b>3.1 PROCEDIMIENTOS DE MULTIPLEXAJE</b>	
3.1.1 Formación de un STM-1 a partir de 2 Mb/s	35
3.1.2 Mapeo de señales de 34 Mb/s	43
3.1.3 Formación de un STM-1 a partir de 34 Mb/s	43
3.1.4 Mapeo de señales de 140 Mb/s	47
3.1.5 Formación de un STM-1 a partir de 140 Mb/s	48
3.1.6 Formación de un STM-N	50
<b>3.2 MAPEO DE TRIBUTARIAS</b>	
3.2.1 Mapeo Asíncrono	51
3.2.2 Mapeo Síncrono-bit	53
3.2.3 Mapeo Síncrono-byte	53
3.2.4 Modo de Operación Flotante	53
3.2.5 Modo de Operación Amarrado	53

### **Capitulo IV. ENCABEZADOS Y APUNTADES**

<b>4.1 ENCABEZADOS</b>	
4.1.1 Estructura de SOH	60
4.1.2 Encabezado ROSH	61
4.1.3 Encabezado MSOH	64
4.1.4 Encabezado de Trayectoria Alto Orden POH	70
4.1.5 Encabezado de Trayectoria Bajo Orden POH	75
4.1.6 Señales de Mantenimiento	77
<b>4.2 APUNTADES</b>	
4.2.1 Para que se usan los apuntadores	80
4.2.2 Apuntadores PTR	83



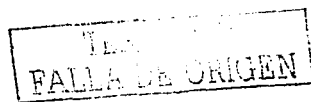
---

4.2.3	Composición de los Apuntadores	84
4.2.4	Como operan los Apuntadores	85
4.2.5	Interpretación de los Apuntadores	88

<b>GLOSARIO</b>	95
-----------------	----

<b>CONCLUSIONES</b>	99
---------------------	----

<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	101
---------------------	-----





---

## **JUSTIFICACION**

Debido al crecimiento constante en la transmisión de voz, video y datos dentro de las comunicaciones, se ha implementado una tecnología denominada SDH, que significa Jerarquía Digital Síncrona, la cual se enfoca a los sistemas multiplexores de alta velocidad.

Esta tecnología es compatible con PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona), y permite una sola infraestructura de red de comunicaciones, donde se pueden conectar equipos de distintos proveedores, haciendo más flexible esta tecnología.

---

## INTRODUCCION

El acelerado crecimiento económico que se ha visto en nuestro país en los últimos años, ha creado la necesidad de mejorar los sistemas de comunicación para manejar apropiadamente los grandes volúmenes de información generados por la expansión constante de las empresas.

Para lograr la reducción del factor tiempo, los medios de transmisión deben de contar con tecnologías que permitan trabajar con servicios demandantes de una gran velocidad de transmisión y de un gran ancho de banda. El mejoramiento de la fibra óptica y nuevas técnicas de multiplexaje en servicios conmutados han dado origen a la tecnología SDH (Synchronous Digital Hierarchy – Jerarquía Digital Síncrona), que habrá de ser la tecnología que permita explotar al máximo los sistemas digitales con que hoy se cuenta.

La tecnología Síncrona de las telecomunicaciones fue desarrollada primeramente en los Estados Unidos como una transmisión estándar, llamada red óptica síncrona o SONET (Synchronous Optical Networ). En Europa ésta fue expandida y se llamó Jerarquía Digital Síncrona o SDH (Synchronous Digital Hierachy). Estas dos tecnologías rápidamente se convirtieron en estándares internacionales.

Una diferencia notable con respecto a los sistemas existentes es el uso de multiplexaje síncrono, el cual permite un demultiplexaje más sencillo, como las troncales de alta velocidad, de canales con tasas de transmisión tan bajas como 64 Kb/s.

La tecnología SDH ha sido diseñada para transportar todas las señales relevantes ya existentes o nuevas, tanto europeas como norteamericanas, desde 2 Mb/s hasta ATM, así como también 1.5 Mb/s y 45 Mb/s. Como resultado, es sencillo para una red evolucionar de una arquitectura Plesiócrona a una Síncrona: la tecnología SDH puede agregarse incluso en un solo enlace, por ejemplo, como una forma de transporte de señales de 140 Mb/s.

---

TEL. 304  
FALLA DE ORIGEN

---

El propósito de esta tesis es presentar un análisis de la tecnología de transmisión de información SDH (Jerarquía Digital Sincronía). Para ello he dividido la presente tesis en cuatro capítulos. En el primer capítulo se da una introducción a SDH, analizando su estructura; en el capítulo dos se analiza la estructura de la trama SDH, y los niveles de multiplexaje; en el capítulo tres se verán los procedimientos de multiplexaje sincrónico y el mapeo de tributarias; para terminar, en el capítulo cuatro se hace un análisis de los apuntadores así como de los encabezados utilizados en SDH.

---

## **CAPITULO I**

### **FUNDAMENTOS DE LA JERARQUÍA DIGITAL SINCRONA**

#### **1.1 INTRODUCCION A SDH**

##### **1.1.1 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA PDH**

Al multiplexar de un orden hacia otro, se requiere de un equipo multiplexor adecuado, es decir si se multiplexan cuatro señales de tercer orden para formar una señal de cuarto orden se requerirá de un multiplexor de cuarto orden, en el cual se agregarán unos bits de sincronía y otros de relleno, llamados bits de justificación, los cuales sirven para que las señales tributarias que aunque traen iguales velocidades puede ser que algunas vengan más adelantadas que otras. Si una señal viene ligeramente adelantada se agregarán los bits de justificación para que espere a los otras señales y así el muestreador realice bien su trabajo. Estos bits se reconocen cuando se realiza la demultiplexión, dejando así la señal original. A este proceso se le conoce como operación Plesiócrona, donde se usa el prefijo griego "plesio" que quiere decir casi.

El mismo problema ocurre en cada nivel de multiplexaje y la justificación se agrega en cada etapa y el uso de la operación Plesiócrona en estas jerarquías nos lleva a usar el término de Jerarquía Digital Plesiócrona

En esta jerarquía no existe una verdadera red, ya que no existe flexibilidad, ni facilidades de control o de administración. En PDH no se puede insertar o segregar canales ni se tiene la capacidad de monitoreo.

En los 70's, comenzó a usarse la jerarquía PDH sistemas de primer orden en donde un canal telefónico se muestra, se cuantifica y se codifica para formar un tren de datos con una velocidad de 64 Kbps que después se combinará a velocidades mayores (Multiplexaje por División de Tiempo), agregando canales de sincronía, alarmas y señalización. Esto se llama entrelazado secuencial de bits.

---

# PAGINACION

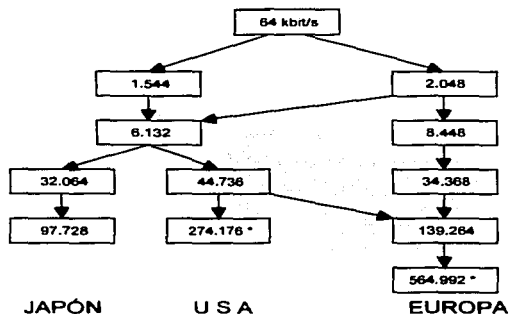
# DISCONTINUA

En el presente artículo se analiza la paginación discontinua en un contexto de producción de un texto escrito en un aula de primaria. Se describen los procedimientos que se emplean para la paginación discontinua y se discute su función en la producción de un texto escrito. Se concluye que la paginación discontinua es un recurso que se emplea para organizar el texto escrito y que su uso depende de las necesidades del texto y del contexto de producción.

Existen tres normas de jerarquías de multiplexión, que multiplexan señales digitales a partir de una señal digital con una velocidad de 64Kbps. Estas están regidas por las normas de la UIT-T en base a las recomendaciones G.702, siendo estas:

- Norma Americana
- Norma Europea
- Norma Japonesa

Los niveles jerárquicos entre las normas europeas, americana y japonesa varían en velocidad y en número de canales tributarios en cada nivel jerárquico como se muestra en la figura 1.1



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

\* = No recomendado por la UIT-T como nivel jerárquico

Cantidades en Mbit/s

**Figura 1.1 Velocidades de Transmisión en PDH**

Después, para evitar un excesivo número de enlaces de 2Mbps, se decidió implementar jerarquías de multiplexación superiores. El estándar adoptado en Europa fue el incluir la combinación de cuatro canales de 2Mbps para formar un canal de 8Mbps. Aquí, la forma de entrelazado de la información es bit a bit. Para satisfacer la necesidad del constante aumento de troncales se crearon otros niveles de multiplexación que son los de 34Mbps, 140Mbps y 565Mbps. Comenzando por 2Mbps y terminando por 565Mbps, es a lo que conocemos como jerarquías europeas de primero a quinto orden. Ver la tabla 1.1.

<b>Nivel</b>	<b>Velocidad Kbps</b>
1°. Orden E-1	2048
2°. Orden E-2	8448
3°. Orden E-3	34368
4°. Orden E-4	139264
5°. Orden E-5	564992

**Tabla 1.1**

Mientras los europeos planeaban sus jerarquías de transmisión, una cosa similar hacían los americanos para tener su propia jerarquía. Esta jerarquía difiere en que su velocidad base es más baja y por tanto sus múltiplos serán también distintos. A los DS-n se les conoce también como T-n. Estas velocidades de la jerarquía americana se muestran en la tabla 1.2.

<b>Nivel</b>	<b>Velocidad Kbps</b>
DS-1	1544
DS-2	6312
DS-3	44736
DS-4	274176

**Tabla 1.2**

Los sistemas de 564,992 Kbps de la jerarquía europea y los sistemas de 274,176 Kbps de la jerarquía americana no terminaron oficialmente su proceso de normalización. En el estándar Americano se denomina DS0 y en el Europeo E0.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

---

En México los sistemas de multiplexión digital PDH se basan en el sistema europeo.

### **1.1.2 LIMITANTES DE UN SISTEMA PDH**

- ◆ En un sistema plesiócrono, las señales tributarias entrantes pueden traer velocidades diferentes, además, puede ser también que algunas vengan más adelantadas que otras (diferente fase). Si una señal viene ligeramente adelantada, se agregarán los bits de justificación para que espere a las otras señales y así el multiplexor pueda realizar bien su trabajo. También, se agregan bits para sincronía en cada nivel de multiplexación para indicar el inicio de la trama.
- ◆ En PDH no se tienen las facilidades de insertar o segregarse canales, si se desea hacer esto, por ejemplo el sacar una señal de 2Mbps de un flujo de 140 Mbps se tendrían que instalar todos los multiplexores para bajar la señal de cuarto a primer orden.
- ◆ La PDH fue diseñada básicamente para enlaces punto a punto y no está suficientemente adecuada para funcionar en red.
- ◆ Falta de capacidad de monitoreo en la carga útil.
- ◆ Las administraciones telefónicas se ven presionadas para dar a sus abonados más calidad de servicio y en este aspecto a la red PDH le falta mucha información para tener las facilidades de administración y supervisión de red necesarias.
- ◆ Por su forma de multiplexaje no proporciona un sistema de conexión cruzada económico.
- ◆ A nivel de línea del medio de transmisión, no hay compatibilidad entre sistemas de diferentes fabricantes.



---

### **1.1.3 CARACTERÍSTICAS DE UN SISTEMA SDH**

El sistema SDH tiene una serie de características que no poseen o serían inoperantes en los sistemas PDH.

El sistema SDH es sincrónico, esto quiere decir que todos los elementos de una red SDH utilizan como referencia solamente un reloj. La señal de reloj puede ser transmitida por una tributaria de 2048 Kbps, o por la misma señal SDH para las centrales a sincronizar.

La SDH puede ser introducida conectándose con las redes ya existentes, como son los sistemas PDH que tenemos actualmente y que se pueden conectar a los sistemas SDH en forma transparente.

Los sistemas SDH permiten el mezclar los sistemas PDH con norma europea Europea Telecommunications Standardization Institute (ETSI) o con norma americana American National Standards Institute (ANSI). De esta forma, en un mismo sistema podemos llevar ambas señales de sistemas PDH como lo es la señal con norma americana de 1.544 Mbps y la señal con norma europea de 2.048 Mbps.

La SDH tiene una normalización en la línea, es decir hacia el medio de transmisión, que permite el mezclar equipos de diferentes proveedores en los extremos del medio de transmisión.

Los sistemas SDH están preparados para transportar las ya existentes señales de sistemas PDH y las futuras señales de modo de transferencia asíncrono ATM, pero la tecnología está abierta para incluir otras aplicaciones tales como las de televisión de alta definición (HDTV) y las redes de área metropolitana (MAN).

---

Una señal SDH está compuesta de señales de más bajo nivel, es decir, señales de más bajas velocidades enclavadas como en los actuales sistemas PDH. Sin embargo, los sistemas SDH de más bajo nivel pueden ser fácilmente identificados de los sistemas de más alto nivel. Esto hace posible el segregar y agregar (add and drop) a partir de los canales de tráfico incrustados en los sistemas SDH en forma mucho más simple que en los sistemas PDH, lo cual también hace más versátiles y económicos estos sistemas.

En la señal misma del SDH están incrustados canales de datos para la operación y el mantenimiento de la red SDH y por tanto, están disponibles en los elementos de la red SDH.

La SDH permite el control centralizado de la red. Esto se logra a través de los canales de administración de la red dentro de la señal de la SDH y por medio de sus recomendaciones, el ajuste de los elementos de la red SDH.

#### **1.1.4 VENTAJAS DE LOS SISTEMAS SDH**

Realizando un análisis comparativo de las características tecnológicas del PDH y SDH, se pueden concluir las siguientes ventajas de la SDH respecto a la PDH.

- Es una tecnología más versátil y proporciona soluciones más económicas.
- Permite insertar y extraer canales sin demultiplexar toda la señal.
- Puede funcionar en configuraciones punto a punto y en red.
- Proporciona amplia información por monitoreo y da la facilidad de supervisión centralizada.
- Es compatible con otros sistemas y equipos (acepta la norma europea y americana y la operación entre diferentes proveedores).
- Acepta aplicaciones con tecnologías del futuro (ATA, HDTV, MAN, etc.)
- Su aplicación comprende el transporte de señales de voz, datos e imágenes.

---

### **1.1.5 RECOMENDACIONES PARA LA SDH**

Los sistemas de la Jerarquía Digital Síncrona SDH están definidos por un conjunto de recomendaciones del UIT-T, algunas de las cuales comentaremos a continuación los temas que tratan. Hay algunas otras recomendaciones que todavía se están discutiendo y serán publicadas conforme el proceso de normalización avance.

#### **Recomendaciones sobre la estructura básica y las señales eléctricas**

- **G.702** Velocidades binarias de la jerarquía digital.
- **G.703** Características físicas y eléctricas de las interfaces de la Jerarquía Digital Síncrona SDH.
- **G.707** Esta recomendación es una fusión de las recomendaciones G.707, G.708 Y G.709, esta establece los requisitos para las señales STM-N en la interfaz de nodo de red en una red digital síncrona, en términos de:
  - velocidades binarias
  - estructura de tramas
  - formatos para la multiplexación de elementos PDH y ATM

#### **Recomendaciones sobre sistemas ópticos**

- **G.957** Interfaces ópticas para equipos y sistemas basados en la Jerarquía Digital Síncrona SDH.
- **G.958** Sistemas de línea digital basados en la Jerarquía Digital Síncrona SDH para el uso de cables de fibra óptica.

#### **Recomendaciones para los elementos de red del SDH**

- **G.781** Trata sobre la estructura del equipo de multiplexación para la Jerarquía Digital Síncrona SDH.
  - **G.782** Tipos y características generales del equipo de multiplexación de la Jerarquía Digital Síncrona.
  - **G.783** Sobre las características de los bloques funcionales del equipo de multiplexación de la Jerarquía Digital Síncrona.
-

- 
- **G.784** Administración de la Jerarquía Digital Síncrona.

### **Recomendaciones sobre la red de administración de Telecomunicaciones (TMN)**

- **M.30** Principios para la administración de red de Telecomunicaciones (TMN).
- **G.773** Serie de protocolos para las interfaces Q (interfaces para equipo de supervisión) para la administración de sistemas de transmisión.

### **Recomendaciones regionales**

Las recomendaciones mencionadas anteriormente fueron realizadas por el UIT-T y son para uso mundial. Los comités para la normalización regional han definido subconjuntos o variaciones del sistema en sus respectivas regiones.

En Europa esto lo hace el ETSI y para Norteamérica lo realiza el ANSI.

## **1.2 ESTRUCTURA SDH**

### **1.2.1 ELEMENTOS BÁSICOS DE UN SISTEMA SDH**

Los elementos de la Red SDH están definidos en base a las normas UIT-T y proporcionan funciones de conmutación y multiplexaje. También informan del desempeño de alarmas y del modo de monitorear, para que las fallas puedan ser aisladas rápidamente.

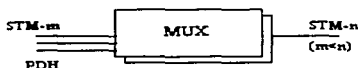
Los elementos de la Red son controlados por un administrador de Red de Telecomunicaciones, para la operación y mantenimiento de los elementos de Red y de la Red entera.

---

Para la Jerarquía Digital Síncrona podemos distinguir cuatro elementos de red que son:

- Multiplexores síncronos (MUX).
- Enrutador Digital (SDXC).
- Multiplexor para Agregar/Segregar (ADM).
- Regeneradores Síncronos (REG)

◆ **Multiplexores Síncronos:** Conocidos como MUX. Los multiplexores realizan la función de interfase de las señales PDH con las señales SDH y multiplexa las señales SDH de orden más bajo con las señales SDH de más alto orden. Un MUX forma parte de un SDXC (o enrutador digital Síncrono) y de un ADM (o multiplexor de agregar-segregar), en general, el Mux es el núcleo de la SDH, y dependiendo de cómo lo conectemos y equipemos, obtenemos distintas configuraciones.

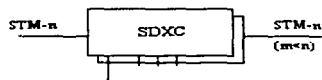


**Figura 1.2 Multiplexor Síncrono**

◆ **Enrutador Digital:** Conocido como Synchronous Digital Cross Connect ó Enrutador Digital Síncrono, el cual es un dispositivo que permite el conmutar las líneas de transmisión con diferentes velocidades.

También un SDXC es capaz de agregar o segregar señales de orden más bajo. Son conmutadores semipermanentes. Bajo control de software, los dispositivos interconectados pueden seleccionar y reenrutar uno o más canales de orden inferior de la señal de transmisión sin necesidad de demultiplexar.

