

300617

UNIVERSIDAD LA SALLE

ESCUELA DE INGENIERIA
INCORPORADA A LA U. N. A. M.

20
24



**APLICACION DE LA RED OPTICA SINCRONA Y
JERARQUIA DIGITAL SINCRONA
SONET / SDH**

TESIS PROFESIONAL
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
AREA PRINCIPAL EN SISTEMAS
ELECTRONICOS Y DE COMUNICACIONES
P R E S E N T A N :
OCTAVIO SUAREZ MARTINEZ
FRANCISCO JAVIER LIZARRAGA GALLARETA
GABRIEL JESUS LIZARRAGA GALLARETA
JUAN GUILLERMO TORRES PATIÑO
NORMA PATRICIA NIETO SAUCEDO

DIRECTOR DE TESIS: ING. CARLOS FERNANDEZ PEREZ



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 está 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.



LA SALLE

A los Pacantes Señores: Octavio Suárez Martínez
Francisco Javier Lizarraga Gallareta
Gabriel Jesús Lizarraga Gallareta
Juan Guillermo Torres Patiño
Norma Patricia Nieto Saucedo

En atención a su solicitud relativa, me es grato transcribir a Ud. a continuación el tema que aprobado por esta Dirección, propuso como Asesor de Tesis el Ing. Carlos Hernández Pérez, para que lo desarrolle como tesis en su Examen Profesional de Ingeniero Mecánico Electricista con área principal en Ingeniería Electrónica.

**"APLICACION DE LA RED OPTICA SINCRONA Y JERARQUIA DIGITAL
SINCRONA SONET/SDH"**

con el siguiente índice:

	Introducción
Capítulo I	Conceptos de fibra óptica
Capítulo II	Técnicas de multiplexaje digital
Capítulo III	Estructuras de tramas y velocidades de transmisión de la SDH
Capítulo IV	Diseño y arquitectura de la SDH
Capítulo V	Sincronización de la red
Capítulo VI	Administración de la red
Capítulo VII	Interfaces y códigos de línea
Capítulo VIII	Equipos de medición
	Conclusiones
	Glosario
	Bibliografía

Ruego a Ud., tomar debida nota de que en cumplimiento de lo especificado en la Ley de Profesiones, deberá prestar Servicio Social como requisito indispensable para sustentar Examen Profesional, así como de la disposición de la Dirección General de Servicios Escolares, en el sentido de que se imprima en lugar visible de los ejemplares de la tesis, el título del trabajo realizado.

ATENTAMENTE
"INDIVISA MANENT"
ESCUELA DE INGENIERIA

México, D.F., a 25 de Enero de 1995



ING. CARLOS HERNANDEZ PEREZ
ASESOR DE TESIS

UNIVERSIDAD LA SALLE

BENJAMIN FRANKLIN 47, TEL. 516-99-60 MEXICO 06140 D.F.



ING. EMUNDO BARRERA MONSIVAIS
DIRECTOR

ÍNDICE

PAGINA

INTRODUCCIÓN

5

1	CONCEPTOS DE FIBRA ÓPTICA...	9
1.1	Introducción.....	9
1.2	Fibras ópticas versus facilidades de cable metálico	10
1.3	Fibras ópticas.....	12
1.4	Propagación de la luz a través de una fibra óptica	16
1.5	Propagación de la luz a través de una fibra óptica	18
1.6	Comparación de los tres tipos de fibras ópticas	22
1.6.1	Fibra monomodo de índice escalonado	22
1.6.2	Fibra multimodo de índice escalonado	23
1.6.3	Fibra multimodo de índice gradual	24
1.7	Pérdidas en los cables de fibra óptica	25
2	TÉCNICAS DE MULTIPLEXAJE DIGITAL	27
2.1	Introducción.....	27
2.2	Multiplexaje por división en el tiempo	27
2.2.1	Transmisión digital ..	28
2.2.2	Modulación de pulsos	29
2.2.3	Modulación de códigos de pulso	30
2.2.4	Sistema de portadora digital T1	33
2.3	Sistema de portadora CCITT multiplexada por división en el tiempo	41
2.4	Codecs.....	42
2.5	Jerarquía digital de Europa..	43
2.6	Jerarquía digital de Norte América y Japonesa	43
2.6.1	Portadoras T.....	50
2.6.2	Sincronización de trama	54
2.6.3	Intercalado de bit versus intercalado de palabra	57
2.6.4	Transmisión digital	
3	ESTRUCTURAS DE LAS TRAMAS Y VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DE LA SDH.....	59
3.1	Características.....	59
3.2	Los conceptos SONET y SDH	60
3.3	Elementos que componen la SDH Multiplexor terminal	61
3.3.1	Contenedor.....	62
3.3.2	Contenedor virtual...	64
3.3.3	Unidad tributaria.....	65
3.3.4	Grupo de unidades tributarias	66
3.3.5	Unidad administrativa	66
3.3.6	Grupo de unidades administrativas	67
3.3.7	Módulo de transporte sincrónico	67
3.4	Estructura de la trama de la SDH	70
3.4.1	Estructura del encabezado de sección	72
3.4.2	Estructura del encabezado de trayectoria de orden superior	75
3.5	Descripción de los apuntadores	78
3.5.1	Funciones de los apuntadores	79
3.5.2	Formato del apuntador	79

	3.5,3	Localización del desplazamiento del apuntador	82
3.6		Justificación de frecuencia ..	86
	3.6.1	Justificación positiva	87
	3.6.2	Justificación negativa	88
3.7		Ensamblaje y desensamblaje del contenedor virtual	89
	3.7.1	Proceso de ensamblaje del contenedor virtual	89
	3.7.2	Proceso de desensamblaje del contenedor virtual	90
4		DISEÑO Y ARQUITECTURA DE LA RED SDH	93
4.1		Elementos de la red (funcionales)	94
	4.1.1	Funciones de Terminación	95
	4.1.2	Funciones de adaptación	95
	4.1.3	Funciones de conexión	95
	4.1.4	Función de interface	96
	4.1.5	Función de supervisión	96
	4.1.6	Funciones de soporte	97
4.2		Funciones básicas de los equipos SDH	97
	4.2.1	Funciones de orden superior	98
	4.2.2	Funciones de orden inferior	99
	4.2.3	Funciones de transporte de SDH	100
	4.2.4	Función de administración SDH	101
4.3		Funciones combinadas	102
4.4		Equipos en la red digital SDH	104
	4.4.1	Multiplexor terminal.	104
	4.4.2	Multiplexor de inserción extracción (ADM-ADD/DROP multiplexer)	106
	4.4.3	Sistema de interconexión (Digital Cross Connects)	109
	4.4.4	Regeneradores.....	112
4.5		Modelo de capas funcionales	112
	4.5.1	Modelo funcional.....	112
	4.5.2	Elementos del modelo funcional	114
4.6		Configuraciones de la red....	116
	4.6.1	Definiciones	116
	4.6.2	Configuración punto a punto	118
	4.6.3	Configuración punto multipunto	118
	4.6.4	Configuración HUB .	119
	4.6.5	Configuración de anillo	120
4.7		Aplicaciones	121
5		SINCRONIZACIÓN DE LA RED	123
5.1		Causas que ocasionan un deslizamiento	125
5.2		Métodos de sincronización de la red	126
	5.2.1	Red plesiócrona	126
	5.2.2	Red síncrona	127
5.3		Organización de las redes digitales	129
5.4		Interacciones dentro del funcionamiento plesiócrono y síncrono	130
5.5		Especificación de la salida de un nodo de red con reloj de referencia	132
5.6		Especificación de la salida de un nodo de red con reloj que no es de referencia	134
5.7		Características de relojes	134
5.8		Tipos de relojes	136

	<u>PAGINA</u>	
5.9	Típos de equipos de alineación	139
5.10	Arquitectura de la red de sincronización	140
5.11	Transferencia de información de temporización con SDH	140
5.12	Distribución de la referencia de sincronización en una red SDH	142
6	ADMINISTRACIÓN DE LA RED	143
6.1	Definiciones de la arquitectura física	144
6.1.1	Elemento de red.....	144
6.1.2	Canal de comunicación de datos	145
6.1.3	Canal Intercalado de control	145
6.1.4	Red de administración SDH	146
6.1.5	Subred de administración SDH	146
6.1.6	Administrador.....	146
6.1.7	Agente	146
6.1.8	Objeto administrado	147
6.1.9	Clase de objeto administrado	147
6.1.10	Sistema operativo/dispositivo de mediación	147
6.1.11	Estación de trabajo..	148
6.1.12	Red de comunicación de datos	148
6.1.13	Red local de comunicaciones	148
6.2	Funciones de la administración de red	148
6.2.1	Funciones generales	149
6.2.2	Funciones de aplicación	151
6.3	Red de administración de la jerarquía digital síncrona	164
6.3.1	Modelo de organización de la administración de la red	164
6.3.2	Relación entre la SMN, SN-SMN y TMN	168
6.3.3	Arquitectura de la subred de gestión	168
6.3.4	Topología y modelo de referencia de la SM/SMN	169
6.4	Protocolos	172
6.4.1	Descripción	172
6.5	Planeación de la administración de la red	179
6.5.1	División de la red de transporte para los objetivos de planeación	180
6.5.2	Planeación con SDH	181
7	INTERFACES Y CÓDIGOS DE LÍNEA	183
7.1	Interfaces	183
7.1.1	Interfaces ópticas....	183
7.1.2	Interfaz eléctrica.....	188
7.2	Códigos de línea.....	185
8	EQUIPOS DE MEDICIÓN.....	215
8.1	Pruebas de información SDH	216
8.1.1	Mapeo de la información	217
8.1.2	Transmisión de información	217
8.1.3	De mapeo de la información	218
8.2	Prueba de estresamiento de la red SDH Protocolos	219
8.2.1	Sincronización de tramas	219
8.2.2	Pruebas de recuperación del reloj óptico	220
8.2.3	Pruebas de desincronización	220
8.2.4	Estresamiento del procesador del apuntador	221
8.2.5	Variaciones de frecuencia e inserción de errores/alarmas	221

	<u>PAGINA</u>
8.3 Estímulo a los equipos de red SDH/Pruebas de respuesta del sistema SDH	221
8.3.1 Estímulo y respuesta de alarmas	222
8.3.2 Estímulo y respuesta del monitoreo de desempeño	223
8.3.3 Estímulo y respuesta del MSP (Protección de sección del multiplexor)	223
8.4 Monitoreo del desempeño "Dentro del servicio"	224
8.5 Pruebas de canales de comunicación de datos (DCC)	224
CONCLUSIONES	225
GLOSARIO	227
BIBLIOGRAFÍA	231

INTRODUCCIÓN

El desarrollo de una infraestructura nacional de telecomunicaciones que proporcione un crecimiento económico a través de servicios especializados y sin olvidar su función social de llegar al mayor número de personas, es el reto que enfrenta un país como el nuestro. Aunado a esto, al ingreso de nuevas compañías de telecomunicaciones en el mercado nacional hace necesario implementar nuevas estrategias para obtener una ventaja competitiva, estableciendo un valor más alto de los servicios y una operación eficiente de los mismos, teniendo en cuenta las limitaciones y la necesidad de preservar la compatibilidad con lo existente.

Sin lugar a duda uno de los mayores desarrollos de los últimos años en las telecomunicaciones fue el cambio de tecnología analógica a digital, pero es ahora cuando se esta completando la digitalización en sus áreas más avanzadas, actualmente la red de transporte esta en las primeras etapas de transformación hacia objetivos similares.

La sustitución del cable de cobre por fibra óptica, como medio de transmisión ideal, la automatización de la operación y la capacidad de proporcionar una gran variedad de servicios integrados son la base de un nuevo concepto de transporte.

Con esta tesis se pretende presentar una solución alternativa a la problemática antes mencionada, con la implementación de una Jerarquía Digital Síncrona (SDH).

La SDH es una medio para estandarizar los sistemas de línea, vista como una técnica flexible de multiplexaje síncrono que mejora el uso de las líneas, reagrupando y consolidando la cargas útiles de transmisión, introduciendo una administración de red y automatización sin intervención manual.

SDH es una norma internacional para redes síncronas de telecomunicación óptima de alta velocidad. Su nombre corresponde a las siglas inglesas de Synchronous Digital Hierarchy.

El grupo de estudio 18 del CCITT (Comite Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía) ahora UIT (Unidad Internacional de Telecomunicaciones), sobre las normas de SDH, se iniciaron en junio de 1986. El objetivo consistía en introducir una norma mundial para sistemas de transmisión síncrona que aportase una red flexible y económica para los operadores de comunicaciones.

La fibra óptica debido a sus características, nos permite tener transmisiones de datos, señales e información, de una manera más rápida, eficiente y confiable. Esto aunado al conocimiento de las técnicas de multiplexaje da como resultado una estructura integral para la red digital síncrona. Los conceptos fundamentales de fibra óptica se enuncian en el capítulo 1. Estos conceptos son primordiales para entender el avance y desarrollo en la evolución de los sistemas de telecomunicaciones. Mientras que en el capítulo 2 se habla sobre los fundamentos de las técnicas de multiplexaje, mismos que sustentan la estructura de la red SDH.

En 1988 se aprobaron las primeras normas SDH (G707, G708, G709), que definen las velocidades de transmisión, el formato de señales, las estructuras de multiplexación y el encuadre de las señales tributarias para la interfase de nodos de red, las cuales se tratan en el capítulo 3.

Además se desarrollaron las normas que regulan el funcionamiento de los multiplexores síncronos, a través de bloques funcionales básicos (G781, G782, y G783), que se tratan en el capítulo 4.

Los relojes jugarán un papel importante en el desarrollo de la Jerarquía Digital Síncrona, ya que con éstos se logrará mantener una velocidad común de señal y evitar el deslizamiento, como se menciona en el capítulo 5.

La administración de los recursos de la red de transmisión actúa de forma que cada segmento de servicio se atiende de acuerdo con sus necesidades, que varían mucho de segmento a segmento. Esto ha forzado a las divisiones operativas responsables del suministro de transporte de los grandes operadores de telecomunicaciones públicas a entrar en una forma de mercado virtual, donde los diferentes segmentos de servicios son los suscriptores. La administración de la red SDH (G784), la normalización de estos aspectos de los equipos SDH es lo que aportará la posibilidad que necesitan los operadores de comunicaciones para administrar en forma económica el crecimiento del ancho de banda y la prestación de nuevos servicios a los clientes previstos para el futuro. El capítulo 6 desarrolla lo antes mencionado.

En el capítulo 7 se trata la información relacionada con las interfases que relacionan a la jerarquía plesiócrona con la jerarquía digital síncrona, y los códigos de línea que se utilizan para ambas jerarquías.

Finalmente, en el capítulo 8 se mencionan los tipos de equipo y los tipos de mediciones para SDH.

El concepto de un sistema de transporte síncrono, basado en normas SDH, trasciende las necesidades de un sistema de transmisión punto a punto, incluye los requisitos de las redes de telecomunicaciones: conmutación, transmisión y control de la red. Estas posibilidades permiten utilizar SDH en las tres áreas tradicionales de aplicación: red local, red interurbana y red de largo alcance. Por consiguiente SDH aporta una infraestructura unificada para las redes de telecomunicaciones.

1. CONCEPTOS DE FIBRA OPTICA

1.1 INTRODUCCION

Durante los últimos diez años, la industria electrónica de las comunicaciones ha experimentado cambios dramáticos y sobresalientes. Un incremento en las comunicaciones de vídeo, voz y datos, ha causado un aumento en la demanda de sistema de comunicaciones de mayor capacidad y más económicos. Esto ha causado una revolución técnica en la industria de las comunicaciones. Los sistemas de microondas ya han llegado al límite de su capacidad y los sistemas satelitales pueden proveer una salida temporal.

Los sistemas de comunicaciones que usan luz como la portadora de información, han recibido recientemente gran atención. La propagación de las ondas de luz a través de la atmósfera de la tierra es difícil e impráctica. Consecuentemente los sistemas que usan vidrio o cables de fibra plástica para contener una onda de luz y guiarla desde una fuente a un destino, están siendo investigadas. Los sistemas de comunicaciones que transportan información a través de un cable de fibra guiado, se llaman sistemas de fibra óptica.

La capacidad de transporte de información de un sistema de comunicaciones es directamente proporcional a su ancho de banda; mientras más amplio sea el ancho de banda, mayor será la capacidad de información. Para fines de comparación, es común expresar el ancho de banda de un sistema como un porcentaje de su frecuencia portadora. Por ejemplo, un sistema de radio VHF opera a 100 MHz, tiene un ancho de banda igual a 10MHz (10% de la frecuencia portadora). Las frecuencias de luz usadas en los sistemas de fibra óptica están entre 10^{14} y 10^{15} Hz (100,000 a 1,000,000 GHz). El 10% de 1,000,000 GHz es 100,000 GHz. Para satisfacer las

necesidades de comunicaciones o las necesidades del futuro. 100,000 GHz es un ancho de banda excesivo. Sin embargo, ilustra las capacidades de los sistemas de fibra óptica.

Existe la necesidad de reducir costos operativos, actualizar redes, proporcionar nuevos servicios de alta velocidad y de interconectar redes de una misma compañía a nivel mundial. Una de las herramientas que permiten cubrir esta necesidad, es la Red Óptica Síncrona; un conjunto de especificaciones para construir redes de alta velocidad en las comunicaciones digitales, que corren a través de fibras ópticas mientras se interfazan con los protocolos eléctricos existentes, así como con los equipos de transmisión asíncrona existentes. Otra necesidad que se tiene es la de interconectar sistemas de transmisión de diversos proveedores; las Redes Ópticas Síncronas definen un estándar de señales ópticas, una estructura de trama síncrona para el tráfico digital multiplexado y procedimientos de operación.

El gran rango de posibilidades de aplicación e implementación de las fibras ópticas, presentan un reto significativo en la especificación de parámetros ópticos para la compatibilidad de sistemas de Jerarquía Digital Síncrona (SDH), así como para el desarrollo de aplicaciones futuras.

1.2 FIBRAS OPTICAS VERSUS FACILIDADES DE CABLE METALICO

Las comunicaciones a través de cables de fibra de vidrio o plástico tiene varias ventajas sobre las comunicaciones que usan cable metálico o coaxial.

Ventajas de los sistemas de fibra

1. Los sistemas de fibra tienen una mayor capacidad debido a los anchos de banda mayores inherentes, disponibles con frecuencias ópticas. Los cables metálicos tienen capacitancias e

inductancias a lo largo de sus conductores. Estas propiedades causan que actúen como filtros pasobajas, lo cual limita su transmisión de frecuencias y de anchos de banda.

2. Los sistemas de fibra son inmunes a la interferencia causada por inducción magnética. En los cables metálicos, la primer causa de interferencia es la inducción magnética, ya que los conductores se encuentran localizados uno cerca del otro.
3. Los cables de fibra son inmunes a la interferencia estática causada por relámpagos, motores eléctricos, luces fluorescentes, y otras fuentes de ruido eléctrico. Esta inmunidad es también atribuible al hecho de que las fibras ópticas no son conductores de la electricidad. También, los cables de fibra no radian energía y por lo tanto no pueden causar interferencia con otros sistemas de comunicaciones. Esta característica hace de los sistemas de fibra, los ideales para aplicaciones militares, donde los efectos de armas nucleares (EMP - interferencia de pulso electromagnético) tienen un efecto devastador en los sistemas de comunicaciones convencionales.
4. Los cables de fibra son más resistentes a ambientes extremos. Operan en variaciones de temperatura más marcadas que su contraparte metálica.
5. Los cables de fibra son más seguros y más fáciles de instalar y de mantener. Debido a que las fibras de vidrio y plástico no son conductores, no hay corrientes eléctricas o voltajes asociados con ellas. Las fibras pueden ser usadas alrededor de líquidos volátiles y gases sin preocuparse de que pudieran causar explosiones o incendios. Las fibras son más pequeñas y mucho más ligeras que su contraparte metálica. Consecuentemente, se puede trabajar más fácil con ellas. También los cables de fibra requieren de menos espacio de almacenamiento y son más baratas de transportar.

6. Los cables de fibra son más seguros que su contraparte de cobre. Es virtualmente imposible golpear un cable de fibra sin notarlo. Esta es otra cualidad atractiva para aplicaciones militares.
7. Aunque no ha sido aún probado, está proyectado que los sistemas de fibra duren más que las facilidades metálicas. Esto está basado en las altas tolerancias que tienen los cables de fibra a los cambios ambientales.
8. El costo a largo plazo de los sistemas de fibra óptica está proyectado a ser menor que su contraparte metálica.

Desventajas de los sistemas de fibra

Actualmente hay muy pocas desventajas. La única desventaja significativa es el alto costo de instalación del sistema, aunque en el futuro se cree que el costo de instalación de un sistema de fibra será reducido dramáticamente. Otra desventaja de los sistemas de fibra es el hecho de que no están probados; no hay sistemas que hayan estado en operación por un período largo de tiempo.

1.3 FIBRAS OPTICAS

Tipos de fibra

Esencialmente hay tres tipos de fibra disponibles hoy en día. Están construidos de vidrio, plástico, o una combinación de vidrio y plástico. Estos tres tipos son:

1. Núcleo y recubrimiento de plástico.

2. Núcleo de vidrio y recubrimiento de plástico (comúnmente llamada fibra PCS (silica-recubierta-plástico)).
3. Núcleo de vidrio y recubrimiento de vidrio (comúnmente llamada SCS, silica-recubierta-silica)).

Actualmente los laboratorios Bell, están investigando la posibilidad de usar una cuarta variedad que usa una sustancia no silica, cloruro de zinc. Experimentos preliminares han indicado que las fibras hechas de esta sustancia serán 1000 veces más eficientes que las de vidrio.

Las fibras plásticas tienen varias ventajas sobre las de vidrio. Primero, las fibras de plástico son más flexibles, y consecuentemente más rugosas que el vidrio. Son fáciles de instalar, son menos caras, y pesan aproximadamente 60% menos que las de vidrio. La desventaja de las fibras plásticas es su alta atenuación; no propagan la luz tan eficientemente como el vidrio. Consecuentemente, las fibras plásticas están limitadas a distancias relativamente cortas, como podría ser dentro de un edificio o un complejo de edificios.

Las fibras con núcleos de vidrio tienen una baja característica de atenuación. Sin embargo, las fibras PCS son ligeramente mejores que las fibras SCS. También las fibras PCS son menos afectadas por la radiación y por lo tanto son más atractivas para aplicaciones militares. Las fibras SCS tienen una mejor propagación y son más fáciles de terminar que las fibras PCS. Desafortunadamente, los cables SCS son menos rugosos, y son más susceptibles a aumentos en la atenuación cuando se exponen a la radiación.

La elección de una fibra para una determinada aplicación, está en función de los requerimientos específicos del sistema.

Construcción de la fibra

Hay muchos diseños diferentes. La figura 1.1 muestra ejemplos de varias configuraciones de cable de fibra óptica. Dependiendo de la configuración, el cable puede incluir un *núcleo*, un *recubrimiento*, un *tubo protector*, *miembros de tensión*, y uno o más *cubiertas protectoras*.

Con la construcción de tubo *suelto* (mostrado en la figura 1.1a) cada fibra está contenida en un tubo protector. Dentro de este tubo, un compuesto de poliuretano encapsula la fibra, y la sella.

La figura 1.1b muestra la construcción de un cable de fibra óptica *restringido*. Rodeando al cable de fibra, están los *buffers primarios y secundarios*. El recubrimiento de los buffers protege a la fibra de influencias mecánicas externas, las cuales podrían causar una fractura en la fibra o una atenuación óptica excesiva. Nuevamente un tubo protector exterior se rellena con poliuretano, lo cual impide que la humedad entre en contacto con el núcleo de la fibra.

La figura 1.1c muestra una configuración multifilamento. Para aumentar la tensión de esfuerzo, un miembro central de acero y un recubrimiento de cinta Mylar están incluidos en el paquete. La figura 1.1d muestra una configuración de listón, la cual es frecuentemente vista en los sistemas telefónicos que usan fibras ópticas. La figura 1.1e muestra la cara terminal y lateral del cable PCS.

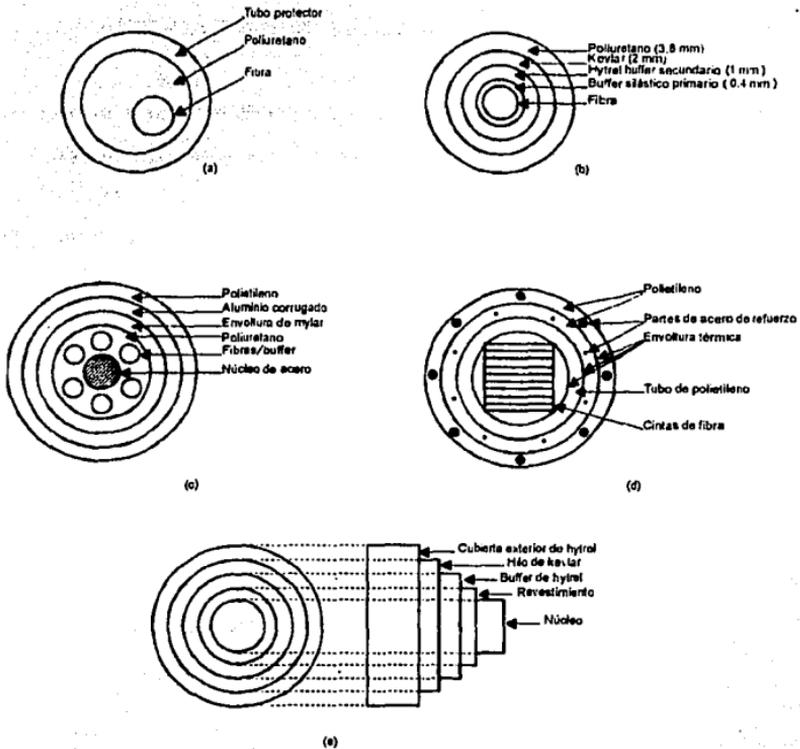


Figura 1.1 Configuraciones del cable de la fibra óptica

El tipo de construcción dependerá de los requerimientos de desempeño del sistema y de las variables económicas y de ambiente.

1.4 PROPAGACION DE LA LUZ A TRAVES DE UNA FIBRA OPTICA

La luz se puede propagar a través de un cable de fibra óptica, ya sea por reflexión (característica de una superficie que regresa luz o energía) o refracción. La refracción es el doblez que sufren los rayos de luz cuando viajan a través de un material de una densidad dada a un material de diferente densidad. Como se propague la luz, dependerá del *modo de propagación* y del *perfil de índice* de la fibra.

Modo de propagación

En la terminología de fibra óptica, la palabra modo simplemente significa ruta. Si hay una sola ruta que la luz pueda tomar en el cable, se le llama *monomodo*. Si hay más de una ruta se le llama *multimodo*. La figura 1.2 muestra ambos modos de propagación de la luz a través de una fibra óptica.

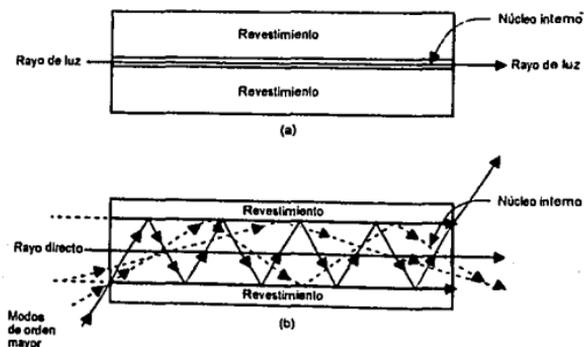


Figura 1.2 Modos de propagación. (a) Monomodo; (b) Multimodo

Perfil de índice

El perfil de índice de una fibra óptica, es una representación gráfica del índice de refracción del núcleo y revestimiento, donde el índice de refracción es la relación de la velocidad de propagación de un rayo de luz en el espacio libre a la velocidad de propagación de un rayo de luz en un material dado. La figura 1.3 muestra el perfil de índice del núcleo de tres tipos de cables de fibra.

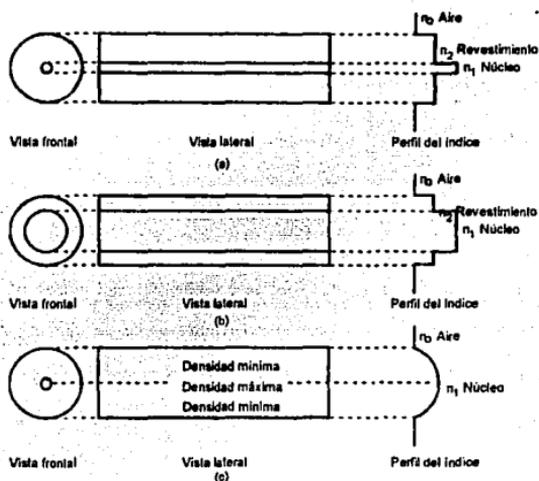


Figura 1.3 Perfil de índice de núcleo: (a) monomodo de índice escalonado; (b) multimodo de índice escalonado; (c) multimodo de índice gradual

Hay dos tipos básicos de perfiles de índice: escalonado y gradual. Una fibra de índice escalonado, tiene un núcleo central con un índice de refracción uniforme. El núcleo está rodeado por un recubrimiento con un índice de refracción uniforme, menor al del centro del núcleo. De la figura 1.3, se puede ver que una fibra de índice escalonado tiene un cambio

abrupto en el índice de refracción de la interface núcleo-recubrimiento. En una fibra de índice gradual no hay recubrimiento, y el índice de refracción de núcleo no es uniforme. Es mayor en el centro y decrece gradualmente hacia la orilla.

1.5 CONFIGURACION DE FIBRAS OPTICAS

Esencialmente hay tres tipos de configuraciones de fibra óptica: monomodo de índice escalonado, multimodo de índice escalonado y multimodo de índice gradual.

Fibra monomodo de índice escalonado

Una fibra monomodo de índice escalonado tiene un núcleo central que es suficientemente pequeño, tal que es esencialmente una sola ruta por la que la luz se puede propagar a través del cable. Este tipo de fibra se muestra en la figura 1.4. En su forma más simple, el recubrimiento exterior es simplemente aire (figura 1.4a). El índice de refracción del núcleo de vidrio (n_1) es aproximadamente 1.5, y el índice de refracción del recubrimiento de aire (n_0) es 1. La gran diferencia en los índices de refracción, resulta en un ángulo crítico más pequeño (aproximadamente 42°) en la interface vidrio/aire. El ángulo crítico es el ángulo mínimo de incidencia al cual, un rayo de luz toca la interface de dos medios y resulta en un ángulo de refracción de 90° o mayor. Consecuentemente, la fibra aceptará la luz desde una apertura mayor. Esto hace relativamente fácil el acoplar la luz de una fuente en el cable. Sin embargo, este tipo de fibra es típicamente muy débil y de limitado uso práctico.

Un tipo más práctico de fibra monomodo de índice escalonado, es aquella cuyo recubrimiento no es aire (figura 1.4b). El índice de refracción del recubrimiento (n_2) es ligeramente menor que el del núcleo central (n_1) y es uniforme a través de todo el recubrimiento. Este tipo de cable es físicamente más fuerte, pero el ángulo crítico es mayor (aproximadamente 77°). Teniéndose un

ángulo de aceptación menor y una apertura más estrecha, haciendo más difícil el acoplamiento de la luz de una fuente en la fibra.

Con ambos tipos de fibras, la luz se propaga a través de la fibra por reflexión. Los rayos de luz que entran en la fibra se propagan a través del núcleo, o tal vez, son reflejados una vez. Consecuentemente, todos los rayos de luz siguen aproximadamente la misma ruta a través del cable y toman aproximadamente la misma cantidad de tiempo para recorrer el cable. Esta es una de las grandes ventajas de estas fibras. La atenuación en este tipo de fibras es 0.4 dB/km.

Además de las fibras monomodo de índice escalonado, existen otros dos tipos de fibra monomodo: de *dispersión corrida* y de *dispersión plana*. Las de dispersión corrida son aquellas en que la dispersión de guía de onda a 1,550 nm, es igual en magnitud pero inversa a la dispersión del material, por lo que la dispersión cromática es igual a cero. Más adelante se explicará a detalle el tipo de pérdidas (dispersiones) en fibras ópticas. En este tipo de fibra monomodo, la atenuación es mayor, ya que la luz es acarreada a las pérdidas del revestimiento. La atenuación es de 0.2 dB/km.

Las de dispersión plana tienen una baja dispersión sobre un rango de longitud de onda, lo que las hace más eficientes en el campo de las comunicaciones, pero presentan obstáculos al expandir la capacidad para señales de transmisión simultánea a 20 o más longitudes de onda diferentes.

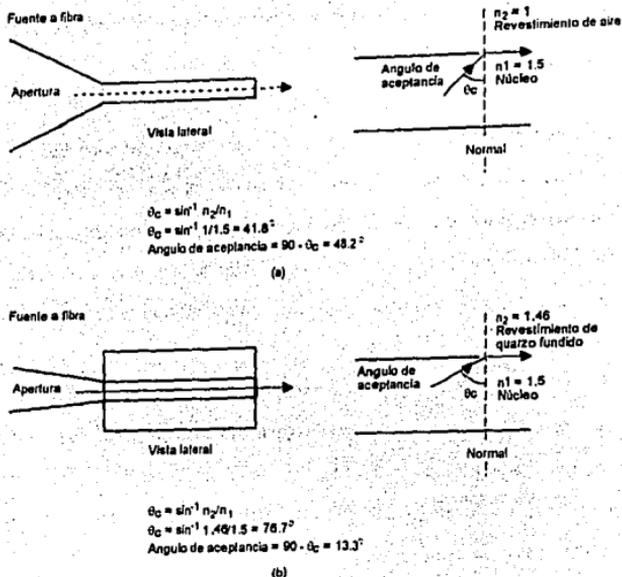


Figura 1.4 Fibras monomodo de índice escalonado: (a) recubrimiento de aire (b) recubrimiento de vidrio

Fibra multimodo de índice escalonado

Una fibra multimodo de índice escalonado se muestra en la figura 1.5. Es similar al monomodo, excepto que el núcleo es mayor. Este tipo de fibra tiene una apertura de luz a la fibra grande, y consecuentemente, permite que más luz entre en el cable. Los rayos de luz que tocan la interface núcleo/recubrimiento en un ángulo mayor al ángulo crítico (rayo A) son propagados en modo de zigzag, reflejando continuamente en los límites de la interface. Los rayos de luz que tocan la interface núcleo/recubrimiento en un ángulo menor al ángulo crítico (rayo B), entran al recubrimiento y se pierden. Hay muchas rutas que el rayo de luz puede seguir en su

propagación a través de la fibra, como resultado, todos los rayos de luz no siguen la misma ruta y consecuentemente, no toman el mismo tiempo para viajar a través de la fibra.

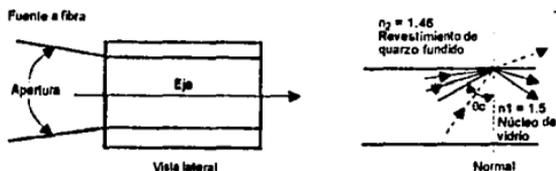


Figura 1.5 Fibra multimodo de índice escalonado

Fibra multimodo de índice gradual

Una fibra multimodo de índice gradual se muestra en la figura 1.6. Una fibra multimodo de índice gradual se caracteriza por un núcleo central que tiene un índice de refracción que es no uniforme. Es máximo en el centro y disminuye gradualmente hacia la orilla exterior. La luz se propaga a través de la fibra por refracción, como un rayo de luz se propaga diagonalmente a través del núcleo, está continuamente intersectando una interface de menor a mayor densidad. Consecuentemente, los rayos de luz son constantemente refractados, lo cual resulta en un doblez continuo de los rayos de luz. La luz entra a la fibra con diferentes ángulos. Conforme se propagan a través de la fibra, los rayos que viajan en la área exterior de la fibra, viajan a mayor distancia que los rayos que viajan por el centro. Ya que el índice de refracción disminuye con la distancia desde el centro, y la velocidad es inversamente proporcional al índice de refracción, los rayos viajan más allá del centro a mayor velocidad. Por lo que toman aproximadamente el mismo tiempo para recorrer la longitud de la fibra.

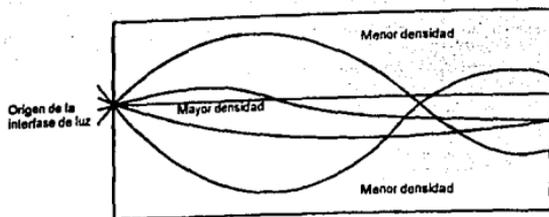


Figura 1.6 Fibra multimodo de índice gradual

1.6 COMPARACION DE LOS TRES TIPOS DE FIBRAS OPTICAS

1.6.1 FIBRA MONOMODO DE INDICE ESCALONADO

Ventajas

1. Hay un mínimo de dispersión, ya que la propagación de los rayos a través de la fibra es por la misma ruta, lo cual les toma aproximadamente el mismo tiempo para recorrerla. Consecuentemente, un pulso de luz que entre al cable puede ser reproducido con fidelidad en el receptor.
2. Debido a su alta fidelidad de reproducción de pulsos transmitidos en el receptor, anchos de banda mayores y rangos de transmisión de información más grandes son posibles.

Desventajas

1. Debido a que el núcleo es muy pequeño, es difícil acoplar la luz en la fibra. La apertura de fuente de luz es la más pequeña de todas las fibras.
2. Debido a su núcleo pequeño, se requiere de láser para acoplar la luz en la fibra.
3. Son caras y difíciles de manufacturar.

1.6.2 FIBRA MULTIMODO DE INDICE ESCALONADO

Ventajas

1. Son más baratas y de fácil manufactura.
2. Es fácil el acoplamiento de fuente de luz. Tienen una apertura relativamente grande.

Desventajas

1. Los rayos de luz siguen diferentes rutas a lo largo de la fibra, lo que ocasiona diferentes tiempos de propagación. Debido a esto, los rayos que viajan a través de este tipo de fibra, tienen una tendencia a dispersarse. Consecuentemente, un pulso de propagación de luz se distorsiona más que con otros tipos de fibras.
2. El ancho de banda y el rango de transferencia de información es limitado con este tipo de cable.

1.6.3 FIBRA MULTIMODO DE INDICE GRADUAL

Esencialmente, no hay ventajas o desventajas sobresalientes de este tipo de fibra. Es más fácil el acoplamiento de luz que en las fibras monomodo, pero más difícil que en las multimodo de índice escalonado. La distorsión debida a las múltiples rutas es mayor que en las monomodo, pero menor que en las multimodo de índice escalonado. Su manufactura es más fácil que la de las monomodo, pero más difícil que las multimodo de índice escalonado.

1.7 PERDIDAS EN LOS CABLES DE FIBRA OPTICA

Las pérdidas en transmisión de cables de fibra óptica son una de las características más importantes de la fibra. Las pérdidas en la fibra resultan en una reducción de la energía de la luz, y esto reduce el ancho de banda del sistema, el rango de transmisión de información, la eficiencia y sobretodo, la capacidad del sistema. Las principales son:

1. Pérdidas por absorción.
2. Pérdidas por material o dispersión Rayleigh.
3. Dispersión cromática o de longitud de onda.
4. Pérdidas por radiación.
5. Dispersión modal.
6. Pérdidas por acoplamiento.

Pérdidas por absorción

Las pérdidas por absorción en las fibras ópticas son lo que las disipaciones de energía a los cables de cobre. Las impurezas en la fibra absorben la luz y la convierten en calor. Las pérdidas por absorción son entre 1 y 1000 dB/km.

Pérdidas por material o dispersión Rayleigh

Durante los procesos de manufactura, el vidrio es manipulado hasta obtener fibras; durante este proceso, el vidrio está en un estado plástico, y la tensión aplicada al vidrio, causa irregularidades submicroscópicas. Cuando los rayos de luz se propagan a través de la fibra, éstos son refractados, lo que causa que la luz se disperse en muchas direcciones. Hay rayos que se escapan a través del recubrimiento, y esto representa una pérdida en la energía de la luz.

Dispersión cromática o de longitud de onda

El índice de refracción depende de la longitud de onda del material. Los diodos de emisión de luz (LEDs) emiten luz que contiene una combinación de longitudes de onda. Cada longitud de onda dentro de la señal de luz, viaja a diferente velocidad, consecuentemente, los rayos de luz que son emitidos simultáneamente y propagados a través de la fibra óptica no llegan al final de la misma al mismo tiempo. Esto genera que la señal recibida esté distorsionada. Esto se puede solucionar usando una fuente monocromática, tal como un diodo láser de inyección (ILD).

Pérdidas por radiación

Son causadas por dobleces en la fibra, los cuales a su vez son causados durante la instalación o por los diferentes rangos de temperaturas entre el núcleo y el recubrimiento.

Dispersión modal

Es causada por la diferencia en los tiempos de propagación de los rayos de luz que toman las diferentes rutas a través de la fibra. Sólo ocurre en las fibras multimodo.

Pérdidas por acoplamiento

Pueden ocurrir por cualquiera de los siguientes tres tipos de uniones ópticas: conexiones de fuente de luz a la fibra, conexiones fibra a fibra, y conexiones fibra a fotodetector. Estas pérdidas son causadas comúnmente por: mala alineación lateral, espacio de alineación, mala alineación angular, e imperfecciones de terminado de superficies. La figura 1.7 muestra estas situaciones:

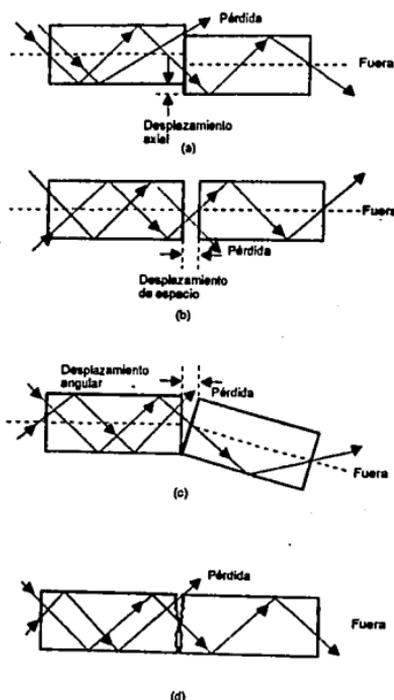


Figura 1.7

Pérdidas por acoplamiento: (a) mala alineación lateral; (b) espacio de alineación; (c) mala alineación angular; (d) imperfecciones de terminado de superficies

2. TECNICAS DE MULTIPLEXAJE DIGITAL

2.1 INTRODUCCION

El multiplexaje es la transmisión de información, ya sea voz o datos, desde más de una fuente a más de un destino en el mismo medio de transmisión (facilidad). Las transmisiones ocurren en la misma facilidad, pero no necesariamente al mismo tiempo. El medio de transmisión puede ser un par doble metálico, un cable coaxial, un radio de microondas, un radio de satélite, o un cable de fibra óptica. Hay varios medios por los cuales se puede multiplexar, aunque los métodos más comunes son el *multiplexaje por división en la frecuencia (FDM)* y el *multiplexaje por división en el tiempo (TDM)*.

2.2 MULTIPLEXAJE POR DIVISION EN EL TIEMPO

Con TDM, las transmisiones de fuentes múltiples ocurren en la misma facilidad, pero no al mismo tiempo. Las transmisiones de varias fuentes están intercaladas en el dominio del tiempo. El tipo más común de modulación usado con los sistemas TDM es PCM (Pulse code modulation). Con un sistema PCM-TDM, dos o más canales de banda de voz son muestreados, convertidos a códigos PCM, multiplexados por división de tiempo en un par de cable metálico o en un cable de fibra óptica.

Antes de explicar el proceso del multiplexaje por división en el tiempo, es conveniente familiarizarse con algunos conceptos básicos de Transmisión Digital.

2.2.1 TRANSMISION DIGITAL

La transmisión digital es la transmisión, valga la redundancia, de pulsos digitales entre dos puntos en un sistema de comunicaciones. La fuente original de información puede estar ya en una forma digital, o puede ser una señal analógica que debe de ser convertida a pulsos digitales antes de ser transmitida, y convertida de nuevo a la forma analógica en el receptor. Con los sistemas de transmisión digital se requiere de un enlace (par de cable metálico, cable coaxial, o fibra óptica) para interconectar los dos puntos en el sistema. Los pulsos están contenidos y se propagan a través de la facilidad.

Ventajas de la transmisión digital

1. La principal ventaja de la transmisión digital es la inmunidad al ruido. Las señales analógicas son más susceptibles, que los pulsos digitales, a variaciones de amplitudes, frecuencia y fases no deseadas. Los pulsos digitales son evaluados durante un intervalo de muestreo, y una simple determinación se efectúa cuando el pulso está arriba o abajo de un cierto umbral.
2. Los pulsos digitales son mejores para ser procesados y multiplexados. Los pulsos digitales se pueden almacenar fácilmente donde las señales analógicas no. También el rango de transmisión de un sistema digital puede fácilmente ser cambiado para adaptarlo a diferentes ambientes y para interfasar con diferentes tipos de equipos.
3. Los sistemas digitales usan una regeneración de señal, en lugar de una amplificación de señal, produciendo un sistema más resistente al ruido.

4. Las señales digitales son más sencillas de medir y evaluar, por lo que es más fácil comparar el desempeño de los sistemas digitales con las diferentes capacidades de señalización e información.
5. Los sistemas digitales son mejores para evaluar la presencia de errores (detección y corrección de errores).

Desventajas de la transmisión digital

1. La transmisión de señales analógicas codificadas digitalmente requiere de un ancho de banda mayor.
2. Las señales analógicas deben de ser convertidas a códigos digitales antes de ser transmitidas, y deben de ser restauradas (convertidas a señales analógicas de nuevo) en el receptor.
3. La transmisión digital requiere de sincronización de tiempo precisa entre los relojes del transmisor y del receptor.
4. Los sistemas de transmisión digital son incompatibles con las facilidades analógicas.

