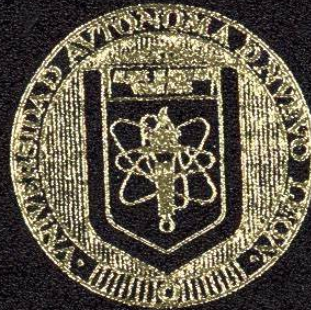


UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA

DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANALISIS COMPARATIVOS DE JERARQUIA
DIGITAL SINCRONA CON RESPECTO
'AJERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA'

POR

ING. ADRIANA GUADALUPE GARZA ALVAREZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON
ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

JUNIO DEL 2003.

TM

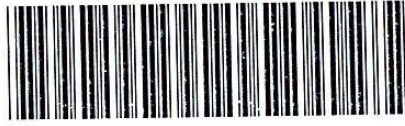
Z5853

.M2

FIME

2003

.G379



1020149035

UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA
Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO



ANALISIS COMPARATIVOS DE JERARQUIA
DIGITAL SINCRONA CON RESPECTO
A JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA

POR

ING. ADRIANA GUADALUPE GARZA ALVAREZ

TESIS

EN OPCION AL GRADO DE MAESTRO EN
CIENCIAS DE LA INGENIERIA CON
ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES

SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N. L.

JUNIO DEL 2003

982711

TM

Z 5853

.M2

FIME

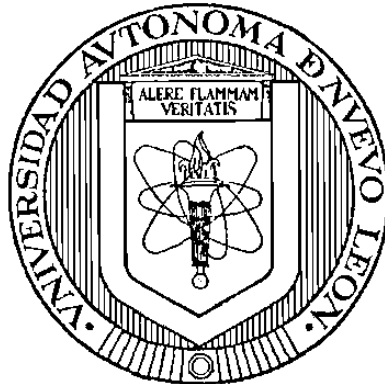
2003

.B379



FONDO
TESIS

UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**ANÁLISIS COMPARATIVOS DE JERARQUÍA DIGITAL
SÍNCRONA CON RESPECTO AJERARQUÍA DIGITAL
PLESIÓCRONA**

POR

ING. ADRIANA GUADALUPE GARZA ALVAREZ

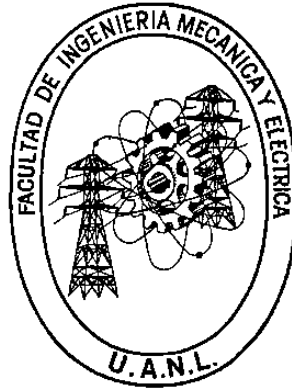
TESIS

**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA CON ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES**

**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.
JUNIO DEL 2003**



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DE NUEVO LEÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA
DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POST-GRADO



**ANÁLISIS COMPARATIVO DE JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA
CON RESPECTO A JERARQUÍA DIGITAL PLESIÓCRONA**

POR

ING. ADRIANA GUADALUPE GARZA ALVAREZ

TESIS

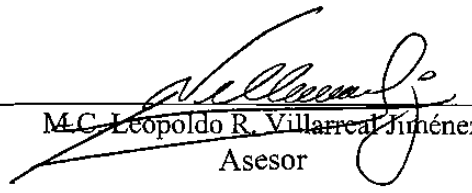
**EN OPCIÓN AL GRADO DE MAESTRO EN CIENCIAS DE LA
INGENIERÍA CON ESPECIALIDAD EN TELECOMUNICACIONES**

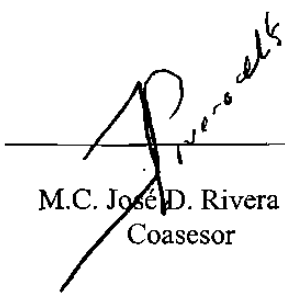
**SAN NICOLAS DE LOS GARZA, N.L.
JUNIO DEL 2003**


**UNIVERSIDAD AUTONOMA DE NUEVO LEON
FACULTAD DE INGENIERIA MECANICA Y ELECTRICA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSGRADO**

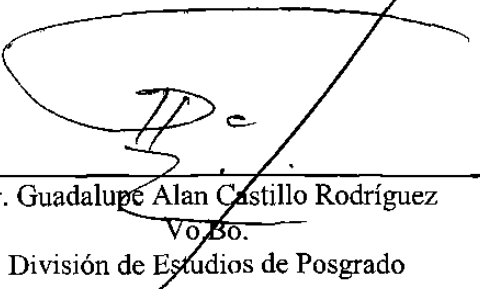
Los miembros del comité de tesis recomendamos que la tesis “**Análisis comparativo de Jerarquía Digital Síncrona con respecto a Jerarquía Digital Plesioncrona**” realizada por la **Ing. Adriana Guadalupe Garza Alvarez # matricula 795413** , sea aceptada para su defensa como opción al grado de **Maestro en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en Telecomunicaciones.**

El Comité de Tesis


M.C. Leopoldo R. Villarreal Jiménez
Asesor


M.C. José D. Rivera Martínez
Coasesor


M.C. Fernando Estrada Salazar
Coasesor


Dr. Guadalupe Alan Castillo Rodríguez
Vo.Bo.
División de Estudios de Posgrado

San Nicolás de los Garza, N.L., Mayo de 2003.

PRÓLOGO

Al utilizar la luz como portadora de información teniendo medio de comunicación de fibra óptica, inició un cambio en los sistemas de telecomunicación.

Los sistemas de telecomunicación cambiaron con la instalación del cable de fibra óptica en sus redes de comunicación, volviéndose más confiables y de mayor capacidad y calidad.

Al tener mayor capacidad de información y utilizar mayor velocidad de transmisión, aumentó la cantidad de usuarios y también aumentó la necesidad de la red. Se requería de un sistema de comunicación para los enlaces de alta velocidad por fibra óptica para brindar más flexibilidad en la red para poder utilizarla con las redes que estaban ya operando y que redujera los costos de instalación, operación y mantenimiento.

Así se creó la red SDH (Jerarquía Digital Síncrona) la cual tiene una serie de estándares para la utilización de nuevas redes que son la solución para las necesidades actuales y futuras de los enlaces de telecomunicación.

INDICE

Capítulo	Página
SÍNTESIS.....	1
1.- Introducción.....	3
1.1 Descripción del problema a resolver.....	3
1.2 Objetivo de la tesis.....	4
1.3 La hipótesis.....	4
1.4 Los límites del estudio.....	4
1.5 La justificación de la Tesis.....	5
1.6 La metodología a seguir.....	5
1.7 Revisión bibliográfica.....	6
2.- Antecedentes.....	7
2.1 Antecedentes de SDH.....	7
2.2 Jerarquía Digital Plesiócrona.....	9
2.2.1 Niveles de Jerarquía PDH.....	11
2.2.2 Estándares de la Jerarquía Digital Plesiócrona.....	12
2.3. Características de los sistemas PDH.....	12
2.3.1 Nomenclaturas de los sistemas PDH.....	13
2.3.2 Incremento en la capacidad de transporte.....	14
2.3.3 Operaciones de los sistemas PDH.....	16
2.3.3.1 Sincronización de los sistemas PDH.....	16
2.3.3.2 Circuitos de recuperación de sincronía.....	17
2.3.3.3 El jitter en los sistemas PDH.....	18
2.3.3.4 Multiplexión de los sistemas PDH.....	18
2.4. Limitaciones de los sistemas PDH.....	20
3.- ¿Qué es SDH?	23
3.1. Sincronización de señales digitales.....	23

3.1.1 Jerarquía Digital Síncrona (SDH).....	24
3.2. Características de los sistemas SDH.....	25
3.3 Ventajas de los sistemas SDH.....	27
3.4. Topologías SDH.....	28
3.4.1 Topología punto a punto.....	29
3.4.2 Topología punto a multipunto.....	29
3.4.3 Topología de hub.....	30
3.4.4 Topología de anillo.....	30
4.- SDH como técnica de transmisión.....	32
4.1 Recomendaciones de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).....	32
4.2 Velocidades de transmisión SDH.....	33
4.3 Elementos de una red SDH.....	34
4.3.1 Regenerador.....	35
4.3.2 Multiplexor terminal (TM).....	36
4.3.3 Multiplexor de inserción-extracción (ADM).....	36
4.3.4 Crosconector digital (DXC).....	37
4.4 SDH en términos del modelo de capas.....	37
4.4.1 Tributarios.....	37
4.4.2 Contenedor.....	38
4.4.3 Modelo de SDH.....	39
4.5. Estructura básica de multiplexión.....	42
4.6. Formato de la trama STM-1.....	43
5.- Conclusiones y recomendaciones.....	50
5.1 Conclusiones.....	50
5.2 Recomendaciones.....	51
Bibliografía.....	52
Lista de tablas.....	53

Lista de figuras.	54
Abreviaturas	55
Resumen Autobiográfico.	58

SÍNTESIS

Al haber un incremento en los usuarios de las líneas telefónicas, se tuvo que implementar otros métodos para poder explotar al máximo la infraestructura que se tenía, con esto llego la multiplexación por división de frecuencia (FDM), esto quiere decir que se multiplexaba y se enviaba mas información por la misma línea telefónica.

Al haber un incremento se utilizo el método PCM , o modulación por codificación de pulsos, esto era una conversión de la información de analógica a digital, quiero decir que la información que tenemos es muestreada, cuantificada y por ultimo codificada y es transmitida a una velocidad mayor.

Con esto surge PDH (Jerarquía Digital Plesiócrona) que es un conjunto de transmisión digital de información agrupado en niveles o jerarquías, donde los equipos operan en una forma plesiócrona o casi a tiempo.

Existe diferentes estándares de transmisión, estos varían de acuerdo al país donde se encuentren, los 2 mas importantes son el Europeo y el Americano.

El europeo (E1) opera a 2.048 Mbps y está en la recomendación G.732 de CCITT y el americano (T1) que opera a 1.544 Mbps y está en la recomendación G.733 de la CCITT.

Al haber mas avances en el tipo de información que se quiere transmitir, PDH fué obsoleta y algunas de sus desventajas eran: La gran complejidad de la red, no se tenía control de ella y sobre todo y la más importante, la incapacidad de satisfacer las demandas de los nuevos servicios.

Así nació SDH (Jerarquía Digital Síncrona) entendiéndose por sincronía que todos los sistemas operan al mismo tiempo, o sea que tienen solamente un reloj de referencia.

SDH se derivó del estándar norteamericano de Sonet que fue propuesto por Bellcore en 1985, este fue tomado por la CCITT y en 1986 se desarrolló SDH, en resumen SDH es el estándar europeo para las transmisiones síncronas.

Las implementaciones de la transmisión sincrónica se debe principalmente a su capacidad de interconectarse con el sistema pleisícrono existente.

Una de las principales ventajas que tiene sobre PDH son las altas velocidades de transmisión, la compatibilidad de los sistemas SDH con los de PDH y una muy importante: la simplificación de la red.

CAPITULO 1.

INTRODUCCION.

1.1 Descripción del problema.

Debido al desarrollo de los métodos de digitalización de la señal se crearon varios sistemas de transmisión digital. Los primeros sistemas digitales empleaban medios de conducción analógicos (inicialmente fue el par trenzado utilizado por las compañías telefónicas, después emplearon la fibra óptica) y multiplexión asíncrona; a estos sistemas se les denomina PDH.

Cuando se incrementaron las necesidades de la comunicación y de nuevos servicios para el transporte de nuevos tipos de información y la técnica existente era insuficiente para satisfacer las nuevas demandas, y sumamente compleja, se desarrollaron sistemas digitales que emplearon la multiplexión síncrona y fibra óptica como medio de conducción; a estos sistemas se les denomina SDH.

En la actualidad no se tiene un estudio específico y documentado de las ventajas que tiene SDH con respecto PDH y por lo tanto no podemos conocer las necesidades que

cubre una con respecto a otra y por esto dejamos de aprovechar las ventajas que nos da SDH.