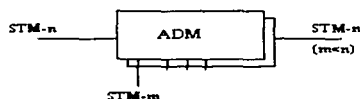
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 1.3 Enrutador Digital Sincrono**

- Multiplexor para Agregar o Segregar: Conocido como (ADM) o Add and Drop Multiplexer. El ADM permite agregar y segregar señales de orden más bajo, por ejemplo, señales de 2 Mbit/s.

Es el bloque de estructura básica del SDH para el acceso de redes síncronas. Por lo general ofrece interfaces STM-1 (la siguiente generación de ADMs ofrecerá STM-4).

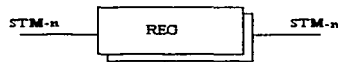


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 1.4 Multiplexor para Agregar-Segregar.**

- Un regenerador síncrono (REG) regenera la señal entrante de línea. Además de los regeneradores PDH los regeneradores síncronos también supervisan la calidad de la transmisión de la línea.

Para la transmisión SDH de más de 50 Km. Se necesitan regeneradores, con espacio dependiente de la tecnología de transmisión (longitud de onda en operación, recepción, etc.) Estos no son sólo simples regeneradores de señal sino que cuentan con informes de alarmas y monitoreo de desempeño.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 1.5 Regenerador Sincrono**

Todos los elementos de la red (NE) mencionados se pueden acceder por medio de una red de administración de Telecomunicaciones (TMN) para la operación y el mantenimiento de los elementos de red (NE) y de la red entera.

### 1.2.2 ARQUITECTURAS TÍPICAS DE LA RED

En las Redes de SDH se pueden encontrar diferentes tipos de arquitecturas, las cuales están en la forma de combinar los elementos de la red algunos de los modos en la forma de construir redes SDH son los siguientes:

- ◆ **Configuración Punto a Punto:** Los multiplexores síncronos se pueden usar efectivamente en aplicaciones punto a punto de alta capacidad, donde ya empiezan a ser competitivos en costo en comparación con soluciones PDH. En equipo SDH facilitará la entrada de nuevos servicios y la entrada de nuevos trayectos, conforme necesite evolucionar la red.



**Figura 1.6 Configuración Punto a Punto.**

◆ **Configuración Insertar/Extraer:** En esta configuración se usan los multiplexores para darnos conectividad a lo largo de la ruta. Los muxes están configurados para insertar o extraer canales en estos nodos.



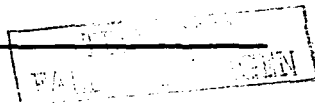
**Figura 1.9 Configuración Insertar/Segregar.**

◆ **Configuración Anillo:** Para áreas donde la red es de muy alta capacidad y se necesita una gran confiabilidad, los multiplexores síncronos se configuran como anillos de fibra "autorespaldados". Esta estructura de anillo puede reconfigurarse sin la gestión de red externa si ocurre una falla en el equipo o en el cable, manteniendo la continuidad del servicio.

Se han definido dos tipos principales de arquitectura de anillo.

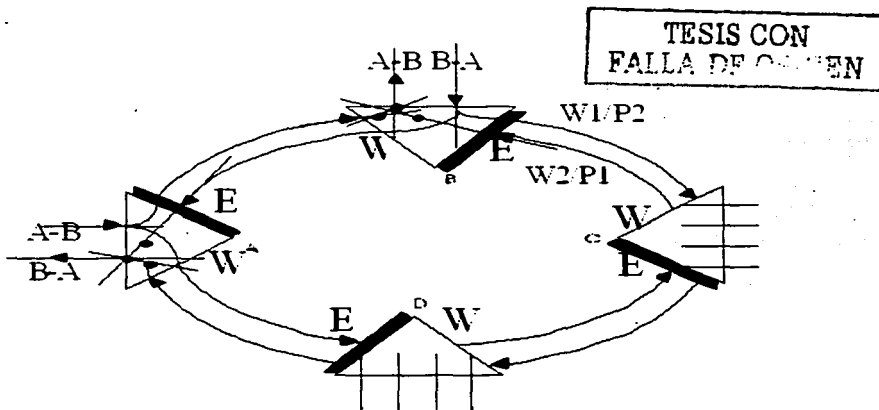
1. **Anillo Unidireccional.** El autorespaldo (self healing) es un proceso simple pues se reduce al hacer la selección en la recepción interna en el multiplexor de la mejor señal y no se tiene la necesidad de un administrador para la reconfiguración.

La siguiente figura ejemplifica en el nodo A un elemento de red protegido por el lado este (E), ya que si se degrada o no recibe la señal en el nodo A conmutara para que se reciba ahora por el este.





También observe que el nodo B, normalmente recibe por el oeste (W), pero si hay una degradación conmutará a la línea de recepción que llega por el este (E), por lo tanto se dice que se tiene una configuración a nivel agregado con protección este (E).



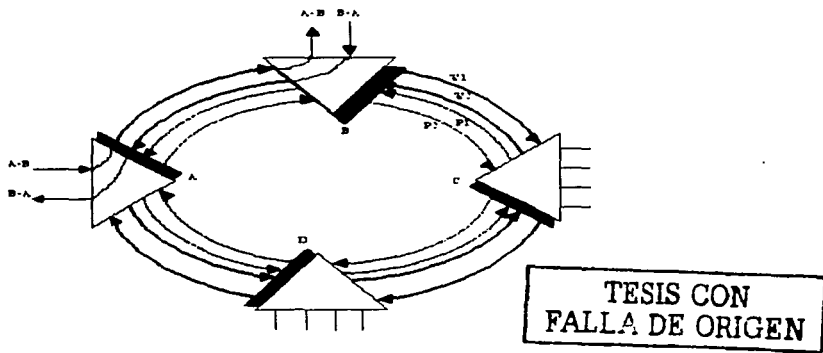
**Figura 1.7 Configuración de anillo unidireccional "autorespaldado".**

2. Anillo Conmutado compartido. Es Bidireccional y "comparte" la capacidad de protección que está reservada para todo el camino del anillo. En caso de una falla, los conmutadores de protección operan en ambos lados de la ruptura para enrutar el tráfico a través de la trayectoria sin daño. Para proteger todo el tráfico del anillo sólo es necesario el reservar suficiente capacidad de protección para la sección de trabajo más grande. A este se le conoce como Anillo de Protección Compartida SPRing (Shared Protección Ring).

Los dos sentidos de la misma señal se enrutan por el mismo enlace (enlace directo); la señal sólo pasa por el enlace que se le ha asignado ("control de enrutamiento")

El auto respaldo en caso de falla del enlace directo, se hace cambiando la señal al enlace complementario del anillo: físicamente ese proceso se realiza por relooping de los MUXes que enmarcan la falla.

La gestión de este anillo es más compleja pues requiere la visión total del anillo y de sus elementos de red. La capacidad total del anillo es superior a la capacidad nominal de su nivel SDH.



**Figura 1.8 Arquitectura del anillo Bidireccional**

---

◆ **Configuración Hub:** Cuando se usan interfaces de tributarias síncronas, una terminal se puede configurar como un repetidor o hub de fibra para usarlas en aplicaciones de red de multipunto. Esto elimina la necesidad de usar terminales de fibra espalda con espalda (back to back).



**Figura 1.10 Configuración Hub.**

### 1.2.3 DESPLIEGUE DEL SISTEMA SDH

Debido a que las redes de telecomunicaciones públicas están basadas en los antiguos estándares PDH de la UIT-T, se necesita una estrategia de evolución de la red PDH a SDH. En general, existen tres alternativas. Estos tres enfoques se caracterizan como:

- De arriba hacia abajo
- De abajo hacia arriba
- Paralelo

◆ **Despliegue de arriba hacia abajo:** Para los operadores de red y los PTOs que están introduciendo la digitalización en el núcleo de su red o que desean soportar nuevos servicios en la capa superior, tales como la interconexión de MAN, el método de arriba hacia abajo resulta apropiado.

La introducción de SDH en esta estrategia comienza con el nivel central en un puñado de nodos conectados por sistemas SDH STM-4 ó STM-16.



---

La interconexión a la red PDH existentes es mediante una compuerta (gateway), por lo general en interconexiones. El siguiente paso es convertir las capas inferiores a SDH dando amplias ventajas a rutas selectivas.

- ◆ Despliegue de abajo hacia arriba: Este método de abajo hacia arriba instala SDH en niveles inferiores en la red para proporcionar islas de SDH a usuarios seleccionados (comunidades de negocios, financieras y centros de comercio).

Los PTOs que adoptan este enfoque normalmente se comprometerán a instalar SDH en los niveles superiores de red en el futuro. Cuando esto sucede, las islas de SDH se interconectan.

Los beneficios de este método son las mejoras en la calidad del servicio de acceso, pero la desventaja es que la funcionalidad de SDH no puede obtenerse a nivel nacional.

- ◆ Despliegue Paralelo: En este método, SDH se instala en paralelo a la red existente PDH (red sobrepuesta). El beneficio de tal estrategia es que los nuevos servicios seleccionados (como una videoconferencia e interconexión LAN/LAN) puede implementarse y aprovechar todas las funciones SDH inmediatamente, proporcionando mejoras en la calidad.

Esta estrategia es popular dentro de los PTOs con un rápido crecimiento de tráfico y quien desea añadir funcionalidad SDH para mejorar los servicios inmediatamente.

---

## CAPITULO II

### TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN EN SDH

#### 2.1 ELEMENTOS DE LA TRAMA SDH

##### 2.1.1 ESTRUCTURA DEL MODULO DE TRANSPORTE SINCRONO (STM-1)

La misma estructura y longitud de trama ( 125 Microsegundos) es utilizada para cada nivel jerárquico SDH. En la siguiente figura se muestra la trama STM-n con las áreas para los encabezados de las diferentes capas.

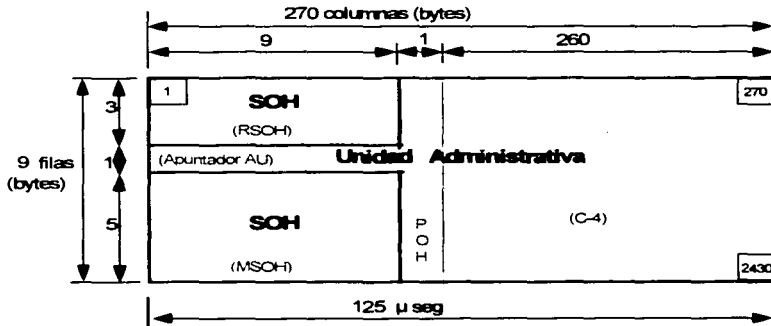


Figura 2.1 Estructura de la trama de STM-n

TESIS CON  
FALLA DE CALIFICACIÓN

---

Para el caso de STM-1 se tiene 9 renglones y 270 columnas, lo que resulta en total  $9 \times 270 = 2,430$  bytes. Si se considera el intervalo de 125  $\mu$ s., resulta una tasa de bits de 155.520 Mbps.

Los encabezados en el multiplexaje síncrono se dividen en encabezados de trayectoria POH (Path Overhead) y en encabezados de sección SOH (Section Overhead).

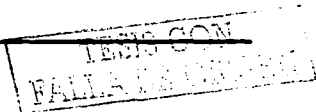
SOH se divide a su vez en Encabezados de Sección de Regenerador RSOH (Regenerator Section Overhead) y en Encabezados de Sección de Multiplexor MSOH (Multiplexor Section Overhead). En el capítulo 4 estudiaremos con más detalle estos encabezados.

SOH se introduce en la última etapa de la construcción del STM-n y POH cada vez que se construye un contenedor virtual VC (Virtual Container). El VC lo describiremos más adelante.

El SOH se obtiene en la sección del regenerador o la sección del multiplexor, para funciones de mantenimiento, indicación de desempeño y otras funciones operacionales. El POH se puede categorizar en POH de alto orden y POH de bajo orden; en ambos casos se utiliza para la comunicación de extremo a extremo entre el punto de ensamble de un contenedor virtual VC y el punto de desensamble. Posteriormente se analizarán con detalle los encabezados y los apuntadores (PTR) para los diferentes casos.

Los encabezados de sección y de trayectoria para la trama STM-1 se muestran en la figura 2.1 Como se puede apreciar, para SOH se tiene 72 bytes y 9 para POH. Entre RSOH y MSOH se tiene 9 bytes para el apuntador de la unidad administrativa AU (Administrative Unit) cuya función se explicara más adelante.

La trama STM-n, como se puede observar, ocupa un total de 9 filas x 270 columnas x n a cubrirse en 125  $\mu$ seg., lo que resulta una tasa de bits de  $n \times 155.520$  Mbps. De las 270xn columnas, 9xn se dedican a SOH y las 261xn restantes se asignan para la carga útil de STM-n.



---

Para el caso de STM-1 una señal VC-4 o tres señales VC-3 junto con un encabezado fijo FOH (Fixed Overhead) se mapean en el espacio de la carga útil de STM-1.

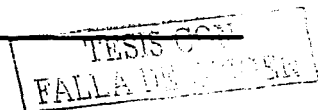
### **2.1.2 ESTRUCTURA DE MULTIPLEXAJE**

La estructura para el multiplexaje síncrono trabaja considerando cada tributaria digital sobre la misma base para construir una señal STM-n.

Los elementos del multiplexaje síncrono son:

- Contenedor C-n
  - Contenedor Virtual VC-n
  - Unidad Tributaria TU-n
  - Grupo de Unidades Tributarias TUG-n
  - Unidad Administrativa AU-n
  - Grupo de Unidades Administrativas AUG-n
  - Módulo de Transporte Síncrono STM-n
- ◆ Contenedor C-n;  $n = 1$  a  $4$

El contenedor C-n (Container),  $n = 1,2,3,4$ , es la unidad más elemental de la estructura del multiplexaje síncrono en el sentido de que todas las tributarias PDH tanto del sistema americano como del sistema europeo tienen que ser mapeadas en el respectivo contenedor antes de que se proceda con el proceso de multiplexaje síncrono y se convierta como una parte de la señal STM-n.



---

El contenedor es la estructura que forma la carga útil de información, es la "caja o recipiente" en el cual se colocan las señales de información de entrada. Para diferentes contenedores, se dan reglas para el mapeo o adaptación de las distintas velocidades de los flujos de entrada hacia la estructura SDH.

En particular los contenedores dan una justificación para las señales PDH (similar a lo que se ha implementado en SDH). La justificación compensa las desviaciones en frecuencia entre la señal PDH entrante y el sistema SDH.

El dígito  $n$  define el nivel del contenedor y se refiere al nivel de la velocidad de PDH que se acomoda en el contenedor. El nivel más bajo se subdivide en dos, el C-11 para el primer orden americano de 1544 Kbps y el C-12 para el primer orden europeo de 2048 kbps.

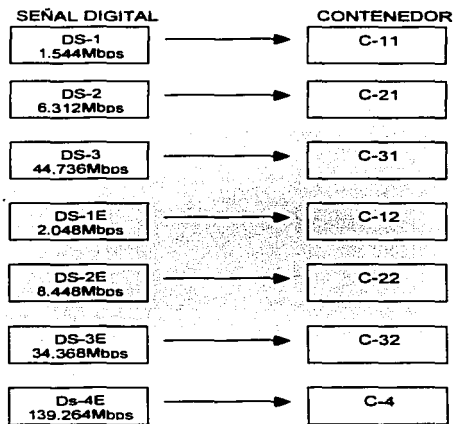
Un contenedor también proporcionará la capacidad necesaria para transportar señales de banda ancha a utilizarse en el futuro, además de las señales basadas en "celulas" o "celdas" como son las de ATM.

Los contenedores están categorizados en las clases C-1, C-2, C-3 y C-4 en donde el número indica el nivel digital jerárquico entre los contenedores que vienen de tributarias del sistema americano de los contenedores con tributarias del sistema europeo, se utilizan dos dígitos en lugar de uno en el cual el dígito de las unidades, si es 1, indica que proviene del sistema americano y si es 2 indica que procede del sistema europeo, por ejemplo C-11 indica que procede de la tributaria DS-1 y C-12 indica que procede de la tributaria DS-1E, etc.

Inicialmente se consideraron contenedores para todas las tributarias según se muestra en la figura 2.2.

Pero posteriormente se simplificó y se llegó al arreglo mostrado en la figura 2.3. Como se puede apreciar, en este nuevo arreglo se cancelaron C-22 y C-32. La tributaria DS-2E se multiplexa a DS-3E y ésta se mapea en C-3 igual que DS-3.





TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Figura 2.2 Estructura inicial de DS-n y C-n.**

Existen cinco tipos de Contenedores con las siguientes capacidades:

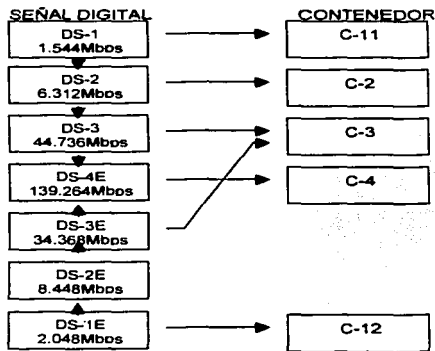
C-11 = 1,600 Kbps ( para el transporte de señales PDH de 1,544 Kbps).

C-12 = 2,167 Kbps ( para señales PDH de 2,048 Kbps).

C-2 = 6,784 Kbps ( para señales PDH de 6,132 Kbps).

C-3 = 48,384 Kbps ( para señales PDH de 44,736 Kbps).

C-4 = 149,760 Kbps ( para señales PDH de 139,264).



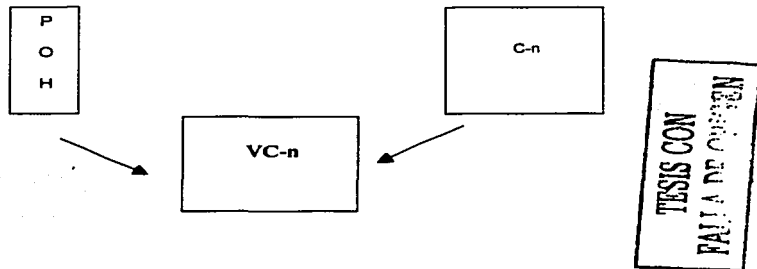
TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**FIGURA 2.3 Estructura actual de DS-n y C-n.**

- ◆ Contenedor Virtual VC-n; n = 1 a 4

Un Contenedor Virtual es la estructura de información usada para soportar o permitir conexiones de nivel de Ruta en SDH, y se compone de la carga de información misma (o sea el Contenedor) y los campos de Información de Ruta o POH (Path Overhead) como se observa en al figura 2.4.