2.2.2 MODULACION DE PULSOS

La modulación de pulsos incluye muchos métodos diferentes de transferencia de pulsos de una fuente a un destino. Los cuatro principales son *modulación de ancho de pulso (PWM)*, *modulación de posición de pulso (PPM)*, *modulación de amplitud de pulso (PAM)*, y *modulación de códigos de pulso (PCM)*. Estos métodos se ilustran en la Figura 2.1:

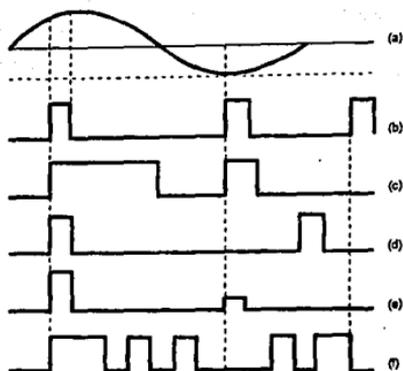


Figura 2.1 Modulación de pulso: (a) señal analógica; (b) muestreo del pulso; (c) PWM; (d) PPM; (e) PAM; (f) PCM

PCM es el método de transmisión de pulsos en el que la señal analógica es muestreada y convertida a una longitud fija, número serial binario para transmisión. El número binario varía de acuerdo a la amplitud de la señal analógica. También es el método de interés de esta investigación.

2.2.3 MODULACION DE CODIGOS DE PULSO

PCM es la única técnica de modulación de pulsos que es un sistema de transmisión digital. Con PCM los pulsos tienen una longitud y una amplitud fijas. Es un sistema binario; un pulso o la ausencia de él, dentro de un período de tiempo, representa una condición de 1 lógico o 0 lógico.

La figura 2.2 muestra un diagrama a bloques, simplificado, de un sólo canal, sistema PCM simplex (un sólo camino). El filtro pasobandas limita la entrada de la señal analógica para el rango de la frecuencia de banda estándar de voz: 300 a 3000 HZ. El circuito de Muestreo-

Retención, periódicamente muestrea la entrada analógica y convierte estas muestras en una señal de multinivel PAM. El convertidor analógico-digital (ADC) convierte las muestras PAM en un flujo de datos seriales binarios para la transmisión.

En el receptor el convertidor digital-analógico convierte el flujo de datos seriales binarios a su forma analógica. Un circuito integrado realiza la codificación y decodificación PCM y se es llamado *codec* (codificador / decodificador).

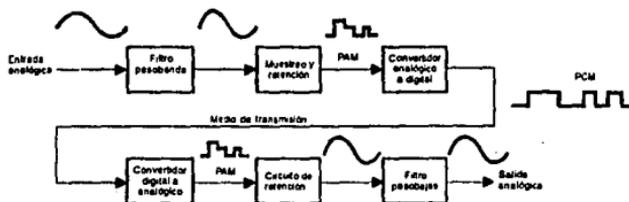


Figura 2.2 Diagrama a bloques del sistema simplificado PCM

Circuito de Muestreo-Retención

El propósito del circuito de Muestreo-Retención es muestrear periódicamente la entrada cambiante de la señal analógica, y convertir las muestras a series de niveles constantes de PAM. Para que el ADC convierta adecuadamente una señal a código digital, la señal debe de ser relativamente constante. De otra manera, antes de que se completara la conversión ADC la entrada habría cambiado. Por lo tanto, el ADC continuamente intentará seguir los cambios analógicos y nunca se estabilizará en ningún código PCM. Esencialmente es un modulador AM.

La figura 2.3a, muestra un diagrama a bloques simplificado de un sistema de portadora de dos canales PCM-TDM. cada canal es muestreado alternativamente y convertido a código PCM. Mientras que el código PCM para el canal 1 está siendo transmitido, el canal 2 está siendo muestreado y convertido a código PCM. Mientras el código PCM del canal 2 está siendo transmitido, la siguiente muestra está siendo tomada del canal 1 y está siendo convertida a código PCM. Este proceso continúa y las muestras son tomadas alternativamente de cada canal, convertidas a códigos PCM y transmitidas. El multiplexor es simplemente un interruptor electrónico con dos entradas y una salida. El canal 1 y el canal 2 son seleccionados alternativamente y conectados a la salida del multiplexor. El tiempo que tarda en transmitir una muestra de cada canal es llamado *tiempo de trama*.

El código PCM para cada canal ocupa un espacio de tiempo establecido (*epoch*) dentro de la trama total TDM. Con un sistema de dos canales, el tiempo asignado para cada canal es igual a la mitad del tiempo total de la trama. Una muestra de cada canal se toma una vez durante cada trama. Por lo tanto, el tiempo total de la trama es igual al recíproco del rango de muestreo. ($1/f_s$). La figura 2.3b muestra la asignación de trama de TDM para un sistema de dos canales.

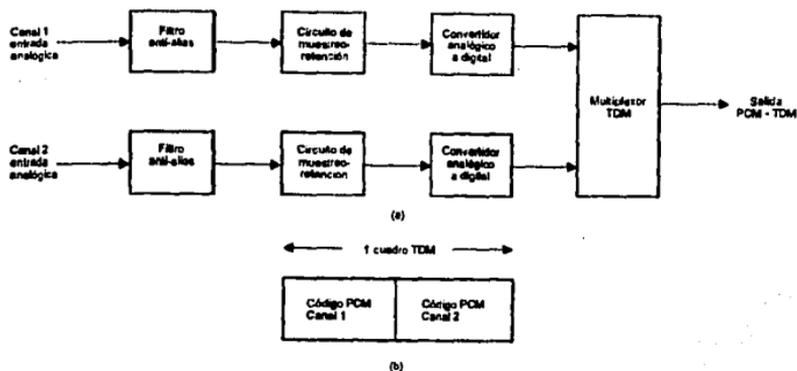


Figura 2.3 Sistema de dos canales PCM-TDM: (a) diagrama a bloques; (b) Trama TDM.

2.2.4 SISTEMA DE PORTADORA DIGITAL T1

La figura 2.4 muestra el diagrama a bloques del sistema de la portadora digital T1 de la Bell System. Este sistema es el estándar telefónico para Norte América. Una portadora T1 por división de tiempo multiplexa 24 muestras codificadas de PCM para su transmisión a través de un sólo par de cable metálico. De nuevo, el multiplexor es simplemente un Interruptor, excepto que ahora tiene 24 entradas y una salida. Los 24 canales de banda de voz son seleccionados secuencialmente y conectados a la salida del multiplexor. Cada canal de banda de voz ocupa un ancho de banda de 300 a 3000 Hz.

Por sí solo, un multiplexaje por división de tiempo de 24 canales de banda de voz, no constituyen una portadora T1. En este punto, la salida del multiplexor es simplemente una señal digital multiplexada (DS-1). No se convierte en una portadora T1 hasta que la señal de línea es codificada y colocada en pares de cables, acondicionados especialmente, llamados líneas T1.

Con el sistema de portadora T1 de la Bell System, los bancos de canal tipo D (digital) realizan el muestreo, la codificación y el multiplexaje de los 24 canales de banda de voz. Cada canal contiene un código de 8 bits PCM y es muestreado 8000 veces por segundo, por lo que una muestra codificada de 64 kbps de PCM es transmitida para cada canal de banda de voz durante cada trama.

$$(8 \text{ bits / canal}) \times (8000 \text{ muestras / segundo}) = 64 \text{ kbps}$$

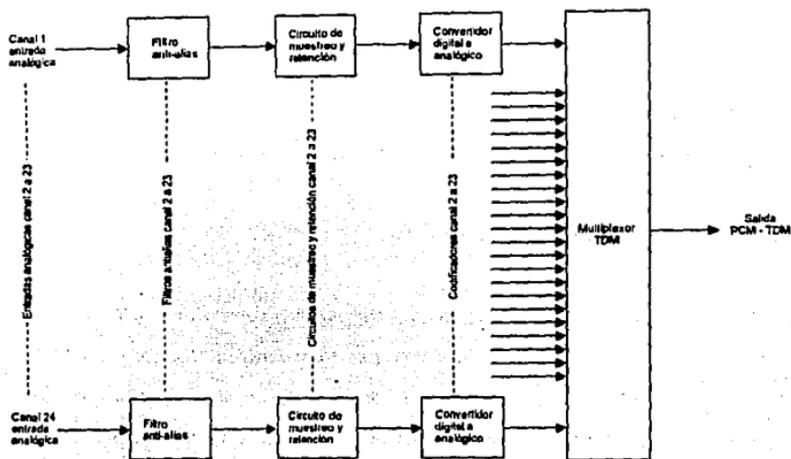


Figura 2.4 Diagrama a bloques del sistema de portadora digital del sistema de la Bell

Dentro de cada trama se agrega un bit adicional llamado *bit de trama*. Este bit de trama ocurre a una razón de 8000 bps y es recuperado en la circuitería del receptor y usado para mantener la trama, y para la sincronización de las muestras entre el transmisor y el receptor TDM. Como consecuencia cada trama TDM contiene 193 bits.

$$(8 \text{ bits / canal}) \times (24 \text{ canales / trama}) = (192 \text{ bits / trama} + 1 \text{ bit de trama / trama}) = 193 \text{ bits/trama}$$

Como consecuencia la velocidad de línea para la portadora T1 es:

$$\text{velocidad de línea} = (193 \text{ bits / trama}) \times (8000 \text{ tramas / segundo}) = 1.544 \text{ Mbps}$$

Bancos de Canal tipo D

Los primeros sistemas de portadora T1 estaban equipados con unos bancos de canal D1A, los cuales usaban un código de magnitud única de 7 bits de código PCM con compresión analógica y $\mu = 100$, donde μ es la cantidad de compresión. Una versión posterior del banco de canal D1 (D1D) usaba un código PCM de magnitud de signo de 8 bits. Con los bancos de canal D1A un octavo bit (el bit s) es agregado a cada código PCM para propósitos de señalización (supervisión: colgado, descolgado, marcado por pulsos, etc.). Consecuentemente, la razón de señalización para los bancos de canal D1 es de 8 kbps. También con los bancos de canal D1, la secuencia del bit de trama es simplemente un patrón de alternativo 1 / 0. La figura 2.5 muestra la trama y la alineación de muestras para el sistema de portadora T1 usando bancos de canal D1A.

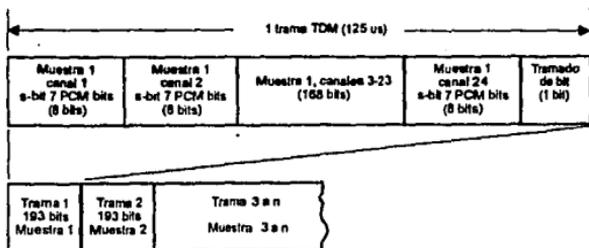


Figura 2.5 Trama del sistema de portadora T1 y alineación de muestreo usando bancos de canal D1

Generalmente el sistema de portadora T1 ha progresado hasta D2, D3, D4, y D5. Los bancos de los canales D4 y D5 usan un compresor digital, un código PCM de compresión de magnitud de signo de 8 bits con un $\mu = 255$. En el banco de canal D1, las características de compresión y expansión, fueron implementadas en una circuitería separada del codificador y decodificador. Los bancos de canal D2, D3, D4, y D5 incorporan las funciones de compresión directamente en los codificadores y decodificadores. Aunque los bancos de canales D2 y D3 son funcionalmente

similares, el banco de canal D3 fue el primero en incorporar circuitos integrados LSI separados adecuadamente (codecs) para cada canal de banda de voz. Con los bancos de canal D1, D2, D3 el equipo común realiza las funciones de codificación y decodificación. Consecuentemente, una sola falla del equipo genera una falla total del sistema.

Los bancos de canal D1A usan un código de sólo magnitud; consecuentemente, un error en el bit mas significativo (MSB) de una muestra de canal, siempre produce un error de decodificación igual a la mitad del total del rango de cuantización (V_{max}), donde la cuantización es la asignación de magnitudes absolutas a códigos PCM. Ya que los bancos de canal D1D, D2, D3, D4, y D5 usan un código de magnitud de signo, un error en el MSB (signo del bit) causa un error de decodificación igual a dos veces la magnitud de la muestra (desde +V hasta -V, o viceversa). El peor caso de error es igual a dos veces el rango total de cuantización. Sin embargo, las muestras de máxima amplitud ocurren raramente y la mayoría de los errores de codificación con D1D, D2, D3, D4 y D5 son menores a la mitad del rango de codificación. En promedio, el error de desarrollo con un código de magnitud de signo es mejor que con un código de sólo magnitud.

Formato de supertrama

El rango de señalización de 8 kbps usado con los bancos de canal D1 es excesivo para la transmisión de voz, por lo que con los bancos de canal D2 y D3 un bit de señalización es substituido solamente en el bit menos significativo (LSB) de cada sexta trama, por lo que cinco de cada seis tramas tienen una resolución de 8 bits, mientras que uno de cada seis tramas (la señalización de trama) tiene solamente 7 bits de resolución. Consecuentemente, el rango de señalización en cada canal es de 1.333 kbps (8000 bps / 6) y el número efectivo de bits por muestra es actualmente de $7\frac{5}{6}$ bits y no de 8.

Ya que solamente cada sexto de trama incluye un bit de señalización, es necesario que todas las tramas estén numeradas de tal forma que el receptor sepa cuando extraer la información de señalización. También, debido a que la señalización se lleva a cabo con una palabra binaria de 2 bits, es necesario identificar el MSB y el LSB de la palabra de señalización.

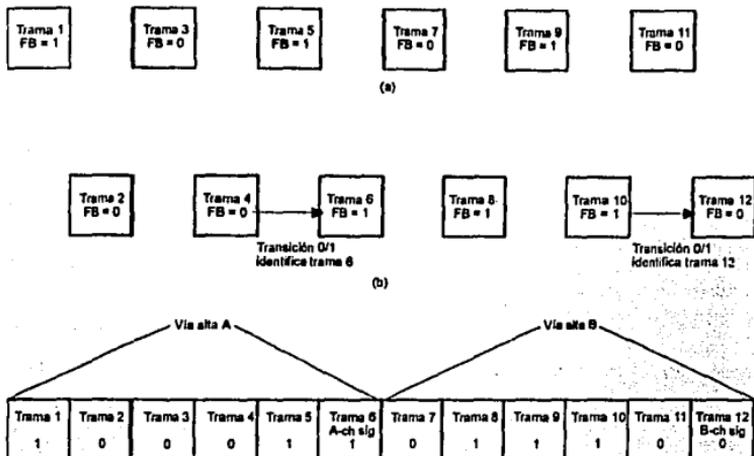


Figura 2.6 Secuencia del bit de trama para el formato de supertrama T1 usando bancos de canal D2 o D3: (a) bits de sincronización de trama (tramas de numeración impar); (b) bits de señalización de alineación de trama (tramas de numeración par); (c) alineación de trama compuesta.

Consecuentemente, el formato de la supertrama mostrado en la figura 2.6 fue inventado. Dentro de cada supertrama, hay 12 tramas numeradas consecutivamente (1-12). Los bits de señalización son substituidos en las tramas 6 y 12; el MSB en la trama 6 y el LSB en la trama 12. Las tramas de la 1 a la 6 se llaman de vía alta-A con la trama 6 designada como la trama de señalización del canal-A. Las tramas de la 7 a la 12 son llamadas de vía alta-B con la trama 12 designada como la trama de señalización del canal-B. Por lo tanto, para identificar las tramas de señalización, las tramas 6 y 12 deben de ser identificadas certeramente.

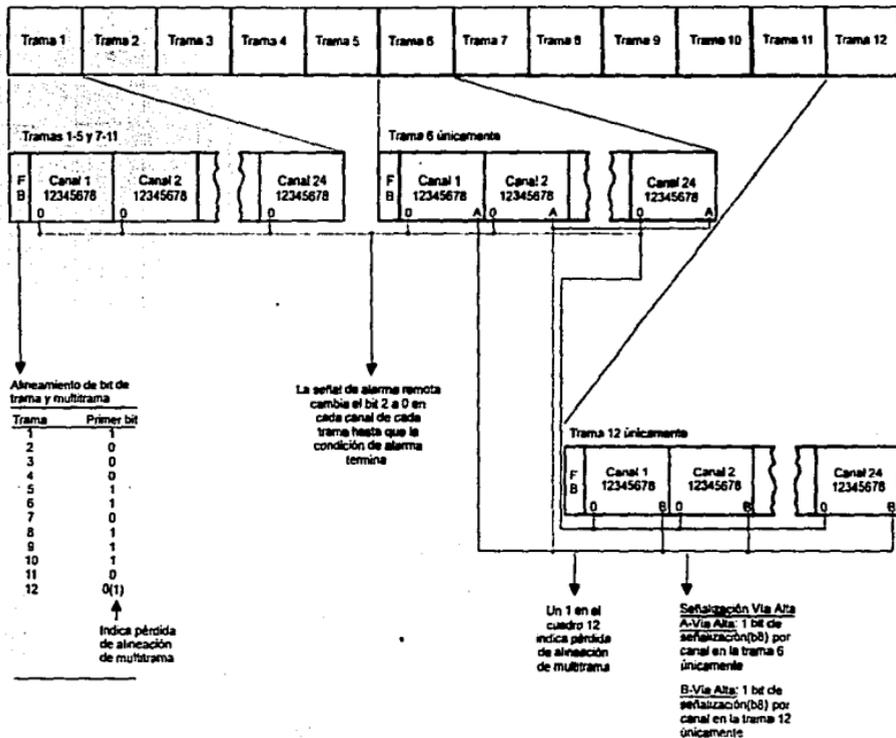
Para identificar las tramas 6 y 12, una secuencia de bit de trama diferente es usada para las tramas impares y pares. Las impares (tramas 1, 3, 5, 7, 9, y 11) tienen un patrón alternante de 1 / 0 y las tramas pares (tramas 2, 4, 6, 8, 10, y 12) tienen un patrón repetitivo de 0 0 1 1 0. Como resultado, el patrón combinado de bits para los bits de trama es un patrón repetitivo 1 0 0 0 1 1 0 1 1 1 0 0. Las tramas impares son usadas para la sincronización de trama y muestra, mientras que las impares para identificar las tramas de señalización de canal A y B (6 y 12). La trama 6 es identificada por una transición 0 / 1 en el bit de trama entre las tramas 4 y 6. La trama 12 es identificada por una transición 1 / 0 en el bit de trama entre las tramas 10 y 12.

La figura 2.7 muestra la trama, la muestra y la alineación de señalización para el sistema de portadora T1 usando los bancos de canal D2 o D3.

Además, para los bits de *alineación de multitrama* y los bits de muestra PCM, ciertos espacios de tiempo son usados para indicar condiciones de alarma. Por ejemplo, en el caso de una falla de alimentación de energía, una falla común del equipo, o pérdida de alineación de multitrama, el segundo bit en cada canal se hace 0 hasta que la situación de alarma sea corregida. También el bit de trama en la trama 12 es complementado cuando la alineación de la multitrama se pierde (esto se asume cuando la alineación de la trama es perdida). Además, hay condiciones especiales de tramado que deben de ser evitadas para mantener el reloj y la sincronización de bits en el equipo receptor del demultiplexor.

Figura 2.7

Trama de portadora T1, muestra, y alineación de señalización para los bancos de canal D2 y D3



Banco de canal D4

Los bancos por división de tiempo de canal D4, multiplexan 48 canales de banda de voz y operan a un rango de transmisión de 2.152 Mbps. Esto es ligeramente más de dos veces la velocidad de línea de los bancos de canal D1, D2 o D3 para 24 canales. Esto es porque con los bancos de canal D4, mas que transmitir un sólo bit de trama con cada trama, un patrón de sincronización de trama de 10 bits es usado. Consecuentemente, el número total de bits en una trama D4 TDM (DS-1C) es

$$(8 \text{ bits / canal}) \times (48 \text{ canales / trama}) = (348 \text{ bits / trama} + 10 \text{ síncr. bits / trama}) = 394 \text{ bits / trama}$$

y la velocidad de línea es

$$\text{velocidad de línea} = (394 \text{ bits / trama}) \times (8000 \text{ tramas / segundo}) = 3.152 \text{ Mbps}$$

El tramado para el sistema DS-1 (T1) o el patrón de trama para la multiplexión por división de tiempo de la portadora del sistema (T1C) es agregado a la señal digital multiplexada en la salida del multiplexor.

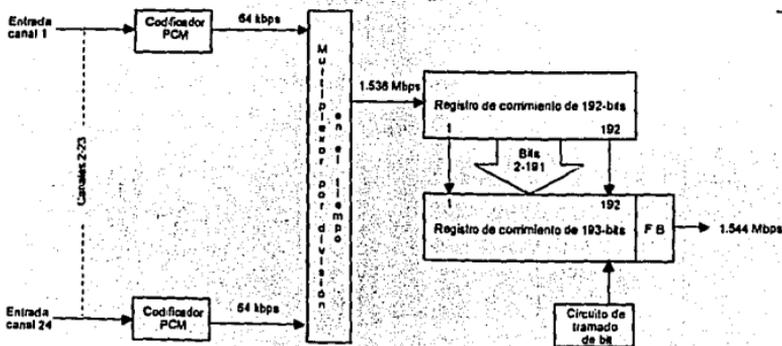


Figura 2.8

Circuitería de bit de tramado para el sistema de portadora DS-1 T1.

La figura 2.8 muestra la circuitería para el sistema de portadora T1 de 24 canales usando ya sean los bancos de canal (DS-1) D1, D2 o D3. Nótese que el rango de bit en la salida del multiplexor TDM es 1.536 Mbps y el rango de bit de la salida del corrimiento de registro de 193 bits es 1.544 Mbps. La diferencia (8 kbps) se debe a la adición del bit de trama en el registro de corrimiento.

2.3 SISTEMA DE PORTADORA CCITT MULTIPLEXADA POR DIVISION EN EL TIEMPO

La figura 2.9, muestra la alineación de trama para la CCITT (Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique) sistema estándar PCM-TDM. Con el sistema CCITT una trama de 125µs es dividida en 32 espacios de tiempo iguales. El espacio de tiempo 0 es usado para el patrón de alineación de trama, y para el canal de alarma. El espacio de tiempo 17 es usado para un canal común de señalización. La señalización para todos los canales de banda de voz está realizada en el canal de señalización común. Consecuentemente hay 30 canales de banda de voz multiplexados por división en el tiempo en cada trama CCITT.

Con el estándar CCITT, cada espacio de tiempo tiene 8 bits. Consecuentemente el número total de bits por trama es

$$(8 \text{ bits / espacio de tiempo}) \times (32 \text{ espacios de tiempo / trama}) = 256 \text{ bits / trama}$$

y la velocidad de línea es

$$\text{velocidad de línea} = (256 \text{ bits / trama}) \times (8000 \text{ tramas / segundo}) = 2.048 \text{ Mbps}$$

Tiempo espacio 0	Tiempo espacio 1	Tiempo espacios 2-16	Tiempo espacio 17	Tiempo espacios 18-30	Tiempo espacio 31
Canal de tramado y alarma	Canal de voz 1	Canales de voz 2-15	Canal de señalización común	Canales de voz 16-29	Canal de voz
8 bits	8 bits	112 bits	8 bits	112 bits	8 bits

(a)

Espacio de tiempo 17

	Bits	
Trama	1234	5678
0	0000	xyxx
1	ch 1	ch 16
2	ch 2	ch 17
3	ch 3	ch 18
4	ch 4	ch 19
5	ch 5	ch 20
6	ch 6	ch 21
7	ch 7	ch 22
8	ch 8	ch 23
9	ch 9	ch 24
10	ch 10	ch 25
11	ch 11	ch 26
12	ch 12	ch 27
13	ch 13	ch 28
14	ch 14	ch 29
15	ch 15	ch 30

16 tramas equivalen a una multitrama; se transmiten 500 multitramas por cada segundo.

x = disponible
y = Pérdida de alineación de multitramas si 1

4 bits por canal son transmitidos una vez cada 16 tramas resultando un grado de señalización de 500-bps por cada canal

(b)

Figura 2.9 Alineación de trama CCITT TDM y alineación de canal común de señalización: (a) trama CCITT TDM (125 μ s, 256 bits, 2.048 Mbps); (b) canal de señalización común.

2.4 CODECS

Un *codec* es un chip de integración de gran escala (LSI) diseñado para usarse en la industria de telecomunicaciones para centrales de red privada (*private branch exchanges (PBXs)*), las centrales, auriculares digitales, sistemas de voz de almacenamiento y desvío, y supresores de eco digitales. Esencialmente, el *codec* es aplicable a cualquier propósito que requiera la digitalización de señales analógicas, como en un sistema de portadora PCM-TDM.

"Codec" es un término genérico que se refiere a las funciones de codificación realizadas por un dispositivo que convierte las señales analógicas a códigos digitales, y códigos digitales a señales analógicas. Recientemente se han desarrollado *codecs* que son llamados *chips combo*, ya que combinan las funciones de *codec* y filtrado en el mismo paquete de LSI. El filtro de

entrada/salida realiza las siguientes funciones: limitación de banda, rechazo de ruido, antialias, y reconstrucción de formas de onda de audio analógico después de la decodificación. El codec realiza las siguientes funciones: muestreo analógico, codificado/decodificado (conversiones analógicas a digitales y digitales a analógicas) y compresión digital.

2.5 JERARQUIA DIGITAL DE EUROPA

La jerarquía digital Europea está definida por la CEPT (European Post and Telecommunication Conference); esta jerarquía es a la que se apegan los sistemas de comunicaciones de México. En la tabla 2.1 se muestran sus características:

Número de Orden	Número de Canales	Velocidad (Kbps)
1 ^o	30	2048
2 ^o	120	8448
3 ^o	480	34368
4 ^o	1920	139264
5 ^o	7680	565148

Tabla 2.1 Jerarquía digital Europea.

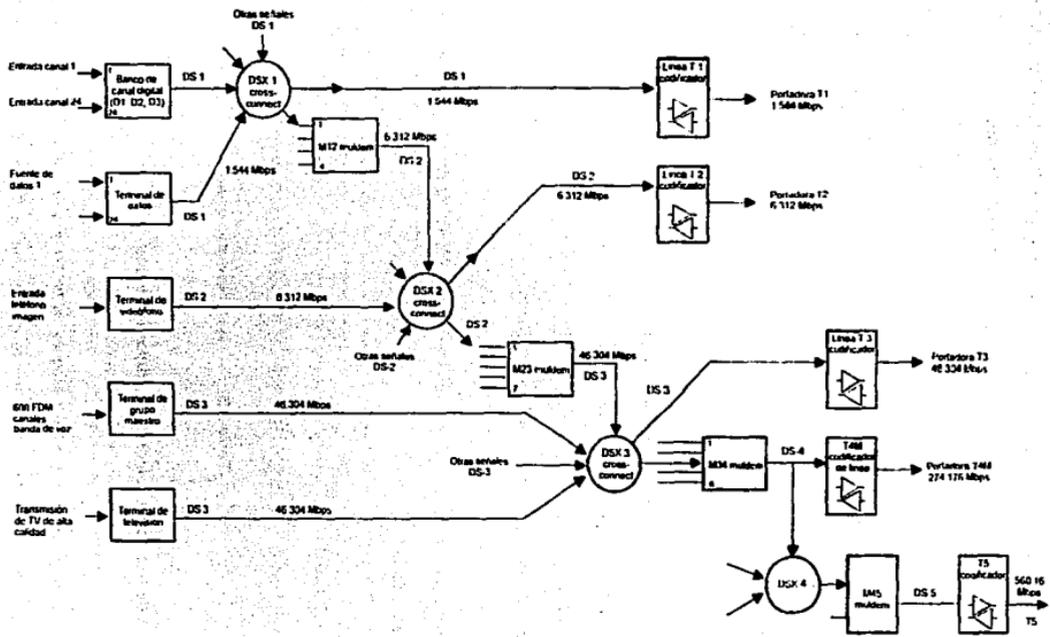
2.6 JERARQUIA DIGITAL DE NORTE AMERICA Y JAPON

Las señales de multiplexaje en la forma digital, permiten por sí mismas la fácil interconexión de facilidades de transmisión digital con diferentes rangos de transmisión de bits. La figura 2.10 muestra la Jerarquía Digital de Norte América de la American Telephone and Telegraph Company (AT&T), para el multiplexaje de señales digitales con los mismos rangos de bit en un sólo flujo de pulsos, adecuado para la transmisión en el siguiente nivel más alto de la jerarquía. Para crecer desde un nivel en la jerarquía hasta el siguiente nivel más alto, dispositivos especiales llamados *muldem* (*multiplexores/demultiplexores*) son usados. Los Muldem pueden manejar conversiones de rango de bits en ambas direcciones. Las designaciones de muldem (M12, M23, etc) identifican la entrada y salida de señales digitales asociadas con ese muldem.

Un muldem M12 es un multiplexor/demultiplexor que realiza la interfaz entre *señales digitales* DS-1 y DS-2. Un muldem M23 interfasa señales DS-2 y DS-2. Las señales DS-1 pueden ser multiplexadas posteriormente o ser líneas codificadas colocadas en líneas especiales condicionadas llamadas líneas T1. Las señales DS-2, DS-3, DS-4 y DS-5 se pueden colocar en las líneas T2, T3, T4, y T5 respectivamente.

Las señales digitales son enrutadas a locaciones centrales llamadas *cross-connects digitales*. Un cross-connect digital (DSX) provee un lugar conveniente para realizar las interconexiones temporales de comunicaciones y para realizar rutinas de mantenimiento y corrección de errores. Cada tipo de señal digital (DS-1, DS-2, etc) tiene su propio interruptor digital (DSX-1, DSX-2, etc). La salida desde un interruptor digital puede crecer al siguiente nivel más alto o ser líneas codificadas y colocadas en sus respectivas líneas T (T1, T2, etc).

Figura 2.10 Jerarquía digital de Nort América



La tabla 2.2 lista las señales digitales, sus rangos de bit, capacidades de canal, y los servicios ofrecidos para los tipos de línea incluidos en la Jerarquía Digital de Norte América.

SUMARIO DE LA JERARQUIA DIGITAL SINCRONA				
Tipo de línea	Señal digital	Rango bit (Mbps)	Capacidad de canales	Servicios
T1	DS-1	1.544	24	Telefono de banda de voz
	DS-1C	3.152	48	Telefono de banda de voz
T2	DS-2	6.312	96	Telefono de banda de voz y videofono
T3	DS-3	48.304	672	Telefono de banda de voz, videofono y transmisión de TV de alta calidad
T4M	DS-4	274.176	4032	Igual que T3 con mayor capacidad
T5	DS-5	560.160	8064	Igual que T4 con mayor capacidad

Tabla 2.2 Resumen de la jerarquía digital

Cuando el ancho de banda de las señales que se van a transmitir es tal, que después de la conversión digital ocupan la capacidad completa de una línea de transmisión digital, un sólo canal de terminal se provee. Ejemplos de tales terminales de un sólo canal son el videofono, grupo maestro, y las terminales de televisión comercial.

La jerarquía digital Japonesa, es una variante de la de Norte América y sus características se muestran en la tabla 2.3

Número de Orden	Número de Canales	Velocidad (Kbps)
1	24	1,544
2	288	6,312
3	5,712	32,064
4	312	97,728

Tabla 2.3 Jerarquía digital Japonesa.

Terminales de televisión comercial y grupos maestros

La figura 2.11 muestra el diagrama a bloques de terminales de televisión comercial y grupos maestros. Los terminales de grupo maestro recibe canales de banda de voz que han sido

previamente multiplexados por división de frecuencia sin requerir que cada canal de banda de voz sea demultiplexado a frecuencias de voz.

En el multiplexaje por división de frecuencia (FDM) varias fuentes que originalmente ocupaban el mismo espectro de frecuencia son cada una convertidas a diferentes bandas de frecuencia y transmitidas simultáneamente a través de un sólo medio de transmisión. Por lo que muchos canales de relativa banda estrecha pueden ser transmitidos a través de un sólo sistema de transmisión de banda ancha. Como el multiplexaje por división de frecuencia no es el tema de estudio de esta investigación, no se profundizará en el mismo.

El procesador de señal provee el corrimiento de frecuencia para la señal de grupo maestro (corriéndolo desde un ancho de banda de 564 a 3084 kHz a un ancho de banda de 0 a 2520 kHz) y la restauración de dc para la señal de televisión. Por el corrimiento de banda de grupo maestro, es posible muestrear a razón de 5.1 MHz. El muestreo de la señal de televisión comercial es dos veces esa razón o 10.2 MHz.

Para cumplir los requerimientos de transmisión, un código PCM de 9 bits es usado para digitalizar cada muestra de la señal de grupo maestro o de televisión. La salida digital desde la terminal es por lo tanto de aproximadamente 46 Mbps para el grupo maestro y dos veces ese valor (92 Mbps) para la señal de televisión.

La terminal digital mostrada en la figura 2.11 tiene tres funciones específicas: convierte los datos paralelos desde la salida del codificador a los datos seriales, inserta los bits de sincronización de trama, y convierte la señal binaria serial a una forma más adecuada para la transmisión. Además, para la terminal de la televisión comercial, la señal digital de 92 Mbps debe de ser dividida en dos señales digitales de 46 Mbps ya que no existe la velocidad de línea de 92 Mbps en la jerarquía digital.

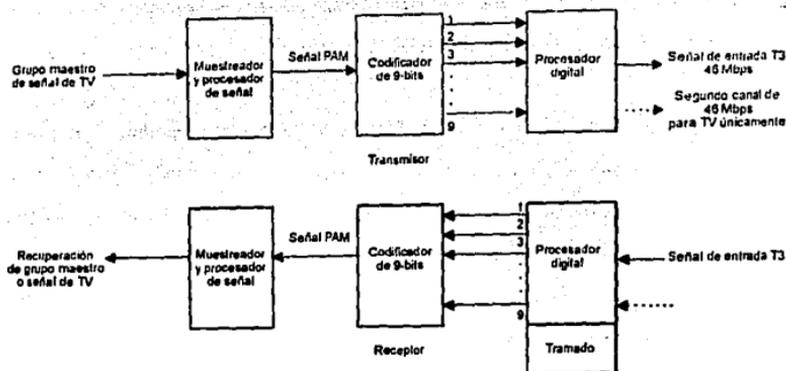


Figura 2.11 Diagrama a bloques de un grupo maestro o terminal digital comercial de televisión.

Terminal de videofono

Esencialmente, el *videofono* es una transmisión de video de baja calidad para ser usada entre suscriptores no-dedicados. Por razones económicas es deseable codificar una señal de videofono en la capacidad T2 de 6.312 Mbps, que es substancialmente menor que para la transmisión de señales de redes comerciales. Esto substancialmente reduce el costo y hace que el servicio sea accesible. Al mismo tiempo, esto permite la transmisión de detalles adecuados y una resolución de contraste que satisface al promedio de los suscriptores. El servicio de videofono está idealmente adecuado para un diferencial de código PCM. El diferencial PCM es similar al PCM convencional, excepto que la magnitud exacta de una muestra no es transmitida, en su lugar, sólo la diferencia entre la muestra y la muestra anterior son codificadas y transmitidas. Para codificar la diferencia entre muestras, se requiere substancialmente de menos bits que para la codificación de la muestra actual.

Terminal de datos

La porción del tráfico de comunicaciones que involucra datos (señales que no sean voz), está creciendo exponencialmente. También en la mayoría de los casos, los rangos de datos generados por cada suscriptor son substancialmente menores que las capacidades de rangos de datos de las líneas digitales. Por lo tanto, parece lógico que las terminales sean diseñadas para transmitir señales de datos desde varias fuentes a través de la misma línea digital.

Las señales de datos pueden ser muestreadas directamente, sin embargo, esto requeriría de rangos excesivamente altos de muestreo, resultando en rangos demasiado altos de transmisión de bits, especialmente para secuencias de datos con pocas o sin transiciones. Un método más eficiente es uno que codifica los tiempos de transición. Este método se muestra en la figura 2.12. Con el formato de código mostrado, un código de 3 bits es usado para identificar cuando ocurren las transiciones en los datos y cuando esa transición es de 1 a 0, o viceversa. El primer bit del código es llamado bit de dirección. Cuando este bit es un 1 lógico, indica que no hubo transición, un 0 lógico indica que una transición ocurrió. El segundo bit indica cuando ocurrió la transición durante la primera mitad (0) o durante la segunda mitad (1) del intervalo de muestreo. El tercer bit indica el signo o dirección de la transición; un 1 para este bit, indica una transición de 0 a 1, y un 0 indica una transición de 1 a 0. Consecuentemente, cuando no hay transiciones en los datos, una señal de todos los 1s es transmitida. La transmisión de bits de dirección únicamente sería suficiente, sin embargo, el bit de signo provee un grado de protección de error y limita la propagación de error (cuando un error conduce a un segundo error, etc.). La eficiencia de este formato es de aproximadamente 33%; hay tres bits de código para cada bit de dato. La ventaja de usar un formato codificado en lugar del dato original es que el dato codificado es sustituido más eficientemente por voz en sistemas analógicos. Para transmitir una señal de datos de 250 kbps, el mismo ancho de banda es requerido para transmitir 60 canales de voz con multiplexaje analógico. Con este formato codificado, una señal de 50 kbps desplaza tres canales

PCM codificados de 64 kbps, y un flujo de datos de 250 kbps desplaza solamente 12 canales de banda de voz.

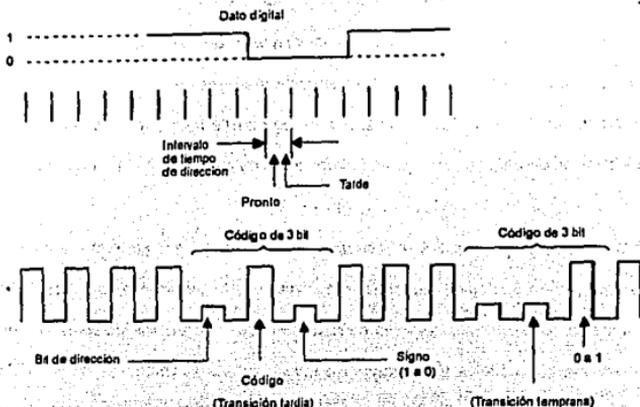


Figura 2.12 Formato de codificación de datos

2.6.1 PORTADORAS T

Las portadoras T involucran la transmisión de señales digitales codificadas en PCM multiplexadas en el tiempo. Además las portadoras T utilizan señales especiales de codificación de línea y cables metálicos que han sido acondicionados para alcanzar los altos anchos de banda requeridos para las transmisiones digitales de alta velocidad. Las señales digitales se deterioran conforme se propagan a lo largo del cable, debido a pérdidas de energía en los conductores metálicos y al filtro paso bajas inherente en los cables paralelos de las líneas de transmisión. Consecuentemente, se deben de colocar *repetidores regenerativos* en intervalos periódicos. La distancia entre los repetidores dependerá del rango de transmisión de bit y de la técnica de codificación usada.

La figura 2.13 muestra el diagrama a bloques de un repetidor regenerativo. Esencialmente hay tres bloques funcionales: un amplificador-equalizador, un circuito temporizador y el regenerador. El amplificador-equalizador moldea la señal digital entrante y aumenta su nivel de energía, de tal manera que la decisión de pulso/no pulso, pueda ser tomada por el circuito regenerador. El circuito temporizador recupera la información del reloj de la información recibida y provee la información adecuada de temporización para el regenerador de tal manera que las decisiones se tomen en el momento óptimo, lo cual minimiza la ocurrencia de un error.

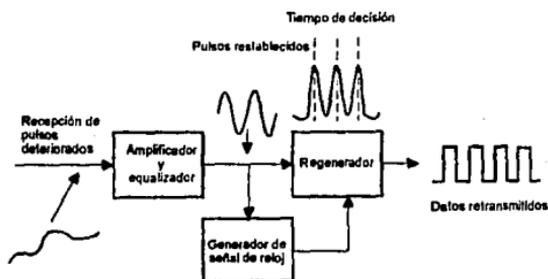


Figura 2.13 Diagrama a bloques de repetidor regenerativo.

Sistemas de portadora T1 y T1C

El sistema de portadora T1 utiliza técnicas PCM y TDM para proveer transmisión de corta distancia de 24 señales de banda de voz. Las longitudes de los sistemas de portadora T1 van de 8 a 80 kms. Las portadoras T1 usan la codificación BPRZ-AMI con repetidores regenerativos ubicados cada 2.3 kms, ya que es la distancia a la que se encuentran los pozos y esto facilita su mantenimiento y reparación. El medio de transmisión para las portadoras T1 es un par de cable de calibre 19 o 22.

Ya que las portadoras T1 usan la codificación BPRZ-AMI, son susceptibles de perder la sincronización en una cadena larga de 0s. Con un código binario doble PCM, la posibilidad de generar una cadena larga de 0s consecutivos es alta (cuando un canal está ocioso, genera un código de $\pm 0V$ que es 7 u 8 0s consecutivos). Si dos o más canales de voz adyacentes están ociosos, hay una alta probabilidad de que una larga cadena de 0s sea transmitida. Para reducir esta posibilidad, el código PCM es invertido antes de la transmisión e invertido de nuevo en el receptor antes de ser decodificado. Consecuentemente, la única vez que una larga cadena de 0s es transmitida, es cuando dos o mas canales de banda de voz adyacentes codifican el máximo voltaje posible de muestreo positivo, lo cual rara vez sucede.

Con los sistemas de portadora T1C, se prevé la no ocurrencia de más de 14 0s consecutivos. Las transmisiones de cada trama, son monitoreadas para la presencia de 15 0s consecutivos en cualquier muestra PCM (8bits) sin por lo menos un bit nocero. Si alguna de estas condiciones ocurre, un 1 es substituido en la posición de bit apropiada. También si alguna vez se presentan 32 0s consecutivos, se asume que el sistema no está generando pulsos y por lo tanto está descompuesto; esto es porque la ocurrencia de 32 0s consecutivos está prohibida.

Sistema de portadora T2

La portadora T2 utiliza la multiplexión por división en el tiempo PCM de 96 canales de banda de voz en una señal de información de 6.312 Mbps para la transmisión de hasta 804 kms a través de un cable especial LOCAP (baja capacitancia). Una portadora T2 también es usada para transportar una señal de videofono. La portadora T2 también usa codificación BPRZ-AMI. Sin embargo, debido al alto rango de transmisión, la sincronización del reloj se vuelve más crítica. Una secuencia de seis 0s consecutivos podría ser suficiente para causar una pérdida de la sincronización del reloj. Por lo tanto, los sistemas de portadora T2 usan un método alternativo

para asegurar que transiciones amplias ocurran en la información. Este método es llamado *substitución binaria de seis ceros (B6ZS)*.

Con B6ZS, cuando se presentan seis ceros consecutivos, uno de los siguientes códigos es sustituido en su lugar: 0 - + 0 + - 0 0 + - 0 - +. El + y el -, representan los unos lógicos positivos y negativos. Un sólo cero indica una condición de 0 lógico. El código de 6 bits sustituido para los seis ceros es seleccionado para causar una violación bipolar. Si la violación es identificada en el receptor y el código B6ZS es detectado, los seis ceros originales, pueden ser sustituidos de nuevo en la señal de datos. Los patrones de sustitución causan una violación bipolar en el segundo y quintos bits del patrón de sustitución. Si las señales DS-2 son multiplexadas a señales de forma DS-3, el código B6ZS debe de ser detectado y "desmenuzado" de la señal DS-2 antes de multiplexarlo a DS-3.

Sistema de portadora T3

Una portadora T3 multiplexa en división de tiempo 672 canales de voz codificados en PCM para la transmisión a través de un sólo cable metálico. El rango de transmisión para las señales T3 es de 44.736 Mbps. La técnica de codificación usada con las portadoras T3 es la *substitución binaria de tres ceros (B3ZS)*. Las sustituciones se hacen desde cualquier ocurrencia de tres ceros consecutivos. Hay cuatro patrones de sustitución usados: 00 -, -0-, 00+, y +0+. El patrón escogido, debe de causar un error bipolar en la tercera sustitución del bit.

Sistema de portadora T4M

Una portadora T4M multiplexa en división de tiempo 4032 canales de banda de voz, codificados en PCM, para la transmisión a través de un sólo cable coaxial de hasta 500 millas. El rango de transmisión es suficientemente alto para sustituir patrones que son imprácticos. En su lugar, las

portadoras T4M transmiten señales digitales unipolares mezcladas NRZ, donde las funciones de mezclado y no mezclado son realizadas en el equipo de terminal del suscriptor.

Sistema de portadora T5

Un sistema de portadora T5 multiplexa en división de tiempo 8064 canales de banda de voz codificados en PCM y los transmite a razón de 560.16 Mbps a través de un sólo cable coaxial.

2.6.2 SINCRONIZACION DE TRAMA

Con los sistemas TDM, es imperativo que la trama esté identificada y que los espacios de tiempo individuales (muestras) dentro de la trama sean también identificados. Para obtener la sincronización de la trama existe cierta cantidad de encabezado que debe de agregarse a la transmisión. Hay cinco métodos que son comúnmente usados para establecer la sincronización de la trama: adición de dígito de trama, dígito robado de trama, canal de trama agregado, tramado estadístico, y tramado de señal de línea única.

Adición de dígito de trama

Las portadoras T1 usando bancos de canal D1, D2 o D3, usan el *tramado de adición de dígito*. Hay un *dígito de tramado* especial (Pulso de trama) agregado a cada trama. Consecuentemente, para una muestra de rango de 8 kHz (trama de 125 μ s), hay 8000 dígitos agregados por segundo. Con las portadoras T1 un patrón de sincronización de trama alternante 1/0 es usado.

Para obtener la sincronización de trama, la terminal receptora busca en la información entrante hasta que encuentra la secuencia alternante de 1/0 usada para el patrón de bit de tramado. Esto abarca un bit de prueba, contando 193 bits, probándolos de nuevo para la condición opuesta.

