

UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA



“JERARQUIA DIGITAL SINCRONA (SDH)”

INFORME DE SUFICIENCIA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRONICO

PRESENTADO POR:

RAMIRO HUARCAYA SEGOVIA

**PROMOCIÓN
1995-II**

**LIMA – PERÚ
2002**

A mis padres

A mi esposa e hija

**“JERARQUIA DIGITAL SINCRONA”
(SDH)**

SUMARIO

La importancia del SDH en las nuevas tecnologías emergentes, y el uso actual que se le da en las grandes compañías de Telecomunicaciones motiva el estudio de esta nueva tecnología. Se inicia tomando en cuenta el por que y como nace el SDH para comprender la estructura y los procesos que se realizan al formar una trama en este sistema; así mismo, se explican los diferentes medios de transmisión que existen actualmente, sus aplicaciones y limitaciones frente a las propuestas de esta nueva tecnología, para finalizar y comprender mas sobre el tema se habla de los entes externos que ayudan una mejor performance en una trama SDH las cuales son el sincronismo y la gestión, consiguiendo de esta manera satisfacer los objetivos propuestos inicialmente..

INDICE

INTRODUCCION

I. SIGNIFICADO DE SDH

1.1 Características principales del SDH	03
1.2 Diferencias entre SDH y PDH.....	05
1.3 Beneficios de la SDH.....	07

II. RECOMENDACIONES ITU-T

2.1 Recomendaciones sobre la estructura básica y señales eléctricas	10
2.2 Recomendaciones para elementos de Redes SDH	11
2.3 Recomendación sobres las estructuras de Redes SDH.....	11
2.4 Recomendaciones sobre Jitter y Wander	11
2.5 Recomendaciones sobre las estructuras de redes SDH.....	11
2.6 Recomendaciones sobre la Red de Gestión Telecomunicaciones (TMN)	11
2,7 Recomendaciones Regionales	12

III FUNDAMENTOS DE LA RED SDH

3.1 Niveles de velocidad del SDH.....	13
3.2 Redes mixta SDH y PDH.....	14
3.3 Elementos de Red.....	14
3.4 Trayecto y Sección.....	16
3.5 Diagrama de Bloque de la Red SDH.....	19

3.6 Estructura Básica del Multiplexaje.....	24
3.7 Trama STM-1.....	29
3.8 Encabezamiento.....	31
3.8.1 Encabezamiento de trayecto (POH).....	32
3.8.2 Encabezamiento de Sección (SOH).....	38
3.9 Punteros.....	43
3.10 Mapeo y Multiplexión.....	59
3.11 Supervisión de la calidad de transmisión.....	78
3.12 Señales de Mantenimiento	79
3.13 Multiplexación a Ordenes Superiores STM-N	81
 IV MEDIOS DE TRANSMISIÓN POR SDH	
4.1 Equipo de Transmisión de SDH por F.O.....	86
4.2 Gestion TMN	91
4.3 Equipo de Transmisión por SDH por Radio	95
4.4 Ejemplo de aplicación en el sistema SDH	96
 V SINCRONIZACION DE REDES	
5.1 Características de sincronismo	114
5.2 Estratos de Sincronismo	114
5.4 Señales de Sincronismo	115
CONCLUSIONES	119
BIBLIOGRAFÍA.....	121

INTRODUCCION

Las Comunicación siempre ha sido una parte muy importante de la vida humana. A lo largo del tiempo a medida que se ha desarrollado la tecnología, el hombre ha creado métodos de comunicación cada vez mas sofisticados. Las invenciones del teléfono y del telégrafo en el siglo antepasado fueron avances importantes ya que estas nuevas tecnologías permitieron la comunicación directa entre personas que se encontraban muy alejadas, lo que hizo de las telecomunicaciones una realidad.

En este siglo, las tecnologías de telecomunicación han mejorada de forma continuada, especialmente en el área de transmisión de datos. Esta aplicación de la red de telecomunicaciones ha requerido un mayor ancho de banda a medida que las unidades de procesamiento de datos se han hecho cada vez más sofisticadas y potentes.

Los sistemas de transmisión digital han proporcionado un aumento sostenido del ancho de banda a lo largo de las dos últimas décadas. Cuando la tecnología permitió la transmisión a velocidades más altas, pudo disponerse de mayor ancho de banda. Estos sistemas digitales estaban basados en la tecnología disponible en el momento en que comenzó este desarrollo y el resultado fue la jerarquía digital presíncrona (PDH). En la

actualidad existen tres tipos diferentes jerarquías (CEPT, Norteamericana y Japonesa) que se utilizan en el mundo.

Sin embargo, cuando se trata de transmitir señales de Banda Ancha B-ISDN como HDTV (considerada en los estudios realizados a través del UIT-T), ninguna de estas jerarquías está en condiciones de poder transmitir de manera eficiente estas señales B-ISDN a través de la red.

Frente al problema anterior se decide estandarizar una nueva jerarquía digital que sea única y común para todo el mundo y esto se ejecuta antes de la estandarización de las Interfaces Usuario Red (UNI) del B-ISDN, esta jerarquía fue denominada como SDH (Jerarquía Digital Síncrona).

La Jerarquía Digital Síncrona define especificaciones de interfaces para diferentes clases de multiplexaje de señales de servicio de alta velocidad y también para señales existentes de baja velocidad. Esta fue estandarizada en Noviembre de 1988 por el ITU-T y revisada parcialmente en 1990, en la actualidad estas recomendaciones son actualizadas a través de continuas publicaciones.

CAPITULO I SIGNIFICADO DE S D H

En definitiva SDH viene a ser la infraestructura de las redes del futuro con aplicaciones actuales y venideras las cuales suministrarán anchas bandas y servicios inteligentes, el significado de SDH viene dado por un nuevo concepto de la jerarquía digital que básicamente conlleva las mismas funciones conocidas en PDH, diseñado para enlaces digitales de datos de alta velocidad y se ha desarrollado en vista de la necesidad de eliminar los límites impuestos por la jerarquía asíncrona con el fin de atender las crecientes demandas para la mejora de la flexibilidad y eficiencia en la utilización de la línea.

El SDH es una red de transporte síncrono. Es una Red estandarizada que puede transportar señales sincrónicas y asíncronas, multiplexa señales digitales de baja velocidad a alta velocidad, realiza transmisiones eficientes de grandes capacidades de información, gozan de flexibilización de multiplexación y demultiplexación, así como también de sacar ó introducir señales sin multiplexación y demultiplexación. Crea normas estandarizadas y tiene sistemas de protección de tráfico dentro del transporte de la señal.

1.1 Las Características Principales del SDH

Se resume en lo siguiente:

1.1.1 Interface Sincrónica Unificada

Debido a sus características de red sincrónica, se dispone de un acceso fácil y simple a los tributarios de una señal multiplexada de alta velocidad.

Información de interfaces unificada basada en los sistemas 2Mb/s y 1,5Mb/s.

1.1.2 Multiplexaje Flexible de Varias Informaciones

El sistema SDH multiplexa en forma flexible varias clases de informaciones, tales como servicios telefónicos existentes a servicios futuros de alta velocidad, lo cual con lleva a planificar desde ahora la ejecución de infraestructuras necesarias para el servicio futuro de B-ISDN.

1.1.3 Abundante Capacidad de Encabezamiento

SDH tiene una inmensa capacidad de transmisión de información OAM, permitiendo una alta funcionalidad y confiabilidad en la red. A través de esto se gestiona usando el 5% de la capacidad de Transmisión reservada para la gestión de Red, pudiendo con esto monitorizar la calidad de servicio desde la Entrada en la Red SDH hasta la salida.

Para cumplir con lo anterior se necesitan desarrollar nuevas tecnologías, dando como resultado nuevos conceptos, tales como "puntero", "tramas de 9 filas", "Contenedor virtual", "Octeto de cabecera", "sección y trayecto".

Esto permite la implementación de arquitecturas más eficientes y flexibles

-Inserción / extracción

- Transconexión
- Protección
- Sincronización de Red

1.2. Diferencias Entre SDH y PDH

La diferencia entre la técnica PDH y la SDH viene dada por los siguientes puntos:

- SDH es síncrona. Todos los elementos de una Red SDH utilizan un solo reloj como referencia y las recomendaciones para la SDH están basadas en este principio.

- SDH proporciona una multiplexión más sencilla. La señal SDH tiene incorporadas señales de nivel más bajo (es decir, las velocidades de las señales son menores), como en los sistemas PDH actuales. No obstante el nivel SDH más bajo puede identificarse desde el nivel más alto. Esto hace que la inserción y extracción de canales incorporados de tráfico en el sistema SDH resulte mucho más sencilla que en los sistemas PDH.

- SDH proporciona una norma óptica que permite la combinación de equipos de distintos proveedores en un mismo sistema de transmisión.

- SDH puede introducirse en redes existentes. Los sistemas PDH existentes pueden incorporarse a los sistemas SDH y transportarse en forma transparente, a través de estos.

- SDH permite la combinación de los sistemas PDH existentes europeos (ETSI) y norteamericanos (ANSI), por ejemplo, el mismo sistema SDH puede transportar tanto señales PDH norteamericana 1,5Mb/s, como señales PDH europeas a 2Mb/s. (Figura1)

JERARQUIA DIGITAL PRESIOCRANA

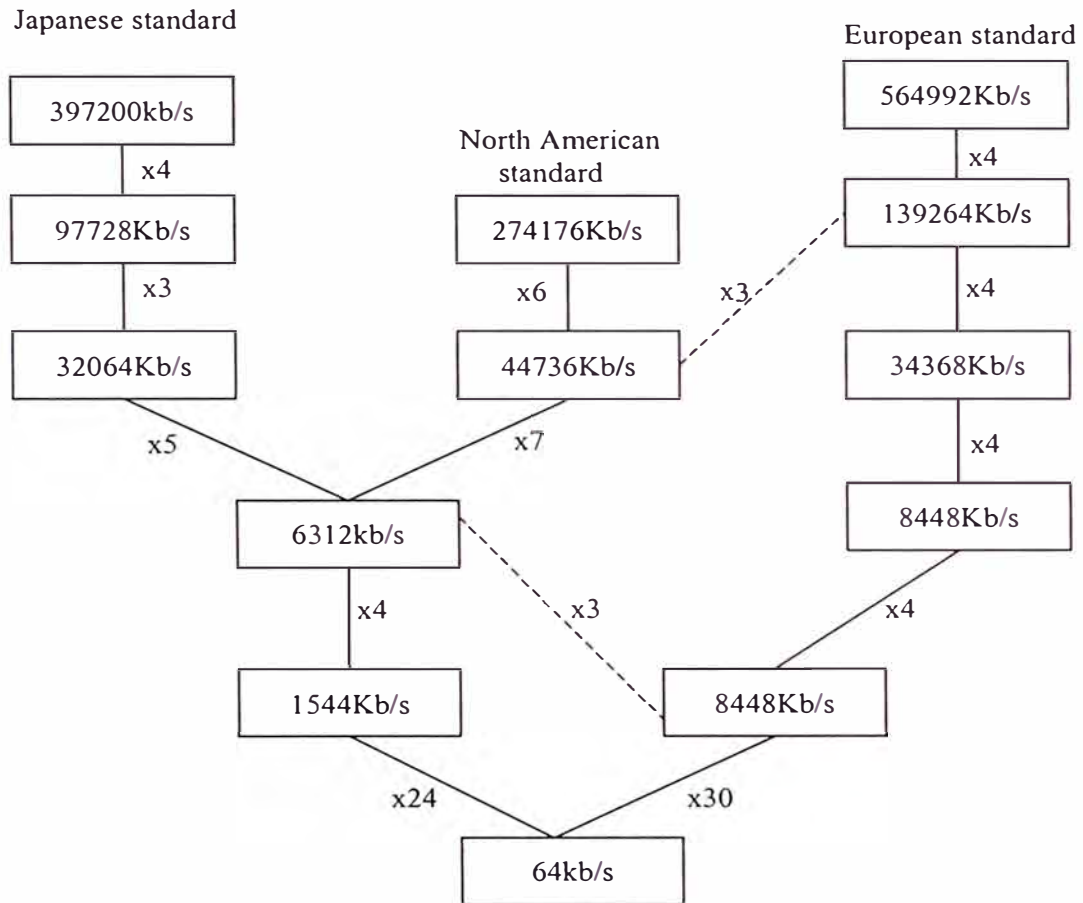


Figura 1

- SDH esta preparada para las aplicaciones futuras. Las recomendaciones para la SDH se han centrado fundamentalmente en el transporte de señales PDH existentes y de señales del modo de transferencia asíncrona (ATM) futuras, pero las definiciones están abiertas para la inclusión de otras aplicaciones futuras como la televisión de alta definición (HDTV) y las redes de área metropolitana (MAN).

- SDH proporciona canales para gestión de Redes. Los canales de datos para el funcionamiento y mantenimiento de la Red SDH están incorporados en la propia señal SDH y por tanto están disponibles en los elementos de la red SDH.

- SDH permite el control centralizado de la red. Esto se consigue gracias a los canales de gestión de la señal SDH y a las recomendaciones establecidas para los elementos de la red SDH.

Por lo tanto las diferencias entre la técnica PDH y la técnica SDH esta dada por tres puntos principales: Red Sincrónica, Abundancia de Bitios para una información auxiliar y una estandarización unificada.

1.3. Beneficios de la SDH

1.3.1. Red Síncrona

- Proceso de multiplexaje sencillo
- Acceso fácil a los tributarios de la señal multiplexada de alta velocidad.

ADD / DROP	distribución
RING	supervivencia

CROSS CONNECT capacidad de gestión

Gestión del ancho de banda.

Diversidad de rutas de protección.

Gracias a la Red Sincrónica, se logran beneficios de accesibilidad a los tributarios.

Comparando el caso de acceso a los tributarios en PDH y en SDH, las diferencias son notables, especialmente en la cantidad de equipos independientes a ser utilizados y la flexibilidad que ofrece la red, especialmente en el caso de SDH (figura 2).

1.3.2. Bitios de Encabezamiento

Ejecución de un sistema de Gestión de Redes altamente avanzados

Gestión de Fallas

Gestión de Configuración

Gestión de comportamiento

Gestión de Seguridad

Gestión de Contabilidad

Con respecto al uso de los bitios auxiliares, estos representan una herramienta útil para poder gestionar la red de una manera eficiente y flexible.

1.3.3. Interfaces Unificadas

La ventaja de tener interfaces unificadas, le permitirá obtener al cliente un ambiente multivendedor, además de garantizarle conexiones internacionales.

ACCESO SIMPLE A LOS TRIBUTARIOS

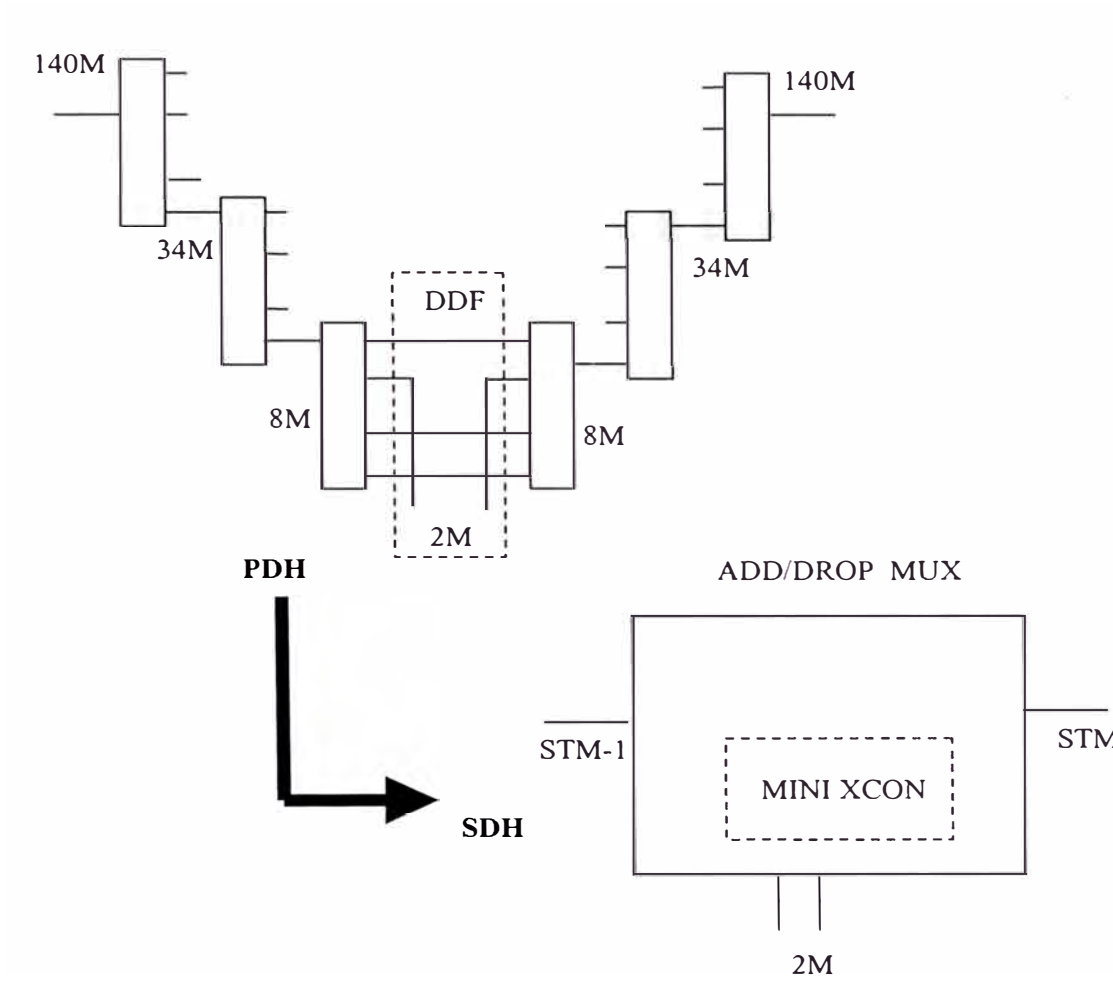


Figura. 2

CAPITULO II RECOMENDACIONES ITU-T

Teniendo como objetivo la "Unificación de jerarquías Digitales", se realizó un intenso estudio cuya fase terminó en 1988. Lo anterior dio como resultado las recomendaciones básicas sobre SDH G707, G708 y G709 las cuales fueron publicadas con una rapidez sin precedentes. Luego completadas otras recomendaciones además de posteriores revisiones de las primeras.

Si se compara con previa recomendaciones, estas recomendaciones cubren un área mayor, especialmente en el campo OAM (Operación, Administración y Mantenimiento), los objetivos y el modelo del OAM fueron bastante claros y ejecutables, en las recomendaciones G782 y G783 se indican los modelos de equipos, en G784 y G774 se informa sobre la administración de gestión.

De una forma más detallada se presenta algunas recomendaciones:

2.1. Recomendaciones Sobre Las Estructura Básica y Las Señales Eléctricas.

G.702 Velocidades de transmisión de la jerarquía - digital.

G.703 Características físicas y eléctricas de las interfaces digitales jerárquicas.

G.707 Velocidades de transmisión de la jerarquía digital síncrona.

G.708 Interfaces red-nodo para la jerarquía digital síncrona.

G.709 Estructura de multiplexión síncrona.

2.2. Recomendaciones para Elementos de Redes SDH

G.781 Estructura de las recomendaciones sobre equipos de multiplexión para la jerarquía digital síncrona (SDH).

G.782 Tipos y características generales de los equipos de multiplexión de la jerarquía digital síncrona (SDH).

G.783 Características de los bloques funcionales de los equipos de multiplexión de la jerarquía digital síncrona (SDH).

G.784 Gestión de la jerarquía digital síncrona (SDH).

2.3. Recomendaciones Sobres las Estructuras de Redes SDH

G.803 Arquitecturas de redes de transporte basados en la jerarquía digital síncrona (SDH).

2.4. Recomendaciones sobre Jitter Y Wander

G.823 El control del Jitter y del Wander dentro de redes digitales que estén basadas en la jerarquía a 2048 Kb/s.

G.825 El control del Jitter y del Wander dentro de las redes digitales que estén basadas en la jerarquía digital síncrona (SDH).

2.5. Recomendaciones sobre las Estructuras de Redes SDH

G826 Parámetros de errores de funcionamiento y objetivos para rutas internacionales digitales a velocidades de transmisión constantes, a la velocidad primaria o por encima de la misma.

2.6. Recomendaciones Sobre la Red de Gestión de Telecomunicaciones (TMN)

M.30 Principios para una red de gestión de telecomunicaciones (TMN).

G.773 Secuencias de protocolos para interfaces Q para gestión de sistemas de transmisión.

2.7. Recomendaciones Regionales

Las recomendaciones mencionadas en este capítulo son creadas por ITU-T para que se utilicen en todo el mundo. Los organismos de normalización regionales han definido subconjuntos o variantes del sistema para que se utilicen en las regiones respectivas. En Europa, se ocupa de hacer esto el ETSI (Instituto de Estandarización de la Telecomunicaciones Europeas), mientras que el ANSI (American National Standards institute) define las normas SDH para Norteamérica.

CAPITULO III FUNDAMENTOS DE LA RED SDH

3.1. Niveles de Velocidad del SDH

Teniendo como base que la red SDH es síncrona (todos los elementos de la red utilizan la misma frecuencia de reloj), y además hasta hoy se han definido tres niveles de señales SDH. El nivel y la velocidad de transmisión de datos se indica en la tabla siguiente:

NIVEL SDH	VELOCIDAD DE TRANSMISION DE DATOS
STM - 1	155520Kb/s
STM - 4	622080Kb/s
STM - 16	2488320Kb/s

STM-N significa módulo de transporte síncrono nivel-N. Identifica el nivel de la señal SDH. En la red se utilizarán estas velocidades de transmisión dependiendo del ancho de banda requerido. Típicamente el núcleo (o columna vertebral) de una red tendrá enlaces punto a punto a la velocidad de transmisión más alta disponible (por ejemplo, STM-16). Respecto al nivel regional, los enlaces se tendrán punto a punto ó anillos SDH dentro de una misma región. Al nivel mas bajo (el nivel local), puede implantarse estructuras de anillo. En la red local en anillo, los multiplexores

de inserción y extracción proporcionarán a los clientes las facilidades de transmisión requeridas (figura 3).

En el futuro, aparecerán velocidades de transmisión todavía más altas. El STM-64 a 9953280Kb/s está definido a este respecto.

Con respecto a la transmisión existente PDH sobre SDH, se consideran a las interfaces de 2Mb/s, 1,5Mb/s, 6,3Mb/s, 34Mb/s, 45Mb/s y 140Mb/s como las interfaces entre dos sistemas.

La velocidad de bitio para baja y media capacidad de los sistemas de transmisión basados en SDH y a ser utilizados en radio y satélite es de 51,840 Kb/s, pero estos no representa niveles jerárquicos de SDH.

3.2. Redes Mixtas SDH y PDH

Los sistemas SDH y PDH se utilizarán conjuntamente durante mucho tiempo en las redes. Una combinación típica serán los sistemas SDH con STM-16 a alta velocidad quien transportará las señales PDH a 140Mb/s con la estructura multiplex normal de la PDH.

También se espera que se introduzca la conexión de islas de SDH a través de una red PDH. Estas redes mixtas no proporcionaran todos los servicios de un verdadero sistema SDH pero, no obstante, proporcionará mejoras en comparación con las redes PDH puras existentes. (figura 4)

3.3. Elemento de la Red

Para la SDH se han identificado diversos elementos de la Red (NE)

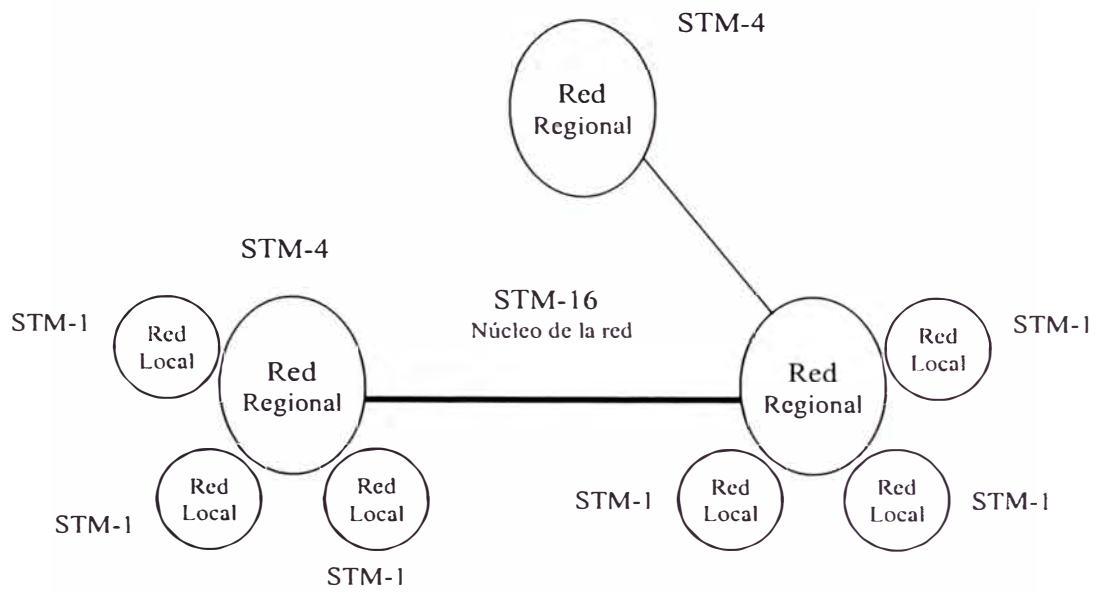


Figura. 3 Uso de tipos de velocidades de transmisión en SDH

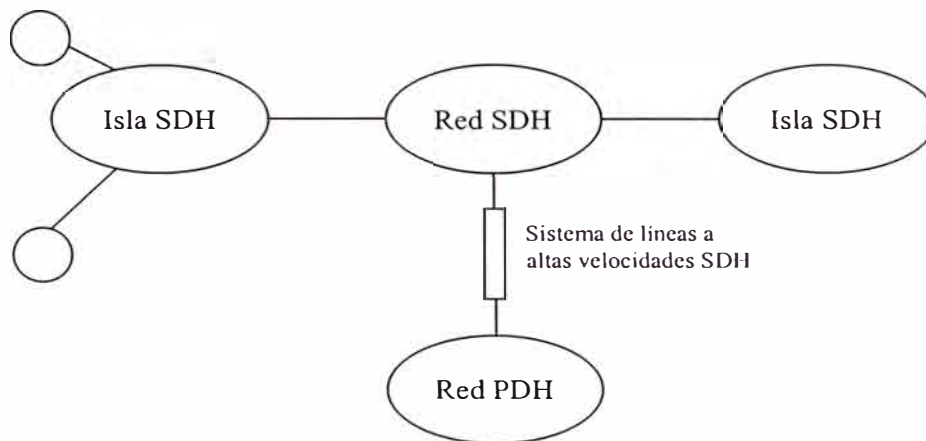


Fig. 4 Redes Mixtas PDH y SDH

Cross-Connexión Digital Síncrona (SDXC). La SDXC permite la conmutación de líneas de transmisión con distintas velocidades de

- transmisión una SDXC puede conectar y desconectar señales de orden inferior.

- **Multiplexor de Inserción y Extracción (ADM)**. El ADM permite la inserción y extracción de señales de orden inferior, por ejemplo, una señal a 2Mb/s.

- **Multiplexores Síncronos (MUX)**. Los multiplexores síncronos pueden funcionar como interfaz entre señales PDH, señales SDH, entre señales SDH multiplex de orden inferior y señales SDH de orden superior. Un MUX será una parte de las SDXC y de los ADM.

- **Regeneradores Síncronos (REG)**. Restablecen la señal de línea entrante. Además de los regeneradores PDH, los regeneradores síncronos supervisarán también la calidad de transmisión de la línea.