La función del contenedor virtual ( virtual container) es la de soportar las conexiones entre las capas de sección en la transmisión síncrona. El contenedor virtual consiste de la carga útil que es la que lleva los datos o información útil a transmitir y de un encabezado de trayectoria POH. Como ya se vio, la carga útil corresponde al contenedor y la trama completa del contenedor virtual VC se repite cada 125  $\mu$ s. O cada 500  $\mu$ s.

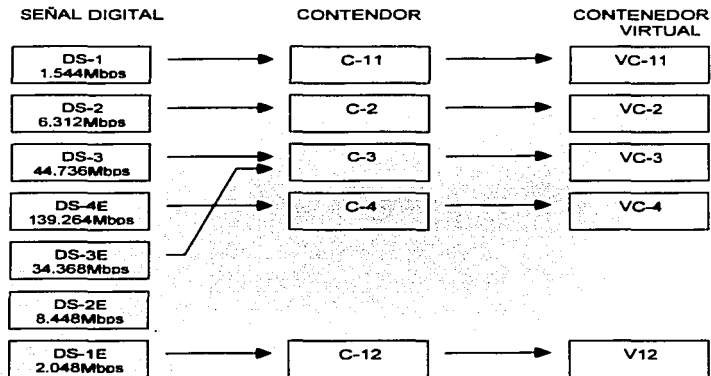


**Figura 2.4 Estructura de un Contenedor Virtual.**

Las cuatro clases de contenedores virtuales VC-1, VC-2, VC-3 y VC-4 corresponden a los contenedores C-1, C-2, C-3 y C-4 respectivamente. De la misma manera que se distinguen los contenedores C del sistema americano a los del sistema europeo se hace con los contenedores virtuales VC. Se utilizan dos dígitos para distinguirlos.

A VC-1 y VC-2 se les llama " contenedores virtuales de bajo orden" y a VC-3 y VC-4 se les llama "contenedores virtuales de alto orden". Al encabezado POH de los contenedores virtuales de bajo orden se les conoce como V5 y a los de alto orden se les llama VC-3 POH ó VC-4 POH.

De las misma manera que los contenedores C-n, para los contenedores virtuales VC-n en la nueva versión se cancelaron los contenedores virtuales VC-22 y VC-32 de la versión original. En la figura 2.5 se muestran estos arreglos.



TESIS CON  
 FALTA DE ORIGEN

**Figura 2.5 Estructura actual de DS-n, C-n y VC-n.**

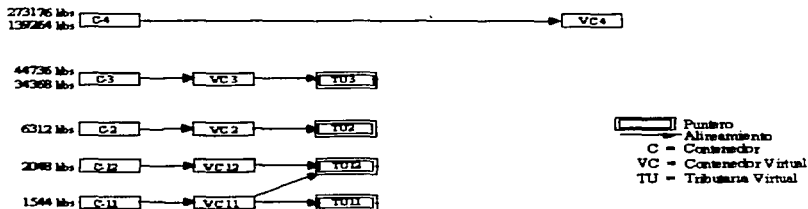
◆ Unidad Tributaria TU-n

En las unidades tributarias se agregan apuntadores a los contenedores virtuales. Un apuntador permite al sistema SDH el compensar las diferencias de fase o frecuencia dentro de la red SDH y también localizar el inicio del contenedor virtual. El dígito n se refiere al nivel del contenedor virtual que corresponde directamente con la unidad tributaria.

La unidad tributaria TU ( Tributary Unit) se diseñó para proporcionar la adaptabilidad entre las capas de trayectorias de alto orden y de bajo orden. De hecho, los contenedores virtuales de bajo orden se pueden mapear en contenedores virtuales de alto orden a través de un TU o un TUG.

El TU se genera asociando un contenedor virtual de bajo orden con un apuntador llamado TU PTR. Aquí el apuntador se utiliza para indicar el grado de desviación del contenedor virtual de bajo orden relativa a la posición de arranque de la trama del contenedor virtual de alto orden.

Las unidades tributarias TU se organizan en TU-1, TU-2 y TU-3. TU-1 se divide en TU-11 y TU-12 dependiendo del tipo de contenedor virtual que contenga.



**Figura 2.6 Estructura de una Unidad Tributaria TU.**

En la unidad tributaria TU-n, como ya se mencionó, el apuntador TU-PTR indica la alineación de fase del contenedor virtual VC-n con respecto al encabezado de trayectoria de los contenedores virtuales del nivel superior siguiente al que pertenece éste. La ubicación del apuntador de la unidad tributaria es fija con respecto al encabezado de la trayectoria de este nivel superior.

---

SDH proporciona un rango de diferentes tamaños de TU.

- A) TU-11 Cada trama TU-11 consiste de 27 bytes, estructurados en 3 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 1.728 Mbps y acomodarán el mapeo de una señal de 1.544 Mbps. Pueden multiplexarse 84 TU-11 en el VC-4 STM-1.
  
- B) Tu-12 Cada trama TU-12 consiste de 36 bytes, estructurados en 4 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionarán una capacidad de transporte de 2.304 Mbps y acomodarán el mapeo de una señal de 2.048 Mbps. Se pueden multiplexar 63 TU-12 en el VC-4 STM-1.
  
- C) TU-2 Cada trama TU-2 consiste de 108 bytes, estructurados en 12 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 6.912 Mbps y acomodarán el mapeo de una señal de 6.312 Mbps. Pueden multiplexarse 21 TU-2 en el VC-4 STM-1
  
- D) TU-3 Cada trama TU-3 consiste de 774 bytes, estructurados en 86 columnas de 9 bytes. A una tasa de trama de 8000 Hz, estos bytes proporcionan una capacidad de transporte de 49.54 Mbps y acomodarán el mapeo de una señal de 34 Mbps o una señal de 44.736 Mbps. Pueden multiplexarse 3 TU-3 en el VC-4 STM-1.

- ◆ Grupos de Unidades Tributarias TUG-n

Un grupo de unidades tributarias agrupa a varias unidades tributarias ( TU-n) que se multiplexan juntas. El dígito n se refiere al nivel de Unidad Tributaria que corresponde directamente con el grupo de Unidad(s) Tributaria(s), como en el caso donde no se requiere multiplexación ( TU-3 y TUG-3).

El papel del grupo de unidades tributarias TUG (Tributary Unit Group) es el de juntar una o más unidades tributarias TU y colocarlas sobre una posición fija en el espacio de carga útil en un contenedor de orden superior. No hay necesidad de agregar ningún encabezado si el grupo de unidades tributarias TUG se forma directamente desde las unidades tributarias TU.

Existen dos clases de TUG: TUG-2 y TUG-3. TUG-2 se forma ensamblando un grupo homogéneo de cuatro TU-1 o tres TU-12 o por mapeo directo de un simple TU-2. Este TUG se puede multiplexar en VC-3 O VC-4. De esta manera, TUG-3 se puede formar ensamblando un grupo homogéneo de siete TU-2 o por mapeo directo de un TU-3.

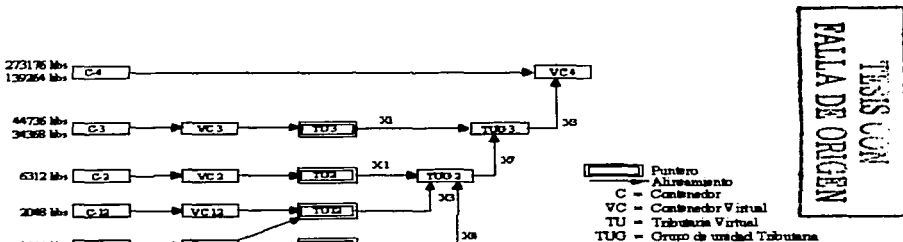


Figura 2.6 Grupo de Unidades Tributarias TUG.

La unidad tributaria TU-2 es equivalente al grupo de unidades tributarias TUG-2 dado que las dos manejan la misma tasa de bits, de la misma manera TU-3 se considera equivalente a TUG-3. Además VC-3 se puede multiplexar en VC-4 vía TU-3 o en AU directamente a través de AU-3.





---

Quando un VC se mapea en un STM-1 sin pasar a través de otros VC, entonces la unidad tributaria se convierte en una unidad administrativa.

Si el contendor virtual VC-4 se le agrega un apuntador PTR entonces se tendrá una unidad administrativa AU-4. Ver figura 2.6

- ◆ Grupo de Unidades Administrativas AUG

Un grupo de unidades administrativas agrupa a varias unidades administrativas que van juntas para formar un sistema SDH de primer orden. En la multiplexación, de acuerdo con la estructura el AUG es idéntico a la única Unidad Administrativa que se define.

- ◆ Modulo de Transporte Síncrono STM-n

En el modulo de transporte síncrono (Synchronous Transport Module) se agregan las facilidades para la supervisión y el mantenimiento ( sección de encabezado SOH) de las secciones de multiplexor y de regeneradores a un número de grupos de unidades administrativas.

El Dígito n define el orden del módulo de transporte síncrono. En la estructura de multiplexación, n también es el número de AUGs o STM-1s que son transportados en el módulo.

El modulo de transporte síncrono STM-n es el producto final de la estructura del multiplexaje síncrono y es la señal que de hecho se transmite sobre la red de transmisión síncrona. En la figura 2.7 se muestran todas las etapas del multiplexaje síncrono, desde el momento en que se forma el contendor directamente desde las tributarias.

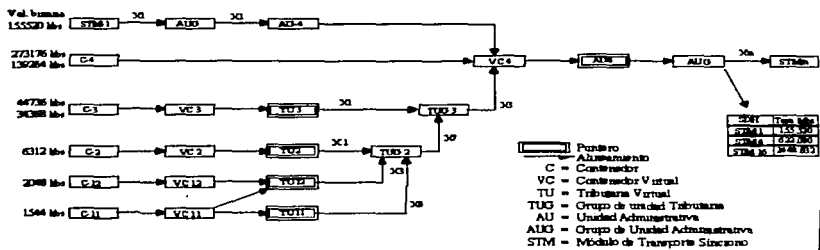


Figura 2.7 Estructura del multiplexaje sincrónico

### 2.1.3 ELEMENTOS DE MULTIPLEXAJE SINCRONO

Existen varios elementos en el procesamiento de multiplexaje sincrónico, éstos son:

- Mapeo
- Alineación
- Procesamiento del Apuntador
- Multiplexaje
- Concatenación

• **Mapeo:** el mapeo es la transformación adecuada de las señales tributarias en los correspondientes contenedores C o en contenedores virtuales VC. Dado que las tributarias son enviadas desde cualquier ambiente asíncrono, entonces se requiere de la justificación P/Z/N antes de que estas señales puedan ser mapeadas en los contenedores sincrónicos o en los contenedores virtuales.

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

---

◆ **Alineación:** la alineación se refiere al proceso de cargar un VC sobre un TU o un AU de acuerdo a la información de desviación de trama. Aquí la desviación de trama se debe a la discrepancia entre el VC y el correspondiente TU o AU. El contenedor virtual VC se alinea sobre la base de 1 dB o 3 dB, y el estado de alineación se indica por medio del apuntador de TU o AU.

◆ **Procesamiento del Apuntador:** el procesamiento del apuntador se utiliza cuando ocurre la desviación de trama debido a las diferencias de las frecuencias de reloj entre un VC y el correspondiente TU o AU. El procesamiento del apuntador incluye la indicación de la posición de inicio (y su información de alteración) del contenedor virtual VC sobre el espacio de carga útil del TU o del AU y la información asociada de la justificación P/Z/N.

◆ **Multiplexaje:** es el proceso por el cual diversas señales de la capa de trayectoria de bajo orden se adoptan dentro de una señal de la capa de trayectoria de alto orden o es la transformación apropiada dentro de diversas señales de la capa de trayectoria de alto orden en una señal de multiplexaje sincrónico o de multiplexaje asíncrono.

La definición anterior es en el sentido estricto, sin embargo en un sentido amplio, el multiplexaje abarca el mapeo, la alineación, el proceso del apuntador y la concatenación.

En la figura 2.7 se muestran las características del proceso de multiplexaje tales como la adaptación de los TUs a través de un TUG de tal manera que ellos puedan encajar sobre un contenedor virtual VC de alto orden o la adaptación de los AUs a través de un AUG para que puedan ser cargados en STM-n.

Cuando el TU se multiplexa en TUG o el AU en AUG no se requiere un encabezado adicional mientras que cuando un TUG se multiplexa a un contenedor virtual VC de alto orden se le tiene que anexar un POH de la misma manera como se hace cuando se mapea un contenedor C sobre el contenedor virtual VC. Al multiplexar AUG en STM- N se le agrega SOH.

◆ Concatenación: la función de concatenación se realiza cuando se acomodan varios VC reduciendo la carga total a la capacidad de un simple VC y manteniendo la integridad de la secuencia de 3 bits. Por ejemplo, si hay una carga que necesita de un número  $x$  de contenedores, éstos se mapean en  $x$  contenedores virtuales para ser transmitidos, pero dada la dificultad de preservar la secuencia correcta de bits, los  $x$  VC se concatenan para formar un nuevo contenedor virtual VC-2- $x$  y así ser transmitido. Es equivalente a la formación de un VC-4- $x$  concatenando  $x$  VC-4. TU-2- $x$  y AU2- $x$  se forman de manera similar. La indicación  $x$  señala que  $x$  elementos se han concatenado.

## 2.2 MULTIPLEXION DE BAJO Y ALTO ORDEN

El multiplexaje síncrono de las señales digitales se puede categorizar en bien dos definidas estructuras, una es la de multiplexaje de señales digitales de bajo orden que incluye a las señales DS-1, DS-1E y DS-2, y la otra es el multiplexaje de señales digitales de alto orden para las señales DS-3E, DS-3 y DS-4E. Como se puede observar en la figura 2.9 la señal DS-2E se multiplexa a la señal digital DS-3E.

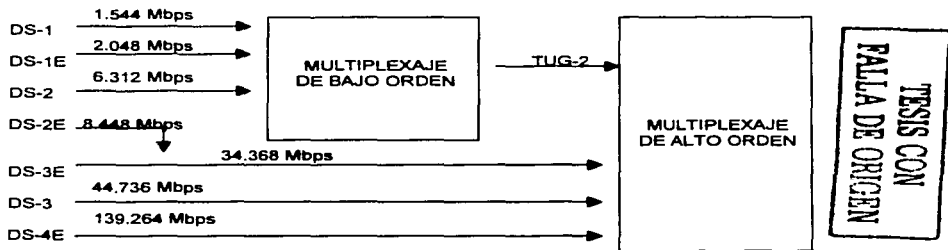
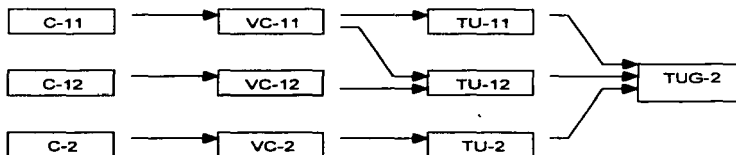


Figura 2.8 Sistema de multiplexaje síncrono.

---

## 2.2.1 MULTIPLEXAJE DE BAJO ORDEN

El multiplexaje de bajo orden involucra la transformación de las tributarias de bajo nivel DS-1, DS-1E y DS-2 en TUG-2 después de hacerlas pasar por varios pasos de mapeo y multiplexaje vía los correspondientes contenedores VCs y TU's. Note que la señal DS-2E no forma parte del multiplexaje de bajo orden debido a que se multiplexa hacia DS-3E y para después mapearse en C-3. En la figura 2.9 se resalta la estructura para multiplexaje de bajo orden.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 2.9 Multiplexaje síncrono de bajo orden.**

Como se puede observar en la figura la señal DS-1 se mapea dentro de C-11 y VC-11 y de ahí se multiplexa a TUG2 ya sea vía TU-11 o TU-12. TUG-2 marca el final de la etapa del multiplexaje de bajo orden.

TUG-2 está al mismo nivel de C-3 y C-4 y pasa a formar del multiplexaje de alto orden.

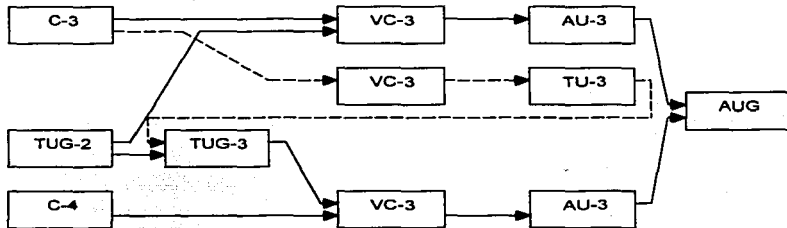
## 2.2.2 MULTIPLEXAJE DE ALTO ORDEN

El multiplexaje de alto orden incluye el multiplexaje de tributarias de alto nivel dentro de AUG y el STM-n vía C-3 o C-4 y subsecuentemente vía AU-3 o AU-4.

---

Las señales asociadas incluyen como ya se menciono, a las tributarias DS-3, DS-3E, DS-4 y TUG-2. Como se puede apreciar en la figura 3.11 tanto DS-3 como DS-3E se mapean en C-3 y de ahí a VC-3.

El contenedor virtual VC-3 se puede alinear directamente dentro de AU-3 o se puede multiplexar a VC-4 vía la unidad tributaria TU-3 y de ahí alinearse dentro de AU-4. En la figura 2.10 se detalla el multiplexaje de alto orden.



**Figura 2.10 Multiplexaje de alto orden.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

---

## CAPITULO III

### MULTIPLEXACIÓN Y MAPEO

#### 3.1 PROCEDIMIENTOS DE MULTIPLEXAJE

##### 3.1.1 FORMACION DE UN STM-1 A PARTIR DE 2 Mb/s.

- Formar un TU-12 a partir de C-12.
- Contenedor (Mapeo). La justificación de 2.048 Mb/s se coloca en el contenedor C-12, en donde se agregan bytes para relleno fijo o justificación, teniendo ahora un Contenedor de nivel 12, C-12. Formada por una multitrama de 139 bytes en 500 $\mu$ s.

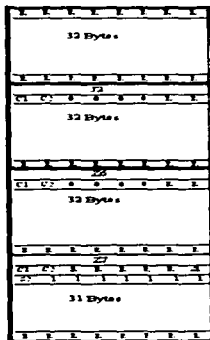
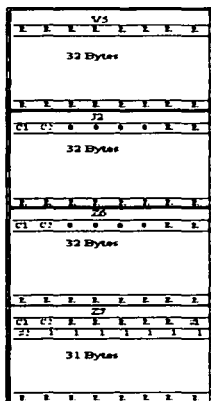


Figura 3.1 Contenedor Nivel 12.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Contenedor Virtual. Se le agrega el encabezado de trayectoria de bajo orden, V5, (tenemos ahora una multitrama de 140 bytes en 500µs) que es una etiqueta que esta al inicio del VC-12. De esta etiqueta o encabezado se hablara en el capítulo siguiente.