Este proceso continúa hasta que una secuencia alternante de 1/0 es encontrada. La sincronización de trama inicial depende del tiempo total de la trama, del número de bits por trama y del período de cada bit. La búsqueda a través de todas las posiciones posibles de bit, requiere de N pruebas, donde N es el número de posiciones de bit en la trama. En promedio, la terminal receptora yace en una posición de tramado falsa para dos períodos de trama durante una búsqueda; por lo tanto el máximo tiempo promedio de sincronización es:

$$\text{tiempo de sincronización} = 2NT = 2N^2t$$

donde

T = período de trama de Nt

N = número de bits por trama

t = tiempo del bit

Para la portadora T1, $N = 193$, $T = 125 \mu\text{s}$, y $t = 0.648 \mu\text{s}$; por lo tanto, un máximo de 74,498 bits deben de ser probados y el máximo tiempo promedio de sincronización es de 48.25 ms.

Dígito robado de trama

Cuando se usa un tiempo de trama corto, la adición de dígito de trama es muy ineficiente. Esto ocurre en sistemas PCM de un sólo canal, como aquellos usados en las terminales de televisión. Una alternativa de solución es reemplazar el bit menos significativo de cada n trama con un bit de tramado. El parámetro n es escogido como un compromiso entre el tiempo de retramado y el deterioro de la señal. Para $n = 10$, la SQR es deteriorada por sólo 1dB. El dígito robado de trama no interrumpe la transmisión, pero en su lugar, periódicamente reemplaza la información de bits con errores de información forzados para mantener la sincronización del reloj. B6ZS y B3ZS son ejemplos de los sistemas que utilizan el dígito robado de trama.

Canal de trama agregado

Esencialmente, el *canal de trama agregado* es el mismo que el de adición de dígito de trama, excepto que los dígitos son adicionados en grupos o palabras en lugar de bits individuales. El esquema de multiplexaje CCITT, previamente mencionado, habla sobre los usos del canal de trama agregado. Uno de los 32 espacios de tiempo en cada trama está dedicado a una secuencia única de sincronización. El promedio de sincronización de tiempo de trama para el canal de trama agregado es:

$$\text{tiempo de sincronización (bits)} = N^2 / 2(2^L - 1)$$

donde

N = número de bits por trama

L = número de bits en el código de trama

Para el sistema de 32 canales CCITT, $N = 256$ y $L = 8$. Por lo tanto, el promedio de número de bits necesitados para obtener la sincronización es de 128.5. A 2.048 Mbps el tiempo de sincronización es de aproximadamente 62.7 μ s.

Tramado estadístico

Con el *tramado estadístico*, no es necesario robar o agregar dígitos. Con el código Gray, el segundo bit es un 1 en la mitad central del rango del código y 0 en los extremos. Por lo tanto, una señal que tiene una distribución de amplitud máxima centrada, genera una alta probabilidad de un 1 en el segundo dígito. Un grupo maestro de señal tiene esa distribución. Con un codificador de grupo maestro, la probabilidad de que el segundo bit sea un 1 es del 95%. Para cualquier otro bit es menor al 50%. Por lo tanto, el segundo bit puede ser usado para un bit de tramado.

Tramado de señal de línea única

Con el *tramado de señal de línea única*, el bit de tramado es diferente de la información de bits. Es o más alta o más baja en amplitud, o de una duración de tiempo diferente. Los primeros sistemas PCM/TDM usaban un tramado de señal de línea única. Los bancos de canal D1 usaban pulsos de tramado que eran dos veces la amplitud de los bits de información normales. Con el tramado de señal de línea única, el tramado de adición de dígito o de palabra pueden ser usados con él o los bits de información pueden ser utilizados simultáneamente para transportar información y portar las señales de sincronización. La ventaja del tramado de señal de línea única es que la sincronización es inmediata y automática. La desventaja son los requerimientos de proceso adicionales que se requieren para generar y reconocer el bit de tramado único.

2.6.3 INTERCALADO DE BIT VERSUS INTERCALADO DE PALABRA

Cuando dos o mas sistemas PCM multiplexan en división de tiempo, es necesario intercalar la transmisión de varias terminales en el dominio del tiempo. La figura 2.14 muestra los dos métodos de intercalación de transmisiones PCM: *intercalación de bit* e *intercalación de palabra*.

Los sistemas de portadora T1 usan la intercalación de palabra. muestras de 8 bits de cada canal son intercaladas en una trama TDM de 24 canales. Los sistemas TDM de velocidad más alta y los sistemas de modulación delta usan la intercalación de bit. La decisión de cual tipo de intercalación usar, es generalmente determinada por la naturaleza de las señales a ser multiplexadas.

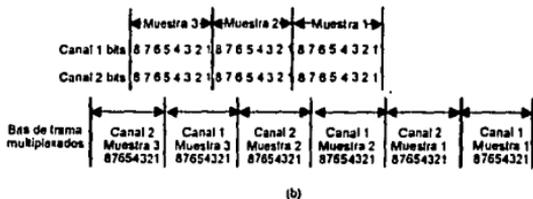
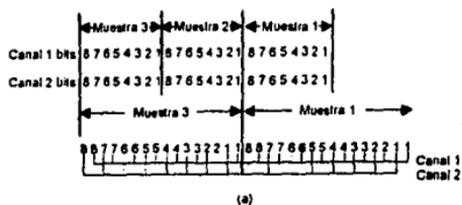


Figura 2.14 Intercalación: (a) de bit; (b) de palabra.

3. ESTRUCTURAS DE LAS TRAMAS Y VELOCIDADES DE TRANSMISIÓN DE LA SDH.

3.1 CARACTERÍSTICAS

Las características adoptadas para la SDH se especifican de las recomendaciones del CCITT (ahora UIT-T) en la G.707, G.708 y G.709.

La recomendación G.707 define las velocidades de transmisión empleadas (Synchronous Digital Hierachy Bit Rates), basándose en que el primer nivel de SDH debe ser de 155,520 Kbps. y para los siguientes niveles deben ser múltiplos enteros del primero, como se define en la tabla 3.1 :

Niveles de la Jerarquía Digital Sincrona	Velocidades de Transmisión (Kbit/s)
1	155,520
4	622,080

Tabla 3.1 - Niveles y velocidades de la SDH

Posibles candidatos para niveles superiores son :

<u>Nivel</u>	<u>Velocidad</u>
8	1,244,160 Kbps
12	1,866,240 Kbps
16	2,488,320 Kbps

Las recomendaciones G.708 (Network Node Interface for SDH) y G.709 (Synchronous Multiplexing Structure) están orientadas a definir la interconexión de la red SDH y la estructura de multiplexación respectivamente

3.2 LOS CONCEPTOS SONET Y SDH.

Los estándares mundiales para redes ópticas se dividen básicamente en dos : El concepto SDH (Synchronous Digital Hierarchy) y el concepto SONET (Synchronous Optical Network). Este último concepto se basa en las especificaciones conforme a la jerarquía norteamericana para una red óptica síncrona, llamada por ellos doméstica. La diferencia de velocidades que se emplean para ambas redes son distintas al igual que sus niveles jerárquicos, como se muestra en la tabla 3.2 a continuación :

S O N E T		VELOCIDAD DE TRANSMISION	S D H	
NIVEL	TIPO DE SEÑAL	(Mbps)	NIVEL	TIPO DE SEÑAL
STS-1	OC-1	51.840	-	-
STS-3	OC-3	155.520	1	STM-1
STS-9	OC-9	486.560	-	-
STS-12	OC-12	622.080	4	STM-4
STS-18	OC-18	933.120	-	-
STS-24	OC-24	1.244.160	-	-
STS-36	OC-36	1.866.240	-	-
STS-48	OC-48	2.488.320	16	STM-16

Tabla 3.2 - Velocidades Binarias de Transmisión y Niveles Jerárquicos.

Como se aprecia en la tabla anterior, la SDH se basa en una velocidad tres veces mayor a la empleada por la SONET. La señal de primer nivel de la SDH se le denomina STM-1 (Synchronous Transport Module) que es el Módulo de Transporte Síncrono del nivel 1. Las velocidades binarias de órdenes superiores son múltiplos enteros de la señal del primer nivel y se les nombra como STM-n, donde 'n' representa el nivel jerárquico.

Para el caso de SONET se definen los conceptos STS para la Señal de Transporte Síncrono (Synchronous Transport Signal) y el OC que es la Portadora Óptica (Optical Carrier).

3.3 ELEMENTOS QUE COMPONEN LA SDH

Primera la recomendación G.708 define la posible configuración de una red SDH mostrando donde deben de estar los nodos de interconexión de red (NNI) indispensables para la interconexión de todos los elementos de la red SDH para el transporte de información, incluyendo la de redes Asíncronas (Jerarquía Digital Plesiócrona-PDH) y que a continuación se muestran en la figura 3.1 :

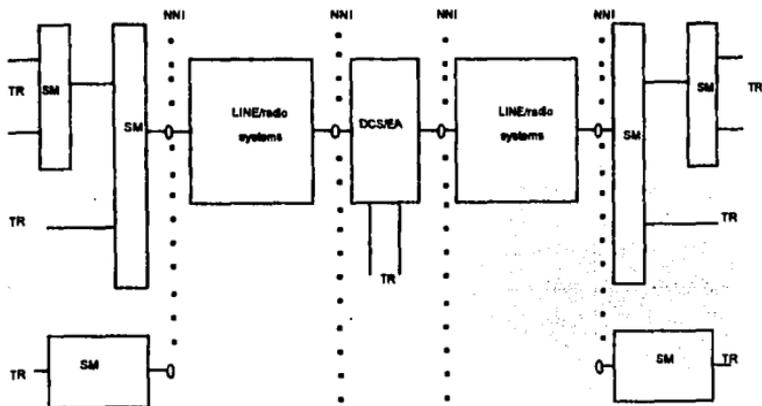


Figura 3.1 - Configuración de Elementos de una Red SDH.

donde se definen como:

NNI : Interfaz de Nodo de Red

(Network Node Interface)

DCS : Sistema de Interconexión Digital

(Digital Crossconnect System)

- EA: Acceso a Equipo Externo
(External Access Equipment)
- SM: Multiplexor Síncrono
(Synchronous Multiplexer)
- TR: Tributarias
(Tributaries)

La recomendación G.708 también nos indica la estructura de multiplexaje con que debe contar la SDH y que a continuación se muestra :

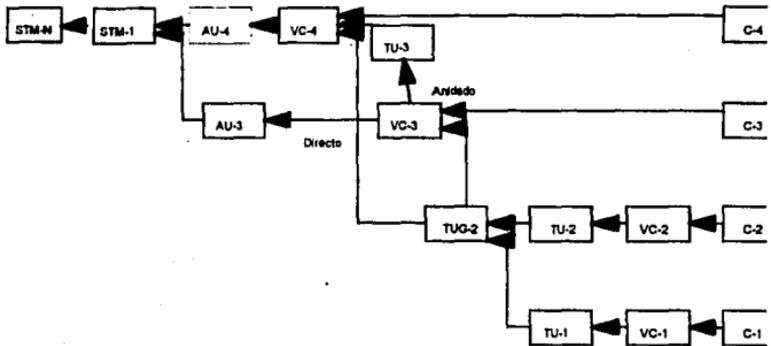


Figura 3.2 - Estructura de Multiplexaje de la SDH

La definición de cada uno de los elementos que la forman es la siguiente .

3.3.1. CONTENEDOR (C-n) , donde 'n' = 1 a 4

El contenedor es la unidad básica de carga de información para las tributarias pliesícronas definidas en la Recomendación G.702 y puede proporcionar también capacidad de transporte de

señales de banda ancha que todavía no se han definido. Para la adaptación de los relojes de este tipo de señales se utiliza el proceso de justificación positiva (llamado "stuffing").

Si las tributarias contenidas en el contenedor son síncronas, la tasa de justificación es fija. Para señales mixtas (plesiócronas y síncronas), se adaptan a través de la justificación positiva-cero-negativa, como se verá más adelante.

La justificación de los contenedores se efectúa bit a bit, por lo que, una tributaria síncrona siempre ocupará la misma posición en el contenedor, mientras que una plesiócrona puede variar de acuerdo a la velocidad de transmisión.

El contenedor se dimensiona de manera que pueda transportar los niveles jerárquicos digitales plesiócronicos (PDH), de acuerdo a lo definido también en la recomendación G.702.

Si se toma como ejemplo una tributaria de 2,048 Mbps (E1), ésta puede emplear un contenedor del tipo C12, que tiene una capacidad máxima de 2,167 Mbps. Por lo tanto, se definen hasta cinco tipos de contenedores, con las siguientes capacidades de transporte :

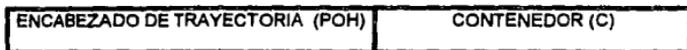
CONTENEDOR TIPO	VELOCIDAD (Kbps)	CAPACIDAD (Kbps)
C11	1800	HASTA 1544
C12	2167	HASTA 2048
C2	6784	HASTA 6132
C3	48384	HASTA 6132
C4	149760	HASTA 1392664

Tabla 3.3 - Tipos de Contenedores de la SDH.

3.3.2. CONTENEDOR VIRTUAL (VC).

Se define como contenedor virtual a la unidad de información que se emplea para permitir la conexión de nivel de ruta en la SDH.

El VC está compuesto por la unidad de carga de información (C), más su encabezado de trayecto (POH=Path Overhead). La información de alineamiento utilizada para identificar el comienzo de la trama VC-n, la proporcionan los apuntadores del nivel de servicios de red. La configuración de un Contenedor Virtual sería :



Se definen dos tipos de Contenedores Virtuales :

a) Contenedor Virtual de Orden Inferior (VC-m) :

Este elemento se compone de un Contenedor C-m, donde "m" puede tomar los valores de 1, 2 ó 3 ,y del Encabezado de Trayectoria (POH) del Contenedor Virtual de orden inferior correspondiente al nivel tratado, es decir, un VC-1, se compone de un C-1 y su Encabezado de Trayectoria de nivel 1.

b) Contenedor Virtual de Orden Superior (VC-n) :

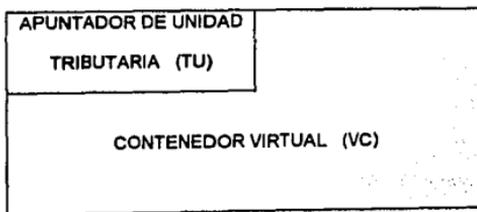
Este elemento se compone de un solo contenedor C-n, donde "n" puede tomar los valores de 3 ó 4 o de un grupo de Unidades Tributarias y el Encabezado de Trayectoria (POH) del Contenedor Virtual de orden superior correspondiente al nivel.

3.3.3. UNIDAD TRIBUTARIA (TU)

La Unidad Tributaria se forma al agregar un apuntador a la tributaria de un Contenedor Virtual. Este apuntador indica la fase de alineamiento del Contenedor Virtual con respecto al Encabezado de Trayectoria (POH) en el siguiente nivel superior del Contenedor Virtual (VC) en el cual se aloja. Proporciona la adaptación entre el nivel de ruta de orden inferior y el de orden superior.

Esta unidad existe cuando un Contenedor Virtual no se mapea (ensambla) directamente en una trama STM-1, sino en un Contenedor Virtual de orden mayor.

El esquema de la unidad tributaria (TU-12), está formado de cuatro columnas y nueve renglones, de la siguiente manera:



El apuntador de la Unidad Tributaria indica el principio de la trama VC-m (de orden inferior) con respecto al principio de la trama VC-n (de orden superior).

Una unidad tributaria TU-m en el que m es igual a 1,2 ó 3, se compone de un VC-m junto con el apuntador TU.

3.3.4 GRUPO DE UNIDADES TRIBUTARIAS (TUG).

Esta unidad se usa para definir a un conjunto de una o más Unidades tributarias que ocupan que ocupan posiciones fijas y definidas dentro de la carga de un Contenedor Virtual de orden superior.

Los grupos de Unidades Tributarias están definidos de tal manera que las cargas de información de diferente capacidad compuestas por Unidades Tributarias de distintos tamaños pueden ser mezcladas para incrementar la flexibilidad de la red de transporte.

Existen dos tipos de grupos de Unidades Tributarias:

a) Grupos de Unidades Tributarias 2 (TUG-2)

Se forman por una sola Unidad Tributaria-2 o una combinación homogénea de Unidades Tributarias-1 idénticas, es decir, Unidad Tributaria-11 ó Unidad Tributaria 12.

b) Grupo de Unidades Tributarias-3 (TUG-3).

Se forman por una unidad tributaria-3 (TU-3) o una combinación homogénea de grupos de Unidades Tributarias-2 (TUG-2)

3.3.5 UNIDAD ADMINISTRATIVA (AU)

La Unidad Administrativa es la estructura de información que proporciona la adaptación entre el nivel de ruta de orden superior y el nivel de sección de multiplexaje. Se compone de una carga

de información (contenida del el Contenedor Virtual de orden superior) y el apuntador AU que indica el principio de la trama del Contenedor Virtual de orden superior con respecto al principio de la trama de la sección de multiplexaje del Módulo de Transporte Síncrono (STM-1).

Se definen dos unidades administrativas:

a) La unidad administrativa-4 (AU-4).

Se compone de un contenedor virtual de orden superior-4, más el apuntador de la unidad administrativa-4 que indica el alineamiento de fase del contenedor (VC-4) con respecto al STM-n.

b) La unidad administrativa-3 (AU-3).

Está formada de un contenedor virtual-3 de orden superior, más el apuntador de la unidad administrativa-3 que indica el alineamiento de fase del contenedor (VC-3) respecto a la trama STM-n.

3.3.6 GRUPO DE UNIDADES ADMINISTRATIVAS (AUG)

Se define como un conjunto de una o más Unidades Administrativas que ocupan posiciones fijas y definidas en la carga del STM-n. Esta compuesto de una Unidad Administrativa-4 o de una combinación homogénea de Unidades Administrativas-3.

3.3.7 MODULO DE TRANSPORTE SINCRONO (STM).

El módulo de transporte síncrono o STM (Synchronous Transport Module), es la estructura de información empleada para soportar las conexiones de nivel de sección en la SDH. Se compone de una carga de información y los campos de encabezado (SOH) organizados en una estructura de trama con ciclos de repetición de 125 microsegundos.

El STM-1 se compone de una AUG, más el encabezado (SOH). El STM-N se compondrá de una AUG, más el encabezado respectivo. Hasta este momento sólo están definidos $N=4$ y $N=16$.

ANALOGÍA.

Para comprender como funciona la SDH se expone la siguiente analogía como ejemplo:

Se supone el transporte de un paquete entre dos puntos, por medio de camiones. Normalmente en las telecomunicaciones se utilizan cables metálicos para la conducción de información, que equivaldría a un camino sin asfalto. Al introducir la fibra óptica como medio de transporte, significa habilitar una carretera para el transporte de información (carga) entre dos puntos.

La carga puede ser transportada por un coche compacto, sin embargo, es conveniente transportar dicha información por medio de una empresa que se dedique a la mensajería (administraciones de comunicaciones) porque al final de cuentas es más económico.

La empresa de mensajería no transporta cada paquete en el momento en que llega, sino carga un camión y lo lleva a su lugar de destino, de acuerdo a los tiempos de entrega preestablecidos.

Para facilitar, se dirá que la caja de camión más grande puede cargar hasta 155 metros cúbicos (155Mbps). Se busca llenar la capacidad total del camión con la menor cantidad de cajas o contenedores.

Pero como se sabe que existen una infinidad de tamaños de cajas (información), esta empresa decidió comprar solo algunos tipos de caja, y tratar de acomodar la mayor cantidad de paquetes de los usuarios en los distintos tipos de empaque.

Si un usuario llega con un paquete que ocupa un volumen de 140 metros cúbicos(140Mbps), dicho paquete se guarda en una caja del tamaño AU-4, el cual será el único que se cargará en la caja del camión (STM-1). Sin embargo, si llega otro usuario con un paquete que ocupa 2 metros cúbicos, no se introduce directamente al camión porque no es costeable, ya que se tienen que pagar casetas de cobro , el desgaste del camión, etc. Por tanto,, para transportar ese paquete se seguirá el siguiente procedimiento:

El paquete de 2 metros cúbicos (2Mbps) se guarda en una primera caja denominada caja virtual del tipo 12 (VC-12). Se juntan tres cajas VC-12 y se acomodan todas en una segunda caja (TU-12). ésta se agrupa con otras cajas iguales en una más grande(TUG-3) y por último 3 cajas del tipo TUG-3 se guardan en la caja mayor denominada AU-3.

En la figura 3.3 se muestra la relación entre los elementos que constituyen la SDH, de acuerdo al ejemplo del transporte de mercancía en cajas de distintos tamaños.

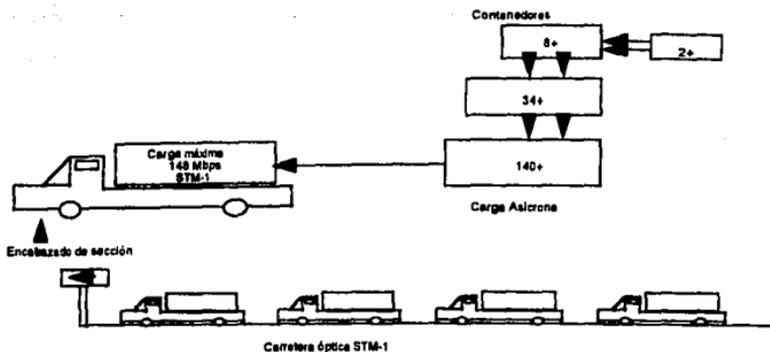


Figura 3.3 - Analogía del Transporte en la SDH.

3.4 ESTRUCTURA DE LA TRAMA DE LA SDH

La recomendación G.709 del CCITT. Define el proceso de formación de la trama. Este esquema de multiplexación en SDH para velocidades binarias inferiores al primer nivel jerárquico se muestra en la siguiente página en la figura 3.4

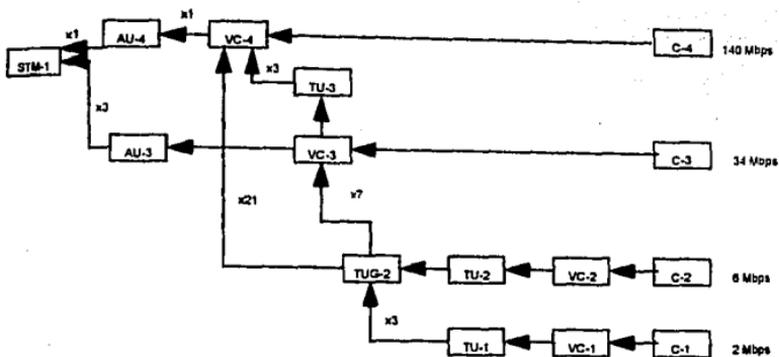


Figura 3.4 - Esquema de Multiplexación de la SDH.

Las señales de la Jerarquía plesiócrona (PDH) se manejan dentro de los contenedores virtuales. En la SONET, el contenedor de orden superior es el VC-3 mientras que para la SDH europea (internacional) es el contenedor virtual de tipo cuatro (VC-4).

Los contenedores virtuales se incorporan directamente en la trama STM-1, la cual comprende una estructura de 125 microsegundos orientada a bytes. Como se muestra en la figura 3.5. El STM-1 se define con 9 filas y 270 columnas, es decir, la trama consta de 2430 bytes. Se divide en tres sectores principales:

- El encabezado de sección.
- Los apuntadores de las unidades administrativas.
- La carga útil (datos del usuario).

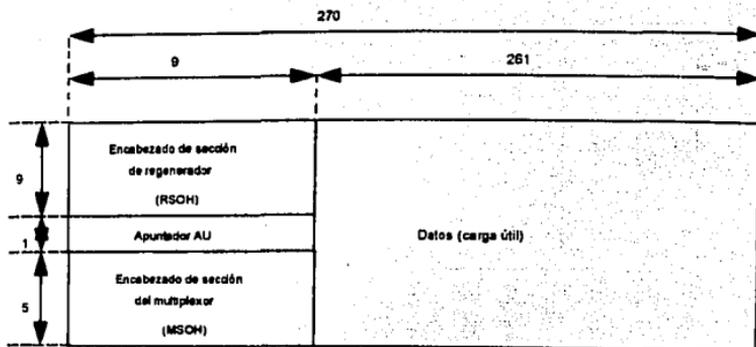


Figura 3.5 - Estructura Básica de la Trama de SDH.

Si se hace referencia al ejemplo del envío de cajas se tendrían las siguientes analogías: el encabezado de sección es el tractocamión, la carga útil equivale al contenedor y los apuntadores equivale a la lista donde se encuentra la ubicación de los paquetes en el interior del contenedor.

3.4.1 ESTRUCTURA DEL ENCABEZADO DE SECCION

La estructura del encabezado de sección se muestra en la figura 3.6. En esta sección, aparte de los bytes de sincronización de la trama, se incluyen una serie de bytes para fines de gestión e identificación.

La descripción de las funciones de los bytes del encabezado de sección es la siguiente:

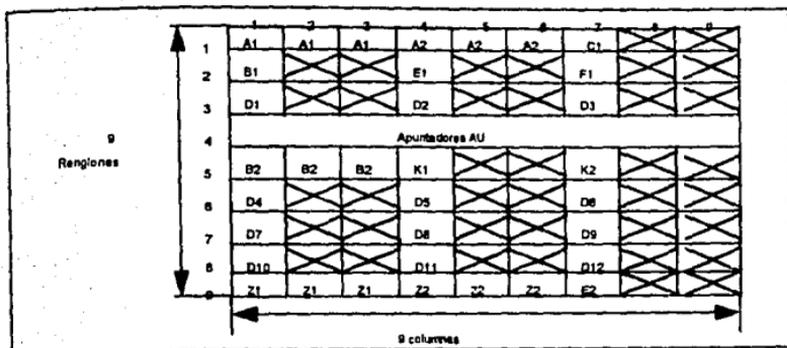


Figura 3.6 - Estructura del Encabezado de Sección STM-1.

Donde :

A1, A2: Son los bytes de sincronización de la trama y sus valores son:

A1=11110110

A2=00101000

B1,B2: Bytes para la supervisión de errores binarios a lo largo del trayecto.

El byte B1 es el reservado para el monitoreo de error de la sección de regenerador y se le llama byte de verificación de paridad de la sección de regenerador.

El byte B2 está reservado para la función de monitoreo de error de la sección de multiplex y se le define como el byte de verificación de paridad de la sección multiplex.

C1: Identificador de STM-1 es identificado en forma separada por un número binario correspondiente a su orden de aparición en la trama STM-N, esto es, el primero en aparecer es asignado con el número 1 (0000001), el segundo con el número 2 (0000010) y así sucesivamente.

En el caso de tratarse de una señal STM-1, entonces el uso del byte C1 es opcional.

D1-D12: Canal de comunicación de datos de sección.

Los bytes D1 a D3 se definen como un canal de datos de 192 Kbps de la sección de regenerador y se utilizan para transmitir información de administración y mantenimiento de red entre elementos de red de JDS que contienen funciones de terminación de sección de un regenerador.

Los bytes D4 a D12 son un canal de datos de 576 Kbps para la sección de multiplex y se utiliza para transmitir información de administración y mantenimiento de red entre elementos de red de SDH que contengan funciones de terminación de sección multiplex.

E1,E2: Canales de servicio para transmisión de voz.

El byte E1 proporciona un canal de voz entre equipos terminadores de sección de regeneración y puede accederse a él en los regeneradores.

El byte E2 proporciona un canal de voz entre equipos terminales de multiplexación.

F1: Canal de comunicación del usuario.

Este byte está reservado para el usuario (para propósitos de operación y mantenimiento). Una aplicación de este byte puede ser para la identificación de una sección del regenerador averiada dentro de una cadena de regeneradores.

K1,K2: Canal de conmutación de protección automática.

Estos bytes controlan la conmutación de los equipos multiplexores terminales en caso de falla.

El byte K1 indica una solicitud de canal para la acción de conmutación. Los bits 1 al 4 indican el tipo de solicitud, mientras que los bits 5-8 indican el número de canal a quien está solicitando la conmutación.

En el byte K2 los bits 1 al 5 indican el estado del puente en el conmutador de protección de la sección del multiplexor, en tanto los bits del 6 al 8 están reservados para uso futuro, para la implementación de la función de conmutación de tipo extracción-inserción.

Z1, Z2: Canales de reserva.

No hay funciones aún definidas por el CCITT, sin embargo alguna administración telefónica está empleando el primero de los tres bytes (Z1) para la transmisión de mensajes de estado de sincronización, para la indicación de niveles de calidad de sincronía de los sistemas de transmisión de la SDH.. Además emplea el tercer byte (Z2) para la transmisión de señales de mantenimiento.

3.4.2 ESTRUCTURA DEL ENCABEZADO DE TRAYECTO DE ORDEN SUPERIOR.

En la figura 3.7 se muestra la estructura del encabezado de trayectoria y a continuación se menciona la función de cada uno de los bytes que lo constituyen:

J1: Localización de trayecto del contenedor virtual de orden superior.

Este byte está dedicado para la función de trazar una ruta del contenedor virtual de orden superior (VC-3/VC-4/...VC-N), y su localización está indicada por el apuntador de la unidad administrativa (AU) correspondiente

1	J1
2	B3
3	C2
4	G1
5	F2
6	H4
7	Z3
8	Z4
9	Z5

Figura 3.7 - Encabezado de Trayectoria.

B3: Verificación de paridad de trayecto de orden superior.

Este byte está dedicado para la función de monitoreo y detección de errores de trayecto de los contenedores virtuales de orden superior (VC-3/VC-4/...VC-N).

C2: Etiqueta de señal de trayecto de orden superior.

Este byte indica la composición de la carga de información del contenedor virtual de orden superior.

Los códigos definidos son: (en hexadecimal):

HEX

00 no equipado.

- 01 equipado no específico.
- 02 estructura TUG
- 03 TU fija.
- 04 mapeo asíncrono de 34 ó 45 Mbps en un C-3
- 12 mapeo asíncrono de 140 Mbps en un C-3.
- 13 Modo de Transferencia Asíncrono (ATM)
- 14 Bus Dual de Encolamiento Distribuido (DQDB)
- 15 Interface de datos Distribuidos por Fibra (FDDI.).

G1: Estado del trayecto de orden superior.

Se emplea para informar al contenedor virtual de orden superior (VC-N) de origen, sobre el estado de terminación del trayecto y el desempeño.

Esto permite monitorear el estado y desempeño del trayecto completo en ambos sentidos, de cualquier extremo a cualquier punto intermedio. Por tanto, las señales G1 son señales de mantenimiento del trayecto de orden superior.

F2: Canal de usuario de trayecto de orden superior.

Se utiliza para propósitos de comunicación entre los elementos de terminación de ruta y depende de la carga de información.

H4: Indicador de multitrama.

Este byte proporciona una indicación generalizada de la posición para cargas de información y puede ser específico a éstas, esto es, puede ser usado como indicador de multitrama para contenedores virtuales de orden inferior. (VC-1/VC-2).

Z3-Z5: Canales de reserva.

El byte Z3 ha sido dedicado para propósitos de comunicación de usuario entre elementos terminales de trayecto y es dependiente de la carga de información.

Z4, es reservado para uso futuro.

Z5, está dedicado para propósitos de administración específicos. Monitorea el desempeño de extremo a extremo del byte B3.

Por ejemplo, si se quiere transmitir información de un punto denominado "A" a otro "B", y por alguna circunstancia se tienen problemas de comunicación, entonces son los bytes del encabezado de sección se puede identificar el tipo de problema que está presente. Además, se tiene un canal de comunicación o servicio para clarificar o dar instrucciones al personal ubicado en el punto lejano (byte E2), o en su defecto entre los regeneradores (bytes D1 o D3).

Por medio del encabezado de trayectoria se puede conocer la manera en que se está transmitiendo la información. Conociéndose el valor de los bytes K1 y K2, se puede diagnosticar si se tuvieron problemas con la fibra óptica o el multiplexor.

Todos los bytes se emplean para las labores de operación y mantenimiento de la red de telecomunicaciones, la ventaja de definir los bytes de los encabezados radica en la interconexión de equipos de distintos fabricantes.

3.5 DESCRIPCIÓN DE LOS APUNTADES.

Los apuntadores se emplean en las unidades administrativas (AU) y en las unidades tributarias (TU).

3.5.1 FUNCIONES DE LOS APUNTADORES.

La función de los apuntadores es la de describir la posición de los contenedores virtuales (VC) en la superestructura respectiva, esto es, la unidad administrativa o la unidad tributaria, según corresponda.

Estos apuntadores permiten un alineamiento dinámico flexible dentro de las AU y TU, es decir, que el contenedor virtual puede localizarse dentro de la superestructura en distintas posiciones, lo que se conoce como "flotar" dentro de la trama.

Los apuntadores describen y permiten la operación de tipo plesiócrono de los contenedores virtuales dentro de la red síncrona, lo cual es necesario para compensar las diferencias de sincronía que resultan cuando algún nodo pierde la referencia de sincronización de red y opera utilizando su propio reloj de referencia de alta exactitud.

Para adaptar las velocidades de transmisión de los contenedores virtuales (Vcs), se emplea el método de justificación a nivel de byte. Esta justificación puede ser positiva, cero o negativa y lo que hace es aumentar o disminuir el valor del apuntador de acuerdo a la velocidades de transmisión presentes.

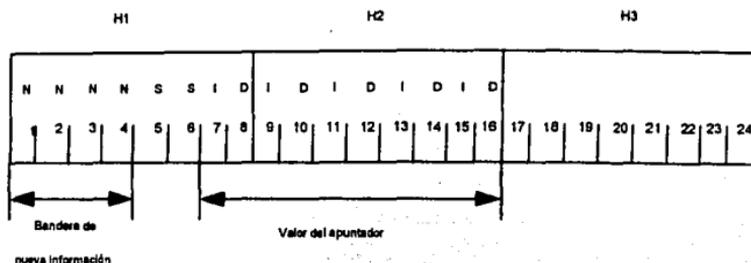
Con el uso de apuntadores se simplifica la localización de un byte en la trama de la superestructura, ya que éste da la posición de cada byte de cualquier señal tributaria en una señal STM-N con lo que se simplifica el multiplexaje y demultiplexaje de las señales.

3.5.2 FORMATO DEL APUNTADOR.

El apuntador está formado de nueve bytes y el orden de los bytes se describe en la figura. 3.8

Dentro del apuntador los bytes H1 y H2 (para las unidades administrativas), o los V1 y V2 (para las unidades de grupo), se destinan para indicar la localización del byte donde comienza el contenedor virtual (Vc-n).

Los dos bytes se pueden considerar como una palabra de 16 bits, como se muestra en la figura 3.8.:



Los bits SS indican el tipo de Unidad Administrativa

Figura 3.8. - Descripción de los bits que Conforman los Bytes H1 y H2.

De la figura 3.8. se puede ver que los bits del 7 al 16 son los que proporcionan el valor del apuntador y están representados por las letras ID (más adelante se explicará el significado de éstas).

Los cuatro primeros bits son una bandera que nos indica la presencia de nueva información ("new data flag"). Cuando estos bits están habilitados forman la palabra binaria 1001, y cuando están deshabilitados, forman la palabra binaria 0110.

Los bits 5 y 6 indican el tipo de unidad administrativa y los bits están representados con la letra "S". Los códigos definidos para los bits 5 y 6 se muestran en la tabla 3.4

RECIBO EN 218377 1723
 ENTREGADO AL SE

VALOR DE SS (BITS 5 Y 6)	TIPO DE AU/TU	RANGO DE VALOR DEL APUNTADOR (BITS 7 AL 16)
10	AU-4	0 - 782
01	AU-31	0 - 581
10	AU-32	0 - 782
10	TU-32	0 - 764
01	TU-31	0 - 581

Tabla 3.4.- Valores Definidos de los Apuntadores de AU y TU.

Los bits del 7 al 16, como en se mencionó anteriormente, nos indican el valor del apuntador, pero además tienen la función de justificación. Los bits impares (7,9,11,13 y 15), denotados con una I, se emplean para indicar un incremento de bit, lo que se conoce como justificación positiva. los bits pares (8,10,12,14 y 16), representados con una D son los que indican un decremento de bit, también llamada justificación negativa.

Cuando se va a llevar a cabo alguna justificación, ya sea positiva o negativa, siempre se invierten los cinco bits I o D según corresponda. Hay otros dos tipos de apuntadores que pueden encontrar y que se denominan: apuntador de identificación de concatenación y apuntador de indicación de nulo. El apuntador de identificación de concatenación se forma de la siguiente manera:

<u>Bits</u>	<u>Valor</u>
1-4	1001
5-6	no especificados
7-16	1111111111 (todos en uno)

El apuntador de indicación de nulo tiene los siguientes valores:

<u>Bits</u>	<u>Valor</u>
1-4	1001
5-6	no especificados
7-11	11111(cinco unos)
12-16	00000 (cinco ceros)

El valor del apuntador depende de la unidad administrativa que contenga (AU) o unidad tributaria (TU). Así pues, el apuntador de la unidad administrativa de tipo 4 (AU-4) es distinto al del tipo 3 (AU-3).

3.5.3 LOCALIZACIÓN DEL DESPLAZAMIENTO DEL APUNTADOR (POINTER OFFSET NUMBERING).

En esta sección se muestra la distribución de datos de las superestructuras, así como la localización del apuntador en las unidades administrativas o unidades tributarias.

a) Apuntador de la unidad administrativa 4 (AU-4).

En el apuntador de la unidad administrativa cuatro (Au-4), están contenidos los bytes H1, H2 y H3 como se muestra en la figura 3.9.:

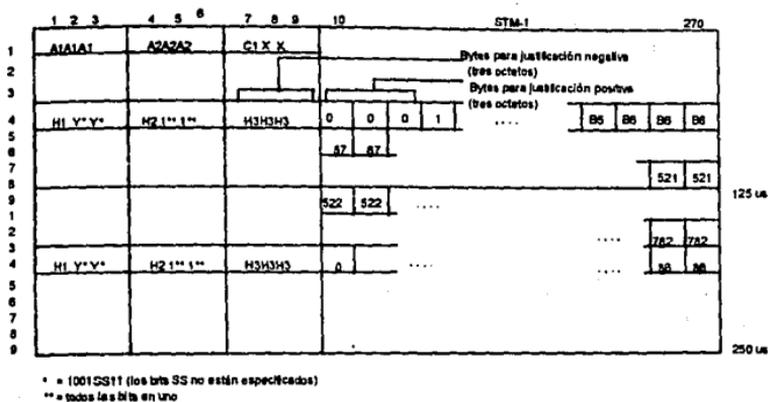


Figura 3.9 - Numeración del desplazamiento del Apuntador de la Unidad Administrativa Cuatro (AU-4)

En el apuntador AU-4 se tiene un byte H1, un H2 y tres bytes sin justificación negativas denotados con H3. Se puede ver en la figura 3.9 dos bytes "Y" en las columnas dos y tres, cuyo valor es:

$$Y=1001SS11,$$

donde la SS son bits que no están especificados su función ni su valor.

También encontramos dos bytes con valor de todos unos (en la figura 3.9 denotados con 1), en las columnas 5 y 6.

Como se puede apreciar, los bytes H1 y H2 no están contiguos, aunque se han considerado como una palabra de 16 bits para hacer más fácil su explicación.

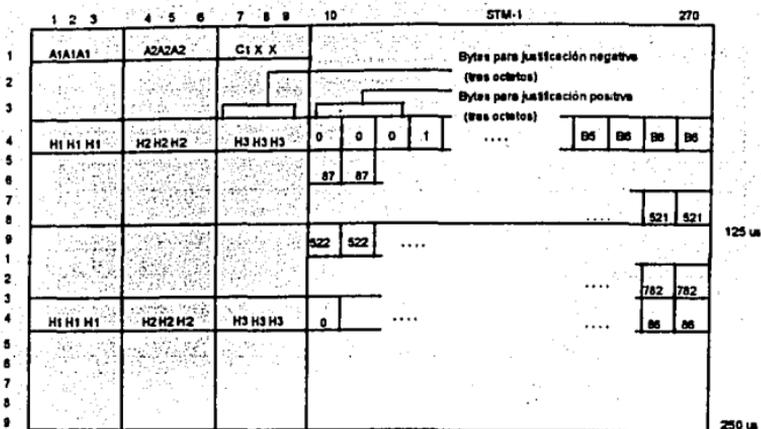


Figura 3.10. - Numeración de Desplazamiento del Apuntador de la Unidad Administrativa 32. (AU-32).

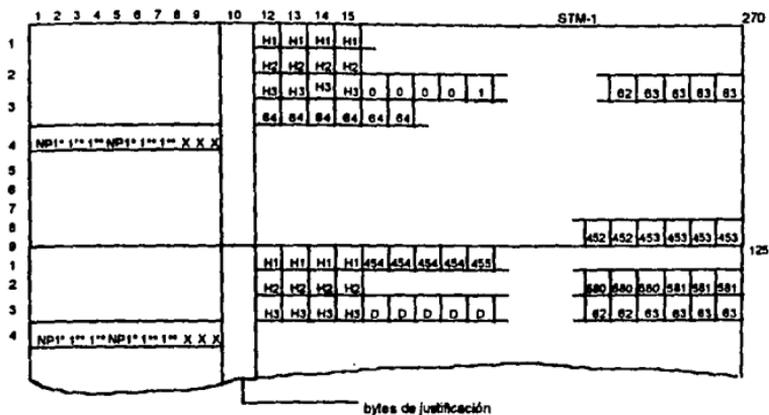
b) Apuntador de la Unidad Administrativa 32 (AU-32).

La numeración del desplazamiento del apuntador aparece en la figura 3.10. En esta unidad administrativa AU-32, se tienen tres apuntadores individuales, es decir, cada apuntador tiene sus bytes H1, H2 y H3, como en el caso de la AU-4, se utilizan para la justificación negativa.

Para el primer apuntador AU-32, el byte H1 se localiza en la columna 1 y el byte H2 en la 3. El segundo apuntador AU-32, tiene el byte H1 en la columna 2 y el H2 en la columna 5 y por consiguiente para el tercer apuntador AU-32 le corresponderán las columnas 3 y 6 para los bytes H1 y H2 respectivamente.

c) El Apuntador de la Unidad Administrativa 31 (AU-31).

La unidad administrativa 31 contiene cuatro apuntadores individuales y cada uno los bytes H1, H2 y H3, como se muestra en la figura 3.11.



NP1* = Dos bytes NP1 forman una secuencia de 16 bits 1001es1111100000
(los bits es no están especificados)

1** = Todos los bits en uno

Figura 3.11 - Numeración de desplazamiento del Apuntador de la Unidad Administrativa 31

(AU-31).

Como se puede apreciar, al contener cuatro apuntadores esta unidad administrativa, ya no hay el número de bytes suficientes para que se ubiquen como en los dos casos anteriores (AU-4 y AU-3) en el renglón cuatro de las columnas de la 1 a la 9.

Los apuntadores de la primera unidad administrativa 31 se encuentran en la columna 11, los de la segunda en la 12, en la columna 13 los de la tercera y por último, en la columna 14, la cuarta unidad administrativa 31.

La representación de la unidad administrativa AU-31 se muestra completamente en la figura 3.11.

Los bytes H1, H2 y H3 se localizan en los renglones 1, 2 y 3 y la columna es de acuerdo al párrafo anterior. En el lugar que ocupaban los apuntadores de las unidades administrativas 4 y 32, en este arreglo se suplirá un apuntador de indicación nula y cuya estructura se mencionó anteriormente.

La manera de numerar la localización del comienzo del contenedor virtual (VC) omite tomar en cuenta las primeras 9 columnas. Por ejemplo; si el valor del apuntador de la unidad administrativa 4 vale cero, lo que significa es que el contenedor virtual comienza después del último byte H3. Si ese mismo apuntador tuviera el valor de 87, éste comenzaría 3 bytes después del byte K2 que se ubica en el renglón 5 columna 7.

La representación de la manera de numerar la unidad administrativa AU-32, se muestra en la figura 3.10

3.6 JUSTIFICACIÓN DE FRECUENCIA.

Los multiplexores de la jerarquía digital síncrona (SDH) están controlados por una fuente de reloj de muy alta precisión. Puede ser necesaria alguna alineación del apuntador en caso de variaciones de fase entre la red y dicho equipo terminal.

En caso de que se presente una variación de frecuencia entre las velocidades de transmisión de las unidades administrativas y de los contenedores virtuales (VC-n), el valor del apuntador se incrementa o decrecienta según sea necesario, además de emplear los bytes de justificación y denotar en los bytes H1 y H2 el tipo de justificación.

Las operaciones que se efectúen sobre un apuntador deben estar separadas por al menos tres tramas, es decir, cada cuatro tramas. Esto con la finalidad de tener un valor constante del apuntador durante tres tramas.

3.6.1 JUSTIFICACION POSITIVA.

Si la velocidad del contenedor virtual es baja con respecto a la de la unidad administrativa, el alineamiento del contenedor virtual debe retrasarse en el tiempo en forma periódica, lo que implica incrementar el valor del apuntador en uno. Esta operación se indica en la palabra de 16 bits formada de H1 y H2, invirtiendo los bits 7,9,11,13 y 15 (bits). Los cinco bits deben ser registrados en el equipo terminal (votación mayoritarias), para que se inserten tres bytes de justificación inmediatamente después del último byte H3 de la trama de la unidad administrativa (AU-n). Los apuntadores subsecuentes contendrán la nueva dirección, es decir, la dirección anterior incrementa en uno.

Para un mejor entendimiento de la justificación positiva, se puede ver en la figura 3.12 el ejemplo de una unidad administrativa (AU-4).