1.2 Objetivo de la Tesis.

Esta tesis tiene como propósito fundamental el de comparar los beneficios de SDH con PDH, así como para obtener un conocimiento del desarrollo de esta técnica actualmente.

1.3 La Hipótesis.

Al aplicar SDH los resultados serán reflejados en aumento de ancho de banda, velocidad y por lo tanto podremos transmitir voz, video y datos en cualquiera de las siguientes aplicaciones multimedia, gráficos, teleconferencia y telemedicina.

1.4 Los límites del estudio.

o Se analizara PDH sistema de comunicación digital para la transmisión de voz, video y datos, con la finalidad de evaluar el desarrollo de SDH.

o Esta investigación esta enfocada al sistema BISDN y no pretende evaluar las demás tecnologías.

o Obtener una recopilación de datos precisos y actuales y conocer el impacto que causa el desarrollo de SDH.

1.5 La justificación de la Tesis.

Con este trabajo de tesis analizaré las ventajas que nos proporciona al utilizar la técnica SDH.

Las ventajas que nos proporciona es el gran ancho de banda y la velocidad con la que podremos transmitir, por mencionar solo algunas.

1.6 La metodología a seguir.

o Recopilaré información a través de libros de texto, apuntes, material de cursos, conferencias, internet, etc.

o Analizaré la información recopilada para adaptarla al objetivo planeado y construir la estructura de la tesis.

o Realizaré una comparación acerca de la información recopilada sobre las ventajas de SDH sobre PDH.

o Demostraré las ventajas de utilizar SDH en lugar de PDH haciendo una comparación en los sistemas actuales.

1.7 Revisión Bibliográfica.

Las similitudes de esta tesis con otros estudios es que muchos de ellos solo estudiaban ya sea la Jerarquía Digital Plesiócrona o la Jerarquía Digital Síncrona, mas ninguno se propuso encontrar las ventajas y desventajas de uno contra el otro.

Esta tesis muestra las características de PDH y el por qué de emigrar a SDH.

CAPITULO 2.

ANTECEDENTES.

2.1 Antecedentes de SDH.

Hoy en día sería difícil imaginar la vida sin el teléfono. Existen alrededor de 750 millones de conexiones telefónicas alrededor del mundo, y el número de usuarios de Internet se ha incrementado en los últimos años.

Desde un principio los proveedores de servicios de redes se han enfrentado al hecho de que el número de usuarios se ha ido incrementando enormemente. Esto condujo al desarrollo de diversos métodos y tecnologías diseñadas, por un lado para cumplir con las demandas del mercado y por otro lado que tuvieran un costo reducido. En el campo de la ingeniería surgió la introducción de sistemas de multiplexación por división de frecuencia o FDM (Frequency Division Multiplexing), que permite que varias conexiones telefónicas sean transmitidas por un mismo cable. La idea era modular cada canal telefónico con una frecuencia portadora diferente para que las señales se acomodaran en diferentes rangos de frecuencia.

Con la llegada de circuitos con semiconductores, se hizo posible la aparición de un nuevo método de transmisión llamado modulación por codificación de pulsos o PCM (Pulse Code Modulation). PCM permite que señales análogas, tales como la voz

humana, sean representadas en forma binaria. La señal análoga es muestreada en un ancho de banda de 3.1 khz, posteriormente es cuantificada y por último codificada para que pueda ser transmitida a una velocidad de 64 kbps. En Europa y subsecuentemente en otras partes del mundo se adoptó el esquema en el cual se combinan 30 canales de 64 kbps con dos canales adicionales que contienen información de control para formar un canal de 2048 kbps. Solamente en Estados Unidos, Canadá y Japón utilizan un canal de 1544 kbps formado por la combinación de 24 canales en lugar de 30.

El crecimiento de las demandas en el incremento del ancho de banda obligó a que se formaran niveles más altos de multiplexación. El resultado fue la creación de la Jerarquía Digital Plesiócrona o PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy).

En la época de los 1970's las necesidades de comunicación principalmente eran de voz, posteriormente se transmitieron también datos e imágenes a muy baja velocidad, télex. Pero los tiempos cambian, y con ello las necesidades también. En años recientes se ha hecho necesario no solamente transportar voz y datos, sino también vídeo, multimedia, videoconferencia, gráficos, telemedicina, entre otros.

PDH evolucionó en respuesta a la gran demanda de líneas telefónicas en la década de 1970's. A la planeación para la expansión de la telefonía de voz de aquel tiempo se le conoce actualmente como POTS (Plain Old Telephone Service, Plan Antiguo del Servicio de Telefonía). En esta década se tiene como infraestructura de transporte las redes analógicas, se disponen de computadoras analógicas. A mediados de esta década se inventó la fibra óptica y las redes de área local LAN's y tiempo después se ofrece el servicio ISDN para voz y datos. Esto contribuyó a que las necesidades de comunicación se incrementaran enormemente. Para la década de los 1980's ya se tenían instaladas redes de fibra óptica y su crecimiento era cada vez mayor. En esta década se tienen computadoras digitales y se desarrollan nuevas tecnologías LAN. Fue entonces cuando se incrementaron las necesidades de comunicación y de nuevos servicios (B-ISDN) para el transporte de nuevos tipos de información y PDH era insuficiente para satisfacer las nuevas demandas y a la vez sumamente complejo. Debido a lo anterior, a que ya se

tenían instaladas redes de fibra óptica y su implementación era cada vez mayor, y a los avances en la tecnología de cómputo y procesadores de información, y a la Integración a gran escala de los circuitos integrados, se comenzaron a crear las especificaciones para un nuevo medio de transporte: SONET / SDH. Su operación comenzó a principios de los 1990's y con ello el servicio BISDN. Fue por ello que hasta hace muy poco tiempo todo el tráfico de telecomunicaciones era transportado por medio de PDH.

No quiere decir que PDH fuese malo, fue la solución en su época por las necesidades que se tenían y por la tecnología existente pero con el paso del tiempo se volvió obsoleto por las nuevas necesidades y por los nuevos avances en la tecnología.

2.2 Jerarquía Digital Plesiócrona (PDH)

La Jerarquía Digital Plesiócrona es un conjunto de sistemas de transmisión digital de información agrupados en niveles o jerarquías, según su capacidad de transporte de información, donde los equipos operan de manera plesiócrona.

El término plesiócrono proviene del griego plesios: casi, próximo a, cercano y chronos: tiempo. Significa parcialmente síncrono y se emplea en el campo de las telecomunicaciones para indicar cuando los equipos casi operan al mismo tiempo (ritmo) o son casi síncronos.

La capacidad de transporte de los sistemas de transmisión digital equivale a la velocidad de transmisión de información en bits por segundo, ya que el tipo de información que manejan es digital y ésta se transmite en bits.

En general, a los sistemas de transmisión digital se les conoce también como sistemas portadores, ya que éstos “portan” o transmiten la información. También se les conoce como redes troncales de transporte o canales de transporte.

Estos sistemas de transmisión digital comenzaron a emplearse a principios de la década de 1960's principalmente para la transmisión de voz digital sobre medios de conducción analógicos: par trenzado y coaxial. Los equipos empleados en estos sistemas de transmisión no estaban sincronizados entre sí ya que no trabajaban con base en un reloj en común, sino que cada uno tenía su propio reloj para su sincronía. Además, existían diversos fabricantes de equipo cada uno con sus especificaciones y su propio reloj para la sincronización de sus equipos, provocando incompatibilidad entre los equipos. Las diferencias de sincronización en los relojes de los equipos eran mínimas ya que los relojes casi operaban al mismo tiempo, esto sucedía en el nivel básico de los sistemas de transmisión y por su baja capacidad de transporte no existía mucho problema. Sin embargo, estas ligeras diferencias se acrecentaban cada vez más cuando se buscaba aumentar la capacidad de transporte de los sistemas de transmisión. A esta jerarquía de sistemas de transmisión digital se le denominó plesiócrona debido a la forma de operación de los equipos, de ahí su nombre de Jerarquía Digital Plesiócrona.

PDH es una Jerarquía de primer orden en donde un canal telefónico se muestrea, se cuantifica y se codifica para formar un tren de datos con una velocidad de 64 kbps que después se combinará a velocidades mayores, en donde se agregan canales de sincronía, alarmas y de señalización. A esto se le conoce como entrelazado secuencial de bytes.

En Europa y en otras partes del mundo se adoptó el esquema en el cual se combinan 30 canales de 64 kbps con dos canales adicionales que contienen información de control para formar un canal de 2048 kbps. Para evitar un excesivo número de enlaces de 2 Mbps, se decidió implementar jerarquías de multiplexación superiores. El estándar adoptado en Europa fue el de incluir la combinación de cuatro canales de 2 Mbps para formar un canal de 8 Mbps. Para satisfacer la necesidad del constante aumento de las redes troncales, se crearon otros niveles de multiplexación que son los de 34 Mbps, 140 Mbps y 565 Mbps.

Mientras que 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. Estas velocidades son: 1544 kbps, 6312 kbps, 44736 kbps y 274176 kbps.

2.2.1. Niveles de jerarquía de PDH.

La Jerarquía Digital Plesiócrona, PDH, se desarrolló de distintas maneras en Europa, Estados Unidos, Japón y Francia y lo podemos ver en la tabla 2.1.

Nivel Jerárquico	Europa	Estados Unidos	Japón	Francia
0	64 kbps (1)	64 kbps (1)	64 kbps (1)	64 kbps (1)
1	2.048 Mbps x 30 (30)	1.544 Mbps x 24 (24)	1.544 Mbps x 24 (24)	2.048 Mbps x 30 (30)
2	8.448 Mbps x 4 (120)	6.312 Mbps x 4 (96)	6.312 Mbps x 4 (96)	8.448 Mbps x 4 (120)
3	34.368 Mbps x 4 (480)	44.736 Mbps x 7 (672)	32.064 Mbps x 5 (480)	52 Mbps x 6 (720)
4	139.264Mbps x 4 (1920)		97.728 Mbps x 3 (1440)	139.264Mbps N2x16 (1920)
No definido	565 Mbps x 4 (7680)	274 Mbps x 6 (4032)	397 Mbps x 4 (5760)	565 Mbps x 4 (7680)

Tabla 2.1 La Jerarquía Digital Plesiócrona

El canal de 64 kbps en el sistema americano: Estados Unidos y Japón, en realidad no utiliza toda esta capacidad para la información. Tiene solamente una capacidad de 56 kbps para transmitir información, los restantes 8 kbps se utilizan para transmitir información de control. Esto se explicará posteriormente con más detalle.

Los números entre paréntesis indican el número de canales de voz digitalizada que contiene el nivel (o transporta el canal).

Los números que multiplican indican el factor por el que se multiplica el número de canales del nivel anterior para obtener el número de canales de voz del nivel actual, no para obtener la velocidad del nivel (o capacidad del canal).

En Europa, el nivel 4 indica $N_{2 \times 16}$, esto significa que el número de canales de voz del nivel 4 se obtiene al multiplicar el número de canales de voz del nivel 2 por el factor 16. Esto nos indica que la multiplexión para obtener el nivel 4 es a partir del nivel 2 y no del nivel 3, que es el anterior.

La diferencia que existe entre el resultado de multiplicar el nivel anterior por el factor y la velocidad de nivel indicada, se debe a que se agregan bits de justificación y encabezado en la multiplexión.

2.2.2 Estándares de la Jerarquía Digital Plesiócrona.

El transporte de PDH para Europa está definido en la Recomendación ITU G.702 y los esquemas de multiplexión en las series G.730, G.740, G.750. ITU (International Telecommunication Union) Unión Internacional de Telecomunicaciones antes CCITT (Consultative Committee for International Telegraph and Telephone) Comité Consultivo Internacional de Telegrafía y Telefonía.

2.3 Características de los sistemas PDH.

En las redes existentes, se utiliza una tecnología sencilla de transmisión punto a punto para enlazar los conmutadores de red o la ubicación del cliente.