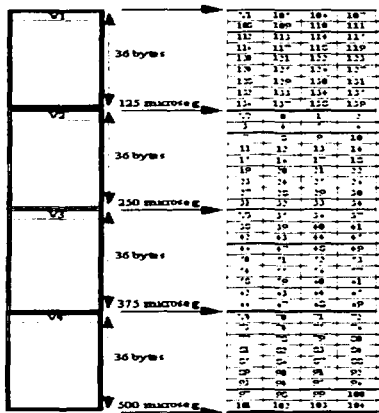


**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

**Figura 3.2 Contenedor Virtual Nivel 12.**

- Unidad Tributaria. Se agregan los apuntadores, cuatro bytes V1 A V4 cuya función principal es la de señalar la posición de inicio del VC-12, (se explicara más a detalle en el siguiente capítulo) para tener ahora una multitrama de 144 bytes en 500µs ó cuatro tramas, diferentes entre si, de 36 bytes, representados gráficamente en una matriz de 4 columnas de bytes por 9 filas o renglones.





TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 3.3 Unidad Tributaria Nivel 12

Velocidades:

Para un C-12 tenemos 139 bytes en 500µs, ó sea 1112 bits (139 bytes x 8 bits/byte) en 500µs (1/500µs = 2000 veces por segundo).  
 1112 bits x 2000 veces/seg = 2.224 Mbps. Un C-12 a 2.224 Mbps.

Para un VC-12 tenemos 140 bytes en 500µs, ó sea 1120 bits (140 bytes x 8 bits/byte) en 500µs (1/500µs = 2000 veces por segundo).  
 1120 bits x 2000 veces/seg = 2.240 Mbps. Un VC-12 a 2.240 Mbps.

Para un TU-12 tenemos 114 bytes en 500µs, ó sea 1152 bits (114 bytes x 8 bits/byte) en 500µs (1/500µs = 2000 veces por segundo).  
 1152 bits x 2000 veces/seg = 2.304 Mbps. Un TU-12 a 2.304 Mbps



- Grupos de Unidades Tributarias de nivel 3. Este se logra en dos partes: La primera es multiplexar 7 TUG-2 y llegar a 84 columnas de 9 renglones. La segunda, se agregan 2 columnas de 9 renglones, 18 bytes, de los cuales los primeros 3 tienen una función de Indicador de Puntero Nulo, NPI, (esto se explicara en el siguiente capítulo), el resto son 15 bytes que son de relleno fijo. Al final tenemos un total de 86 columnas de 9 renglones.

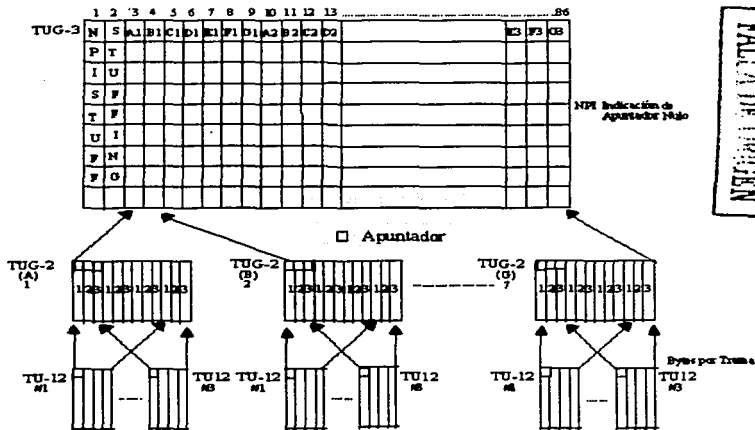


Figura 3.5 Formación de un TUG-3 a partir de TU-12.

- Formar un STM-1 a partir de 3 TUG-3's.
- Contenedor Virtual de nivel 4. También se forma en dos etapas. La primera es multiplexar 3 TUG-3 y lograr 258 columnas de 9 renglones. La segunda, se agregan 3 columnas de 9 renglones. La primera columna son los encabezados de trayectoria de alto orden POH. Las dos columnas restantes son 18 bytes, que contienen relleno fijo. Así tenemos un total de 261 columnas de 9 renglones. (2349 bytes cada 125  $\mu$ s).
- Unidad Administrativa de nivel 4. Esta unidad se obtiene agregando los apuntadores de AU-4, que son 9 bytes, un renglón de 9 columnas.
- Grupos de Unidades Administrativas. Para formar un STM-1, un AU-4 es igual a un AUG.
- Módulo de Transporte Síncrono de nivel 1. En esta etapa se agregan los encabezados de sección SOH. Formado por el encabezado de sección multiplexora, MSOH y el encabezado de sección regeneradora RSOH.

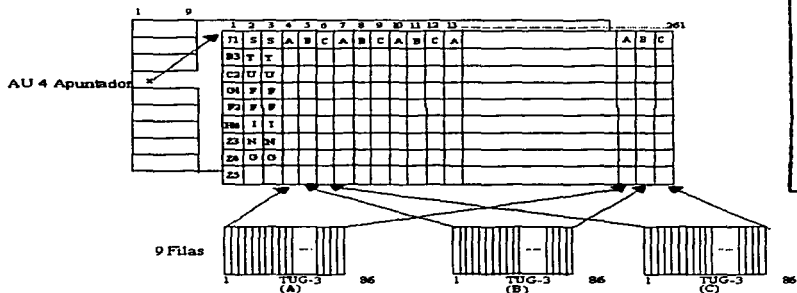
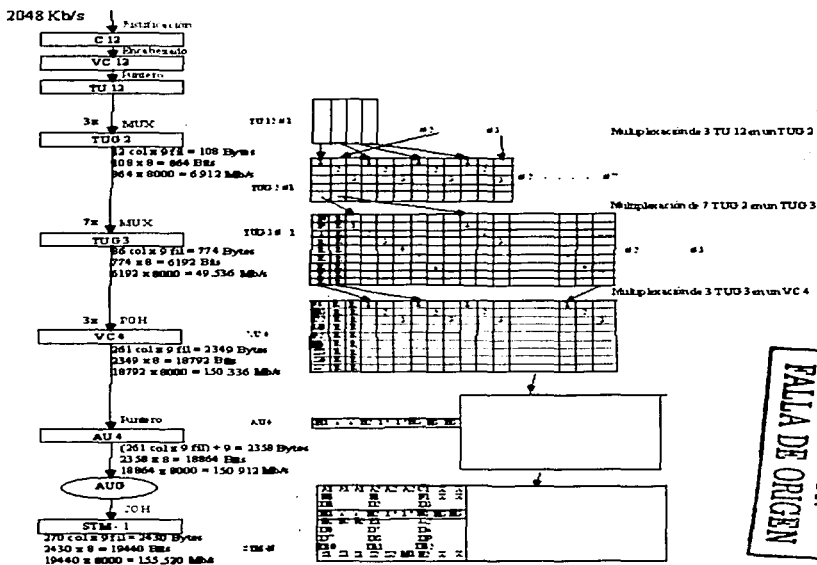


Figura 3.6 Formación de un STM-1 a partir de TUG-3.



En la figura 3.8 se presenta completo el proceso de la formación del STM-1 a partir de 2 Mbps.

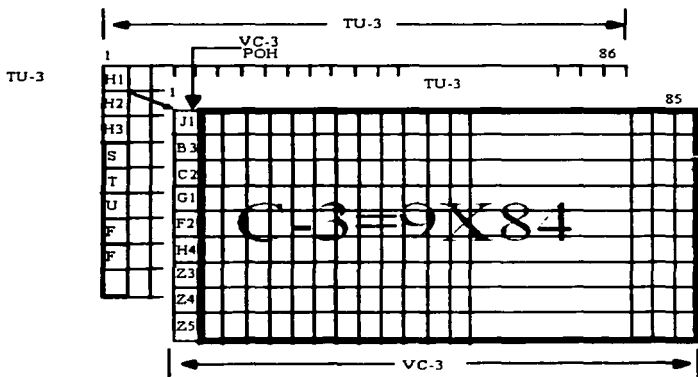


TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 3.8 Formación de un STM-1 a partir de 2048 Kbps.



- Contenedor Virtual. Se le agrega el encabezado de trayectoria de bajo orden, J1, B3, C2, G1, F2, H4, Z3, Z4 y z5, (tenemos una trama de 765 bytes en 125µs, 84 columnas de bytes por 9 filas o renglones) que es una etiqueta que se encuentra al inicio de VC-3. De esta etiqueta o encabezado se hablara en el siguiente capítulo.
- Unidad Tributaria. Se agregan los apuntadores, tres bytes H1 a H3 cuya función principal es la de señalar la posición de inicio del VC-3, (se explicara más a detalle en el siguiente capítulo) para tener ahora una trama de 774 bytes en 125µs, de 86 columnas de bytes por 9 filas o renglones.

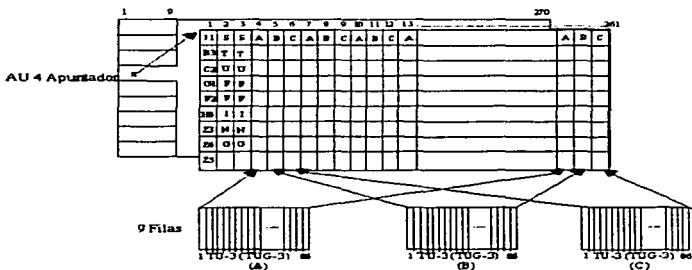


TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

**Figura 3.10 Formación de una Unidad Tributaria TU-3 a partir de un Contenedor C-3.**



- Formar STM-1 a partir de TU-3.
- Grupo de Unidades Tributarias de nivel 3. Cuando se trabaja a 34 Mbps el TU-3 es igual al TUG-3, es decir no ocurren cambios en este proceso.
- Contenedor Virtual de nivel 4. Se forma en dos etapas. La primera es multiplexar 3 TUG-3 y lograr 258 columnas de 9 renglones. La segunda se agregan 3 columnas de 9 renglones. La primera son los encabezados de trayectoria de alto orden POH, las dos columnas restantes son 18 bytes, que contienen relleno fijo. Así tenemos un total de 261 columnas de 9 renglones. (2349 bytes cada 125µs).
- Unidad Administrativa de nivel 4. Esta unidad se obtiene agregando los apuntadores de AU-4, que son 9 bytes, un renglón de 9 columnas.
- Grupos de Unidades Administrativas. Para formar un STM-1, un AU-4 es igual a un AUG.
- Modulo de Transporte Síncrono de nivel 1. En esta etapa se agregan los encabezados de sección SOH.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

**Figura 3.11 Formación de una Unidad Tributaria TU-3 a partir de un Contenedor C-3.**

En la figura 3.12 se presenta completo el proceso de la formación del STM-1 a partir de 34 Mb/s.

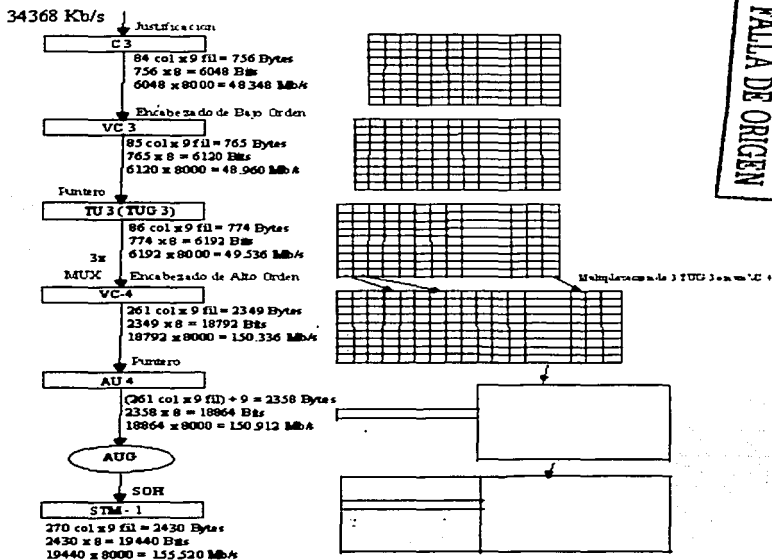
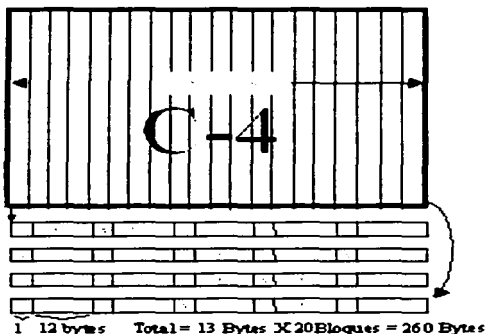


Figura 3.12 Formación de un STM-1 a partir de 34368 Kb/s.

### 3.1.4 MAPEO DE SEÑALES DE 140 Mb/s

Las reglas de mapeo de una señal PDH de 140 Mbps se mapea como se muestra en la figura 3.13.

El contenedor C-4 es un bloque de bytes de 9 x 260. Cada fila se divide en 20 grupos de 13 bytes. Doce de estos bytes llevan la información de la señal de 140 Mbps. El treceavo byte se usa para diferentes propósitos.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

W = iiiiii  
X = CRRRRRO  
Y = RRRRRR  
Z = iiiiiS  
i = Bt de información  
R = Bt de relleno arreglado  
O = Esp para vía óptica  
S = Bt para oportunidad de justificación  
C = Bt de control de justificación

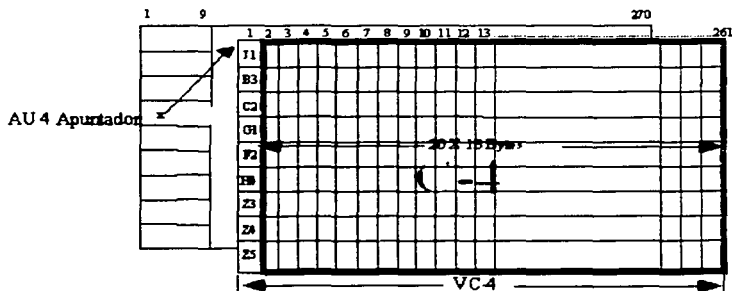
Rango de justificación:  
De 139248 a 139320 Mb/s

Figura 3.13 Mapeo de 140 Mb/s.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

### 3.1.5 FORMACION DE UN STM-1 A PARTIR DE 140 Mb/s

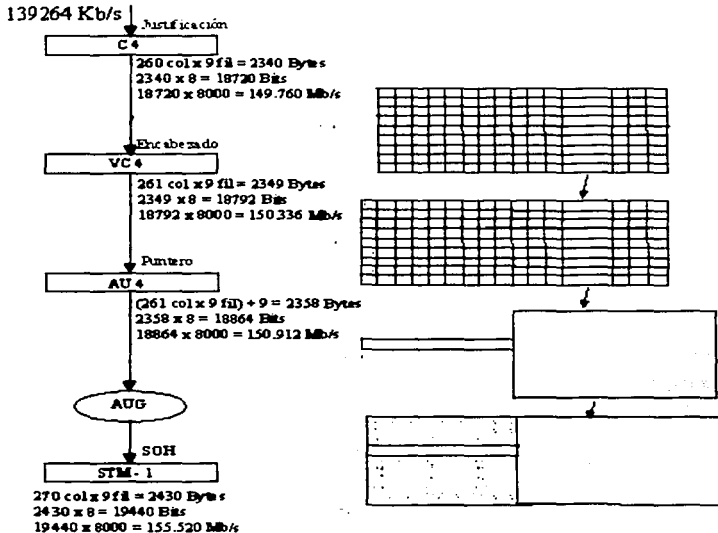
- Formación de un STM-1 a partir de un C-4.
  - Contenedor Virtual de nivel 4. Si al C-4 le agregamos los encabezados o POH que son 9 bytes, conformados por una columna de byte por 9 renglones, obtenemos un VC-4. El VC-4 consiste de 261 columnas, cada una con 9 bytes. (2349 bytes cada 125 $\mu$ s).
  - Unidad Administrativa de nivel 4. Esta unidad se obtiene agregando los apuntadores de AU-4, que son 9 bytes, un renglón de 9 columnas.
  - Grupos de Unidades Administrativas. Para formar un STM-1, un AU-4 es igual a un AUG.
  - Módulo de Transporte Sincrono de nivel 1. En esta etapa se agregan los encabezados de sección SOH.



TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.14 Formación de un STM-1 a partir de un contenedor C-4.

En la figura 3.15 se presenta completo el proceso de la formación del STM-1 a partir de 140 Mb/s.



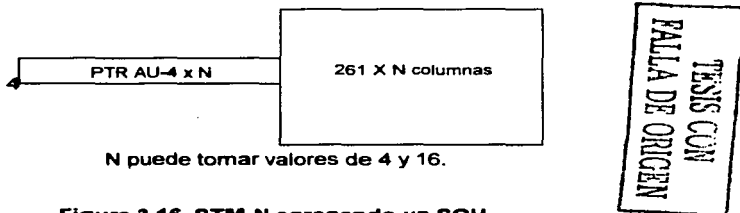
**Figura 3.15 Transmisión de sistemas de 139,264 Kbps por medio de un STM-1 de SDH**

---

### 3.1.6 FORMACION DE UN STM-N

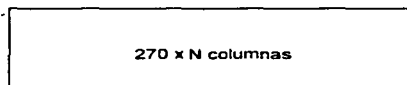
Para formar un STM-N se requiere multiplexar, byte a byte, N señales. Existen dos métodos para multiplexar y formar un STM-N.

- Multiplexar N AU-4 en el AUG y posteriormente agregar un SOH especial, de acuerdo al nivel N, para formar el STM-N. El cual se representa gráficamente como una matriz de 270 x N columnas y 9 renglones en 125 $\mu$ s.



**Figura 3.16 STM-N agregando un SOH.**

- Multiplexar N STM-1, para formar el STM-N. El cual se representa gráficamente como una matriz de 270 x N columnas y 9 renglones en 125 $\mu$ s.



**Figura 3.17 N STM-1 multiplexados**

---

## **3.2 MAPEO DE TRIBUTARIAS**

El mapeo, es un procedimiento que se lleva a cabo en los puntos de acceso a la red síncrona el cual las tributarias, (ya sean señales PDH, celdas ATM, etc) son adaptables dentro de los contenedores virtuales.