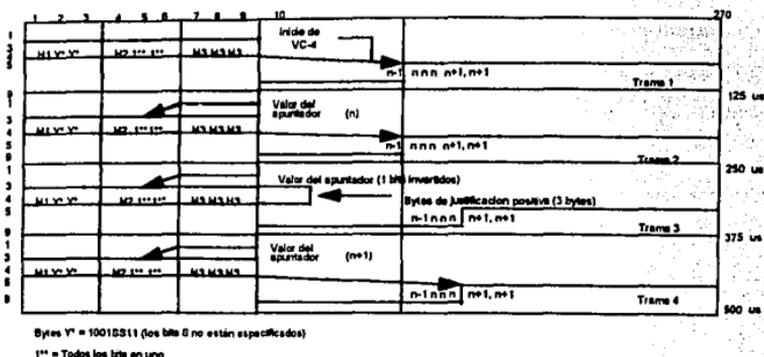


Figura 3.12. - Operación de Ajuste mediante Justificación Positiva del Apuntador AU-4.

3.6.2 JUSTIFICACION NEGATIVA.

Para el caso en que la velocidad del contenedor virtual sea mayor con respecto a la unidad administrativa, entonces el mayor con respecto a la unidad administrativa, entonces el alineamiento del contenedor virtual se debe adelantar en forma periódica, lo que implica un decremento en el valor del apuntador en uno. Esta operación se lleva a cabo cuando en el apuntador la palabra de 16 bits formada por los bytes H1 y H2 se invierten los bits 8,10,12,14 y 16 (denominados como bits D). En el equipo terminal se detectan los cinco bits que indican decremento del apuntador y se insertan tres bytes de justificación negativa en las posiciones de los bytes H3 de la trama de la unidad administrativa (AU-n). Estos tres bytes que se insertan son datos. Los apuntadores subsiguientes contendrán el nuevo valor del apuntador.

Un ejemplo de justificación negativa se presenta en la figura 3.13

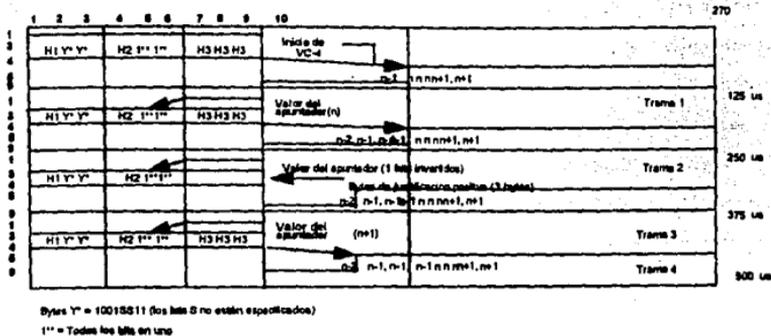


Figura 3.13.- Operación de ajuste, mediante Justificación Negativa del Apuntador AU-4

En este capítulo se han ejemplificado las unidades administrativas 4 (AU-4), y 32 (AU-32). Si se requiere ver la configuración para otro tipo de Unidades Administrativas ó unidades tributarias se recomienda consultar la recomendación G.709 del CCITT.

3.7 ENSAMBLAJE Y DEENSAMBLAJE DEL CONTENEDOR VIRTUAL

3.7.1. PROCESO DE ENSAMBLAJE DEL CONTENEDOR VIRTUAL (MAPEO)

El concepto de ensamble de una señal tributaria (como puede ser una señal de 140 Mbps) en un Contenedor Virtual para su transporte de extremo a extremo a través de una red síncrona es fundamental para la SDH. Este proceso de ensamble de la señal tributaria de un VC se denomina "MAPEO".

Para proporcionar una uniformidad a través de todas las posibilidades de transporte de la SDH, la capacidad de carga de tráfico aportada para cada señal tributaria es siempre ligeramente

mayor de la que requiere la señal tributaria . Así, el fundamento del proceso de encuadre consiste en sincronizar la señal tributaria con la capacidad de carga de tráfico aportada para el transporte. Esto se logra agregando bits adicionales al flujo de señales como parte de todo este proceso de relleno.

Por ejemplo, una Señal tributaria de 140 Mbps debe sincronizarse con una capacidad de carga de tráfico de 149.76 Mbps definida por el Contenedor tipo 4 (C-4) mostrado en la tabla 3.3. Al agregar el Encabezado de Enrutamiento (POH) complementa el ensamblaje del Contenedor Virtual tipo 4 (VC-4) e incrementa la velocidad de la señal compuesta a 150.34 Mbps.

3.7.2 PROCESO DE DESENSAMBLAJE DEL CONTENEDOR VIRTUAL (DESMAPEO)

En el punto de salida de la SDH, la señal tributaria debe extraerse del Contenedor Virtual (VC), para esto se requiere el proceso contrario al punto anterior, conocido también como "DESMAPEO".

El VC consta de su Encabezado de Enrutamiento, la señal tributaria y los bits adicionales de relleno que se agregaron para sincronizar la tasa de bits de la señal tributaria con la capacidad de carga de tráfico disponible para el transporte. Así, el fundamento del proceso de extracción consiste en des-sincronizar la señal tributaria con respecto a la señal del Contenedor Virtual. La señal tributaria recuperada debe extraerse seguidamente, en la medida de lo posible, en su forma original.

Continuando el ejemplo del punto anterior, un VC-4 que transporte una señal tributaria de 140 Mbps, llega al punto de desmapeo del VC con una velocidad de señal de 150.34 Mbps. Al eliminar el Encabezado de Trayectoria y los bits de relleno del VC-4 se obtiene una señal discontinua que representa la señal tributaria de 140 Mbps transportada. Estas discontinuidades de temporización se reducen mediante un "loop de enganche de fase" (phase lock loop-PPL) a fin de producir una señal tributaria discontinua de 140 Mbps. Si se requiere la aplicación de la

estructura detallada de la trama del Módulo de Transporte Sincrono (STM-n), se recomienda el tomar en cuenta las 8 etapas conceptuales de Ensamblado de la recomendación G.709

4. ARQUITECTURA Y DISEÑO DE LA RED SDH.

La función de una red de transporte es transferir datos de un lugar a otro. Los datos transportados son de diversos tipos como; información, señalización, sincronía, control, operación y mantenimiento (red de servicios). Se requiere de un medio para poder transferir esta información (red física), y para determinar las rutas a seguir de la información para llegar de un punto al otro, se requiere de un enlace lógico (red lógica).

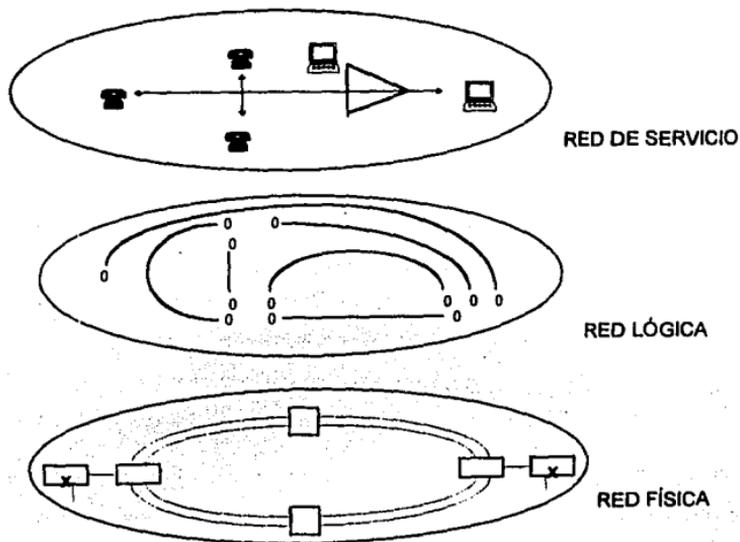


Figura 1. Arquitectura de la red SDH

Las características principales para el desarrollo de una red SDH son:

- a) **Interoperabilidad.** Es la capacidad de conectar equipo de multiplexaje de diversos fabricantes en un formato estándar. Existen varios grados de interoperabilidad; desde la más básica a nivel de contenedor hasta el nivel más alto en referencia al transporte del contenedor (STM-N), como pueden ser; la de interconexión automática con protección, la de intercambio de información y la de mantenimiento.
- b) **Monitoreo de punta a punta.** Se refiere a la capacidad de monitorear señales de una red (en tráfico) en servicio. Actualmente en la plesiócrona solo se puede monitorear entre dos puntos adyacentes. Sin embargo con la nueva señal síncrona se tiene un encabezado para el canal de comunicación que permite el monitoreo de emisor a receptor.
- c) **Ancho de banda.** Con el nuevo modelo de transporte síncrono (STM-N 155 Mbps) se pueden soportar nuevos servicios como la Televisión de alta definición HDTV (150 Mbps), transmisión de imágenes en tiempo real, etc. lo cual es un problema en la red actual por el ancho de banda reducido que maneja.
- d) **Eficiencia de los multiplexores.** Este nos permite un multiplexaje directo de los servicios actuales. Cada una de las señales de baja velocidad dentro de una señal de mayor velocidad puede ser accesada directamente sin la necesidad de demultiplexar la señal completa.

4.1 ELEMENTOS DE LA RED (FUNCIONALES)

El hecho de desarrollar la estructura de la jerarquía digital síncrona en elementos funcionales básicos, tomando como base las recomendaciones del UIT-T (independientemente de la construcción de los equipos), nos permite tener un alto grado de interoperabilidad en la red, ya que normaliza y hace compatibles todos los equipos de la red a nivel funcional, aunque los equipos sean suministrados por diversos fabricantes.

Las funciones básicas están definidas en tres categorías principales; terminación, conexión y de adaptación (G.803) y tres suplementarias ; interfaz, supervisión y soporte (G.783).

4.1.1 FUNCIONES DE TERMINACIÓN

Las funciones de terminación se caracterizan por la capacidad de generar o de terminar (transmisión o recepción) las partes específicas de la trama (encabezados) definidas para las diferentes capas de la señal SDH. Estos encabezados sirven para supervisar, administrar, controlar y configurar señales, equipos o incluso la red. Las funciones de terminación se definen para la sección de regenerador (RST), La sección de multiplexación (MST), los trayectos de orden superior (HPT) e inferior (LPT).

4.1.2 FUNCIONES DE ADAPTACIÓN.

Las funciones de adaptación representan el proceso de conversión entre dos capas adyacentes, la cliente y la servidor. Los procesos de adaptación dependen de la estructura característica de información en cada capa, e incluyen alineamiento, multiplexación y demultiplexación, adaptación de velocidades de transmisión (bit stuffing), codificación y decodificación de la señal. Las funciones de adaptación utilizan partes específicas de la trama (encabezados) para estos fines. Se define para la sección de multiplexaje (MSA), los trayectos de orden superior (HPA) e inferior (LPA).

4.1.3 FUNCIONES DE CONEXIÓN.

Las funciones de conexión proporcionan puntos de flexibilidad conmutando las señales entre varias salidas de una misma capa. La conmutación se puede iniciar mediante ordenes externas de un operador o se puede activar automáticamente al detectarse una condición defectuosa en

el equipo propio (conmutación de protección). El formato de señales de entrada y de salida es idéntico, lo que significa que no se genera ni se elimina ningún encabezado dentro de estas funciones. Las funciones de conmutación están definidas para la protección de MSP, HPC, LPC.

4.1.4 FUNCIÓN DE INTERFACE.

La función de interface proporciona la interconexión al medio físico de transmisión (ejem. fibra óptica). En el sentido de recepción recupera la señal de reloj a partir de la señal recibida, y detecta la condición de pérdida de la señal (LOS). Las funciones de interface se definen para interconexiones STM-N (interface físico SDH-SPI) e interconexiones plesiócronas (interface físico PDH-PPI)..

4.1.5 FUNCIÓN DE SUPERVISIÓN.

La función de supervisión en el sentido de recepción supervisa las señales de transmisión que no se terminan. Para ello se supervisa el encabezado de la capa correspondiente. Son ejemplos de funciones de supervisión la detección de errores, la función de validación de la corrección de conexiones, la supervisión del estado del equipo distante de la misma capa mediante señales de fallo en la recepción del terminal distante (PERF) y de error de bloqueo distante (FEBE), y la supervisión de los canales de usuario (del POH). La supervisión de las señales de transmisión es no intrusiva, por lo tanto no afecta a la señal. En el sentido de transmisión, la función de supervisión es por lo general transparente y no se realiza supervisión. En el caso que la red no tenga ninguna señal para transportar (no hay configurada una conexión en la función de conexión), la función de supervisión puede insertar una secuencia de señal especial con un POH válido. Con esta señal es posible supervisar enlaces que no se están utilizando en ese

instante. Se definen funciones básicas de supervisión para el trayecto de orden superior (HCS) y para el de orden inferior (LCS).

4.1.6 FUNCIONES DE SOPORTE

Las funciones de soporte no pertenecen directamente al trayecto de la señal de transmisión, pero soportan todas las demás funciones (bloques). Las funciones de interface físico de temporización (SETP) y el reloj de temporización (SETS) de los equipos síncronos cubren todos los aspectos de sincronización y temporización de los equipos SDH. Las funciones de administración de los equipos síncronos (SEMF) y de comunicación de mensajes (MCF) proporcionan mecanismos para filtrar, ordenar y comunicar información entre el equipo y el sistema de administración. La función de acceso al encabezado (OHA) permite acceder a algunos de los campos de la trama que no son accedidos por otros bloques funcionales.

4.2 FUNCIONES BÁSICAS DE LOS EQUIPOS SDH

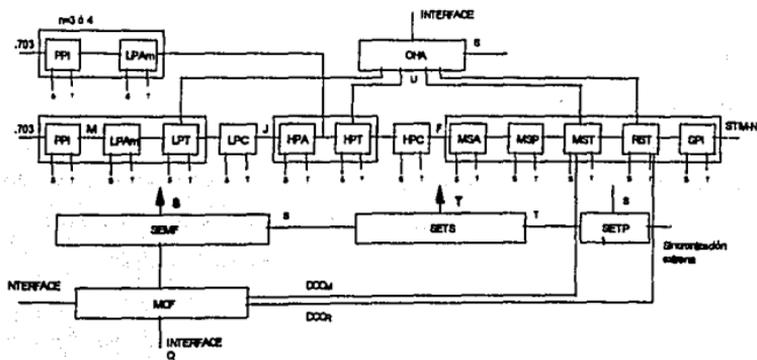


Fig. 4.2 Diagrama general de bloques funcionales básicos

4.2.1 FUNCIONES DE ORDEN SUPERIOR.

Conexión de ruta de orden superior (HPC- Higher order Path Connection). Esta función permite la asignación flexible de VCs de orden superior (VC-3 o VC-4), en una señal STM-N.

Adaptación de ruta de orden superior (HPA- Higher order Path Adaptation). Esta función adapta un contenedor virtual de orden inferior (VC-1, VC-2 o VC-3), en uno de orden superior (VC-3 o VC-4), mediante el apuntador de la unidad tributaria que indica la fase del contenedor virtual de orden inferior con respecto al de la orden superior a través del ensamblado y desensamblado de todo el contenedor virtual de orden superior.

Terminación de ruta de orden superior (HPT- Higher order Path Termination). Esta función termina una ruta de orden superior generando y añadiendo el encabezado de trayecto del contenedor virtual apropiado al contenedor correspondiente en el punto de origen de ruta, leyendo y removiendo el encabezado de ruta del contenedor virtual en el punto de destino (Path Sink.).

Generador no equipado de ruta de orden superior (HUG- Higher order path Unequipped Generator). Esta función termina una ruta de orden superior no equipada en el punto de origen de una conexión la cual aún no esta conectada a las funciones HPT y HPA; esto se lleva acabo generando un contenedor virtual con información no definida y un encabezado de ruta en donde los bytes son independientes del contenido de la carga de información

Monitoreo de encabezado de ruta de orden superior (HPOM- Higher order Path Overhead Monitor). Esta función habilita la supervisión de conexiones de orden superior (asignadas y no

asignadas). La ruta no enlazada con las funciones HPT y HPA se termina con la función HPOM. La función de monitoreo se lleva a cabo sobre los bytes J1, B3, C2, y G1, que son independientes de la carga de información en los puntos intermedios de la conexión para obtener la información sobre el desempeño y alarmas del segmento de ruta. Este monitoreo también se lleva a cabo sobre el byte 25 (asignado para el operador).

4.2.2 FUNCIONES DE ORDEN INFERIOR.

Conexión de ruta de orden inferior (LPC- Lower order Path Connection). Esta función permite la asignación flexible de VCs de orden inferior dentro de un contenedor virtual de orden superior. Por medio del apuntador se puede establecer cual es la localización del contenedor virtual, si el VC no siempre se localiza en la misma posición, el valor del apuntador variará e indicara la localización de inicio de este.

Adaptación de ruta de orden inferior (LPA- Lower order Path Adaptation). Esta función adapta una señal de jerarquía plesiócrona a la jerarquía digital síncrona, esto es, la señal se mapea en un contenedor virtual teniendo en cuenta la justificación a nivel de bit. La LPA también realiza la función contraria (SDH a PDH).

Terminación de ruta de orden inferior (LPT- Lower order Path Termination). Esta función termina una ruta de orden inferior añadiendo el encabezado de ruta del contenedor virtual apropiado al contenedor correspondiente en el punto de origen de ruta, leyendo y removiendo el encabezado de ruta del contenedor virtual en el punto de destino

Generador no equipado de ruta de orden inferior (LUG- Lower order path Unequipped Generator). Esta función termina una ruta de orden inferior no equipada en el punto de origen de una conexión la cual aún no esta conectada a las funciones LPT y LPA; esto se lleva a cabo

generando un contenedor virtual con una carga de información no definida y un byte del encabezado de ruta válido.

Monitoreo de encabezado de ruta de orden inferior (LPOM- Lower order Path Overhead Monitor). Esta función habilita la supervisión de conexiones de orden inferior. La ruta no enlazada con las funciones LPT y LPA se termina con la función LPOM. La función de monitoreo se lleva a cabo sobre el byte V5, el encabezado de ruta y el byte 26 asignado al operador, que son independientes de la carga de información, en los puntos intermedios de la conexión para obtener la información sobre el desempeño y alarmas del segmento de ruta.

4.2.3 FUNCIONES DE TRANSPORTE DE SDH.

Adaptación de sección de multiplexaje (MSA- Multiplex Section Adaptation). La función MSA se encarga de procesar el apuntador de la unidad administrativa de orden superior (AU-4, AU-3), para indicar la fase del contenedor virtual de orden superior (VC-4 y VC-3) con relación al encabezado de trama del modelo de transporte síncrono (STM-N), además ensambla y desensambla la trama completa.

Terminación de sección de multiplexaje (MST -Multiplex Section Termination). La función que genera el encabezado de multiplexaje durante el proceso de formación de la señal de trama de SDH y termina dicho encabezado en la dirección contraria.

Protección de sección de multiplexaje (MSP- Multiplex Section Protection). Esta función provee la capacidad de conmutar una señal entre dos funciones de terminación de sección de multiplexaje, de un canal trabajando (activo) a un canal de protección (respaldo).

Terminación de sección de regenerador (RST- Regenerator Section Termination). Esta función genera el encabezado de regeneración en el proceso de formación de trama y termina este mismo encabezado en la dirección contraria.

Interface física de SDH (SPI- Synchronous Physical Interface). Esta función convierte una señal de módulo de transporte síncrono (STM-N) lógico, en una señal de interface de línea.

Interface física de PDH (PPI- PDH Physical Interface). Es la función que convierte una señal interna de PDH de nivel lógico a una señal de interface de SDH.

Función de supervisión de conexión de PDH (PCS- PDH Connection Supervision). Con esta función se supervisan las conexiones de PDH en los puntos de unión SDH/PDH, a través del monitoreo del encabezado de ruta de PDH, esto es se verifica la palabra de alineamiento de trama (FAS) y la supervisión de redundancia cíclica (CRC4) de las señales de 2048 Kbps para evaluar el desempeño y las alarmas del segmento de ruta PDH.

4.2.4 FUNCIÓN DE ADMINISTRACIÓN SDH.

Función de administración de equipo síncrono (SEMF- Synchronous Equipment Management Function). Esta función convierte los datos de desempeño y alarmas de equipo en mensajes orientados a objetos (object-oriented), para su transmisión a través del canal digital de datos (DCS) y/o una interface del tipo Q vía la función de mensaje MCF. Además convierte mensajes orientados a objetos relacionados con funciones de administración para su transferencia a través de los puntos de referencia Sn (puntos de alarma, monitoreo y control).

Función de comunicación de mensaje (MCF- Message Communication Function). Esta función proporciona los medios físicos para el transporte de mensajes de administración de red desde/hacia la función de aplicación de administración, así como para el tránsito de mensajes. El MCF no origina ni termina mensajes(en el sentido de protocolos de capas superiores).

Función de acceso al encabezado (OHA- Overhead Access). Esta función permite el acceso a las funciones del encabezado de transmisión contenidas en el encabezado de la sección de multiplexaje (MSOH) y el encabezado de ruta(POH).

Fuente de sincronización de equipo síncrono (SETS- Synchronous Equipment Timing Source). Esta función proporciona las referencias de sincronización a las partes del equipo y representa el reloj del elemento de la red SDH.

Interface física de sincronización de equipo síncrono. (SETPI- Synchronous Equipment Timing Physical Interface). Esta función proporciona la interface entre una señal de sincronización externa y la fuente de sincronización de equipo síncrono (SETS).

4.3 FUNCIONES COMBINADAS

Es la integración de varias funciones básicas en una función superior

Función terminal de transporte (TTF-Transport Terminal Function). Combinación de cinco funciones; básicas SPI, RST, MST, MSP, MSA.

4.4 EQUIPOS EN LA RED DIGITAL SDH

La definición de un equipo específico consiste esencialmente en un conjunto conectado de las funciones básicas y compuestas junto con los objetivos de calidad de funcionamiento.

Los equipos se encuentran definidos en tres categorías o niveles dentro de la red: acceso, conexión y transport. En el nivel de accesos se combinan y distribuyen todas las velocidades binarias de orden superior e inferior con las del módulo de transporte síncrono(STM-N); en el nivel de transporte para señales que emplean el módulo de transporte síncrono STM-1 con las velocidades de transmisión STM-4, y STM-16 y nodos con sistemas de interconexión utilizando todas las velocidades; y en el nivel de conexión que se caracteriza por poder interconectar todas las fuentes de señales.

Actualmente solo se han definido en base a la normatividad existente los siguientes elementos de la red :

- Multiplexores terminales,
- de inserción-extracción,
- sistemas de interconexión cruzada,
- concentradores,
- regeneradores.

4.4.1 MULTIPLEXOR TERMINAL

Son nodos de acceso que soportan los servicios actuales a través de interfaces eléctricas, siendo un dispositivo de transmisión punto a punto y convirtiéndose así en la interface para la red pública.

El multiplexor terminal concentra una o varias señales en una STM-1, sus funciones son similares a las del M13 en el ambiente plesiócrono, el cual actúa como acceso para el DS3.

Las señales de 2 y 34 Mbps se conectan a través de la interface de orden inferior (LOI), mientras que la señal de 140 Mbps emplea la de orden superior (HOI). La señal STM-1 necesita la función terminal de transporte (TTF) para su conexión.

Los multiplexores del Tipo I y II asignan las tributarias en forma fija. Las del tipo Ia y IIa proporciona la asignación flexible de una entrada a cualquier posición de la trama del STM. Sus dos rutas de salida terminan en un mismo multiplexor SDH, pero van en dos cables separados.

Tipo I: Este tipo proporciona una función de multiplexación sencilla de G.703 a STM-N. El emplazamiento de cada una de las señales afluentes en la señal multiplexada es fija y depende de la estructura elegida.

Tipo Ia: Proporciona una asignación flexible de una entrada a cualquier posición en la trama STM-M.

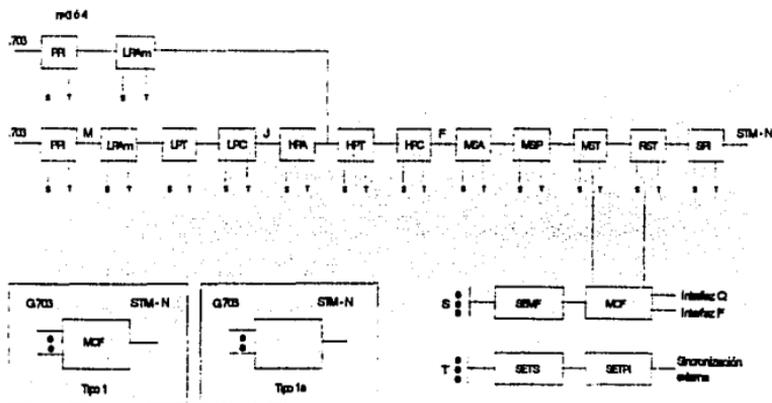


Fig. 44 Diagrama de bloques de multiplexores terminales 1y Ia

Tipo II: Nos permite combinar varias señales STM-N para formar una señal STM-M. La ubicación de cada uno de los VC 3/4 de las señales STM-N es fija en la señal STM-M compuesta.

Tipo IIa: Nos permite asignar flexiblemente un VC-3/4 en un STM-N a cualquier posición en la trama STM-M.

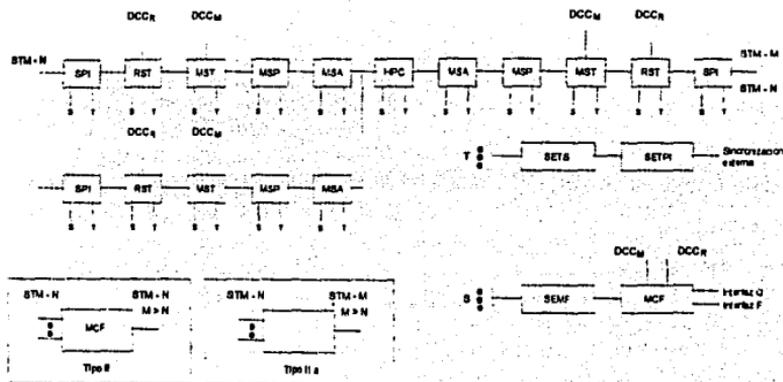


Fig. 4.5 Diagrama de bloques de multiplexores terminales II y IIa

4.4.2 MULTIPLEXOR DE INSERCIÓN EXTRACCIÓN (ADM - ADD/DROP MULTIPLEXER).

Como su nombre lo dice insertan y extraen la información a lo largo de toda la red. Ayudan a concentrar el tráfico en una central principal, eliminando la necesidad de mas terminales (oficinas). Estos multiplexores son considerados del tipo IIIa y IIIb por lo que la señal tributaria

puede añadirse o extraerse en cualquier intervalo de tiempo de la trama del STM-N, de la señal saliente o entrante, proporcionándonos una conectividad total entre el trayecto principal y el secundario. En el trayecto principal las señales se cursan en el mismo intervalo de tiempo, sin cambiarlas. Una de sus características importantes es que eliminan la necesidad de demultiplexar toda la señal para extraer o insertar una señal constituyente.

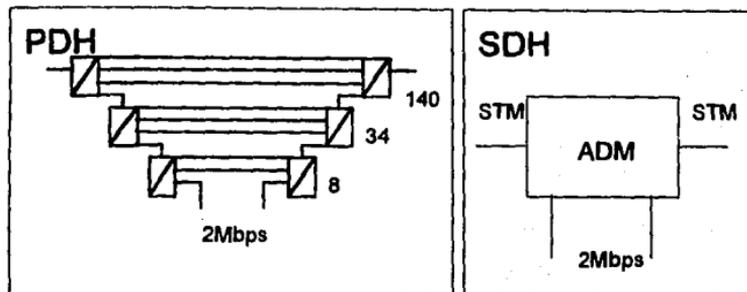


Figura 4.6 Comparación entre multiplexores PDH y SDH

Tipo IIIa: La función de conexión de trayecto de orden superior permite que las señales VC3/4 dentro de la señal STM-N sean o bien terminadas localmente o remultiplexadas para su transmisión. También permite que las señales generadas localmente se asignen a cualquier posición vacante en la salida STM-N. La función de conexión de trayecto de orden inferior permite que las señales VC1/2 (procedentes de C3/4) sean terminadas local o directamente remultiplexadas en sentido de retorno hacia un C3/4 entrante, y las señales VC1/2 generadas localmente sean encaminadas a cualquier posición vacante en cualquier C3/4 saliente..

Tipo IIIb: Similar al anterior, mas las funciones requeridas para demultiplexar la señal STM-N en señales VC1/2

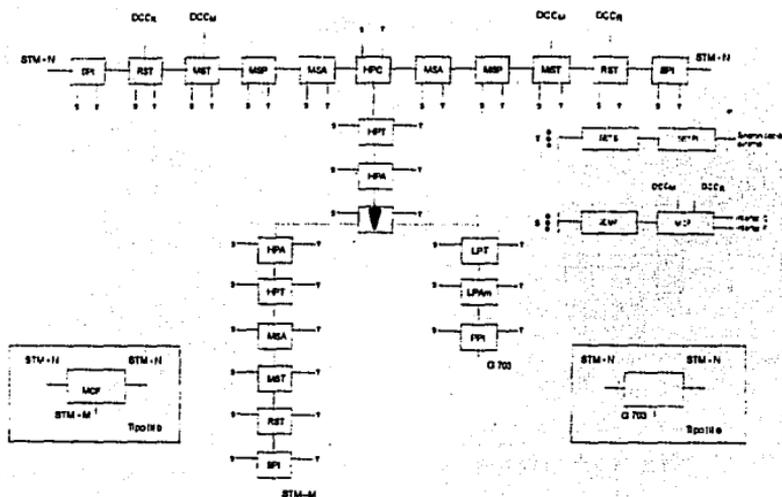


Fig. 4.7 Diagrama de bloques de multiplexores de inserción y extracción

Se usan en configuraciones de anillos y pueden operar a altas velocidades, reemplaza a los multiplexores M13 y los paneles que están ensamblados uno a otro en la red plesiócrona para interconectar señales DS1.

Los ADMs tienen canales separados para la protección y operación que van en enlaces independientes

Cada enlace tiene fibras separadas para transmisión y recepción, y cada par de fibras puede ir en un cable o en diferentes como protección contra roturas del cable. Si un multiplexor falla o si ambos cables se cortan, el tráfico puede ser enrutada en sentido inverso del anillo. La capacidad de asignación hace posible modificar dinámicamente el ancho de banda.

Un ADM puede costar un 15 por ciento mas que un asíncrono, pero realiza el mismo trabajo que tres de ellos.

4.4.3 SISTEMA DE INTERCONEXIÓN (DIGITAL CROSS CONNECTS).

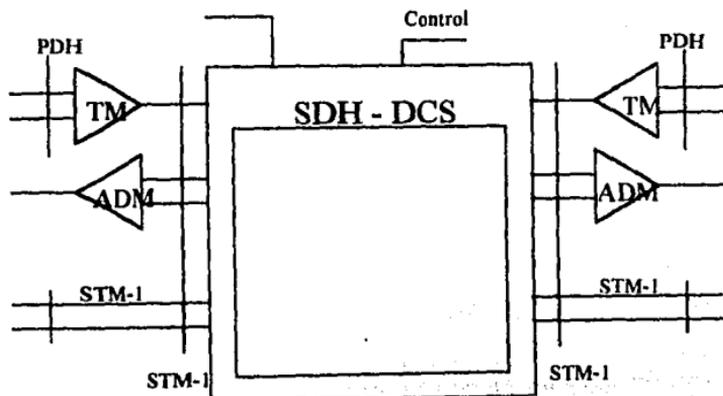


Figura 4.8 Sistema Interconexión digital.

Es una matriz de conexión electrónica controlada externamente para conectar circuitos de señales digitales en la red de transporte o transmisión y que cuenta con una interface pliesióncrona. A un canal de entrada siempre puede conectarse una salida libre en cualquier momento (non-blocking).

Los sistemas de interconexión realizan la conmutación o mapeo mediante comandos de control dados por el personal de la administración de la red (conmutación por mandato), lo que permite responder con mayor flexibilidad a los cambios de necesidades de los abonados. Los cambios se dan a nivel lógico desde un punto central sin necesidad de realizar cambios físicos.

La conmutación se realiza sin importar el ancho de banda, desde señales pliesióncronas de 2Mbp/s hasta 140Mbp/s como de señales SDH. Por lo que es recomendable tanto para redes largas distancias como para redes locales.

Maneja cuatro tipos de conexión:

- Simplex; un canal de entrada a un canal de salida
- Dúplex; dos canales simplex en sentidos opuestos
- Broadcast; un canal de entrada a varios destinos
- Multiconnetion; interconecta varios canales simultáneamente.

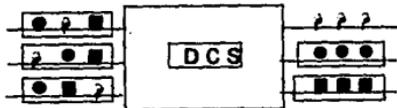
Los sistemas de interconexión puede ser conectado a diversos dispositivos y puede pasar la información de administración de SDH a ellos. monitoreo, pruebas y mantenimiento. Para el DCS la información que maneja es totalmente transparente.

Mediante los sistemas de interconexión se amplía la eficiencia de la red, ya que la ocupación de las líneas aumenta al combinar distintos servicios en una misma línea de transmisión.

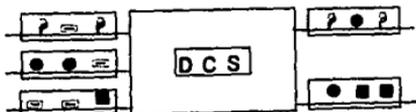
Existen dos tipos de DCS : De banda ancha (WDCS) que operan a nivel de señal STM-N (4,16) e interconectan a nivel STM-1 y de Broadband (BDCS) que operan a nivel STM-1 e interconecta a nivel E1

Las aplicaciones mas comunes son:

a) Ordenamiento por tipos de señal.



b) Concentración, elimina las ranuras vacías, reempaquetando los espacios activos



c) Manejo automático de pruebas de las señales a través del DCS

4.4.4 REGENERADORES

Es un repetidor similar al eléctrico pero para señales ópticas. La atenuación y la dispersión de la señal luminosa mientras viaja a través de la fibra óptica causan degradación de la señal.

4.5 MODELO DE CAPAS FUNCIONALES

4.5.1 MODELO FUNCIONAL

Para simplificar la conceptualización arquitectónica de una red se describe a través de un modelo funcional de capas. En este modelo de capas cada una de ellas proporciona el soporte necesario para la capa inmediata superior, utilizando el medio de transporte proporcionado por la capa inmediata inferior, por lo que, si la señal de la capa superior se forma y se transmite correctamente, la transmisión por las capas inferiores será correcta. A este tipo de relación entre capas se le conoce como de cliente- servidor. Las capas operan independiente y por lo tanto permiten definir su operación como tales, sin afectar los otros niveles desde el punto de vista de diseño. Dentro de este modelo existen tres tipos de capas:

Capa de Circuito.

Es la portadora de los servicios a los usuarios a través de red telefónica, como transmisión de datos, enlaces de voz, líneas privadas, etc. Cuenta con un canal de datos para determinar la prioridad en la instalación y la remoción de los servicios. Permite el redireccionamiento del tráfico desde un circuito primario a uno de respaldo, cuando existen fallas en este.

Capa de trayecto.

Su función es soportar las diferentes redes de circuito, suministran el transporte entre los nodos de las redes de circuito. Esta provista de un identificador para determinar el tipo de carga que es transportada, así como el estado de los reportes de las señales de mantenimiento. El trayecto lo podemos definir como una conexión lógica entre el punto en el que una señal tributaria se ensambla en su contenedor virtual y el punto en el que se desensambla desde el contenedor virtual. Existen dos tipos de trayectos; los de orden superior e inferior.

Capa de transmisión.

Son las que suministran el medio de transmisión punto a punto entre los nodos de la capa de trayecto y son ejemplos de estas La fibra óptica, el satélite, etc.

Esta capa se divide en dos; La capa de medio físico y la capa de sección.

La capa de sección es la encargada de las funciones que permiten la transferencia de información entre dos nodos de una capa de trayecto (transporte del tráfico de la red y de los encabezados de circuito y de trayecto). Esta a su vez se divide en capa de sección de multiplexaje y capa de sección de regeneración.

- La capa de sección de multiplexaje se encarga de la transferencia de la información de extremo a extremo, entre puntos terminales o para su redireccionamiento.
- La capa de sección de regeneración lleva la transferencia de información entre regeneradores individuales, así como entre regeneradores y puntos terminales.

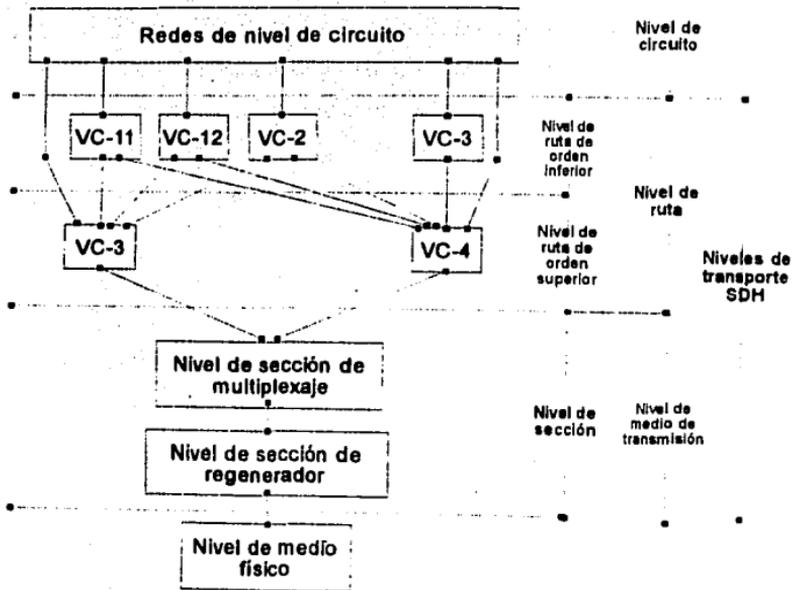


Figura 12 Modela funcional de capas.

4.5.2 ELEMENTOS DEL MODELO FUNCIONAL.

Los elementos de la red se definen de acuerdo a su función o a su relación entre otros elementos.

Una capa de red se distingue por su información característica. Las conexiones suministran los medios para la fiel transferencia de la información dentro de la capa. La función de adaptación sirve para adecuar la información característica de una capa cliente, a un formato para el transporte en una capa servidora. La adaptación puede tener la forma de una codificación o una conversión de velocidad. La función de terminación genera o termina los encabezados para cada capa. El trayecto es una conexión supervisada en los límites de la capa, para asegurar la validez y la calidad de este. El trayecto es un concepto genérico, que es equivalente a un circuito en la capa de circuito, a una sección en la capa de transmisión y a un trayecto en la capa de trayecto. La figura siguiente ilustra los elementos anteriores así como su relación

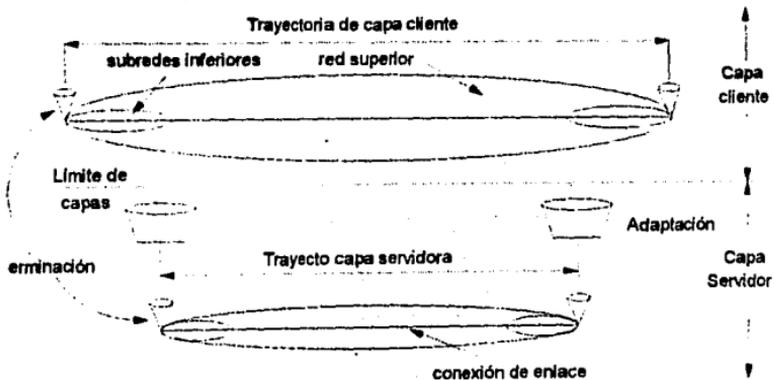


Figura 13 Elementos del modelo funcional.

4.6 CONFIGURACIÓN DE LA RED

4.6.1 DEFINICIONES

Antes o de plantear algunas aplicaciones de las configuraciones de la red es importante definir algunos conceptos.

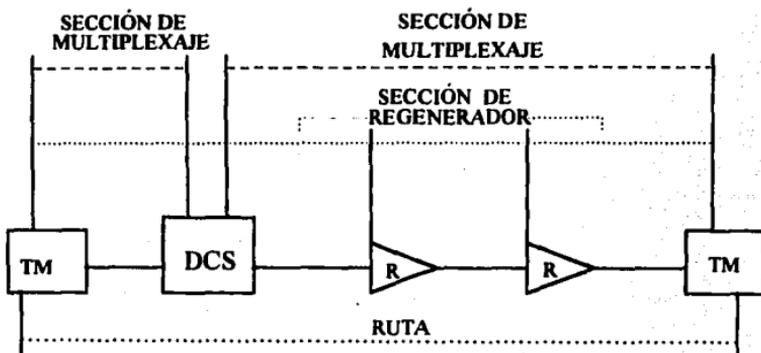


Figura 14 Segmentos de la red.

La señal STM define tres diferentes encabezados

- El encabezado de sección proporciona monitoreo entre dos elementos adyacentes, estén o no realizando funciones de conmutación.
- El encabezado de circuito proporciona monitoreo entre dos elementos cualesquiera que estén realizando funciones de conmutación.

c) El encabezado de trayecto proporciona el monitoreo entre cualquier elemento

PDH

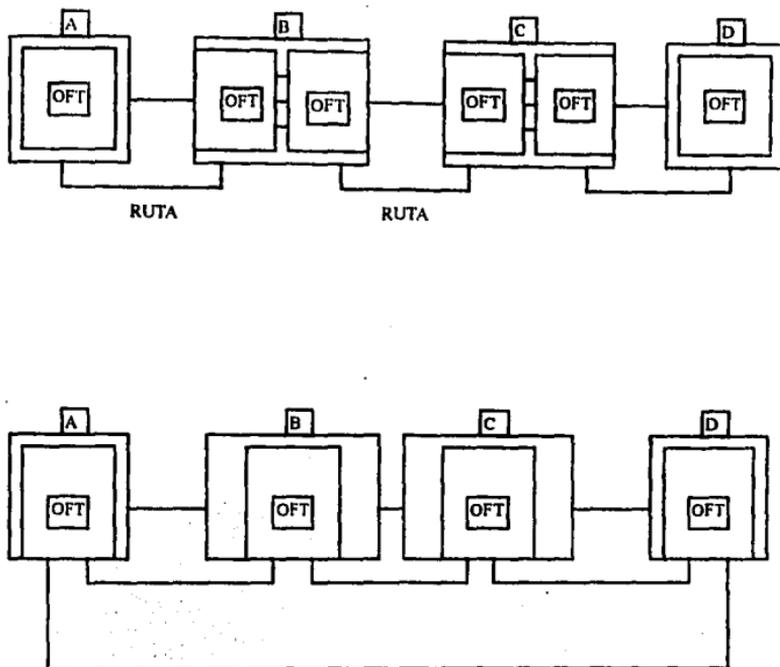


Figura 15 Encabezados de trayecto.

El desarrollo de SDH se inicia en un ambiente dominado por los multiplexores asíncronos, por lo cual es necesario un cambio gradual a través de una solución híbrida.

4.6.2 CONFIGURACIÓN PUNTO A PUNTO.

Es la configuración mas simple. Consiste por lo menos en dos elementos de red enlazados entre ellos. Para aplicaciones de larga distancias es necesario regeneradores ópticos.

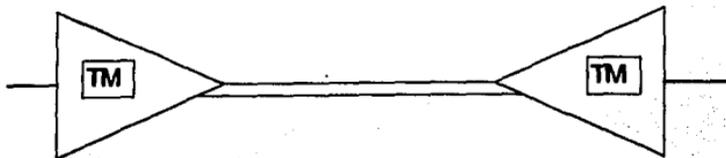


Figura 16 Configuración punto a punto.

4.6.3 CONFIGURACIÓN PUNTO MULTIPUNTO.

El hecho de colocar un multiplexor ADM a la configuración punto a punto nos permite grandes ventajas por los encabezado de la trama, que nos permiten reconfiguraciones, así como insertar y extraer información de la trama sin necesidad de detener el flujo de la señal

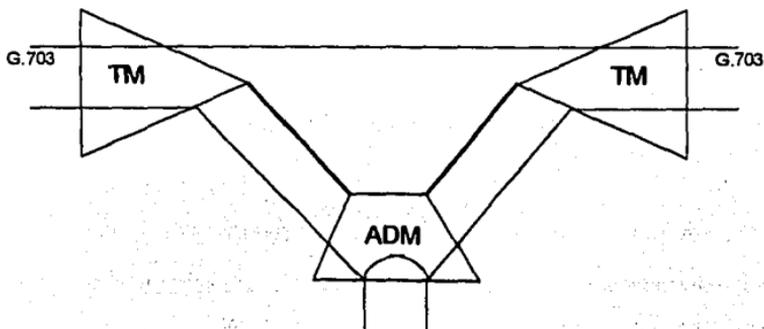


Figura 17 Configuración punto a multipunto.

4.8.4 CONFIGURACIÓN HUB

Es una configuración mas flexible para agregar el crecimiento inesperado y los cambios tecnológicos. Esto es debido a que concentra el tráfico a nivel central, permitiendo que el tráfico ligero fluya por la periferia, usando eficientemente las estructuras redundantes. Esta configuración puede ser definida, ya sea con una combinación de. ADM o DCS. Sin embargo una falla en el HUB podría tirar abajo todo el sistema.

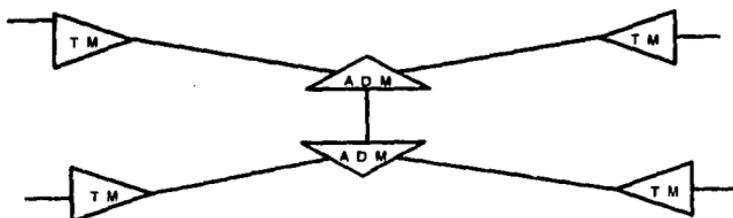


Figura 4.18a Configuración HUB tipo ADM

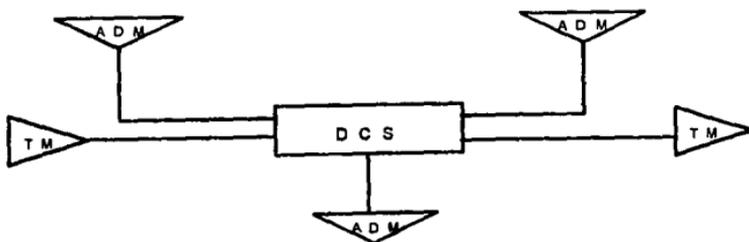


Figura 4.18b Configuración HUB tipo DCS

4.6.5 CONFIGURACIÓN DE ANILLO.

Es una de las configuraciones mas comunes dentro de SDH. La configuración en anillo nos permite una configuración de autocorrección y reenrutamiento, ya que si una sección se cae, el anillo sigue funcionando completamente porque la señal se envía en el sentido opuesto. Los elementos del anillo son multiplexores ADM, que le dan a la red una gran flexibilidad. Se maneja dos tipos:

Las Unidireccionales; (Path switched). Son las que envían una misma señal en dos direcciones diferentes por dos trayectos independientes, pero al mismo destino. Requiere de un ancho de banda dedicado. Este tipo es adecuado para soluciones a nivel local.