Cuando se multiplexa de un orden hacia otro, se requiere del equipo multiplexor correspondiente, 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, el cual agregará unos bits de sincronía, otros bits llamados bits de justificación o bits que son solamente de relleno. Si una señal viene ligeramente retrasada, se agregarán bits de justificación para que espere a las otras señales y así el muestreador pueda realizar bien su trabajo.

Las entradas de 2 Mbps pueden tener ligeras variaciones en su velocidad (ya que pueden provenir de equipos diferentes) y es necesario insertar bits de justificación; los cuales se reconocen en el proceso de demultiplexaje para descartarlos y recuperar la señal original.

2.3.1. Nomenclaturas de los sistemas PDH.

Aparecieron los sistemas de transmisión digital, utilizando el método que se conoce como Modulación de Pulsos Codificados (PCM). En 1962, AT&T/Bell inició la explotación comercial de los sistemas telefónicos digitales. El primer sistema, instalado en el área de Chicago, se denominó sistema portador T1. Desde entonces, la familia de sistemas portadores ha evolucionado, y en la actualidad se pueden encontrar en todo el mundo equipos de comunicación interurbana basados en T1. El sistema portador T1 agrupa 24 canales 64 kbps, obteniéndose una velocidad de 1.544 Mbps. Los canales son agrupados o "multiplexados" por TDM. Después se crearon otros sistemas portadores para satisfacer el aumento de la demanda en las líneas telefónicas.

La nomenclatura común de canal de transporte y sistemas portadores en Europa es E1, E2, E3, E4 y en los Estados Unidos es T1, T2, T3 para los sistemas portadores y DS1, DS2, DS3, y DS4 para los canales de transporte. A un canal de voz digitalizada, 64 kbps, se le conoce como E0 y DS0 respectivamente.

Al primer sistema portador americano, o portadora simplemente, se le llamó T1 y al formato (o esquema de multiplexión) para la transmisión del canal se le llamaba DS1. DS (Digital Signal), significa Señal Digital.

Un DS1 maneja 24 DS0's, que son 24 canales de 64 kbps que "corren" sobre cables tipo par trenzado. Debido a esto, el término DS0 se emplea para indicar un canal de 64 kbps que corre sobre par trenzado. El DS0 se emplea en enlaces punto-punto y también se le llama T1 fraccionario; éste maneja una capacidad de 56 kbps para el transporte de información. La portadora T1 maneja 24 canales de 64 kbps, esto se debe a la decisión de AT&T/Bell de utilizar cable par trenzado con un ancho de banda de 750 khz. Según el teorema de Nyquist que relaciona el ancho de banda y la capacidad del canal (bps), éste cable solo puede manejar un flujo de 1.544 Mbps suficiente para acomodar los 24 canales de 64 kbps.

Las señales T1 se aplican directamente al canal en formato bipolar. Este código permite detectar la aparición de errores de un sólo bit.

El primer sistema portador europeo se le llamó E1. La portadora E1 maneja 30 E0's, que son canales de 64 kbps corriendo sobre cable coaxial o fibra óptica. Se usa para enlaces punto-multipunto.

2.3.2. Incremento en la capacidad de transporte.

Cabe recordar que PDH utilizó inicialmente par trenzado como medio de conducción y modulación PCM para la digitalización de la voz. La tabla 2.2 de las jerarquías PDH está basada conforme a este esquema de modulación, pero según el tipo de modulación que se utilice es la capacidad de transporte de canales de voz. Posteriormente se buscó incrementar la capacidad de transporte de los canales PDH desarrollando otros tipos de modulación (ver conversión de señal analógica a digital).

Portadora T1	Cantidad de canales de voz		Velocidad
	PCM	ADPCM	
T1	24	48	1.544 Mbps
T1c	48	96	3.152 Mbps
T2	96	192	6.312 Mbps
T3	672	1344	44.376 Mbps
No definido o "T4"	4032	8064	274 Mbps

Tabla 2.2 Modelo Americano

Con la fibra óptica la capacidad de transporte de canales de voz se incrementó notablemente como lo vemos en la tabla 2.3.

Nivel Jerárquico	Portadora	Medio	Canales de voz	Velocidad (Mbps)	Distancia entre repetidores
1	T1	Cobre	24	1.544	1.8 km
1	T1c	Cobre	48	3.152	1.8 km
2	T2	Cobre	96	6.312	1.8 - 45 km
No definido	T4 M	Coaxial	4032	274.176	2 km
	FT3	Fibra óptica	672	44.736	7.5 km
	FT3 C	Fibra óptica	1344	90.524	7.5 km
	FT-4E-144	Fibra óptica	2016	140	15 - 22 km
	FT-4E-432	Fibra óptica	6048	432	15 - 22 km

Tabla 2.3 Servicios AT&T

Cabe mencionar que la fibra óptica se adoptó en PDH como medio de conducción, debido a su gran ancho de banda, pero no existía un estándar óptico. Cada fabricante tenía su propio método de codificar las señales a través de sus equipos basados en fibra,

esto era un grave problema para los usuarios por la incompatibilidad de los equipos entre sí.

2.3.3. Operación de los Sistemas PDH.

2.3.3.1. Sincronización de los Sistemas PDH.

En la jerarquía digital plesiócroma los equipos de multiplexión /demultiplexión no están sincronizados entre sí, la razón es que cada equipo está sincronizado con su propio reloj ya que se carece de un reloj central con el cual todos los equipos estén sincronizados. En teoría, todos los relojes deberían estar sincronizados entre sí; esto es, deberían trabajar al mismo ritmo y tener una base común a partir de la cual comenzaran su operación. En la práctica es lo contrario, cabe señalar como ejemplo todos los relojes atómicos que existen en el mundo. Los relojes podrán trabajar al mismo ritmo, pero con referencias diferentes. Una de estas referencias es la energía eléctrica. Los equipos toman su alimentación de la energía eléctrica que se suministra en ese lugar. Sabemos de antemano que la frecuencia de la energía eléctrica en Europa es de 50 hz y en la mayor parte del resto del mundo es de 60 hz, anteriormente en México se operaba en ciertos lugares a 50 hz hasta que se estandarizó a 60 hz en todo el país. La realidad es que la frecuencia de la energía eléctrica que se suministra en el lugar donde se localiza el equipo está referida a la estación generadora y ésta tiene su propio reloj de referencia. Además, la frecuencia puede no ser exactamente igual a 50 o 60 hz según sea el caso; es decir, la frecuencia de la energía eléctrica puede estar ligeramente arriba o abajo de los 50 o 60 hz. Estas diferencias afectan la temporización de los equipos y por tanto su sincronización, provocando que los canales corran ligeramente arriba o abajo de la velocidad nominal a la que deberían correr todos. Los canales de velocidad más baja se ajustan al canal de velocidad más alta por medio de bits de justificación, esto se hace porque antes de que todos los canales sean entrelazados deben tener la misma velocidad. Los bits de justificación son reconocidos cuando ocurre la demultiplexión y son descartados obteniéndose así la señal original.

Las diferencias en la sincronización de los equipos son muy pequeñas, pero existen. El problema es que estas diferencias se convierten en un grave problema a medida que se avanza hacia los niveles superiores de multiplexión en PDH. Un canal de alta velocidad en Europa es de 140 Mbps y se compone de 64 canales de 2.048 Mbps, lo que equivale a 1920 canales de voz digital. Si cada canal de 2.048 Mbps tiene un lugar de origen diferente y en cada lugar de origen se tiene un equipo multiplexor/demultiplexor con su propia sincronización o reloj la situación es sumamente crítica.

Como ejemplo podemos citar un canal DS3 de 44.736 Mbps con una tolerancia de 20 ppm (partes por millón) que puede producir una variación de hasta 1789 bps entre los canales DS3.

Es por esto que al esquema de multiplexión se le denomina plesiócrono, ya que en cada nivel de PDH las diferencias en la sincronización de los equipos son mayores y por ende los niveles son plesiócronicos entre sí, es decir, no operan al mismo ritmo.

2.3.3.2. Circuitos de recuperación de sincronía

Estos circuitos soportan alteraciones de fase por justificación y disminuyen la acumulación de ruido de fase en enlaces largos. También estos circuitos disminuyen a la degradación del enlace.

Los pormenores de estos circuitos son que ocupan espacio y energía, además de ser un costo más para el sistema.

Operación de los Circuitos de Recuperación de Sincronía.

La recuperación de sincronía se lleva a cabo mediante el anclaje en fase del reloj de lectura y el reloj de escritura con un circuito PLL (PHASE LOCKED LOOP), el cual reduce:

- ◆ El jitter causado por la estructura de trama
- ◆ El jitter de alta frecuencia por la inserción de bits (relleno).
- ◆ El jitter propio de la tributaria.
- ◆ El jitter introducido en el enlace de 8 Mbit/s.

2.3.3.3. El jitter en los sistemas PDH.

El jitter es un deterioro de la señal que aparece en sistemas asíncronos a una frecuencia mayor de 10 hz y causa problemas con los bits de recuperación, causando errores debido a un mal muestreo en el flujo de sincronización/desincronización de buffers en sistemas de baja velocidad.

Las fuentes de aparición del jitter son los multiplexores y los repetidores.

2.3.3.4. Multiplexión de los Sistemas PDH.

Para solucionar el problema de las variaciones de velocidad en los canales de transporte, se utiliza un método conocido como rellenado de bits (stuffing bits). Este método, como su nombre lo indica, rellena con bits falsos o de justificación para que exista una tolerancia de variación de velocidad entre los canales multiplexados, los cuales forman un canal de mayor velocidad. Por ello se le llama a este tipo de multiplexión asíncrona.

En la tabla de las jerarquías PDH, según el modelo europeo, para alcanzar un canal de alta velocidad de 139.264 Mbps es necesario que las señales de 64 kbps pasen por cuatro niveles de multiplexión/demultiplexión. En cada nivel se requiere de equipo multiplexor/demultiplexor. El orden de multiplexión es de 64 kbps, 2 Mbps, 8 Mbps, 34 Mbps, 140 Mbps. El orden de demultiplexión sería de manera inversa. De tal forma que para acceder una línea telefónica de 64 kbps de un canal de alta velocidad es necesario demultiplexar el canal de 140 Mbps a 34 Mbps, después a 8 Mbps y finalmente a 2

Mbps para después acceder a la línea telefónica deseada. Después, todas las restantes líneas se multiplexan hasta llegar al canal de 140 Mbps de nueva cuenta.

Las redes telefónicas, los servicios ISDN y los enlaces digitales alquilados a las compañías telefónicas (E0's, E1's, E1's fraccionarios, etc.) se proveen por medio de redes troncales de transporte. Las redes troncales se forman de la multiplexión de canales de 2.048 Mbps en Europa y 1.544 Mbps en Estados Unidos. El propósito de las redes troncales es enviar por una misma conexión física o enlace de alta velocidad un conjunto de canales de 2.048 Mbps multiplexados y evitar así tener enlaces (o líneas) individuales entre las centrales telefónicas para cada canal de 2.048 Mbps; esto se traduce como el máximo aprovechamiento del medio de conducción.

En el nivel 1 de PDH se tiene que:

- Un canal de 2.048 Mbps, E1, se forma al multiplexar por TDM 30 canales de voz digitalizada.
- Un canal de 1.544 Mbps, T1, se forma al multiplexar por TDM 24 canales de voz digitalizada.

E1

Sistema de Multiplexión Europea Estándar a 2.048 Mbps. CCITT Rec. G.732 .

En este sistema 30 canales de voz son multiplexados, empleando un muestreo de 8000 frames por segundo y 8 bits de codificación de información por canal. La sincronización (framing) y señalización (signalling) se asignan cada una en un canal distinto.

T1

Sistema de Multiplexión Americana Estándar a Mbps. CITT Rec. G.733.

En este sistema 24 canales de voz son multiplexados, empleando un muestreo de 8000 frames por segundo y 8 bits de codificación de información por canal. La sincronización (framing) se asigna en un bit y la señalización (signalling) se asigna utilizando el bit de menor peso, el octavo, ya sea de cada canal de voz o una vez cada 6 frames.