Todos los elementos de Red (NE) anteriores son accesibles a través de la red de Gestión de telecomunicaciones (TMN) para la operación y mantenimiento del propio NE y de la Red completa. (figura 5, figura 6)

3.4. Trayecto y Sección

Existen dos clases de sección, conocidas como sección regeneradora y sección multiplexora. La primera se define como la porción de la facilidad de transmisión entre un elemento de red terminal (LT) en donde la señal STM-N es generada o terminada, y un repetidor; o entre dos repetidores. La sección multiplexora es el medio de transmisión entre dos consecutivos LTs, uno de

ELEMENTOS DE LA RED SDH

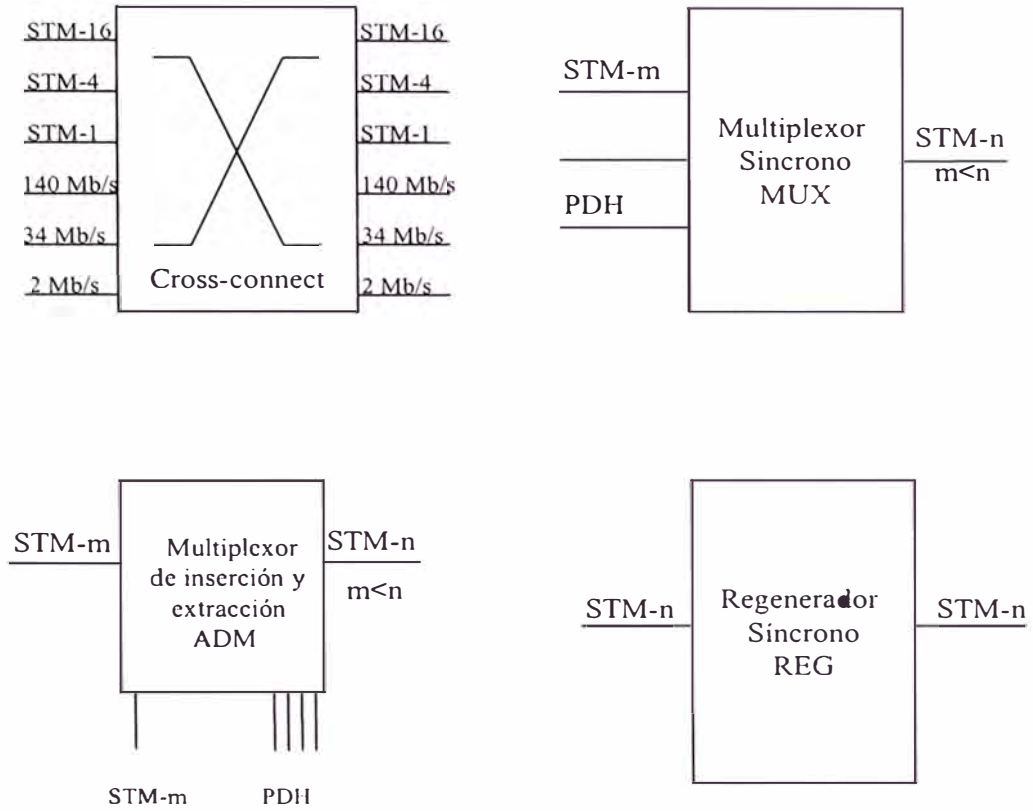
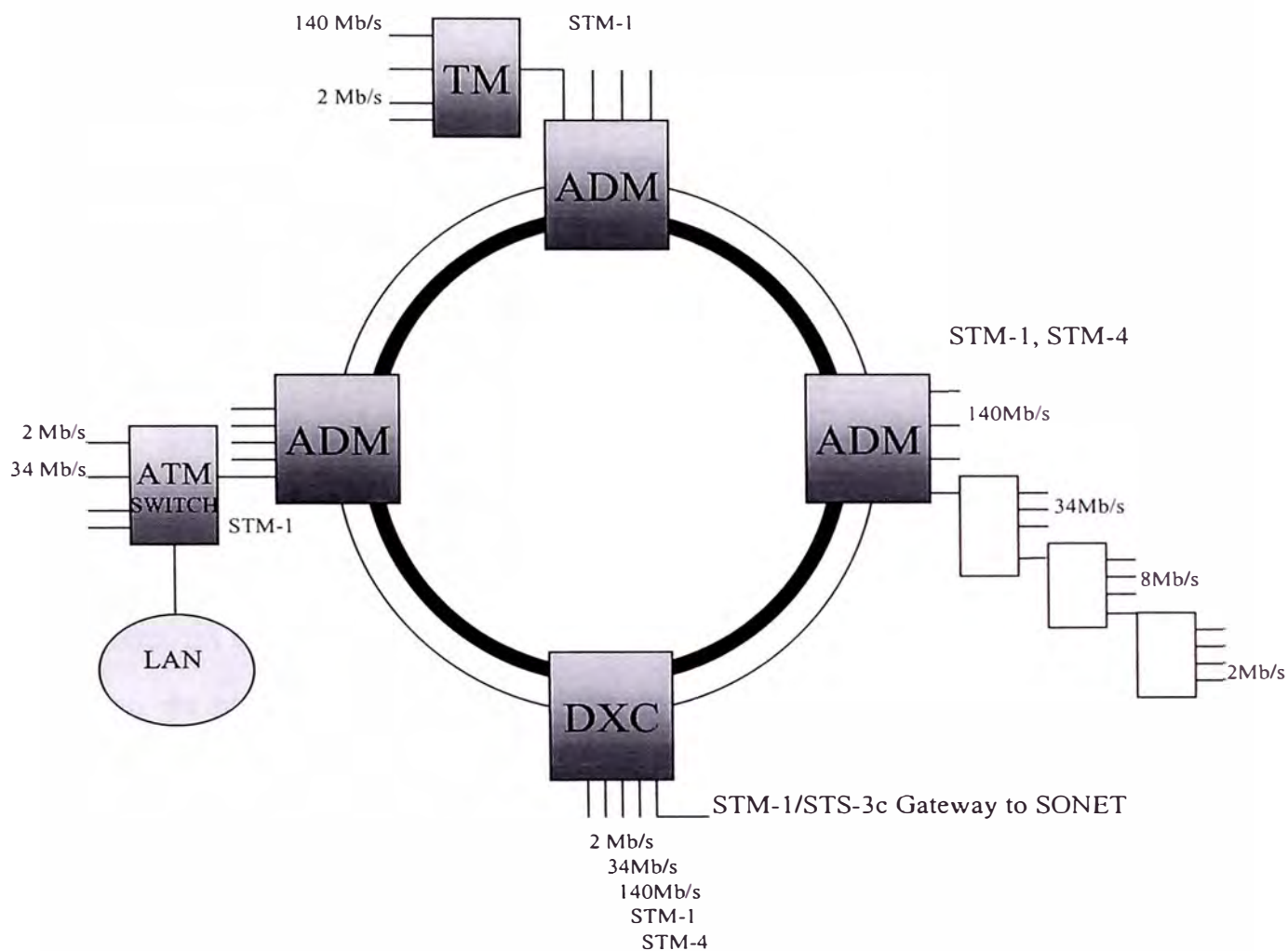


Figura 5

DIAGRAMA ESQUEMATICO DE TERMINALES DE RED



ADM: Add Drop Multiplexer
 DXC: Digital Cross Connect
 TM : Terminal Multiplexer

Figura 6

Los cuales origina la señal STM-N y el otro lo termina. La red SDH consiste de secciones multiplexoras cuyas capacidades de transmisión podrían ser diferentes de acuerdo a los requisitos de cada estación.

El trayecto se define como una conexión lógica entre un punto donde el VC se ensambla y otro punto donde el VC se desensambla. Es similar a una tubería la cual está tendida a través de varias secciones multiplexoras conectando directamente dos puntos entre las cuales el servicio converge. (figura 7, figura 8, figura 9)

3.5. Diagrama de Bloque de la Red SDH (SDH)

El diagrama de bloque de una red SDH se muestra en la figura 10. La señal de entrada es un flujo de bits seriales. El primer bloque de un Red SDH es sincronizar (mapeo) el nodo. Durante cada ciclo del mapeo de un nodo, un byte de la estructura mapeada es examinada para determinar qué tipo de byte será puesto en la red de SDH. En una señal de 2Mb/s, por ejemplo, los posibles bytes son normalmente 8bits de datos, un byte conteniendo 7 bits de datos y un bit S2 de justificación, un byte conteniendo solamente un bit de dato (El byte con el bit S1 de oportunidad de justificación) ó un byte de cabecera la cual contiene cero bit de datos. Basado en el llenado del buffer, las oportunidades de justificación son fácilmente usadas o no usadas como para guardar estos bits dentro de los niveles aceptables.

La próxima parte de una Red SDH es la transmisión del bloque. Este bloque de la red recibe bytes de sincronización y pone estos bytes en la trama STM-1. Cada nodo intermedio en la red contiene un byte amplio de

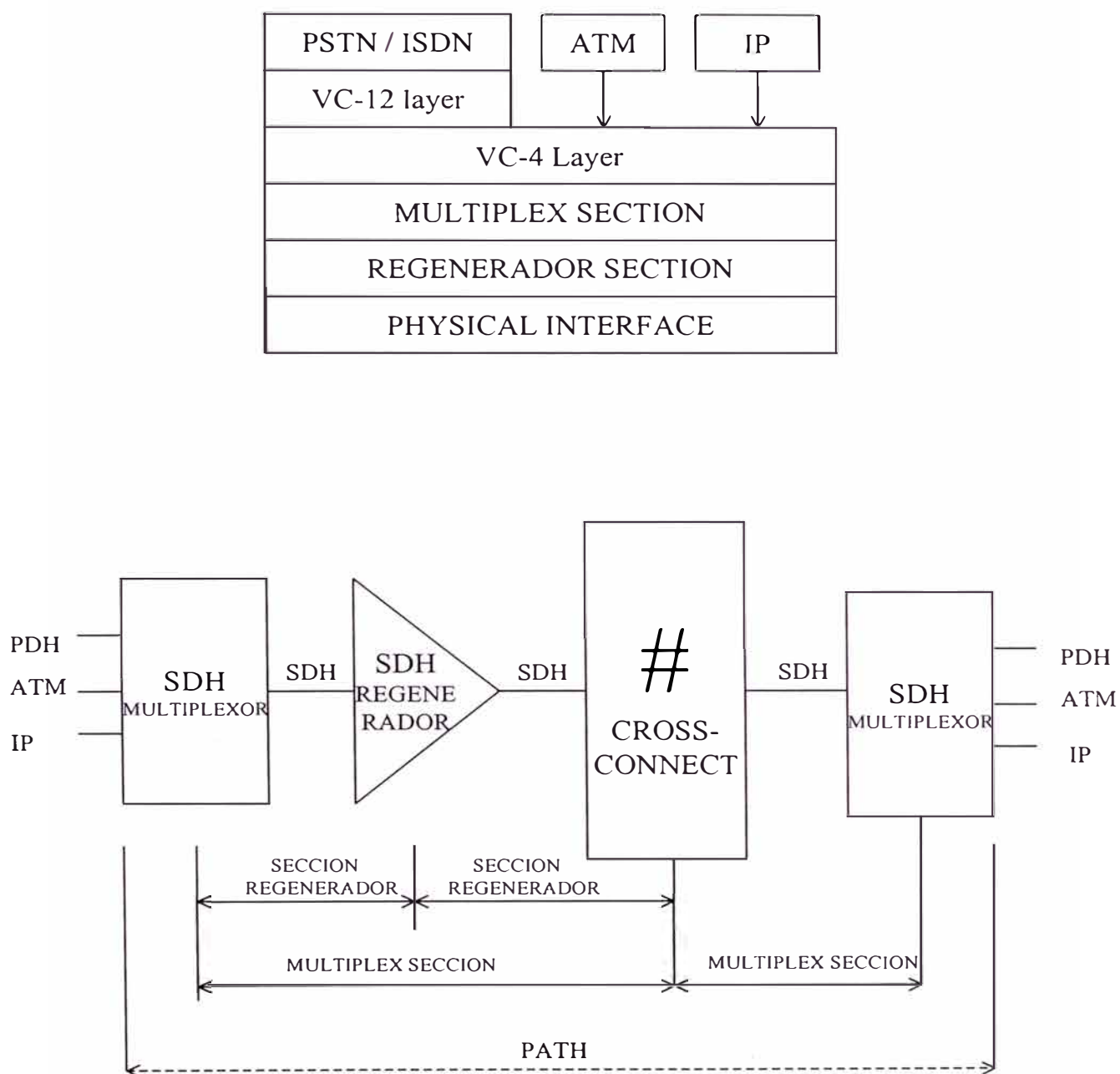


Figura 7

ENTIDADES DE CABECERA

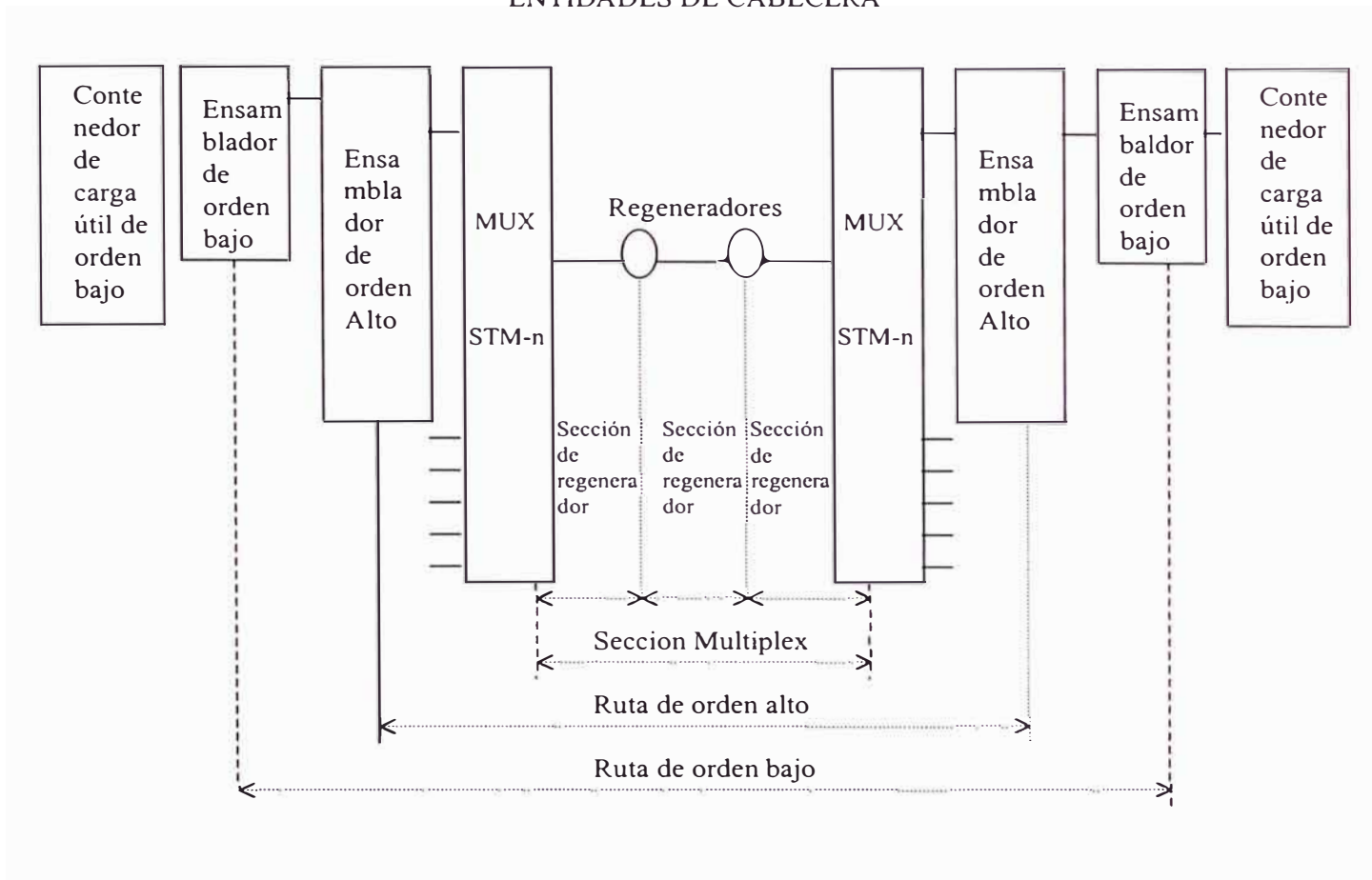


Figura 8

Construcción de una señal SDH

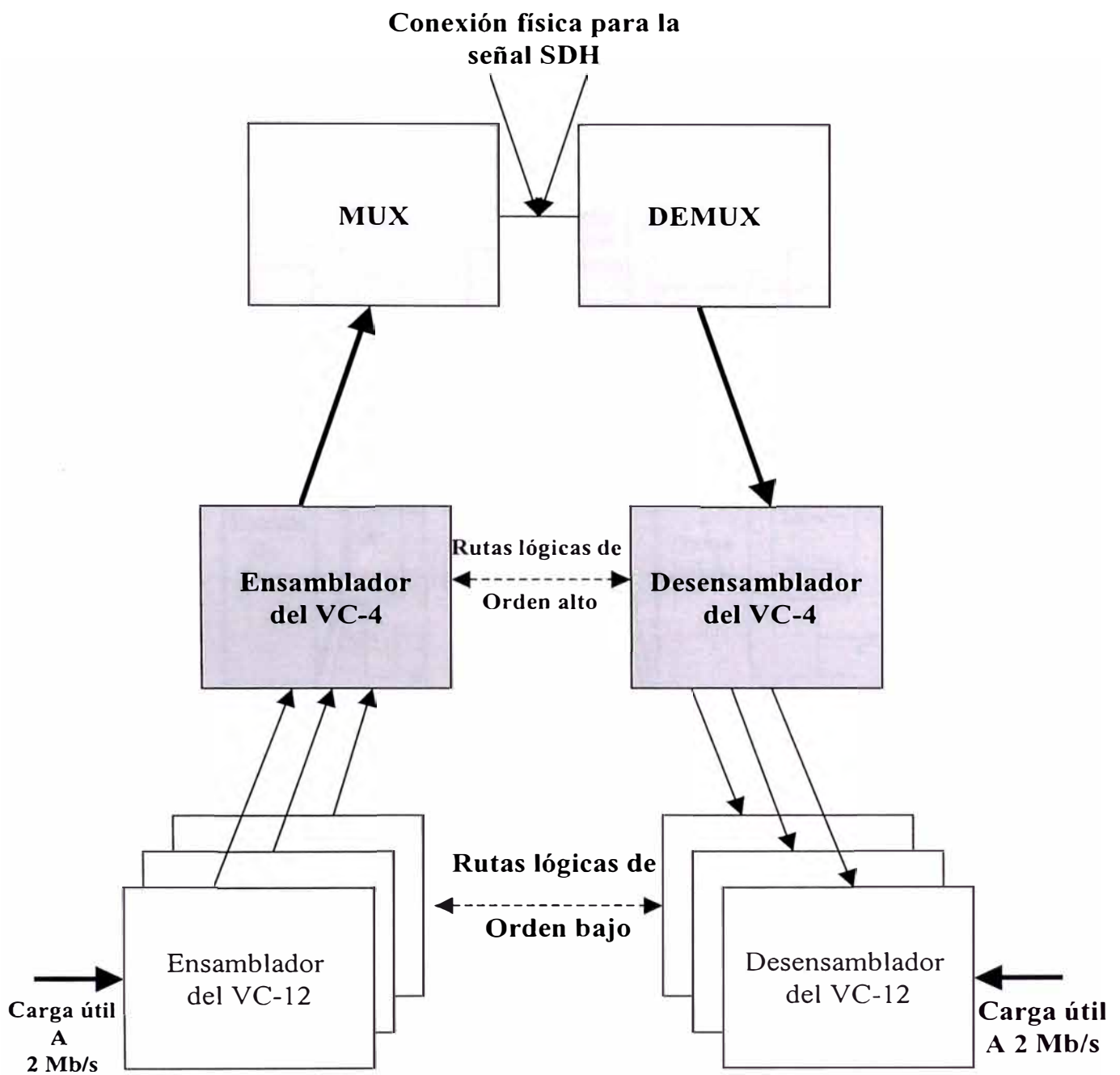


Figura 9 Construcción de una señal SDH

DIAGRAMA DE BLOQUE DE LA RED SDH

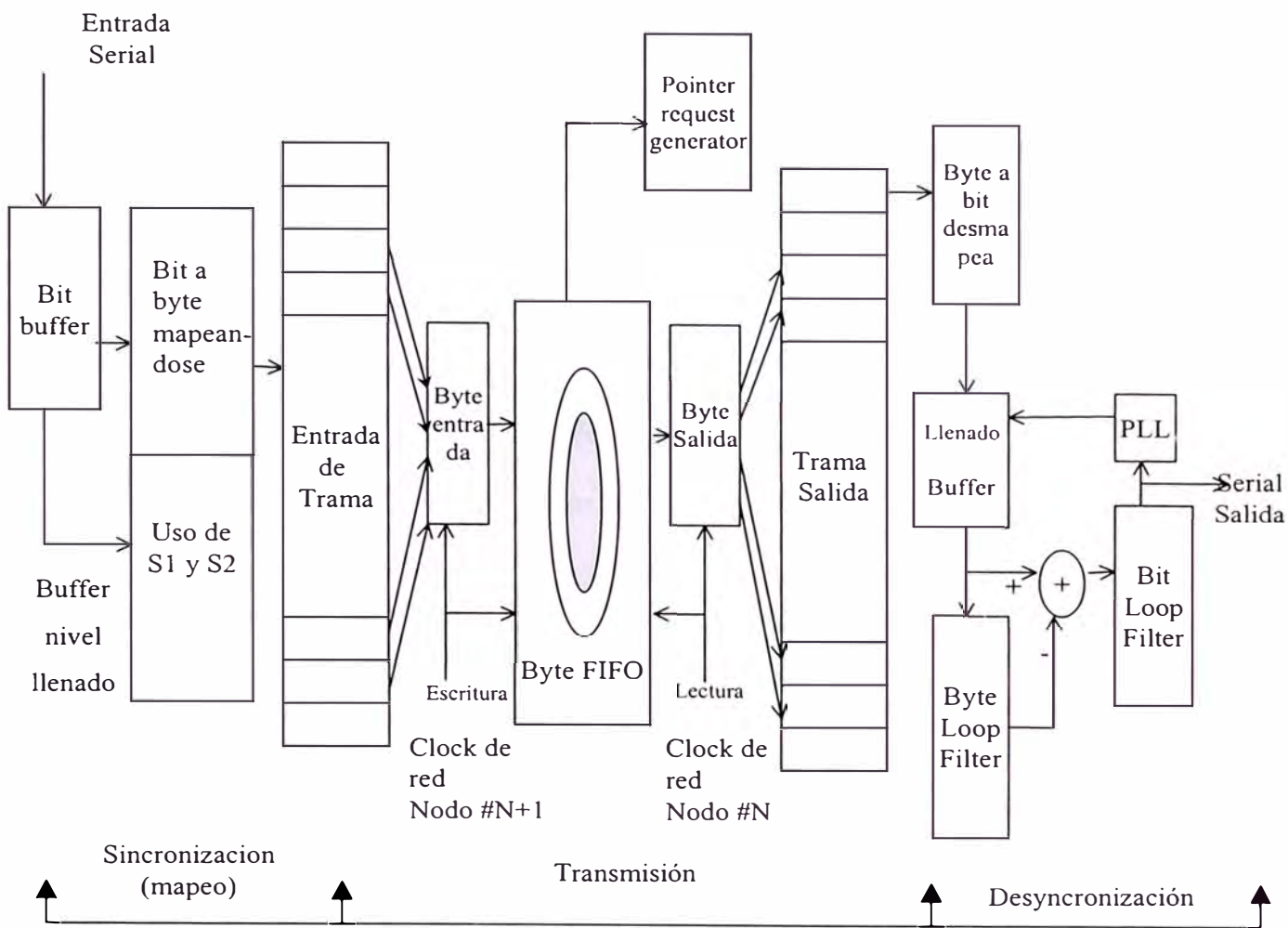


Figura 10

entrada y salida (FIFO) así como una entrante trama STM-1. Cuando del byte (FIFO) en un SDH dado conectan a unas terminales de red, el nodo se pone demasiado lleno ó demasiado vacío basado en valores umbrales, un procesador del indicador localizado a ese nodo comenzará una acción de indicador. El efecto de estas acciones del indicador es adicionar o restar bytes del FIFO. Cuando un byte de datos extra se usa, los datos se transmite en el byte de oportunidad de justificación negativa. Cuando un byte menos, de los datos se usa, esto se transmite en el byte de oportunidad de justificación positiva.

El punto terminado de una red SDH es una desincronización (desmapeo). Una desincronización acelera o reduce la velocidad del rendimiento de la base de datos en el proceso de la desincronización del bit FIFO.

3.6. Estructura Básica del Multiplexaje

Aquí se define los términos que se usan para el multiplexaje de una trama SDH (figura 11).

3.6.1. Contenedor (C-n)

Son la unidad de carga básica de la Jerarquía Digital Síncrona. Transporta la información del usuario final y tienen diferentes capacidades que los hacen compatibles con varias velocidades de bit del sistema presíncrono. A parte de los bitios de información, este contiene entre los bitios de Relleno, bitios de justificación para la sincronización de las señales PDH a la frecuencia de reloj SDH.

ESTRUCTURA DE LA TRAMA STM-1

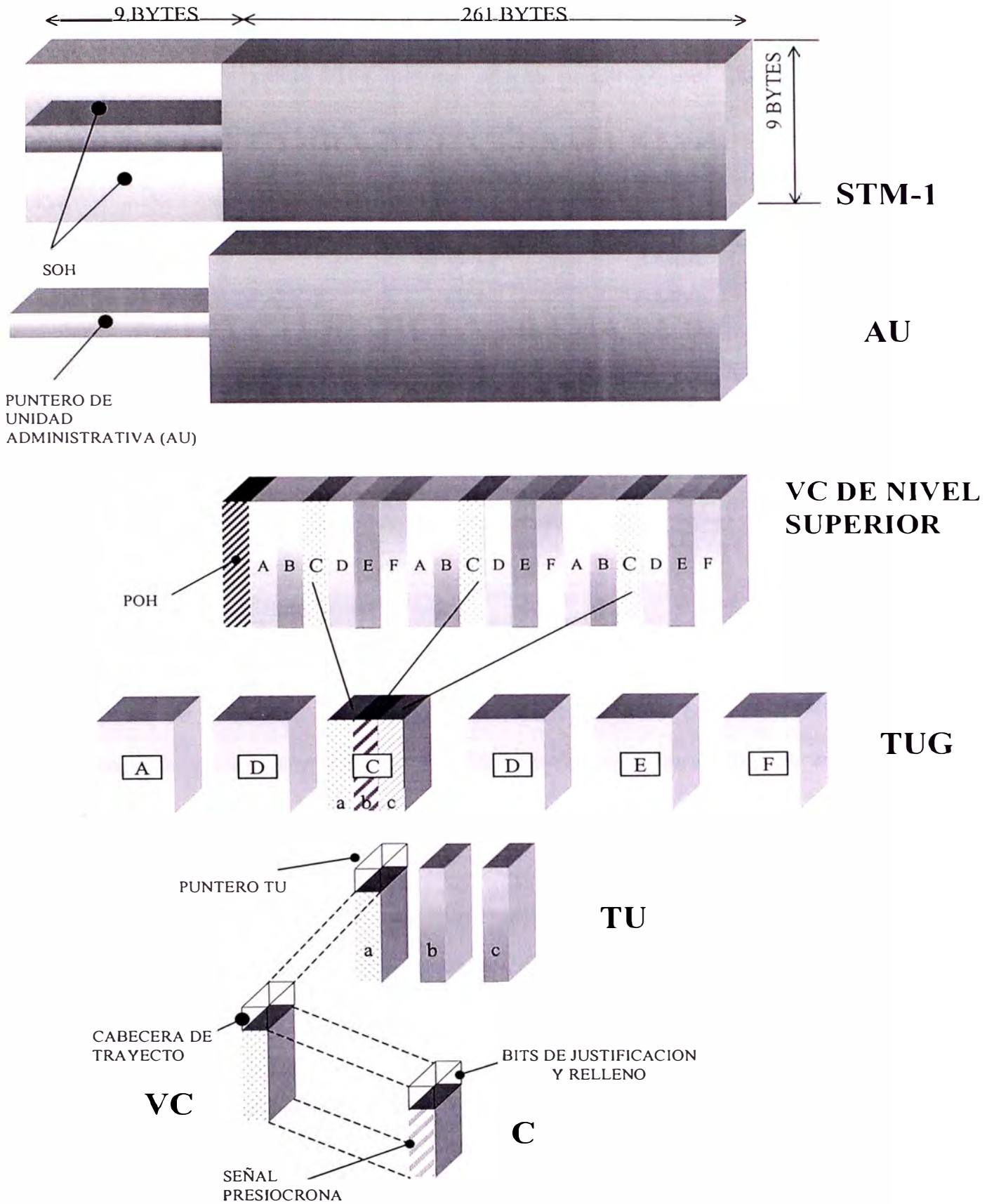


Figura 11

El dígito n define el nivel del contenedor y se refiere al nivel de la velocidad de la señal PDH que se adapta al contenedor. Se agrupan en niveles como se listan en la siguiente tabla.

	Contenedor	Señal
NIVEL 1	C-11	1,5 Mb/s
	C-12	2 Mb/s
NIVEL 2	C-2	6 Mb/s
NIVEL 3	C-3	34 Mb/s ó 45 Mb/s
NIVEL 4	C-4	140 Mb/S

3.6.2. Contenedor Virtual (VC-n)

Es la estructura de información con una identidad única y lógica que soporta la conexión de la capa de trayecto, esto permite realizar las funciones para supervisión y mantenimiento (cabecera) de las rutas de extremo a extremo entre dos puntos de acceso a ruta a través del sistema SDH.

Este consiste que la información de carga útil y el POH (encabezamiento de trayecto) para la gestión (administración) del trayecto. VC-11, VC-12 y VC-2 son llamados VC de ordenes inferiores y sus cargas útiles son C-11, C-12 y C-2 respectivamente. VC-3 y VC-4 son llamadas VC de ordenes superiores y sus cargas útiles son C-3 y C-4 respectivamente. Al proceso de formación de un VC se llama "mapeo".

La Cabecera de trayecto proporciona la comunicación entre el punto de reunión del contenedor virtual y su punto de separación. Entre las funciones que se incluyen en esta cabecera, esta la supervisión de calidad de trayecto, señales para mantenimiento e indicaciones del estado de alarma.

3.6.3. Unidad Tributaria (TU-n)

Es la estructura de información que suministra la adaptación entre un VC de orden inferior y el VC de orden superior. Las unidades tributarias añaden punteros a los contenedores virtuales. Un puntero permite que el sistema SDH compense diferencias de fase dentro de la red SDH. También es posible compensar las desviaciones de frecuencias entre redes SDH. Esto consiste de un VC de orden inferior y un puntero TU que indica el offset del comienzo de la trama del VC de orden inferior relativo al comienzo de la trama del VC de orden superior. Al proceso de formación de un TU se le llama " alíneamiento ".

El puntero de Unidad Tributaria consta de una cadena de información que proporciona alineación dinámica flexible al Contenedor Virtual dentro de la trama TU.

La alineación dinámica significa que el VC puede flotar en la trama TU. La Cadena indica la desviación (en Bytes) entre el puntero y el primer byte del contenedor virtual asociado, así como el tipo de TU y el cambio eventual del valor del puntero, si este cambio se ha realizado.

3.6.4. Grupo de Unidades Tributarias (TUG-n)

Las Unidades Tributarias se pueden multiplexar dentro de un Grupo de unidad Tributaria (TUG) de un orden superior ó del mismo orden de los conjuntos TU.

Se puede formar TUG de alta velocidad de 45Mb/s y baja de 6Mb/s.

Se puede multiplexar TUG de baja velocidad de 6Mb/s en TUG de orden superior.