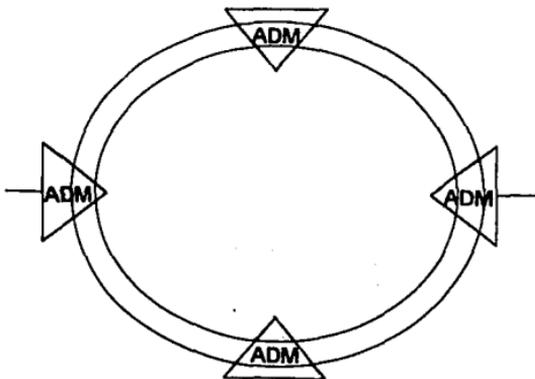
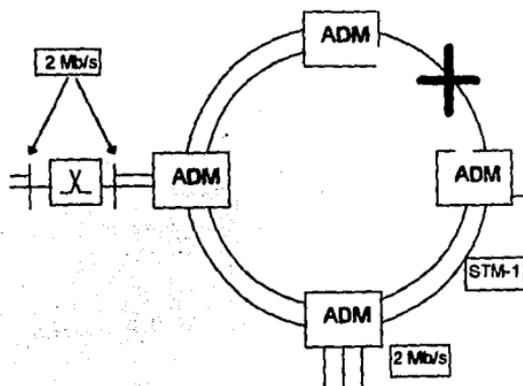


Figura 19 Configuración de anillo unidireccional.

Las Bidireccionales (Line Switched). Este tipo de configuración se basa en el reenrutamiento de las señales ópticas de una fibra a otra para proveer protección. Cuando una falla ocurre, se manda una señal de loop-back, donde la falla se elimina cambiando el tráfico de la señal en función a otra fibra por el canal de protección.



4.7 APLICACIONES

Las aplicaciones específicas en cada red variarán de acuerdo al grado de integración y desarrollo de la red existentes. Aquí presentamos algunos escenarios de posibles aplicaciones.

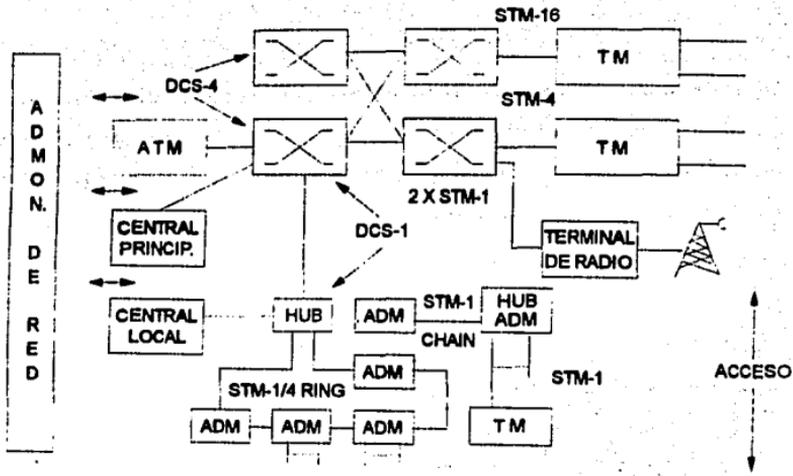


Figura 21 Red SDH.

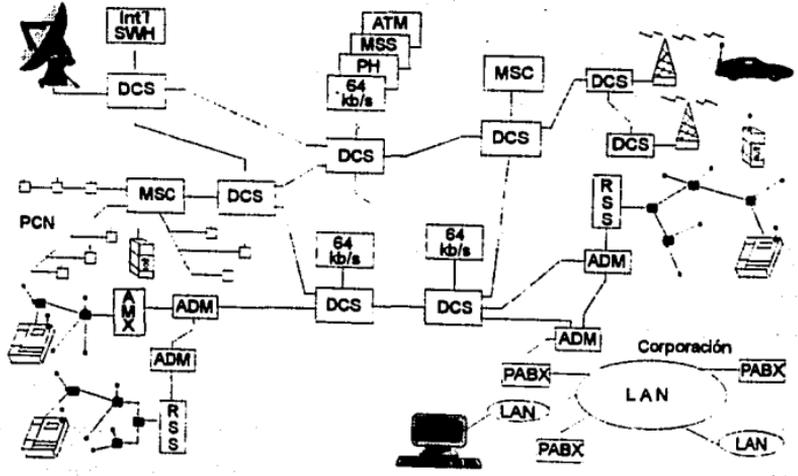


Figura 22 Red general de telecomunicaciones.

5. SINCRONIZACIÓN DE LA RED

Entiéndase por sincronización de la red aquellas medidas que desean originar y mantener una velocidad de bits común para todas las centrales digitales y evitar que los deslizamientos (slip), deterioren la calidad de la transmisión fuera de los límites aceptados.

Para poder entender este problema podríamos analizar el trayecto típico de un mensaje a través de la red digital (ver figura 5.1).

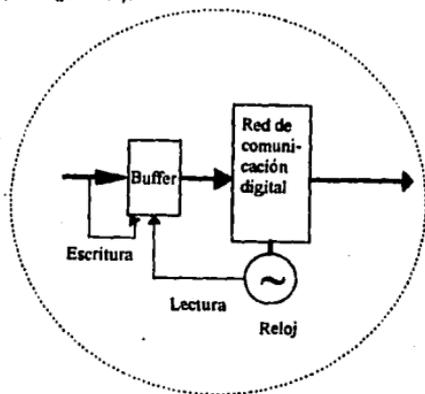


Figura 5.1 Trayectoria de un mensaje de la red

La central digital es una fuente de información, esta inserta al sistema de mensajes en forma de pulsos eléctricos espaciados uniformemente, bits. El mensaje se envía a través del sistema de transmisión y es ocasionalmente conmutado hacia una nueva ruta, a fin de llegar al abonado. En la central los bits se reciben con su propia velocidad y se guardan en el buffer. La conmutación de los bits almacenados en el buffer se lleva a cabo con una frecuencia determinada por el reloj de la central.

Esto nos dice que la velocidad de bits de entrada tendría que ser igual a la velocidad de la central de lo contrario habría una distorsión en los siguientes casos:

- a) Cuando la velocidad de entrada es mayor que la de salida, los bits almacenados en el buffer no serán conmutados
- b) Cuando la velocidad de entrada es menor que la de salida, los bits almacenados en buffer serán conmutados dos veces.

Estas distorsiones reciben el nombre de deslizamientos (ver figura 5.2).

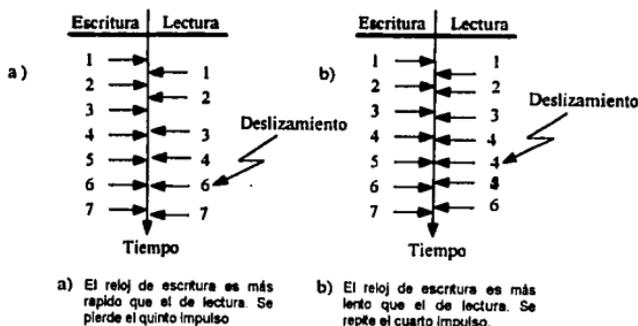


Figura 5.2. Mecanismo de deslizamiento. Dos relojes con frecuencias ligeramente diferentes.

Las consecuencias en los flujos de bits se experimentan de manera diferente en los distintos servicios de telecomunicación, una de las razones son las diferencias en la redundancia de codificación y en la velocidad de bits. A mayor redundancia, menor será el impacto, mientras mayor sea la velocidad del bits, mayor será el impacto.

5.1 CAUSAS QUE OCASIONAN UN DESLIZAMIENTO.

Si existen relojes completamente estables, que están ajustados inicialmente a la misma frecuencia y conectados por una vía de transmisión ideal, deberían trabajar indefinidamente sin ningún deslizamiento pero debido a las limitaciones de las redes, que sin compensarlas originan deslizamientos, como son:

- a) Relojes imperfectos. La exactitud y estabilidad limitadas tienen un aumento de diferencia de fase que produce a la larga un deslizamiento.
- b) Variación de la demora de transmisión. Debido a cambios de la temperatura ambiente, las características de propagación de los medios de transmisión serán afectadas, el aumento de temperatura extiende el cable eléctricamente. Como un resultado de la demora creciente, las diferencias de fase en ambos extremos de la vía de transmisión, crecerán simultáneamente y si son bastante grandes, causa que ambos Bufares se vacíen produciendo un deslizamiento, aunque no exista ninguna diferencia en las salidas del reloj. También se encuentran variaciones de demora de transmisión cuando se emplea un satélite, puesto que la excentricidad orbital y la desviación de la posición ideal, introduce cambios de la longitud de día.
- c) Fluctuación. (Jitter) Las variaciones no deseadas en los tiempos de llegada de Bits al terminal de central se llama fluctuación, que es causada por órganos en el eslabón de transmisión, por ejemplo repetidores equipo de justificación de múltiplex digital.

5.2 MÉTODOS DE SINCRONIZACIÓN DE LA RED.

5.2.RED PLESIÓCRONA.

En esta, los relojes que controlan las centrales son independientes entre sí, por lo que la exactitud de su frecuencia se debe mantener en límites específicos muy estrechos. La independencia de los relojes en la operación da lugar al deslizamiento como resultado de la exactitud limitada de los relojes. Dependiendo de los requerimientos de servicio, se determina la velocidad del deslizamiento que se puede tolerar.

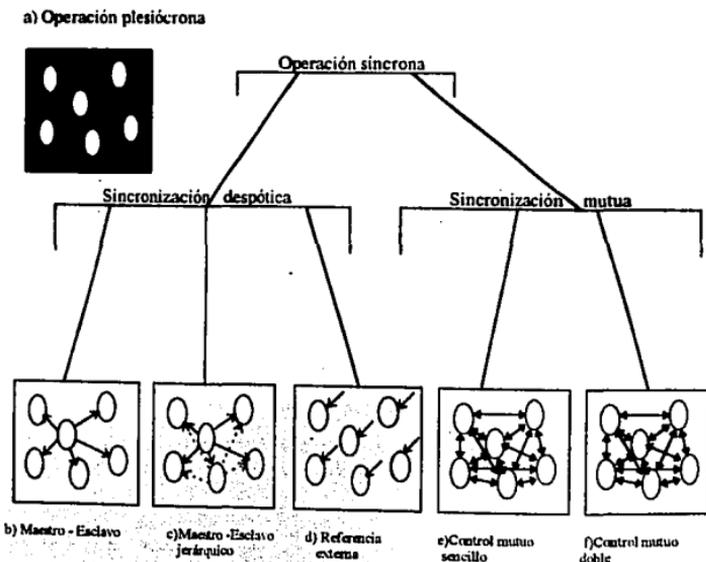


Figura 5.3 Conceptos de sincronización de la red

5.2.2 RED SÍNCRONA.

Los relojes son controlados para correr idealmente a velocidades idénticas, o a la velocidad promedio con un límite de desplazamiento relativo. El objetivo de esta red es evitar los deslizamientos al usar algún método de control de frecuencia o fase a través de la red digital

Los principales métodos de control son:

Sincronización despótica

Cuando existe un único reloj con control sobre todos los demás relojes de la red.

a) Maestro - Esclavo. (Ver figura 5.3b)

Únicamente una de las centrales actúa como un reloj de transmisión independiente. Todas las demás centrales se conservan en sincronía mediante técnicas de sujeción de fase a la central maestra.

El método de sujeción de fase se emplea para forzar a la diferencia de fase entre el reloj principal y el reloj esclavo a que permanezcan constante o que disminuya a cero. En las terminales esclavas se usa buffers elásticos en los que se almacena la información de las diferencias instantáneas de fase respecto al maestro. Esta información se usan para controlar un circuito de sujeción de fase, que ajusta de forma apropiada la frecuencia del reloj esclavo.

b) Maestro - Esclavo Jerárquico. (Ver figura 5.3c)

En este método se les asigna a las centrales niveles jerárquicos para el control de la sincronización, el reloj maestro se le asigna a una sola central digital de orden jerárquico mayor. La pérdida del reloj maestro ocasiona automáticamente el cambio al reloj de nivel secundario y así sucesivamente. Este método se usa en redes de malla.

c) Referencia Externa. (Ver figura 5.3.d)

En este método se utiliza una referencia de frecuencia externa, existen varias fuentes para la distribución precisa entre tiempo y frecuencia, que usan medios tales como radio, cable, etc.

Sincronización mutua

Todas las centrales se encuentran interconectadas evitando así el reloj maestro. Ésto se logra al forzar a los relojes a ser interdependientes para obtener un sistema común de frecuencia, cada reloj se fija al promedio de las entradas provenientes de los demás relojes. Si cada central opera de esta manera todas tendrán que operar a la misma velocidad.

a) Control mutuo sencillo. (Ver figura 5.3.e)

La entrada al circuito que controla el reloj de la central se compone por la media de las desviaciones permanentes y todos los relojes centrales. Un problema de este método consiste en su incapacidad para solucionar los defectos de demora de transmisión por cambios de temperatura.

b) Control mutuo doble. (Ver figura 5.3.f)

La entrada al circuito de control esta constituida por la diferencia entre la información y la desviación de fase media en todos los nodos. Con este método la red no sufre de deslizamientos por los cambios de temperatura ambiente.

El método maestro - esclavo es fácil de introducir y no tiene problemas de estabilidad. Sin embargo implica peligros para la exactitud, ya que depende de un reloj principal único, por lo tanto los relojes en las centrales subordinadas han de tener una estabilidad relativamente alta de forma que el sistema pueda subsistir. La técnica de maestro - esclavo es atractivo en sistemas con pocas vías alternativas, una red en estrella.

El método maestro - esclavo jerárquico tiene más exactitud, es menos sensible a las fallas de eslabones y es adecuado para cualquier tipo de red.

El método de referencia externa comparado con los anteriores es más fácil de introducirse y puede aprovecharse de algún standard de frecuencia precisa ya existente, su exactitud es un gran problema. Este método necesita de receptores relativamente costosos en cada central, y para obtener alta precisión de frecuencia.

El control mutuo sencillo es apropiado en una red con estructura arbitraria. La exactitud está muy perfeccionada pero la estabilidad del reloj puede ser más baja que en los métodos anteriores. Por otra parte surge un problema de estabilidad del sistema, también aumenta la complejidad y la frecuencia del sistema se hace dependiente de los cambios de temperatura.

El control mutuo doble mejora aun más el sistema de sincronización, haciéndolo independiente de las variaciones de demora. Ésto se logra con una mayor complejidad y un equipo adicional.

5.3 ORGANIZACIÓN DE LAS REDES DIGITALES

En las redes digitales internacionales será necesario interconectar redes nacionales diferentes. Éstas pueden ser de las formas siguientes:

- a) Red totalmente sincronizada por un solo reloj de referencia.
- b) un conjunto de redes secundarias sincronizadas en que cada una de ellas está constituida por un reloj de referencia, pero su interfuncionamiento es plesiócrono;
- c) una red totalmente sincronizada con dos o más relojes de referencia que están sincronizados mutuamente por enlaces nacionales;

d) una red nacional totalmente plesiócrona

Todos los enlaces internacionales terminarán en equipos de alineación, dentro de los cuales se producirán los deslizamientos.

La red plesiócrona internacional debe organizarse de manera que la tasa teórica de deslizamientos (en condiciones ideales) en cualquier canal a 64 kbits/s no sea superior a uno cada 70 días por cada enlace internacional digital. Los equipos de alineación podrán adoptar la forma de alineadores de trama, realizados como unidades periféricas de las centrales, e introducirán deslizamientos de una trama, o podrán formar parte integrante de la estructura de conmutación, e introducir deslizamientos de un octeto.

Cuando una red nacional o una red secundaria nacional está controlada por un solo reloj de referencia, la frecuencia de éste no debe ser afectada por las señales de control generadas dentro de la red nacional o la red secundaria nacional.

Cuando en una red nacional haya más de un reloj de referencia y éstos estén mutuamente sincronizados, las frecuencias de los relojes, las señales de control procedentes de enlaces de sincronización mutua, no serán afectadas por las señales de control generadas en una red nacional considerada. Además una perturbación introducida por enlaces de sincronización mutua no tendrá como consecuencia la inexactitud de la frecuencia de reloj de referencia exceda los valores recomendados.

Cuando una red nacional es totalmente plesiócrona, cada reloj nacional que controla un nodo de la red que interviene en una red internacional debe cumplir con lo estipulado en el punto de especificación de la salida de un nodo de red con un reloj de referencia.

La inexactitud de la frecuencia a largo plazo de todos los relojes que controlan nodos de red con enlaces internacionales no será superior a 1×10^{-11} . Estos relojes serán de gran confiabilidad y probablemente comprendan equipo duplicado, a fin de asegurar la continuidad del funcionamiento. Sin embargo, toda discontinuidad de fase debida a operaciones internas del reloj o cualquier otra causa, no deberá producir más que un alargamiento o acortamiento de la anchura del impulso de la señal de temporización, y no causará una discontinuidad superior a $1/8$ del intervalo unitario en el tren digital de salida del nodo de la red. Un nodo de red puede incluir una central digital, un multiplex digital síncrono u otros equipos síncronos.

5.4 INTERACCIONES ENTRE EL FUNCIONAMIENTO PLESIÓCRONO Y EL SÍNCRONO.

Es importante que las recomendaciones en relación al funcionamiento plesiócrono no excluyan la posibilidad de introducir más adelante la sincronización. Los sistemas de sincronización requerirán ajustes de frecuencias de los relojes a fin de que la frecuencia a largo plazo de cada reloj sea la misma. Deberá permitirse que cuando los relojes funcionen plesiócronamente se produzcan desviaciones a corto plazo superiores a 1×10^{-11} . Deben limitarse estas desviaciones para que no se presenten dificultades en el diseño de un sistema de sincronización.

En cierto período de tiempo habrá en la red internacional enlaces plesiócronicos y síncronos, y, por consiguiente, será necesario que las centrales proporcionen terminaciones para ambos tipos de enlaces. Por esta razón, es importante que las señales de control de sincronización no provoquen desviaciones a corto plazo en la exactitud de los relojes, la cual es inadmisibles en funcionamiento plesiócrono.

5.5 ESPECIFICACIÓN DE LA SALIDA DE UN NODO DE RED CON UN RELOJ DE REFERENCIA.

El error de intervalo de tiempo TIE (ver figura 5.4 y 5.5), está basada en la variación ΔT , del retardo de una señal de sincronización dada con respecto a una señal de sincronización ideal. El TIE en un período de S segundos se define como la diferencia entre los valores de retardo medidos al final y al principio de dicho período.

$$\text{TIE}(t) = \Delta T(t+S) - \Delta T(t).$$

- a) $(100 S) \text{ ns} + 1 / 8$ del intervalo unitario (IU); esto es aplicable a valores menores de 5; La incertidumbre de frecuencia, $\Delta f / f$, es el TIE dividido por la duración del período (S segundos).

El TIE en un período de S segundos no excederá los siguientes límites:

Podrá rebasarse esos límites en casos excepcionales de pruebas internas o en operaciones de reconfiguración que deban hacerse en la central, debiendo respetarse entonces las condiciones siguientes:

El TIE no deberá rebasar $1 / 8$ de IU durante todo período de 2^{11} IU; en el caso de períodos superiores de 2^{11} IU, la variación de fase para cada intervalo de 2^{11} IU no deberá rebasar $1 / 8$ de IU hasta un total máximo de TIE de 500 ns.

- b) $(5 S + 500) \text{ ns}$; aplicable a los valores S superiores a 400.
c) $(10^{-2} + 2500) \text{ ns}$; aplicable a valores de S superiores a 400.

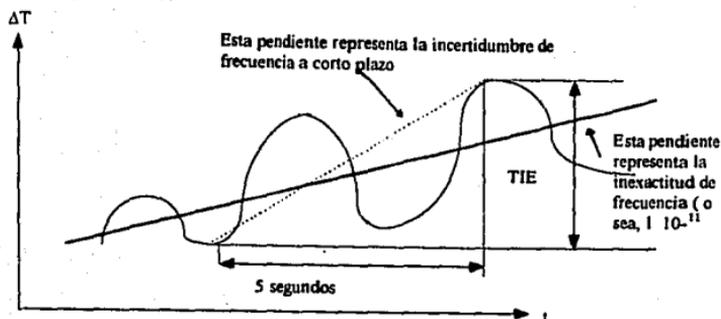
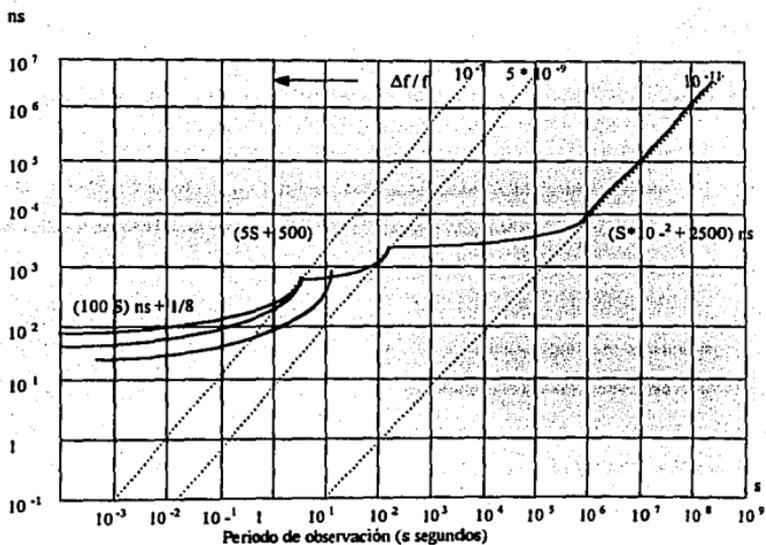


Figura 5.4 Definición del error de intervalo de tiempo



- a: para 1544 kbit / s
- b: para 2048 kbit / s
- c: para 8448 kbit / s

Figura 5.5 Error de intervalo de tiempo (EIT) admisible en función del periodo de observación

5.6 ESPECIFICACIÓN DE SALIDA DE UN NODO DE RED CON UN RELOJ QUE NO ES DE REFERENCIA.

Lo siguiente se aplica a la señal digital de salida de cualquier nodo internacional, independientemente del sistema de sincronización internacional.

El TIE corresponde a los períodos especificados en los puntos anteriores a y b no deberá rebasar los límites indicados en esos puntos, en el caso del período especificado en el inciso c, el término constante que sustituya al de 2500 ns está en estudio.

El límite de los períodos del inciso b y c anteriores se definirá una vez determinado el término constante.

5.7 CARACTERÍSTICAS DE RELOJES.

Un reloj se define como una fuente de frecuencias conectada a un divisor o contador. El reloj proporciona una base de tiempos para controlar la temporización de la red de conmutación de la central digital.

Los parámetros más importantes para las características de funcionamiento de los relojes son exactitud, estabilidad y confiabilidad.

- a) Exactitud. (Accuracy A) Es el grado en que la frecuencia de un reloj corresponde a frecuencia de un standard (ver figura 5.6).
- b) Estabilidad. (S) Es el grado en que un reloj dará la misma frecuencia durante un período de tiempo. Es importante diferenciar la estabilidad a corto plazo y estabilidad a largo plazo, la primera es la variación al azar de la frecuencia y la segunda es el cambio sistemático de la

frecuencia. Por ejemplo si una central digital que opera con PCM a 100 Mbit/s, la sincronización debe ser considerablemente menor al 50% del periodo del 1 bit o $0,5[1/(100 \times 10^6)]$ o 0.005 seg. o estabilidad de reloj igual a 5×10^{-9} por día.

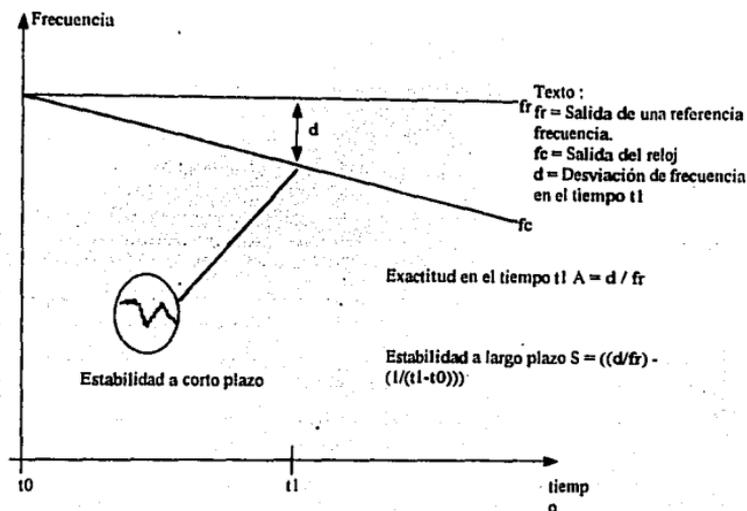


Figura 5.6 Definición de exactitud y estabilidad de un reloj con desviación de frecuencia negativa constante

- c) Confiabilidad de los relojes. Los fallos que degradan las frecuencias de referencia o imposibilitan su aplicación a una red producen aumentos en las tasas de deslizamiento en la frontera de la red y pueden causar deslizamientos en la propia red. Las siguientes tolerancias se aplican a aquellos relojes o conjunto de relojes, ubicadas o no en el mismo punto, que controlan la frecuencia de una red nacional o de una red secundaria nacional.

Imposibilidad y degradación de los relojes de referencia (ver tabla 5.1)

Nivel de calidad	Inexactitud del reloj de referencia	Proporción de tiempo máxima permitida para la degradación con relación al tiempo total
(a)	$10^{-11} < Df/f < 2 \times 10^{-8}$	$< 10^{-6}$
(b)	$2 \times 10^{-8} < Df/f < 10^{-7}$	$< 10^{-6}$
(c)	$ Df/f > 10^{-7}$	$< 10^{-7}$

Tabla 5.1 Imposibilidad y degradación de referencia

Imposibilidad y degradación de relojes que no son de referencia (ver tabla 2)

Nivel de calidad	Inexactitud máxima del reloj de nodo de la red de local	Inexactitud máxima del reloj de nodo de la red de enlaces	Proporción de tiempo máxima permitida para la degradación, con relación al tiempo total	
Nominal	Ver inciso 5.5	Ver inciso 5.5	> 99.99 %	> 99.945 %
(a)	$10^{-11} < Df/f < 10^{-8}$	$10^{-11} < Df/f < 2.0 \times 10^{-8}$	< 1%	< 0.05 %
(b)	$10^{-8} < Df/f < 10^{-6}$	$2.0 \times 10^{-8} < Df/f < 5.0 \times 10^{-7}$	< 0.1 %	< 0.005 %
(c)	$ Df/f > 10^{-6}$	$ Df/f > 5.0 \times 10^{-7}$	< 0.01 %	< 0.0005 %

Tabla 2 Imposibilidad y degradación de los relojes que no son de referencia

5.8 TIPOS DE RELOJES.

Se utilizan fuentes atómicas y cristales de cuarzo como generadores de frecuencia en los relojes. Entre estos dos tipos hay diferencias fundamentales. En contraste con las fuentes atómicas, la frecuencia de los relojes de cristal es incierta. Afortunadamente, puesto que el

cambio de frecuencia de los relojes de cristal (principalmente debido al envejecimiento) es muy estable y su comportamiento se puede pronosticar con seguridad, tales pronósticos se pueden usar para reajustar la frecuencia precisa.

Entre los relojes atómicos tenemos dos tipos:

- a) Standard de Cesio (reloj-Cs).
- b) Células de rubidio (reloj-Rb).

Los relojes de Cesio generalmente tienen estabilidad a corto plazo limitada. Los relojes de Cesio típicos son menos estables que los de Rubidio en intervalos de tiempo menores a unos cuantos cientos de segundo. Sin embargo el oscilador de haz de Cesio tiene una estabilidad de largo plazo muy alta. No se han detectado cambios de frecuencia en relojes que se han usado por dos años o más comparado con relojes manufacturados recientemente donde la resolución de las mediciones es de 3×10^{-12} .

Los relojes de Rubidio tienen más ventajas en términos de costo y tamaño que los relojes de Cesio. Sin embargo, la estabilidad a largo plazo es 10 veces menor que los relojes de Cesio, típicamente es de 5×10^{-11} (ver figura 5.7).

Los cristales de cuarzo son la principal fuente de potencia para muchas aplicaciones. Son los más simples confiables y económicos de las fuentes disponibles. Aun cuando su estabilidad a largo plazo es mucho menor a la de los relojes atómicos (15×10^{-9} en dos días), la ventaja que presenta es que son predecibles y tienen un comportamiento uniforme, además de una gran estabilidad a corto plazo, sin embargo la característica que hace al reloj de cristal de cuarzo tan popular es la posibilidad de controlar continuamente su frecuencia cambiando la tensión en la corriente que fluye a través del cristal (oscilador de cristal controlado por voltaje VCXO, además existen varios métodos para controlar automáticamente la frecuencia del reloj para así controlar la estabilidad a largo plazo).

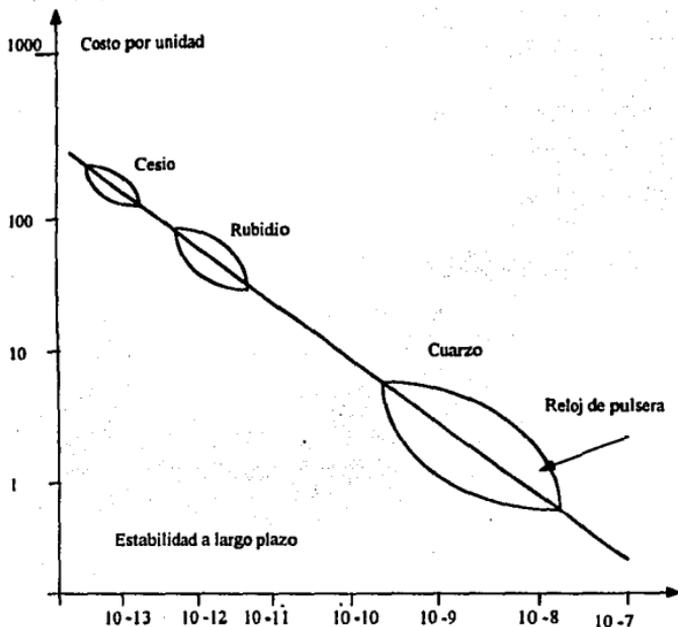


Figura 5.7 Costos en relación a la estabilidad a largo plazo de una unidad de reloj simple

Para poder elegir correctamente el tipo de reloj no solo tendríamos que elegir la estabilidad a largo plazo sino tendríamos que tomar en cuenta también el costo inicial, la relación entre costo y estabilidad a largo plazo, la exactitud. La confiabilidad es otra característica del reloj. En la siguiente tabla podemos ver una comparación entre nuestros tres tipos de relojes, los números en la tabla, usando el reloj de Cesio como referencia representan valores en una escala como máximo de diez

5.9 TIPOS DE EQUIPOS DE ALINEACIÓN

Los dos tipos de equipos de alineación son adecuados para la terminación de secciones digitales internacionales:

- a) Alineador de trama realizado como unidad periférica.
- b) Alineador de intervalo de tiempo que forma parte integrante del conmutador.

Cuando se utilice un alineador de trama, un deslizamiento consistirá en la inserción o supresión de un conjunto de dígitos consecutivos equivalentes a una trama. En el caso de estructuras de trama el deslizamiento puede ser de una trama completa. Es importante que los retardos máximo y mínimo introducidos por el alineador de trama sean lo más reducido posible, a fin de que los tiempos de transferencia a través de la central sea mínima. También es importante que el alineador de trama, después de haber producido un deslizamiento, pueda funcionar debidamente en presencia de variaciones del tiempo de llegada de las señales de alineación de trama de duración próxima a la de una trama, sin que se produzca un nuevo deslizamiento. Deberá cumplirse la condición de que no se produzca más de un deslizamiento en 70 días, por cada central, en cualquier canal de 64 Kbit / s.

Cuando se utilice un alineador de intervalo de tiempo, un deslizamiento consistirá en la inserción o supresión de 8 dígitos de un intervalo de tiempo de canal en uno o más canales a 64 Kbit / s. Como los deslizamientos pueden producirse en canales diferentes, en instantes diferentes serán necesarias disposiciones de control especiales dentro del conmutador si se pretende que en los servicios de intervalos de tiempo múltiples se mantenga la integridad de la secuencia. Será necesario que las disposiciones de control puedan tratar de fluctuación de fase de las señales de entrada debida a las variaciones de fase del reloj, de manera que no se produzca más de un deslizamiento en 70 días por cada central.

5.10 ARQUITECTURA DE LA RED DE SINCRONIZACIÓN

El principio de conmutación en las centrales digitales requiere que todos los conmutadores de la red funcionen sincronizados. Esto implica que cada nodo reciba su referencia de sincronización de una única fuente. En la práctica todos los operadores importantes proporcionan su propia fuente de referencia primaria (PRS) y una red síncrona de relojes esclavos utilizados para sincronizar centrales de conmutación individuales. La información de la referencia de sincronización se distribuye en esta red principalmente mediante señales primarias PDH.

La red de distribución de la velocidad primaria origina alguna degradación en la información de fase de la referencia de sincronización debido a la justificación. Se denomina fluctuación de fase y sucede principalmente a altas frecuencias, pudiéndose filtrar fácilmente en los nodos de sincronización, siendo absorbidos finalmente en el registro de la trama de los conmutadores.

5.11 TRANSFERENCIA DE INFORMACIÓN DE TEMPORIZACIÓN CON SDH

La red digital conmutada absorbe los efectos diferenciales de fase mediante una memoria elástica de desplazamiento. En funcionamiento normal los errores de fase se absorben completamente a costa de retardos significativos de la señal de tránsito. En modo degradado, donde dos partes de la red funcionan temporalmente en forma plesiocrona, se producirán desplazamientos con una velocidad que dependerá del desplazamiento de las frecuencias. En las fronteras entre operadores ocurren deslizamientos continuamente en funcionamiento normal pero con una tasa aceptablemente baja controlada por la especificación de la PRS. Nada de esto se ve afectado en ningún momento por la existencia de un elemento SDH en la red de transporte.

La técnica de memoria elástica se considera como un mecanismo para proporcionar en un modo de transporte la adecuada compensación de variaciones de fase de las señales incidentes.

El retardo sería excesivo y los deslizamientos generados en el modo degradado serían considerados inaceptables. El mecanismo de punteros SDH permite, sin embargo, que las variaciones de fase se pasen con un mínimo retardo aunque cuantificadas de forma más gruesa que con el mecanismo de relleno de bits en un modo de PDH.

La técnica de transporte SDH compensa las diferencias de fase entre las diferentes señales de entrada a un nodo mediante el ajuste de punteros que identifican una posición específica del área de carga útil de cada contenedor virtual (VC). La referencia de trama de todos los canales se codifica en formato del encabezado de sección y los punteros de las unidades administrativas (AU) representan el deslizamiento de la trama de cada VC de orden superior desde su referencia de la capa de sección. Mediante esta técnica, la carga útil de los VC pueden flotar dentro de la trama fija del encabezado de sección.

Estos ajustes se justifican en pasos de uno a tres objetos y aparecen normalmente como hechos aislados. El ruido producido por cuantificación de fase es mayor que el producido por el relleno de bits, debido a que el intervalo es mayor. En segundo lugar, el tránsito de fase debido al ajuste de un único puntero, contiene un componente de baja frecuencia importante, mientras que la codificación diferencial implícita del canal de justificación PDH transfiere potencia a frecuencias más altas. Este ruido de fase inducido del puntero contiene una componente significativa en baja frecuencia (abajo de un hertz) que no se puede filtrar fácilmente. Para evitar que se acumule dicho ruido de fase en los ajustes de los punteros se incorpora histéresis al procesador del puntero de modo que se evite el ruido inducido por la oscilación alrededor de un único umbral.

El reloj de sincronización controla la salida del módulo de transmisión síncrona de orden uno (STM-1). La sección ampliada representa uno de los tres pequeños registros de datos en los procesadores de los punteros. Los ajustes de punteros tanto positivos como negativos, se deben a la diferencia en la frecuencia del reloj de la sincronía, al ruido de fase a corto plazo y a los relojes externos de sincronía.

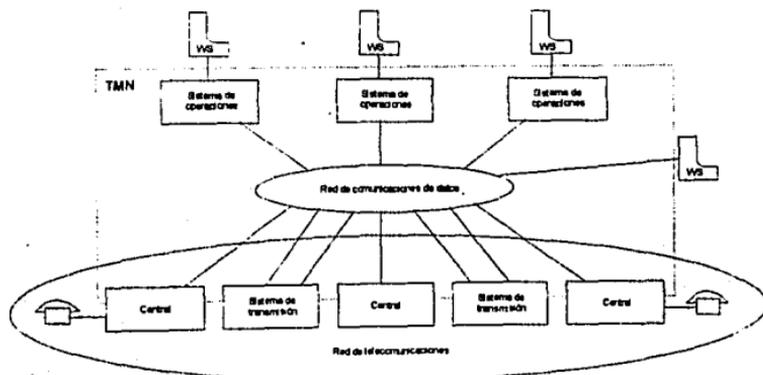
El procesador de punteros es sensible a la degradación de la estabilidad a corto plazo. De aquí que para minimizar el nivel de actividad del puntero se haga necesario el proporcionar relojes de nodos que tengan una estabilidad de fase alta a corto plazo. Los filtros de relojes en las redes síncronas existentes, especificadas de acuerdo con los registros de los conmutadores digitales, no proporcionarán necesariamente tal estabilidad de fase. El ruido de fase de mayor interés para los operadores de redes SDH está en el margen de observación de unos 1000 segundos.

5.12 DISTRIBUCIÓN DE LA REFERENCIA DE SINCRONIZACIÓN EN UNA RED SDH

En SDH se proporcionan enlaces para distribución de sincronización como un servicio de la capa de sección. En otras palabras el canal implícito de temporización codificado en la señal de línea STM-N se utiliza en virtud del proceso de aleatorización para transportar la referencia en tumo al maestro y sus esclavos. La capa de distribución de sincronismo en un escenario de transporte híbrido utilizará típicamente enlaces SDH y enlaces primarios PDH. Cuando éste último se utiliza para sincronización, hay que evitar el enrutamiento sobre trayectos SDH para minimizar la distorsión de fase de baja frecuencia.

6. ADMINISTRACIÓN DE LA RED DE TELECOMUNICACIONES

El objetivo de la administración de red es dar soporte a las Compañías Telefónicas para la administración de su red de telecomunicaciones. Asimismo ofrece comunicaciones entre ella y la red de telecomunicaciones no importando la diversidad de equipos (tanto analógicos como digitales). Consiste por lo tanto en proporcionar una estructura de red organizada para conseguir la interconexión de varios tipos de sistema operativo (OS) y de equipos de telecomunicaciones que utilicen una arquitectura aceptada con interfaces y protocolos normalizados, con esto se proporcionará a las Compañías de redes de comunicación y a los fabricantes de equipos de telecomunicaciones un conjunto de normas para el desarrollo de equipos y diseño de la administración de la red para las redes modernas de telecomunicación. La administración de la red es independiente aunque presenta interfaces con la red de telecomunicación en diferentes puntos, para recibir información de ella, controlar sus operaciones y frecuentemente puede utilizar partes de la red de telecomunicaciones para establecer sus comunicaciones. (Figura 6.1)



S ... Estación de trabajo

Fig. 6.1 Relación general entre una TMN y una red de

6.1 DEFINICIONES DE LA ARQUITECTURA FÍSICA

La figura 6.2 muestra una arquitectura física generalizada para la TMN (red de administración de telecomunicaciones.)

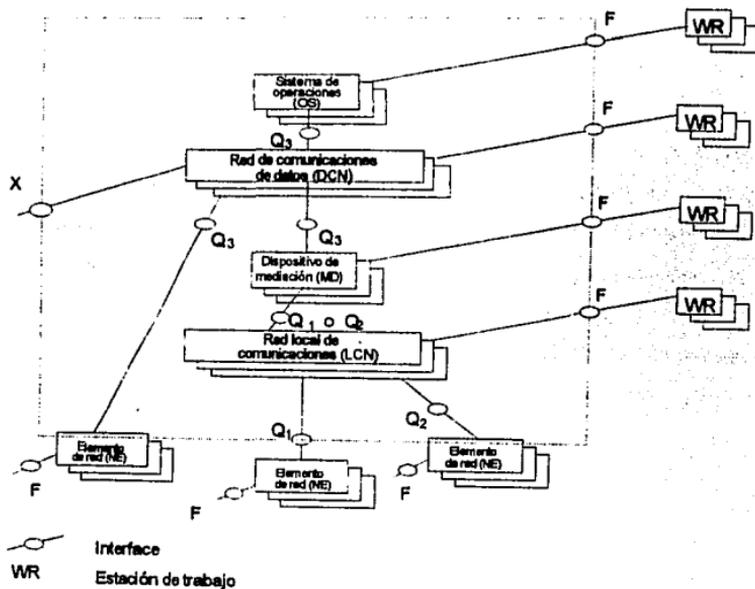


Figura 6.2 Arquitectura física generalizada para una red de administración de telecomunicaciones

6.1.1 ELEMENTO DE RED.(NE)

Entidad física independiente que sustenta al menos las funciones de elemento de red (NEF) y que puede sustentar también las función de sistema operativo/ función de mediación

MF/OSF. Contendrá objetos administrados, una función de comunicación de mensajes(MCF) y una FSG.

6.1.2 CANAL DE COMUNICACIÓN DE DATOS (DCC)

Dentro de una señal STM-N (módulo de transmisión síncrona de orden n) hay dos canales DCC, que comprenden los bytes D1 a D3 dando un canal de 192 Kbit/s; y los bytes D4 a D12, dando un canal de 576 Kbit/s. D1 a D3 (canal de comunicación de datos de regeneración DCC_R) son accesibles por todos los NE de la SDH(jerarquía digital síncrona), mientras que D4 a D12 (canal de comunicación de datos de multiplexaje DCC_M), que no forman parte del encabezado de sección de regenerador, no son accesibles en los regeneradores. D1 a D3 están atribuidos para uso de los NE de la jerarquía digital síncrona (SDH).

El canal D4 a D12 puede utilizarse como canal de comunicación de amplia área y aplicación general para sustentar la TMN, incluidas aplicaciones ajenas a la SDH. Esto incluirá tanto comunicación entre OS y comunicación entre un OS y un NE (incluidos elementos de red de la SDH. Las aplicaciones del canal D4 al D12 requieren estudio de las aplicaciones TMN generales y de las aplicaciones de administración de NE de la SDH.

6.1.3 CANAL INTNETALADO DE CONTROL (CIC)

Un CIC proporciona un canal de operaciones lógico entre NE de la SDH utilizando un canal de comunicaciones de datos (DCC) como capa física del mismo.

6.1.4 RED DE ADMINISTRACIÓN SDH (SMN)

Una red de administración de la SDH es un subconjunto de una TMN, responsable de administrar NE de la SDH. Una TMN puede subdividirse en un conjunto de subredes de administración de la SDH.

6.1.5 SUBRED DE ADMINISTRACIÓN SDH (SN-SMN)

Una subred de administración de la SDH (SN-SMN) consta de un conjunto de CIC de la SDH separados en los correspondiente enlaces de comunicación de datos que han sido interconectados para formar una red de control de comunicaciones de datos de operaciones dentro de cualquier topología de transporte dada de la SDH. Una SN-SMN representa una porción de red de comunicación local (LCN) específica de la SDH de una red de datos de operaciones global del operador de red o de la TMN.

6.1.6 ADMINISTRADOR.

Parte de función aplicación de administración (MAF) capaz de generar operaciones de administración de red (es decir, recuperar registros de alarma, administrador, mientras que los sistemas operativos/dispositivos de mediación (MD/OS) de la SDH deben incluir al menos un administrador.

6.1.7 AGENTE

Parte de la MAF capaz de responder a operación de administración de red generadas por un gestor, y que puede llevar a cabo operaciones sobre los objetos administrados produciendo

eventos en nombre de los objetos administrados. Los objetos administrados pueden residir dentro de la identidad o en otro sistema abierto. Los objetos administrados pertenecientes a otros sistemas abiertos son controlados por un agente distante a través de un administrador local. Todos los NE de la SDH deben sustentar un proceso agente. Algunos NE de la SDH suministrarán administrador y agentes (administrados). Algunos NE (por ejemplo, regenerados) solo sustentarán un agente.

6.1.8 OBJETO ADMINISTRADO (MO).

Aspecto de administración de un recurso dentro de un entorno de telecomunicación que puede ser administrado a través del agente: Ejemplos de objetos administrados de la SDH son: equipo, puerto receptor, puerto transmisor, fuente de alimentación, tarjeta enchufable, contenedor virtual, sección múltiplex y sección de regeneración.

6.1.9 CLASE DE OBJETO ADMINISTRADO (COG)

Familia identificada de objetos administrados que comparten las mismas características, es decir, equipo que puede compartir las mismas características como la tarjeta enchufable.

6.1.10 SISTEMA OPERATIVO/DISPOSITIVO DE MEDIACIÓN (OS/MD)

Entidad física independiente que sustenta las MF/OSF pero no las NEF. Contendrá una función de comunicación de mensajes (MCF) y una MAF.