30 canales x 8 bits voz por time slot
240 bits
1 canal x 8 bits sync por time slot 8 bits
1 canal x 8 bits sign por time slot 8 bits
256 bits

time slot.- Espacio o ranura de tiempo asignado a un canal en un frame de datos en la multiplexión TDM.

La velocidad en este sistema se obtiene de el muestreo de 8000 frames/seg x 256 bits/frame , lo que equivale a 2.048 Mbps.

1 frame = 125 μ seg
1 frame / 8000 frames por seg

24 canales x 8 bits voz / sign por time slot
192 bits
1 canal x 1 bits sync por time slot 1 bits
193 bits

time slot.- Espacio o ranura de tiempo asignado a un canal en un frame de datos en la multiplexión TDM.

La velocidad en este sistema se obtiene de el muestreo de 8000 frames/seg x 193 bits/frame, lo que equivale a 1.544 Mbps.

1 frame = 125 μ seg
1 frame / 8000 frames por seg

La multiplexión en este nivel se realiza multiplexando las señales entrantes de voz digital en un byte a la vez, a esto se le conoce como byte de entrelazado. Esto es, cada canal de voz digital tiene una codificación de información de 8 bits, lo que equivale a un byte. Como la multiplexión es por TDM a cada canal le corresponde un espacio de tiempo definido para transmitir su información codificada en un byte. La multiplexión se realiza en forma secuencial, es decir, siguiendo un orden: se multiplexa el canal 1, hasta el 24 o el 31, según sea el caso, y después vuelve a repetir este orden.

- El muestreo es a razón de 8000 frames/segundo.
- Un frame (o trama) contiene 32 time slots en el modelo europeo y 25 time slots en el modelo americano.
- Un multiframe contiene 16 frames.

2.4 Limitaciones de los Sistemas PDH.

PDH evolucionó según las necesidades de su época y utilizando la tecnología disponible en ese entonces. Se desarrolló para el transporte efectivo en telefonía. Las

ventajas las tuvo en su época, fue por ello que el transporte de información de ese tiempo se basó en PDH. Sin embargo, los tiempos y las necesidades evolucionaron. Los nuevos avances en la tecnología permitieron entrar a una nueva etapa: la era de las comunicaciones. PDH fue obsoleto ante esta nueva realidad. Ahora señalamos sus desventajas debido precisamente a esta nueva realidad.

Las reducciones en el costo de los circuitos integrados y los avances en la transmisión por fibra óptica condujeron a un explosivo incremento de los enlaces PDH con una relativa eficiencia en costos. Sin embargo, el problema era que aún cuando la malla de enlaces se incrementaba, realmente no se estaba conformando lo que se llama una red. No existía flexibilidad, ni facilidades de insertar o agregar canales.

Las desventajas principales de PDH son:

- Sólo contempla la red telefónica pública y de larga distancia.
- No fue pensada para satisfacer las aplicaciones privadas de líneas digitales ni la necesidad de digitalizar toda la planta.
- La incapacidad de identificar un canal individual en un canal de alta velocidad sin tener que demultiplexarlo completamente.
- La falta de sincronización en los niveles 2 y superiores.
- La gran complejidad de la red.
- El empleo de "montañas" de equipo multiplexor/demultiplexor.
- No se tiene control en la red.
- El ancho de banda limitado ya que no se puede crecer el estándar por la cantidad de equipo que sería necesario utilizar.
- La incapacidad de satisfacer las demandas de los nuevos servicios.
- La ausencia de medios eficaces para el monitoreo de la transmisión y la estructura no definida de la trama para transportar la información de control de red y los equipos.
- La ausencia de autocorrección de fallas en la red (se tienen que realizar en forma manual la revisión y reparación de fallas).

- La fluctuación (jitters) de los canales de voz de frame en frame en la trama.
- La incompatibilidad en los equipos de los diversos fabricantes.
- La necesidad de utilizar costosos equipos de "traducción" para comunicaciones interoceánicas.
- Cada sistema de red es propietario.
- No hay estándar óptico.

CAPITULO 3.

¿QUÉ ES SDH?

3.1 Sincronización de Señales Digitales.

Para comprender correctamente los conceptos de SDH y SONET, es importante tener en claro los conceptos síncrono, asíncrono y plesiócrono.

En un grupo de señales **síncronas**, la transición ocurre exactamente a la misma velocidad o razón. Aunque puede haber una diferencia de fase entre la transición de las señales, que puede ser ocasionada por retrasos en el tiempo de propagación o por la introducción de *jitters* en la red de transmisión (el término *jitter* se refiere a las variaciones en fase de una señal digital). En una red síncrona, todos los relojes son rastreados por un reloj de referencia primario o PRC (Primary Reference Clock). La exactitud del PRC es extremada y es derivada de un estándar atómico de cesio.

Si dos señales son **plesiócronas**, la transición ocurre casi a la misma velocidad. Por ejemplo si dos redes requieren entrelazarse, su reloj puede ser derivado de dos diferentes PRCs. Aunque estos relojes son extremadamente exactos, siempre hay una diferencia entre un reloj y el otro.

En el caso de señales **asíncronas**, la transición de las señales no ocurre necesariamente a la misma velocidad. Asíncrono, en este caso, significa que la diferencia entre los dos relojes es mucho mayor que la diferencia plesiócrona. Por ejemplo, si dos relojes son derivados de osciladores de cuarzo se pueden describir como asíncronos.

3.1.1. Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Las transmisiones síncronas pueden verse como la siguiente etapa en la evolución de la jerarquía de transmisión. Se requirió de un gran esfuerzo para el conjunto de estándares. La oportunidad de definir este nuevo estándar ha sido usado para enfocarse también en otros problemas. entre ellos están la capacidad de administración de la red en la jerarquía, la necesidad de definir interfaces estándar entre equipos y las jerarquías de transmisión.

SDH Jerarquía Digital Síncrona, Synchronous Digital Hierachy. El término síncrono proviene del griego sync: con y chronos: tiempo. Esto significa a tiempo, operando al mismo tiempo, trabajando al mismo ritmo o sincronizado.

SDH se derivó del estándar propuesto en los Estados Unidos de Norteamérica para la transmisión síncrona: SONET. SONET fue el estándar propuesto por Bellcore en los Estados Unidos a principios de 1985. Este fue tomado por la CCITT y en 1986 el trabajo culminó con el desarrollo de SDH. SDH es el nombre que se le da a las recomendaciones de la CCITT G.707/708/709 las cuales detallan los estándares para la transmisión síncrona en Europa, éstas fueron publicadas en el libro Azul de la CCITT en 1989. En resumen, SDH es el estándar europeo para la transmisión síncrona el cual se derivó de SONET que es el estándar americano para la transmisión síncrona. Aunque estos estándares no son directamente compatibles entre sí, han sido homologados para facilitar la interconexión entre ellos. La homologación de los dos estándares se logró en

1988. Además de las tres recomendaciones principales de la CCITT, existen otros grupos de trabajo que están elaborando otras recomendaciones cubriendo otros aspectos de SDH, como los requerimientos para los interfaces ópticos estándar y funciones OA&M estándar.

Las implementaciones de sistemas de transmisión síncrona se deben principalmente a su capacidad para interconectarse con los sistemas plesiócronicos existentes. La SDH define una estructura la cual hace posible que las señales plesiócronicas puedan combinarse y encapsularse en una señal SDH. Esto protege la inversión hecha por los operadores de red en el equipo plesiócrono, y permite que ellas puedan implementar el equipo síncrono de manera confiable a las necesidades específicas de su red.

3.2 Características de los Sistemas SDH.

SDH es síncrona, esto quiere decir que todos los elementos de una red utilizan como referencia solamente un reloj y todas las recomendaciones de SDH estarán basadas en esto.

Este sistema tienen la ventaja de que puede ser introducido conectándose con las redes ya existentes, como son los sistemas PDH que pueden ser transportados a través del sistema SDH en forma transparente. También tienen una normalización óptica que permite mezclar equipos de diferentes proveedores en el mismo sistema de transmisión.

Los estándares SDH se basan en principios de multiplexaje síncrono directo. Esto significa que las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente en un rango más alto de señal SDH sin etapas intermedias de multiplexaje.

Las señales SDH son capaces de transportar todas las señales tributarias comunes existentes en las redes de telecomunicaciones actuales, además de tener la flexibilidad para acomodar nuevos tipos de señales que se deseen soportar en el futuro.

Como el equipo síncrono se instala en la red, los beneficios son evidentes. El operador de la red tendrá ahorros considerables asociados a la reducción en la cantidad de hardware en la red, y al incremento en la eficiencia y confiabilidad de la red, lo cual conduce a tener ahorros debido a la reducción en el mantenimiento y en las operaciones. Otra razón del aumento en la confiabilidad es que no se necesita tener equipo de respaldo.

Las herramientas de administración avanzada de red en una red síncrona, mejoran notablemente el control de las redes de transmisión. Las herramientas de reconfiguración y restablecimiento en la red síncrona dan como resultado una mejor disponibilidad y el suministro más rápido de servicios. SDH ofrece a los operadores de red una solución de red perdurable (a prueba de tiempo). Ha sido diseñada para soportar los servicios como Redes de Área Metropolitana (MANs), Broadband ISDN y redes de comunicaciones personales.

El trabajo arduo en los estándares permitió que naciese la transmisión síncrona. Las operadoras de red querían evitar encerrarse en soluciones propias o únicas de vendedores. Anteriormente había existido una situación en dónde una gran cantidad de fabricantes de equipo de transmisión por fibra habían desarrollado cada uno su propio método de codificar señales en sus sistemas. Como resultado, la planeación de la red y OAM (funciones de operación Administración y Mantenimiento) eran muy complicadas, mientras que el reestablecimiento de la red en una emergencia era, en el mejor de los casos extremadamente difícil. SDH ofrece a las compañías de redes de telecomunicaciones un mecanismo confiable para particionar o segmentar, monitorear y controlar toda la capacidad de transporte de la red entera. El aumento en la eficiencia hace posible que las compañías ahorren en costos de operación, mientras que su flexibilidad hace posible ofrecer nuevos servicios para las crecientes demandas de sus clientes.

Para los usuarios finales, los beneficios de SDH se resumen de manera muy simple. Pero contundente: mejor servicio a menor costo.

3.3 Ventajas de los Sistemas SDH.

Las transmisiones en sistemas SDH superan las limitaciones que se tenían en una red plesiócrona. Ofrecen un sin número de beneficios tanto a los operadores de la red, como a los usuarios. SDH ofrecen las siguientes ventajas:

1. Altas velocidades de transmisión.

Las velocidades mayores de los 10 Gbit/s se pueden obtener en el sistema SDH. Es por eso que SDH es la tecnología más apropiada para los backbones, que son considerados como las supercarreteras en las redes actuales de telecomunicaciones.

2. Compatibilidad.

El sistema SDH permiten mezclar los sistemas PDH con norma europea o con norma americana. De esta forma, en un mismo sistema podemos llevar ambas señales de sistemas PDH como lo es la señal con norma americana de 1.5 Mbit/s y la señal con norma europea de 2 Mbit/s. También permiten establecer gateways con diferentes proveedores de red.

3. Simplificación de la red.

Comparado con los sistemas PDH, es mucho mas fácil extraer e insertar canales de baja velocidad. Ya no es necesario demultiplexar y luego volver a multiplexar la estructura plesiócrona. Esto conduce a la reducción de los equipos requeridos. Los bajos costos en operación tendrán efecto debido a la reducción en el inventario requerido, la simplificación en el mantenimiento, la reducción en el espacio requerido por los equipos, y el bajo consumo de potencia.

4. Alta disponibilidad y capacidad.

Con SDH los proveedores de red pueden reaccionar de una manera más fácil y rápida a los requerimientos de los clientes. Por ejemplo, las líneas rentadas pueden ser conmutadas en cuestión de minutos. El proveedor de red puede usar elementos estandarizados que pueden ser controlados y monitoreados desde una locación central por medio de un sistema de administración de la red de telecomunicaciones o TMN (Telecommunications Management Network).