3.6.5. Unidad Administrativa(AU-n)

Una Unidad administrativa (AU) consta de un Contenedor Virtual de orden superior, mas un puntero de Unidad administrativa.

Los formatos de mapeo disponibles son para el transporte de un VC-4 simple (140Mb/s) en un AU-4 o tres VC-3 (34Mb/s ó 45Mb/s) en tres AU-3.

El puntero AU consta de una cadena de información que indica la desviación (en bytes) entre el puntero y el inicio de los VC reunidos en la Unidad Administrativa.

3.6.6. Grupo de Unidades Administrativas (AUG)

Se multiplexan Unidades administrativas en un Grupo de Unidad administrativa para formar un sistema SDH de primer orden.

Se puede multiplexar tanto una AU4 como tres AU3 dentro de cada AUG.

Las recomendaciones originales de la ITU-T definen dos tipos de AU, uno de los cuales requiere su multiplexión en el AUG.

3.6.7. Módulo de Transporte Síncrono (STM-1)

Se añaden informaciones de control de llamadas Cabeceras de Sección (SOH) al conjunto de AU para crear la trama síncrona de 155Mb/s (STM-1).

La SOH consta de una cadena de 72 bytes que transporta información sobre la trama STM-1, calidad de la sección, supervisión de errores y control de conmutación de protección; además la SOH proporciona una comunicación de datos de sección, canales de servicio para comunicación de voz y bytes reservados para uso nacional.

3.7. Trama STM-1

Una señal SDH (igual que muchas otras transmitidas en las redes de telecomunicaciones) consta básicamente de un flujo en serie de unos (1) y ceros (0) lógicos. Sin embargo en común con las señales PDH, las señales SDH están

estructuradas de tal manera que el flujo de bits transmitido puede subdividirse en cierto número de canales para las distintas aplicaciones.

La estructura básica de una señal SDH de primer orden (un módulo de transporte síncrono de nivel 1, STM-1) se muestra en la figura 12.

El flujo de bits de la señal SDH es una secuencia de bytes, cada uno de los cuales contienen 8 bits. Según se indica en la figura 11, la señal STM-1, puede representarse por una trama de 9 filas cada una de las cuales contienen 270

bytes. La secuencia de transmisión se hace fila a fila comenzando por la superior. Cada fila se transmite de izquierda a derecha y cada byte se transmite enviando primero el bit más significativo.

TRAMA STM-1

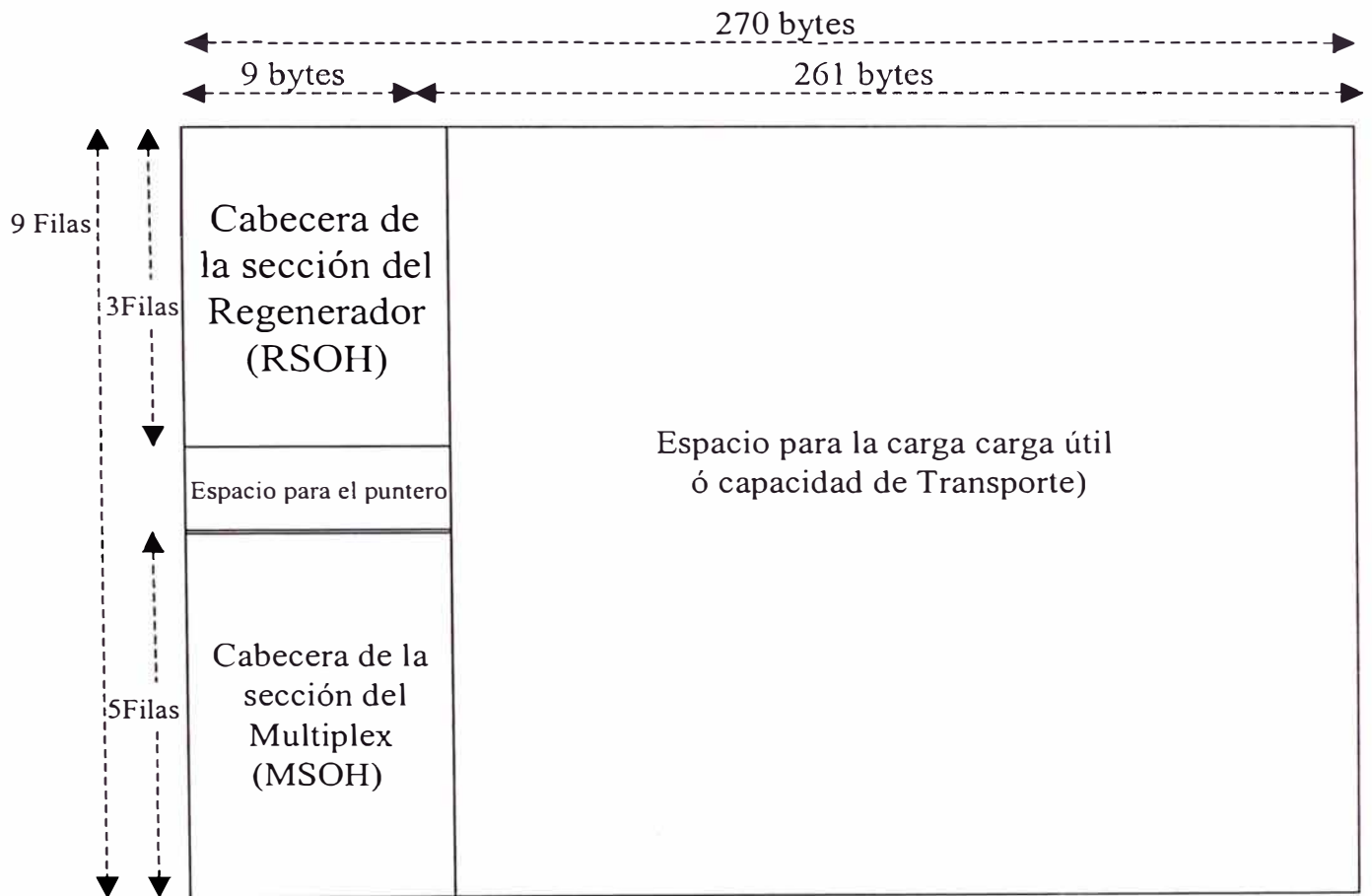


Figura 12

Los 9 primeros bytes de cada fila son de carácter informativo y los utiliza el propio sistema SDH. Esta área está dividida en tres partes:

Cabecera de la sección del regenerador (RSOH) (3 filas*9bytes)

Cabecera de la sección múltiplex (MSOH) (5 filas *9bytes)

Espacio asignado para los punteros (1fila*9bytes). En la estructura de multiplexión del ETSI, este espacio acepta un puntero.

Conjuntamente la RSOH y la MSOH forman la cabecera de sección (SOH).

Los 261 bytes restantes de cada fila proporcionan la capacidad de transporte del sistema SDH. Sin embargo, tal como se explica, parte de esa capacidad de transporte la utiliza el sistema SDH para cabeceras adicionales.

La Trama STM-1 se transmite 8000 veces por segundo, que es también la velocidad de transmisión utilizada para la voz codificada en MIC. Como consecuencia de esto, cada trama STM-1 dura 125us. La velocidad de transmisión de datos del STM-1 es 155,52 Mb/s.

3.8. Encabezamientos

En los sistemas actuales de PDH se utilizan bitios de encabezamiento, los cuales se utilizan como bitios de servicio, tal como el reporte de alarmas remotas. Sin embargo, su capacidad es bastante pequeña y solo satisface los requisitos mínimos en orden de no incrementar la velocidad de transmisión. Básicamente, los bitios de encabezamiento de SDH y PDH son los mismos, pero los de SDH disponen de una enorme capacidad para transmitir cantidades de información OAM&P, y en vista que el principal

medio de transmisión en SDH se considera a la fibra (Características de gran ancho de banda) un pequeño incremento en su velocidad de transmisión no causara desventaja alguna.

Aquí se indica los diferentes encabezamientos en la formación de una trama SDH.

3.8.1. Encabezamiento de Trayecto (POH)

El POH consta de un byte si se añade a un nivel de carga 1 ó 2 (señales de 1.5, 2 y 6 Mb/s) y de nueve bytes si se añaden a un nivel de carga 3 ó 4 (señales de 34, 45 ó 140 Mb/s).

1 Cabecera de ruta de orden bajo

Las funciones del encabezamiento de orden inferior tienen las mismas función que las de encabezamiento de orden superior, con excepción de que estas no disponen de canal de usuario y la indicación de posición. Ellos son BIP-2, FEBE, FERF, seguimiento de trayecto y etiqueta de señal (figura 12).

Los VC-11, VC-12, VC-2 y VC-3 puede contener información de cabecera para el mantenimiento supervisión de rutas de orden bajo. La cabecera del VC-3 está formateada de forma idéntica a la cabecera del VC-4.

Los VC-11, VC-12 y VC-2 puede contener cada uno 1 byte de cabecera. Este byte se designa como V5. El contenido del Byte de cabecera es el siguiente:

- **BIP-2.** Una Checksum de paridad entrelazada de 8 bits que monitorea y calcula mediante los puntos de terminación de la ruta real. Esta Checksum

se calcula en VC-n completo almacenado y luego se carga en los BIP-2 del VC-n siguiente.

- **FEBE (Error de bloque en el extremo lejano)** 1 bit que indica que el “extremo lejano” ha detectado errores de bits de paridad BIP-2 en el último VC-n recibido.

- **RFI (Indicación de fallo remoto)** Este bit es 1 si se ha declarado un fallo y de lo contrario es 0. La asignación de este bit es provisional.

- **FERF (Fallo de recepción en el extremo lejano)** Un bit que indica que el “extremo lejano” ha detectado un fallo grave.

Además del byte V5, se utilizan 3bytes más (J2, Z5 y Z7) para la cabecera de ruta:

- **J2 Seguimiento de ruta de orden interior.** Proporciona un canal de datos de 17Kb/s a través del cual se envía un flujo de datos que identifica la ruta de orden inferior. Esto permite al receptor de la señal comprobar que la señal procede continuamente del mismo origen. La asignación de este byte es provisional.

- **Z6/Z7 Bytes reservados para utilizarlos en el futuro.** La asignación de estos bytes es provisional.

CABACERA DE TRAYECTO NIVEL 1 Y 2

1 BYTE V5 (Cabecera de ruta (POH) de VC-11, VC-12 y VC-2)

BIP-2		REI	RFI	ETIQUETA DE SEÑAL			RDI
1	2	3	4	5	6	7	8

Codificación REI	Codificación RFI	Codificación RDI
0 SIN ERRORES	0 NO HAY FALLOS	0 COMPROBACIÓN DE ERROR CORRECTA
1 UNO O DOS ERRORES	1 INDICACION DE FALLO REMOTO	1 COMPROBACIÓN DE ERROR INCORRECTO

CODIGO DE ETIQUETA DE SEÑAL	
000	SIN EQUIPAR
001	CARGA EQUIPADA NO ESPECIFICADA
010	ASÍNCRONO
011	BIT SÍNCRONO
100	BYTE SÍNCRONO
101	RESERVADO
110	SEÑAL DE PRUEBA
111	VC-AIS

BIP-2 = Paridad de bit intercalado (comprobación de error)

REI = (FEBE) Indicación de error remoto

RFI = Indicación de fallo remoto

RDI = (FERF) Indicación de defecto en remoto

FIGURA N° 13
ABECERA DE RUTAS DE ORDEN BAJO

2 Cabecera de Ruta de Orden Alto

Para el mantenimiento y supervisión de rutas de orden alto, el VC-4 contiene 9 bytes de cabecera. Están dispuestos como una fila de bytes dentro de la carga útil del STM-1. El contenido de los bytes puede verse en la figura 14.

- **J1. Seguimiento de la Ruta VC-n.** Proporciona un canal de datos de 64Kb/s a través del cual se envía un flujo de datos que identifica la ruta. Esto permite al receptor de una señal comprobar que la señal procede continuamente del mismo origen. El byte J1 estaba destinado originalmente a una secuencia repetida de 64 bytes, sin embargo, propuestas recientes para las recomendaciones para la SDH permiten utilizar el byte J1 para una secuencia de 16bytes que transfiera un identificador del punto de acceso a la ruta. Cada punto de acceso a la ruta tendrá asignado un número exclusivo. Este número constará de 15 bytes ASCII que se transmitirán junto con un marcador de comienzo de trama de un byte en una trama repetida continuamente de 16 bytes.

- **B3 Monitoreo de Trayecto.** Esta función monitorea BIP-8, el comportamiento de la transmisión del VC que viaja por diferentes medios. Esto se calcula en el VC-n completo almacenado y luego se carga en el byte B3 del VC-n siguiente.

- **C2 Etiqueta de la Señal.** Esta función indica la composición y el tipo de trayecto VC, es decir especifica el tipo de mapeo utilizado en el VC-n; por ejemplo si se trata de VC-4, TUG-3 o celdas ATM.

- **G1 Estado del Trayecto.** Esta función se utiliza para avisar al origen del trayecto VC, el estado en que se encuentra la terminación del trayecto.

El byte transporta dos tipos de información:

- **FEBE (Error de bloque en el Extremo Lejano).** 4 bits que indica el número de errores de bits detectados por el "extremo lejano" en el último VC-n recibido. FEBE puede tomar los valores de 0 (ausencia de errores) a 8.

- **FERF (Fallo de recepción en el extremo lejano).** Un bit que indica que se ha detectado un problema severo en el "extremo lejano". Los tres bits restantes del byte G1 no se utilizan.

- **F2 Canal de usuario de la ruta VC-n.** Este byte se asigna para comunicación entre elementos de la ruta.

- **H4 Indicador de multitrama VC.** Este octeto suministra un indicador de la multitrama en el caso que la carga útil esté distribuida en varias tramas.

- **Z3-Z5** Esta en reserva (3 bytes).

CABECERA DE TRAYECTO NIVELES 3 Y 4

9 BYTES

J1	Trazado de Ruta
B3	Supervisión de errores de rutas (paridad de bit intercalado 8)
C2	Etiqueta de señal
G1	Estado de Ruta
F2	Canal de usuario de ruta
H4	Indicador de multitrama TU
Z3 (F3)	Canal de usuario de ruta
Z4 (K3)	(1-4)Conmutación de protección automática VC (1-8) Reservado para futura asignación
Z5 (N1)	Byte de operador de red

G1							
REI				RDI			SOBRANTE
1	2	3	4	5	6	7	8

REI (de FEBE)=Indicación de error remoto

RDI (de FERF)=Indicación de defecto remoto

Codificación REI		Codificación RDI	
0000	Sin errores	000	Sin defecto
0001	1 error	001	Sin defecto
.....		010	Sin defecto de carga remota (LCD, PLM)
1000	8 errores	011	Sin defecto
1001		100	Defecto remoto (Ais, Lop, Tim, Uneq o SLM)
.....	Sin errores	101	Defecto de servidor remoto (Ais, Lop)
.....		110	Defecto de conectividad remota (TIM, Uneq)
1111		111	Defecto remoto (Ais, Lop, TIM, Uneq o SLM)

CODIGO DE ETIQUETA DE SEÑAL C2	
00000000	VC Sin equipar
00000001	VC equipado sin carga especifica
00000010	Estructura TUG
00000011	TUG bloqueado
00000100	Mapeado asíncrono de 34M o 45M a C3
00010010	Mapeado asincrono de 140M a C4
00010010	Mapeado ATM
00010100	Mapeado de red de área metropolitana Man (Bus cola Dual DQDB)
00010101	Interfaz de mapeado de datos distribuidos por fibra FDDI
11111110	Mapeado de señal de prueba 0.181 (TSS1 a TSS3)
11111111	SIA-VC

FIGURA 14
CABECERA DE RUTA DE ORDEN ALTO

Extremo lejano

El término “extremo lejano” puede explicarse de la forma siguiente: Hay una línea SDH entre las posiciones A y B. La línea consta de dos tramos distintos, uno que transporta señales de A hacia B (tramo I) y otro que transporta señales de B hacia A (tramo II).

Para el tramo I, la posición B se considera como “extremo lejano”. Si se producen alarmas (o errores de paridad al nivel de la ruta) en la señal de A hacia B, estos se detectan en el “extremo lejano” del tramo I (es decir, en la posición B). La información se devuelve a la posición A en la otra mitad de la línea SDH (es decir, el tramo II) como un fallo de recepción

en el extremo lejano (FERF) o un error de bloque en el extremo lejano (FEBE), dependiendo de la naturaleza del problema. (figura 15)

3.8.2. Encabezamiento de Sección (SOH)

El encabezamiento de una Trama SDH está formado por la estructura SOH (Cabecera de Sección) la cual está conformada por la RSOH (Cabecera de sección de regenerador) y MSOH (Cabecera de sección de Multiplex). (figura 16)

1. RSOH (Cabecera de sección de regenerador)

- **Alineamiento de Trama (A1, A2).** Bytes de identificación de trama. Los bytes de A1 tienen el valor hexadecimal F6, mientras que los bytes de A2 tienen el valor hexadecimal 28. Patrones fijos para el alineamiento de trama A1=11110110 A2=00101000

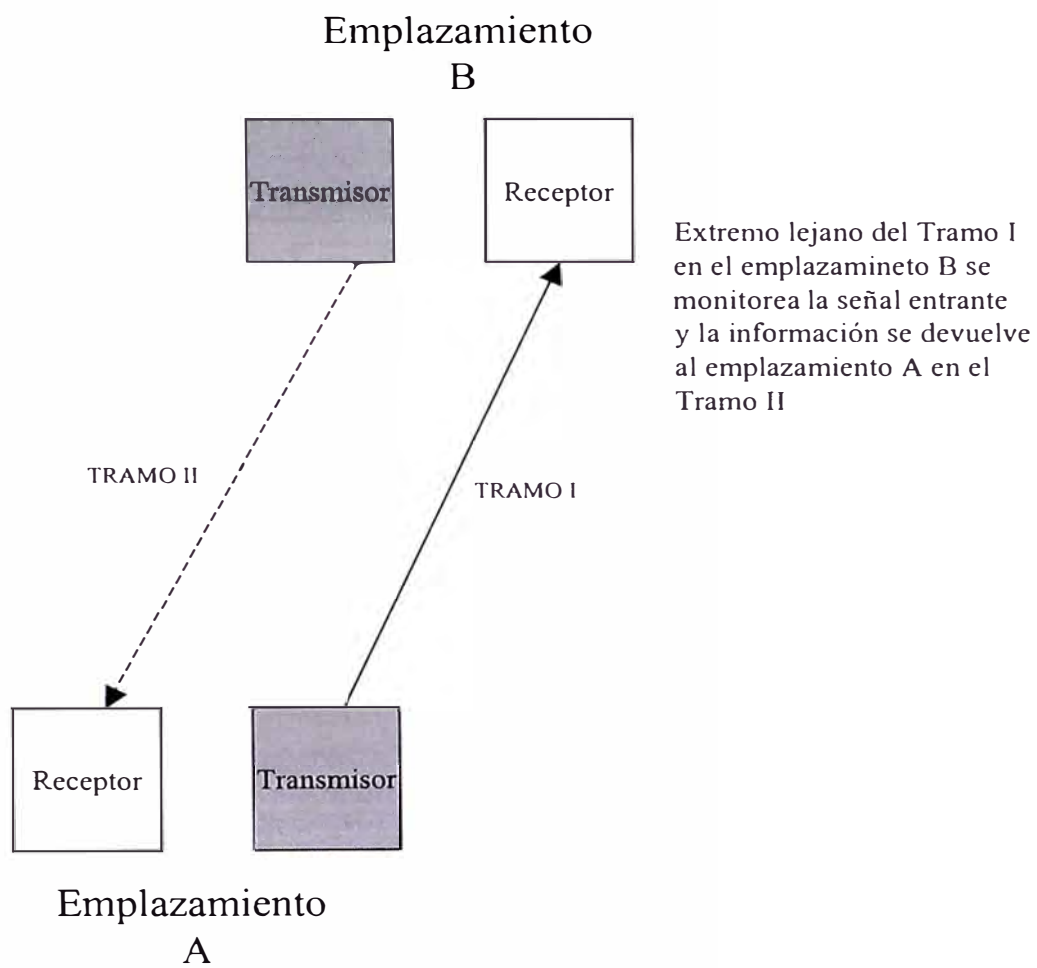
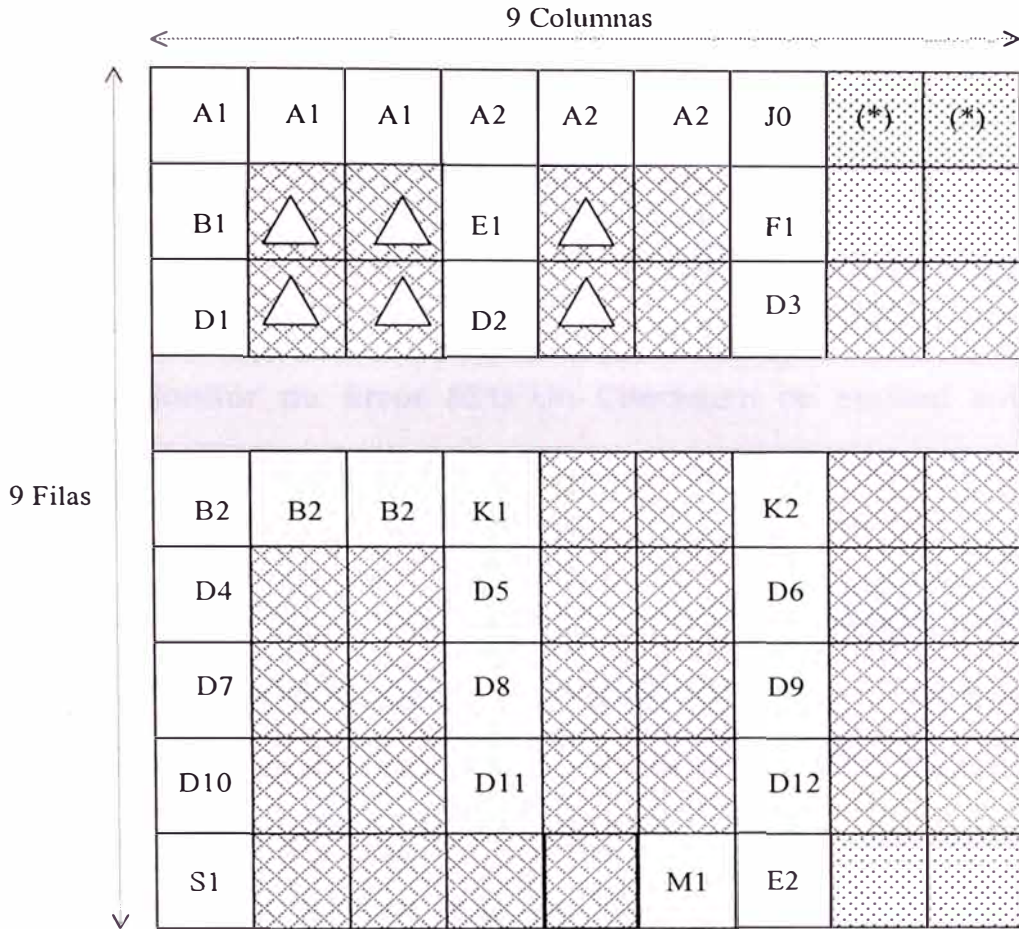
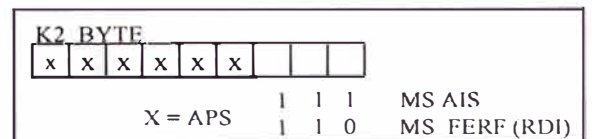


Figura 15
Extremo lejano



- A1,A2 = ALINEAMIENTO DE TRAMA
- J0 = IDENTIFICADOR DE TRAMA
- B1 = FUNCIONES DE SUPERVISION DE ERRORES DLA SECCION DE REGENERACION
- E1 = CANAL DE SERVICIO DE LA SECCION DE REGENERACION
- E2 = CANAL DE SERVICIO DE LA SECCION DE MULTIPLEXACION
- F1 = CANAL DE USUARIO
- D1-D3 = CANAL DE COMUNICACIÓN DE DATOS DE LA SECCIÓN DE REGENERACION
- D4-D12 = CANAL DE COMUNICACIÓN DE LA SECCIÓN MULTIPLEXACION
- B2 = FUNCIONES DE SUPERVISION DE ERRORES DE LA SECCION DE LINEA
- K1, K2 = SEÑALIZACIÓN DE CONMUTACIÓN DE PROTECCION AUTOMÁTICA
- S1 = ESTADO DE SINCRONIZACIÓN
- M1 = MS REI (INDICACION DE ERROR REMOTO DE LA SECCIÓN MULTIPLEX)
- (*) = BYTES SIN ALEATORIZAR



BYTES RESERVADOS PARA USO NACIONAL

BYTES RESERVADOS PARA FUTURA ESTANDARIZACION INTERNACIONAL

AREA DE PUNTERO AU

BYTES DEPENDIENTES DEL MEDIO

Figura 16

- **Seguimiento de la sección repetidora (J0).** Proporciona un canal de datos a 64Kb/s a través del cual se envía un flujo de datos que identifica la sección. Esto permite al receptor de la señal verificar continuamente que la señal procede de la misma fuente. El formato de este flujo de datos es idéntico al del flujo de datos J1. La asignación del byte es provisional.

- **Monitor de Error (B1)** Un Checksum de paridad entrelazada por bytes de 8 bits (BIP-8) que monitorea y calculan todos los regeneradores y multiplexores en una línea SDH. Esta Checksum se calcula en la trama completa del STM-1 después de la mezcla, se almacena y luego se carga en el Byte B1 de la trama siguiente (antes de la mezcla).

- **Canal de Servicio (E1)** Circuitos de ordenes para la sección del repetidor. Este byte, repetido 8000 veces por segundo igual que todos los demás bytes de la trama proporciona un canal a 64Kb/s. Está destinado a la transmisión de voz en aplicaciones de mantenimiento de regeneradores. Accesible tanto desde los regeneradores como de los multiplexores.

- **Canal de Usuario (F1)** Este byte está destinado a la transmisión de información digital en aplicaciones de mantenimiento de regeneradores. El uso de este byte está todavía por definir. Una aplicación sugerida es la identificación de una sección que haya tallado en una cadena de secciones de regeneradores. Si un regenerador detecta un fallo en su sección, introducir un número de 6 bits que identifique al regenerador y un código de 2 bits que especifique la naturaleza del fallo en el byte F1.

- **Canal de comunicación de Datos (D1-D3)** Estos tres bytes proporciona un canal de comunicaciones de datos (DCC) a 192 Kb/s para la operación y gestión de los regeneradores en una línea SDH.

2. MSOH (Cabecera de Sección de Multiplex)

- **Monitoreo de Error (B2)** Son 3 Bytes que transportan una Checksum de paridad entrelazada por bytes de 24bits (BIP-24) que el multiplexor que transmite una señal SDH calcula e introduce en los bytes B2. De forma análoga, el multiplexor que recibe una señal SDH calcula la Checksum y la compara con el contenido de los Bytes B2. Esta checksum se calcula antes de la mezcla en la trama completa del STM-1, para los bytes que contienen la cabecera del regenerador (RSOH). El valor se almacena y luego se carga en los Bytes B2 de la trama siguiente (antes de la mezcla).

- **Señal de conmutación para protección automática (APS) (K1, K2)** 2 bytes que se utilizan fundamentalmente para la señalización relacionada con la protección de la sección múltiplex (MSP). Además, el byte K2 se utiliza para la transferencia de señales de mantenimiento.

- **Canal de comunicación de Datos (D4-D12)** Estos 9 bytes proporcionan un canal de comunicaciones de datos (DCC) a 576 Kb/s para la operación y gestión de los multiplexores de una línea SDH.

- **Canal de servicio (E2)** Circuito de ordenes para la sección múltiplex. Este byte cumple una función similar al byte E1.

- **Estado de Sincronización (S1)** Este byte especifica el nivel de sincronización de la señal.

- **Z1, Z2** 4bytes reservados para uso futuro.

- **Reporte del estado de sección M1** Error de bloque en el extremo lejano (FEBE) de sección. Este byte indica el número de errores de bits B2 detectados por el "extremo lejano" en la última trama recibida. El resultado BIP-Nx24 (B2) es reportado al terminal originante por el octeto M1 como alarma FEBE.

3.9. Punteros

Es un indicador que define el corrimiento de frecuencia de la trama de un contenedor virtual con respecto a la frecuencia de la trama de la entidad de transporte sobre la cual se la soporta, además asigna una dirección dentro de la trama.

El puntero tiene dos funciones principales:

3.9.1. Disminución de Retardo

Normalmente señales de diferentes puntos difieren en sus fases debido a sus longitudes de transmisión. En los procesos normales de multiplexación, para poder alinear las señales se utilizan las técnicas de memorias intermedias. El incremento del retardo en la información a ser transmitida causara degradación de su calidad. Para eliminar tales inconvenientes, se utiliza el método del puntero. A cada VC a ser multiplexado, se le asigna un puntero (utilizando un número de dirección en la nueva trama) que indicará el desplazamiento de fase relativo entre le VC y la nueva trama (figura 16). El valor se renueva en cada proceso de multiplexación, de tal manera que no es necesario introducir indeseables retardos adicionales para el alineamiento.

3.9.2 Justificación de Frecuencia

Esencialmente la justificación de la frecuencia no es necesaria para una red SDH, esto en vista que se trata de una red sincrónica y de que todos los elementos de la red NE están siendo operados por un mismo reloj. Sin embargo, este no es el caso si la red es operada por diferentes administraciones independientes, o diferentes nacionalidades; estos disponen de diferentes fuentes de reloj maestro y por tanto sus frecuencias son diferentes. También podrá darse el caso de que debido a fallas en la red, un NE trabaje con el reloj interno ó en modo "Holdover", y su frecuencia de desvíe de la red. Para absolver las diferencias de frecuencias mencionadas anteriormente, SDH dispone de una función de justificación.