6.1.11 ESTACIÓN DE TRABAJO (WS)

Sistema autónomo que realiza las funciones de estación de trabajo

6.1.12 RED DE COMUNICACIÓN DE DATOS (DCN).

Es una red interna de comunicaciones de una TMN que soporta las funciones de comunicación de datos (DCF) normalmente en el punto de referencia q_3

6.1.13 RED LOCAL DE COMUNICACIONES (LCN).

Es una red de comunicación interna de una TMN que soporta las DCF normalmente en los puntos de referencia q_1 q_2 .

6.2 FUNCIONES DE LA ADMINISTRACIÓN DE RED

Las funciones se pueden dividir en:

- a) Funciones generales
- b) Funciones de aplicación

6.2.1 FUNCIONES GENERALES.

Las funciones generales de TMN proporcionan el soporte para las funciones de aplicación de TMN, entre las cuales tenemos:

- El transporte, que garantiza el movimiento de información entre elementos de TMN ;
- el almacenamiento que mantiene la información durante períodos controlados de tiempo;
- la seguridad ,que garantiza el control de acceso para leer o modificar la información;
- la consulta, que proporciona el acceso a la información;
- el tratamiento , que permite el análisis y el manejo de la información ;
- el soporte de los terminales de usuario que garantizan la entrada y/o salida de información.

Función de comunicación de mensajes (MCF). La función de comunicaciones de mensajes proporciona facilidades para el transporte de mensajes de la TMN destinados a y procedentes de la MAF, así como facilidades para el tránsito de mensajes. La función de comunicaciones de mensajes no origina ni termina mensajes (en el sentido de las capas de protocolos superiores).

Función del sistema operativo o función de mediación (MF/OSF). Entidad de la red de administración de telecomunicaciones TMN que procesa información de administración para supervisar y controlar la red de la SDH. En la subporción de SDH de la TMN, no se hace distinción entre la función del sistema operativo y la función de mediación, al ser esta entidad un subsistema de administración que contiene al menos un administrador.

Función de elemento de red (NEF). Función dentro de una entidad de la SDH que sustenta los servicios de transporte de la red basados en la SDH, por ejemplo multiplexación, transconexión, regeneración. La función de elemento de red es modelada por los objetos administrados.

Función de aplicación de administración (MAF). Proceso de aplicación que participa en la administración del sistema. La función de aplicación de administración incluye un agente (administrado) y/o un administrador. Cada NE de la SDH y cada sistema operativo y/o dispositivo de mediación (MD/OS) debe sustentar una función de aplicación de administración que incluya al menos un agente. Una función de aplicación de administración es el origen y la terminación de todos los mensajes de la TMN.

Puntos de referencia

a) Puntos de Referencia q. Éstos conectan los bloques de funciones NEF a las funciones de mediación (MF), los MF entre sí, los MF a los OSF y los OSF entre sí, directamente o a través del DCF. Entre estos puntos se hacen las siguientes distinciones: q₁ Conectan un NEF a un MF directamente a través del DCF; q₂ conecta un MF a un MF directamente a través del DCF; q₃ conecta un MF a un OSF y un OSF a un OSF directamente a través DCF.

b) Puntos de Referencia f . Conectan los bloques de funciones OSF, MF, NEF, DCF a la función de estación de trabajo (WSF).

Puntos de Referencia g. Son puntos situados entre el WSF y el usuario.

Puntos de Referencia x. Conectan una TMN a otras redes de administración incluyendo otras TMN.

Definición de las Interfaces Normalizadas .Cada una de las interfaces se aplica a su respectivo punto de referencia como lo muestra la figura 6.3

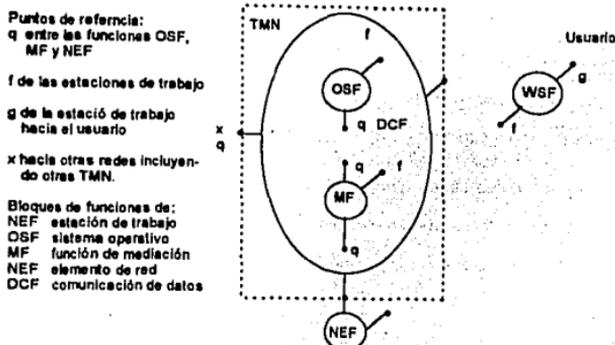


Figura 6.3 Arquitectura funcional para una TMN

6.2.2 FUNCIONES DE APLICACIÓN

Son las que abarcan las operaciones de la administración, mantenimiento y aprovisionamiento de una red de telecomunicaciones.

Algunas de las funciones más importantes de la administración de la red son

- a) calidad del funcionamiento
- b) mantenimiento
- c) configuración

- d) contabilidad
- e) seguridad
- f) prestaciones

Calidad del funcionamiento. Proporciona funciones para evaluar e informar sobre el funcionamiento del equipo de telecomunicaciones y la eficacia de la red. Su papel es el de recopilar datos estadísticos con el fin de monitorear y corregir el comportamiento y eficacia de la red, elemento de la red o equipo y de ayudar a la planificación y el análisis.

- a) **Monitoreo de la calidad de funcionamiento.** Se necesitará la recopilación continua de datos relativos a la calidad del funcionamiento del elemento de red (NE). Aunque se detectarán las condiciones de avería grave mediante métodos de vigilancia de alarmas, las condiciones de error intermitentes de gran periodicidad en múltiples unidades de equipo pueden interaccionar y dar lugar a una baja calidad del servicio. El monitoreo de la calidad de funcionamiento medirá la calidad global de los parámetros monitoreados para detectar este deterioro. Puede también orientarse a la detección de secuencias patrón características antes de que la calidad de señal caiga por debajo del nivel aceptable.
- b) **Función de administración de tráfico y de red.** Una TMN recopila datos de tráfico procedentes de los NE y envía instrucciones a los NE, para reconfigurar la red de telecomunicaciones o modificar su operación con el fin de adaptarla a un tráfico extraordinario. Una TMN puede pedir se envíen informes sobre datos de tráfico desde NE o bien dichos informes pueden enviarse al rebasarse un determinado umbral o periódicamente a petición. En cualquier momento la TMN puede modificar dichos parámetros. Los informes procedentes de un NE pueden estar compuestos de datos no tratados que se procesan en la TMN, o puede que el NE sea capaz de realizar un análisis de los datos antes de enviar el informe.

c) **Función de observación de la calidad de servicio (QOS).** La TMN recopila los datos de QOS procedentes de NE y soporta las mejoras de QOS. La TMN puede solicitar informes de datos de QOS para que sean enviados desde los NE, o dichos informes pueden ser enviados automáticamente según una programación o una condición de umbral (estos se pueden modificar en cualquier momento). Los informes procedentes de los NE sobre los datos de QOS se pueden procesar en el NE o en la TMN. La calidad de servicio incluye el monitoreo y registro de los parámetros relacionados con:

- el establecimiento de la conexión (retardos de establecimiento de comunicaciones, petición de llamadas completas y fallidas)
- retención de la conexión
- la integridad de la facturación
- la conservación y el examen de los archivos de datos precedentes sobre el estado del sistema
- la cooperación con el mantenimiento para establecer los posibles fallos de un determinado órgano y la configuración para modificar el enrutamiento y los parámetros de control de carga de los enlaces, etc.
- la iniciación de las llamadas de prueba para la supervisión de los parámetros de QOS.

Mantenimiento. Consiste en un conjunto de funciones que permite la detección, el aislamiento y la corrección de operaciones incorrectas de la red de telecomunicaciones y de su entorno.

a) **Función de vigilancia de alarmas.** La TMN tiene la capacidad de monitorear los fallos de NE en un tiempo casi real. Cuando se produce el fallo, el NE hace llegar una indicación. Con ésta, la TMN determina la naturaleza y la gravedad del fallo, lo cual puede efectuarse de dos maneras:

- una base de datos de una TMN puede servir para interpretar las indicaciones de alarma binarias procedentes del NE, esto solo requerirá de un NE con una capacidad básica algo mayor que el automonitoreo.
- si el NE tiene la suficiente inteligencia, puede transmitir el mensaje explicativos a la TMN, este exige que tanto la TMN como el NE soporten algún tipo de sintaxis de mensajes que permita la descripción adecuadas de las condiciones de falla.

La vigilancia de alarmas consiste en la detección e información de los correspondientes eventos o condiciones que se producen en la red. En una red debe ser posible informar de los eventos y/ o condiciones detectadas en el equipo y en la señal entrante, y también de los extremos al equipo. Las alarmas son indicaciones automáticamente generadas por un NE a raíz de ciertos eventos o condiciones. El usuario podrá determinar en qué eventos o condiciones se generan alarmas autónomas. Las condiciones de alarma se podrán ver en la tabla 6.1

- b) Función de localización de averías. Cuando la información inicial sobre averías resulta insuficiente para su localización, ésta debe incrementarse con la información obtenida mediante rutinas adicionales de localización de averías. Las rutinas pueden emplear sistemas de prueba internos o externos y pueden ser controlados por una TMN.
- c) Funciones de prueba. Se puede realizar de dos formas :
- una TMN ordena a un NE dado llevar a cabo un análisis de las características del circuito o del equipo, el procesamiento se ejecuta totalmente en el NE, y los resultados se comunican automáticamente a la TMN, inmediatamente o en forma diferida.

- se realiza un análisis en la TMN, esta requiere simplemente que el NE proporcione acceso al circuito o al equipo en cuestión, y no se intercambian otros mensajes con el NE.

Eventos/condiciones		SDH				
		Secc R	Secc M	Trayectoria		Otros
				VC-N	C-MV	
FALLOS	FT	R				
	PDS	R				
	PDT	R				
	TEB-E		O			
	DS		R			
	PDP		R	R	R	
	FRED					
	DITTES					
	PDM				R	
	PDA				R	
FET						
SIA						
Comutación de protección	CP		R*			R

R	Requerido	DS	Degradación de señal
O	Opcional	TEB-E	Tasa de errores de bit excesiva
PDS	Pérdida de señal	PDM	Pérdida de multitrans
PDT	Pérdida de señal	PDA	Pérdida de afluente
PDP	Pérdida de apuntador	DITTES	Desadaptación entre la identificación del encabezado de trayectoria y la señal
FRED	Falla de recepción en extremo distante	FET	Fallo en la entrada de temporización
SIA	Señal de indicación de alarma	*	Requerida si se ha equipado con conmutación de protección
CP	Comutación de protección	+	Sólo para correspondencias sincrónicas de bits
SeccR	Sección de regenerador	#	Sólo requerida para cargos útiles que exigen la indicación de multitrans
SeccM	Sección de multiplexaje		
VC-N	Contenedor virtual de alto orden (VC-N 3/4)		
VC-M	Contenedor virtual de bajo orden (VC-M 1/2/3)		
FT	falla de transmisión		

Tabla 6.1 Indicaciones de alarma de la SDH requeridas

Configuraciones. Proporciona funciones para ejercer un control sobre los NE, identificarlos, recoger sus datos y proporcionarles datos.

- c) **Funciones de aprovisionamiento.** El aprovisionamiento esta compuesto por los procedimientos necesarios para poner en servicio un equipo, sin tomar en cuenta la instalación. Una vez que la unidad está lista para prestar servicio, los programas de soporte se activan a través de la TMN. El estado de la unidad, por ejemplo, en servicio, fuera de servicio, en reserva activa, reservado y los parámetros seleccionados pueden controlarse también mediante funciones de aprovisionamiento. Los equipos de conmutación digital y transconexión pueden exigir la utilización frecuente de estas funciones, ya que se dan de alta o baja circuitos.
- d) **Función de estados y control.** La TMN ofrece capacidad para monitorear y controlar ciertos aspectos del NE a petición, como puede ser la comprobación, el cambio del estado de servicio de un NE o una de sus partes componentes o el inicio de pruebas de diagnóstico dentro del NE. Normalmente, se proporciona una comprobación de estados junto con cada función de control con el fin de verificar que se ha producido la acción resultante. Cuando están asociadas con condiciones de fallo, estas funciones son de naturaleza correctiva. Las funciones de estados y de control pueden formar parte también de un mantenimiento periódico cuando se ejecutan automáticamente o con un tiempo determinado. La TMN permitirá la exclusión del equipo averiado y como consecuencia puede disponer los equipos o reentrar el tráfico. La TMN puede permitir la entrada en funcionamiento de una configuración propuesta para analiza automáticamente la viabilidad de dicho proyecto antes de llevarlo a la práctica
- e) **Funciones de instalación.** La TMN puede dar soporte a la instalación de los equipos, que componen la red de telecomunicaciones. También es útil en la ampliación o reducción de un sistema. Algunos NE requieren el intercambio inicial de datos entre ellos y la TMN. Otras funciones son la de instalación de programas en los NE y sistemas de bases de datos de la TMN, también se pueden intercambiar datos administrativos entre los NE y la TMN. Pueden efectuarse programas de prueba de aceptación bajo el control o con el soporte de la TMN.

Contabilidad. Proporciona un conjunto de funciones que permite medir la utilización del servicio de red y determinar los costos de dicha utilización. Proporciona la posibilidad de recoger los informes contables y establecer parámetros de facturación para la utilización de los servicios.

- **Función de facturación.** Un OS de la TMN puede recopilar los datos de los NE que se utilizan para determinar los importes que han de facturarse a los clientes. Este tipo de función puede necesitar capacidades de transporte de datos eficientes y redundantes a fin de mantener los registros de facturación. A menudo, el procesamiento debe realizarse en tiempo casi real para un gran número de clientes.

Seguridad. Sigue en estudio.

Administración de prestaciones

a) **Monitoreo de prestaciones.** El procesamiento de "ventana fija" en la primitiva información de prestaciones (15 minutos y 1 día) es satisfactorio para fines de vigilancia de la red e identificación y seccionalización de averías. Ésto no excluye el empleo de otras técnicas de procesamiento de ventana para prestaciones detalladas o caracterización de averías cuando se demuestra que éstas proporcionan información adicional de importancia sobre la naturaleza de eventos erróneos. En caso de utilizar una técnica diferente de procesamiento de ventana, debe ser capaz de volver por defecto al método de ventana fija.

Recolección de datos de prestaciones. La recolección de datos de prestaciones designa la cuenta de eventos correspondientes a cada uno de los parámetros de prestaciones indicadas. Los parámetros se obtienen de las primitivas de prestaciones asociados con los formatos de

trama de la SDH. En las siguientes tablas se indican los parámetros necesarios específicos de cada señal digital. (Ver tabla 6.2 y 6.3)

Eventos de degradación	Primitivas de Presentaciones	SDH			
		Secc R	Secc M	Trayectoria	
				VC-N	VC-M
Errores	PEB EBED	A	R	R O*	R O*
Sincronización de trama	FDT	R			
Sincronización de reloj	JP#				

R	Requerido
O	Opcional
A	Específico de la aplicación (no se necesita si no existen regeneradores intermedios)
	Abreviaturas
PEB	Paridad de entrelazado de bits
EBED	Error de bloque en extremo distante
FDT	Fuera de trama
JP	Justificación de apuntador
#	Para estudio posterior
*	Requerido si se ha equipado con conmutación de protección
•	La definición precisa de segundo no disponible, en referencia a la trayectoria de orden inferior y superior, se encuentra en estudio

Tabla 6.2 Primitivas de presentaciones de SDH requeridas

- Historial de monitoreo de prestaciones. Los datos históricos de las prestaciones son útiles para evaluar las prestaciones recientes de los sistemas de transporte y seccionalizar la avería o la degradación. Este historial también puede permitir la evaluación de prestaciones frente a los objetivos de prestaciones a largo plazo. Los datos históricos limitados en forma de cuentas de eventos para cada parámetro monitoreado, se almacenarán en los NE o dispositivos de mediación asociados con los NE. Se almacenarán datos de monitoreo de
- prestaciones separadas para las distintas direcciones de transmisión. (Ver tabla 6.4). Cuando existan, los registros de 15 minutos y de un día funcionarán como siguen:
- Registro de los 15 minutos en curso,

- registro del día en curso,
- registro de los 15 minutos anteriores,
- registro del día anterior,

Eventos de degradación	Parámetros de Presentaciones	SDH			
		Secc R	Secc M	Trayectoria	
				VC-N	VC-M
Errores	CV	A	R	A	A
	SE	A	R	A	A
	SME	O	R	A	A
	DM	O			
Sincronización de trama	SFT	O			
Sincronización de reloj	CP#				
Falla (con arreglo tabla 6.1)	SDM+	O	O	O	O
Comutación de protección	CCP			R	
	DCP			O	

- R Requerido
 O Opcional
 A Especifico de la aplicación (no se necesita si no existen regeneradores intermedios)
- Abreviaturas
 CV Violación de código (Término genérico para cuenta de errores)
 SE Segundo con error
 SME Segundo con muchos errores
 DM Minuto degradado
 CJP Cuenta de justificación de apuntador
 SND Segundo no disponible
 CPP Cuenta de conmutación de protección
 DCP Duración de conmutación de protección
 SFT Segundo fuera de trama
- # Para estudio posterior
 * Requerido si se ha equipado con conmutación de protección
 + La definición precisa de segundo no disponible, en referencia a la trayectoria de orden inferior y superior, se encuentra en estudio

Tabla 6.3 Parámetros de prestaciones de SDH requeridas

Parámetros		En curso		Anterior		Reciente	
		15 minutos	día	15 minutos	día	15 minutos	día
SeccR	CV	1	1	1	1]]
	SE	1	1	1	1		
	SFT	1	1	1	1		
SeccM	CV	1	1	1	1		
	SE	1	1	1	1		
	SME	1	1	1	1		
	CCP*	1	1	1	1		
VC-N-Trayecto	CV	1	1	1	1		
	SE	1	1	1	1		
	SME	1	1	1	1		
VC-M-Trayecto	CV	1	1	1	1		
	SE	1	1	1	1		
	SME	1	1	1	1		

* Requerido si se ha equipado con conmutación de protección.

Nota 1- Los números del cuadro representan las cuentas de 15 minutos y diarias individuales.

Nota 2- Se ha propuesto que se provean 31 ó 65 registros.

Nota 3- Se ha propuesto que estos registros sean opcionales.

Tabla 6.4 Requisitos de historial de señales SDH

Parámetro		Capacidad de fijación de umbral	
		15 minutos	día
SeccR	CV	R	R
	SE	R	R
	SFT	R	R
SeccM	CV	R	R
	SE	R	R
	SME	R	R
VC-N-Trayecto	CV	R	R
	SE	R	R
	SME	R	R
VC-M-Trayecto	CV	R	R
	SE	R	R
	SME	R	R

R Requerido

Tabla 6.5 Requisitos de límite de umbral de señales SDH

- registro de los 15 minutos recientes,
- registro de días recientes.

Los registros deben ser legibles por demanda, y será posible la recuperación de rutina de datos anteriores más recientes sin pérdida de datos.

d) Fijación de umbrales y notificación de traspaso de umbrales. Los requisitos del límite del umbral están estipulados en la tabla 6.5. Los mensajes de alarma de traspaso de umbrales indican degradaciones de prestaciones que alcancen o superen los umbrales preestablecidos, y como tales, forman parte integrante del proceso de monitoreo de prestaciones. Los umbrales pueden fijarse en el NE para su notificación al OS antes de que el servicio sea afectado. El valor del umbral deberá fijarse en la gama mínima de la tabla 6.6

Parámetros		Por 15 minutos	Por día
CV	STM-1	1-13997	1-1343693
	VC-11	1-150	1-14377
	VC-12	1-202	1-19345
	VC-2	1-617	1-59167
	VC-3	1-4407	1-423015
	VC-4	1-13531	1-1298903
SE		1-900	1-65535
SME, SFT, SND		1-255 cada uno	1-4095 cada uno

Nota 1- Las gamas de 15 minutos y diaria para el parámetro SE corresponden a < 100% y 70 % de segundos respectivamente.

Nota 2- Las gamas de 15 minutos y diaria para todos los demás parámetros basados en un segundo corresponden a < 20% y < 4,7 % de segundos, respectivamente.

Nota 3- las gamas asignadas para CV son consecuentes con tasas de error de resolución que 10^{-7} suponiendo una distribución de error aleatoria. Los valores superiores de las gamas propuestas para CV de una STM-1 deben multiplicarse por N para una señal STM-N

Tabla 6.6 Límites de umbrales mínimos para las señales SDH

d) Información de datos de prestaciones. La información de datos es útil para iniciar las acciones de mantenimiento apropiadas y también al atender avisos de avería, los datos de prestaciones almacenadas en el NE pueden recogerse y analizarse. Si se detectan averías marginales, pueden ejecutarse acciones de mantenimiento apropiadas. Además, pueden realizarse periódicamente la recolección de datos de rutina para fundamentar el análisis de tendencias que predigan futuras condiciones de fallo y/o degradación. Los datos de

prestaciones podrán comunicarse a través del interfaz OS/NE en cada uno de los nodos siguientes:

- Por demanda por cada puerto cuando lo solicite el OS,
- automáticamente cuando se traspase el umbral de monitoreo de prestaciones,
- periódicamente, para puertos específicos como lo requiere el OS.

Un OS puede pedir que le comunique datos de monitoreo de funciones por demanda, o periódicamente en puertos seleccionados.

Si el NE no es capaz de iniciar información periódica de datos en respuesta a la instrucción del OS, el NE debe de responder con un mensaje "no es posible complementar".

Para datos de 24 horas específicamente, el OS puede instruir al NE sobre cuando iniciar la medición del período de 24 horas con el fin de recoger datos. El NE podrá iniciar la medición al comienzo de cualquier período de una hora.

Las funciones específicas en que deben realizarse en el interfaz OS/NE para mantener la recolección de datos y el límite de umbral son:

- Pedir datos,
 - programar informe de datos,
 - pedir programa de información de datos,
 - comenzar y/o detectar datos,
 - informe de datos,
 - fijar atributos,
 - pedir atributos.
- e) Función de registro y fijación de umbrales

- **Inicialización.** El NE permite al OS inicializar los registros de almacenamiento en curso. La función específica relativa a la inicialización de datos debe ser realizada en el interfaz OS/NE. El OS ordena al NE que reinicie los registros de almacenamiento para datos, incluido en el tipo de registro (15 minutos, diario).
- **Posibilidad de fijar umbrales.** El OS será capaz de recuperar y cambiar los niveles de los umbrales horario y diario correspondientes a un determinado puerto.
- **Las notificaciones de traspaso de umbrales tendrán umbrales por hecho, así como umbrales que pueden fijarse localmente y a distancia.** Cuando un OS pide que cambie un umbral, el NE responderá con el nuevo valor en el que se ha fijado el umbral. Si el OS pide un valor de umbral superior que el admitido por una realización de NE, el NE fijará el umbral al valor de umbral inmediatamente más bajo que la realización del NE admite, y comunica este cambio al OS.

Debe fijarse la posibilidad de inhibir la fijación de umbrales puerto a puerto o NE a NE. Al OS se le notificará dicha condición cuando se recojan los datos, y cuando se pidan atributos. Cuando se reactive el nivel de umbral, los valores del umbral serán restablecidos a los mismos valores en vigor inmediatamente antes de su inhibición.

- f) **Exactitud y resolución.** Todas las cuentas de parámetros deben ser reales, excepto cuando hay un desbordamiento de registros, en cuyos casos los registros se mantienen en el valor máximo hasta que son leídos y reiniciados hasta el final del período de acumulación.
- Los intervalos de tiempo, 15 minutos y diario deben tener una exactitud de \pm del orden de 1 a 10 segundos.
 - El comienzo de las cuentas de 15 minutos y diario deben tener una exactitud de \pm del orden de 1 a 30 segundos.

Las cuentas de parámetros de prestaciones que serán inhibidas durante el tiempo no disponible (tiempo no disponible UAT) se indican en la tabla 6.7

Parámetro monitorizado	SeccR		SeccM			Trayecto VC-N			Trayecto VC-M	
	TND*	EDS PDT	TND	SIA	PDP#	TND	SIA	PDP+	TND	SIA
SeccR	CV	I	I	M	M	M	M	M	M	M
	SE	I	I	M	M	M	M	M	M	M
	SME	I	I	M	M	M	M	M	M	M
	SFT	I	I	M	M	M	M	M	M	M
	SND	M	M	M	M	M	M	M	M	M
SeccM	CV	I	I	I	I	M	M	M	M	M
	SE	I	I	I	I	M	M	M	M	M
	SME	I	I	I	I	M	M	M	M	M
	CJP*									
	CCP	I	M	M	M	M	M	M	M	M
	DCP	I	M	M	M	M	M	M	M	M
	SND	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Trayecto VC-N	CV	I	I	I	I	I	I	M	M	M
	SE	I	I	I	I	I	I	M	M	M
	SME	I	I	I	I	I	I	M	M	M
	CJP*									
	SND	M	M	M	M	M	M	M	M	M
Trayecto VC-M	CV	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	SE	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	SME	I	I	I	I	I	I	I	I	I
	SND	M	M	M	M	M	M	M	M	M

I Inhibir cuenta de parámetro.

M Monitorización cuenta de parámetro.

* Para estudio posterior.

PDP afecta a los trayectos de VC-N, pero los punteros están situados en la tara del trayecto de SeccM.

+ PDP afecta a los trayectos de VC-M, pero los punteros están situados en la tara del trayecto de VC-N.

Nota general - Al interpretar el cuadro, las condiciones no disponible y de avería para las señales de velocidad inferior no afectan el monitoreo de las señales de velocidad superior, que pueden seguir siendo monitoreados de manera normal. Por ejemplo, las condiciones no disponible y de avería del trayecto de VC-N de la SeccM no afectan el monitoreo de la SeccR, que puede continuar, como se muestra en el cuadro.

Tabla 6.7 Monitoreo de la SDH durante las condiciones no disponibles y avería

6.3 RED DE ADMINISTRACIÓN DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA.

6.3.1 MODELO DE ORGANIZACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE LA RED)

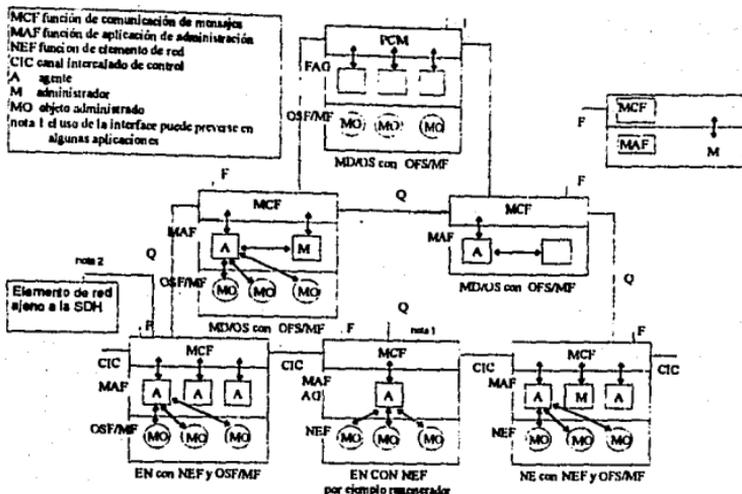


Figura 6.4 Modelo de organización de la administración de la red.

La administración de una red de SDH utiliza un proceso de administración distribuido escalonadamente. Cada escalón suministra un nivel predeterminado de capacidades de administración de red. El escalón inferior de este modelo incluye los NE de la SDH que proporcionan servicios de transporte. La función de aplicación de administración (MAF) de los NE comunica con, y proporciona apoyo de administración a NE pares, así como dispositivos de mediación y/o sistema operativo (MD/OS). El proceso de comunicación se proporciona a través de la función de comunicaciones de cada entidad.

La MAF en cada entidad puede incluir agentes, administradores o administradores y agentes. Las entidades que incluyen administradores son capaces de administrar a otros.

Cada escalón en el modelo de organización escalonada puede suministrar funciones de administración adicional. Sin embargo la estructura del mensaje debe de seguir siendo la

misma. Un administrador de un NE de la SDH puede suprimir alarma generada por uno o más de los NE administrados debidos a un fallo común y reemplazarlo por un nuevo mensaje de alarma, dirigido al MD/OS, que identifique el origen del problema.

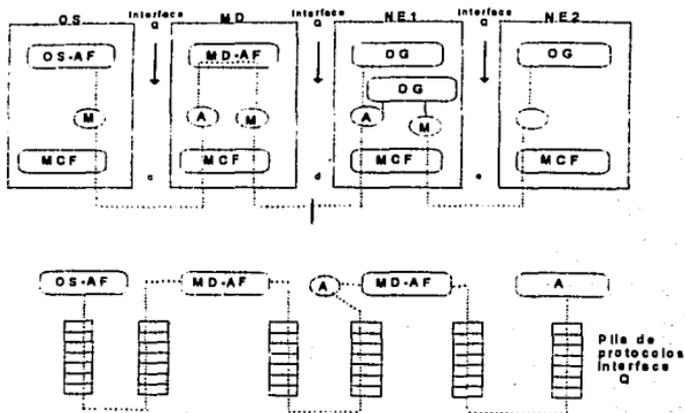


Figura 6.5.b

OS	sistema operativo	MCF	función de comunicación de mensajes
MD	dispositivo de mediación	A	agente
OS-AF	función de aplicación de OS	M	administrador
NE	elemento de red	MO	administrado
MD-AF	función de aplicación de MD		

Figura 6.5 Ejemplos de administración de la SDH

La figura 6.5.a ilustra ejemplos de comunicación de administración utilizando una interface Q ejecutado en la MCF donde se obtienen comunicaciones independientes por una única interface física:

- a) Entre un administrador en el OS y dos agentes distintos; uno en el MD y otro en el NE2 (interface a);

- b) entre un gestor en el MD y un agente en el EN1; entre un gestor en el NE1 y un agente en el NE2 (interfaz b).

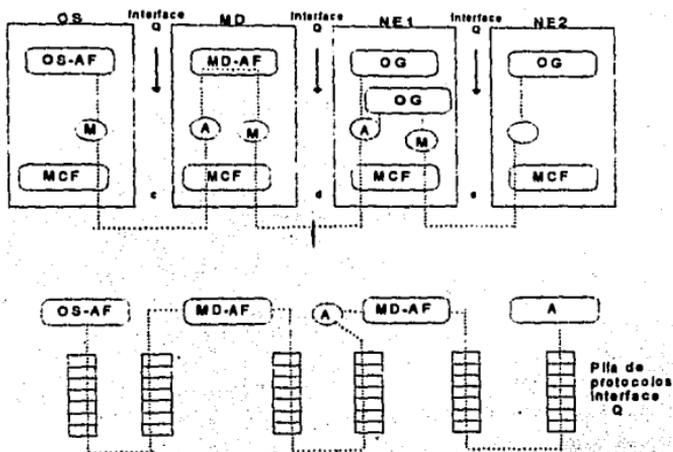


Figura 6.5.b

OS	sistema operativo	MCF	función de comunicación de mensajes
MD	dispositivo de mediación	A	agente
OS-AF	función de aplicación de OS	M	administrador
EN	elemento de red	MO	administrado
MD-AF	función de aplicación de MD		

Figura 6.5 Ejemplos de administración de la SDH

La figura 6.5.b muestra ejemplos de comunicación de administración utilizando protocolos de fase Q ejecutados por MCF.

- c) Entre un gestor en el OS y un agente en el MD (interfaz c)
 d) entre un administrador en el MD y un agente en el NE1 (interfaz d)
 e) entre un gestor en la NE1 y un agente en el NE2.

6.3.2 RELACIÓN ENTRE LA SMN, SN-SMN Y TMN.

En la figura 6.6 podemos ver la relación entre éstas.

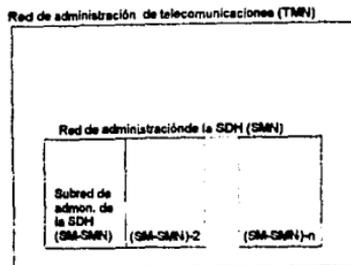


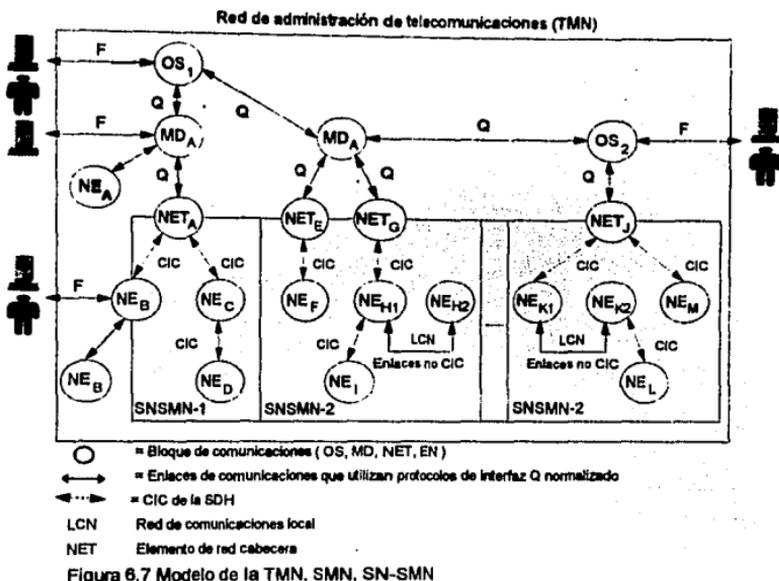
Figura 6.6 Relación entre la SMN, SM-SMN y TMN

6.3.3 ARQUITECTURA DE LA SUBRED DE ADMINISTRACIÓN

En la figura 6.7 debemos señalar algunos puntos en relación con la arquitectura de la SMN:

- Múltiples NE en ubicación única. En una determinada ubicación puede haber múltiples NE de la SDH. Por ejemplo NEe y NEg pueden estar constituidos en una sola ubicación del equipo.
- NE de la SDH y sus funciones de comunicación. La función de la comunicación de mensajes de un NE de la SDH termina, encamina o, en otro caso procesa mensajes transmitidos por el CIC, o conectados a través de una interfaz Q.
- Comunicación entre ubicaciones de la SDH. El enlace de comunicación de los NE de la SDH ya sea entre ubicaciones o entre oficinas estará normalmente formado por los CIC de la SDH.

d) Comunicaciones internas de las ubicaciones de la SDH. Dentro de la ubicación particular, los NE de la SDH pueden comunicar vía un CIC, o vía un LCN.



6.4.3 TOPOLOGÍA Y MODELOS DE REFERENCIA DE LA SN-SMN.

Topología de los CIC para la subred SDH. Se pretende que los DCC soportes puedan conectarse utilizando topologías en cadena (bus), estrella, anillo o mallia. Cada subred de gestión de la SDH debe tener por lo menos un elemento conectado a un MD/OS, que se denomina elemento de la red de cabecera (NET) y se ilustra en las figuras 6.8, 6.9 y 6.10

El NET podrá realizar una función de enrutamiento de capa de red de sistema intermedio para los mensajes CIC destinados a cualquier sistema de extremo de la SN-SMN.

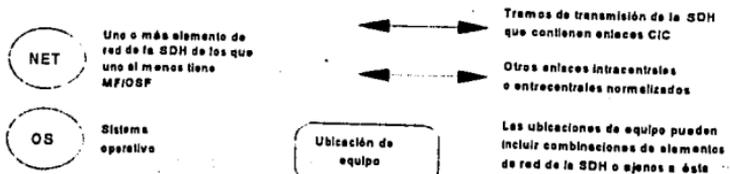
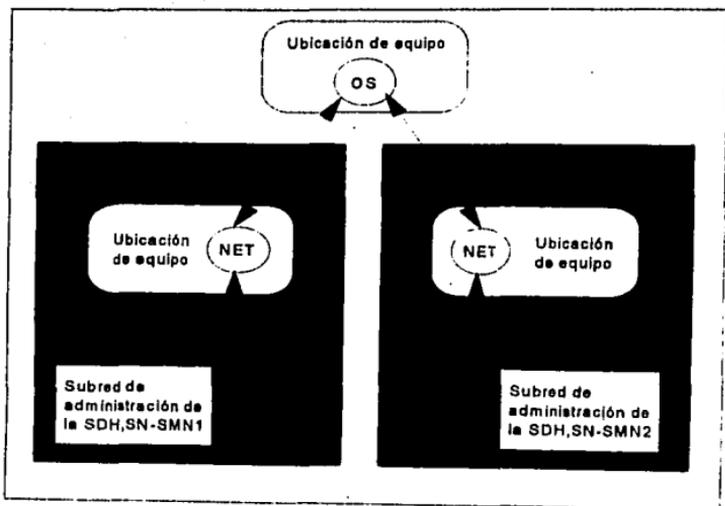


Figura 6.8 Topología de CÍC de la SDH para ubicaciones que contienen elementos de red de la SDH con funciones MF/OSF

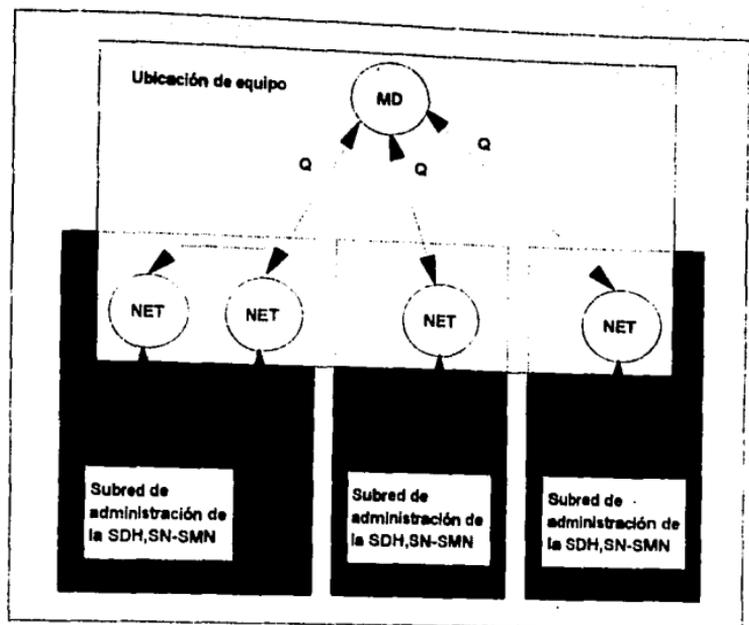


Figura 6.9 Topología de la SDH para ubicaciones con dispositivos de mediación

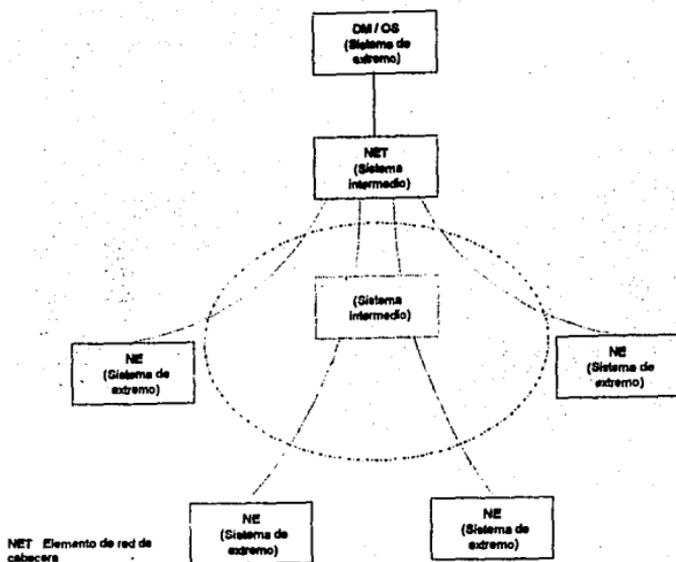


Figura 8.10 Concepto de sistema intermedio y de extremo

6.4 PROTOCOLOS

6.4.1 DESCRIPCIÓN

La pila de protocolos mostrada en este punto satisface los requisitos de transferencia de mensajes de operaciones, administración, mantenimiento y aprovisionamiento (MAO) a través de los canales de comunicación de datos (DCC) de la SDH. Ello es conforme con el actual planteamiento orientado al objeto de administración de sistemas abiertos. Es decir, la capa de aplicación incluye elemento de servicio de información de administración común (CMISE) y el elemento de servicio de operaciones a distancia (ROSE) y el elemento de servicio de control de asociación para sustentar el CMISE.

Las capas de presentación, sesión y transporte proporcionan el servicio orientado a la conexión necesaria para sustentar el ROSE y el elemento de servicio de control de asociación (ACSE). La capa de transporte incluye los elementos de protocolo adicionales necesarios para proporcionar un servicio en modo conexión basado en el protocolo de la capa de red sin conexión (CLNP).

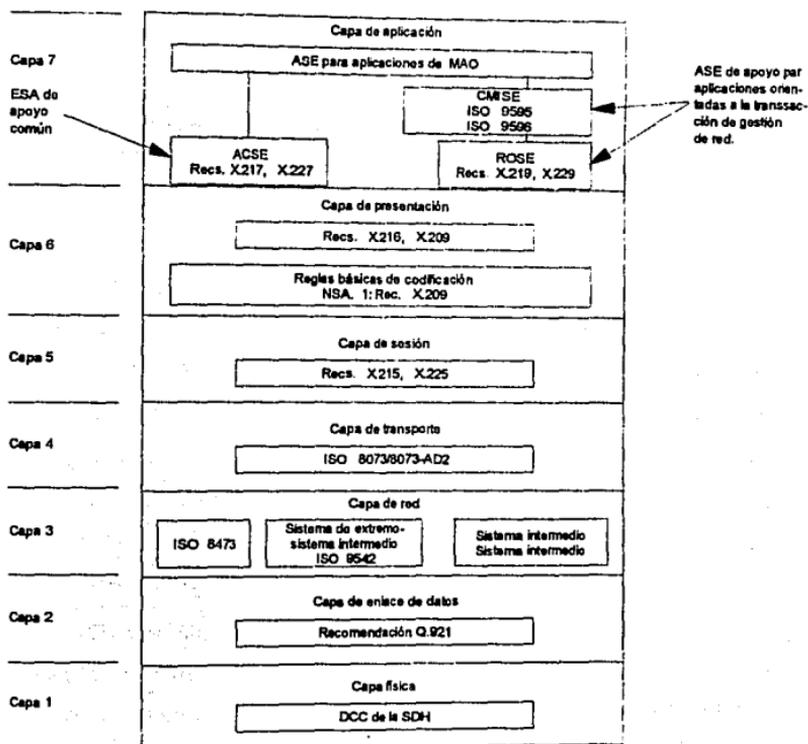


Figura 7.11 Pila de protocolos para DCC de la SDH

Descripción de la pila de protocolos. La pila de protocolos presentada en la figura 6.11 ha de utilizarse para la comunicación de mensajes de administración por el DCC de la SDH.

La capa de la pila de protocolos son las siguientes:

- a) **Capa 1. Capa física.** Está constituido por el canal de comunicación de datos (DCC) de la SDH. El DCC de la sección de regenerador funcionará como un único canal de mensajes a 192 kbits / s utilizando los bytes D1 a D3 del encabezado de sección. El DCC de la sección de múltiplex funcionará como un único canal de mensajes a 576 kbits / s utilizando los bytes D4 a D12 del encabezado de sección.
- b) **Capa 2. Capa de enlace de datos.** La capa de enlace de datos proporcionará transferencia punto a punto, por el DCC de la SDH, de unidades de datos de servicio de red (UDSR) a través de un único canal lógico entre cada par de nodos de red adyacentes. En la tabla 6.15 mostramos la correspondencia entre las primitivas del servicio de enlace de datos en modo conexión en ISO8886 y las primitivas de las recomendaciones Q920 y Q921. El servicio de transferencia de información sin acuse de recibido (STISA) se muestra en la tabla 6.8 El servicio de transferencia con acuse de recibido (STICA) se muestra en la tabla 6.9. Además se seguirán también los requisitos especificados en los puntos c) a f) de la tabla 6.8.
- c) **Capa 3. Capa de red.** El protocolo de red ISO8473 proporciona servicio de datagramas adecuados para la red subyacente de alta velocidad y alta calidad. Se han definido protocolos que convengan en ISO8473/AD3 para la aplicación de dichas normas a las subredes de enlaces de datos orientadas a la conexión y sin conexión. Ver tabla 6.10.
- d) **Capa 4. Capa de transporte.** El protocolo de transporte asegura la entrega precisa extremo a extremo de información a través de la red. El protocolo crea una "conexión" de transporte a partir del servicio de red sin conexión subyacente (ISO8073/AD2) [7] y permite el control de flujo y recuperación tras error de esta conexión. Ver tabla 6.11.

- e) **Capa 5. Capa de sesión.** El protocolo de sesión asegura que los sistemas comunicantes están sincronizados con respecto al diálogo en curso entre ellos, y administra, en nombre de las capas de presentación y aplicación, las conexiones de transporte requeridas. Se basarán las siguientes unidades de datos de protocolo de sesión (SPDU) asociadas con las unidades funcionales núcleo y dúplex que se indican en la tabla 6.12.
- f) **Capa 6. Capa de presentación.** El protocolo de presentación y las reglas de codificación básicas (RCB) de la NSA.1 actúan de forma que aseguran que la información de la capa de aplicación puede ser extendida por ambos sistemas comunicantes transfiriéndose el "contexto" de la información y la "sintaxis" de codificación de la información.
- g) Es obligatorio que la capa de presentación se ajuste a los servicios y protocolos especificados en las recomendaciones X.216 [21] y X.226 [22], respectivamente. Se requiere una unidad funcional (FU) de capa de presentación en ésta recomendación. Las unidades de protocolo de presentación se indican en la tabla 6.13.
- h) **Capa 6. Capa de aplicación.** Se utilizarán las siguientes opciones de la capa de aplicación:
- **CMISE.** El elemento de servicio de información de administración (CMISE) del protocolo de información de administración común (CMIP) proporciona servicios para la manipulación de información de administración a través de CIC. Ha sido seleccionado por ISO como protocolo de transporte para los protocolos de administración de red. Los servicios CMISE permiten a un sistema de administración de red: Crear y suprimir los objetos, definir y redefinir los valores de atributos de objetos, invocar operaciones sobre los objetos, y, recibir informes de los objetos.
 - **ROSE.** El elemento de servicio de operaciones a distancia (ROSE) permite que un sistema invoque una operación en otro sistema y sea informado de los resultados de esa operación. En el contexto de la pila de protocolos del CIC las operaciones se definen como servicios de CMISE.