5. Confiabilidad.

Las actuales redes SDH incluyen varios mecanismos de respaldo y de reparación para poder hacerle frente a las fallas del sistema. Una falla de un enlace o de un elemento de la red no afecta a toda la red. Estos circuitos de respaldo son monitoreados por un administrador de sistemas.

6. Soporte de servicios futuros.

SDH está preparada para futuras aplicaciones. En este momento SDH es ideal para plataformas de servicios que se extienden desde ISDN y radio móvil, hasta comunicación de datos (LAN, MAN, etc.), y es capaz de manejar los servicios más recientes vía ATM que se están estableciendo gradualmente.

7. Compatibilidad entre equipos de diferentes marcas.

La estandarización de los equipos y de las interfases en SDH permite a los operadores de red tener la libertad de escoger diferentes equipos de diferentes proveedores y tener la certeza de que estos van a funcionar sin ningún problema.

3.4 Topologías SDH.

La tecnología SDH se despliega en nuevas instalaciones y modifica o actualiza los sistemas existentes cuando alcancen su máxima capacidad.

SDH se configuran usando cuatro principales topologías de red: punto a punto, punto a multipunto, hubs y anillos.

3.4.1. Topología punto a punto.

La topología punto a punto puede ser usada para conectar dos sitios usando un par de multiplexores terminales. Las ventajas de estos arreglos son: incremento de la velocidad y capacidad de transmisión, abastecimiento de todos los elementos de la red por medio de un solo elemento de red, recolección de alarmas y estadísticas del funcionamiento de los dos dispositivos en un extremo, y descarga del software a través del enlace a un equipo remoto. Ver figura 3.1

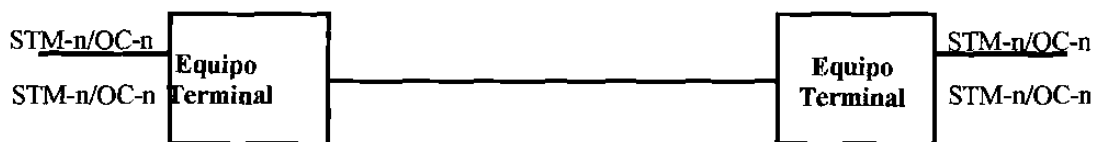


Figura 3.1 Topología punto a punto

3.4.2. Topología punto a multipunto.

La topología punto a multipunto evita los arreglos en los que se necesitan usar multiplexores de más, mediante el uso de multiplexores de inserción-extracción o ADM (Add/Drop Multiplexer). Las ventajas que ofrece la topología punto a multipunto es que permite agregar y quitar canales sin la necesidad de usar equipos multiplexores y demultiplexores. Ver figura 3.2

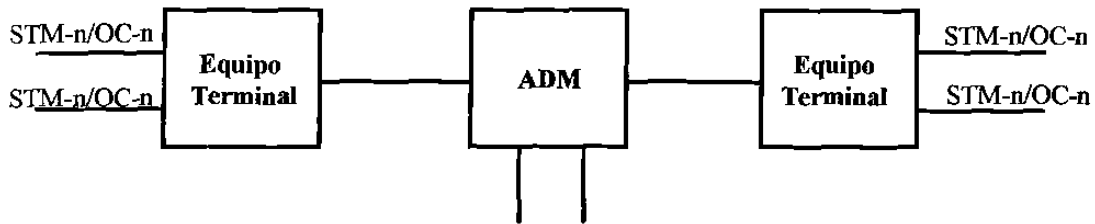


Figura 3.2 Topología punto a multipunto

3.4.3. Topología de Hub.

La topología de hub es usada para que haya una adaptación rápida de la red cuando se presenta algún cambio o cuando haya un crecimiento inesperado en la red. El hub normalmente se configura usando crosconectores digitales. Ver figura 3.3

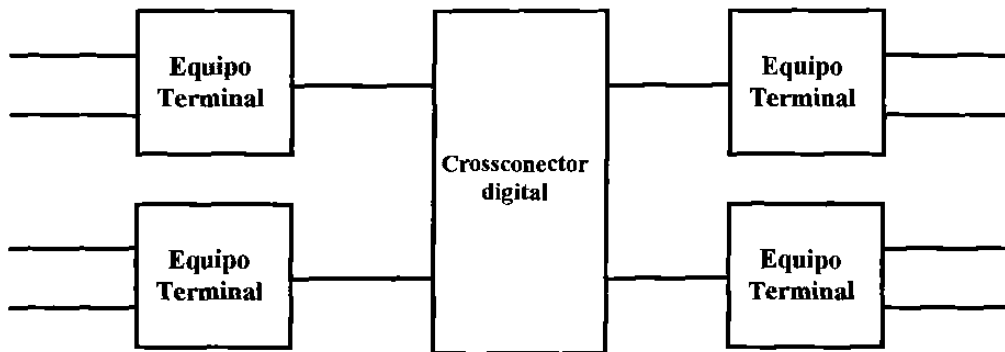


Figura 3.3 Topología hub

3.4.4. Topología de Anillo.

Un anillo SDH/SONET se define como un grupo de nodos interconectados para formar una trayectoria cerrada, donde los cables de fibra sirven de enlace para que los elementos de red sean conectados en una configuración de anillo. Los regeneradores pueden ser hallados entre nodos. Un nodo se refiere a un multiplexor terminal o a un

ADM. Un anillo proporciona anchos de banda redundantes para proteger los servicios de las fallas que se puedan originar. Ver figura 3.4

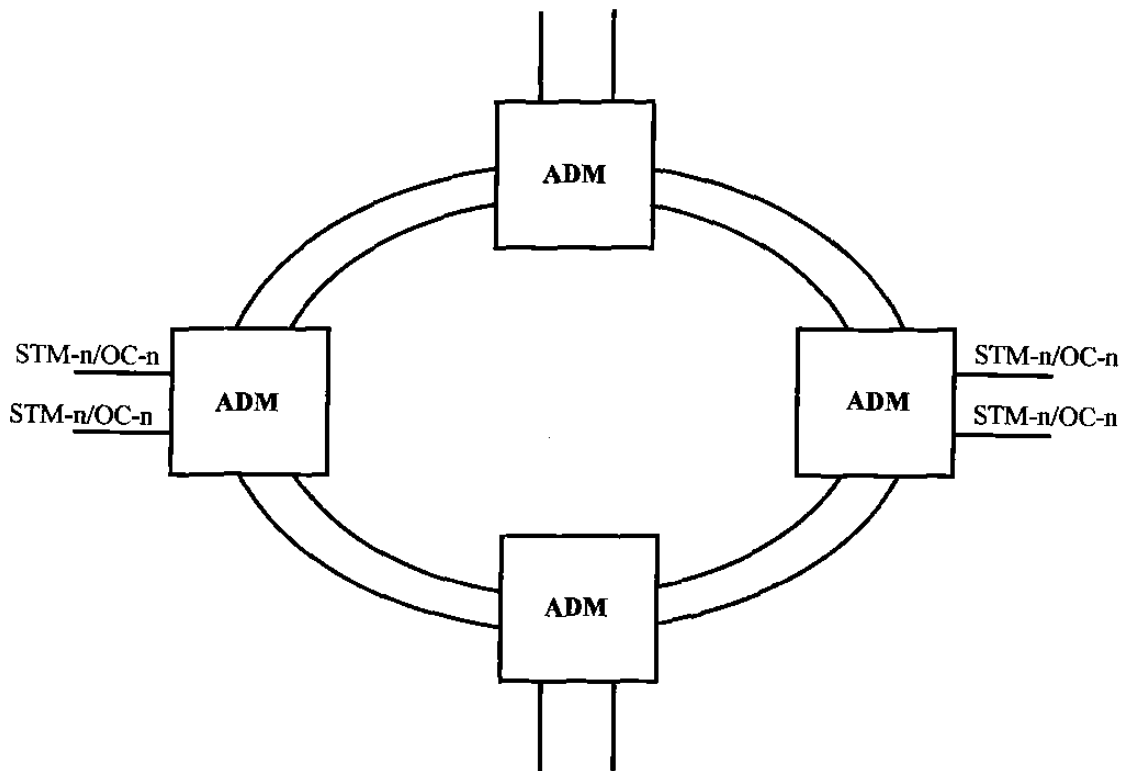


Figura 3.4 Topología de anillo

CAPITULO 4.

SDH COMO TÉCNICA DE TRANSMISIÓN

4.1 Recomendaciones de la Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

Los sistemas de la Jerarquía Digital Síncrona están definidos por un conjunto de recomendaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones o ITU (International Union of Telecommunications). A continuación se mencionarán algunas de las recomendaciones con los temas que tratan.

- **Recomendaciones sobre la estructura básica y las señales eléctricas.**
 - G.702** Velocidades de la Jerarquía Digital Síncrona.
 - G.703** Características físicas y eléctricas de las interfases de la Jerarquía Digital Síncrona.
 - G.704** Estructura de la trama síncrona usada en el primero y segundo nivel jerárquico.
 - G.707** Interfases de nodo de red para la Jerarquía Digital Síncrona.

- **Recomendaciones sobre sistemas ópticos.**
 - G.957** Interfases ópticas para el equipamiento y sistemas relacionados a la Jerarquía Digital Síncrona.

 - G.958** Sistemas de línea digital basados en la Jerarquía Digital Síncrona para el uso de cables de fibra óptica.

- **Recomendaciones para los elementos de red SDH.**
 - G.781** Trata sobre la estructura del equipo de multiplexación para la Jerarquía Digital Síncrona.
 - 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 administración de la red de telecomunicaciones (TMN).**
 - M.3010** Principios para la administración de la red de telecomunicaciones (TMN).
 - G.773** Serie de protocolos para las interfases Q para la administración de sistemas de transmisión.

4.2 Velocidades de Transmisión SDH.

La recomendación ITU G.702 se basa en una velocidad de 155.520 Mbit/s, a esta señal se le denomina como módulo de transporte síncrono de nivel 1 o STM-1 (Synchronous Transport Module Level 1). Se pueden integrar múltiplos de esta velocidad básica para formar velocidades más altas y se designan como módulo de transporte síncrono de nivel N o STM-N (Synchronous Transport Module Level N),

donde N es el nivel jerárquico. En la tabla 4.1 se muestran los niveles jerárquicos que están definidos en los sistemas SDH.

Nivel SDH	Velocidad (Mbit/s)
STM-1	155.52
STM-4	622.08
STM-16	2488.32
STM-64	9953.28

Tabla 4.1 Niveles jerárquicos

4.3 Elementos de una red SDH.

En la figura 4.1 se muestra un diagrama esquemático de una estructura de anillo SDH con varias tributarias. Las redes síncronas deben de tener la capacidad de transmitir señales plesiócronicas, así como también manejar servicios tales como ATM. Todo esto requiere del uso de diferentes elementos de red. A continuación se mencionan los elementos de una red SDH.