Esta justificación se lleva a cabo cambiando el número de puntero y utilizando los octetos para las oportunidades de justificación (octetos pertenecientes al puntero y octetos pertenecientes a la carga útil). Existen dos formas:

- Cuando la frecuencia de la carga útil es menor que la trama, los octetos que le siguen al puntero (dirección 0) son utilizados como relleno que no llevan información. Esto se conoce como justificación Positiva y se indica invirtiendo los bits de disminución D de H1, H2 y luego aumentarlo el valor del puntero en uno.

- Cuando la frecuencia de la carga útil es mayor que la trama, los octetos H3 se utilizan para llevar información. Esto se conoce como

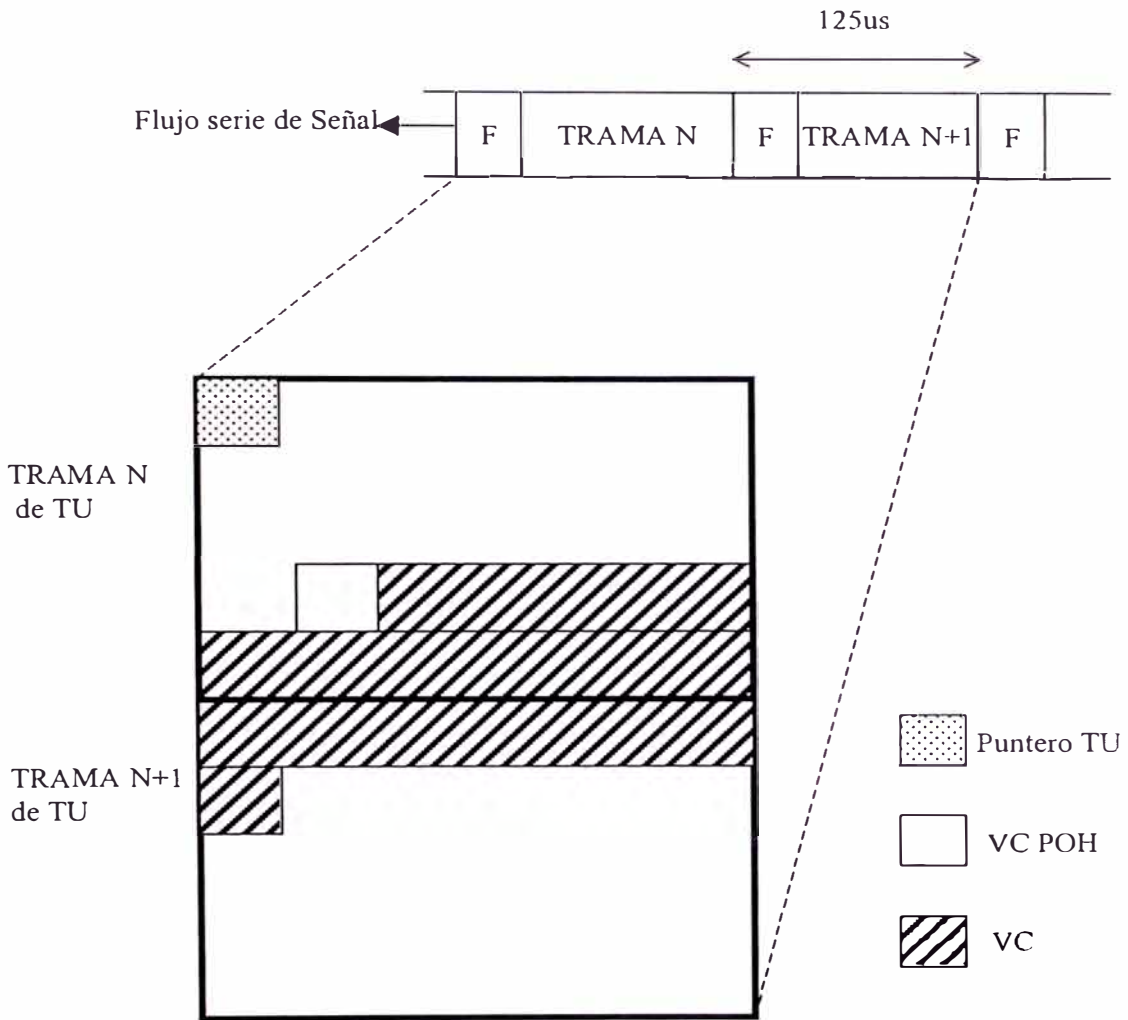


Figura 17

- Justificación negativa y se indica invirtiendo los bits de incremento I de H1, H2 y luego disminuir el valor del puntero en uno.

Resumiendo tenemos entonces:

En el proceso de multiplexación SDH se emplea dos tipos diferentes de justificación, uno es el mencionado anteriormente y que sirve para ajustar las diferencias de frecuencias dentro de la red SDH; y el otro es el utilizado para acomodar las señales PDH dentro de los contenedores y sincronizarlas con la red SDH.

Aunque la SDH es la jerarquía digital síncrona, puede producirse desviaciones de fase dentro de una red SDH. Además, es probable que se produzca desviaciones de frecuencia en los puntos de conexión entre dos redes SDH. Para compensar estas desviaciones, el sistema SDH utiliza punteros.

Un puntero señala el comienzo de un contenedor virtual tal como se ve desde el orden superior del sistema. Para el mapeo de las señales a 2Mb/s en la SDH se utiliza dos niveles de punteros. El primer nivel (el puntero AU4) identifica el comienzo del VC-4 con relación a la trama básica del STM-1. El segundo nivel (los punteros TU-12) identifica el comienzo del VC-12 respecto al VC-4 de cada uno de los 63 VC-12 (figura 18, figura 19). Los principios de funcionamiento de los punteros son los mismos en ambos niveles. El ejemplo siguiente se refiere al nivel más alto de punteros, es decir, al puntero AU-4.(figura 20)

-Puntero AU-4

El comienzo de un VC-4 se identifica mediante un número de posición dentro de la parte con capacidad de transporte de la trama SDH. Cada posición tiene tres bytes. El número de posición 0 está situado inmediatamente detrás de los 9 bytes del puntero (H1-H3) en la parte de la cabecera de sección del STM-1. En la figura 21, se muestra los punteros AU4 y AU3.

Incrementos y Decrementos de los punteros AU-4.

Para comprender el mecanismo de los punteros, resulta útil considerar como está construida una señal SDH. El ejemplo siguiente muestra como se introduce una señal a 2Mb/s en la señal SDH.

- El ensamblador del VC-12 configura el contenido de la ruta de orden bajo, es decir, la conexión de extremo a extremo al nivel del VC-12. Esta ruta puede pasar a través de cierto número de secciones y rutas de orden alto. Además, en una posición dada, pueden encontrarse VC-12 procedentes de distintos orígenes en la señal SDH. Como se indica en los capítulos siguientes, la fase del reloj usado para la generación de las señales en los diversos emplazamientos de la red puede diferir ligeramente de forma temporal, dando como resultado que un nivel se ponga por detrás o por delante de otros niveles.

Supongamos que la señal de la ruta de orden alto (VC-4) se sitúa detrás de la parte del multiplexor del sistema. Si ocurre esto, la ruta de orden alto no podrá proporcionar un byte para transmisión cuando la parte del multiplexor del sistema esté preparado para enviarlo. Esto se soluciona

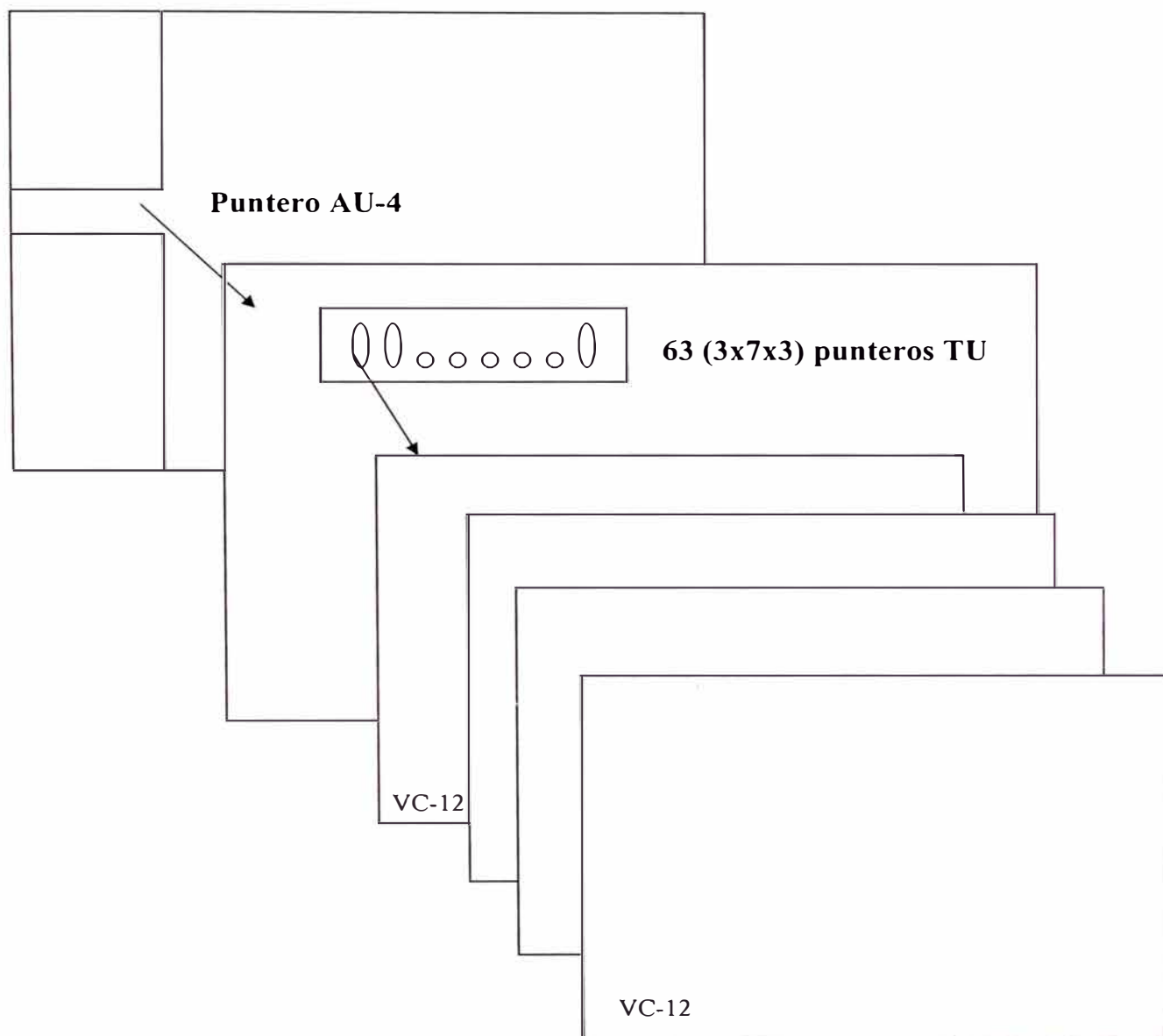


Fig 18 Múltiplex de dos etapas

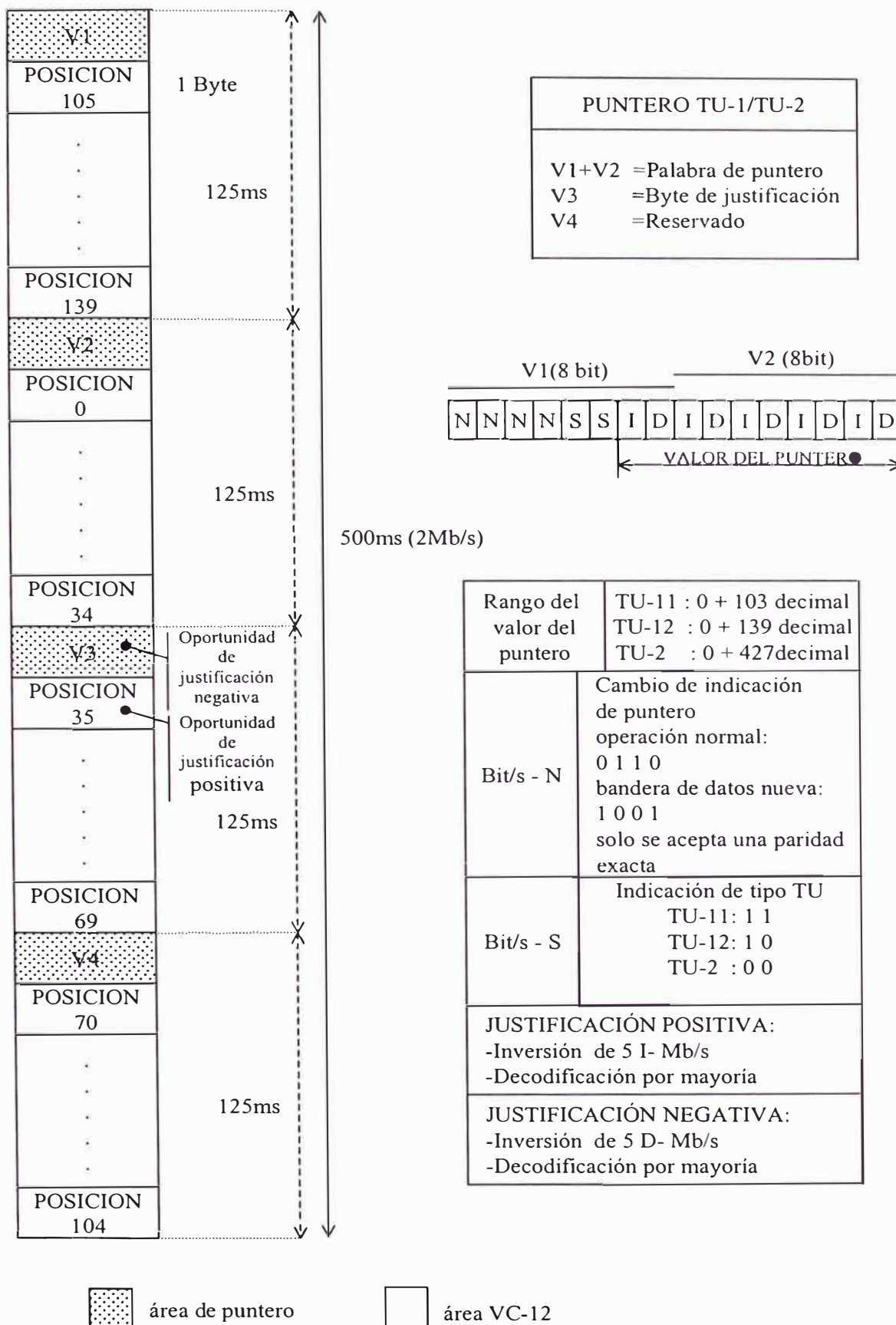


Fig. 19 Disposición de punteros TU-11, TU-12

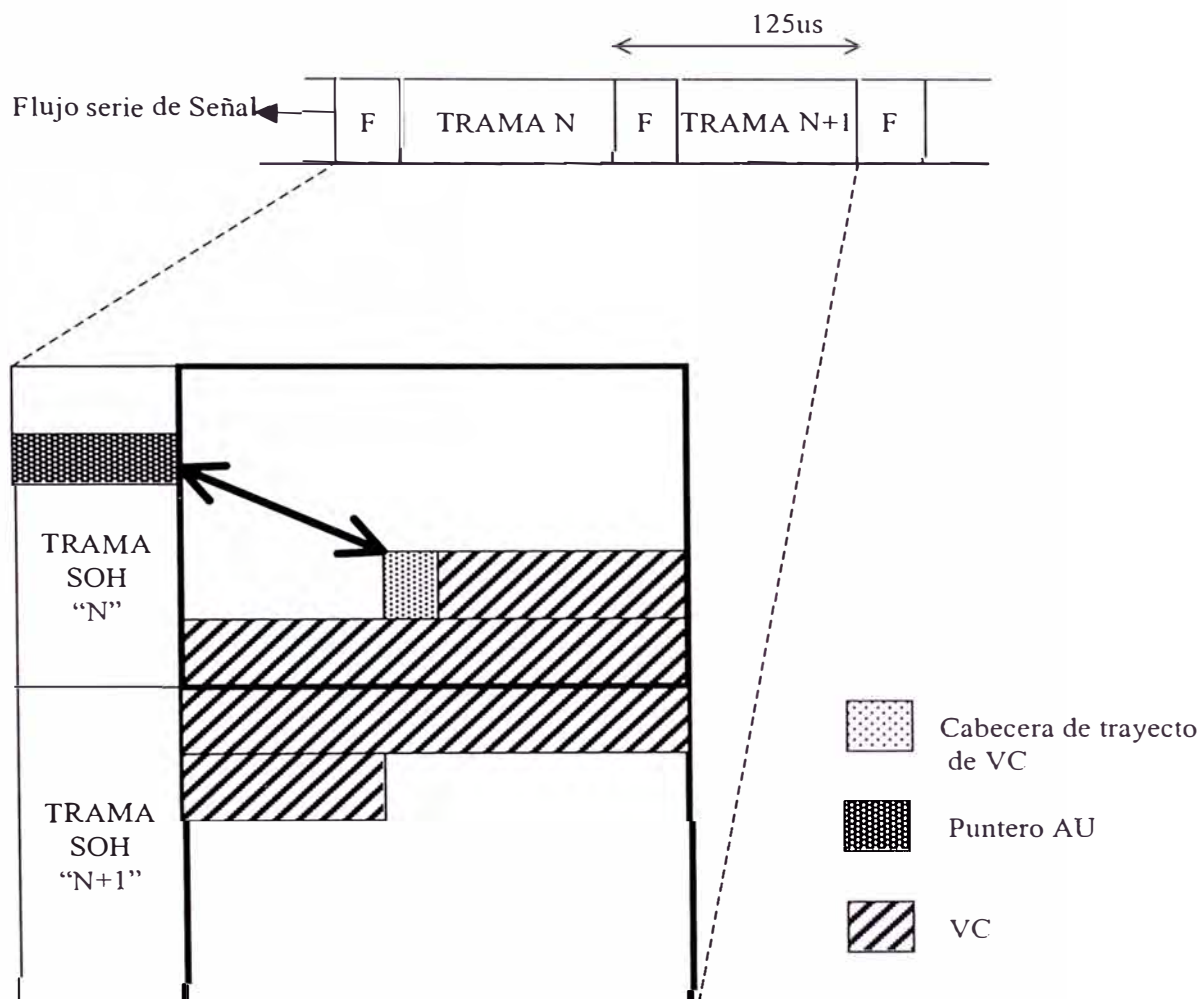
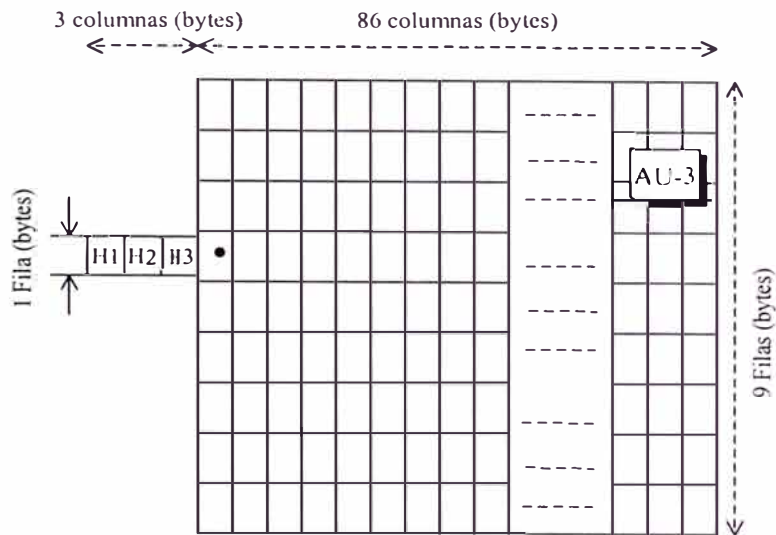
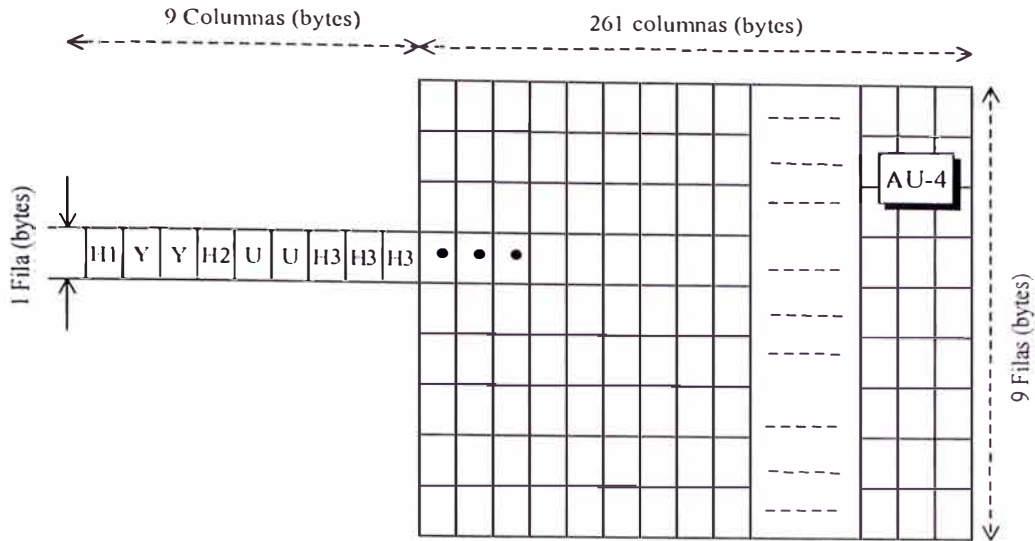


Figura 20



PUNTERO AU
Palabra de puntero = H1+H2
Justificación Negativa = H3
Byte U = 11111111
Byte Y = 1001SS11 (Bit-S sin especificar)

Dirección en la que se leen los bytes

Area VC

● Byte en la posición 0 con respecto al puntero

Area de Puntero

 En el caso de AU-4s, los 2346 bytes del VC-4 (9 Filasx261 colum.) se procesan en grupos de tres.

Figura 21
Disposición del puntero AU-3 y AU-4

ajustando el puntero AU-4. Este puntero identifica el comienzo del VC-4 en relación con la trama del STM-1. En este caso, el valor del puntero AU4 se incrementa en una unidad. Esto recibe el nombre de justificación positiva. EL VC-4 comenzará ahora en una posición tres bytes más abajo en la trama es decir, ligeramente más tarde. Puesto que la transmisión de cada byte tarda 0,05144usg, el sistema de orden inferior obtiene 0,20576usg adicionales para proporcionar el byte para su transmisión.

La Trama SDH tendrá ahora tres bytes no utilizados. Estos bytes estarán situados inmediatamente detrás de los bytes del puntero (H1-H3) en la cabecera de sección. Si la señal de la ruta de orden alto (VC-4) está adelantada respecto a la parte del multiplexor del sistema, en lugar de lo anterior se utiliza la justificación negativa. En este caso, la ruta de orden alto tiene bytes para enviar antes de que la parte del sistema esté preparada para enviarlo. Para solucionar esto, el valor del puntero se disminuye en una unidad. El VC-4 comenzará ahora en una posición tres bytes antes en la trama, es decir, puesto que la transmisión de cada byte tarda 0,05144usg, el multiplexor obtendrá 0,20576usg adicionales para proporcionar capacidad de transporte para los bytes que tiene que enviarse.

La Trama SDH tendrá ahora que proporcionar espacio para tres bytes adicionales. El espacio para esta aplicación se asigna en el área del puntero de la cabecera de la sección, es decir, los tres bytes H3. Por tanto, al disminuir el puntero, el VC-4 se desplazará tres bytes desde la posición de los bytes del puntero.

El puntero real asigna dos bytes, H1 y H2. Los bytes H3 se asigna para la justificación negativa como se ha indicado anteriormente. Los 4 bytes restantes tienen un contenido fijo como se muestra en la figura 22.

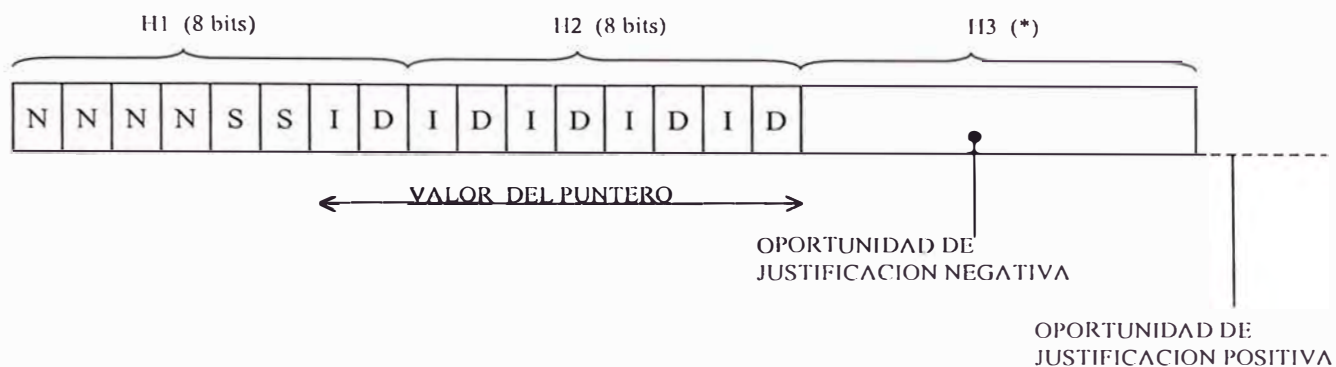
Los bytes H1 y H2 del puntero de una Unidad Administrativa consta de lo siguiente:

- **NNNN Nueva bandera de datos**: estos 4 bits tienen normalmente el valor binario 0110. Para ajustes del puntero que sean algo más que simples incrementos o disminuciones, estos cuatro bits se invierte al valor binario 1001. Esto indica que tiene que utilizarse un valor del puntero totalmente nuevo.

- **SS** : Dos bits que indican el valor binario 10 que utiliza AU para AU-4. El mismo valor indica también que la AU se utiliza para AU-3 o TU-3. La AU-3 no está soportada por la estructura de multiplexión del ETSI, la AU-3 forma parte de la estructura de multiplexión completa de la ITU-T.

- **ID**: 10 bits que transporta el valor real del puntero. Nota: el máximo valor válido es 782 (decimal), a pesar de que los 10 bits pueden dar un valor de 1023 (decimal).

- **I**: 5 bits en el valor del puntero. Si tiene que hacerse un incremento del puntero, estos 5 bits se invierte en los bytes del puntero de una trama STM-1. Para evitar los efectos de errores de bits se utiliza un voto de mayoría. El puntero señala una unidad de tres bytes una posición más abajo en la trama SDH. Los bytes de justificación positiva siguientes al puntero



(*) 8 bits para AU-3, 24 bits para AU-4

Margen del valor del puntero	AU-3: 0 / 782 decimal AU-4: 0 / 782 decimal
Bits-N	Cambio de indicación de puntero Funcionamiento normal: 0110 Bandera de datos nuevos 1001 Solamente se acepta una paridad exacta

Bits-S	Indicación del tipo de AU AU-4, AU-3: 1 0
JUSTIFICACION POSITIVA -Inversión de 5 bits-I -Decodificación por mayoría	
JUSTIFICACIÓN NEGATIVA -Inversión de 5 bits-D -Decodificación por mayoría	

Figura 22 Palabra de Puntero AU

deben ignorarse. En la Trama siguiente, el puntero tiene el nuevo valor incrementado.

- **D** 5 bits en el valor del puntero. Si tiene que hacerse una disminución del puntero, estos 5 bits se invierte en los bytes del puntero de una trama STM-1. Para evitar los efectos de los errores de bits se utiliza un voto de mayoría. El puntero señala una unidad de tres bytes una posición más arriba en la trama SDH. Se utilizan los bytes de justificación negativa (3 veces H3) siguientes al puntero. En la trama siguiente, el puntero tiene el nuevo valor disminuido.

En la Figura 23. indica los valores de los bytes H1 y H2 en tres tramas consecutivas si el puntero se incrementa del valor 522 (decimal) al valor 523. Como se ha indicado en la descripción de la disposición del puntero, el valor de éste puede cambiarse por otro valor totalmente nuevo. Esto puede hacerse cuando se reanuda el funcionamiento normal después de una interrupción de la conexión. En este caso, el puntero recibe un nuevo valor. Para indicar esto los bits NNNN se invierten (de 0110 a 1001) en la primera trama con el nuevo valor.

En cualquier caso, un nuevo valor del puntero tiene que permanecer estable durante tres tramas consecutivas.

En la figura 24 y 25 se muestra los puntero de un TU-3.