- ESCA .El elemento de control de asociación (ESCA) permite a los servicios iniciar y terminar una conexión (asociación) entre dos aplicaciones. Esta asociación se utiliza luego para transmitir los mensajes de administración correspondientes a los servicios del CMISE.

Las unidades de datos de protocolo de aplicación se indican en la tabla 6.14.

	Se utilizarán las tramas de información no numeradas (IU) para la transferencia de datos especificadas en la Recomendación Q.921 (32).
b)	Como se especifica en la Recomendación Q.921 (32), las tramas IU serán siempre instrucciones. La asignación de los papeles lado usuario/lado red (y por lo tanto el valor de bit C/R) se efectuará antes de la inicialización.
c)	Valor del identificador de punto de acceso al servicio (IPAS): 62*
	* Debe estudiarse todavía si son necesarios IPAS adicionales, por ejemplo, para sustentar el mantenimiento de DCC de PDH.
d)	Valor del identificador de punto extremo terminal (IET): 0
e)	El tamaño de trama será capaz de sustentar una trama de información de 512 octetos especificada en ISO 8473, & 8.4.2 (1).
f)	No se sustentará el procedimiento de gestión de IET, especificado en la Recomendación Q.921 (32).
g)	El bit de petición/final se pondrá siempre a 0, como se especifica en la Recomendación Q.921 (32).

TABLA 6.8 Especificación del STISA

a)	La asignación de los cometidos lado usuario/lado red, y por tanto del valor de bit C/R, se hará previamente a la inicialización.
b)	El valor por defecto para (k) 7
c)	Valor por defecto para T200 200 ms
d)	Valor por defecto para T203 10 segundos
e)	Valor por defecto para N200 3
f)	Las funciones de monitor de enlace de datos especificadas en la Recomendación Q.921 (32) son optativas.
g)	Puede utilizarse la negociación de parámetros descrita en el apéndice IV de las Recomendación Q.921 para seleccionar otros valores de parámetros.

TABLA 6.9 Especificaciones de STICA

a)	<p>Las direcciones de destino y de origen utilizadas por este protocolo serán direcciones de los puntos de acceso al servicio de red (NSAP), especificadas en ISO 8348/AD2 (5).</p> <p>Las direcciones de destino y de origen son de longitud variable. Los campos de dirección de destino y de origen serán como información de dirección de protocolo de red utilizando la codificación binaria preferida especificada en ISO 8348/AD2 (5).</p>
b)	No se sustentará el encaminamiento de origen parcial. Existe un defecto con esta opción que puede hacer que las NPDU se buceen en la red hasta que expire su vida útil.
c)	Subconjunto inactivo.- Las realizaciones no transmitirán NPDU codificadas utilizando el subconjunto inactivo ISO 8473 (1). Se descartarán las NPDU codificadas con el subconjunto inactivo.
d)	Segmentación.- No se utilizará el subconjunto de no segmentación. Sin embargo, la realización será capaz de recibir y procesar correctamente las NPDU que no contengan la parte de segmentación.
e)	Bandera permitida de segmentación.- La realización no generará NPDU de datos sin una parte de segmentación, es decir, la bandera permitida de segmentación se pondrá a 1 y se incluirá la parte de segmentación.
f)	Control de vida útil.- El parámetro vida útil se utilizará como se especifica en el 6.4 de ISO 8473 (1). Este parámetro tendrá un valor inicial de al menos tres veces los tramos de red (número de entidades de red) o de tres veces el máximo retardo de transmisión (en unidades de 500 milisegundos), tomándose el mayor de estos valores.
g)	<p>Mantenimiento de calidad de servicio.- Se sustentará la función mantenimiento de calidad de servicio (CDS). El parámetro CDS se utilizará como se especifica en los 6.16, 7.5.6 y 7.5.6.3 de ISO 8473. La codificación del parámetro CDS para la selección de STISA/STICA se indica a continuación.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1) En ausencia del parámetro CDS se seleccionará STICA en el enlace de datos. 2) En el parámetro CDS, los bits 7 y 8 puestos a 1 (CDS globalmente única) y el bit 1 puesto a 1 seleccionarán STICA. 3) En el parámetro CDS, los bits 7 y 8 puestos a 1 (CDS globalmente única) y el bit 1 puesto a 0 seleccionarán STISA. 4) La utilización de los bits 2, 3, 4, 5 y 6 del parámetro CDS no está regida por esta Recomendación ni está especificada en la misma. <p>Corresponde al proveedor de la red fijar los criterios para seleccionar STISA o STICA.</p>

TABLA 6.10 Parámetros de servicio/protocolo de la capa de red

	Parámetro	Gama	Por defecto
a)	TPDU máxima (octetos) (nota 1)	128, 256, 512, 1024 (2048, 4096 optativa)	128
b)	ID-TSAP (veáse la nota 2) Clase de servicio Clase alternativa Datos acelerados	Hasta 32 octetos 4 Ninguna No utilización	
c)	Opciones para la numeración de TPDU de datos de clase 4 (veáse la nota 3) Suma de verificación (veáse la nota 4)	Normal, ampliada Utilización, no utilización	Normal No utilización
d)	Parámetros para el tiempo de retransmisión T1 de clase 4 N retransmisiones L limitado en referencia Y tiempo de inactividad	0,25 a 64 segundos (veáse la nota 4) 2 1 a 256 segundos 2 a 512 segundos	8 32 64

- Nota 1 Se sustentará la negociación del tamaño de TPDU.
- Nota 2 Algunos sistemas pueden no necesitar ID de TSAP. Sin embargo, todos los sistemas serán capaces de generar ID de TSAP llamados en las TPDU de CP y de recibir ID TSAP en las TPDU de CP y CC.
- Nota 3 Se aplicará la opción de formato ampliado. La no utilización de esta opción será negociable. El respondedor aceptará la petición del iniciador siempre que sea posible. La negociación de algo distinto de lo solicitado sólo se producirá en condiciones anormales, por ejemplo, fuerte congestión, según lo determine el realizador. Los iniciadores estarán preparados para operar en el modo confirmado por el respondedor.
- Nota 4 Se requiere suma de verificación para TPDU de CP. Todas las realizaciones sustentarán <no utilización> de la suma de verificación. Ambas entidades de transporte acordarán la <no utilización> de la suma de verificación. Todas las realizaciones podrán operar con suma de verificación si se solicita.
- Nota 5 El temporizador de transporte T1 debe siempre ser mayor que el temporizador T1 de la capa de enlace.
- Nota 6 Si un respondedor recibe una clase alternativa de <ninguna>, responderá con la clase TP4.
- Nota 7 Los datos de usuario en la PDU de transporte (TPDU) de petición de conexión (CP) y confirmación de conexión (CC) pueden ser ignorados y no producirán desconexión.
- Nota 8 La negociación de la calidad de servicio (CDS) cae fuera del alcance de esta Recomendación. Pueden ignorarse los parámetros de CDS, incluidos <caudal>, <tasa de errores residuales>, <prioridad>, y <retardo de tránsito> en las TPDU de CC y CP.
- Nota 9 La negociación de protección cae fuera del alcance de esta Recomendación. Pueden ignorarse los parámetros de protección en las TPDU de CC y CP.
- Nota 10 Se ignorarán los parámetros de TPDU desconocidos y los parámetros de opciones adicionales.
- Nota general Los valores por defecto formarán parte de la oferta del vendedor. Es decir, a menos que el usuario especifique otra cosa, los parámetros por defecto serán los parámetros iniciales suministrados, que podrán cambiarse posteriormente por el usuario dentro de la gama especificada.

TABLA 11 Especificación de atributos de la capa de transporte

Conexión	(SPDU CN)
Aceptación	(SPDU ACP)
Rechazo	(SPDU RZ)
Finalización	(SPDU FN)
Desconexión	(SPDU DN)
Aborto	(SPDU AB)
Aborto Aceptado	(SPDU AA)
Transferencia de datos	(SPDU TD)

TABLA 6.12 PDU de sesión

Conexión presentación Aceptación conexión presentación Rechazo conexión presentación Liberación anormal por el proveedor Liberación anormal po el usuario Datos de presentación	(PPDU CP) (PPDU ACP) (PPDU RCP) (PPDU LAP) (PPDU LAU) (PPDU DP)
--	--

TABLA 6.13 PDU de presentación

Petición A-ASOCIACIÓN Respuesta A-ASOCIACIÓN Petición A-LIBERACIÓN Respuesta A-LIBERACIÓN A-ABORTO	(APDU PEAA) (APDU REAA) (APDU PELI) (APDU RELI) (APDU ABRT)
--	---

TABLA 6.14 PDU de aplicación

Primitiva del servicio de enlace de datos	Primitiva de la Recomendación Q.920
Petición ED-CONEXIÓN Indicación ED-CONEXIÓN Respuesta ED-CONEXIÓN Confirmación ED-CONEXIÓN	Petición ED-ESTABLECIMIENTO Indicación ED-ESTABLECIMIENTO (nota 1) (Nota 2) Confirmación ED-ESTABLECIMIENTO
Petición ED-DATOS Indicación ED-DATOS	Petición ED-DATOS Indicación ED-DATOS
Petición ED-DESCONEXIÓN Indicación ED-DESCONEXIÓN (nota 3)	Petición ED-LIBERACIÓN Indicación ED-LIBERACIÓN Confirmación ED-LIBERACIÓN

- Nota 1 Esta primitiva indica que la conexión de enlace de datos está abierta.
 Nota 2 La Recomendación Q.921 ignorará esta respuesta.
 Nota 3 La capa de red ignorará esta confirmación.

TABLA 6.15 Correspondencia del servicio de enlace de datos y las recomendaciones Q.920

6.5 PLANEACIÓN DE LA ADMINISTRACIÓN DE RED

La jerarquía digital síncrona, ha introducido cambios fundamentales en la manera de planificar y administrar las redes de comunicación. La mayor flexibilidad de las redes SDH hacen su

optimización mas compleja y así mismo proporcionan una cierta protección contra los errores de predicción debido a su capacidad para adaptar rápidamente ampliaciones imprevistas sin un costoso rediseño. Ello implica un gran acercamiento entre los procesos de planificación y los de operación y administración de red, para los que se han desarrollado modelos y herramientas que apoyan al diseño de estructuras físicas robustas y eficientes en costos.

6.5.1 DIVISIÓN DE LA RED DE TRANSPORTE PARA LOS OBJETIVOS DE PLANEACIÓN

Los transconectores de gran capacidad y los multiplexores de inserción/extracción están convirtiendo la red de transporte en un sistema distribuido de interconexión. Para la planificación de los sistemas de este tamaño y complejidad deben ser descompuestos en subsistemas que puedan ser utilizados independientemente.. Actualmente la planificación de la red de transporte está todavía dominada por los requerimientos de la red telefónica pública conmutada (PSTM) como el principal cliente de recursos. Sin embargo la demanda de servicios de transporte no PSTM por operadores privados y segundos operadores públicos a distintas velocidades de transmisión está creciendo rápidamente.

Para poder aplicar SDH debemos dirigimos primero hacia las subredes bien definidas y determinadas por la estructura de la PSTM que comprende:

- a) Red central o vertebral entre centrales de enlace / tránsito completamente conectadas, que se caracteriza por su alta capacidad, diversidad física y con requerimientos especiales de recuperación y utilización eficientes de ancho de banda.
- b) Redes regionales o metropolitanas entre centrales principales fuertemente conectadas dentro de la misma área, se caracterizan por su capacidad media, diversidad física limitada y con requerimientos definidos de recuperación y flexibilidad.
- c) Redes de acceso multiservicio que conectan nodos de acceso y distribución con la central en el centro de una topología en estrella o en árbol, se caracteriza por los bajos requerimientos

de capacidad, la baja diversidad física pero con requerimientos especiales de flexibilidad, de reagrupamiento de servicios y una recuperación dentro de lo factible.

6.5.2 PLANEACIÓN CON SDH

Existen dos aspectos importantes en la planificación.

- El bajo costo de transmisión de los sistemas gigabits / segundos.
- La existencia de dos capas administrativas: la capa de trayectos de orden inferior (LOP) y la capa de trayectos de orden superior (HOP), con la facilidad de administración flexible de capacidad en cada uno.

La planificación consiste en agregar las demandas provistas de cada capa de subred cliente a la capa apropiada de SDH. Esto es que el trayecto de orden inferior; LOP se utiliza en los PSTM y en líneas de baja velocidad o circuitos primarios, mientras que el trayecto de orden superior HOP se utiliza en la banda ancha, video y en el propio LOP.

La calidad de servicio en términos de disponibilidad es un parámetro importante, ya que determina la estrategia adecuada y cuánta capacidad extra debe ser reservada para dicha disponibilidad.

En ambas capas LOP y HOP, el procedimiento de asignación de las demandas será restringido por la estrategia de supervivencia elegida y las restricciones de encaminamiento que llevan aparejadas. Los costos por capas no son los costos finales, los reales se calculan finalmente a partir de los resultados dimensionados en tamaños, cantidades y modularidad específica.

7. INTERFACES Y CÓDIGOS DE LÍNEA

7.1 INTERFACES.

Una interface es el medio o dispositivo por el cual se logran interconectar o acoplar equipos en diferentes secciones de la red, sin la problemática de que tengan que pertenecer a un solo fabricante y las velocidades de transmisión sean iguales.

La jerarquía digital SÍNCRONA normaliza el uso de interfaces, las cuales varían dependiendo de la velocidad de transmisión.

Existen dos tipos de interfaces principales para SDH, las cuales son:

1. Interfaces ópticas.
2. Interfaz eléctrica.

7.1.1 INTERFACES ÓPTICAS.

Las interfaces ópticas se definen para aplicaciones diferentes en sus diferentes niveles de velocidad:

Local

Este tipo de interface se indica mediante la letra l-n, donde n es igual al nivel jerárquico STM. Abarca aplicaciones que requieren una transmisión a una distancia máxima de unos 2 km, con estimaciones de pérdida del sistema entre 0 y 7 dB con fibra monomodo. Los transmisores

ópticos l-n pueden ser diodos fotoluminiscentes (Leds) o transmisores láser de modo multilongitudinal de baja potencia con una longitud de onda de 1310 nm.

Corto alcance

Se indican mediante S-n. 1 o 2, donde n es igual al nivel STM, donde 1 es para la longitud de onda de 1310 nm sobre fibra G.652, 2 es para la longitud de onda de 1550 nm sobre fibra G.652. Abarca aplicaciones a distancias de hasta unos 15 km, con estimaciones de pérdida del sistema entre 0 y 12 dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores láser de modo monolongitudinal o modo multilongitudinal de baja potencia (-13 dBm) con longitudes de onda de 1310 ó 1550 nm.

Largo alcance

Se indican mediante L-n. 1, 2 ó 3, donde n es igual al nivel STM, donde 1 es para la longitud de 1310 nm sobre fibra G.652, 2 es para la longitud de onda de 1550 nm sobre fibra G.652 o G.654, 3 es para la longitud de onda de 1550 nm sobre fibra G.653. Abarca aplicaciones a distancias de hasta 40 o 60 km, con estimaciones de pérdida del sistema entre 10 y 28 dB, con fibra monomodo. Se utilizan transmisores láser de modo monolongitudinal o de modo multilongitudinal de alta potencia (-3 dBm) con longitudes de onda de 1310 ó 1550 nm.

La norma G.957 se resume en la tabla 7.1 :

Las distancias que figuran en la tabla 7.1 representan las distancias máximas aproximadas entre repetidores.

Aplicación	Local	Corto Alcance	Corto Alcance	Largo Alcance	Largo Alcance	Largo Alcance
Longitud de Onda Nominal de la Fuente nm.	1310	1310	1550	1310	1550	1550
Tipo de Fibra recomen.	G.652	G.652	G.652	G.652	G.652 G.654	G.653
Distancia Km.	≤ 2	15	15	40	60	60
STM-1	I-1	S-1.1	S-1.2	L-1.1	L-1.2	L-1.3
STM-4	I-4	S-4.1	S-4.2	L-4.1	L-4.2	L-4.3
STM-16	I-16	S-16.1	S-16.2	L-16.1	L-16.2	L-16.3

Tabla 7.1 Resumen de los tipos de fibras para los diferentes tipos de alcances.

La codificación de línea óptica utilizada para todos los interfaces del sistema es binaria sin retorno a cero, aleatorizada conforme a las recomendaciones G.709.

La relación o convenio adoptado para el nivel óptico es el siguiente:

1. La emisión de luz se representa por un 1 lógico.
2. La ausencia de emisión se representa por un 0 lógico.

La recomendación G.957 del UIT-T (antes CCITT) especifica que interfaces ópticos deben de cumplir los fabricantes para asegurar su compatibilidad transversal, es decir la capacidad que permite a un operador tener el mismo interfaz a ambos lados de una determinada sección con equipos SDH de diferentes fabricantes.

Los parámetros más importantes en las conexiones ópticas son :

1. Balance óptico de referencia utilizable entre el transmisor y el receptor.
2. Potencia de salida del transmisor.
3. Sensibilidad del receptor.
4. Penalidad del trayecto óptico del enlace debida a la degradación producida por el cable óptico y los componentes.
5. Sobrecarga del receptor, definida como el valor máximo de potencia óptica que el receptor puede aceptar.

Módulos SDH en STM-1 y STM-4.

Estos módulos están enfocados a una implantación de bajo costo, con componentes ópticos de bajo costo y técnicas de producción automatizadas. Su objetivo son aplicaciones locales y de corto alcance.

Cada módulo óptico se especifica como una caja negra que incluye todas las funciones necesarias requeridas para la conversión electro-óptica, es decir convierte las señales SDH eléctricas (ópticas) en señales SDH ópticas (eléctricas).

El módulo transmisor se ilustra en la figura 7.1

La función de temporización de entrada se aplica para regenerar una forma de onda óptica de salida independiente de la forma de onda de entrada. El módulo también proporciona importantes características de administración requeridas en un entorno de sistema SDH. Se proporciona una salida de fallo de la salida del láser, válida en la localización de la fuente de un fallo de la red. También se ofrece una salida de degradación del láser, que solamente se utiliza en aplicaciones de largo alcance donde el temprano cuidado del envejecimiento del láser es un factor importante en el mantenimiento preventivo.

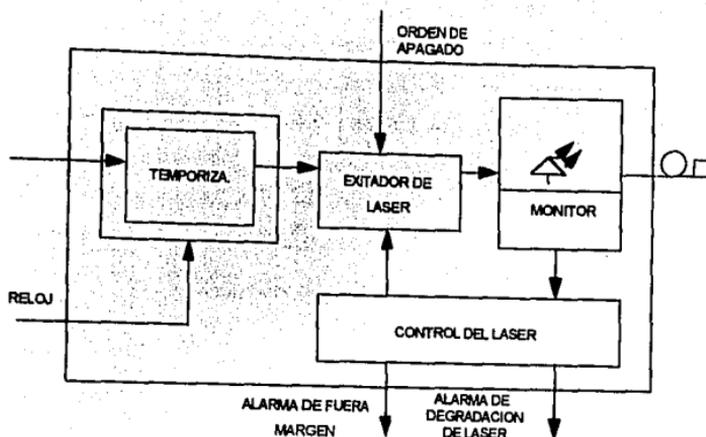


Figura 7.1 Diagrama de bloques del módulo transmisor.

El módulo receptor se muestra en la figura 7.2. Proporciona conversión óptica a eléctrica, recuperación de reloj y regeneración de datos. Se tiene una salida de alarmas para cuando haya una pérdida de señal (LOS).

Módulos SDH en STM-16 de altas prestaciones.

El mismo concepto de caja negra se ha usado en la definición e implantación de módulos optoelectrónicos integrados para aplicaciones de altas prestaciones, como los enlaces terrestres de largo alcance y los enlaces submarinos sin repetidores.

Los diagramas de bloques básicos de los módulos STM-16 transmisor y receptor son los mismos que los de los módulos de velocidades mas bajas que se muestran en las figuras 7.1 y 7.2.

Dependiendo de la aplicación, se utilizan láseres de 1300 ó 1550 nm en el lado del transmisor y fotodiodos en el receptor.

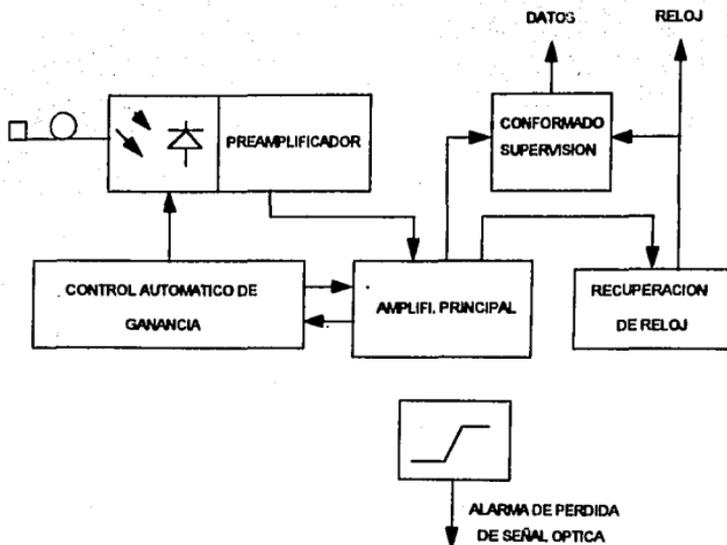


Figura 7.2 Diagrama de bloques del módulo receptor

7.1.2 INTERFAZ ELÉCTRICA.

Para aplicaciones locales se define una interfaz eléctrica en el nivel STM-1. Las características de esta interfaz eléctrica codificada por CMI se definen en la recomendación G.703 del CCITT.

Interfaz a 64 Kb/s

Para este tipo de interfaz se recomiendan los siguientes requerimientos básicos:

- 1 En las dos direcciones de transmisión, tres señales pueden ser llevadas a través de la interfaz:

- Una señal información de 64Kb/s.
 - Una señal de temporización de 64 KHz.
 - Una señal de temporización de 8 KHz.
 - La señal información de 64 Kb/s y la señal de temporización de 64 KHz son obligatorias, sin embargo la señal de temporización de 8 KHz debe ser originada y obligatoria solo para el equipo controlador (multiplexor), y no para el equipo subordinado que esta del otro lado de la interfaz.
- 2 La detección de una falla atrás (en un punto situado en el origen) puede transmitirse a través del interfaz a 64 Kb/s enviando una señal de indicación de alarma (AIS) hacia el equipo subordinado. La interfaz debe ser independiente de la secuencia de bits a 64 Kb/s. En lo que respecta específicamente a fuentes de trenes binarios con temporización de octetos, en redes digitales a 1544 Kb/s se exige que haya, por lo menos, un uno binario en cada uno de los octetos de una señal digital a 64 Kb/s. En los trenes binarios no sujetos a temporización de octetos, la señal a 64 Kb/s no podrá tener mas de siete ceros consecutivos.
- 3 Se han previsto tres tipos de interfaces internas:
- 3.1 Interfaz codireccional. El término codireccional se utiliza para describir una interfaz a través del cual la información y las señales de temporización asociadas se transmiten en el mismo sentido. Como se puede ver en la figura 7.3. Se utilizará un par simétrico de cables para cada sentido de transmisión; se recomienda la utilización de transformadores. La atenuación de estos pares está comprendida entre 0 y 3 dB a la frecuencia de 128 KHz. Esta atenuación tendrá en cuenta posibles pérdidas debidas a la presencia de un repelidor digital entre los equipos. Si el par simétrico está blindado, el blindaje se conectará a tierra en el acceso de salida y preverá en caso necesario su conexión a tierra en el

acceso de entrada. Las características de los accesos de salida se pueden ver en la tabla 7.2

- 3.2 Interfaz de reloj centralizado.- El término reloj centralizado se utiliza para describir una interfaz donde, para ambos sentidos de la transmisión de la señal de información, las señales de temporización asociadas entrantes se toman de un reloj centralizado que puede derivarse, por ejemplo, de ciertas señales de línea de llegada como se puede ver en figura 7.4. Las señales de datos se codifican en código AMI. El interfaz codireccional o el interfaz de reloj centralizado deben utilizarse para redes sincronizadas y para redes plesiócronas cuyos relojes tengan la estabilidad requerida, a fin de asegurar un intervalo adecuado entre los deslizamientos. Las características de los accesos de salida se pueden ver en la tabla 7.3
- 3.3 Interfaz contradireccional.- El término contradireccional se utiliza para caracterizar un interfaz a través del cual las señales de temporización asociadas a ambos sentidos de transmisión se dirigen hacia el equipo subordinado. Como se ve en la figura 7.5. Las características de los accesos de salida se pueden ver en la tabla 7.3

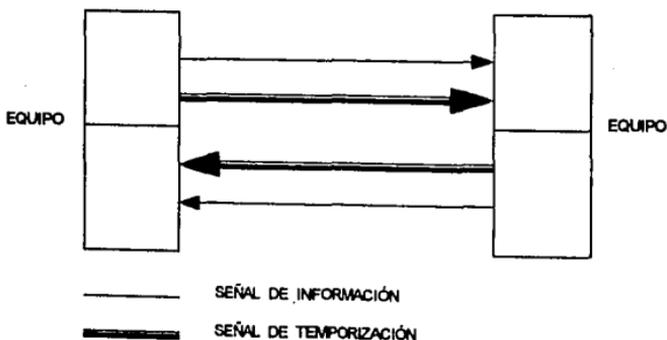


Figura 7.3 Interfaz codireccional.

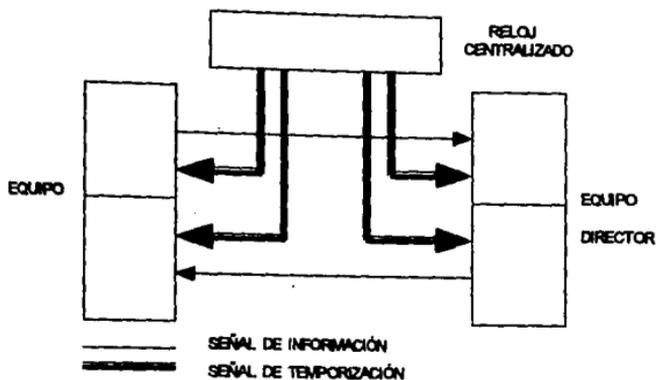


Figura 7.4 Interfaz de reloj centralizado

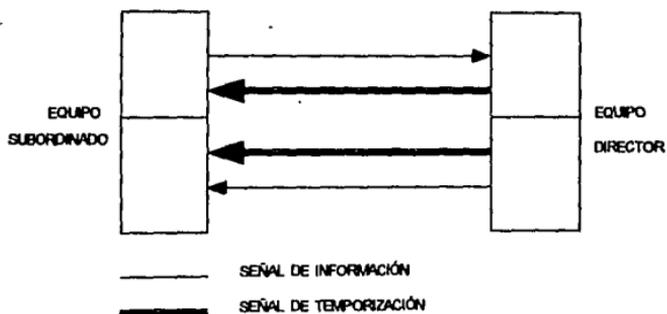


Figura 7.5 Interfaz contradireccional

Velocidad de símbolos	256 Kbaudios
Forma del impulso.	rectangular
Pares en cada sentido de transmisión	Un par simétrico
Impedancia de carga de prueba	120 ohms, resistiva
Tensión de cresta nominal de un impulso	1.0 V
Tensión de cresta de ausencia de un impulso	0 V \pm 0.10 V
Anchura nominal del impulso	3.9 μ s
Relación entre la amplitud de los impulsos positivos y la de los negativos en el centro del intervalo del impulso.	De 0.95 a 1.05
Relación entre la anchura de los impulsos positivos y la de los negativos en el punto de semiamplitud nominal.	De 0.95 a 1.05
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida.	Véase la recomendación G.823.

Tabla 7.2 Especificaciones de los accesos de salida de la interfaz codidireccional.

Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso	Forma nominal. Rectangular, con tiempos de subida y bajada inferiores a 1 μ s	Forma nominal rectangular, con tiempos de subida y bajada inferiores a 1 μ s
Impedancia de carga nominal de prueba	110 ohms, resistiva	110 ohms, resistiva
Tensión de cresta de un impulso	1.0 \pm 0.1 V	1.0 \pm 0.1 V
Tensión de cresta de ausencia de un impulso	0 \pm 0.1 V	0 \pm 0.1 V
Anchura nominal del impulso	15.6 μ s	7.6 μ s
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase la recomendación G.823	Véase la recomendación G.823

Tabla 7.3 Especificaciones de los accesos de salida de la interfaz de reloj centralizado.

Parámetros	Datos	Temporización
Forma del impulso.	Rectangular.	Rectangular.
Impedancia de carga de prueba.	120 ohms, resistiva	120 ohms, resistiva
Tensión de cresta de un impulso	1.0 ± 0.1 V	1.0 ± 0.1 V
Tensión de cresta de ausencia de un impulso	0 ± 0.1 V	0 ± 0.1 V
Anchura nominal del impulso	15.6 μ s	7.8 μ s
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase la recomendación G.823	Véase la recomendación G.823

Tabla 7.4 Especificaciones de los accesos de salida de la interfaz contradireccional.

Interfaz a 1544 Kb/s

Se utilizara un par simétrico para cada sentido de transmisión, el código que se utiliza es un código AMI ó un código B8ZS. Las características que tiene que cumplir esta interfaz se muestran en la tabla 7.5

Ubicación	Repartidor Digital.
Velocidad Binaria	1544 Kb/s
Pares en cada sentido de transmisión	Un par simétrico
Código	AMI o B8ZS
Impedancia de carga de prueba	100 ohms, resistiva
Forma nominal del impulso	Rectangular
Potencia a 772 KHz	De + 12 dBm a +19 dBm
Potencia a 1544 KHz	Por lo menos 25 dB por debajo del nivel de potencia a 772 KHz.

Tabla 7.5 Especificaciones de los accesos de la interfaz a 1544 Kb/s

Interfaz a 6312 Kb/s

Se utilizara un par simétrico con una impedancia característica de 110 ohms, o un par coaxial con una impedancia característica de 75 ohms, para cada sentido de transmisión. El código que se utiliza es el B8Zs ó B8ZS.

Las características que tiene que cumplir esta interfaz se muestran en la tabla 7.6

Ubicación	Repartidor digital	Repartidor Digital
Velocidad Binaria	6312 Kb/s	6312 Kb/s
Pares en cada sentido de transmisión	Un par simétrico	Un par Coaxial
Código	B8ZS	B8ZS
Impedancia de carga de prueba	110 ohms, resistiva	75 ohms, resistiva
Forma nominal del impulso	Rectangular, determinada por la atenuación del cable	Rectangular
Nivel de señal	3158 Khz de 0.2 a 7.3 dBm 6312 Khz - 20 dBm o menos	3156 Khz de 6.2 a 13.3 dBm 6312 Khz - 14 dBm o menos

Tabla 7.6 Especificaciones de los accesos de la interfaz a 6312 Kb/s

Interfaz a 2048 Kb/s

Se utiliza un código HDB. Las características que tiene que cumplir esta interfaz se muestran en la tabla 7.7. El conductor exterior del par coaxial o el blindaje del par simétrico deberán conectarse a tierra en el acceso de salida; de ser necesario, también deberá preverse la conexión a tierra de este conductor exterior o del blindaje en el acceso de entrada.

Forma del impulso	Rectangular	Rectangular
Pares en cada sentido de transmisión	Un par coaxial	Un par simétrico
Impedancia de carga de prueba	75 ohms, resistiva	120 ohms, resistiva
Tensión nominal de cresta de un impulso	2.37 V	3 V
Tensión de cresta de ausencia de impulso	0 ± 0.237 V	0 ± 0.3 V
Anchura nominal del impulso	244 ns	244 ns
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida.	Véase la recomendación G.823	Véase la recomendación G.823

Tabla 7.7 Especificaciones de los accesos de la interfaz a 2048 Kb/s

Interfaz a 139,264 Kb/s

Este tipo de interfaz requiere, una codificación CMI, un par de cables coaxiales para cada dirección de información, una impedancia de carga de 75 ohms, un voltaje de pico a pico de 1 ± 0.1 volts, pérdida mayor a 15 dB sobre el rango de frecuencia de 7 a 210 Mhz, que el conductor externo de el par de cables coaxiales sea conectado a tierra en el puerto de salida y que sea conectado a tierra en el puerto de entrada. Las características de salida se presentan en la tabla 7.8

Forma del impulso	Nominalmente rectangular.
Pares en cada sentido de transmisión	Un par coaxial
Impedancia de carga de prueba	75 ohms, resistiva
Tensión de cresta a cresta	1 ± 0.1 V
Máxima fluctuación de fase cresta a cresta en un acceso de salida	Véase la recomendación G.823

Tabla 7.8 Especificaciones de los accesos de la interfaz a 2048 Kb/s

7.2 CÓDIGOS DE LÍNEA

Un código es un caracter o secuencia de caracteres que forman parte de un mensaje o mensaje completo, con un significado específico.

Un código binario es aquel en el cual los elementos que lo constituyen son ceros o unos. La tendencia actual en comunicaciones es digitalizar toda la información antes de transmitirla, debido a que las técnicas digitales de protección contra el ruido han resultado más efectivas que las analógicas

En comunicaciones los códigos de línea se utilizan para transmitir información codificada entre dispositivos de la red, de tal manera que se puedan disminuir las pérdidas de energía, el ruido, la distorsión y la pérdida de información.

Cuando se desea seleccionar un código de línea es importante tener en cuenta las siguientes consideraciones:

1. La longitud del código.
2. Protección contra errores.
3. Información que garantice la sincronía del receptor.(recuperación de reloj)
4. Darle a la señal digital un espectro de frecuencia adecuado para que pueda viajar sin dificultad a través del medio de transmisión disponible; esto implica eliminar las componentes de corriente directa.
5. Darle a la señal inmunidad contra la inversión de fase; esto es que si eventualmente la señal se voltea al revés, pueda ser decodificada en el receptor sin problemas

Transmisión de voltajes y componente DC

A través de una LÍNEA de transmisión digital, es más eficiente desde el punto de vista de energía, el codificar datos binarios con voltajes que sean iguales en magnitud pero opuestos en polaridad y simétricamente balanceados cerca de 0V. Por ejemplo, asúmase una resistencia de 10Ω y un nivel de 1 lógico de +5V y un nivel de 0 lógico de 0V, el promedio de energía requerido es de 12.5 W (asumiendo una probabilidad de ocurrencia igual de un 1 o un 0). Con un nivel de 1 lógico de 2.5V y un nivel de 0 lógico de -2.5V, el promedio de energía es solamente 6.25W. Por lo tanto, al usar voltajes simétricos, la energía promedio se reduce por un factor de 50%.

Los códigos de línea se clasifican en códigos de señal unipolar, polar y bipolar dependiendo de los niveles de voltaje y componentes de directa que utilizan.

Consideraciones de ancho de banda

Para determinar el mínimo de ancho de banda requerido para propagar una señal de LÍNEA codificada, se debe determinar la frecuencia fundamental más alta asociada con ella. La frecuencia fundamental más alta es determinada desde el peor caso (la transición más rápida) de la secuencia del bit binario. Con el código NRZ-UNIPOLAR, el peor caso es una secuencia alterna de 1/0; la frecuencia fundamental más alta toma el tiempo de dos bits y es por lo tanto igual a la mitad de un rango de bit. Con el código NRZ-BIPOLAR, de nuevo la peor condición es una secuencia alterna de 1/0 y la frecuencia fundamental más alta es la mitad del rango de bit. Con el código RZ-UNIPOLAR, la peor condición, es dos unos sucesivos. El mínimo de ancho de banda es por lo tanto igual al rango de bit. Con el código RZ-BIPOLAR, el peor caso es ya sean unos o ceros sucesivos y el mínimo de ancho de banda es de nuevo igual al rango de bit. Con RZ-BIPOLAR(AMI), el peor caso es dos o más unos consecutivos, y el mínimo del ancho de banda es igual a la mitad del rango de bit.

Recuperación del reloj

Para la recuperación y mantenimiento de la información del reloj recibida de la información, debe haber un número suficiente de transiciones en la señal de la información. Con NRZ-UNIPOLAR y NRZ-BIPOLAR, una cadena consecutiva de 1s o 0s genera una señal vacía de información de transiciones y es por lo tanto inadecuada para la sincronización del reloj. Con RZ-UNIPOLAR y RZ-BIPOLAR, una cadena larga de 0s también genera una señal vacía de transiciones. Con RZ-BIPOLAR, una transición ocurre en cada posición de bit, independientemente de si el bit es 1 o 0. En el circuito de recuperación del reloj, la información

son simplemente ondas completas rectificadas para producir una información independiente del reloj, igual al rango de recepción de bit. Por lo tanto, la codificación RZ-BIPOLAR es la mejor para la recuperación de reloj. Si se previene la ocurrencia de secuencias largas de 0s, la codificación RZ-BIPOLAR es suficiente para asegurar la sincronización.

Detección de errores

Con las transmisiones NRZ-UNIPOLAR, NRZ-BIPOLAR, RZ-UNIPOLAR, y RZ-BIPOLAR, no hay manera de determinar si la información recibida tiene errores o no. Con las transmisiones RZ-BIPOLAR, un error en cualquier bit causará una violación bipolar (la recepción de dos o más 1s consecutivos con la misma polaridad). Por lo tanto, RZ-BIPOLAR tiene un mecanismo interconstruido de detección de errores.

Facilidad de detección y decodificación

Debido a que la transmisión unipolar involucra la transmisión de una sola polaridad de voltaje, hay un porcentaje de voltaje dc asociado con la señal, igual a $+V/2$. Asumiendo una probabilidad del 50% para ocurrencias de 1s y 0s, las transmisiones bipolares tienen un promedio de componente de dc de 0V. Una componente de no es deseable, ya que polariza la entrada a un detector de umbral convencional (un comparador de polarización) y podría causar una malinterpretación de la condición lógica de los pulsos recibidos. Por lo que, la transmisión bipolar es la más adecuada para la detección de información.

Unipolares

Cuando el bit cero se representa como un nivel lógico de cero y el bit uno como un nivel lógico positivo, se llama código de señal unipolar.

Polar

Cuando el bit cero se representa como un nivel lógico negativo y el bit uno como un nivel lógico positivo, se llama código de señal polar.

Bipolar

Cuando el bit uno pueden ser representado como un nivel lógico negativo o positivo y el bit cero se representa como nivel de cero volts, el código se denomina de señal bipolar

El ciclo de trabajo de un pulso binario también puede ser utilizado para clasificar a los tipos de transmisión en:

NRZ

Si el pulso binario es mantenido durante todo el tiempo del bit, al tipo de transmisión se le denomina de no regreso a cero (nonreturn to zero - NRZ).

RZ

Si el tiempo activo del pulso binario es menor al 100 % del tiempo del bit, se le denomina transmisión de regreso a cero (return to zero - RZ).

Si se combinan voltajes de transmisión Unipolares, Bipolares ó polares y codificaciones con NRZ o RZ se pueden obtener esquemas particulares de codificación, como son:

Código NRZ -L. (Sin regreso a cero)

Este código tiene por característica principal, el que el cambio de nivel de la señal ocurre solo cuando hay un cambio en el valor lógico del mensaje, esto es, no se distingue la separación entre unos contiguos o entre ceros contiguos. La letra L en el nombre de este código, se debe a que cada valor lógico tiene un nivel (Level) único y exclusivo y no puede tomar ningún otro nivel. Como se puede ver en la figura 7.6

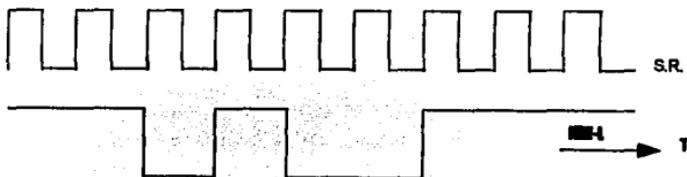


Figura 7.6 Señal NRZ-L

Si se hace coincidir el eje del tiempo (nivel de referencia de cero volts) con el nivel lógico cero, la señal se llama unipolar. Cuando los ceros se representan con voltaje negativo y los unos con voltaje positivo, estamos en el caso de una señal polar, que tiene la ventaja de que reduce la componente de directa de la señal.

Este tipo de código no permite la propagación de errores, ya que cada bit se reconoce a sí mismo, sin ayuda de los anteriores, por lo que no introduce confusión en la lectura del siguiente bit en caso de una identificación errónea, pero no tiene reconocimiento de errores ya que si se encuentra un bit invertido (Ejemplo. un nivel positivo como cero o negativo), no tiene manera de detectar si esta el bit correcto o no.

Código NRZ-S.

Este código es similar al NRZ-L, pero la letra S significa espacio (Space). Cuando un mensaje tiene mucho mayor número de ceros que de unos, es probable que los ceros se presenten en trenes largos, lo que da origen a que el receptor pierda sincronía, ya que no recibe una adecuada señal de tiempo. Para subsanar este inconveniente, el código NRZ-S estipula que la señal cambiara de nivel cuando se presente un cero y no cambiará cuando se presente un uno.

Como en el código NRZ-L la señal se conoce como unipolar, si los ceros se representan como un nivel lógico cero (cero volts) y los unos se representan como un nivel lógico positivo; polar si los ceros se representan con un nivel lógico contrario al de los unos. Como se puede ver en la figura 7.7

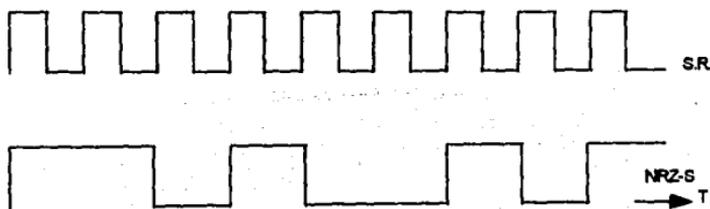


Figura 7.7 Señal NRZ-S.

En este código si el receptor interpreta un bit en forma errónea, el error se propaga solo al siguiente bit, pero el tercer bit ya podrá ser interpretado correctamente. No se cuenta con la capacidad para la corrección de errores.

La pérdida de sincronía se presenta en menor medida que el código NRZ-L, pero sigue afectando al receptor de la señal. Este código es inmune a la inversión de fase ya que la información no se encuentra en los niveles, sino que se encuentra en los cambios de nivel.

Código NRZ-M.

Este código es similar al NRZ-S y la letra M significa marca. Este formato se utiliza cuando se tiene la seguridad de que el mensaje contiene un número mayor de unos que de ceros; entonces, se estipula que la señal cambia de nivel cuando se presenta un uno y no cambia cuando se presenta un cero (lo inverso al código NRZ-S). Las desventajas y ventajas de este código son las mismas que las del código NRZ-S. Como se puede ver en la figura 7.8.

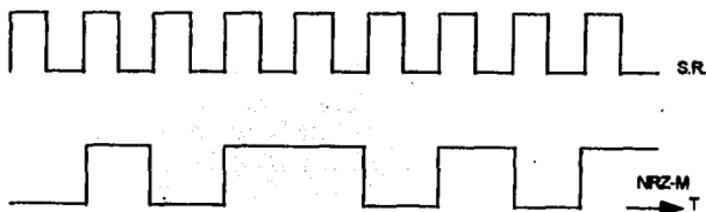


Figura 7.8 Señal NRZ-M

Código NRZ-BIPOLAR.

Las reglas de este código son muy sencillas, ya que solo consiste en alternar la polaridad de los unos sin tomar en cuenta la presencia de los ceros.

En este código la componente de directa es nula, ya que el área bajo la curva de la señal de arriba del eje de referencia es igual al área de la señal abajo del mismo eje.

Para este código no existe la propagación de errores y los que existen son detectables, pero solo se puede corregir un error cuando se presenta entre varios pulsos correctos, ya que de esta

forma se puede detectar la violación de la regla de inversión alternada de marcas, siendo la corrección de errores un tanto dudosa. Como se puede ver en la figura 7.9.

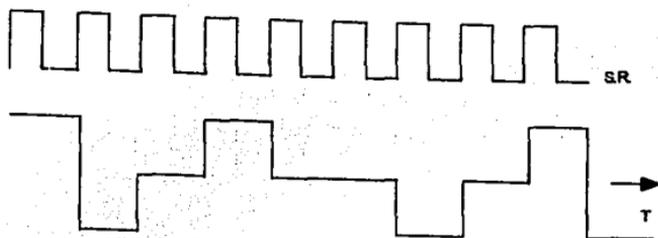


Figura 7.9 Señal NRZ-BIPOLAR

Este código es inmune a la inversión de fase y en cuanto a sincronía es un tanto mejor que el código NRZ-L, ya que la señal y el reloj pueden tener mas puntos de coincidencia de fase.

Código RZ -UNIPOLAR. (Con retorno a cero)

Este tipo de código se caracteriza por que la señal tiene regreso a cero, siendo su estructura muy sencilla. Los ceros se codifican con un nivel lógico cero (cero volts) y los unos se codifican con un nivel lógico alto (positivo) durante la mitad del período, la otra mitad el nivel regresa a cero.

Como este código tiene la mitad del área que la del código NRZ-L, su componente de directa también será la mitad. Con este código no se tiene propagación de errores, pero tampoco se tiene corrección de los mismos.

Se tiene inversión de fase de la señal, siendo esta inversión detectable, pero para poder recuperar el mensaje, la señal tiene que ser invertida nuevamente. Como se puede ver en la figura 7.10

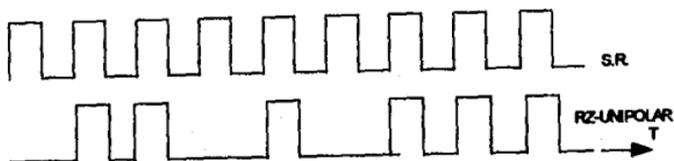


Figura 7.10 Señal RZ-UNIPOLAR

La sincronía del receptor es mejor que la lograda con el código NRZ-L, pero esta puede llegar a perderse si se presenta un tren largo de espacios o ceros.