El mapeo especifica como se va a llenar las diferentes estructuras en SDH con las señales que se transportan. Además, compensa las desviaciones en frecuencia que hay entre la señal PDH y el sistema SDH.

Esto es manejado por medio de la justificación, en forma muy similar al mecanismo de la justificación ya empleado en los sistemas PDH.

### **3.2.1 Mapeo Asíncrono**

En un sistema SDH puede llevar señales de 2 Mb/s mapeadas hacia un contenedor C-12. En el mapeo asíncrono dicha señal no está sincronizada con la señal SDH.

El mapeo asíncrono cuando el reloj de la tributaria es independiente del reloj del contenedor o del contenedor virtual. En la práctica, los respectivos relojes tienen una relación plesiócrona. Este tipo de mapeo se puede aplicar a todas las tributarias.

La justificación se utiliza cuando la capacidad de transmisión de la señal después de la sincronización es idéntica a su tasa de bits nominal antes de la sincronización.

Esto es, cuando en el caso del mapeo de las tributarias, la tasa de bits de la carga útil del contenedor virtual es la misma que la tasa de bits nominal de la correspondiente tributaria se utiliza una justificación cero.



---

Cuando la tasa de bits de la tributaria es más baja que la tasa de bits de la carga útil del contenedor virtual, y cuando la desviación acumulada alcanza la longitud de un bit, un bit nulo se envía en lugar del dato de información, esto es, se utiliza la justificación positiva.

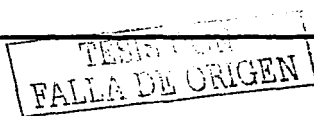
Inversamente, si la tasa de bits de la tributarias es más alto con respecto a la tasa de bits del contenedor virtual se utiliza un bit de reserva en la carga útil para absorber la desviación; es una justificación negativa.

La función de justificación se realiza a través de los bits de justificación J1 y J2 y el estado de ejecución se indica con el uso de los bits de control C1 y C2. J1 se utiliza como un bit de encabezado en la operación normal pero actúa como un bit de reserva para llevar el dato extra en caso de la justificación negativa. Similarmente, J2 es normalmente una parte de la carga útil efectiva, pero se utiliza para llevar el bit nulo en caso de justificación positiva.

Cada una de las señales DS-1, DS-1E y DS-2 tienen tres conjuntos de los bits de control C1 y C2. La señal DS-3 tiene cinco. Si los bits C1 son todos 0 significa que J1 es un bit de información regular y si los C1 son todos 1 entonces J1 lleva un bit de reserva. De la misma manera C2 indica si J2 lleva o no un bit nulo.

La justificación positiva es el procedimiento de sincronización que se aplica cuando la capacidad de transmisión nominal de la señal después de la sincronización es mayor que su original tasa de bits nominal. En este caso ya no ocurre el caso de justificación negativa, entonces se necesitan los bits J y C para la justificación positiva.

Para cada señal DS-3 o DS-4E se asignan 5 bits C por cada bit J. Si los bits C son todos 0 significa que J es un bit de información y si los bits C son todos 1 significa que J es un bit de justificación.





---

### **3.2.2 Mapeo Síncrono por Bit**

El sistema SDH puede llevar señales de 2 Mb/s mapeadas hacia un contenedor C-12. En el mapeo síncrono por bit, la velocidad de la señal de 2 Mb/s está sincronizada a la señal SDH, pero la sincronía de la trama de la señal de 2 Mb/s no está sincronizada a la señal SDH.

El mapeo síncrono-bit es equivalente al mapeo asíncrono. El mapeo síncrono-bit se aplica a las tributarias de bajo nivel DS-1, DS-1E y DS-2.

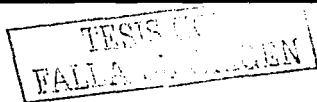
### **3.2.3 Mapeo Síncrono por byte**

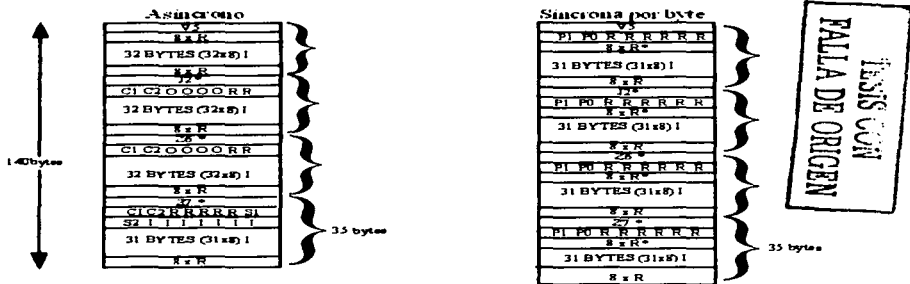
El sistema SDH puede llevar señales de 2 Mb/s mapeadas hacia un contenedor C-12. En el mapeo Síncrono-byte ambas, la velocidad y la sincronía de trama de la señal de 2 Mb/s están sincronizadas a la señal SDH.

El mapeo síncrono-byte es un proceso especial del mapeo síncrono el cual se utiliza cuando DS-0 se mapea dentro de un contenedor virtual tal que su frontera queda expuesta. El mapeo síncrono-byte se puede aplicar a las señales DS-1 y DS-1E. Cuando una de estas tributarias es mapeada en síncrono-byte dentro de un VC, primero se confirma su identidad de trama y después cada byte de DS-0 se mapea en una posición asignada. En este punto de la operación, los bits de la trama y los bits de señalización de las tributarias se mapean también.

### **3.2.4 Modo de Operación Flotante**

La señal de 2 Mb/s flota en relación al contenedor virtual VC-4. el comienzo de la señal se identifica por un apuntador. Las reglas de operación asíncrono y síncrono por byte se representa en la figura 3.18.





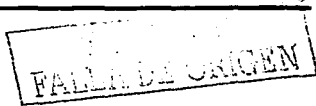
\* La designación de estos bits es provisional.

**Figura 3.18 Mapeos en Modo Flotante de una señal de 2Mb/s.**

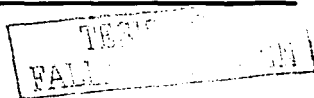
Nota: en la figura 3.18 se presentan las reglas del mapeo para formar un C-12, el cual esta formado por 139 bytes en 500 $\mu$ s. Aquí también ya se muestra el byte V5 en la primera posición, lo cual representa un VC-12 de 140 bytes en 500 $\mu$ s.

El significado de los diferentes elementos mostrados en la figura anterior, se explica a continuación.

- I (Transporte de los bits de información).
- R (Relleno). En esta caso el byte contiene "relleno fijo", o sea, los bits (R) son usados para "rellenar" la señal de 2 Mb/s en la trama SDH. Estos son bits extras, no necesarios para transportar la señal pero útiles para acoplar la señal de 2 Mb/s y la señal SDH.



- 
- **R\***. En el mapeo síncrono por byte, este byte puede ser utilizado para el contenido del intervalo de tiempo cero, o sea, la palabra de sincronía de trama y de no trama FAS y no FAS de una señal PDH de 2 Mb/s. Si esto no es necesario el byte es utilizado con bits de relleno.
  - **V5**. Encabezado de trayectoria VC-12 (POH de Bajo Orden).
  - **S1,S2 y C12,C2** (Justificación). En cada trama, los dos bits (S1, S2) están disponibles para la justificación (bits para oportunidad de justificación). Las desviaciones de frecuencias entre el sistema PDH y el sistema SDH se absorben al usar o no estos bits para bits de información. Para cada uno de los bits de justificación, hay otros tres bits (los bits de control de justificación C1 y C2, respectivamente) que determinan si actualmente se está usando o no el bit de oportunidad de justificación. El receptor de la señal utilizará una decisión mayoritaria para determinar si el bit correspondiente de justificación se utiliza. Este mecanismo permite que sean transportadas señales con velocidades entre 2048 Kb/s y 2050 Kb/s. Viendo la figura anterior, hay dos conjuntos (C1,C2) de tres bits de Control de Justificación S1 y S2, respectivamente. Si C1C1C1=000 indica que S1 es justificación. C2 controla a S2 de la misma forma. La decisión mayoritaria debe utilizarse para tomar la decisión de justificación en el receptor para protegerse de un posible error de bit en los bits C.
  - **J2**. Es un byte para transferir el Identificador del Punto de Acceso de la trayectoria de bajo orden. En este instante, el receptor de la señal puede verificar que la señal viene continuamente de la misma fuente. El formato y el método de transmisión del Identificador del Punto de Acceso de la trayectoria de bajo orden es idéntico a la transmisión del Identificador de Acceso de la Trayectoria de Alto Orden descrito para el byte del Encabezado de la trayectoria de Alto Orden.
  - **PO,P1**. Estos bits pueden ser utilizados para la sincronización de la señalización por canal asociado CAS para el caso del modo flotante, en el mapeo síncrono por byte. En las tramas que llevan señalización por canal asociado para los canales 15 y 30, ambos bits tienen el valor de uno. En otro caso, los bits son cero.



- 
- **O** (Encabezado). Son unos bits que se destinan para información extra de encabezado en el mapeo asíncrono. Actualmente su uso no está definido.
  - **Z6,Z7** (Reservado para uso futuro).

**Nota:** la designación de los bytes J2, Z6 y Z7 es provisional.

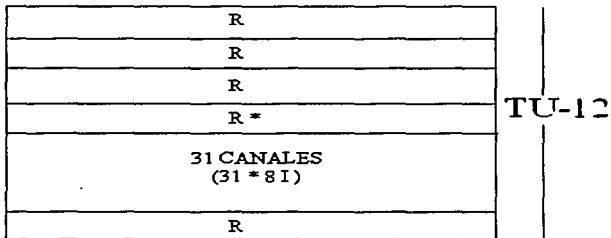
### **3..2.5 Modo de Operación Amarrado**

La señal de 2 Mb/s está amarrada al contenedor virtual VC-4. El comienzo de la señal está arreglado con el inicio del contenedor virtual VC-4. Este modo no utiliza apuntadores. El tipo de mapeo y el modo que se seleccionen, depende de la aplicación y de la naturaleza de la señal de 2 Mb/s.

En el modo síncrono por byte, amarrado, el mapeo de la señal de 2 Mb/s es más simple que en los mapeos de modo flotante descritos anteriormente. No se utilizan ninguno de los apuntadores de TU-12 ni los apuntadores multitrameados de TU-12 en el mapeo síncrono por byte modo amarrado. También el byte de Encabezado de trayectoria (V5) se deja aun lado en este caso.

La figura 3.19 muestra que 4 columnas con 9 bytes cada una son designadas para la trama SDH. Esto da 36 bytes por trama, o sea, 8000 veces por segundo.

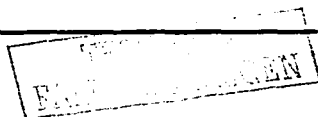
En el mapeo síncrono por byte modo amarrado, una trama de una señal PDH de 2 Mb/s (la cual tiene 32 bytes o intervalos de tiempo) es acomodada en el espacio designado para el TU-12.



**Figura 3.19 Mapeo sincrónico por byte de una señal de 2 Mb/s en Modo Amarrado.**

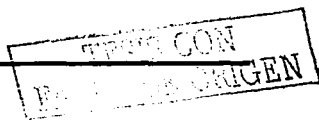
- **I** (Transporte para información de bits)
- **R** (Relleno). En este caso byte contiene "relleno fijo", o sea, los bits (R) son usados para "rellenar" la señal de 2Mb/s. En la trama SDH. Estos bits son bits extra, no necesarios para transportar la señal pero útiles para empatar la señal de 2Mb/s y la señal SDH.
- **R\***. Este byte puede ser usado para el contenido del intervalo de tiempo cero, o sea, la palabra de sincronía de trama y de no trama FAS n FAS de la señal PDH de 2Mb/s. Si esto no es necesario, el byte será usado para rellenar estos bits.

La tabla siguiente cubre el modo de operación flotante del mapeo asincrónico y sincrónico por bit. Para el mapeo asincrónico, sólo está definido el modo de operación flotante. Para el mapeo sincrónico por bit, está definido también el modo de operación amarrado:



Actualmente, Teléfonos de México para 2 Mb/s utiliza únicamente el modo asíncrono flotante.

<b>Modo asíncrono flotante</b>	<b>Modo síncrono-bit flotante</b>	<b>Modo síncrono-byte flotante</b>	<b>Modo síncrono-byte Amarrado</b>
Secuencia de bits independiente	Secuencia de bits independiente	Requiere de una trama G.704	Requiere de una trama G.704
No pide requerimiento en la estructura de la señal.	No pide requerimiento en la estructura de la señal.	Acceso directo a la señal de 64 Kbps.	Acceso directo a la señal de 64 Kbps.
Incluye la justificación	No hay justificación la señal debe ser sincronizada a la señal SDH.	No hay justificación la señal debe ser sincronizada a la señal SDH.	No hay justificación la señal debe ser sincronizada a la señal SDH.
Se conecta fácilmente con los sistemas PDH existentes.		Los Contenedores Virtuales VC-12 flotan y se accesan a través de apuntadores.	Los Contenedores Virtuales VC-12 están amarrados en frecuencia y en fase.
		Los Contenedores Virtuales VC-12 pueden ser conmutados independientemente en los multiplexores de insertar/segregar ADMs o en los enrutadores digitales de crossconexión SDXC's.	La conmutación de los VC-12s en los ADMs y en los SDXC's (Digital Cross Connection) puede provocar retardos significativos.
Solamente para señales asíncronas PDH.	No planeadas para Usarse en redes Internacionales.	Normalmente deben de ser usadas para señales múltiples de 64 Mbps y en la red SDH.	Puede ser utilizada en lugar del modo de flotación en casos especiales dado que este mapeo es más simple.



## CAPITULO IV

### ENCABEZADOS Y APUNTADORES

#### 4.1 ENCABEZADOS

La transmisión síncrona se basa en el concepto de capas; las cuales dividen el proceso de transmisión digital en la capa de trayectoria, capa de sección de multiplexor a veces llamada sección digital, capa de sección de regenerador y la capa del medio físico. En el capítulo tres se mencionó que el encabezado consiste del SOH (Section Overhead) que es aplicado a las secciones de multiplexor y del regenerador así como el POH (Path Overhead) el cual se aplica para las trayectorias de transmisión de los contenedores virtuales. SOH se divide en ROSH y en MSOH, mientras que el POH se divide en POH para contenedores de alto orden y POH para contenedores de bajo orden.

La figura 4.1 muestra las secciones y trayectorias usadas por el sistema SDH para el transporte de información.

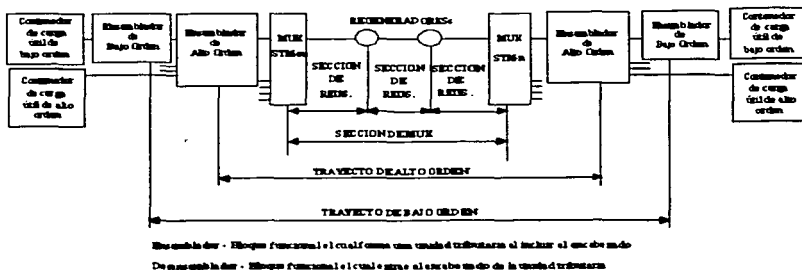


Figura 4.1 Entidades de encabezados SDH.

#### 4.1.1 ESTRUCTURA DE SOH

El SOH fue diseñado para que la transmisión del STM-n sea confiable. Como ya se ha mencionado, una vez que se han intercalado los bytes de n (n=1,4,16) AUG's, se les agrega un SOH para formar la señal STM-n. Cabe mencionar que el SOH para el STM-n está bien regulado como se puede observar en la figura 4.2.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
RSOH	A1	A1	A1	A2	A2	A2	C1		
	B1			E1			F1		
	D1			D2			D3		
4	APUNTADOR AU								
MSOH	B2	B2	B2	K1			K2		
	D4			D5			D6		
	D7			D8			D9		
	D10			D11			D12		
	S1	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2		

- |          |  |        |  |
|----------|--|--------|--|
| A1, A2   | Palabra de Alineación de trama F6H, 28H                                | M1     | MS-FEBE sección de Mux                               |
| D1-D3    | 192 kbit/s canal de datos para la administración de regeneradores      | B1     | Chequeo de paridad BIP-3                             |
| D4 - D12 | 576 kbit/s canal de datos para la administración de equipo multiplexor | B2     | Chequeo de paridad BIP-24                            |
| C1 (JD)  | Identificación de STM-1  | K1, K2 | Señalización de protección para la sección múltiplex |
| E1, E2   | Canal de servicio  | Z1, Z2 | Libres   |
| F1       | Canal de usuario   |        | Reservados para uso nacional                         |
| S1       | Informe de calidad de sincronización                                   |        | No usados  |

Figura 4.2 Encabezado de Sección del STM-1.



---

Como se puede apreciar en la figura anterior, la porción que está arriba del apuntador AU-PTR corresponde al RSOH y la parte que está abajo corresponde a MSOH. Esto es válido para los encabezados de STM-1, STM-4 y STM-16.

#### **4.1.2 ENCABEZADO RSOH**

Es la parte del encabezado de sección SOH que es utilizada solamente por los regeneradores RSOH (Regenerator Section Overhead). Como se aprecia en la figura 4.2, esta parte del encabezado se encuentra en las tres primeras filas de SOH y consiste de los bytes A1, A2, B1, C1, D1, D2, D3, E1 y F1.

La función de estos bytes es la siguiente:

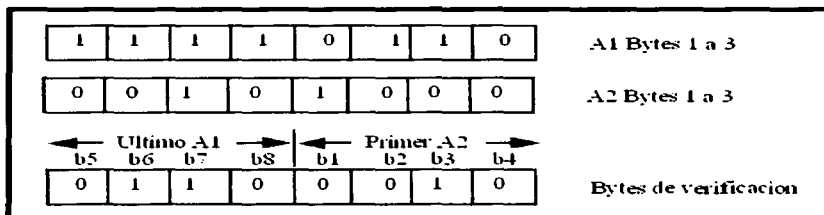
- ◆ Bytes A1 y A2

**Palabra de alineación de trama. (Palabra de sincronía de 48 bits)**

Son seis Bytes tres A1 y tres A2. Los bytes A1 llevan el valor hexadecimal F6 y los bytes A2 llevan el valor hexadecimal de 28. F6 en binario es 1111 0110, 28 en binario es 0010 1000.

Una vez que el equipo está en sincronía, el equipo ya no revisa todos los A1's y A2's, solo revisa 8 bit, los últimos cuatro bits del último A1 y los primeros cuatro bits del primer A2.