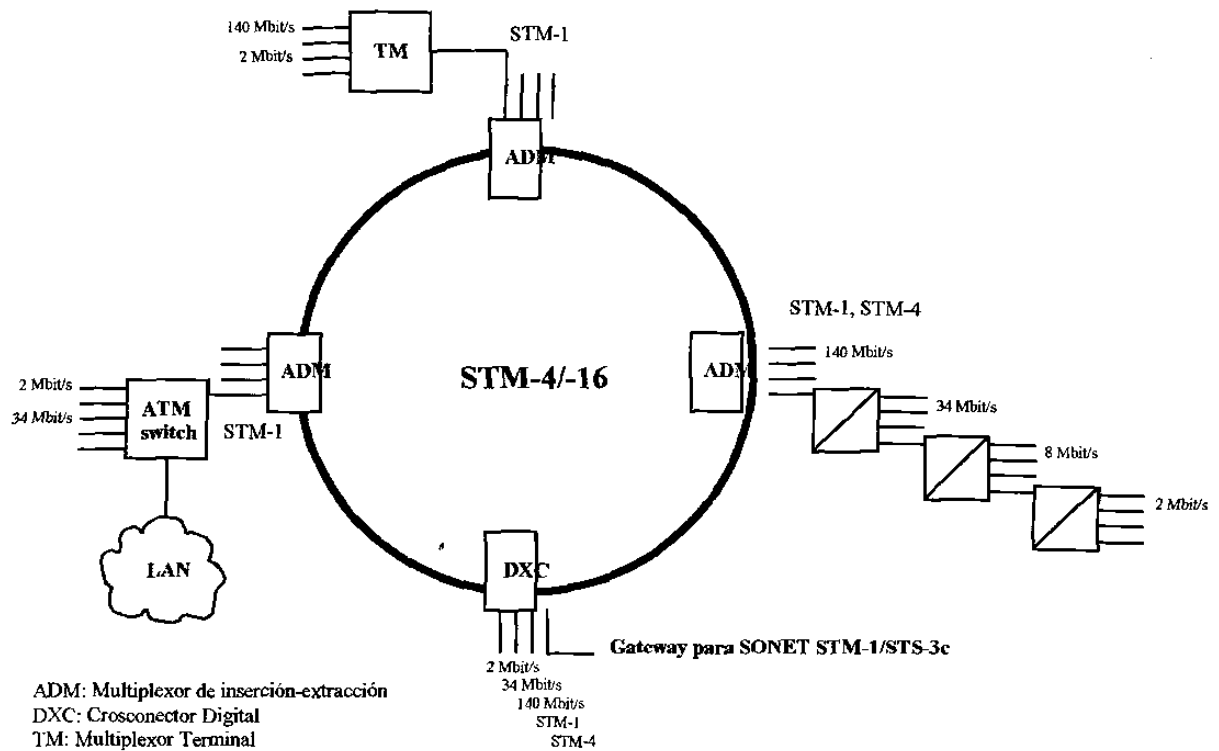


Figura 4.1 Diagrama esquemático de una red de comunicaciones SDH híbrida.

4.3.1. Regenerador.

Para la transmisión SDH de más de 50 km, se necesitan regeneradores, como su nombre lo dice, tienen la función de regenerar o amplificar las señales entrantes de línea que se han atenuado y distorsionado por la dispersión. Ver figura 4.2



Figura 4.2 Regenerador

4.3.2. Multiplexor Terminal (TM).

Los multiplexores terminales o TM (Terminal Multiplexers) son usados para combinar señales de entrada síncronas y plesiócronas, dentro de señales STM-N de velocidades mayores. Ver figura 4.3



Figura 4.3 Multiplexor Terminal

4.3.3. Multiplexor de Inserción-Extracción (ADM).

Las señales plesiócronas y señales síncronas de bajo nivel pueden ser extraídas o insertadas en un flujo SDH de alta velocidad mediante un multiplexor de inserción-extracción o ADM (Add/Drop Multiplexer). Esta característica hace posible que se puedan implementar estructuras de anillo, las cuales tienen la ventaja de que sea posible la conmutación automática de la trayectoria de respaldo usando elementos en el anillo en el momento de una falla. Ver figura 4.4

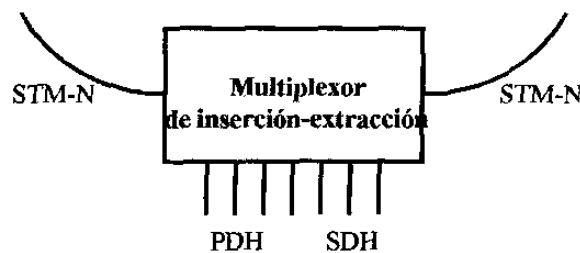


Figura 4.4 Multiplexor de inserción-extracción

4.3.4. Crosconector Digital (DXC).

Estos dispositivos forman la piedra angular de la nueva Jerarquía Digital Síncrona. Los crosconectores digitales o DXC (Digital Crossconector), son los elementos de red que más funciones realizan. Permiten el mapeo de las señales tributarias PDH dentro de los contenedores virtuales. También permiten conmutar las líneas de transmisión con diferentes velocidades. Ver figura 4.5

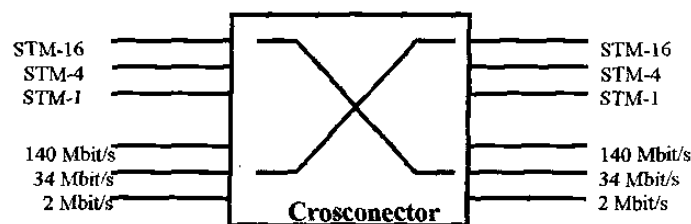


Figura 4.5 Crosconector Digital

4.4. SDH en términos del modelo de capas.

4.4.1. Tributarios.

La palabra tributario proviene del griego tributarius que significa estar sometido o supeditado a alguien o alguna cosa. Un tributario es un canal de transporte (o distribución) de menor capacidad el cual es transportado por un canal de mayor velocidad; en el sentido de la definición está supeditado al canal de mayor velocidad. Por tanto, a los canales de transporte PDH también se les conoce como tributarios porque son transportados por un canal de mayor velocidad. Un E4 puede contener 4 tributarios E3's, 16 tributarios E2's, 480 tributarios E1's o 1920 tributarios E0's; asimismo es tributario de un STM1, ya que esta contenido en este. Lo mismo se aplica para los restantes E's O T's. Ver tabla 4.2.

Un VC puede subdividirse en unidades de tributarias independientes para llevar diferentes servicios de velocidad inferior. Cada TU ocupa un lugar definido dentro del VC.

Nivel	Europeo	Americano
Jerárquico		
1	2.048	1.544
2	8.448	6.312
3	34.368	44.736
4	139.264	
No definido	565	274

Tabla 4.2 Canales de Transporte PDH o Tributarios Plesiócronos

4.4.2. Contenedor.

SDH desarrolló un método para transportar estos tributarios plesiócronos y la llamó contenedor. La información o tráfico del tributario plesiócrono se transfiere (mapea) entonces a un contenedor. Debido a que los tributarios plesiócronos europeos y americanos varían en sus capacidades desde 1.5 Mbps hasta 140 Mbps se definen contenedores de capacidad específica para cada canal. Ver tabla 4.3.

Contenedor	Tributarios Plesiócronos
C11	1.544
C12	2.048
C2	6.312
C3	34.368 Y 44.736
C4	139.264

Tabla 4.3 Contenedores definidos en SDH

La nomenclatura del contenedor hace alusión en la letra C a contenedor y en los dígitos al nivel jerárquico de los tributarios PDH.

Para diferenciar los contenedores de los tributarios del primer nivel jerárquico, se añade un segundo dígito el cual corresponde al número entero de su velocidad.

No se añade un segundo dígito en los contenedores de los tributarios del tercer nivel.

No se define un contenedor específico para el tributario europeo de 8.448 Mbps, pero este se puede transportar en contenedores C2 concatenados.

Es un área definida dentro del STM-n que porta los datos desde los servicios del cliente.

4.4.3. Modelo de SDH.

Las tecnologías en telecomunicaciones generalmente se explican en términos del modelo de capas. En la figura 4.6 se muestra el modelo de capas con el que se representa SDH.

Las redes SDH se subdividen en varias capas que se relacionan directamente con la topología de la red. La capa más baja es la capa física, la cual representa el medio de transmisión, que por lo regular es fibra óptica o posiblemente un enlace terrestre de microondas o un enlace por satélite.

La sección del regenerador corresponde a la trayectoria entre regeneradores. El encabezado de sección del regenerador o RSOH (Regenerator Section Overhead), está disponible para la señalización requerida dentro de la capa del regenerador. El

encabezado de sección del multiplexor o MSOH (Multiplexor Section Overhead), es usado para las necesidades de la sección del multiplexor. La sección del multiplexor cubre la parte del enlace SDH entre los multiplexores. En la figura 4.7 se muestra la designación de las secciones dentro de una trayectoria.

Los portadores, que son los contenedores virtuales o VC (Virtual Containers) están disponibles como cargas útiles en las dos terminaciones de la sección del multiplexor. Las dos capas VC representan una parte del proceso de mapeo. El mapeo es un procedimiento mediante el cual las señales tributarias, tales como las señales PDH Y ATM, son empaquetadas dentro de los módulos de transporte SDH. El mapeo VC-4 es usado para señales ATM o señales de 140 Mbps, y el mapeo VC-12 es usado para señales de 2 Mbps.

La capa superior representa las aplicaciones de la red de transporte SDH.

La aplicación inicial de la información del encabezado empieza en el punto donde las señales de bajo orden, que no pertenecen a la SDH, son alimentadas a la red SDH. En este punto, la información del encabezado de trayectoria o POH (Path Overhead) es generada y agregada a la señal, y es removida cuando la señal sale de la red. La información POH es la primera en ser agregada a la señal cuando entra a la red y es la última en ser removida cuando la señal sale de la red. Esto representa información de extremo a extremo en alarmas y errores.

La siguiente capa de información que se le agrega a la señal es la información MSOH. El MSOH es agregado y removido en los puntos donde los datos son multiplexados y demultiplexados. Estos puntos pueden ser accesos a multiplexores o demultiplexores, o también a DXCs síncronos.

La última capa de información es agregada en el RSOH y contiene información entre cada nodo de la red SDH. La conexión entre dos equipos SDH se considera una sección

regeneradora. Esto permite la localización de problemas entre los elementos de la red en el nivel del RSOH.

La habilidad de identificar diferentes capas en los puntos de entrada y salida realiza un importante papel en el aislamiento de problemas. La señal SDH proporciona una identificación para cada STM-1 y su ubicación. Cada capa SDH proporciona monitoreo de errores y capacidad de alarmas, lo que permite la supervisión del sistema en cualquier punto de la red.

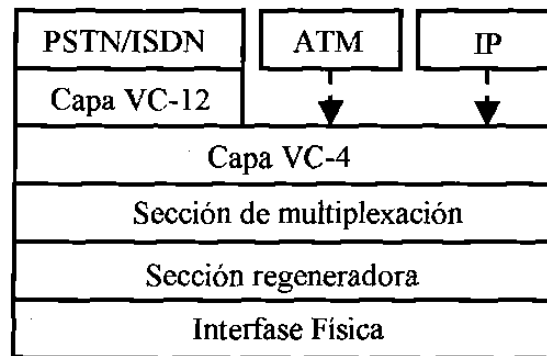


Figura 4.6 Modelo de Capas SDH.

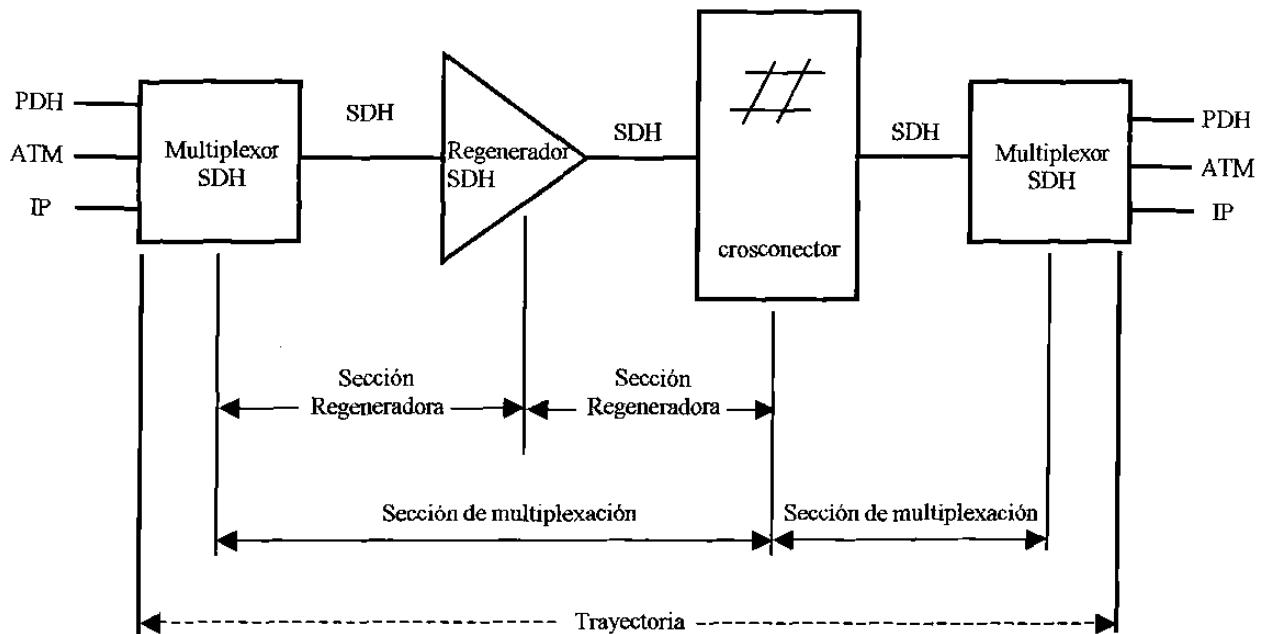


Figura 4.7 Designación de secciones.