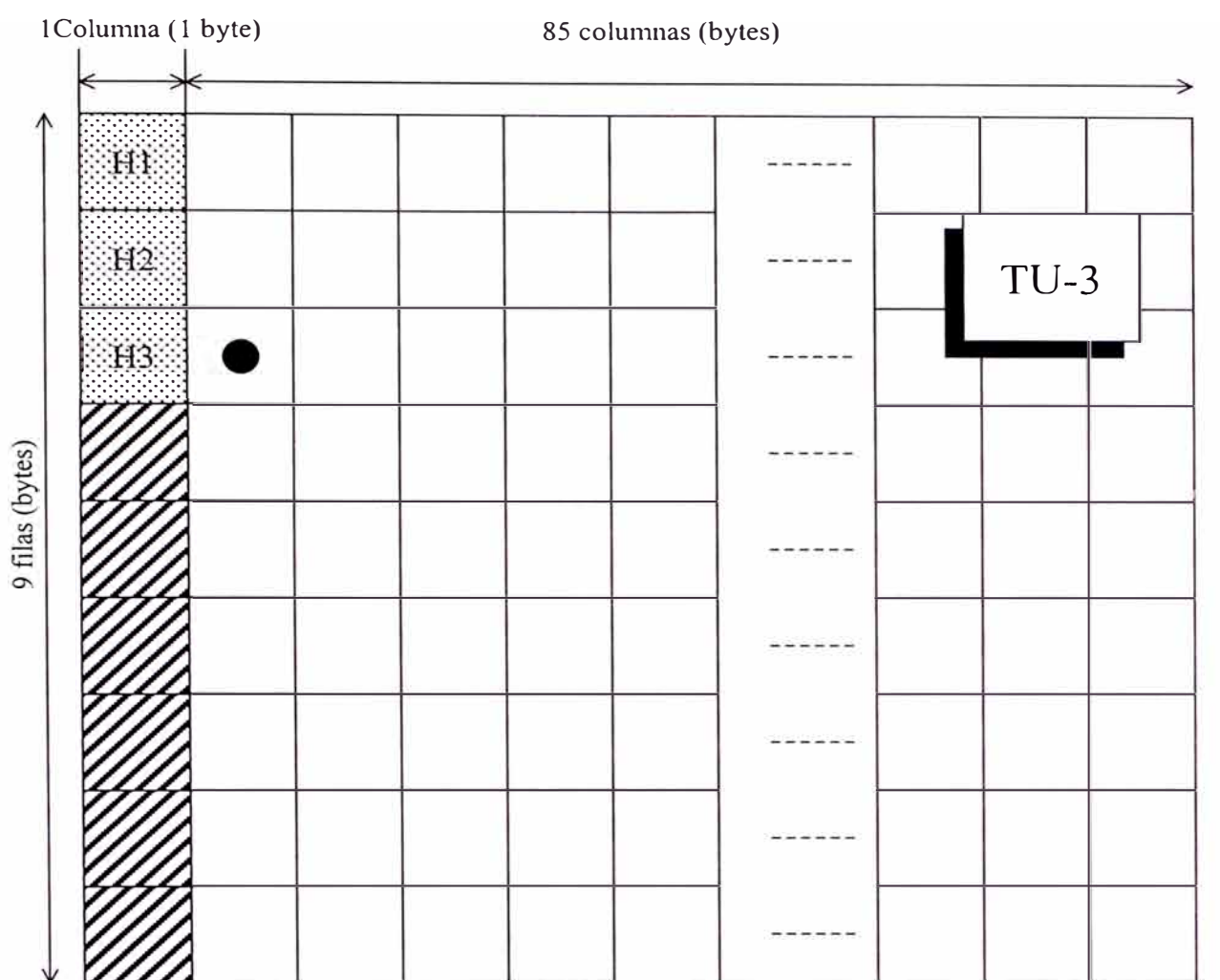
Otras aplicaciones de los punteros.

En la SDH, los punteros pueden utilizarse para otras aplicaciones, por ejemplo como indicación de concatenación e Indicación de puntero nulo (NPI).

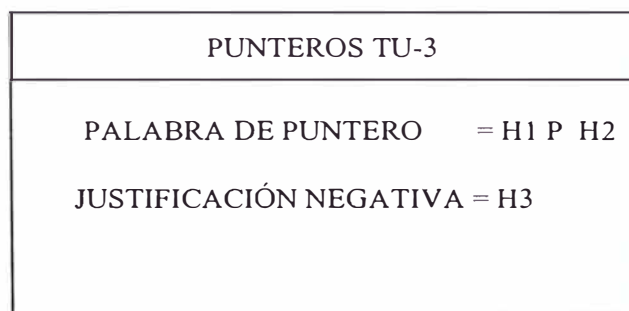
INCREMENTO DEL PUNTERO
AU-4

Valor del Puntero		H1 Binaria		H2 Binaria		H1	H2
DECIMAL	HEX	NNNN	SSID	IDID	IDID	HEX	HEX
522	20A	0110	1010	0000	1010	6A	6B
INCREMENTO		0110	1000	1010	0000	68	A0
523	20B	0110	1010	0000	1011	6A	0B

Figura 23



125us



Area VC



Area fija de relleno

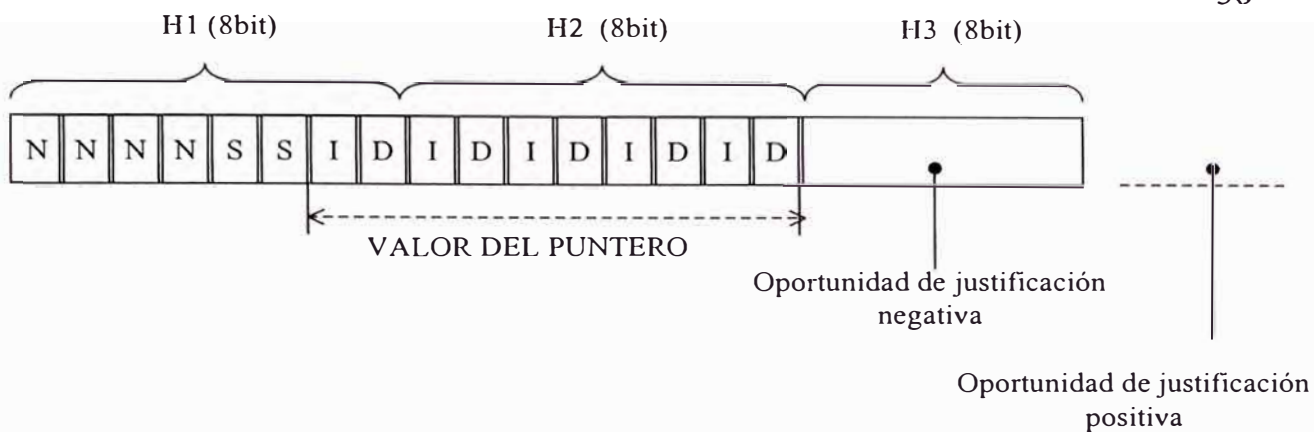


Area de puntero



Byte en posición 0 con respecto al puntero

Figura 24 Disposición del puntero TU-3



Rango del valor del puntero	TU-3: 0 a 764 decimal
Bit/s - N	Cambio de indicación de puntero Operación normal: 0 1 1 0 nueva bandera de datos: 1 0 0 1 solo se acepta una paridad exacta

Bit/s -S	Tipo AU-n / TU-n AU-4, AU-3, TU-3 =1 0
JUSTIFICACIÓN POSITIVA -Inversión de 5 I-Mb/s -Decodificación por mayoría	
JUSTIFICACIÓN NEGATIVA -Inversión de 5 D-Mb/s -Decodificación por mayoría	

Figura 25 Palabra de puntero TU-3

Si se necesita más unidades (unidades administrativas (AU) ó unidades tributarias (TU)) a un nivel dado para proporcionar el ancho de banda requerido, las necesarias acciones del puntero se manipulan utilizando el puntero de la primera unidad, a los punteros de las demás unidades se les asigna valores binarios: H1=10010110; H2=11111111, esto constituye la indicación de concatenación.

En determinados casos, la estructura de las tramas SDH asigna tres bytes para un puntero que puede o no utilizarse, dependiendo de la estructura múltiplex. Si el espacio asignado no se utiliza para un puntero, los dos primeros bytes contiene la indicación de puntero nulo (NPI) cuyos

valores binarios son 100110011 y 11100000. El contenido del tercer byte no esta definido.

3.10. Mapeo y Multiplexión

El sistema SDH permite el transporte de diversos tipos de señales y en particular las señales PDH existentes a 140, 34 y 2Mb/s. Para cada tipo de señal se define un mapeo. El mapeo especifica cómo se llena el espacio asignado a una señal. Además, puede compensar desviaciones de frecuencia entre la señal PDH y el sistema SDH. Esto se consigue mediante la justificación que es muy similar al mecanismo de justificación empleado en los sistemas PDH existentes.

En la estructura de multiplexión del ETSI (figura 26), el sistema SDH utilizará siempre un VC-4 (contenedor virtual, nivel 4) para el transporte de las señales PDH.

ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACION

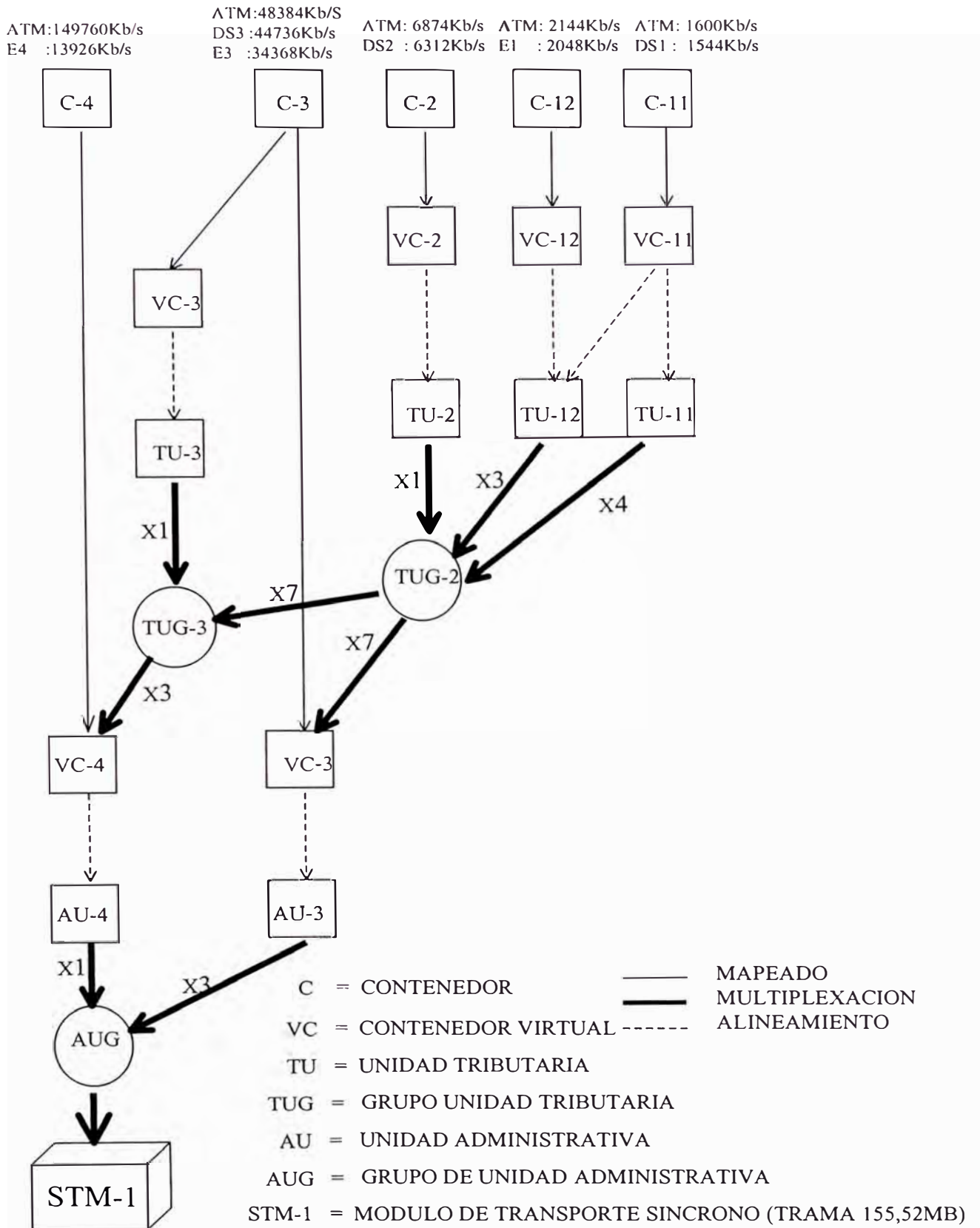


Figura 26

3.10.1 Multiplexión TUG-3 TUG-2

Si el sistema SDH transporta una señal PDH a 140 Mb/s, esa señal se mapea directamente en el VC-4. El VC-4 se llenará totalmente con una señal a 140 Mb/s y su cabecera. Por tanto, no se producirá Multiplexión en la SDH.

Si el sistema SDH transporta señales PDH a 34 ó 2Mb/s, varias de estas señales se multiplexarán juntas en un VC-4 la unidad básica que tendrá que multiplexarse (es decir, la señal PDH y algo de cabecera se denomina una unidad tributaria (TU). Las señales multiplexadas se denominan grupos de señales tributarias (TUG).

Los TUG se define a dos niveles. El nivel más alto lo forman los TUG-3. Un VC-4 puede transportar tres de estos TUG en un VC-4. El VC-4 puede considerarse como un bloque de datos con 261 columnas y 9 bytes en cada columna. La primera columna se asigna a la cabecera de ruta del VC-4 y las dos columnas siguientes se llenan con bytes de relleno. A continuación sigue el contenido de los TUG-3. Un TUG-3 es un bloque de datos con 86 columnas y 9 bytes en cada columna. En el VC-4 se entrelaza tres TUG-3.

Para la descripción del llenado del TUG-3 con datos de la señal, el TUG-3 debe considerarse como un bloque de datos con 86 columnas y 9 bytes en cada columna. El contenido de un TUG-3 puede ser una TU-3 (que transporte una señal PDH a 34Mb/s en un VC-3) o siete TUG-2. Si el TUG-3 puede ser una TU-3, las dos primeras columnas se asigna a un puntero de TU-3 y a bytes de relleno. El puntero de TU-3 señala al comienzo de un VC-3. En lugar de lo anterior; un TUG-3 puede transportar siete TUG-

2. Cada uno de los TUG-2 transportará tres TU-12, si el sistema se utiliza para señales a 2Mb/s.

Cuando el TUG-3 transporta varias TUG-2, el espacio asignado al puntero de la TU-3 contiene una indicación de puntero nulo (NPI). La parte restante del TUG-3 está llena con el contenido de los TUG-2 y de las TU-12 .

Los tributarios individuales se indican en ocasiones en las recomendaciones utilizando un número K (1-m). El número K (1-3) es el número del TUG-3 que transporta el tributario. El número 1 (1-7) es el número del TUG-2 que transporta el tributario. El número m es el número del tributario dentro del TUG-2.

3.10.2 Mapeo de Señales a 140Mb/s

Una señal PDH a 140 Mb/s puede mapearse en un VC-4. La disposición del mapeo es la que se muestra en la figura 27.

El VC-4 consta de 261 columnas cada una de las cuales tiene 9 bytes. El comienzo real del VC-4 se define mediante el puntero AU-4. Como se muestra en la figura 27, la primera columna del VC-4 contiene la cabecera de la ruta del VC-4. El resto del VC-4 se utiliza para el contenedor C-4. El contenedor C-4 puede considerarse como un bloque de 9*260 bytes. Cada fila está dividida en 20 grupos de 13 bytes y 12 de estos bytes transportan bits de información por ejemplo, bits de la señal a 140Mb/s. El byte décimo tercero se usa para distintos fines.

I Transporte de bits de información

R Relleno en este caso el byte contiene "relleno fijo", es decir, bits que se utilizan para rellenar la señal a 140Mb/s en la trama SDH. Los bits R

llenan el espacio adicional del contenedor C-4, que no son necesarios para la señal a 140Mb/s. El contenido de estos bits no está definido y los receptores deben ignorarlos.

O Están asignados estos pocos bits a la información de la cabecera adicional. Su uso no está definido en la actualidad.

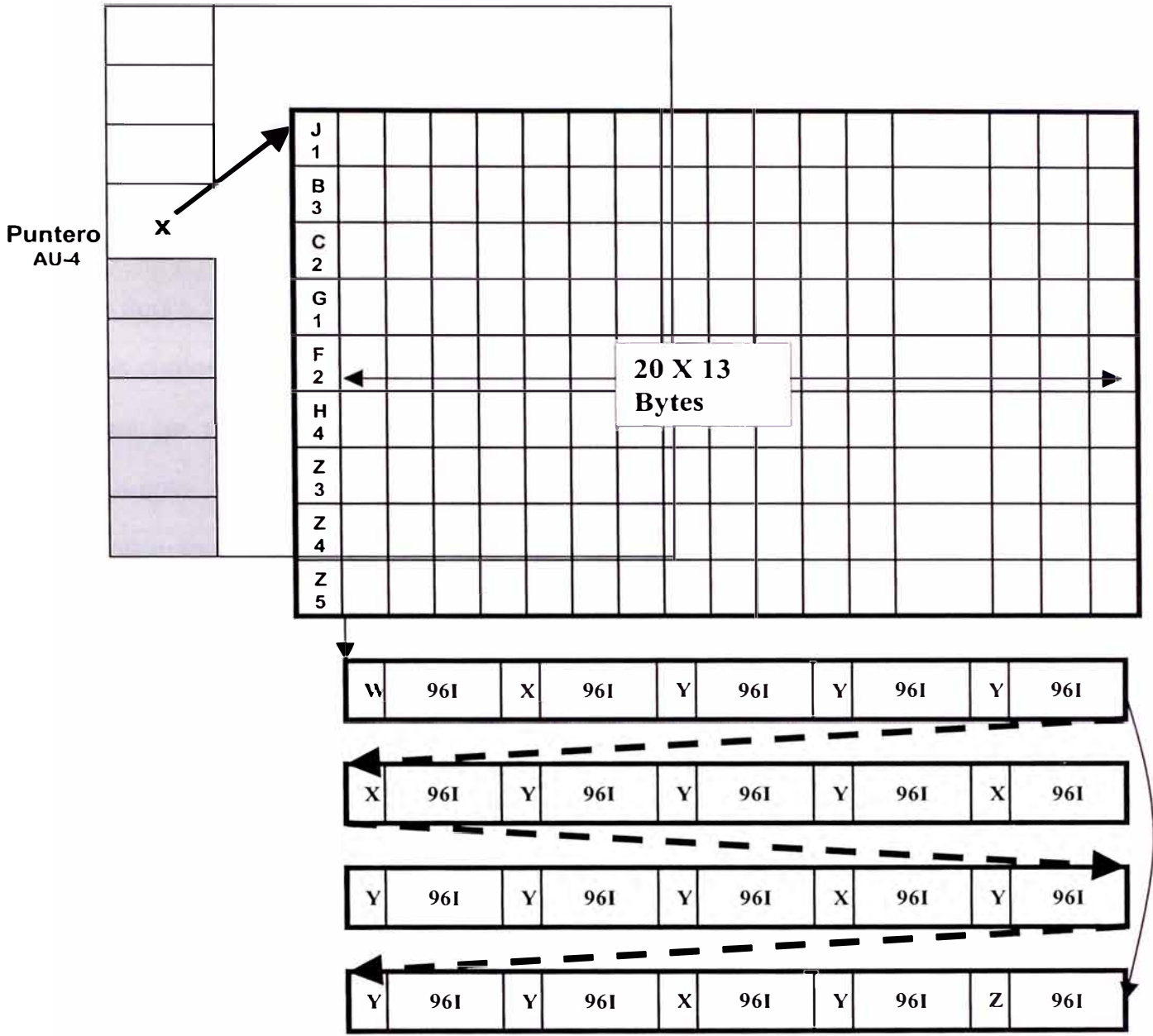
S,C Esta relacionado a la Justificación. En cada fila, hay disponible 1bit (S) para justificación (bit de oportunidad de justificación), esto significa que las desviaciones de frecuencia entre el sistema PDH y el sistema SDH, se absorben utilizando o no este bit como bit de información. Los otros 5 bits (C) de la fila (bit de control de justificación) determinan si el bit de oportunidad de justificación se utiliza realmente o no se utiliza como bit de información. El receptor de la señal utilizará una decisión de mayoría basada en los valores de los bits de control de justificación para determinar si se utiliza el bit de justificación. Esto minimiza el riesgo de que un error de transmisión corrompa la señal transportada a 140Mb/s.

La justificación permite obtener velocidades de transmisión de bits comprendidas entre 13925Kb/s y 139320Kb/s a través del sistema SDH.

3.10.3 Mapeo de señales a 34Mb/s

Si el sistema SDH tiene que transportar señales PDH a 34Mb/s, éstas se mapea en un C-3. Al C-3 se le añade una cabecera de ruta de 9bytes y el conjunto constituye el VC-3. El VC-3 transporta en el TUG-3 (grupo de unidades tributarias-3) que puede considerarse como un bloque de datos de 86 columnas, cada una de las cuales contienen 9 bytes. La primera columna del TUG-3 contiene el puntero para la TU-3 (Unidad tributaria 3)

MAPEO DE SEÑALES A 140Mb/s



W = I I I I I I I I
X = C R R R R R 0 0
Y = R R R R R R R R
Z = I I I I I S R
I = Bits de información.
R = Bits de relleno fijo.
O = Bits de cabecera.
S = Bits de oportunidad de justificación
C = Bits de control de justificación

Figura 27 Mapeo de señales a 140 mbit/sg

El puntero de la TU-3 identifica el comienzo del VC-3 dentro de las 85 columnas restantes del TUG-3. El puntero de la TU-3 consta de tres bytes, H1-H3, que se utilizan de la misma manera que se ha descrito anteriormente para el puntero AU-4. Los valores válidos del puntero de la TU-3 se encuentra comprendidos entre 0 y 764. La TU-3 es el VC-3 y su puntero asociado. El método de mapeo de la señal a 34Mb/s en el C-3 se ilustra en la figura 27. En este caso, se considera que el C-3 tiene 9 filas cada una de las cuales transporta 84bytes. Tres de estas filas forman un grupo en la cual tres de cuatro bytes se utilizan para transportar bits de información (por ejemplo, la señal de 34Mb/s). El resto de los bytes se utiliza para aplicaciones siguientes:

I Transporte de bits de información.

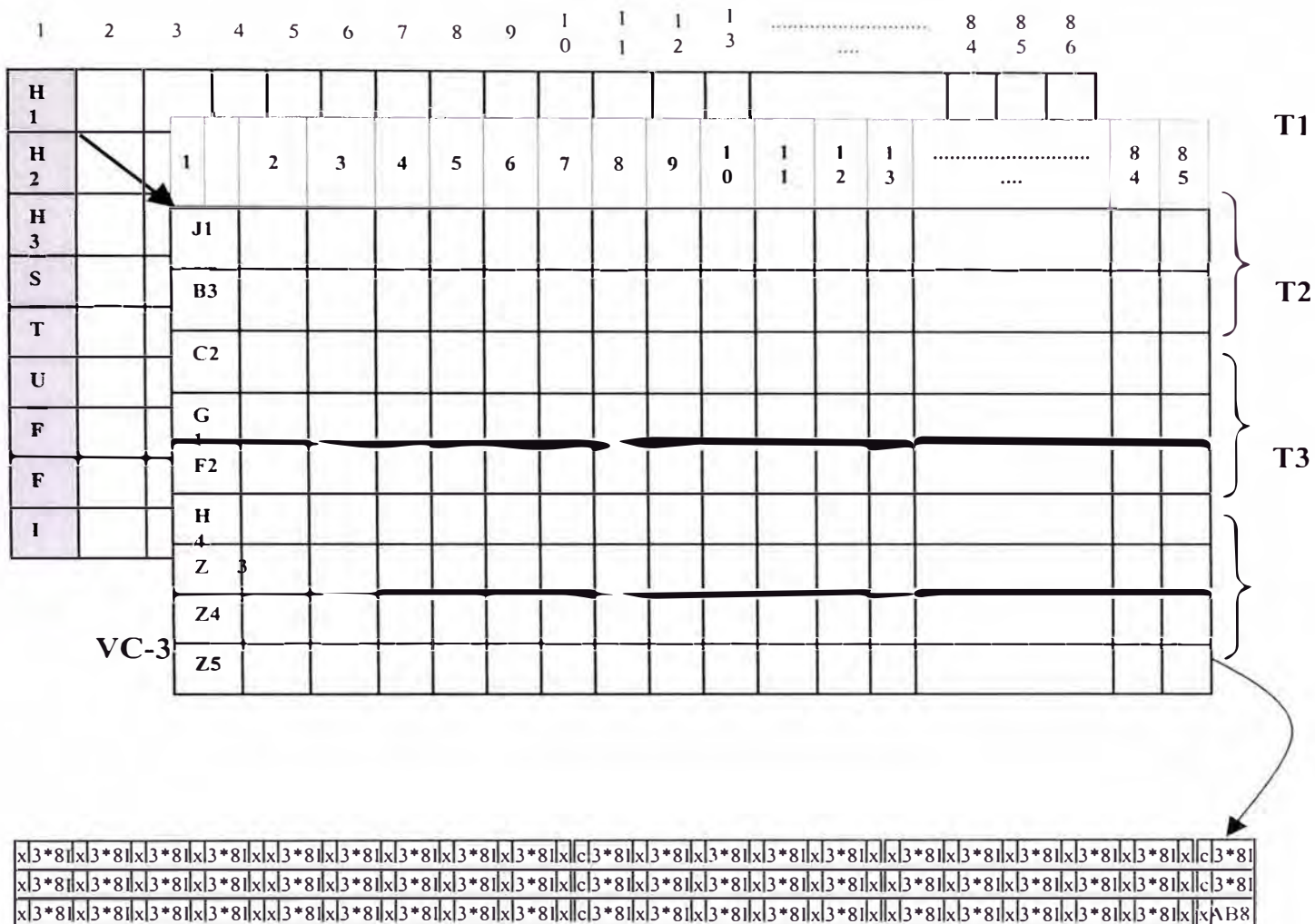
R Relleno en este caso el byte contiene "relleno fijo" es decir, bits que se usan para rellenar la señal a 34 Mb/s en la trama SDH.

S1,S2 Justificación en cada grupo de filas , hay dos bits disponibles para justificación (bits de oportunidad de justificación). Esto significa que las desviaciones de frecuencia entre el sistema PDH y el sistema SDH se absorben utilizando o no estos bits de información

C1,C2 Para cada uno de los bits de justificación, otros 5 bits (C1, C2 bits de control de justificación) del grupo de tres filas determinan si el bit de oportunidad de justificación se utiliza realmente o no se utiliza como bit de información . El receptor de la señal utilizará

una decisión de mayoría basada en lo valores de los bits de control de justificación para determinar si se utiliza el bit de justificación

MAPEO DE SEÑALES A 34 Mb/s



X = R R R R R R R R
 C = R R R R R R C1 C2
 A = R R R R R R R S1
 B = S2 I I I I I I I I

R = Bit de relleno fijo.
 C1, C2 = Bits de control de justificación.
 S1, S2 = Bits de oportunidad de justificación.
 I = Bits de información

Velocidades de transmisión de
 34344 a 34392 Kbit/seg por medio
 de la justificación.

Figura 28

correspondiente, lo que minimiza el riesgo de que un error de transmisión corrompa la señal transportada a 34Mb/s. La justificación permite obtener velocidades de transporte comprendidas entre 34344Kb/s y 34392Kb/s.

3.10.4 Mapeo de Señales a 2Mb/s

El sistema SDH puede transportar señales a 2 Mb/s mapeadas en un C-12. Para el mapeo puede utilizarse tres métodos:

1. Asíncrono

La señal a 2Mb/s no se sincroniza con la señal SDH.(Figura 29)

2. Síncrono por bits

La velocidad de la señal a 2Mb/s se sincroniza con la señal SDH. La identificación de tramas de la señal a 2Mb/s no se sincroniza con la señal SDH.

3. Síncrono por bytes

Tanto la identificación de trama como la velocidad de la señal a 2Mb/s se sincronizan con la señal SDH. (Figura 30)

Además, están definidos dos modos de funcionamiento:

- Modo Flotante

La señal a 2Mb/s “flota” con respecto al VC-4. El comienzo de la señal se identifica mediante un puntero.

- Modo bloqueado

La señal a 2Mb/s está bloqueada en el VC-4. El comienzo de la señal es fijo y está situada en el comienzo del VC-4. No se utiliza punteros. El mapeo y modo que interesa utilizar depende de la aplicación y de la naturaleza de la señal a 2Mb/s.

Modo Flotante Asíncrono	Modo Flotante Síncrono por Bits	Modo Flotante Síncrono por Bytes	Modo Bloqueado Síncrono por Bytes
Independiente de la secuencia de bits	Independiente de la secuencia de bits	Requiere trama G.704	Requiere trama G.704
No hay requisitos para la estructura de la señal	No hay requisitos para la estructura de la señal	Acceso directo a la señal a 64Kb/s	Acceso directo a la señal 64Kb/s
No hay acceso directo a la señal 64Kb/s	No hay acceso directo a la señal a 64Kb/s	No hay justificación; la señal tiene que sincronizarse con la SDH	No hay justificación, la señal tiene que sincronizarse con la SDH
Incluye justificación	No hay justificación la señal tiene que sincronizarse con la SDH	VC-12s flotantes a los que se accede mediante puntero	Los VC-12 están bloqueados en frecuencia y en fase
Interfaz sencilla con sistema PDH existentes		Los VC-12 pueden conmutarse independiente en ADM/DCC	No se utiliza punteros TU. La conmutación de VC-12 en ADM/DCC puede causar retrasos importantes.
Sólo para señales asíncronas	No se ha planificado el uso en redes internacionales; puede usarse en redes nacionales	Debe usarse normalmente para señales a (n*) 64Kb/s y 2 Mb/s en la red SDH	Puede usarse en lugar del modo flotante en casos especiales ya que este mapeo es más sencillo

La tabla anterior contempla el funcionamiento en modo flotante del mapeo síncrono tanto de la forma de bits como asíncrono. Para el mapeo asíncrono, sólo está definido el funcionamiento en modo flotante. Para el mapeo síncrono por bits, también está definido el funcionamiento síncrono por bits. El mapeo asíncrono y el mapeo síncrono por bytes se explican a continuación.

a. Mapeo a 2Mb/s: Asíncrono y Síncrono por bytes, Flotante

En el mapeo asíncrono y en el mapeo síncrono por bytes en modo flotante de una señal a 2Mb/s, el C-12 contiene la señal a 2 Mb/s se sitúa en el VC-12. Se añade al C-12 un byte de cabecera de ruta en el VC-12. Cada VC-12 se señala mediante un puntero. Conjuntamente, el VC-12 y el puntero forman una TU-12. Como se indica en la figura 28. Se asignan cuatro columnas con 9 bytes cada una a las TU-12 por cada trama SDH. Esto resulta 36 bytes por trama SDH, es decir, 8000 veces por segundo.