Código RZ-POLAR.

Para este código se manejan dos reglas importantes:

1. Los unos tiene un voltaje positivo durante medio período y voltaje cero el otro medio período.
2. Los ceros tiene voltaje negativo durante medio período y voltaje cero el otro medio período.

Para este código la componente de directa es casi nula, ya que el área positiva de la señal es casi igual al área negativa de la señal. No se tiene propagación de errores, ya que un bit mal interpretado no induce a interpretar el siguiente bit en forma equivocada. Como se puede ver en la figura 7.11

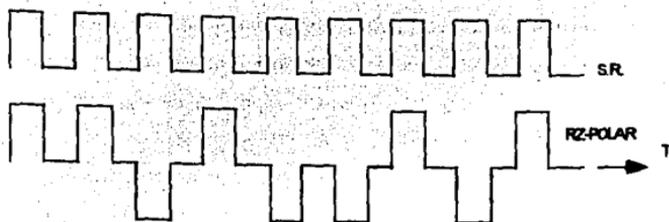


Figura 7.11 Señal RZ-POLAR

La inmunidad a la inversión de fase no existe, ya que si un nivel positivo se convierte en negativo o viceversa, el error no es detectable y no es corregible.

En este código la sincronía se puede llevar fácilmente, ya que se puede rectificar la señal en forma de onda completa, lo que la convierte en la señal de reloj.

Código RZ-BIPOLAR. (A.M.I.).

Este código también es llamado código de Inversión Alternada de Marcas (A.M.I.).

Para este código se manejan do reglas importantes:

1. Pasar de un código NRZ a un código RZ-UNIPOLAR.
2. Hacer la inversión alternada de marcas

El código RZ-BIPOLAR es una variante del código NRZ-BIPOLAR, la única diferencia es que este ocupa medio período en un nivel alto de voltaje, en lugar de ocupar el período completo.

Para este código la componente de directa es nula y su capacidad para detectar y corregir errores es muy limitada, ya que solo se puede corregir una violación a la regla de inversión alternada de marcas, cuando esta se presenta entre dos marcas correctas. Como se puede ver en la figura 7.12

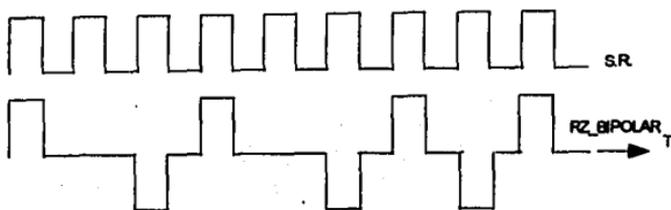


Figura 7.12 Señal RZ_BIPOLAR

La sincronización del receptor no es muy buena ya que al rectificar la señal, esta se convierte en una señal RZ-UNIPOLAR, el la que un tren largo de ceros puede propiciar el desajuste del receptor, aunque este código es inmune a la inversión de fase ya que se tiene la inversión de marcas, con lo que es fácil de detectar el cambio de fase.

Este código se utiliza principalmente con señales multiplexadas a 1544 kbit/s en Norteamérica.

Código BIFASICO-L. (MANCHESTER II.).

Este código también es llamado MANCHESTER II, donde el nombre de bifásico proviene de que la señal binaria cambia de fase dependiendo de el bit que se esta codificando y la letra L significa nivel (Level.).

Para este código se manejan dos reglas importantes:

1. Si se va a codificar un cero, la señal permanece en nivel alto durante el primer medio período y regresa a un nivel bajo el otro medio período.
2. Si se va a codificar un uno, la señal permanece en nivel bajo durante el primer medio período y pasa a un nivel alto durante el otro medio período.

Con esta codificación se tienen varias variantes:

1. Que el código sea unipolar, si la parte inferior de la señal se encuentra en un nivel de cero volts.
2. Que el código sea Polar, si el eje de referencia pasa a la mitad de la señal y las partes inferiores de la señal son negativas. Como se puede ver en la figura 7.13

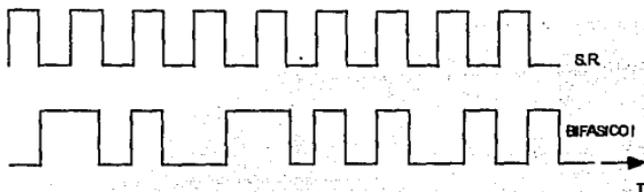


Figura 7.13 Señal BIFASICA-L

Este código sí permite la propagación de errores, ya que en un tren largo de unos o de ceros, si el reloj invierte su fase, todo el tren se decodificará al revés, pero en este formato se tiene la capacidad de corregir errores, debido a que una marca ancha siempre va después de un espacio ancho, aunque entre ellos haya varias marcas y espacios angostos.

La inversión total de fase del mensaje no es detectable y conduce a la interpretación del mensaje al revés.

La sincronía del receptor se facilita mucho durante los trenes largos de ceros, ya que en esas ocasiones, el reloj está en fase con la señal, pero durante los unos, el reloj está en contrafase con la señal recibida.

Códigos BNZS. (BINARY N ZERO SUSTITUTION).

Las siglas de estos códigos significan sustitución de N ceros. Cuando se usan códigos bipolares, ya sea NRZ ó RZ, sea visto que los ceros se codifican con un nivel de cero volts; de este modo, cuando el mensaje contiene un tren largo de ceros y la señal se mantiene en cero volts, el receptor pierde la sincronía. Para remediar este inconveniente se desarrollaron los códigos BNZS, cuyo objeto es sustituir los trenes de N ceros por adecuados arreglos de unos y ceros, que pueden ser reconocidos y eliminados por el receptor después de que han servido para el proceso de sincronización.

A continuación se presenta un ejemplo de este código:

Código B6ZS.

En este formato, cada vez que se presenta un tren de 6 ceros, se sustituyen con una secuencia que depende de la polaridad del último uno que se presentó, de acuerdo a la siguiente tabla:

Ultimo Uno	Código
+	0 + - 0 - +
-	0 - + 0 + -

En el siguiente ejemplo se puede observar como se tiene un tren de 6 ceros después de bit positivo: Como se puede ver en la figura 7.14.

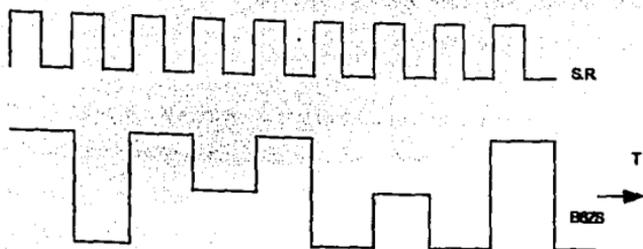


Figura 7.14 Señal B6ZS

Ahora se tiene un ejemplo de un tren de 6 ceros después de un bit negativo: como se puede ver en la figura 7.15.

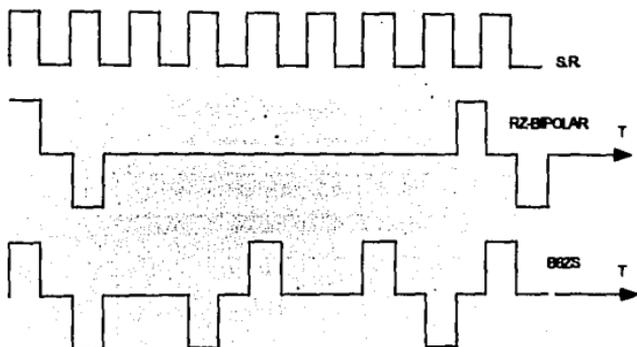


Figura 7.15 Señal B6ZS

En ambos ejemplos, el tren de 6 pulsos es fácilmente reconocible, ya que se está generando lo que se llama Violación Bipolar, o sea que ya no respeta la inversión alternada de marcas; esto

forma un patrón perfectamente reconocible que puede ser re convertido a seis ceros cuando sea necesario.

La sincronía del receptor es casi tan buena como la que se logra con la señal RZ-POLAR, ya que rectificando el formato B6ZS se obtiene un tren de pulsos muy aproximado al reloj.

Este código tiene una nula componente de directa, presenta inmunidad a la inversión de fase, pero debido a que tiene que preservar el tren de pulsos de sustitución, permite la propagación de errores y no facilita la detección y corrección de los mismos.

Código HDB3.

Las siglas significan código de alta densidad bipolar 3 (High Density Bipolar Three) y es una variación sobre la idea fundamental de los códigos BNZS.

Este formato permite reemplazar trenes de 4 ceros con el código mostrado en la tabla siguiente:

Polaridad del	Código	Código
Ultimo Uno	Impar	Par
+	0 0 0 +	- 0 0 -
-	0 0 0 -	+ 0 0 +

Si el último uno antes del tren de cuatro ceros es positivo y el número de unos desde la última sustitución es par, se usa la secuencia " - 0 0 - "

Si el último uno antes del tren de cuatro ceros es negativo y el número de unos desde la última sustitución es impar, se usa la secuencia " 0 0 0 - ". Con los otros dos casos se procede de la misma manera ya explicada.

La componente de directa es casi nula, la capacidad de sincronía es muy buena, es inmune a la inversión de fase, se tiene propagación de errores y la posibilidad de detección de errores es muy pequeña.

El código HDB3 es el código interfaz para los 2048, 8448, 34368 kbits/s y es utilizado también en las rutas con cables simétricos a 2048 kbits/s como código de transmisión o código de línea.

Como se puede ver en la figura 7.16

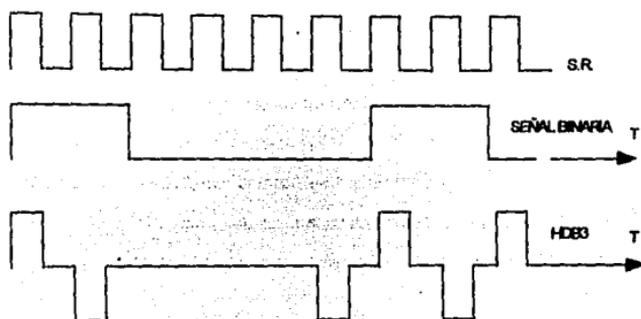


Figura 7.16 Señal de código HDB3

Código CMI.

Las siglas de este código significan Código de Inversión de Marcas.

Para este código se manejan dos reglas importantes:

1. Un cero siempre se codifica como transición de nivel bajo a nivel alto a la mitad del período.
2. Un uno se codifica como el nivel contrario al del uno precedente durante todo el período.

Lo anterior se ejemplifica en la figura 7.17 :

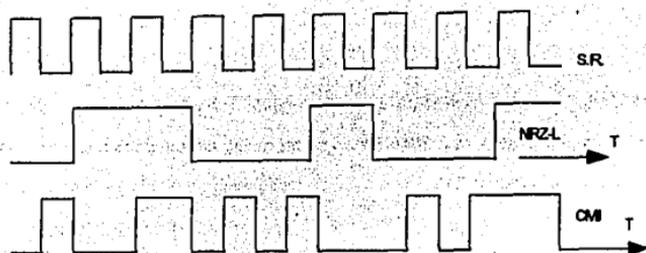


Figura 7.17 Señal de código CMI.

La componente de corriente directa será nula si se usa una señal polar. Los ceros siempre se reconocen porque son transiciones de nivel bajo a nivel alto y los unos se distinguen porque duran un ciclo completo del reloj, ya sea que estén en nivel alto o bajo.

La propagación de errores no existe y es posible corregir errores siempre y cuando se encuentren entre dos bits correctos. El CCITT recomienda este código para interfaces a 139264 kbits/s.

Código SPM.

Este código también conocido como codificación por división de fase ó codificación bifásica diferencial ó Mánchester diferencial.

Para este código se manejan dos reglas importantes:

1. Los unos cambian de nivel a la mitad del periodo.

2. Los ceros cambian de nivel al principio del periodo y cambian a la mitad del periodo.

En la figura 7.18 se ejemplifican los puntos anteriores.

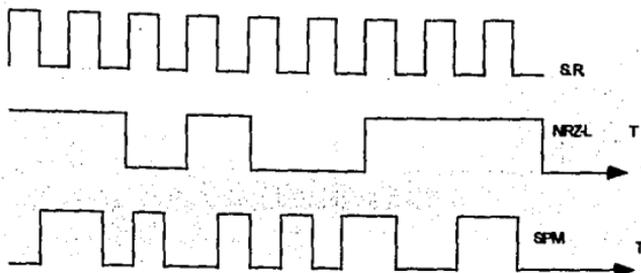


Figura 7.18 Señal de código SPM

Si la señal es polar, no existirá componente de corriente directa.

Este formato presenta la desventaja de que el nivel correspondiente a un bit depende del nivel asignado al bit anterior, por lo que si el receptor se equivoca al decodificar un bit, también se equivocará al decodificar el siguiente bit. Este código es capaz de detectar errores, ya que las marcas anchas se alternan con espacios anchos, aunque vayan separados por marcas y espacios angostos.

Código 4B3T.

En este código se reemplaza un grupo de cuatro bits por tres elementos de señal (3 bits), para desplazar el espectro de la señal hacia frecuencias más bajas. Se utilizan para la transmisión en líneas coaxiales (34 Mbit/s).

A continuación se presenta un ejemplo del código en la figura 7.19

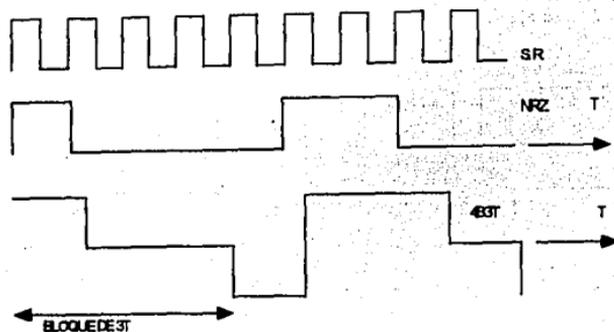


Figura 7.19 Señal se código 4B3T.

Código 5B/6B.

Las fibras ópticas tienen otros requerimientos puesto que en ellas se presentan solamente dos estados de la señal (hay luz /no hay luz). El código de línea que se emplea para este caso es 5B/6B, con lo cual se puede conseguir la transparencia de bits así como depositar informaciones adicionales de supervisión; cada 5 bits de la señal original son sustituidos por 6 bits de la señal de línea NRZ.

8. EQUIPO DE MEDICIÓN

En la actualidad, los sistemas de línea de telecomunicaciones de alta capacidad suministrados por los diferentes fabricantes, son diseños propios, por lo que si se desea una red que sea compatible con la red actual y que incorpore las distintas mejoras presentadas por la jerarquía digital síncrona, es necesario que se tengan normalizadas las interfaces de línea, para que equipos de diferentes fabricantes se puedan conectar entre sí y los equipos existentes no se vuelvan obsoletos, con lo que se lograría un interface abierta.

Desde un punto de vista de medición, conviene observar que los interfaces de entrada y salida existentes en un segmento de la red SDH (los interfaces de entrada/salida de SDH y de entrada/salida de las señales tributarias) son los mismos interfaces utilizados en un elemento individual de la red SDH.

Además de que se pueden utilizar los mismos tipos de configuraciones de prueba (entrada SDH a salida SDH, entrada SDH a salida de señal tributaria, entrada de señal tributaria a salida SDH y entrada de señal tributaria a salida de señal tributaria) ver Figura 8.1 en aplicaciones tanto de fabricación como de campo. Esto significa que se pueden utilizar la misma gama de pruebas, para verificar el rendimiento de la red SDH durante su instalación y durante la resolución de problemas en la red.

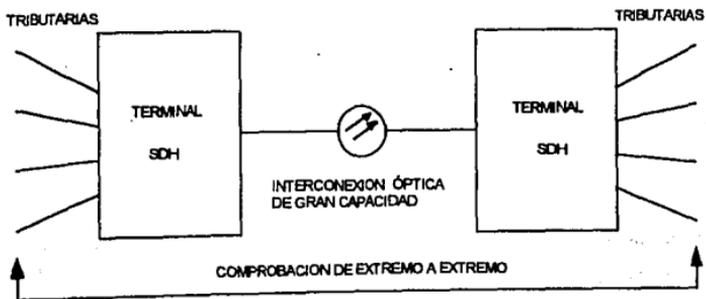


Figura 8.1 Capacidad de prueba de SDH

Como se sabe, la jerarquía digital síncrona necesita de equipo que controle y mida el comportamiento de la red de tal manera que la persona encargada, pueda manejar, mantener y configurar la red de acuerdo a sus necesidades y alcances. Para esto se han especialmente diseñado varios tipos de equipo, como son los analizadores SONET/SDH, analizadores digitales, analizadores de transmisión, módulos analizadores de encabezados, etc.

Los diferentes tipos de equipo de medición, realizan ciertas pruebas con las cuales se puede medir el desempeño de la red, dichas pruebas se clasifican en:

1. Pruebas de información.
2. Pruebas de estresamiento de los equipos de red SDH.
3. Estimulo a los equipos de red SDH / Pruebas de respuesta del sistema SDH.
4. Monitoreo del desempeño "dentro del servicio".
5. Pruebas de los canales de comunicación de datos (DCC).

8.1 PRUEBAS DE INFORMACIÓN SDH.

Si se toma por ejemplo que los servicios, 2 Mb/s y 140 Mb/s, de la jerarquía digital pliesiocrona (PDH) son transportados a través de la red SDH como carga dentro de la señal de SDH. Al entrar estos servicios al sistema de transmisión se mapean ó estructuran en tributarias-n (TU-n), o en contenedores virtuales (VC-4) de la señal de SDH y posteriormente son transmitidos a través de la red a su destino. Al llegar a su destino, las cargas de 2 Mb/s ó 140 Mb/s son demapeadas o se reestructuran de la señal SDH a señal PDH.

En este ejemplo existen tres estados que requieren de una verificación de transmisión libre de error a través de la red SDH.

1. Mapeo de la Información.
2. Transmisión de Información.
3. Demapeo de la Información.

8.1.1 MAPEO DE LA INFORMACIÓN.

El proceso de mapeo se prueba aplicando cargas como por ejemplo de 2 Mb/s ó 140 Mb/s a la sección de jerarquías PDH del equipo terminal de SDH. En la sección de jerarquía SDH del equipo terminal, la carga se demapea de la señal SDH mediante el equipo de prueba. Se realizan pruebas de BER (Bit Error Rate) en la carga demapeada para determinar si el equipo terminal introdujo errores a la carga en el proceso de mapeo. Como se ve en la figura 8.2

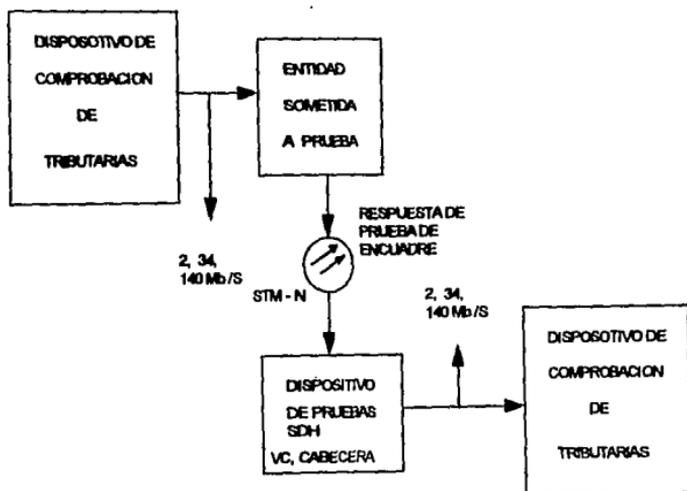


Figura 8.2 Prueba de mapeo

8.1.2 TRANSMISIÓN DE INFORMACIÓN.

El proceso de transmisión se prueba al transmitir una señal de prueba SDH, con una carga específica tal vez de 2 Mb/s, con un patrón predeterminado en el equipo de red. El equipo de prueba recibe la señal SDH del equipo de red y demapea la información. Se realiza una

medición de BER en la información recuperada para determinar si se han introducido errores durante la retransmisión.

El equipo de pruebas es capaz de demapear la información PDH desde la señal de prueba SDH.

8.1.3 DEMAPEO DE LA INFORMACIÓN.

El proceso de demapeo se prueba al transmitir una señal de prueba SDH a la sección terminal del multiplexor. En la sección terminal de PDH del multiplexor se recibe mediante el equipo de prueba la señal. Se realiza una prueba de BER en la transmisión recibida para determinar si se han introducido errores por el proceso de demapeo.

Los equipos de prueba, cuando se les conecta el módulo de interface adecuado, pueden mapear una señal PDH en una señal SDH, así como demapear una señal SDH a una señal PDH. Como se ve en la figura 8.3

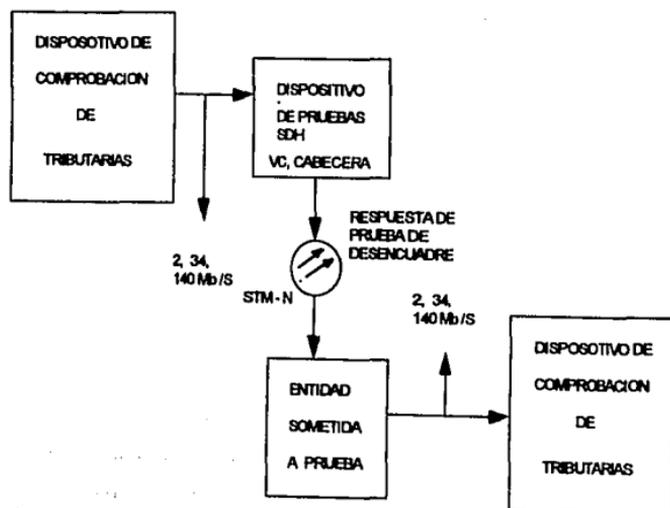


Figura 8.3 Prueba de demapeo

8.2 PRUEBA DE ESTRESAMIENTO DE LA RED SDH.

El desempeño de error de la red puede ser muy bueno bajo condiciones normales de operación. Sin embargo, la red requiere operar sin errores en condiciones no ideales, sino reales. Con los elementos de prueba de estresamiento de la red SDH/PDH es importante el asegurar que la red opera sin errores bajo condiciones de operación adversas.

La prueba de estresamiento de la red incluye las siguientes mediciones:

1. Estresamiento de sincronización de tramas.
2. Estresamiento de recuperación del reloj óptico.
3. Estresamiento del desincronizador.
4. Estresamiento del procesador del apuntador.
5. Estresamiento en variaciones de frecuencia e inserción de errores/alarmas.

8.2.1 SINCRONIZACIÓN DE TRAMAS.

Un elemento de la red debe mantener la sincronización incluso cuando se presenten algunos errores de trama. Si el número de errores de trama excede el umbral especificado de 3ms, el elemento de la red perderá sincronización de tramas provocando una nueva búsqueda de palabras de alineamiento.

El proceso de sincronización de tramas del elemento de la red puede estresarse al inyectarle errores de trama, en los bytes de trama A1 y A2 del encabezado o tara de sección. Conforme se incrementa el rango de inyección de errores de trama en el umbral de sincronización de trama, el elemento de la red indica condiciones de fuera de trama y pérdida de trama.

Conforme al rango de inyección de errores de trama disminuye de nuevo, el elemento de red deberá recuperar la sincronización de trama.

8.2.2 PRUEBAS DE RECUPERACIÓN DEL RELOJ ÓPTICO.

La situación ideal es que los circuitos de recuperación del reloj en las interfaces ópticas del equipo de red recuperen el reloj, incluso cuando se presenten cadenas largas de ceros.

El desempeño de la recuperación del reloj óptico del equipo de red, puede medirse al incrementar la longitud de un bloque de sustitución de cero hasta que se presente error de sincronía.

8.2.3 PRUEBAS DE DESINCRONIZACIÓN.

Al final de la red SDH, la información de la señal se demapea desde la señal de SDH. Los ajustes de apuntador en la señal SDH pueden provocar altos niveles de fluctuación o Jitter en las tributarias de salida. Cantidades excesivas de estas fluctuaciones darán como resultado una tasa de error.

La fase de desincronización del elemento de la red deberá disminuir el nivel de fluctuación de tributarios en la transmisión, pero la operación correcta bajo condiciones de stress debe verificarse.

La fase de desincronización puede estresarse al añadir secuencias de movimiento del apuntador a la señal de SDH de manera que el contenedor de prueba VC-4 se mueva con respecto a la trama SDH de manera controlada.

Puede utilizarse un equipo de pruebas de fluctuación de señal para verificar que la fluctuación de salida del desincronizador esta dentro de las especificaciones requeridas.

8.2.4 ESTRESAMIENTO DEL PROCESADOR DEL APUNTADOR.

La situación ideal es que una frecuencia de reloj de una señal STM-n que esta entrando debe sincronizarse a la frecuencia de reloj del elemento de red. Si no se sincronizan, el elemento de red lo compensa moviendo el contenedor virtual VC-4 relativo a la señal STM-n en curso. Esto se acompaña de movimientos del apuntador.

Se esperan algunos movimientos de apuntador en la red durante la operación normal debido a variaciones en la frecuencia del reloj. Los movimientos del apuntador en exceso pueden indicar un problema de sincronización de la red.

El procesador del apuntador puede ejercitarse al transmitir una señal STM-n al elemento de la red.

El transmisor del equipo de prueba y el elemento de la red se sincronizan y el rango de la señal STM-n del equipo de prueba se compensa para ejercitar el procesador del apuntador.

8.2.5 VARIACIONES DE FRECUENCIA E INSERCIÓN DE ERRORES/ALARMAS.

Para las distintas jerarquías de PDH, así como SDH es posible variar su frecuencia de transmisión para poner en prueba al equipo de transmisión SDH, estas mismas pruebas se pueden realizar cuando se este realizando la prueba de mapeo.

8.3 ESTIMULO A LOS EQUIPOS DE RED SDH / PRUEBAS DE RESPUESTA DEL SISTEMA SDH.

El equipo de red cuenta con alarmas integradas y monitores de error que indican al equipo de jerarquía superior e inferior si existen problemas potenciales en la red.

Si por ejemplo, se detecta una pérdida de señal de jerarquía superior o una condición de pérdida de trama mediante el equipo de terminación de sección multiplexor, se transmite una falla de recepción del extremo de jerarquía superior y una alarma de ruta se transmite en la jerarquía inferior.

Si el equipo terminal de ruta detecta un error de paridad, se transmite un error de bloque del punto lejano, y el error de paridad se almacena en el monitor de desempeño.

El equipo de red puede también contar con interruptores de protección automática integrados. Estos interruptores se conmutan automáticamente bajo ciertas condiciones de alarma o cuando la tasa de error excede el valor del umbral.

Es importante que las alarmas y los monitores de desempeño de error estén funcionando correctamente, a fin de asegurar que los interruptores de protección se conmuten a la red si es necesario. Es igualmente importante que los interruptores de protección reaccionen correctamente a la información de mantenimiento.

8.3.1 ESTIMULO Y RESPUESTA DE ALARMAS.

Los elementos de la red SDH transmiten alarmas en respuesta a ciertas condiciones de error/alarma para indicar un equipo de jerarquía superior e inferior en que existen estas condiciones. Si estas alarmas no se transmiten de manera correcta, en el tiempo adecuado, ocurrirán degradaciones en la señal.

Esta prueba verifica la capacidad de monitorización de alarmas del dispositivo de alarmas del elemento sometido a prueba, enviando una señal de prueba de alarma desde el elemento de pruebas SDH.

Esta señal de prueba se podrá intercalar en la cabecera de ruta o en los sectores de cabecera de sección de señal SDH.

A su vez, el elemento sometido a prueba provocara la generación de señales de respuesta, posiblemente en las etapas anterior y posterior de la señal. Un dispositivo de prueba SDH conectado a cualquiera de las etapas podrá aislar las respuestas de prueba para fines de verificación.

8.3.2 ESTIMULO Y RESPUESTA DEL MONITOREO DE DESEMPEÑO.

Para esta prueba los monitores de desempeño integrados al equipo de red SDH cuentan errores de paridad por intercalación de bits (BIP), y comunican los resultados al controlador de la red mediante el canal de comunicación de datos (DCC). Los monitores de desempeño en el equipo de terminación de ruta pueden también comunicarse al equipo de jerarquía superior.

8.3.3.- ESTIMULO Y RESPUESTA DEL MSP (PROTECCIÓN DE SECCIÓN DEL MULTIPLEXOR).

La protección de sección del multiplexor (MSP) es una característica opcional para el equipo terminal se sección del multiplexor (MSTE) de SDH. Para esos MSTE en los cuales se proporcione el sistema MSP, se estandariza para asegurar la interoperabilidad de MSP entre diferentes MSTE de distintos proveedores. Los mensajes estándar, llevados en los bytes K1 y K2 en la señal de transporte de encabezado SDH, indican el estado del MSP.

La conmutación a la línea de protección ocurre cuando se satisface una de las siguientes condiciones en un lapso de tiempo determinado:

1. Pérdida de señal (LOS).
2. Pérdida de trama(LOF).
3. Falla de señal
4. Degradación de la señal.

El equipo de prueba puede utilizarse para probar la conmutación de la protección de sección del multiplexor, conmutándola mediante:

1. La generación de las condiciones de conmutación enlistadas anteriormente.
2. La transmisión y monitoreo de los mensajes K1 y K2.

8.4 MONITOREO DEL DESEMPEÑO "DENTRO DEL SERVICIO".

El monitoreo en servicio del desempeño de la red permite tomar acciones de mantenimiento antes de que una degradación se convierta en problema serio provocando retraso en la red.

El monitoreo y análisis de los errores BIP y los movimientos del apuntador de información proporcionan una indicación particularmente valiosa del desempeño de la red.

8.5 PRUEBAS DE CANALES DE COMUNICACIÓN DE DATOS (DCC).

El encabezado de sección de datos contiene dos canales de datos, sección del regenerador DCC a 192 Kb/s (bytes de encabezado D1 - D3) y sección de multiplexado DCC a 576 Kb/s (bytes de encabezado D4 - D12). El DCC comunica los mensajes de administración de la red entre los elementos de la red y el controlador de la misma mediante el sistema computarizado de soporte de operaciones. Si el DCC no opera correctamente, estos mensajes de administración de red se perderán y las degradaciones en el desempeño de la red pasaran desapercibidas. Esto puede dar como resultado una condición de falla.

La prueba completa de la línea y la sección de DCC puede llevarse a cabo utilizando un analizador de protocolos conectado mediante un equipo de prueba a los bytes de encabezados apropiados. Al extremo del equipo de prueba puede ponerse el DCC seleccionado al analizador de protocolos permitiendo que la integridad del DCC se analice.

CONCLUSIONES

Las normas SDH basadas en los principios de multiplexación directa síncrona, son la clave de cualquier red de telecomunicación flexible y económica. Básicamente significa que las distintas señales tributarias pueden multiplexarse directamente en una señal SDH de mayor velocidad, sin etapas intermedias de multiplexación. Por tanto, los elementos de red SDH pueden interconectarse directamente, con el consiguiente ahorro en costos y equipos, en comparación con las redes existentes.

Aportan una capacidad de ancho de banda mayor para realizar funciones avanzadas de administración y mantenimiento de la red. Se precisan posibilidades de administración y de mantenimiento avanzadas en una red flexible, con el fin de administrar y mantener eficazmente dicha flexibilidad. Aproximadamente el 5% de la estructura de señalización SDH, se asigna a dar soporte a los avanzados procedimientos y prácticas de administración de la red.

La señal SDH puede transportar todas las señales tributarias existentes en las actuales redes de telecomunicaciones. Esto significa que SDH puede desplegarse con un nivel superpuesto sobre la red existente y, de ser necesario, proporcionar mayor flexibilidad a la red transportando los tipos existentes de señales. Asimismo, dispone de la flexibilidad necesaria para dar cabida a los nuevos tipos de señales para clientes que los operadores de comunicaciones deseen añadir en el futuro.

SDH aporta una única norma común para esta red de comunicaciones, permitiendo interconectar directamente equipos de distintos fabricantes.

El hecho de desarrollar la estructura de la jerarquía digital síncrona en elementos básicos normalizados hace compatibles todos los equipos de la red a nivel funcional aunque sean

suministrados por diversos fabricantes. Los sistemas de interconexión amplían la eficiencia de la red al aumentar la ocupación de las líneas, combinando distintos servicios a través de una misma línea de transmisión, aumentándose la eficiencia.

• GLOSARIO

ACSE	Elemento de servicio de control de asociación (Association Control Service Element)
ADC	Convertidor analógico-digital (Analog-Digital Converter)
ADM	Multiplexor de Inserción-extracción (Add - Drop Multiplexer)
AIS	Señal de Indicación de Alarma (Alarm Indication Signal)
AMI	Inversión Alternada de Marcas (Alternate Mark Inversion)
AT&T	Compañía Americana de Telefonía y Telegrafía (American Telephone and Telegraph Co.)
ATM	Modo de Transmisión Asíncrona
AU	Unidad administrativa (Administrative Unit)
BB-ISDN	Red Digital de Servicios Integrados de Banda Ancha
BDCS	Sistema de interconexión digital de banda amplia (Broadband DCS)
BER	Rango De Errores de Bits (BIT Error Rate)
BNZS	Sustitución de n ceros binarios (Binary n Zero Sustrition)
C	Contenedor
CCITT	Comité Consultivo Internacional de Telefonía y Telegrafía
CEPT	Comité Europeo de Estandarización Telefónica
CIC	Canal Intercalado de control
CLNP	Protocolo de capa de red sin conexión (Connection-Less Network-layer Protocol)
CMI	Código de Inversión de Marcas (Code Mark Inversion)
CMIP	Protocolo de información de administración común (Common Mangment Information Protocol)
CMISE	Elemento de servicio de información de administración común (Common Management Information Service)
COG	Clase de objeto administrado (Connectable Object Group)
DCC	Canal de comunicación de datos (Data Communication Channel)
DCC _R	Canal de comunicación de datos de regeneración (Data Communication Channel on the Regenerator section)
DCC _M	Canal de comunicación de datos de multiplexaje (Data Communication Channel on the Multiplex section)
DCF	Función de comunicación de datos (Data Communication Function)
DCN	Red de comunicación de datos (Data Communication Network)
DCS	Sistema de interconexión Digital (Digital Cross connect System)
DQDB	Bus Dual de Encolamiento Distribuido
DS-1	Señal digital multiplexada de orden 1
DSX	Cross-connect digital
EA	Acceso para Equipo Externo
ESCA	Elemento de control de asociación
FDM	Multiplexaje por división en frecuencia (Frequency Division Multiplexing)
FU	Unidad funcional (Functional Unit)
HCS	Supervisión de conexión de ruta de orden superior (Higher order path Connection Supervision)
HDB3	Código de Alta Densidad 3 (High Density Bipolar Three)
HOA	Ensamblador de orden superior (Higher Order Assembler)
HOI	Interface de orden superior (Higher Order Interface)
HOP	Trayecto de orden superior (Higher Order Path)
HPA	Adaptación de orden superior (Higher order Path Adaptation)
HPC	Conexión de ruta de orden superior (High order Path Connection)
HPOM	Monitorio de encabezado de ruta de orden superior (Higher order Path Overhead Monitor)
HPT	Terminación de ruta de orden superior (Higher order Path Termination)
HUG	Generador no equipado de ruta de orden superior (Higher order path Unequipped Generator)
ILD	Diodo láser de inyección (Injection Laser Diode)
IU	Intervalo Unitario
LAN	Red de Area Local
LCS	Supervisión de conexión de ruta de orden inferior (Lower order path Connection Supervision)
LED	Diodo de emisión de luz (Light Emiting Diode)
LOCAP	Baja capacitancia (Low capacitance)
LOF	Pérdida de Trama (Lost of Frame)
LOI	Interface de orden inferior (Lower Order Interface)
LOP	Trayecto de orden inferior (Lower Order Path)
LOS	Pérdida de Señal (Lost of Signal)
LPA	Adaptación de ruta de orden inferior (Lower Path Adaptation)
LPC	Conexión de ruta de orden inferior (Lower order Path Connection)
LPOM	Monitorio de encabezado de ruta de orden inferior (Lower order Path Overhead Monitor)
LPT	Terminación de ruta de orden inferior (Lower order Path Termination)
LST	Bit menos significativo
LSB	Integración de gran escala (Large Scale Integration)
LSI	Generador no equipado de ruta de orden inferior (Lower order path Unequipped Generator)
LUG	

MAF	Función de aplicación de administración (Management Application Function)
MAAN	Red de Área Metropolitana
MAO	Operaciones, administración, mantenimiento, gestión y provisiónamiento
MCF	Función de comunicación de mensajes (Message Communication Function)
MD	Dispositivo de mediación (Mediation Device)
MDV/ OS	Sistema Operativo/ Dispositivo de mediación (Mediation Device/ Operations System)
MF	Función de Mediación (Mediation Function)
MO	Objeto Administrado (Managed Object)
MSA	Adaptación de sección de multiplexaje (Multiplex Section Adaptation)
MSB	Bit más significativo
MSP	Protección de la Sección del Multiplexor (Multiplexer Section Protection)
MST	Terminación de sección de multiplexaje (Multiplex Section Termination)
MSTE	Equipo Terminal de Sección del Multiplexor (Multiplexer Section Terminal Equipment)
NE	Elemento de red (Network Element)
NEF	Función de elemento de red (Network Element Function)
NET	Elemento de red de cabecera (Network Entry TRie)
NNI	Interface de Nodos de Red
NRZ	Código de No Regreso a Cero (Non Return To Zero)
NRZ-BIPOLAR	Código de Regreso a Cero Unipolar (Bipolar Return to Zero)
NRZ-L	Código de No Regreso a Cero de Nivel (Level Non Return to Zero)
NRZ-M	Código de No Regreso a Cero Marca (Mark Non Return to Zero)
NRZ-S	Código de No Regreso a Cero Espacio (Space Non Return to Zero)
NRZ-UNIPOLAR	Código de no Regreso a Cero Unipolar (Unipolar Non Return to Zero)
OC	Portador Óptico
OFT	Terminal de fibra óptica (Optical Fiber terminal)
OHA	Función de acceso al encabezado (Overhead Access)
OS	Sistema Operativo (Operating Service)
OS/NE	Elemento de red / Sistema operativo (Operation System/ Network Element)
PAM	Modulación de amplitud de pulso (Pulse Amplitude Modulation)
PBX	Centrales de red privada (Private Branch Exchanges)
PCM	Modulación de pulsos Codificados (Pulse Code Modulation)
PCS	Función de supervisión de conexión de PDH (PDH Connection Supervision)
PCS	Fibra de silica-recubierta-plástico
PDH	Red Digital Plesiócrona
POH	Encabezado de Enrutamiento
PPI	Interface física de PDH (PDH Physical Interface)
PPM	Modulación de posición de pulso (Pulse Position Modulation)
PRS	Fuente de referencia primaria (Primary Reference Source)
PSTN	Red telefónica pública conmutada (Public Switched Telephone Network)
PWM	Modulación de ancho de pulso (Pulse Width Modulation)
QOS	Calidad de Servicio (Quality Of Service)
R	Regenerador (regenerator)
RCB	Reglas de codificación básicas
ROSE	Elemento de operaciones de servicio a distancia (Remote Operation Service Element)
RST	Terminación de sección de regenerador (Regenerator Section Termination)
RZ	Código de Regreso a Cero (Return to Zero)
RZ-BIPOLAR	Código de Regreso a Cero Bipolar (Bipolar Return to Zero)
RZ-UNIPOLAR	Código de Regreso a Cero Unipolar (Unipolar Return to Zero)
RZ-POLAR	Código de Regreso a Cero Polar (Polar Return to Zero)
SCS	Fibra de silica-recubierta-silica
SDH	Jerarquia Digital Síncrona (Synchronous Digital Hierarchy)
SEMF	Función de administración de equipo síncrono (Synchronous Equipment Management Function)
SETPI	Interface física de sincronización de equipo síncrono (Synchronous Equipment Timing Physical Interface)
SETS	Fuente de sincronización de equipo síncrono (Synchronous Equipment Timing Source)
SMN	Red de administración de SDH (SDH Management Administration)
SMS	Subred de administración de SDH (SDH Management Sub-network)
SOH	Encabezado de Sección
SPDU	Unidad de datos de protocolo de sesión (Session Protocol Data Unit)
SPI	Interface física de SDH (Synchronous Physical Interface)
SPM	Codificación por división de fase
STISA	Servicio de transferencia de información sin acuse de recibo
STISCA	Servicio de transferencia de información con acuse de recibo
STM	Módulo de transporta Síncrono
TDM	Multiplexaje por división en el tiempo (Time Division Multiplexing)
TIE	Error de Intervalo de tiempo (Time Interval Error)
TM	Multiplexor terminal (Terminal Multiplexer)
TMN	Red de administración de telecomunicaciones (Telecommunication Management Network)
TTF	Función terminal de transporte (Transport Terminal Function)
UAT	Tiempo no disponible (Unavailable Time)

UDSR	Unidades de datos de servicio de red
VC	Contenedor Virtual
VC-4	Contenedor Virtual del Módulo de Transporte Síncrono-nivel 1
WDCS	Sistema de interconexión digital de banda ancha (Wideband DCS)
WS	Estación de trabajo (Work Station)
WSF	Función de estación de trabajo (Work station Function)

BIBLIOGRAFÍA

**COMUNICACIONES ELÉCTRICAS
SDH / SONET Y COMUNICACIONES DE EMPRESA
ALCATEL-STANDARD ELÉCTRICA
ALCATEL ALSHTOM PUBLICATIONS
CUARTO TRIMESTRE, 1993**

**ENTERPRISE NETWORKING
DANIEL MINOLI
ARTECH HOUSE
1993**

**RECOMENDACIONES CCITT
SERIE G**

**G.703-CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y ELÉCTRICAS DE LOS INTERFACES DIGITALES
JERÁRQUICOS**

**G.704-ESTRUCTURAS DE TRAMA SÍNCRONA UTILIZADAS EN LOS NIVELES
JERÁRQUICOS PRIMARIO Y SECUNDARIO**

G.707-VELOCIDADES BINARIAS DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA.

G.708-INTERFAZ DE NODO DE RED PARA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

G.709-ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACIÓN SÍNCRONA

**G.781-ESTRUCTURA DE LAS RECOMENDACIONES SOBRE EL EQUIPO DE
MULTIPLEXACIÓN DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

**G.782-TIPOS Y CARACTERÍSTICAS GENERALES DE MULTIPLEXACIÓN DE LA
JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA**

**G.783-CARACTERÍSTICAS DE LOS BLOQUES FUNCIONALES DEL EQUIPO DE
MULTIPLEXACIÓN PARA LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA.**

G.784-GESTIÓN DE LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA

G.810-CONSIDERACIONES SOBRE ASPECTOS DE TEMPORIZACIÓN Y SINCRONIZACIÓN

**G.811-REQUISITOS DE TEMPORIZACIÓN EN LA SALIDA DE RELOJES DE REFERENCIA
PRIMARIOS ADECUADOS PARA LA EXPLOTACIÓN PLESIÓCRONA DE ENLACES
DIGITALES INTERNACIONALES.**

**G.957-INTERFACES ÓPTICOS PARA EQUIPOS Y SISTEMAS BASADOS EN LA JERARQUÍA
DIGITAL SÍNCRONA**

**G.958-SISTEMAS DE LÍNEA DIGITAL BASADOS EN LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA
PARA UTILIZACIÓN EN CABLES DE FIBRA ÓPTICA**

M.30-PRINCIPIOS DE UNA RED DE GESTIÓN DE LAS TELECOMUNICACIONES

ADVANCED ELECTRONIC COMMUNICATION SYSTEM
WAYNE TOMASI
PRENTICE HALL
1993

ERICSSON TRANSPORT NETWORK ARCHITECTURE & SYNCHRONOUS DIGITAL
HIERARCHY (SDH).
CELE-ERICSSON
1994

FUTURE OPTICAL FIBER TRANSMISION
P. COCKRANE Y M. BRAIN
IEEE, NOVIEMBRE 1988

FUTURE DIRECTIONS IN LONG HAUL FIBER OPTIC SYSTEMS
P. COCKRANE
BR. TELECOM TECHONLOGIES
1990

A SYNCHRONOUS DIGITAL HIERARCHY NETWORK MANAGEMENT SYSTEM
TOSHINARI K. SATORU S. Y NORIYUKI S.
IEEE, NOVIEMBRE 1993

NETWORK SYNCHRONIZATION-A CHALLENGE FOR SDH/SONET.
MICHEL J. KLEIN Y RALPH URBANSKY
IEEE, SEPTIEMBRE 1993

AN OVERVIEW OF SONET BASED SYSTEMS
ROSE A. VALENTA
DATA PRO INFORMATION SERVICES GROUP
1992

AN OVERVIEW OF THE SYNCHRONOUS OPTICAL NETWORK
DATA PRO INFORMATION SERVICES GROUP
1992

BUILDING PRIVATE SONET NETWORKS DESIGN AND MANAGEMENT.
NATHAN MULLER
DATA PRO INFORMATION SERVICES GROUP
1992

SONET MAKES CENTS
FRANK J. MARTIN
FEATURES
JULIO DE 1991

MAKING A TRANSITION FROM T3 TO SONET
CHARLES GIANCARLO
FEATURES
ABRIL 1993

THE SYNCHRONOUS DIGITAL HIERACHY
S.P. FERGUSON
G.P.T.NETWORK SYSTEM GROUP
1989

**MEDICIONES EN JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA
HELLWETT PACKARD DE MÉXICO S.A.
MÉXICO 1992**

**THE ROLE OF SONET IN THE DEVELOPEMENT OF BROAD BAND-ISDN
WILLIAM STOLLINGS
FEATURES
ABRIL 1992**