Es decir una "minipalabra" de alineamiento que será de un valor hexadecimal de 62, ó 0110 0010 en binario. Si el equipo pierde esta "minipalabra" en cuatro tramas consecutivas, aparecerá alarma de LOF. Y para que se vuelva a sincronizar el equipo revisará nuevamente toda la palabra completa.



**Figura 4.3 Bytes A1 y A2.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

• Byte B1

Resultado del cálculo de paridad BIP-8.

Es un byte ( de 8 bits) para chequeo de paridad. Para efectuar el chequeo de paridad, primero se calcula la paridad de la trama completa de STM-1 y el resultado se inserta en el byte B1 de la siguiente trama.

En el extremo distante, en recepción, se hace el calculo de paridad en una trama completa, y el resultado se compara contra el byte B1, que viene en la trama siguiente. Si hay diferencia, que quiere decir que hubo errores en el medio.

• Byte C1

Identificador de STM-1

Es el identificador del número de STM-1. En un STM-4 o STM-16, se utiliza para poder identificar a los STM-1's, dándole un número individual a cada STM-1, ( ver la figura 4.4).



**Figura 4.4 Byte C1.**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

- Bytes D1, D2 y D3

Canal de datos para la administración de regeneradores.

Estos tres bytes proveen un canal para comunicaciones de datos (DCC-R) de 192 Kbit/s para la operación y la administración de los regeneradores en una línea SDH. D1, D2, D3 son tres octetos que aparecen en cada trama y tenemos 8000 tramas en 1 segundo, por lo que su velocidad es  $3 \cdot 8 \cdot 8000 = 192$  Kbit/s.

- Byte E1

Canal de servicio.

Canal de 64 Kbit/s para regeneradores. Esta destinado como un canal de voz para comunicación entre terminales, pero además, este canal también esta disponible en todos los regeneradores. Se le conoce también como Canal Omnibus.

- Byte F1

Canal de usuario.

Es para la transmisión de información digital para el mantenimiento de los regeneradores. El uso de este byte todavía no está bien definido. Una aplicación sugerida es aplicarlo en la identificación de la sección dañada en una cadena de secciones de regeneradores. Si un regenerador detectara una falla en su sección, podría insertar un número de 6 bits que identifique al regenerador que está fallando y un código formado por dos bits que especifique la naturaleza de la falla en el byte F1.

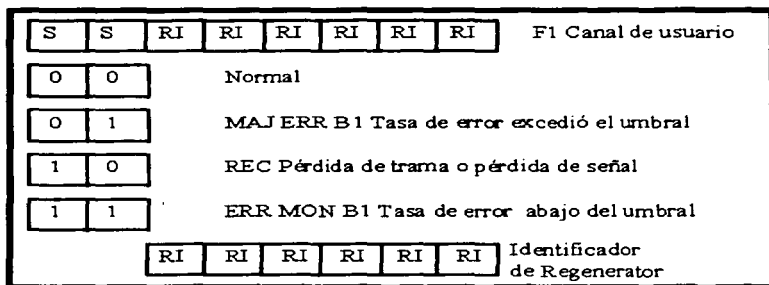


Figura 4.5 Byte F1.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

#### 4.1.3 ENCABEZADO MSOH

El encabezado MSOH (Multiplexor Section Overhead) lo forman las filas 5-9 del SOH y es utilizado únicamente por la sección de multiplexores, pasa transparente a través de los regeneradores ya que no contiene información que éstos puedan utilizar. Esta sección consta de las siguientes partes: B2, D4 a D12, E1, K1, K2, M1, S1, Z1's y Z2's.

◆ Byte B2:

Resultado del cálculo de paridad BIP-24

Son tres bytes B2 y suman un total de 24 bits para el calculo de paridad. El multiplexor que transmite una señal SDH, calcula el BIP-24 sobre la trama STM-1, excepto el RSOH, y el resultado de 24 bits se inserta en los tres bytes B2 de la trama siguiente.

---

EL multiplexor que recibe una señal SDH calculará el BIP-24 sobre la trama STM-1, excepto el RSOH , y el resultado lo comparará con el contenido de los bytes B2 que le llegarán, en la siguiente trama.

La diferencia entre el BIP-24 calculado y los tres B2 recibidos serán los errores producto del medio de transmisión. Se utiliza para la función de monitoreo de errores en la sección de multiplexor.

- ◆ Bytes D4-D12 .

Canal de datos para la administración de equipo multiplexor, es un canal de servicio. Estos nueve bytes nos dan un canal de comunicaciones (DCC-M) de 576 Kbit/s para la operación y la administración de los multiplexores en una línea SDH. De D4 a D12 son 9 bytes por lo que su velocidad es:  $9 \times 8 \times 8000 = 576$  Kbit/s, supervisa cada elemento de la carga útil.

- ◆ Byte E2

Canal de servicio a 64 Kbit/s.

Canal de habla entre sección multiplexoras. La operación de este byte es similar al byte E1 de la sección de regeneradores, pero con la diferencia de que no esta disponible en los regeneradores, solo entre terminales. Se le conoce como Canal Express.

- ◆ Bytes K1 y K2

Señalización de protección para la sección múltiplex.

Son dos bytes que se utilizan principalmente para la señalización relacionada con la Sección de Protección del Multiplex (conmutación). Además los bits 6, 7 y 8 de K2, se utilizan para el envío de señales de mantenimiento.

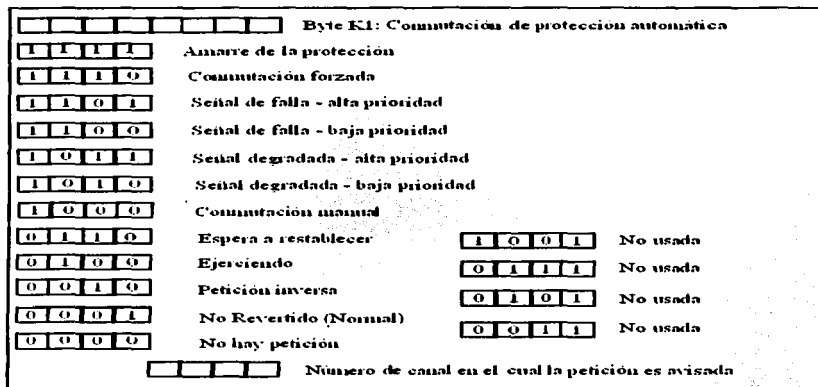


Figura 4.6 Byte K1.

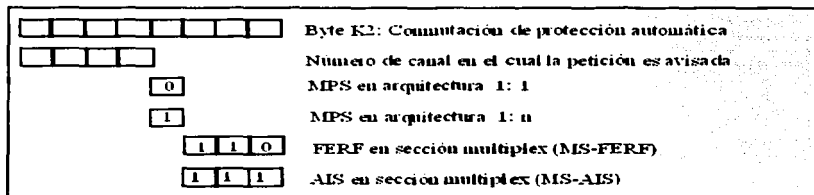
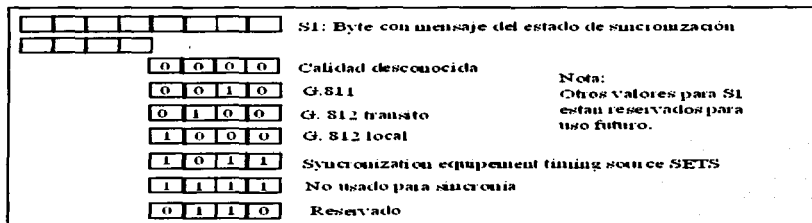


Figura 4.7 Byte K2.

- Byte S1

**Informe de calidad de sincronización.**

Con este byte usando los bits de 5 a 8, nos informa la calidad del reloj usado para generar la señal STM-N donde va montado el byte S1 (mensaje del estado de sincronización). Ver figura 4.8.



**Figura 4.8 Byte S1.**

TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

- Byte Z1 y Z2

Z1 y Z2 son libres.

Son cuatros bytes los cuales actualmente no tienen uso.

- Bytes M1

**MS FEBE**

Informe del número de errores de bloque recibidos. Los bits del 4 al 8 de M1 se utilizan para informar la diferencia de bloque encontrada entre, el resultado del chequeo de paridad que se efectúa en recepción de una trama STM-1, excepto el RSOH, y el BIP-24 (tres B2) recibido en la trama siguiente.

Esta diferencia, o errores de bloque, es la cuenta del FEBE (Far End Block Error) o Errores de Bloque del Extremo. Ver figura 4.9.

M1								Errores de Bloque
b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	
X	X	X	0	0	0	0	0	0 Errores
X	X	X	0	0	0	0	1	1 Errores
X	X	X	0	0	0	1	0	2 Errores
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
X	X	X	1	1	0	0	0	24 Errores
X	X	X	1	1	0	0	1	0 Errores
.	.	.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.	.	.
X	X	X	1	1	1	1	1	0 Errores

Figura 4.9 Byte M1.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Como ya se explicó, la señal SDH de primer orden STM-1 tiene una estructura de tramas. También existe una estructura parecida para las señales STM-N, de un tamaño de STM-1 X N, por haber sido multiplexada N veces. La diferencia es de que no todos los bytes de la sección SOH que se mencionó para la trama STM-1 se repiten N veces. Esto se muestra en la figura 4.10, para el STM-4 y en la figura 4.11, para el STM-16.

Algunos Bytes, por ejemplo, los del byte B1 solamente aparecen una sola vez. En este caso, solamente se utiliza el byte del primer STM-1, o sea, los bytes similares de los otros STM-1 no se utilizan. En otros casos, como en los bytes de trama A1 y A2 todos los bytes se utilizan.



		1				2				3				4				5				6				7				8				9					
(b)	(c)	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4		
		A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1	A1		
		B1																																					
		D1																																					
(a)	Fila	4																																					
		5	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2	B2			
		6	D4																																				
		7	D7																																				
		8	D10																																				
		9	E1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1	Z1		

#### 4.1.4 ENCABEZADO DE TRAYECTORIA ALTO ORDEN POH

El encabezado de trayectoria de alto orden POH es el encabezado que se agrega a los contenedores virtuales VC-3 y VC-4.

El encabezado de alto orden se coloca en la primera columna de estos contenedores y ejecuta varias funciones requeridas para asegurar el transporte en forma confiable de la carga útil del contenedor virtual.

Para el mantenimiento y supervisión de las trayectorias de Alto Orden, el VC-4 contiene 9 bytes de encabezado. Estos se arreglan como una columna de bytes dentro de la carga útil del STM-1. Los contenidos de los bytes de encabezado se pueden observar en la figura 4.12 y se explica posteriormente.

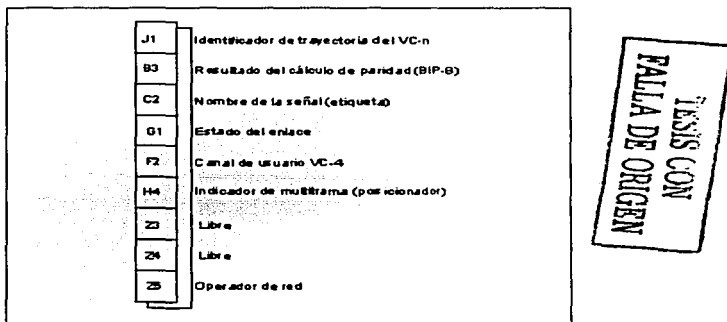


Figura 4.12 Encabezado de Trayectoria VC-4 y VC-3.

• J1

Identificador de la trayectoria del VC-n. Nos da un canal de datos de 64 Kbit/s, a través del cual el tren de datos identifica la trayectoria donde es enviado. Esto permite al receptor de una señal el verificar que la señal venga de la misma fuente continuamente (verificación de la conexión del VC).

El byte J1 originalmente se había propuesto para secuencia de repetición de 64 bytes. Sin embargo, hay proposiciones recientes para que las recomendaciones SDH permitan al byte J1 el ser usado para una secuencia de 16 bytes, transfiriendo un identificador de la trayectoria del punto de acceso. Cada punto de acceso de la trayectoria tendrá un número único. Este número consistirá de 15 bytes de código ASCII de arranque de trama en una trama que se repite continuamente cada 16 bytes, de acuerdo a la siguiente tabla.

Bytes J1, Número de bit								
1	2	3	4	5	6	7	8	Byte 1
1	C	C	C	C	C	C	C	Byte 2
0	X	X	X	X	X	X	X	
0	X	X	X	X	X	X	X	Byte 16
CRC-7								CCCCCCC es el chequeo cíclico redundante de la trama previa. XXXXXXXX son los códigos ASCII para el identificador de la trayectoria del punto de acceso.

Tabla 4.1

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

---

- ◆ B3

Es un byte de 8 Bits para indicar el resultado del cálculo de paridad (BIP 8) el cual se calcula en el contenedor virtual completo VC-n, luego es cargado en el byte B3 del siguiente VC-n.

- ◆ C2

Es el nombre de la señal, que especifica el tipo de mapeo que se utilizó en el VC-n. El C-2 puede asumir los siguientes valores:

Binario		Hex	Tipo de mapeo
0000	0000	00	No equipado
0000	0001	01	Equipado no específico
0000	0010	02	Estructura del TUG
0000	0011	03	Amarrado al TU
0000	0100	04	34 0 44 Mbit/s al C-3 (Asíncrono)
0001	0010	12	140 Mbit/s al C-4 (Asíncrono)
0001	0011	13	ATM
0001	0100	14	MAN (DQDB)
0001	0101	15	FDI

Tabla 4.2

- ◆ G1

Para el estado de trayecto, monitorea el comportamiento de la red de la señal que se recibe en el extremo remoto y es indicado por 2 tipos de alarma:

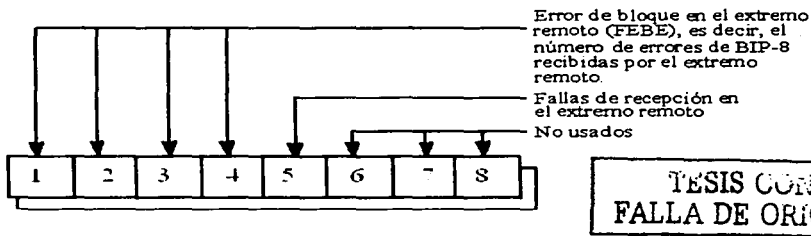
- FEBE ( Error de Bloque del extremo remoto o FAR END BLOCK ERROR). Son 4 bits que llevan el número de bits erróneos que se han detectado en el extremo remoto en el último VC-n. El FEBE puede tomar valores de 0 (sin errores) hasta 8. Ver figura 4.15.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Bits 1,2,3 y 4	Cantidad de errores
0000	0 errores
0001	1 error
0111	7 errores
1000	8 errores
1001 hasta 1111	0 errores

**Tabla 4.3**

- FERF (FAR END RECEIVE FAILURE o Falla en la recepción del Extremo Remoto). Es un bit que indica que el extremo remoto ha detectado un problema severo. Es el bit 5 del byte G1, en 0 está bien y en 1 hay alarma. Los restantes 3 bits del byte G1 no se usan.



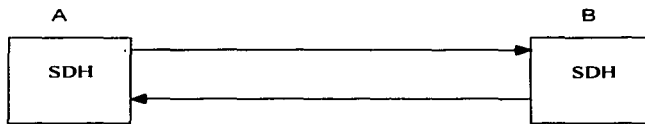
**TESIS CON FALLA DE ORIGEN**

**Figura 4.13 Estado de la trayectoria para un VC-3 o un VC-4.**

Si tienes una línea SDH entre las centrales A y B. La línea está compuesta de dos trayectorias separadas: una que lleva las señales de A hacia B y otra de B hacia A. Si estoy en la central A, para la trayectoria AB, la central B es considera el "extremo remoto".

---

Si hay alarmas (o errores de paridad en el nivel de trayectoria) que ocurren en la señal que va de A hacia B, esta se detecta en el "extremo remoto" de la central A (o sea la central B). La central B "avisa" a la central A de esto como una FERF (falla en la recepción del extremo remoto) o como una FEBE (error de bloque en el extremo remoto), dependiendo de la naturaleza del problema. Ver la figura 4.17



**Figura 4.14 Extremo remoto.**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

- F2

Canal para el usuario de la trayectoria del VC-n ( $n = 4$  ó  $3$ ). Se usa para la comunicación entre elementos de la trayectoria.

- H4

Indicador de multitrama (posicionador). Para las cargas estructuradas de TU's.

- Z3

El byte Z3 ha sido dedicado para propósitos de comunicación de usuario, esto es (además del byte F2) entre elementos terminadores de ruta y es también dependiente de la carga de información

---

- ◆ Z4

Es un byte libre.

- ◆ Z5

El byte Z5 está dedicado para propósitos de administración específicos. Este byte puede ser sobrescrito en el dominio del operador sin afectar la función de monitoreo de desempeño de extremo a extremo proporcionada para el byte B3.

Para el mantenimiento de conexiones también, el byte Z5 se usa de la siguiente manera: los bits de 1 a 4 se utilizan como contador de errores de entrada (Input Error Counter IEC) y los bits 5 a 8 como canal de comunicaciones).

#### **4.1.5 ENCABEZADO DE TRAYECTORIA BAJO ORDEN POH**

El encabezado de bajo orden se agrega a un contenedor de bajo orden ya se VC-1 o VC-2, se le llama V5 y es el primer byte de VC-11, VC-12 o VC-2. Se puede decir que V5 es una versión abreviada del encabezado de trayectoria de alto orden y ejecuta varias funciones necesarias para el transporte confiable de la carga útil del contenedor virtual de bajo orden.