Los requisitos inmediatos para una señal PDH a 2Mb/s son 32 bytes (o intervalos de tiempo) 8000 veces por segundo. Esto puede indicar que la señal a 2Mb/s podría caber directamente en la TU-12. Sin embargo, para los tipos de mapeo explicados en este capítulo, los requisitos para la cabecera y la justificación hacen necesario asignar más espacio por VC-12 que los cuatro bytes adicionales por trama SDH. Esto se logra concatenando los 36 bytes asignados a una TU-12 en cuatro VC-4 consecutivos.

El Primer byte de cada grupo de 36 bytes se asigna al puntero TU-12. Los bytes V1, V2 y V3 se usan de forma muy similar a como se usan los bytes H1, H2 y H3, por ejemplo, para el puntero AU-4. En cuanto a los bytes H1 y H2 del puntero AU-4, V1 y V2 tiene que verse como 16bits (NNNN SSID IDID), el significado de los bits NNNN, I y D se explica para el puntero AU-4. El significado de los bits SS se define en la tabla siguiente.

V1,V2 NNNN SSID IDID IDID		
SS	Identifica el tamaño de la TU	Rango del puntero
OO	TU12	0-427
		0-139
		0-103

Si se examina cómo las TU-12 se multiplexan a través de los TUG-2 y TUG-3 en el C-4 y el VC-4, se observará que puede transportarse un total de 63 TU-12 en el VC-4. Además, los bytes números 10 a 72 de la primera fila del VC-4 contendrá el primer byte de cada TU-12. Cuando se usa TU-12 de multitrama, el primer byte de una TU-12 es un byte V1, V2, V3 ó V4. Naturalmente, es necesario identificar lo que es cada uno. Esto se logra mediante los dos bits menos significativos del byte H4 de la cabecera de un VC-4. El valor del byte H4 de un VC-4 dado, especifica el significado de los bytes números 10 a 62 de la fila 1 del VC-4 siguiente.

Los bits del byte H4 puede asignarse también para la sincronización de las multitramas para la señalización asociada de canales. Esto se indica en la tabla siguiente:

Asignación de H4								
Bits								
1	2	3	4	5	6	7	8	
0	0	0	0	0	0	1	1	Multitrama TU de 0,5 msg
0	0	0	0	1	1	1	1	Multitrama CAS a 2Mb/s de 2msg
1	1	1	1	0	0	1	1	Multitrama CAS a 1,5Mb/s de 3msg

Los valores del byte H4 tiene que incluir información para la señalización CAS para los sistemas a 2Mb/s y a 1,5Mb/s. El resultado es

una secuencia de 6msg con 48 valores distintos. Si el elemento de red SDH sólo se utiliza para funcionamiento en modo flotante, puede utilizarse un byte H4 simplificado. En este caso, los bits 1 al 6 son todos unos (1) y el byte H4 sólo señala la multitrama TU de 0,5msg. Como se muestra en la figura 29. Los primeros bytes de 4 TU concatenadas contiene el puntero TU-12 (V1-V4). Los 4x35 bytes restantes deberán entonces considerarse como un bloque con capacidad para datos en el que puede colocarse el VC-12. El comienzo real del VC-12 se señala mediante el puntero TU-12. El primer byte del VC-12 transporta un byte de cabecera de ruta, que es la cabecera de ruta de orden bajo V5. La parte restante del VC-12 es el C-12. Un C-12 transporta nominalmente cuatro tramas PDH a 2 Mb/s (Cada una con 32 intervalos de tiempo).

b.- Mapeo a 2 Mb/s: Síncrono por bytes bloqueado

El mapeo síncrono por bytes en modo bloqueado de la señal a 2Mb/s es más sencillo que los mapeos en modo flotante. En el mapeo síncrono por bytes en modo bloqueado no se utiliza ni punteros TU-12 ni TU-12 multitrama. En este caso también queda fuera el byte (V5) de cabecera de ruta. Sin embargo, para este mapeo tiene que aplicarse la secuencia completa de H4 de 6msg.

En el mapeo síncrono por bytes en modo bloqueado, una trama de la señal PDH a 2Mb/s (que es igual a 32 bytes de intervalo de tiempo) se sitúa en el espacio asignado para la TU-12.

En las figuras 30,31 y 32, se muestran las formas de mapeos del VC-11 y la conversión de un VC-11 a VC-12.

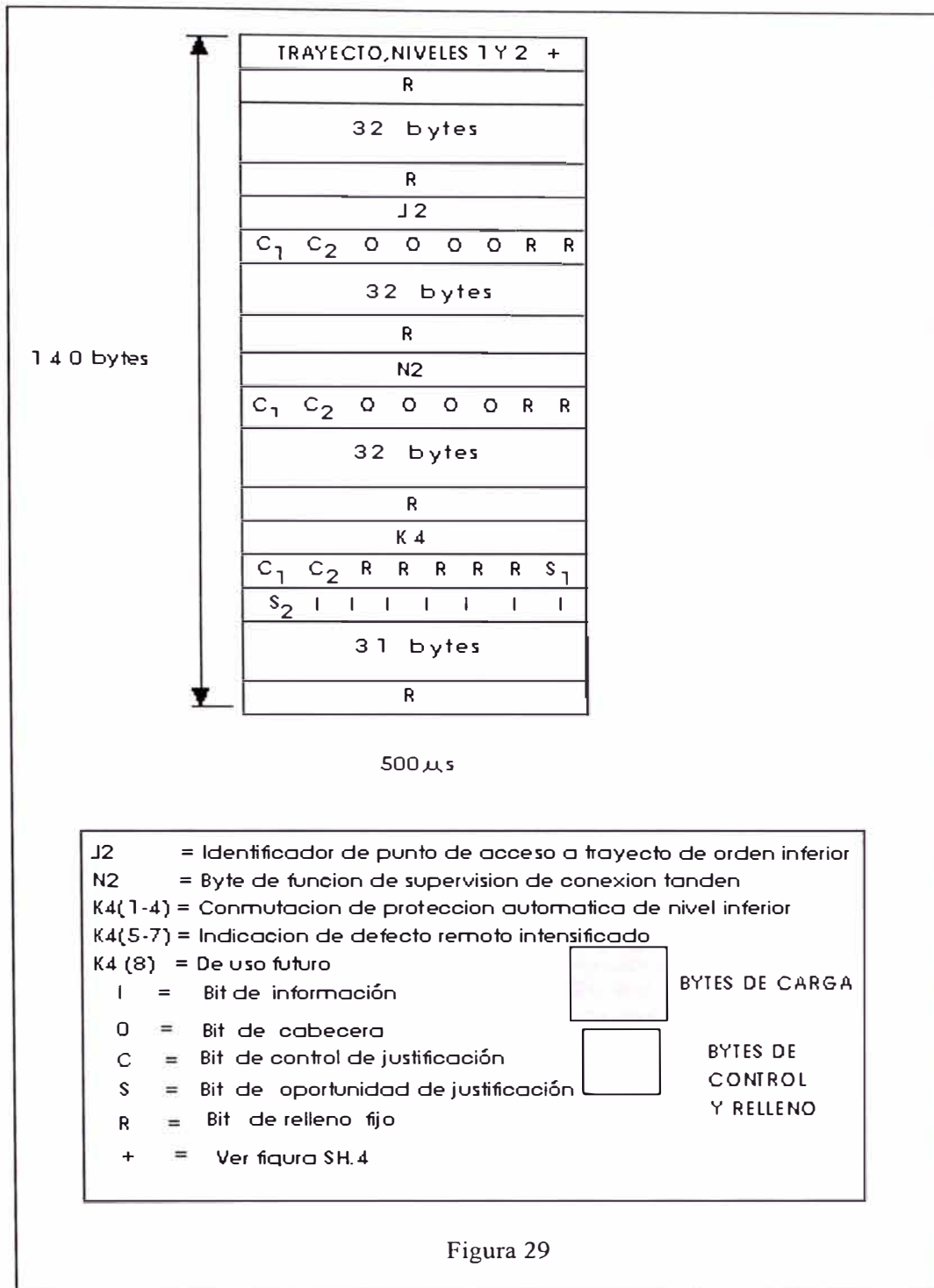
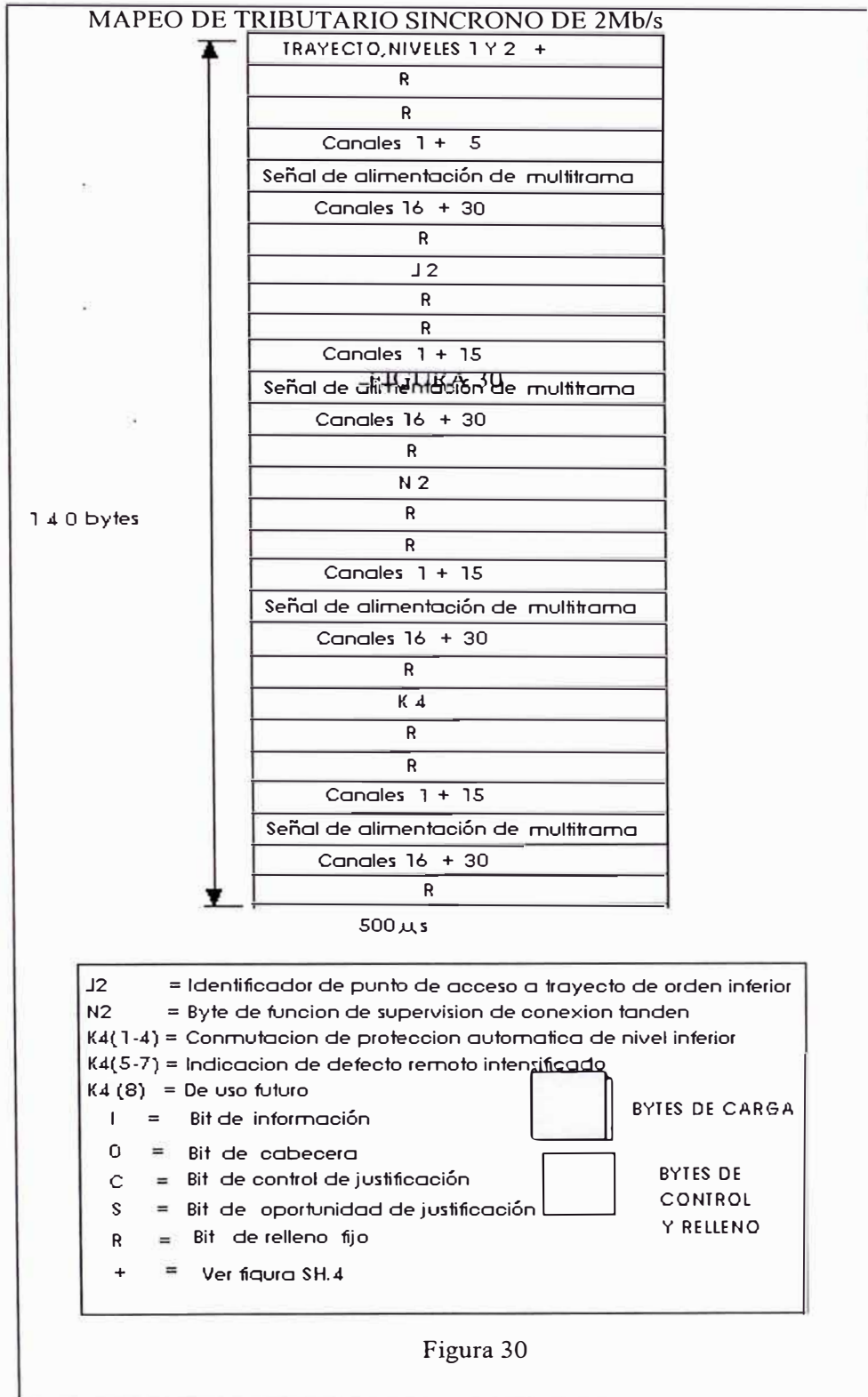
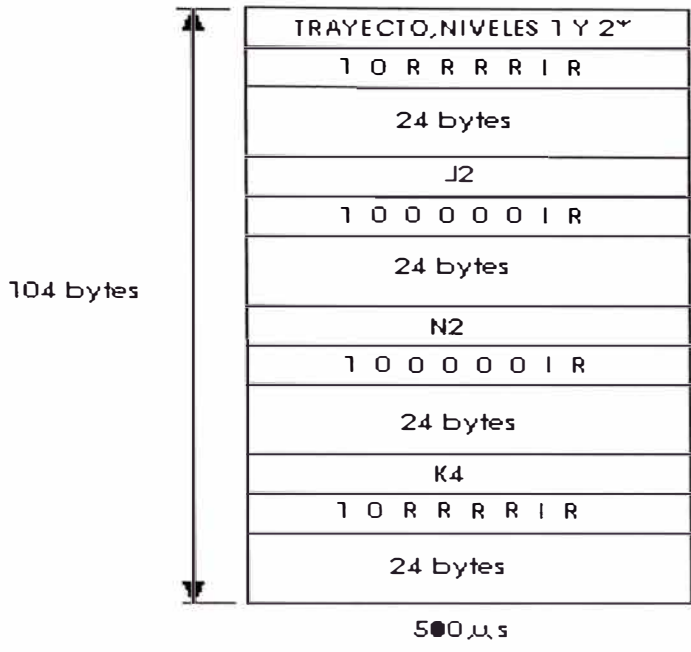


Figura 29

MAPEO DE TRIBUTARIO SINCRONO DE 2Mb/s EN UN VC-12



MAPEO DE TRIBUTARIO SINCRONO DE 1544Kb/s EN UN VC-11



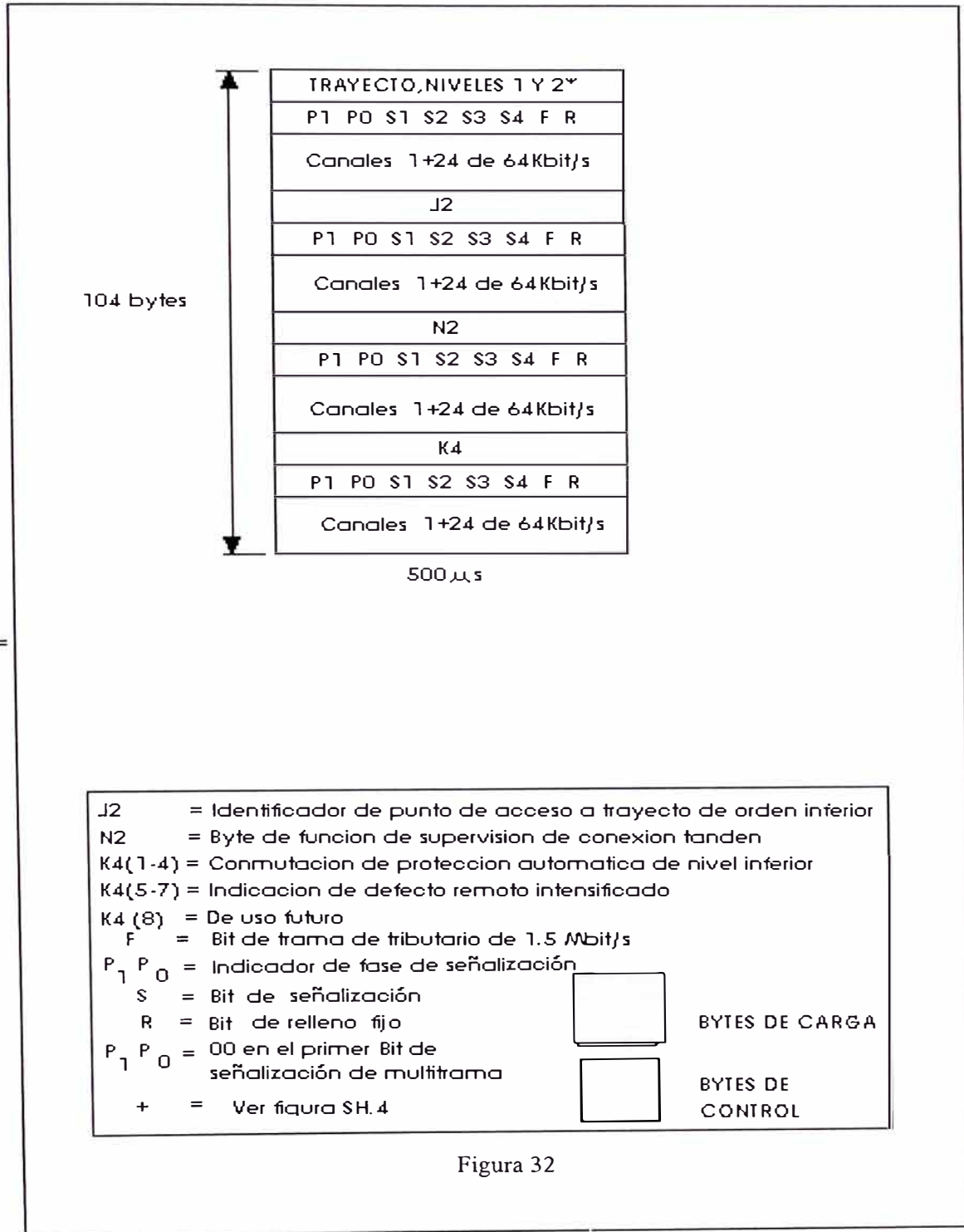
J2 = Identificador de punto de acceso a trayecto de orden inferior
 N2 = Byte de funcion de supervision de conexion tandem
 K4(1-4) = Conmutacion de proteccion automatica de nivel inferior
 K4(5-7) = Indicacion de defecto remoto intensificado
 K4(8) = De uso futuro
 I = Bit de informacion
 O = Bit de cabecera
 R = Bit de relleno fijo
 ↖ = Ver figura SH. 4

BYTES DE CARGA

BYTES DE CONTROL

Figura 31

MAPEO DE TRIBUTARIO SINCRONO DE 1544Kb/s
(SISTEMA DE 24 CANALES TELEFONICOS) EN UN VC-11



3.10.5Otros Mapeos

El mapeo de las señales a 2 Mb/s, 34Mb/s y 140Mb/s ya se ha descrito en esta nota técnica. Además de estos mapeos, en las especificaciones de la SDH se define (o esta en proceso de definición) el mapeo de otros tipos de señales. Estos tipos de señales incluyen señales PDH a 1,5Mb/s, ATM, DQDB (Bus doble de colas distribuidas, que es una norma para MAN, Red de área metropolitana) y FDDI (interfaz de datos distribuidos por fibra).

Entramado de Celdas ATM

La celda ATM es portadora de la información B-ISDN, y el tamaño de su celda es de 53 octetos. Cinco octetos se utilizan para el encabezamiento y 48 octetos se utiliza para información. El entramado de la celdas ATM en el VC-4 es por medio de la alineación de sus octetos, y debido a que la capacidad de la carga útil (2340 octetos) no es un entero múltiplo del tamaño de la celda (53 octetos), la posiciones relativas de las fronteras de la celda y el VC-4 cambian de trama en trama. Es por esta causa que se utiliza el octeto H4 del VC-4 para indicar la desviación a partir del mismo (H4) hasta la frontera de la celda ATM.

La forma de onda de la señal de un sistema SDH esta en NRZ. Además, debido a la importancia de que los datos del código de línea dispongan de transientes balanceados en orden de obtener información de tiempo estable (evitando errores de decisión en la recepción), es que la salida del transmisor es aleatorizada.

El aleatorizador es del tipo de trama sincronizada con un largo de 127 bits y su polinomio generado está dado por $1+X^6+X^7$. A la primera fila del RSOH no se realiza aleatorización debido a que este lleva la información de alineamiento de trama.

3.11 Supervisión de la Calidad de Transmisión

Como se ha indicado el sistema SDH monitorea la calidad de transmisión utilizando un método llamado paridad entrelazada de bits (BIP). Un transmisor añade la información sobre paridad a la señal transmitida. Un receptor hace el mismo cálculo de paridad y compara ésta con la de señal transmitida. La falta de coincidencia es una indicación de error o errores de transmisión.

En la SDH se utilizan diversos tipos de BIP: BIP-24, BIP-8 y BIP-2. Están basados en los mismos principio pero difieren en longitud. El dígito después de la sigla BIP indica el número de bits.

El procedimiento utilizado para calcular la BIP-n es:

- Se recibe un número de bits pertinente (por ejemplo, el número total de bits de una trama STM-1)
- Estos bits se agrupan en n columnas
- Para cada columna, se calcula la paridad. La paridad es par si hay un número par de unos en la columna y la paridad es impar si hay un número impar de unos en la columna
- El bit correspondiente de la BIP-n se define de acuerdo a la paridad de la columna.

El resultado se indica por el bitio correspondiente dentro del octeto B en la siguiente trama.

El BIP de la sección regenerada (B1) utiliza $n=8$, y el de la sección multiplexora (B2) utiliza $n=N \times 24$ (N representa el nivel STM-N). El BIP de la sección repetidora se aplica a todos los octetos después de ser aleatorizados, y el B1 se renueva en cada etapa de repetidor.

El BIP de la sección multiplexora excluye a los octetos RSOH y el B2 permanece intacto en los repetidores. De manera tal que, se pueda monitorear en forma separada la tasa de error de cada sección repetidora y la ocurrencia de errores de la sección multiplexora.

3.12. Señales de Mantenimiento

Las existencias de problemas graves en la transmisión de señales se indican mediante señales de mantenimiento, es decir, señales de alarma y estado. Las señales se dividen en los niveles de la señal SDH.

3.12.1. Nivel de Sección

- **LOS** Pérdida de señal de entrada.
- **LOF** Pérdida de trama, es decir, errores continuos en los bytes de creación de tramas A1-A2. Si transcurren 625useg sin que aparezcan palabras de identificación de tramas correctas, se considera como un estado de falta de trama (OOF). Si persiste el estado OOF, se considera como una alarma por pérdida de trama (LOF).
- **AIS** Señal de indicación de alarma. Esto se señala definiendo los tres bits menos significativos del byte K2 en la cabecera de sección múltiplex como el valor binario 111.

- **FERF** Fallo de recepción en el extremo lejano. Esto se señala definiendo los tres bits menos significativos del byte K2 en la cabecera de sección múltiplex como el valor binario 110.

- **FEBE** Error de bloque en el extremo lejano. Un byte indica el número de errores B2 detectado por el "extremo lejano" en la última trama recibida.

3.12.2 Nivel de la Ruta de Orden Alto (VC-4, VC-3)

- **LOP** Pérdida de puntero.

- **AIS** Señal de indicación de alarma. Esto se señala definiendo los bytes del puntero y contenido completo del contenedor como unos (1)

- **FERF** Fallo de recepción en el extremo lejano. Esto se señala mediante un bit del Byte G1 de la cabecera de ruta de orden alto.

- **FEBE** Error de bloque en el extremo lejano. Indica el número de errores de bits B3 detectado en la señal entrante. Esto se señala mediante 4 bits del byte G1 de la cabecera de la ruta de orden alto.

3.12.3 Nivel de la ruta de Orden Bajo (VC-2, VC-12, VC11)

- **LOP** Pérdida de puntero.

- **AIS** Señal de indicación de alarma. Esto se señala definiendo los bytes del puntero y el contenido completo del contenedor como unos (1).

- **FERF**. Fallo de recepción en el extremo lejano. Esto se señala mediante un bit del byte V5 de la cabecera de ruta de orden bajo.

- **FEBE**. Error de bloque en el extremo lejano. Indica el número de errores de bits de la BIP-2 detectado en la señal entrante. Esto se señala mediante un bit del byte V5 de la cabecera de ruta de orden bajo.

Las señales de mantenimiento son el resultado de un problema detectado en la señal SDH entrante (figura 34).

3.13. Multiplexación a Ordenes Superiores STM-N

Las velocidades de transmisión para las órdenes superiores de la SDH, son múltiplos de la velocidad de transmisión de primer orden. Puesto que la velocidad de transmisión del primer orden es de 155520 Kb/s, la velocidad de un STM-N será de $N \times 155520$ Kb/s, en principio, N puede ser cualquier valor entero, pero la ITU-T recomienda actualmente que se utilicen en las redes los ordenes 1,4 y 16.

La recomendación para la SDH define cómo una señal SDH de orden N (STM-N) se multiplexa a partir de N señales SDH de primer orden (STM-1). EL método utilizado se denomina entrelazado por bytes.

- Cabecera de sección (SOH) del STM-N

Como se ha descrito en el capítulo anterior, la señal SDH de primer orden (STM-1) está estructurada en tramas. El entrelazado por bytes proporciona una estructura similar a la señal STM-N; la única excepción es que todos los bytes mencionados en la definición de la trama STM-1 se repiten N veces. Como se indica en la figura 35.

Obsérvese que algunos de los bytes (por ejemplo B1) sólo aparecen una vez. En este caso sólo se utiliza el byte del primer STM-1, es decir los bytes similares de los otros STM-1 no se utilizan. En otros casos (por ejemplo, los bytes de identificación de trama A1 y A2) se utilizan todos los bytes de los STM-1 de orden inferior.

En los sistemas SDH, la cabecera de sección (SOH) del STM-N se genera en los multiplexores terminando una sección de multiplexor. En principio, no habrá ninguna relación entre las SOH de dos secciones múltiplex distintas. Sin embargo la carga útil se transporta de forma transparente de una sección múltiplex a otra.

En las recomendaciones, se hace referencia en ocasiones a los bytes de la SOH con una indicación de vector de 3 dígitos: S(a,b,c) según se muestra en la figura. Esto indica la posición del byte en la SOH del STM-N;

Se Indica que es una identificación de posición por vector

- **a** El número de Fila (1-3 y 5-9) en la SOH del STM-N.
- **b** El número de columna múltiple en la SOH del STM-N. Este es igual el número de columna para la SOH del STM-1
- **c** Identifica uno de los n bytes de la columna múltiple seleccionada.

Por ejemplo. EL tercer byte K1 de una señal STM-4, esta situada en S(5,4,3)

SEÑALES DE MANTENIMIENTO

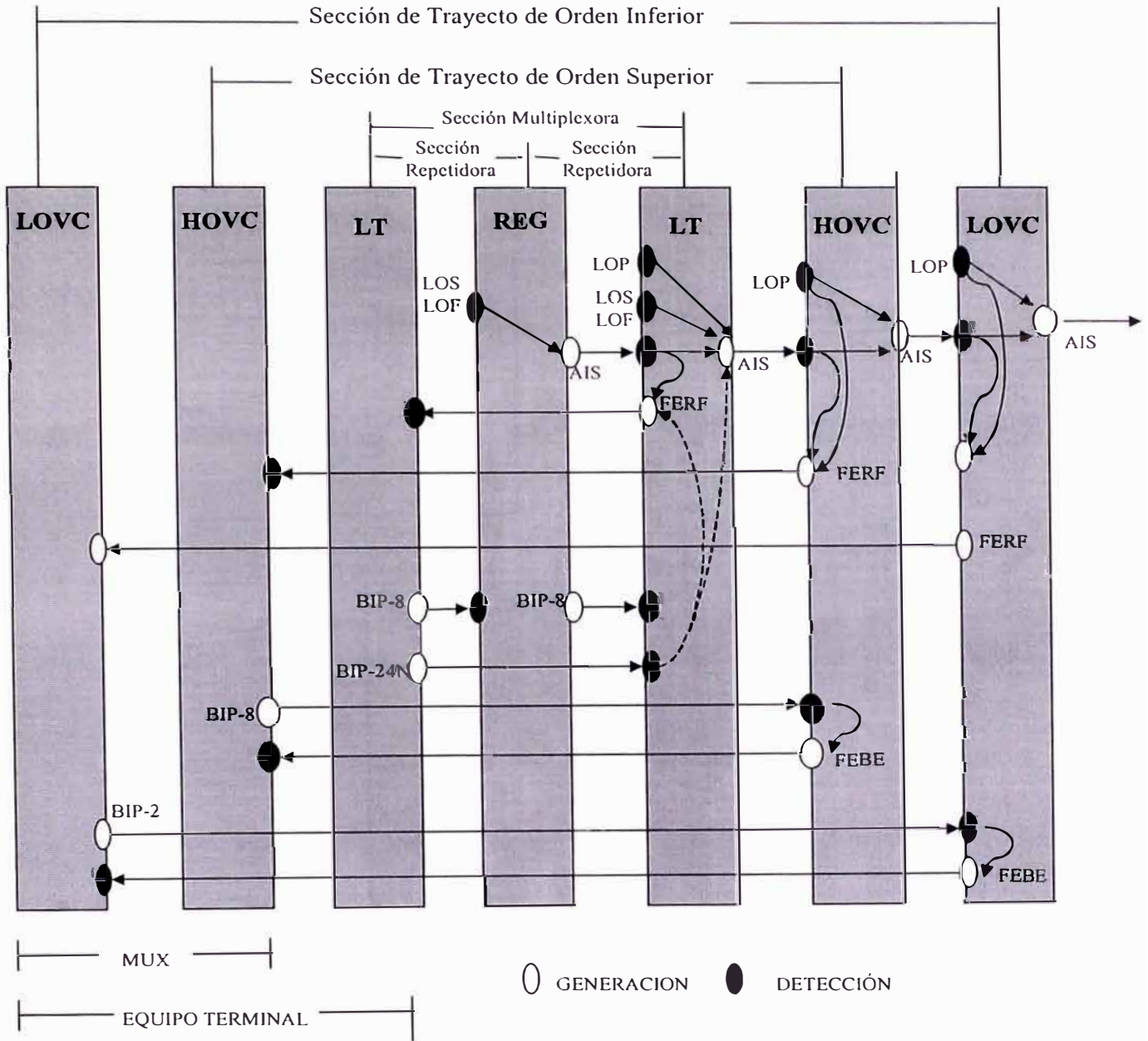


Figura 34

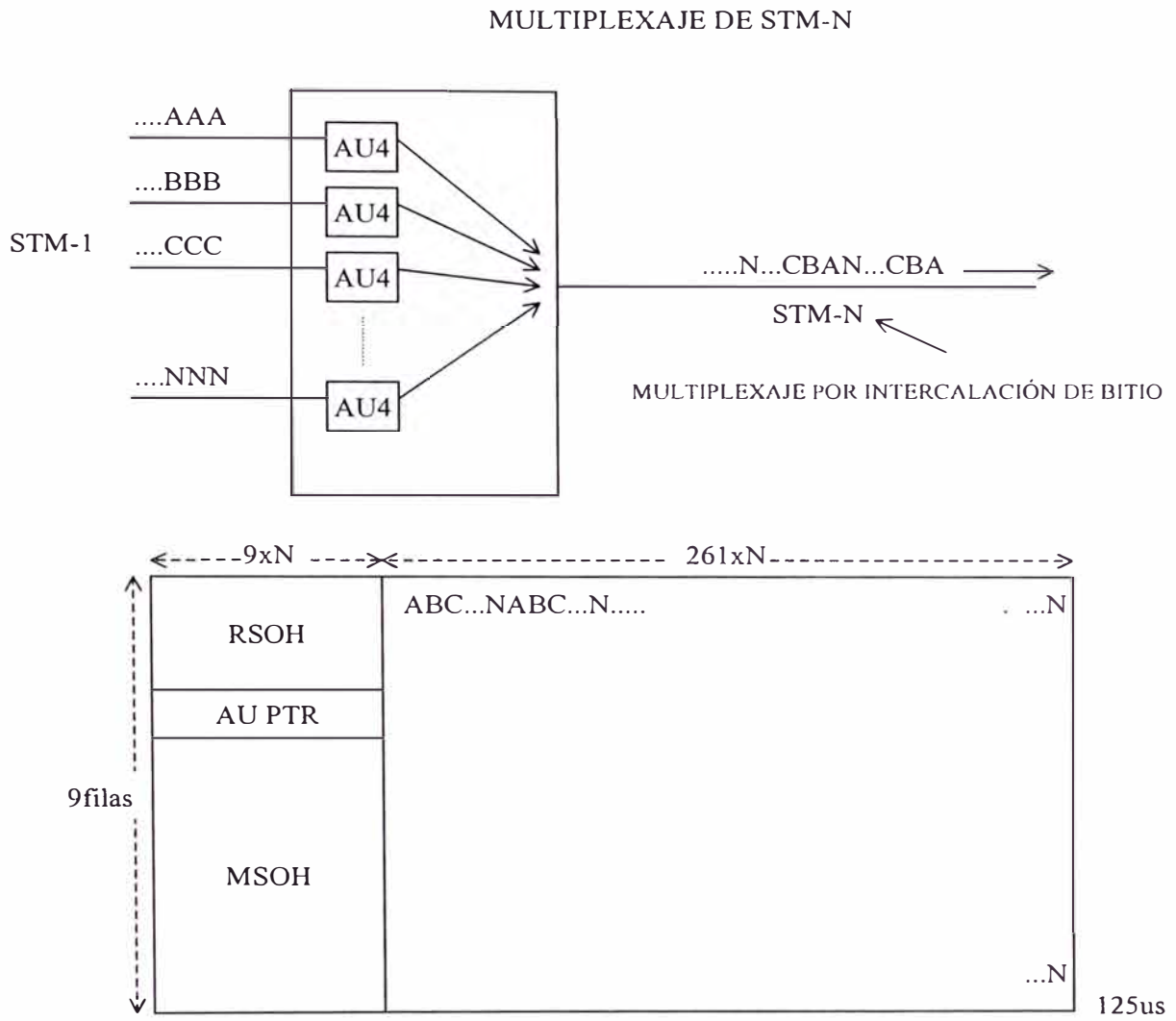


Figura 35

CAPITULO IV MEDIOS DE TRANSMISIÓN POR SDH

4.1. Equipo de Transmisión de SDH Por F.O.

En nuestro medio el uso que se da al SDH por medio de la fibra esta ligada a grandes redes que involucran varios equipos de transmisión con este tipo de tecnología con el único propósito de llevar todo tipo de información procedentes de zonas lejanas.