4.5. Estructura básica de multiplexión.

A pesar de las ventajas que obviamente SDH tiene sobre la PDH, pudo no haber tenido tanta aceptación si su adaptación hubiese hecho obsoleto el equipo existente PDH. Todas las señales plesiócronas entre 1.5 Mbit/s y 140 Mbit/s pueden acomodarse de tal manera que se pueden combinar para formar una señal STM-1. El método para multiplexar las señales de bajo orden a la señal requerida de orden SDH se ilustra en la figura 4.8

Un contenedor o C-n es proporcionado para cada señal tributaria de entrada. La información de esta señal es mapeada dentro del contenedor. Los contenedores son siempre más grandes que la carga útil que se va a transportar. Esta capacidad que le resta al contenedor es usada en parte para la justificación, esto para poder compensar la inexactitud en las señales PDH. También la justificación compensa las desviaciones de frecuencia entre el sistema SDH y la señal PDH. Cuando tributarias síncronas son mapeadas, se insertan bytes de relleno en lugar de los bytes de justificación. Los bytes de relleno no contienen información pero se requieren para llenar la trama en particular. 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, que son el C-11 y el C-12, y se definen como diferentes contenedores y mapeos que se usan para el primer orden Americano de 1544 kbit/s y para el Europeo de 2048 kbit/s. A cada contenedor se le agrega información de control que se le conoce como encabezado de trayectoria o POH (Path Overhead). Los bytes del POH permiten a los operadores de la red lograr un monitoreo de la trayectoria.

El contenedor junto con el encabezado de la trayectoria forman lo que se conoce como contenedor virtual o VC-n (Virtual Container). El VC-n es transmitido sin ningún cambio sobre una trayectoria a través de la red. En el Contenedor Virtual se agregan las facilidades para la supervisión y el mantenimiento de la trayectoria de extremo a extremo del contenedor o grupos de unidades tributarias.

El siguiente paso para la formación de una señal completa STM-n es la adición del apuntador indicando el inicio del POH. Las unidades que se forman mediante el apuntador y el contenedor virtual son la unidad administrativa o AU-n (Administrative Unit) y la unidad tributaria o TU-n (Tributary Unit). Varias TU forman un grupo de unidades tributarias o TUG-n (Tributary Unit Group). Uno o más AU forman un grupo de unidades administrativas o AUG-n (Administrative Unit Group). La información del grupo de unidades administrativas (AUG) y el encabezado de sección o SOH (Section Overhead) forman el módulo de transporte síncrono de nivel 1 o STM-1 (Synchronous Transport Module level 1).

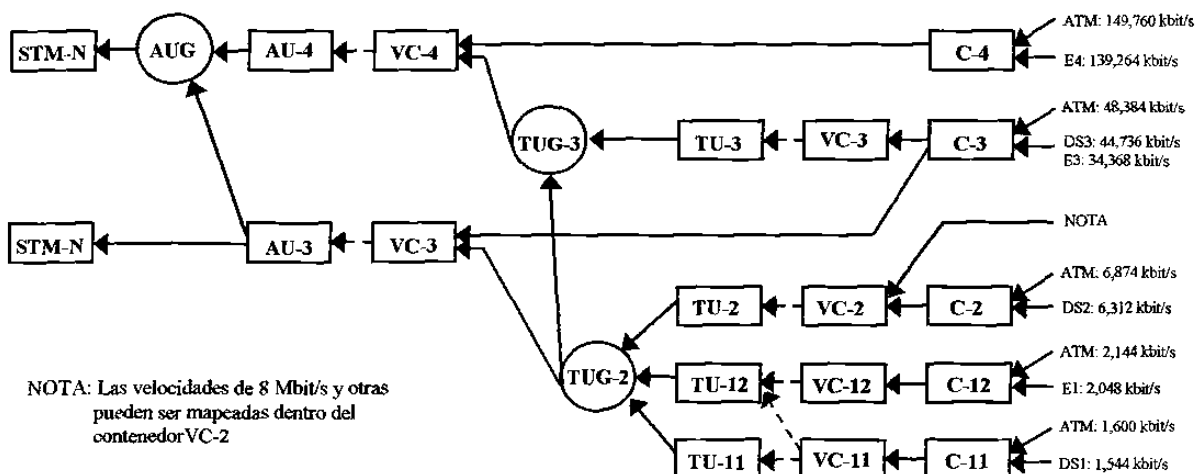


Figura 4.8 Estructura de multiplexión SDH

4.6. Formato de la Trama STM-1.

SDH tiene diferentes niveles de transmisión los cuales ya se definieron anteriormente. El primer nivel SDH es el STM-1. Cada trama STM-1 está formada por

una matriz rectangular de 9 filas por 270 columnas o un total de 2430 bytes por trama. Con la siguiente operación matemática obtenemos que:

$$8 \text{ bits} \times 270 \text{ columnas} \times 9 \text{ filas} = 19,440 \text{ bits por trama}$$

Cada trama ocupa un segmento de tiempo de 125 μ seg. Por lo tanto obtenemos que:

$$19440 \text{ bits/trama} \times 8000 \text{ tramas/seg} = 155,520,000 \text{ bits/seg}$$

Todas los demás niveles SDH que se generan para la transmisión, son múltiplos de este primer nivel. Los niveles SDH más utilizados son STM-1, STM-4 y STM-16. La trama STM-1 está dividida en tres diferentes secciones que son: área de la carga útil, área del apuntador AU y área del encabezado de sección. Tanto el encabezado de sección del multiplexor o MSOH (Multiplex Section Overhead), como el encabezado de sección del regenerador o RSOH (Regenerator Section Overhead) se encuentran dentro del área de encabezado de sección o SOH (Section Overhead) de la trama STM. El RSOH está disponible para la señalización requerida dentro de la capa del regenerador, y abarca 9 columnas de 3 filas o 27 bytes de información. El MSOH cubre la parte del enlace SDH entre los multiplexores y abarca 9 columnas de 6 filas o 54 bytes de información. En la figura 4.9 se muestra un diagrama de la trama STM-1.

Todos los bytes de la trama son transmitidos de izquierda a derecha, de arriba para abajo en 125 μ seg, lo que nos da como resultado una transmisión de 8000 tramas por segundo. Este es la misma transmisión de trama que se usa en la modulación por codificación de pulsos o PCM (Pulse Code Modulation) y en el multiplexación por división de tiempo o TDM (Time Division Multiplexing). Esto permite que las señales tengan un fácil acceso a SDH. Cada byte en la carga útil representa un canal de 64 kbps.

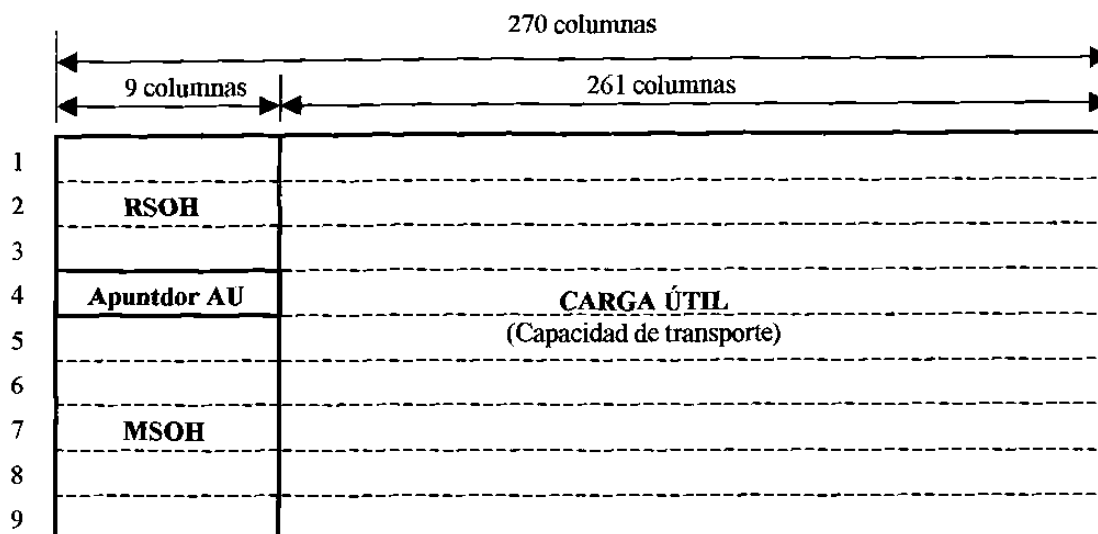


Figura 4.9 Trama STM-1

Se ha visto anteriormente que las señales de todos los niveles PDH pueden ser acomodados en una red síncrona, empaquetándolas en el área de la carga útil de una trama STM-1. Las tributarias plesiócronicas son mapeadas dentro del contenedor apropiado y se le agrega lo que se conoce como POH para formar el VC. La parte de VC contiene 2349 bytes. Nueve de estos bytes son usados para proveer la información del POH. El POH nos da la información para la administración de una trayectoria síncrona. El formato y el tamaño del POH depende del tipo de contenedor. En la figura 4.10 se muestran los bytes del encabezado de trayectoria de un VC-4 síncrono. A continuación se hace la distinción entre dos diferentes tipos de POH:

- **POH VC-3/4**

El POH VC-3/4 es un encabezado de trayectoria de alto nivel. Se usa para transportar señales de 140 Mbit/s, 34 Mbit/s y señales ATM. Los bytes de este POH realizan las siguientes funciones:

J1: Este byte es usado para verificar la conexión de la trayectoria VC-n.

B3 (BIP-8): Este byte es usado para el monitoreo de error de trayectoria usando un código de bit de paridad (BIP-8).

C2: Este byte indica el contenido de la carga útil VC-n.

G1: Este byte permite que el estatuto de la señal recibida sea retornado al extremo de la transmisión.

F2: Este byte proporciona un canal de comunicación al usuario para el mantenimiento.

H4: Este byte es un indicador usado para ciertos mapeos.

F3: Este byte es usado para mantenimiento.

K3: Este byte es usado para la conmutación automática de protección.

N1: Este byte es usado para el monitoreo de la conexión tandem.

- **POH VC-11/12**

El POH VC-11/12 es usado para trayectorias de bajo nivel. Señales ATM y señales de velocidades de 1.544 Mbit/s y 2.048 Mbit/s son transportadas dentro de esta trayectoria. Los bytes de este POH realizan las siguientes funciones:

V5: Este byte es usado para el monitoreo de errores y como indicador.

J2: Este byte es usado para verificar la conexión de la trayectoria VC-n.

N2: Este byte es usado para el monitoreo de la conexión tandem.

K4: Este byte es usado para la conmutación automática de protección.