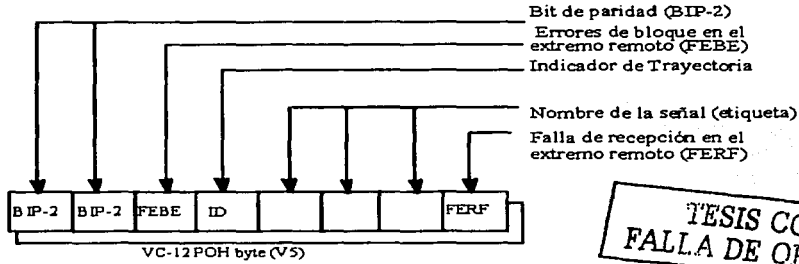
Los VC-11, VC-12 y VC-2 puede llevar información para la supervisión y el mantenimiento de los enlaces de bajo orden. El VC-11, VC-12 y VC-2 ponen 1 byte de encabezado. Este byte se designa como encabezado de trayectoria de bajo orden V5 y su contenido es el siguiente:

Contenido del Byte	Descripción																		
<b>BIP-2</b>	Significa Bit Interleave Parity (BIP) y es una verificación de paridad de 2 bits que se monitorea y calcula por los puntos terminales del enlace actual. Esta verificación se calcula en el VC-n completo, se almacena y luego se carga en los bits BIP-2 del siguiente VC-n.																		
<b>FEBE</b>	(Error de bloque en el extremo remoto). Es un bit que establece si se detectaron errores de paridad de BIP-2 por el extremo remoto en el último VC-n que se recibió. Si tenemos un cero quiere decir que no hubo errores.																		
<b>ID</b>	Identificador de Trayectoria.																		
<b>Etiqueta</b>	<p>La siguiente tabla relaciona un código de 3 bits y los nombres de la etiqueta de la señal, los cuales van dentro del formato del Encabezado de Trayectoria de Bajo Orden V5.</p> <table border="1" data-bbox="370 471 833 646"> <thead> <tr> <th colspan="2">Códigos del nombre de la señal etiqueta</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>000</td> <td>No equipado</td> </tr> <tr> <td>001</td> <td>Equipado no especificado</td> </tr> <tr> <td>010</td> <td>Asíncrono flotante</td> </tr> <tr> <td>011</td> <td>Síncrono por bit flotante</td> </tr> <tr> <td>100</td> <td>Síncrono por byte flotante</td> </tr> <tr> <td>101</td> <td>Equipado pero no usado</td> </tr> <tr> <td>110</td> <td>Equipado pero no usado</td> </tr> <tr> <td>111</td> <td>Equipado pero no usado</td> </tr> </tbody> </table>	Códigos del nombre de la señal etiqueta		000	No equipado	001	Equipado no especificado	010	Asíncrono flotante	011	Síncrono por bit flotante	100	Síncrono por byte flotante	101	Equipado pero no usado	110	Equipado pero no usado	111	Equipado pero no usado
Códigos del nombre de la señal etiqueta																			
000	No equipado																		
001	Equipado no especificado																		
010	Asíncrono flotante																		
011	Síncrono por bit flotante																		
100	Síncrono por byte flotante																		
101	Equipado pero no usado																		
110	Equipado pero no usado																		
111	Equipado pero no usado																		
<b>FERF</b>	Falla de Recepción del Extremo Remoto, es un bit que indica que un problema severo se detectó en el "extremo remoto"																		

Tabla 4.4

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN





**Figura 4.15 Encabezado de Trayectoria de Bajo Orden POH (V5).**

#### 4.1.6 SEÑALES DE MANTENIMIENTO

Para supervisar la calidad de transmisión, se usa un método llamado paridad intercalado de Bit (Bit Interleaved Parity). El transmisor le agrega la información de paridad y lo compara con la paridad calculada por el transmisor. Una diferencia significa que hubo error(es) de transmisión.

En SDH hay varios tipos de BIP-N: ( N= 384, 96, 24, 8 o 2): el BIP-384, el BIP-96, el BIP-8 y el BIP-2, se basan en el mismo principio pero tienen distinta longitud: el dígito después de la palabra BIP indica que el número de bits del BIP.

El proceso para calcular el BIP-n es el siguiente:

No.	Descripción
1	Se recibe un gran número de bits. (por ejemplo, los bits de la trama STM-1).
2	Estos bits se agrupan en "n" columnas.
3	Se calcula la paridad para cada columna, la paridad es par si hay un número par de unos en la columna; la paridad es impar, si hay un número impar de unos en la columna.
4	Se calcula un 0 si se tiene una paridad par ( número par de unos en la columna) y un 1 si se tiene una paridad impar en la columna (número impar de unos en la columna)

**Tabla 4.5**

TESIS CON  
FALTA DE ORIGEN

● Señales de Mantenimiento

Las señales de mantenimiento indican que hay problemas severos en las señales de transmisión, o sea, que hay alarmas y señales de estado. Estas señales están divididas en tres niveles:

- Nivel de Sección
  - Nivel de trayecto de Alto Orden (VC-4)
  - Nivel de trayecto de Bajo Orden (VC-3, VC-12)
- Nivel de Sección

En la siguiente tabla de muestra las alarmas que se presentan a nivel de sección.

<b>Alarma</b>	<b>Descripción</b>
<b>LOS</b>	Pérdida de señal.
<b>LOF</b>	Pérdida de trama, o sea, hay errores continuos en los bytes de trama A1-A2. Si ocurre un lapso de más de 625µs sin que se detecten las palabras correctas de trama, se considera una condición de fuera de trama (OOF). Si persiste la condición OOF, se considera una alarma LOF (Pérdida de trama, Loss of frame).
<b>MS-FERF</b>	Falla de recepción en el extremo remoto. Esto se señaliza colocando los tres bits menos significativos del byte K2 del encabezado de sección de multiplex al valor binario de 110.
<b>MS-AIS</b>	Señal de indicación de alarma. Esta se señaliza cuando se colocan los tres bits menos significativos del byte K2 del encabezado de sección de multiplex al valor binario de 111.
<b>MS-FEBE</b>	Informe de errores de bloques en el extremo distante por M1.

**Tabla 4.6**

- ◆ Nivel de Trayecto de Alto Orden (VC-A)

3 BITS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la siguiente tabla se muestran las alarmas que se presentan a nivel de trayecto de Alto Orden):

<b>Alarma</b>	<b>Descripción</b>
<b>FEBE</b>	Error de bloque en el Extremo Remoto, el FEBE indica el número de errores de bit de B3 en la señal entrante. Esto se señaliza con 4 bits del G1 en el encabezado de trayectoria de Alto Orden.
<b>LOP</b>	Pérdida de Apuntador.
<b>P-AIS</b>	Señal de indicación de alarma. Se señaliza poniendo los bytes del apuntador y todo el contenido del contenedor en unos.
<b>P-FERF</b>	Falla de la recepción en el Extremo Remoto. Se señaliza con el bit 5 del byte G1 en el encabezado de trayectoria de Alto Orden.

**Tabla 4.7**

- Nivel de Trayectoria de Bajo Orden (VC-3, VC-12)

<b>Alarma</b>	<b>Descripción</b>
<b>FEBE</b>	Error de bloque en el Extremo Remoto, el FEBE indica que hay errores de bit BIP-2 en la señal entrante. Esto se señaliza con un bit en el byte V5 (G1) del encabezado de trayectoria de Bajo Orden.
<b>LOP</b> <b>P-AIS</b>	Pérdida de Apuntador. Señal de indicación de alarma. Se señaliza colocando los bytes del apuntador y todo el contenido del contenedor en unos.
<b>P-FERF</b>	Falla de la recepción en el Extremo Remoto. Se señaliza con un bit en el byte V5 (G1) del encabezado de trayectoria de Bajo Orden.

Tabla 4.8

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

## 4.2 APUNTADES

Aún cuando se trate de la Jerarquía Digital Síncrona SDH, en esta red pueden suceder desviaciones de fase y/o desviaciones en frecuencia entre los puntos de conexión de dos redes SDH. Para compensar esto, los sistemas SDH usan apuntadores.

### 4.2.1. PARA QUE SE USAN LOS APUNTADES

- Función de los Apuntadores
  - Los apuntadores AU y TU proporcionan un método que permite la localización dinámica y flexible de VC's dentro de las tramas AU o TU.

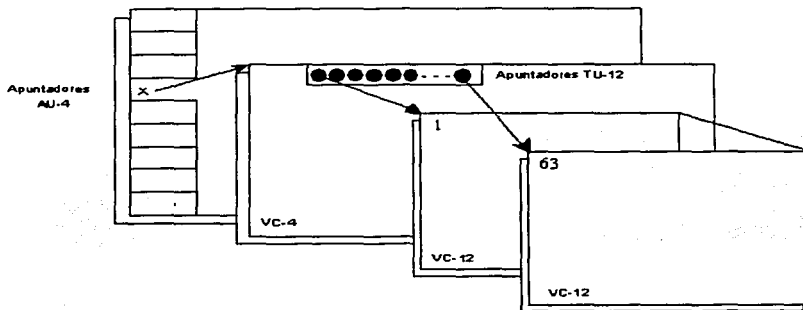
- Los valores de los apuntadores describen la posición inicial de los VC's flotantes dentro de la carga de información de la trama AU o TU y que son recalculados en cada nodo.
- El uso de apuntadores evita la necesidad de tener buffers para AU o TU con lo que el retraso (Delay) de red en SDH es minimizado.
- Los apuntadores permiten también la operación de tipo plesiócrono de los VC's dentro de la red sincrónica.
- Incrementando o decrementando el valor del apuntador en forma correspondiente para adaptar las velocidades de transmisión de los VC's.
- El uso del apuntador facilita el multiplexarse y demultiplexarse debido a la posición de cada byte de cualquier tributaria. En una señal STM-n puede ser fácilmente calculado partiendo de los valores de uno de dos apuntadores.
- Los apuntadores debido a su movimiento ocasionan Jitter.

Para el mapeo de señales de 2 Mbits/s hacia un SDH, se usan dos niveles de apuntadores.

<b>Nivel de apuntador</b>	<b>Descripción</b>
AU-4	En el primer nivel tenemos al apuntador AU-4, que identifica el comienzo del VC-4 en relación con la trama básica STM-1.
TU-12	En el segundo nivel, tenemos a los apuntadores TU-12, que identifican el comienzo del VC-12 relativo al VC-4 para cada uno de los 63 VC-12s. Ver figura 4.16

**Tabla 4.9**

**TRABAJO CON  
FALLA DE ORIGEN**



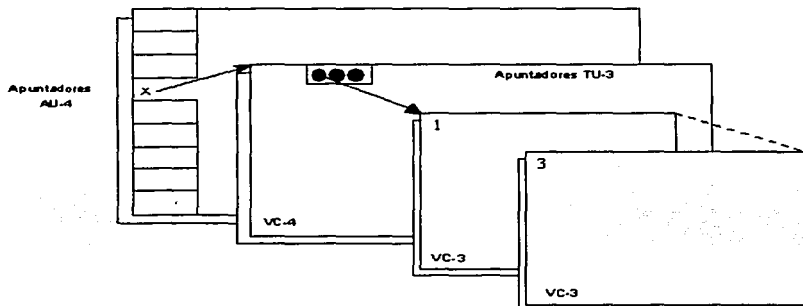
**Figura 4.16** Múltiplex de dos etapas.

Para el mapeo de señales de 34 Mbits/s hacia un SDH, se usan dos niveles de apuntadores.

<b>Nivel de apuntador</b>	<b>Descripción</b>
AU-4	En el primer nivel tenemos al apuntador AU-4, que identifica el comienzo del VC-4 en relación con la trama básica STM-1.
TU-3	En el segundo nivel, tenemos a los apuntadores TU-3, que identifican el comienzo del VC-12 relativo al VC-3 para cada uno de los 3 VC-3s. Ver figura 4.17

**Tabla 4.10**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 4.18 Múltiplex de dos etapas.**

#### 4.2.2 APUNTADES PTR

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

En la transmisión síncrona, la sincronización requerida en el proceso de multiplexaje síncrono se efectúa por medio de apuntadores. Tal proceso de sincronización se necesita debido a que un contenedor virtual se crea utilizando un reloj diferente al asociado con el TU o AU.

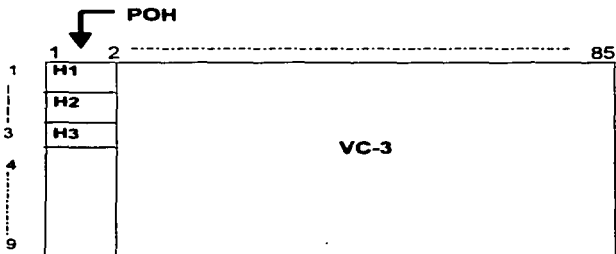
Cuando un VC se alinea a un AU o TU, un apuntador lleva la información que indica su posición de inicio; cuando la dirección cambia, el apuntador también se modifica para mantener la información de la localización corrida.

Entonces, el apuntador indica la localización del primer byte de un VC dentro de la trama de un TU o un AU. El apuntador es una variable dada que cambia de acuerdo a la variación de la localización del contenedor virtual VC.

Los apuntadores son aplicados en las Unidades Administrativas y las Unidades Tributarias. Estos apuntadores son: AU-4 PTR, AU-3 PTR, TU-3 PTR, TU-11 PTR, TU-2 PTR y TU-12 PTR. A los apuntadores de alto orden se les denomina H1, H2 y H3 (AU-4 PTR, AU-3 PTR y TU-3 PTR) y a los de bajo orden V1, V2 y V3 (TU-11 PTR, TU-2 PTR, y TU-12 PTR). No obstante que las designaciones de H1, H2, H3 y V1, V2, V3 son diferentes, tienen las mismas funciones básicas.

#### 4.2.3 COMPOSICIÓN DE LOS APUNTADORES

Como ya se ha mencionado, los apuntadores se pueden agrupar en apuntadores de alto orden y apuntadores de bajo orden. El apuntador de alto orden está contenido en los bytes H1, H2 y H3. En el caso de AU-4 o AU-3, el apuntador de alto orden se encuentra en la parte izquierda de la cuarta fila de la trama AU-4 o AU-3. Para TU-3, su apuntador se coloca en la parte superior de la primera columna de la trama como se puede apreciar en la figura 4.19. De estos tres bytes, H1 y H2 funcionan como la indicación de la dirección para la posición de inicio del correspondiente VC, y H3 se utilizan para la ejecución de la justificación negativa. Cada uno de los bytes H1 y H2 se asignan para cada trama de 125 $\mu$ s, pero tres bytes H3 se asignan para AU-4 y solamente un byte H3 para el caso de AU-3 o TU-3.



TESIS CON  
 FALLA DE ORIGEN

Figura 4.19 Apuntador para TU-3.



## 4.2.4 COMO OPERAN LOS APUNTADESORES

Los principios de operación de los apuntadores son los mismos para todos los niveles (apuntadores AU-4, TU-3 y TU-12).

- Apuntador del AU-4

El apuntador indica el comienzo del VC-4 y se identifica por un número de dirección dentro de la carga útil, en cada trama. Cada dirección contiene 3 bytes.

El número de posición 0 se coloca inmediatamente después de los 9 bytes de los apuntadores, el número de la posición más alta es el 782 como se puede ver en la figura 4.20.

Comienzo de trama CTCB-1										Opciones para la dirección de trama			Opciones para la dirección por ruta							
PTR										0	0	0	1	1						
H1	Y	Y	HC	I'	I'	H3	H3	H3												
1	2	3	4	5	6	7	8	9		07	07	07						782	782	782
										2A	2A	2A						06	06	06
										21	21	21						173	173	173
										300	300	300						200	200	200
										300	300	300						301	301	301
										435	435	435						431	431	431
										522	522	522	523	523	523			521	521	521
										609	609	609						608	608	608
										696	696	696						695	695	695
										0	0	0	1	1				782	782	782
										07	07	07						86	86	86

I' = Todos 1's  
 Y = TODOS 0's, NO especificado  
 HC = NO especificado

Comienzo de trama CTCB-1

PTR

H1 Y Y HC I' I' H3 H3 H3 0 0 0 1 1

1 2 3 4 5 6 7 8 9 07 07 07 2A 2A 2A 21 21 21 300 300 300 435 435 435 522 522 522 523 523 523 609 609 609 696 696 696 0 0 0 1 1 07 07 07

782 782 782 06 06 06 173 173 173 200 200 200 301 301 301 431 431 431 521 521 521 608 608 608 695 695 695 782 782 782 86 86 86

Figura 4.20 Apuntador AU-4.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

◆ Apuntador del TU-3

El apuntador TU-3 permite la localización del VC-3 dentro del TU-3. En la figura siguiente se muestra la localización de los bytes del apuntador con las direcciones del VC-3.

		1	85
PTR	H1	595	679
	H2	680	764
	H3	0	84
R E L L E N O	85	86	169
	170		254
	255		339
	340		424
	425		509
	510		594
PTR	H1	595	679
	H2	680	764
	H3	0	84
R E L L E N O	85		169
	170		254
	255		339

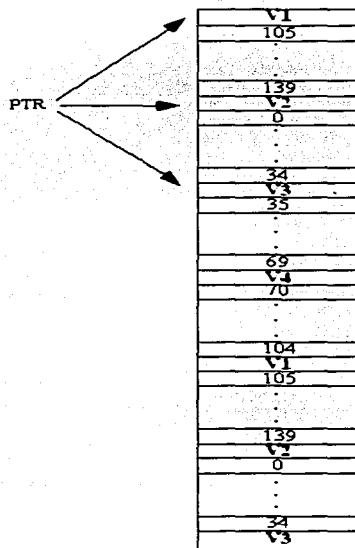
Figura 4.21 Apuntador TU-3.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

---

◆ Apuntador del T-12

Localizada al inicio del VC-12 dentro del TU-12, vea la figura 4.22.

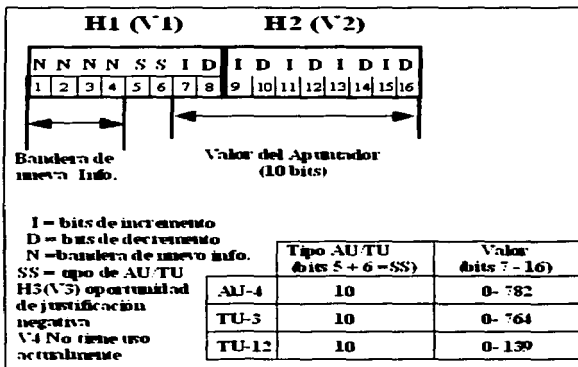


TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Figura 4.22 Apuntador TU-12.

## 4.2.5 INTERPRETACION DE LOS APUNTADESORES

El apuntador contenido en los bytes H1 y H2 en AU-4, H1 y H2 en TU-3, o V1 y V2 en TU-2 designa la localización del byte donde VC comienza. Los dos bytes disponibles para el apuntador se pueden considerar como una palabra de 16 bits, donde los últimos 1º bits (del 7 al 16) proporcionan el valor del mismo apuntador. Ver figura 4.23.



TESTS CON FALLA DE ORIGEN

Figura 4.23 Codificación y valores del apuntador.

Los bits 1-4 (llamados bits N) del apuntador contienen un NDF (New Data Flag), bandera de nuevos datos que permiten un cambio arbitrario del valor del apuntador en caso de que esto sea consecuencia de un cambio en el VC. Los valores posibles son 0110 deshabilitada, 1001 habilitada.

TESTS CON FALLA DE ORIGEN

---

La decodificación se acepta al menos 3 bits de la NDF coincidan. La operación normal se indica mediante un "0110" en los bits N.