Existen en la actualidad varias marcas de equipos de Transmisión de F.O, pero la filosofía como red y gestión es bastante parecido, aquí se hablará del esquema general que se usa para gestionar así como también los diferentes tipos de redes que se pueden formar.

Mayormente en la Redes de SDH que contenga como medio la Fibra Óptica se usa el ADM (add Drop Multiplexer), el cual consta de varios tipos de multiplexores y Cross Connect.

4.1.1. Multiplexores

1. Multiplexores I.1 y I.2

- Proporciona la multiplexación de varias señales G.703 (PDH) en una señal STM-N.

- La diferencia está en que el multiplexor tipo I.1, la asignación de los tributarios dentro de la señal agregada es fija mientras que en el multiplexor tipo I.2 esta asignación es flexible



2. Multiplexores II.1 y II.2

- Proporciona la multiplexación de varias señales STM-N en una señal STM-M ($M > N$)

- La diferencia está en que en el multiplexor tipo II.1 la asignación de los VC-4 de las señales STM-N dentro de la señal STM-M resultante es fija mientras que en el multiplexor tipo II.2 esta asignación es flexible.



3. Multiplexores III.1 y III.2

- Permiten acceder a cualquier señal constituyente de una señal STM-N sin necesidad de demultiplexar y terminar la señal completa.

- En el multiplexor tipo III.1 los tributarios son señales según G.703 mientras que en el tipo III.2 los tributarios son señales STM-M

4. Multiplexores tipo IV

Proporciona facilidades especiales para el manejo de VC-3, así por ejemplo proporciona una función de traducción para permitir que las cargas útiles C-3 estructuradas según AU-3 transiten por una red que utilizan equipos que solo manejen AU-4.



4.1.2. Cross Connect

Tipos de Cross-connect I, II y III

- **DXC tipo I** proporciona solamente interconexión entre contenedores virtuales de orden superior.
- **DXC tipo II** proporciona solamente interconexión entre contenedores virtuales de orden inferior.
- **DXC tipo III** proporciona interconexión entre contenedores virtuales tanto de orden superior como de orden inferior

CONFIGURACIONES DE REDES USANDO ADM

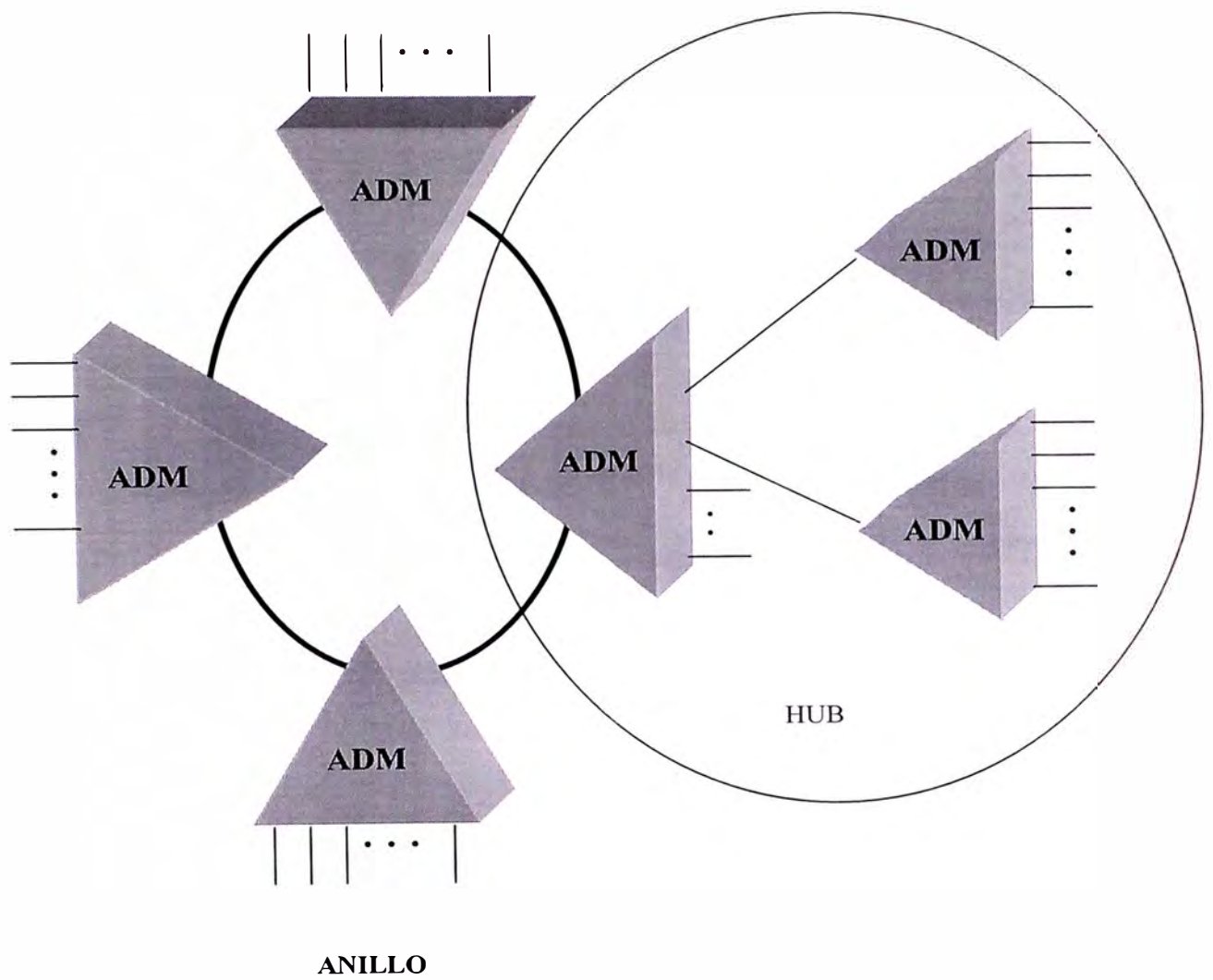


Figura 36

CONFIGURACIONES DE REDES USANDO ADM

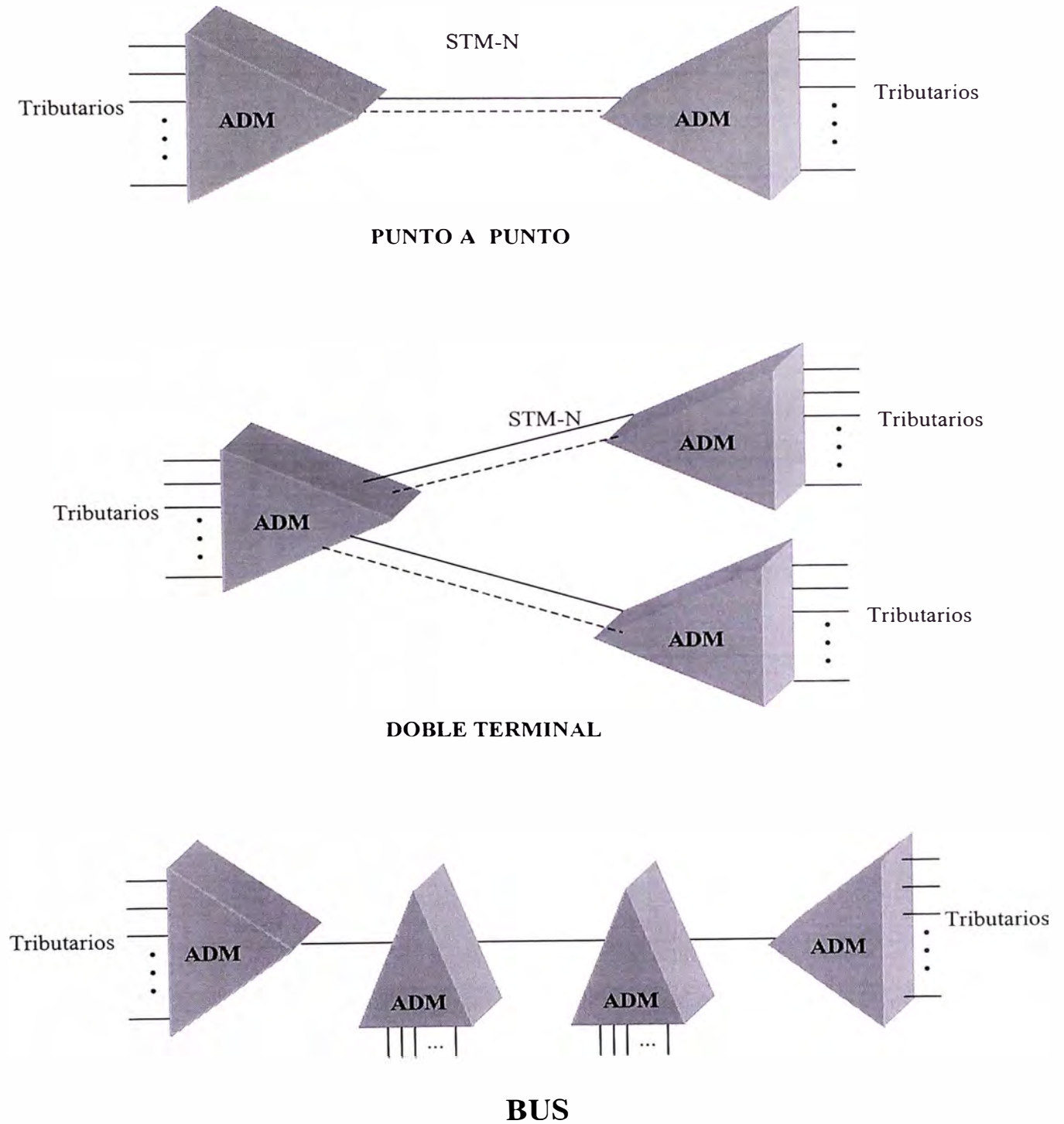


Figura 37



ESQUEMA DE UN EQUIPO SDH



Figura 38

4.1.3. Interfaces Ópticas Estandarizadas

APLICACIÓN		INTRA ESTACION	INTER ESTACION				
			CORTO ALCANCE		LARGO ALCANCE		
Long. Onda (mm)		1310	1310	1550	1310	1550	
Tipo de Fibra		G.652	G.652	G.652	G.652	G.652 G.654	653
Distancia (Km)		<2	15		40	60	
NIVEL STM	STM-1	I.1	S.1.1	S1.2	L.1.1	L.1.2	L.1.3
	STM-4	I.4	S.4.1	S.4.1	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

NOMENCLATURA: X.Y.Z

X: Aplicación: I, S, L

Y: Nivel STM-N 1,4 ó 16

X: longitud de Onda: 1 ó blanco: 1310mm

2: 1550 mm para fibras G.652 ó G.654

3: 1550 mm para fibras G.653

4.2. Gestión TMN

- La red de Gestión de telecomunicaciones (TMN) es una red que permite gestionar una red de telecomunicaciones mediante intercambio de información entre ellas a través de interfaces estandarizadas

- La RGT debe soportar los requisitos de gestión de las administraciones para planificar, prestar, instalar, operar y administrar redes de telecomunicaciones y servicios con eficacia.(Figura 39)

RELACION GENERAL ENTRE UNA RGT Y UNA RED DE TELECOMUNICACIONES

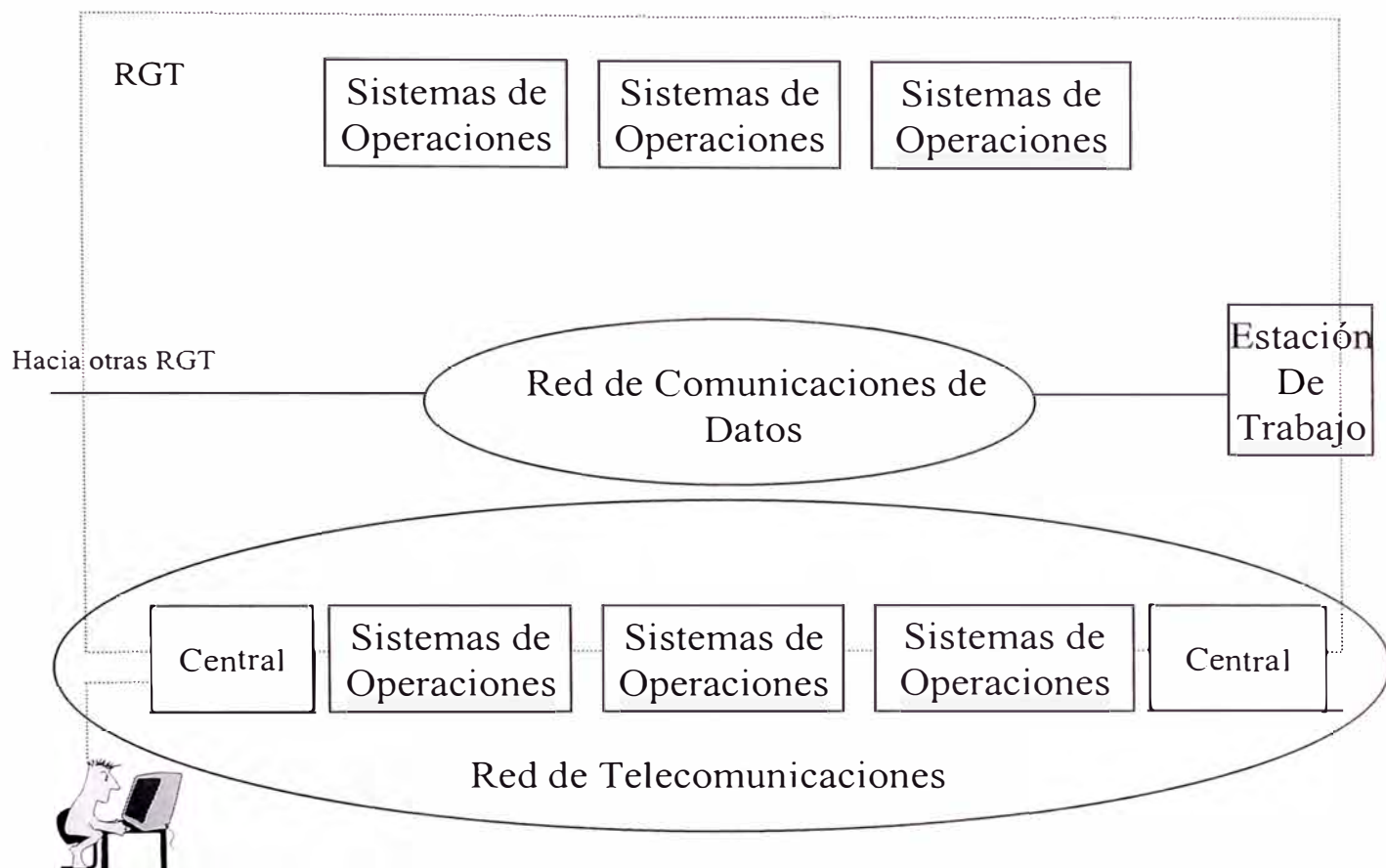


Figura 39

Funciones asociadas

- **Gestión de Calidad de funcionamiento:** Captura de datos de calidad, procesamiento y visualización de los valores de calidad G.784.

- **Gestión de Fallos :** Visualización, procesamiento y filtrado de alarmas, gestión de históricos, lista de alarmas activas, registro de eventos, gestión de alarmas del propio OS.

- **Gestión de Configuración:** Configuración de los NE's y sus recursos físicos, comprobación del alineamiento de datos de configuración entre el gestor y el elemento gestionado, modelamiento de la red a partir de los NE (Puntos de terminación, sincronismo, conexiones, etc), gestión del estado de los recursos, gestión del software de los NE's y su telecarga.

- **Gestión de seguridad:** Categoría y perfiles de usuario, gestión de claves, dominios de acceso funcional y de acceso a la red, login/logout de usuarios.

Nota: En la figura 40 muestra la arquitectura física.

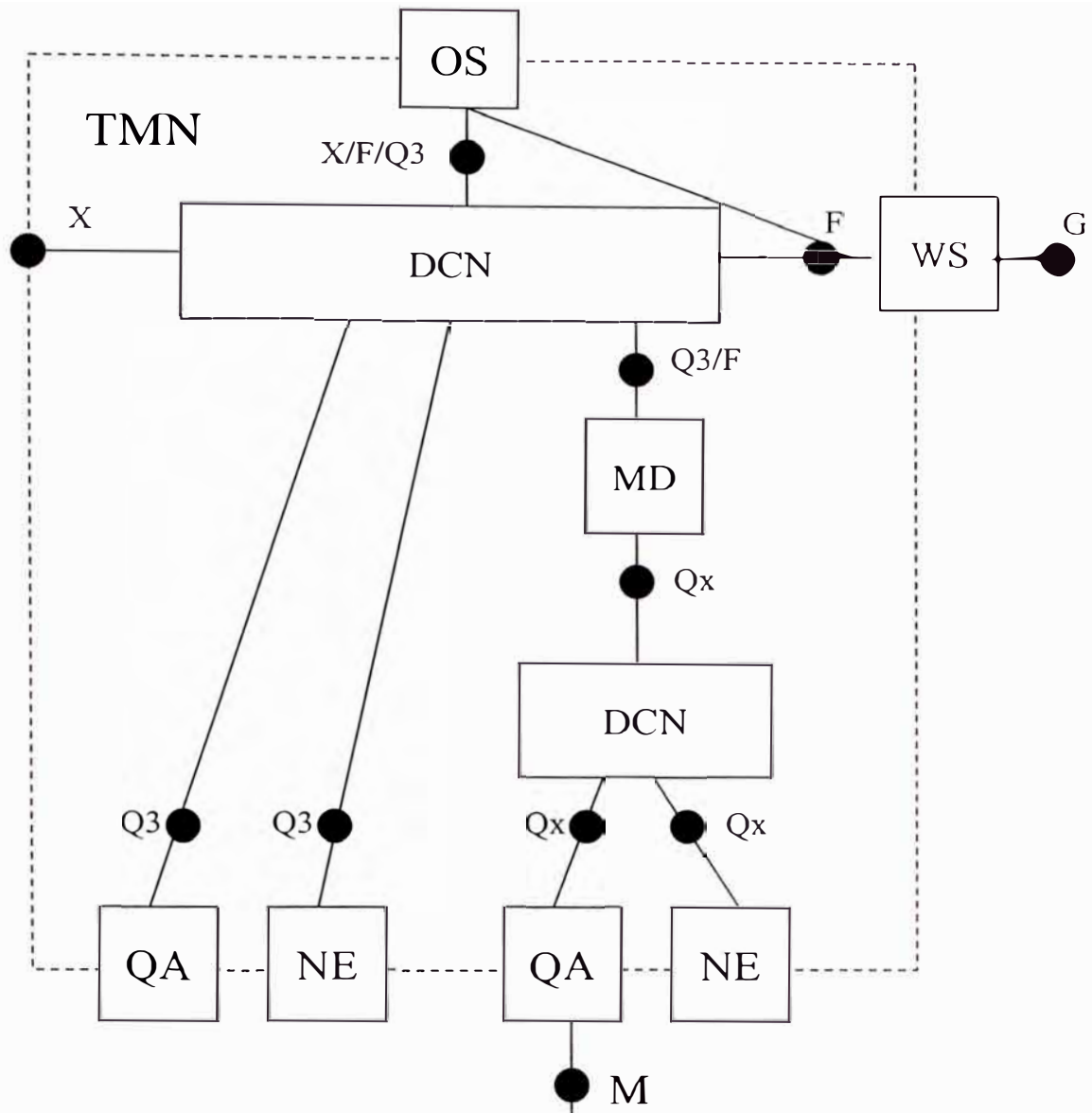
Arquitectura Funcional

- **Nivel de elementos de Red:** Gestiona cada NE individualmente y soporta una abstracción de las funciones de gestión proporcionada por los distintos NE's de la red a gestionar.

- **Nivel de Red:** Responsable de la gestión de los NE's bajo su dominio, sin importar la diversidad de los equipos y tecnologías que lo soportan, incluyendo las funciones de gestión de un área geográfica extensa.

- **Nivel de Servicio:** Responsable de los aspectos contractuales de los servicios proporcionados a los clientes, además coordina con los distintos

Arquitectura Física del Gestión TMN



BLOQUES DE FUNCION

OS : sistema de Operación
 MD : Dispositivo de Medición
 QA : Adaptador Q
 DCN: Red de Comunicación de Datos
 NE : Elementos de Red
 WS : Estaciones de Trabajo

PUNTOS DE REFERENCIA

X :Entre OS de diferentes dominios TMN
 F :Entre OS y WS
 QX :Entre NE y MD, ó entre MD y QA ó entre MD's
 Q3 :Entre OS y NE, ó entre OS y MD ó entre OS's
 G :Representa la unión entre las WS y el operador del sistema.
 M : Entre el MD y una entidad no TMN

Figura 40

proveedores de los servicios del mismo tipo comportándose frente al cliente como un único proveedor de servicio.

- Nivel de Negocio: Responsable de la empresa como un todo y del cumplimiento de los acuerdos tomados con otras compañías.

Figura 40

4.3. Equipo de Transmisión SDH por Radio

El radio microonda SDH esta diseñado para transmitir a larga distancia la señal del módulo de transporte síncrono (STM-1). El radio opera en la banda frecuencia * utilizando el método de amplitud en cuadratura de 64 a 128 (QAM) siendo la capacidad de transmisión de 152.52Mb/s.

Nota. *

Banda de las frecuencias para el sistema 64 QAM;

Banda de 4Ghz: 3,40 a 3,80Ghz

Banda de 4Ghz: 3,60 a 4,20Ghz

Banda de 5Ghz: 4,40 a 5,0Ghz

Banda de U6Ghz: 6,43 a 7,11Ghz

Banda de 8Ghz: 7,725Ghz a 8,275Ghz

Banda de 11Ghz: 10,70 a 11,70Ghz

Banda de frecuencia para el sistema de 128 QAM;

Banda de 4Ghz: 3,8035 a 4,2035Ghz

Banda de L6 Ghz: 5,925 a 6,425Ghz

Banda de 7Ghz: 7,106 a 7,805Ghz

Banda de 8Ghz: 7,725 a 8,275Ghz

Banda de 13Ghz: 12,75Ghz a 13,25Ghz

En las figuras 41, 42, 43, 44, 45 y 46 se muestra los esquemas de un sistema SDH vía Radio.

4.4 Ejemplo de una Aplicación en el Sistemas SDH.

En la Figura 46, se puede apreciar el uso de una Red SDH, para la comunicación entre dos estaciones lejanas. La estación "A" se ubica como nodo principal y son las que brinda los servicios a las demás estaciones, estos servicios son como la Redes de Datos (ejemplo internet), la Central EMX que da servicio de móviles y las Centrales de Telefonía Básica; dichos servicios tienen que ser interconectados con varias estaciones. En este caso se verifica la conexión con la estación "B", como la estación "A" va brindar servicio a varias estaciones necesita de un gran ancho de banda, por eso es necesario usar el STM-16, como medio de transmisión la Fibra Óptica, pero este STM-16 se comportaría como un enlace punto a punto, cada vez que llegue a un estación dejara una cierta cantidad de STM-1, los demás que no se usan en dicha estación serán como pasantes y se retransmitirá para otra estación más lejana. Para el caso de la estación B sólo se usaría un STM-1 el cual se conectaría a un ADM, quien daría la facilidad para sacar las señales a nivel E1. En un STM-1 concentran 63 E1s las cuales se repartirían un grupo de E1s a la Central de telefonía básica, algunos se repartiría para las Estaciones bases celulares, otros para el servicio de Datos y pudiendo quedar algunos E1s libres para una futura utilización. Ante un problema de corte de fibra Óptica en el tramo de A hacia B, se activaría en forma automática en los ADMs tanto en la Estación A como en el B la ruta vía radio quien transportaría la trama STM-1.

En la estación "B" también se puede verificar que la Central Principal de telefonía básica usa el medio de Fibra Óptica para comunicarse con las Centrales Remotas. Para una de las Centrales remotas usa el PDH ya que no necesita suficiente ancho de banda, en cambio para las otras Centrales usa los equipos SDH comportándose como un cross-connection ya que en el transcurso del camino se van adicionando ya saliendo E1.

Aplicación de una Cross Connection

En la figura 47 se verifica con mayor detalle el esquema de conexión de varios terminales de red SDH que realizan la función de la Cross-Connection, como se puede apreciar en los terminales B, C y D, posteriormente los que se comportan como un terminal SDH normal son los demás (A y E), la finalidad es la interconexión de una Central de Telefonía básica principal con sus centrales remotas, y también la comunicación de una Estación Base Celular con su Central principal de telefonía Celular. Según la figura 47, la terminal A se encargará de transportar la información de la central principal a sus respectivas centrales remotas así como la comunicación entre la EMX y la EBC. Los demás terminales B, C y D realizarán las conexiones cruzadas por difusión (figura 48), esto quiere decir que se recibe por el lado oeste la señal de STM-1, el cual internamente en la terminal direccionará algunos E1s para que pase por las unidades tributarias y estas conectan con las centrales remotas u otros servicios que fueran necesarios, los demás E1s se quedan para la conexión con la Terminal A. En los terminales se configura qué unidades tributarias (E1s) son las que se quedan y cuáles se comportan como pasantes como se muestran en las figuras 49,50,51,52,53. En esta

figura se establece que los tributarios que se quedan aparecen en la parte superior con la simbología al final de P, los pasantes son las líneas discontinuas y los que no muestran ninguna simbología en la parte superior son los que no se están usando.