Después de que se agregó el POH, un apuntador indica el comienzo del VC relativo a la trama STM-1. Esta unidad es entonces conocida como TU si lleva tributarias de bajo nivel o AU si las tributarias son de alto nivel. Varias TU forman un TUG-n. Uno o más AU forman un AUG-n.

Una vez que el área de la carga útil de la trama STM-1 es llenada con la unidad disponible, se genera un apuntador que indica la posición de la unidad en relación con la trama STM-1. Este se conoce como el apuntador AU, el cual forma parte del área del encabezado de sección de la trama. Los apuntadores se usan para localizar los VC individuales en la carga útil del STM-1, además de que se pueden hacer ajustes a los apuntadores cuando ocurre un cambio de frecuencia y de fase debido a las variaciones en los retrasos de la propagación. El resultado de esto es que es posible identificar los canales tributarios individuales y que se puede añadir y extraer información.

En la figura 4.11 se muestran los bytes SOH. Estos bytes son usados para la comunicación entre los equipos síncronos adyacentes. También son usados para la sincronización de la trama, además de que presentan facilidades para el manejo y la administración. Las funciones de que cada uno de los bytes son las siguientes:

A1, A2: Estos dos bytes se usan para el alineamiento de la trama.

B1, B2: Estos bytes son de paridad y se usan para verificar si hubo algún error en la transmisión. El byte B1 es usado en la sección del regenerador y el byte B2 es usado en la sección del multiplexor.

J0 (C1): Proporciona una indicación de la conexión de la trayectoria.

D1-D12: Se les conoce como canal de comunicación de datos o DCC (Data Communication Channel), y son usados para el manejo de la red.

E1: Este byte es usado para la comunicación de voz entre el equipo de terminación de la sección regeneradora.

E2: Este byte es usado para la comunicación de voz entre el equipo de terminación de la sección del multiplexor.

F1: Este byte se usa para mantenimiento.

K1, K2: Estos bytes son usados para la conmutación automática de protección.

S1: Este byte es un indicador de la calidad del reloj.

M1: Este byte es usado para el reconocimiento de error de transmisión.

H1, H2: Estos bytes son apuntadores que permiten el acomodamiento dinámico de las cargas útiles dentro de la capacidad VC-4. Estos bytes indican la ubicación del byte J1 dentro del VC-4.

H3: Este byte es usado para la justificación en frecuencia de la carga útil.

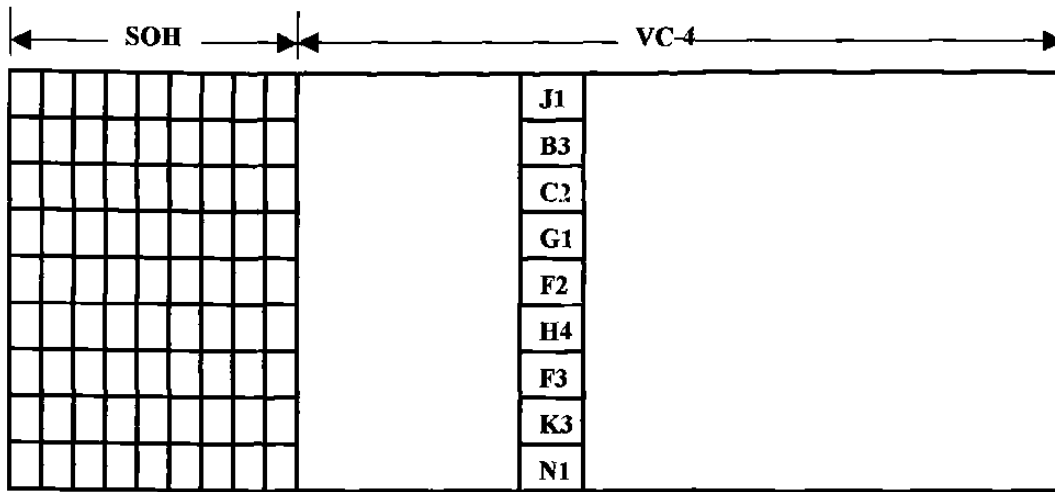


Figura 4.10 Bytes del Encabezado de Trayectoria

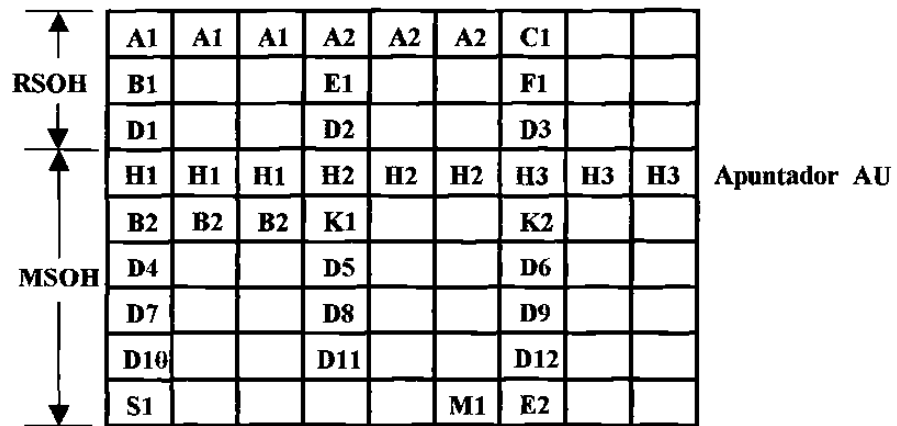


Figura 4.11 Bytes del Encabezado de Sección.

CAPITULO 5.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones.

Al llegar al final de este estudio hemos concluido que las ventajas que tiene SDH con respecto a PDH son muchas y muy importantes.

Los sistemas que utilizaron PDH fueron buenos en su tiempo ya que cumplían con las necesidades del momento, pero al ir avanzando la tecnología y las necesidades de comunicación, se volvieron obsoletos.

Cuando se desarrollo SDH que es una continuación de PDH se volvio a cubrir las necesidades de transmisión de la información.

SDH es un sistema que permite que todos los sistemas que operaban en PDH emigren poco a poco a él y con esto tenemos sistemas mas sencillos con facilidad de monitorear la transmisión, grandes anchos de banda y altas velocidades de transmisión por mencionar algunas ventajas.

5.2 Recomendaciones.

Recomendamos ampliamente la implementación y aprovechamiento de los sistemas SDH, ya que con ello podremos incrementar la calidad y la capacidad de la información que transmitimos.

También con estos sistemas podemos llegar lugares de difícil acceso como por ejemplo en la telemedicina o evitar la movilización de personal de una ciudad a otra, al tener un servicio de teleconferencia.

BIBLIOGRAFÍA

http://www.nortelnetworks.com/products/01/sonet/collateral/sonet_101.pdf

<http://www.rad.com/networks/1994/sdh/opensdoc1.htm>

http://www.tektronix.com/Measurement/App_Notes/SONET/sync.html#Synchronous

http://www.wg.com/techlibrary/articles/sdh_guide1.html

http://www.wg.com/techlibrary/articles/sonet_guide1.html

Inttelmex, *Jerarquía Digital Síncrona SDH*, 1994

Guillermo Mata Gómez, *SDH un estándar para redes de telecomunicación óptica*, Tesis, 1996

MCI Technical Training, *Avantel Synchronous Digital Hierarchy Fundamentals Student Coursebook*, 1996

Lista de Tablas	Página
Tabla 2.1 Diferentes modelos de PDH	11
Tabla 2.2 Modelo americano	15
Tabla 2.3 Servicio AT&T	15
Tabla 4.1 Niveles de SDH	34
Tabla 4.2 Canales de transporte PDH o tributarios plesiócronicos	38
Tabla 4.3 Contenedores definidos en SDH	38

Lista de Figuras	Página
Figura 3.1 Topología punto a punto	29
Figura 3.2 Topología punto a multipunto	30
Figura 3.3 Topología Hub	30
Figura 3.4 Topología anillo	31
Figura 4.1 Diagrama esquemático de una red de comunicaciones SDH híbrida	35
Figura 4.2 Regeneradores	35
Figura 4.3 Multiplexor terminal	36
Figura 4.4 Multiplexor de inserción-extracción	36
Figura 4.5 Crosconector Digital	37
Figura 4.6 Modelo de capa SDH	41
Figura 4.7 Designación de secciones	41
Figura 4.8 Estructura de multiplexión SDH	43
Figura 4.9 Trama STM-1	45
Figura 4.10 Bytes de encabezado de trayectoria	49
Figura 4.11 Bytes de encabezado de sección	49

ABREVIATURAS

ADM	Add/Drop Multiplexer (multiplexor de inserción-extracción)
ANSI	American National Standard Institute (Instituto Nacional de Estándares Americanos)
ATM	Asynchronous Transfer Mode (Modo de transferencia asíncrono)
AU	Administrative Unit (unidad administrativa)
AUG	Administrative Unit Group (grupo de unidades administrativas)
B-DCS	Broadband Digital Crossconnect (crosconector digital de banda ancha)
BIP-N	Bit Interleaved Parity, N bits (paridad del entrelazado de bits de N bits)
C-n	Container (contenedor)
DCC	Data Communication Channel (canal de comunicación de datos)
DXC	Digital Crossconnect (crosconector digital)
FDM	Frequency Division Multiplexing (multiplexación por división de frecuencia)
IP	Internet Protocol (protocolo de internet)
ISDN	Integrated Services Digital Network (red de servicios digitales integrados)
ITU	International Telecommunications Union (Unión Internacional de Telecomunicaciones)
LAN	Local Area Network (red de área local)
LOH	Line Overhead (encabezado de línea)
MAN	Metropolitan Area Network (red de área metropolitana)
MSOH	Multiplexor Section Overhead (encabezado de sección del multiplexor)

OAM&P	Operation, Administration, Maintenance and Provisioning (operación, administración, mantenimiento y provisionamiento)
OC-n	Optical Carrier level “n” (portador óptico de nivel “n”)
PCM	Pulse Code Modulation (modulación por codificación de pulsos)
PDH	Plesiochronous Digital Hierarchy (jerarquía digital plesiócrona)
POH	Path Overhead (encabezado de trayectoria)
PRC	Primary Reference Clock (reloj de referencia primario)
PSTN	Public Switched Telephone Network (red pública de telefonía conmutada)
RSOH	Regenerator Section Overhead (encabezado de sección del regenerador)
SDH	Synchronous Digital Hierarchy (jerarquía digital síncrona)
SOH	Section Overhead (encabezado de sección)
SONET	Synchronous Optical Network (red óptica síncrona)
SPE	Synchronous Payload Envelope (cubierta de la carga útil síncrona)
STM	Synchronous Transport Module (módulo de transporte síncrono)
STS	Synchronous Transport Signal (señal de transporte síncrona)
TDM	Time Division Multiplexing (multiplexación por división de tiempo)
TM	Terminal Multiplexer (multiplexor terminal)
TMN	Telecommunications Management Network (administración de la red de telecomunicaciones)
TOH	Transport Overhead (encabezado de transporte)
TU	Tributary Unit (unidad tributaria)
TUG	Tributary Unit Group (grupo de unidades tributarias)
VC	Virtual Container (contenedor virtual)
VT	Virtual Tributary (tributaria virtual)

W-DCS Wideband Digital Crossconnect (crosconector digital de banda extensa)

RESUMEN AUTOBIOGRAFICO

Adriana Guadalupe Garza Alvarez deseando obtener el grado de Maestro en Ciencias de la Ingeniería con Especialidad en Telecomunicaciones, presentando la Tesis “Análisis comparativo de Jerarquía Digital Síncrona con respecto a Jerarquía Digital Plesiócrona”, siendo egresada de la Facultad de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, de la carrera de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

Nació el 29 de Octubre de 1977, en la ciudad de Reynosa, Tamaulipas, México. Su padre el Sr. Arquímedes de Jesús Garza Buehler, originario de Cd. Victoria Tamaulipas y su madre la Sra. Herlinda Alvarez de Garza originaria de Tampico Tamaulipas. Hermanos: Arquímedes de Jesús y Hertha del Carmen.