Mientras que la bandera NDF con la inversión de dichos bits a "1001" representa bandera de nuevos datos, producto de un corte o cambio de información (conmutación). El nuevo alineamiento es indicado por el valor del apuntador que acompaña a la NDF y entra en efecto el OFFOSET indicado.

En la tabla 4.11 se indican los valores de tres tramas consecutivas cuando el apuntador se incrementa de 522 a 523 debido a una justificación positiva.

Valor del Apuntador		H1 Binario		H2 Binario		H1	H2
Dec	Hex	NNNN	SSID	IDID	IDID	Hex	Hex
522	20A	0110	1010	0000	1010	6A	0A
Incremento		0110	1000	1010	0000	68	A0
523	20B	0110	1010	0000	1011	6A	0B

**Tabla 4.11**

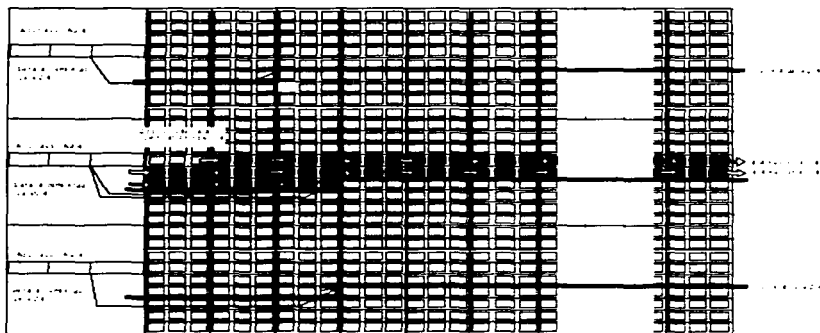
En el caso de que exista un offset (desplazamiento) de frecuencia entre las velocidades de transmisión del AUG y del VC-4 el equipo detecta esta diferencia y efectúa una justificación, ya sea positiva o negativa. Al mismo tiempo el apuntador "avisa" al equipo receptor de este cambio. Después en la siguiente trama el valor del apuntador se incrementa o decrementa indicando la nueva dirección del inicio del VC-4.

◆ **Justificación Positiva**

En cuanto a operaciones o cambios que se efectúen sobre el apuntador, estas deberán espaciarse de tal manera que cuando menos existan tres tramas consecutivas en que el apuntador permanece constante.

Si la velocidad de trama VC-4 es baja con respecto a la del AUG, se requerirá meter bytes de relleno en los tres bytes ceros. esto es justificación positiva. El equipo local avisará al distante, de que en dichos bytes no hay información invirtiendo todos los bit 1 (bit 7,9,11,13 y 15). Cinco bit para permitir que el equipo distante efectúe el proceso de decisión mayoritaria.

Después en el siguiente valor del apuntador se incrementa en uno. De esta manera se localiza la nueva dirección de inicio del VC-4.



**Figura 4.24 Apuntador AU-4 justificación positiva.**

El apuntador AU-4 identifica el comienzo del VC-4 en relación a la trama STM-1. Para el caso de la figura anterior, el valor del apuntador AU-4 se incrementa en uno, a lo cual fue resultado de haber efectuado una justificación positiva. Ahora, el VC-4 comenzará en una posición 3 bytes después (un poco más tarde).



Cuando hay justificación positiva, la trama SDH tiene 3 bytes que llevan relleno fijo. Estos bytes, bytes 0's van después de los bytes apuntadores (H3's).

Dirección	Bit 8-16 de H1H2	Función
	I D I D I D I D I D	
176	0 0 1 0 1 1 0 0 0 0	Dirección de inicio del VC-4.
—	1 0 0 0 0 1 1 0 1 0	Aviso de que se efectuó justificación positiva.
177	0 0 1 0 1 1 0 0 0 1	Nueva dirección de inicio del VC-4.

Tabla 4.12

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

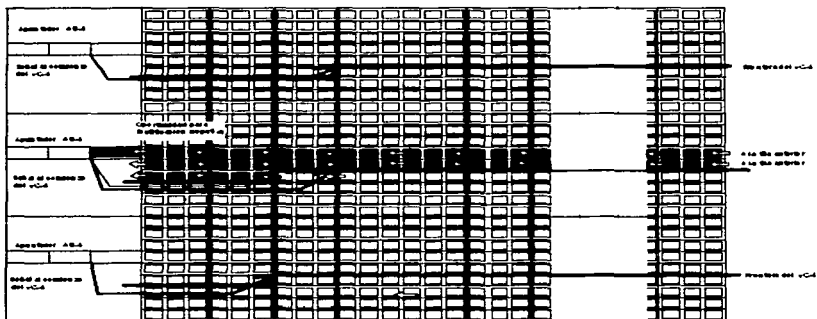
◆ Justificación Negativa

En caso de que la velocidad de trama del VC-4 sea demasiado alta con respecto a la de AUG, (la trayectoria de alto orden tiene bytes para enviar antes de que la parte multiplexora del sistema este lista para enviarlo) se tendrá que efectuar una justificación negativa, esto se logra "adelantando" la información hacia los 3 bytes H3.

Al ocurrir esto, hay que "avisar" a la estación distante de que en los H3's hay información y no relleno como normalmente ocurre, y esto se logra invirtiendo todos los bit llamados D (bit 8, 10, 12, 14 y 16).

Después en la siguiente trama el valor del apuntador se decrementa en uno, indicando la nueva posición de inicio de VC-4. Lo anterior se demuestra en la figura 4.25.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



**Figura 4.25 Apuntador AU-4 justificación negativa.**

Dirección	Bit 8-16 de H1H2	Función
	I D I D I D I D	
176	0 0 1 0 1 1 0 0 0 0	Dirección de inicio del VC-4.
	0 1 1 1 1 0 1 1 0 1	Aviso de que se efectuó justificación negativa.
175	0 0 1 0 1 0 1 1 1 1	Nueva dirección de inicio del VC-4.

**Tabla 4.13**

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



Resumiendo las siguientes tablas demuestran el funcionamiento (Tabla 4.14) y ajustes de los apuntadores (Tabla 4.15).

Nivel	Apuntador	Byte Disponible Just Negativa	Byte Disponible Just Positiva	Direcciones Permitidas del Apuntador	Indica el inicio de
AU4	H1 H2	H3	0	0-782	VC-4(J1)
TU3	H1 H2	H3	0	0-764	VC-3(J1)
TU12	V1 V2	V3	35	0-139	VC12(V5)

Tabla 4.14

Unidad	Bytes	AU-4		TU-3		TU-12	
		H3	0	H3	0	H3	0
Normalmente		R	I	R	I	R	I
Justificación Positiva		R	R	R	R	R	R
Justificación Negativa		I	I	I	I	I	I

Tabla 4.15

Los apuntadores se pueden usar para otras aplicaciones en el SDH por ejemplo, la indicación de concatenación y la indicación del apuntador nulo (NPI).



---

- Concatenación

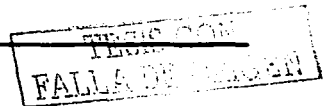
La concatenación es un proceso en donde varios VC's ó Tu's son asociados con otros, con el resultado de que su capacidad combinada de x contenedores puede ser usada como un contenedor único (Cn-Xc) a través del cual se mantiene la integridad de secuencia de bit.

Si se requiere transportar cargas mayores de información de la que puede transportar un C4: Las AU-4 pueden ser concatenadas para formar un AU-4 Xc, es decir, AU-4's concatenadas x veces. Dentro del apuntador AU-4 se tiene un indicador concatenado que se usa para señalar que la carga múltiple del contenedor C4 (siendo transportada en el VC4-Xc) debe mantenerse junta. Este apuntador tomo los valores de: H1, 10011011 y H2, 11111111 y H3 no definido.

La primera columna del VC4-Xc es utilizada por el POH, mientras que las columnas 2 a la X se especifica como fijas. El resto de la capacidad (X veces un VC4) está disponible para la carga de información.

En ciertos casos, la estructura de la trama del SDH contiene 3 bytes para un apuntador que puede o no ser usado, dependiendo de la estructura de la multiplexación. Si el espacio destinado no se utiliza para un apuntador, los primeros dos bytes H será una indicación de apuntador nulo (NPI Null Pointer Indication) teniendo los siguientes valores binarios: 1001 1011 y 1110 0000. El contenido del tercer byte esta indefinido.

La SDH permite el transporte de varios tipos de señales, como las señales PDH de 140, 34 y 2 Mbit/s. Para cada tipo de señal se define un mapeo.



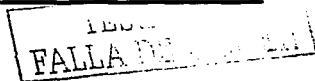
---

## **GLOSARIO**

<b>ADM</b>	Multiplexor de inserción ó extracción. Elemento clave de la red SDH que facilita el incluir o el extraer un canal de baja velocidad de flujo de tráfico de alta velocidad sin necesidad de un proceso de demultiplexar todo un canal.
<b>AIS</b>	Señal que indica un problema dentro de la red SDH.
<b>ANSI</b>	La principal organización de desarrollo de estándares en Estado Unidos.
<b>ATM</b>	Modo de Trasmisión Asíncrona.
<b>AU</b>	Unidad Administrativa. Esta formada por un contendor virtual de alto orden (VC) asociado a un apuntador.
<b>AUG</b>	Grupo de Unidades Administrativas. Se forma por la unión de Unidades Administrativas (AU) y su función es transportarlas en conjunto por la red.
<b>BIP</b>	Byte de Control de paridad Par. La paridad es un método de verificación de datos de una terminal no inteligente, en el cual cada carácter debe tener una cantidad par de bits 1.
<b>BIT</b>	Dígito Binario. Dígito simple de un número binario (0 ó 1).
<b>BYTE</b>	Una unidad de información utilizada principalmente al referirse a transferencia y almacenamiento de datos; un grupo de 8 bits para formar un carácter.
<b>C</b>	Contenedor Síncrono. Cualquier señal tributaria tiene que ser mapeada en un contendor síncrono para pasar a formar parte de la transmisión en SDH.
<b>CM</b>	Código de Inversión de Línea. Se utiliza cuando las señales a 1555 Mbps aparecen en interfaces eléctricas.

---

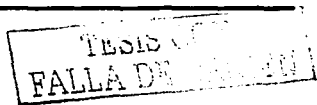
<b>DCC</b>	Canal de Comunicación de Datos.
<b>DSD</b>	Canal dedicado a la transmisión de información digital.
<b>DSO</b>	Canal básico de comunicación de 64 Kbps en el estándar norteamericano.
<b>EO</b>	Canal básico de comunicación de 64 Kbps en el estándar europeo.
<b>ER</b>	Elemento de red que forma parte de una red SDH.
<b>ETSI</b>	Instituto de Estandarización de Telecomunicaciones Europea.
<b>FEBE</b>	Errores de Bloque en el Extremo Distante.
<b>FERF</b>	Señal de falla de recepción en el extremo distante. Función activada dentro del encabezado de sección SOH.
<b>FOH</b>	Encabezado fijo. Se asigna al principio de un conjunto de varios contenedores.
<b>ISDN</b>	Red Digital de Servicios Integrados.
<b>LAN</b>	Red de Area Local, que hace uso de la red pública para intercomunicar sus nodos.
<b>MAN</b>	Red de Area Metropolitana.
<b>MPS</b>	Sección de Protección del Multiplex. Para asegurar que la red SDH continúe en operación si hay alguna falla en la línea, se debe destinar una línea extra (sección de protección) para que lleve el tráfico de la línea deteriorada.
<b>MSOH</b>	Encabezado de Sección de Multiplexor. Determina la tasa de error existente en la transmisión, pero entre cada sección de multiplexor.



---

<b>MUX</b>	Multiplexor. Dispositivo encargado de asignar intervalos de tiempo a varios abonados o canales.
<b>NDF</b>	Bandera de nuevos datos. La bandera es un patrón de bits usado en muchos protocolos orientados a bits para marcar el principio (y frecuentemente el fin) de una trama.
<b>NE</b>	Elemento de Red.
<b>P/Z/N</b>	Justificación Positiva/Cero/Negativa. Cuando es necesario ajustar la sincronía de una señal adelantándola o atrasándola ligeramente dentro de un contenedor.
<b>PCM</b>	Modulación por Pulsos Codificados. Una técnica de modulación para convertir señales analógicas de voz en forma digital.
<b>PDH</b>	Jerarquía Digital Plesiócrona. Sistema utilizado para sincronizar redes de telecomunicaciones, en forma casi sincrónica.
<b>POH</b>	Encabezado de Trayectoria. Indica la dirección de la información y la tasa de error existente de principio a fin de la información.
<b>PT</b>	Traza de Trayectoria. Con esta función se verifica la conexión de la trayectoria del contenedor virtual (VC) y se encuentra dentro del encabezado de trayectoria de alto orden.
<b>PTO'S</b>	Operadores o Administradores de las Redes de Telecomunicaciones Públicas.
<b>PTR</b>	Apuntador. Utilizado en SDH y facilita la sincronización dentro de la red.
<b>ROSH</b>	Encabezado de Sección de Regenerador. Con este encabezado se determina la tasa de error entre cada regenerador.
<b>SDH</b>	Jerarquía Digital Síncrona. Sistema utilizado para redes de transmisión de la red SDH.
<b>SDXC</b>	Sistema de Interconexión Digital o Enrutador Digital Síncrono.

---



---

<b>SOH</b>	Encabezado de Sección. Nos indica varios parámetros y entre ellos la tasa de error que existe en cada sección de red.
<b>SONET</b>	Red Óptica Síncrona. Un conjunto de estándares para comunicación de datos sobre cable de fibra óptica a velocidades entre 51.84 Mbps y 13 Gbps.
<b>STM</b>	Módulo de Transporte Síncrono. Trama básica de la red SDH.
<b>T-n</b>	Estándar americano para un agrupamiento de 24 canales de 64 Kbps.
<b>TMN</b>	Redes de Administración de Telecomunicaciones.
<b>TU</b>	Unidad Tributaria. Se encuentra formado por un contenedor virtual de bajo orden y su apuntador.
<b>TUG</b>	Grupo de Unidades Tributarias. Se forma a partir de la unión de unidades tributarias (TU) para ser transportadas en conjunto.
<b>UIT</b>	Unión Internacional de Telecomunicaciones. Es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el campo de las Telecomunicaciones.
<b>UIT-T</b>	Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la UIT. Es un órgano permanente de la UIT. La UIT-T es la entidad que establece normas mundiales (Recomendaciones) sobre las telecomunicaciones.
<b>V5</b>	Se utiliza como encabezado de trayectoria para los contenedores virtuales de bajo orden.
<b>VC</b>	Contenedor virtual. Formado por la carga útil o información (contenedor) y un encabezado de trayectoria (POH).



---

## CONCLUSIONES

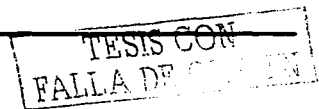
La apertura de los servicios de telecomunicaciones en nuestro país origina una competencia entre los diferentes operadores de redes de telecomunicaciones, obligando con esto a destinar más recursos para la investigación y desarrollo de nuevas tecnologías para tener más competitividad dentro de este amplio mercado.

Con la demanda de nuevos servicios se requiere de mayor calidad en las transmisiones de voz, datos y video, lo que nos lleva a tener nuevas demandas de sistemas de transmisión con más ventajas que permitan implementar sistemas que cubran las necesidades de comunicación.

Tanto las corporaciones nacionales como extranjeras vislumbran grandes beneficios y oportunidades con la apertura comercial en nuestro país. Esto los obliga a depender en mayor proporción de las telecomunicaciones locales y de larga distancia y a exigir mejores niveles de confiabilidad, rapidez y economía, además de tener la facilidad de enviar grandes volúmenes de información.

En los últimos años ha habido un crecimiento muy significativo en el uso de computadoras de alta capacidad integradas en redes de área local. La integración de estas redes locales, además de los usuarios finales ( por ejemplo los abonados telefónicos), esta requiriendo de redes de transporte de larga distancia con un mayor ancho de banda y alta confiabilidad, que permita el transporte eficiente de voz, datos y video. Para solucionar esta situación SDH ha desarrollado un conjunto de estándares, los cuales rigen todos los aspectos de una red de telecomunicaciones de banda ancha.

Con la aparición de la tecnología SDH, se encuentra mejor definido el panorama para la transmisión de grandes volúmenes de información y a velocidades superiores, además de tener la facilidad de contar con señales de baja velocidad a partir de flujos de muy alta velocidad.



---

La Jerarquía Digital Síncrona al ser aceptada mundialmente, da como resultado el enlace de diferentes jerarquías de transmisión de redes digitales en servicio

Con los avances en las telecomunicaciones, actualmente podemos planear una red de transporte de alta velocidad. Refiriéndonos a las redes de alta velocidad a aquellas que operan con las tecnologías PDH y SDH, donde SDH supera a PDH, pretendiendo llegar a una estandarización de ambas.

Con la tecnología de SDH se facilitan las implementaciones de redes orientadas al futuro con características normalizadas por las recomendaciones de la UIT-T existentes para garantizar la compatibilidad total entre los equipos de distintos fabricantes.

Una de las aplicaciones que se tienen orientadas al futuro es en la Multiplexación por División de Longitud de Onda (WDM). En la práctica el gran ancho de banda de los amplificadores ópticos abren la puerta para la multiplexación de muchas señales dentro de una misma fibra óptica.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN



---

## **BIBLIOGRAFÍA**

- **Sherman, Ken**  
Data Comunication  
Ed. Prentice may  
1990
- **Mazda, Fraidoon**  
Telecommunications Enginner's  
Ed. Butternworth  
1993
- **Especificaciones Técnicas para los Radios de Microondas Digitales SDH.**  
TELMEX  
1997
- **Jerarquía Digital Sincrona**  
INTELMEEX  
1997
- **Multiplexores Digitales de Alto Orden (PDH)**  
INTELMEEX  
1997
- **Feraz, Cristiano Enrique**  
Equipos PDH  
TELMEX  
1995

- 
- Mediciones en Jerarquía Digital Sincrona (SDH)  
Electrónica y Telecomunicaciones  
Hewlett Packard de México S.A. de C.V.
  - Diplomado en Telecomunicaciones y Proceso de Interconexión  
INTELMEX  
1997
  - [www.tectronix.com](http://www.tectronix.com)
  - [www.ttc.com](http://www.ttc.com)
  - [www.einstein.univalle.edu.com](http://www.einstein.univalle.edu.com)
  - [www.ciberhabitat.gob.mx](http://www.ciberhabitat.gob.mx)
  - [www.rad.com](http://www.rad.com)

TESIS CON  
FACULTAD DE INGENIERIA