ESTACION TERMINAL CONFIGURACION

DE LOS CANALES DE DATOS Y SERVICIO

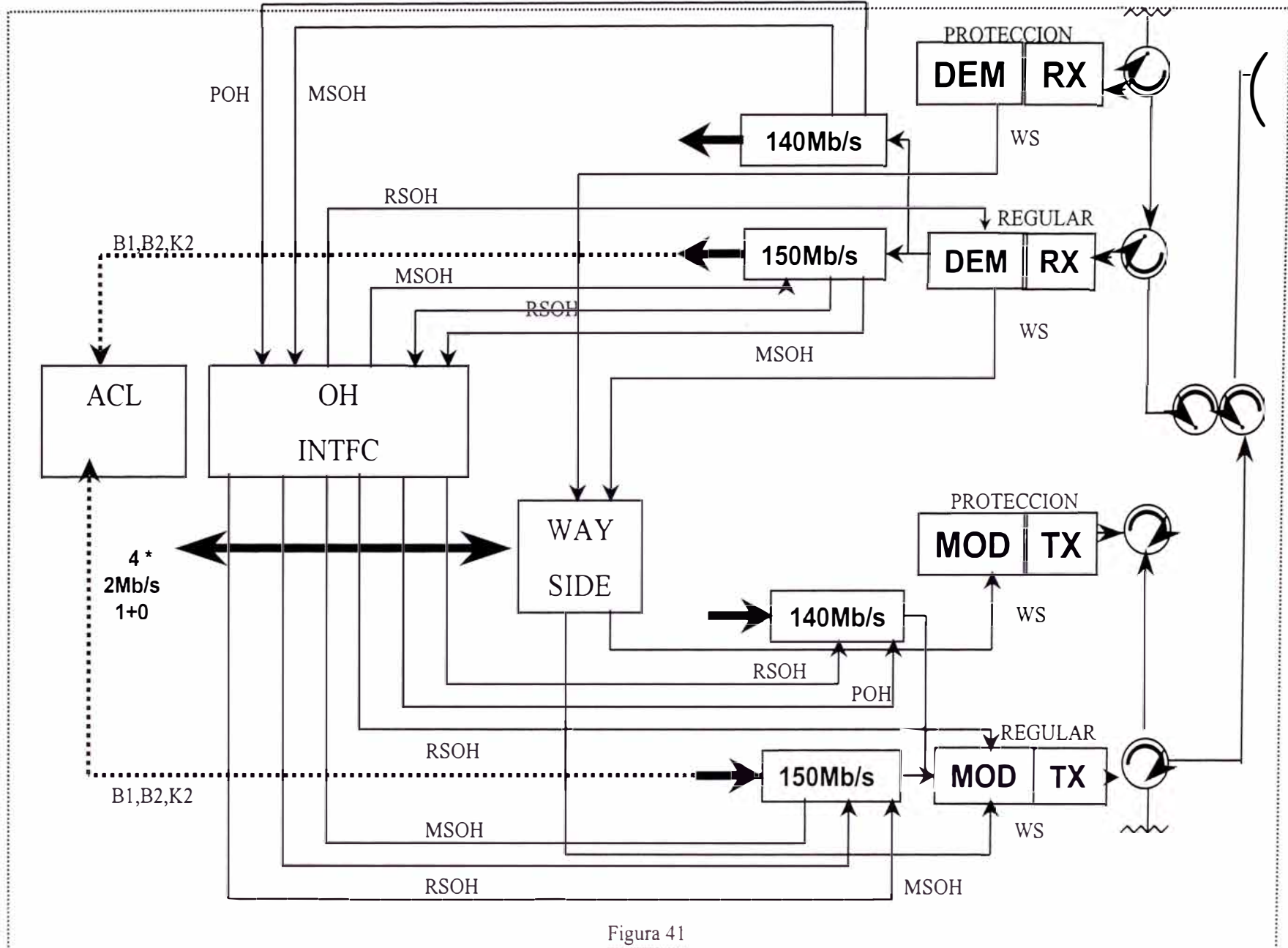


Figura 41

ESTACION REPETIDORA REGENERATIVA CONFIGURACION 1+1

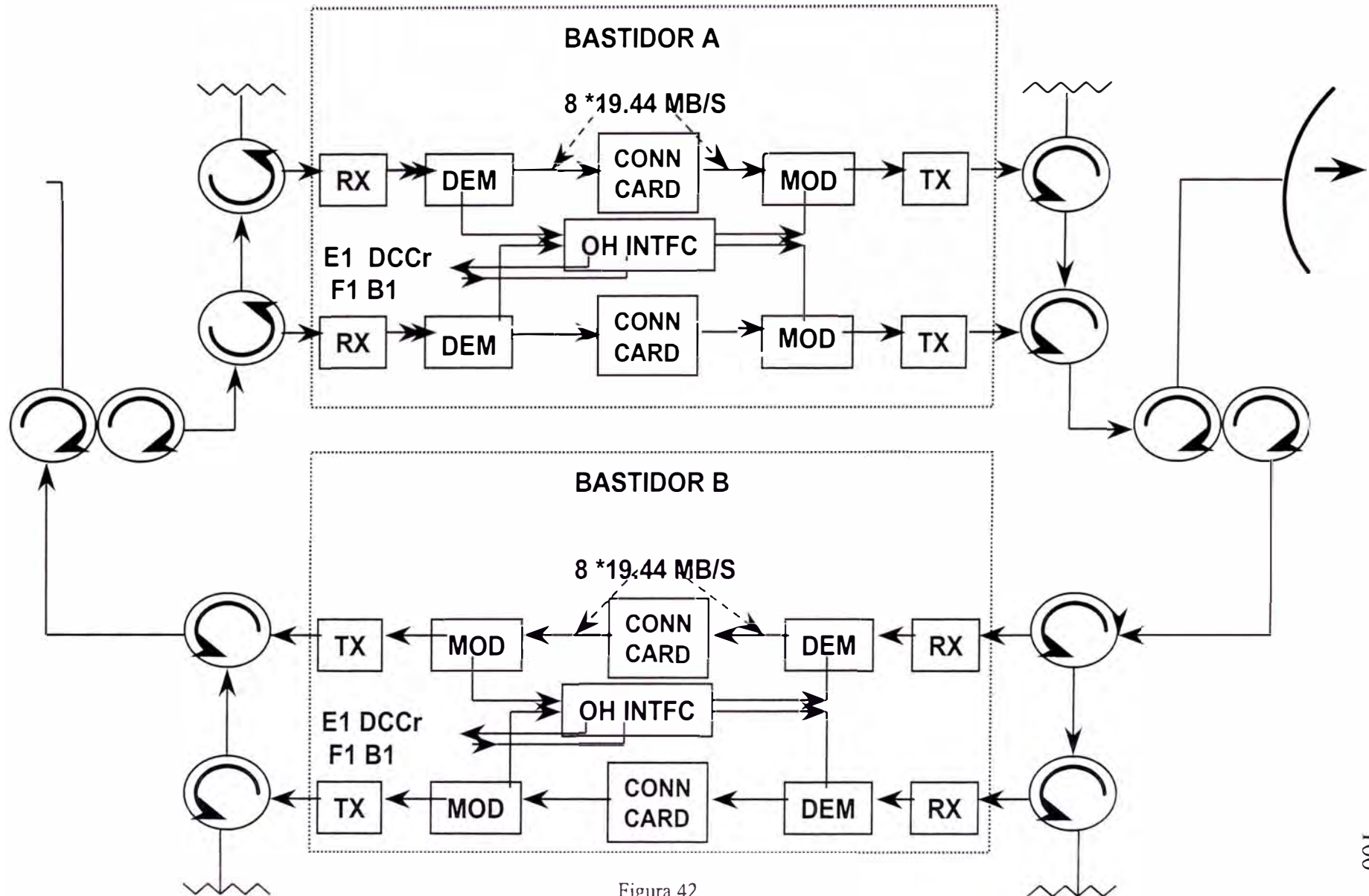


Figura 42

SISTEMA DE SUPERVISION

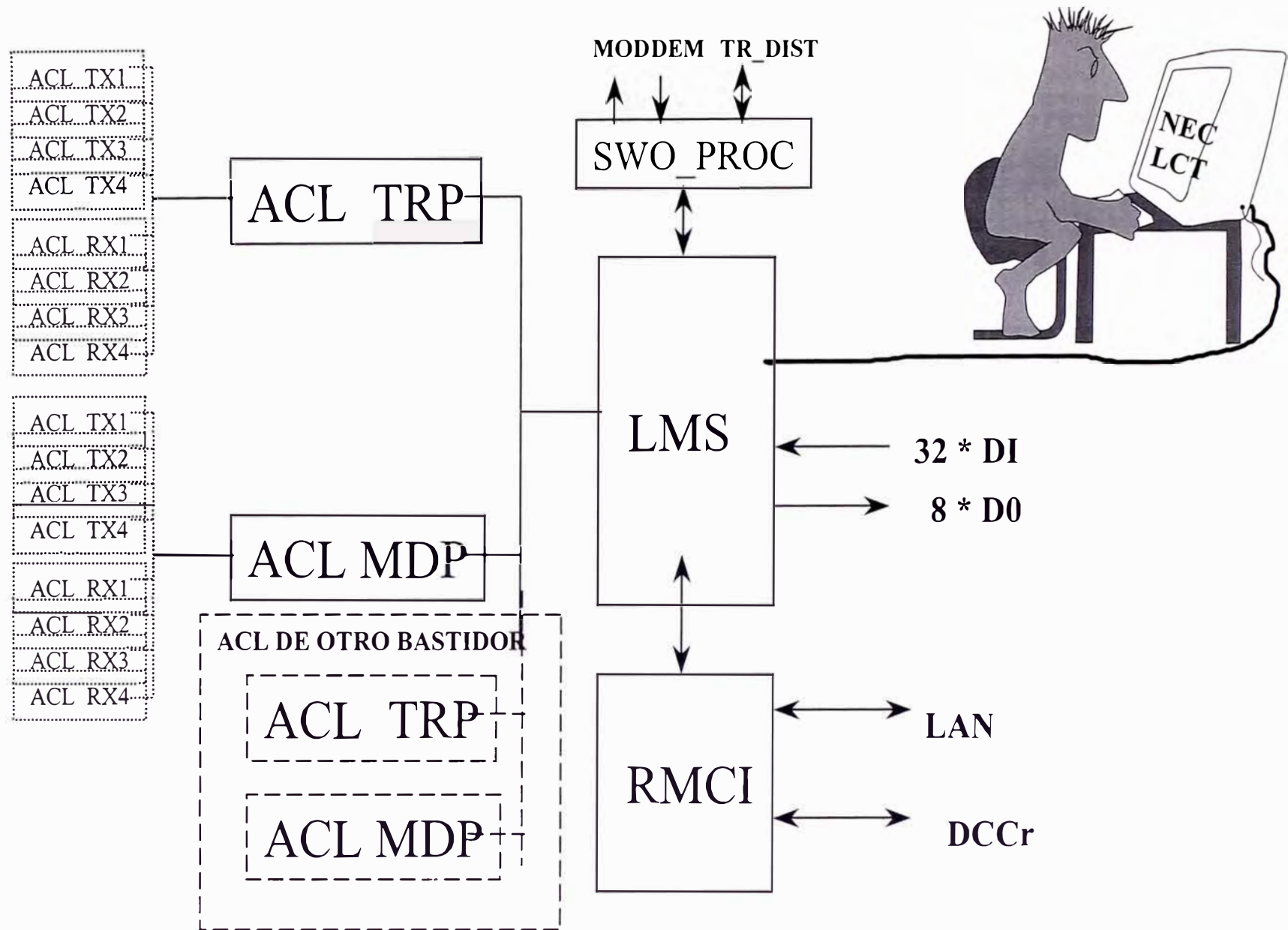


Figura 43

BITS Y BYTES DE UN SISTEMA DE RADIO Y UN SISTEMA DE MUX1

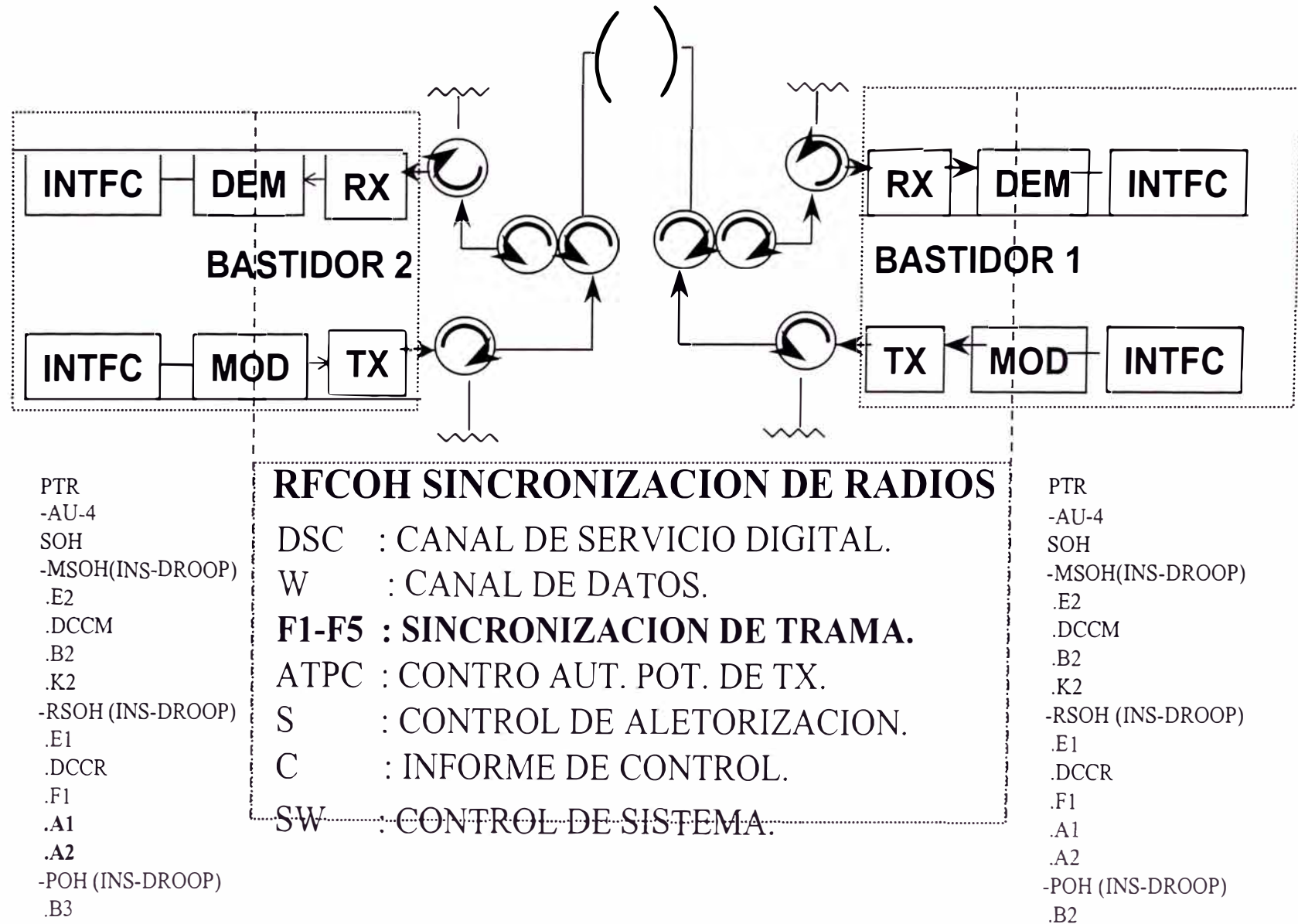


Figura 44

CONFIGURACION SISTEMA PROTECCION 1+1

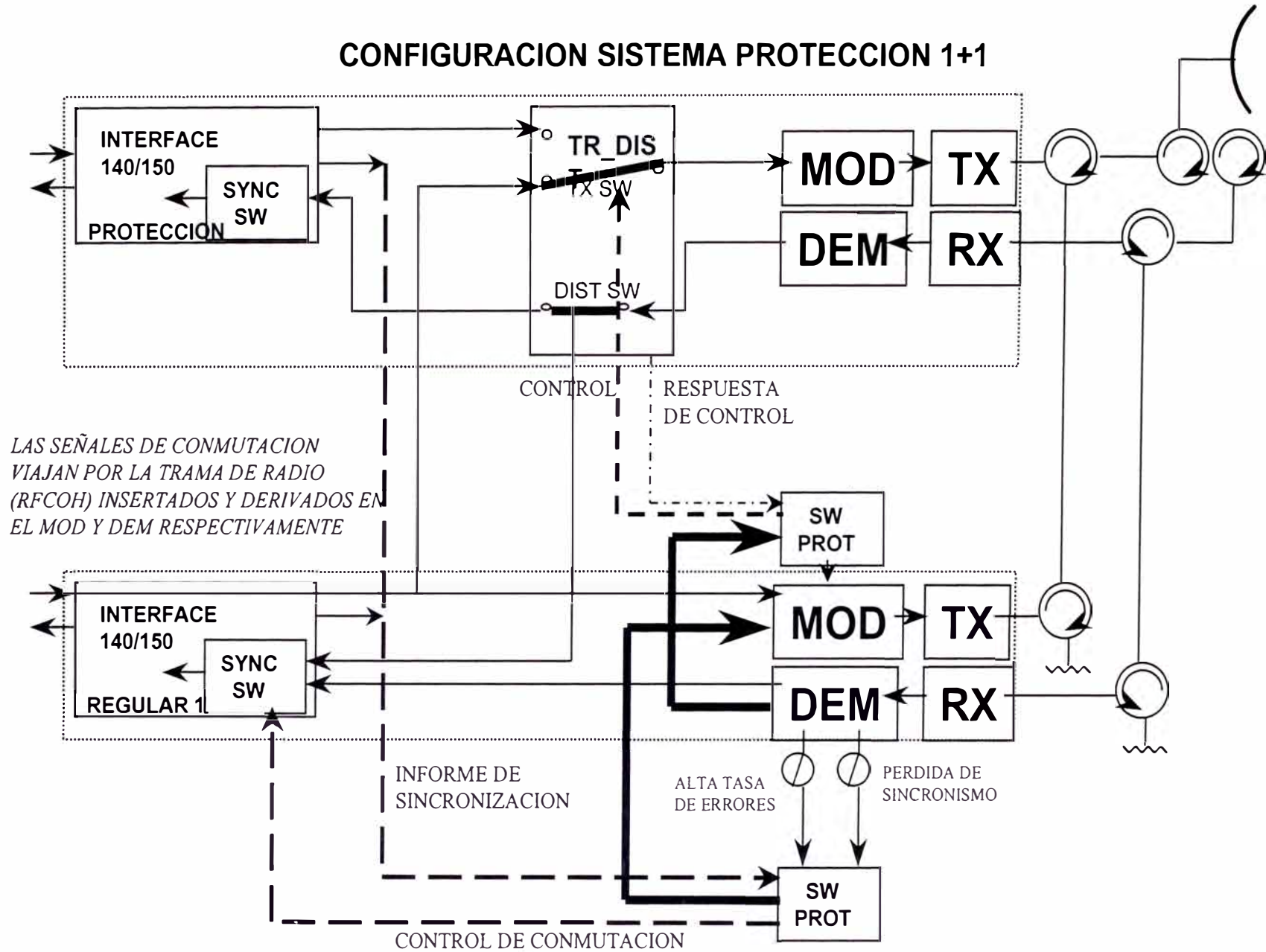


Figura 45

ESTACION TERMINAL CONFIGURACION 3+1

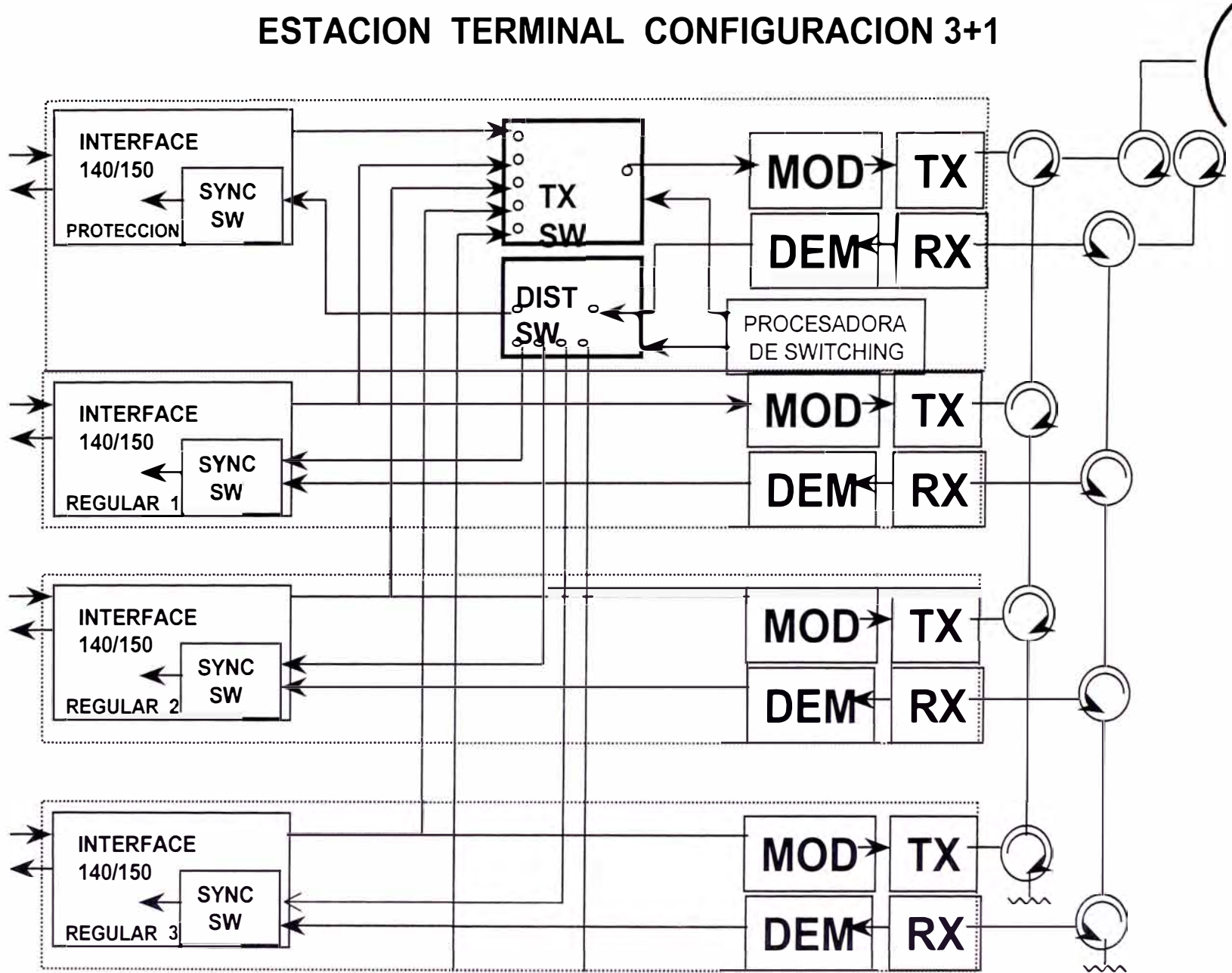


Figura 46

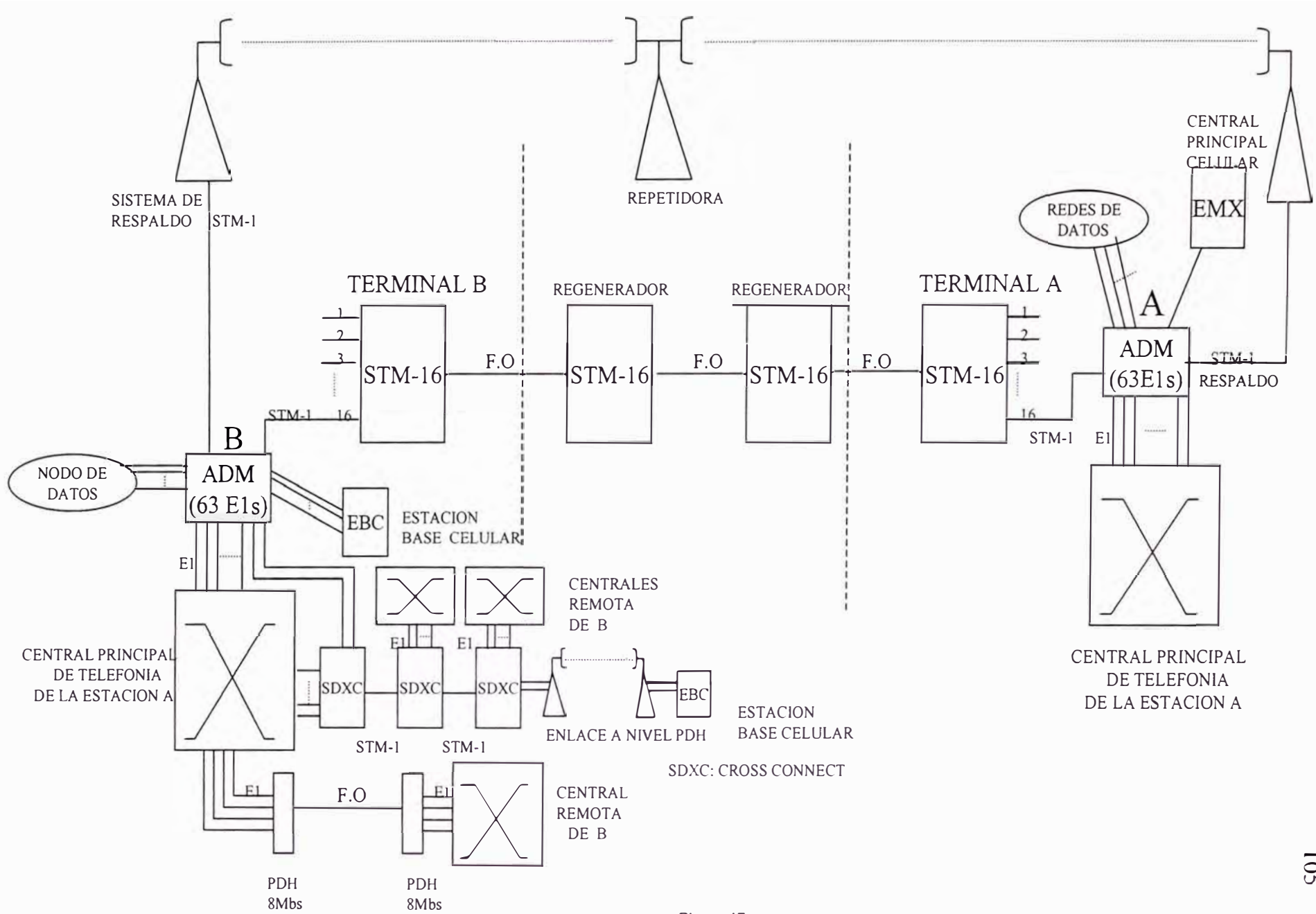


Figura 47

APLICACION DE SDH EN LA INTERCONEXION ENTRE CENTRALES DE TELEFONIA BASICA

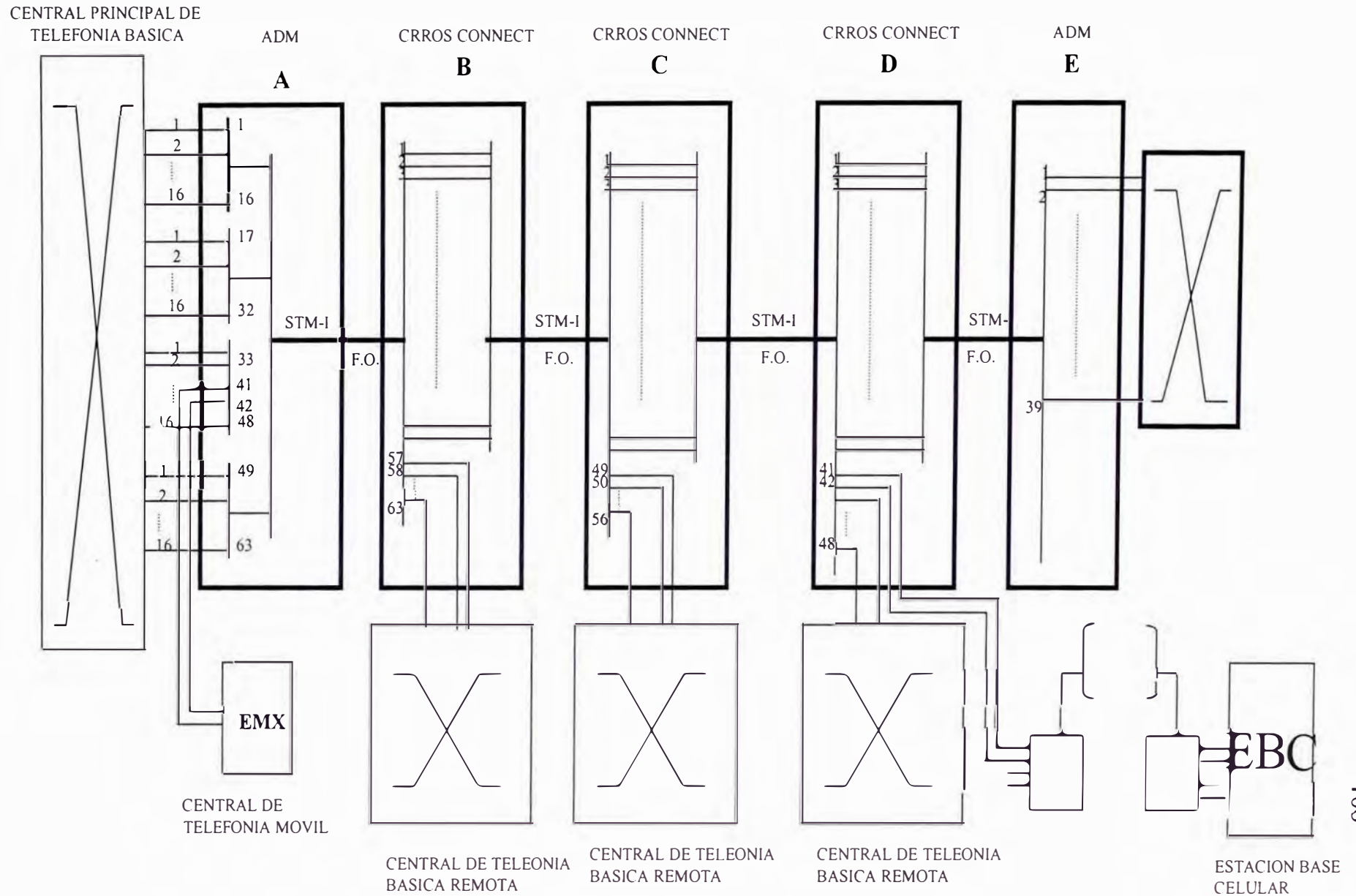


Figura 48

CONEXIONES CRUZADAS EN DIFUSION

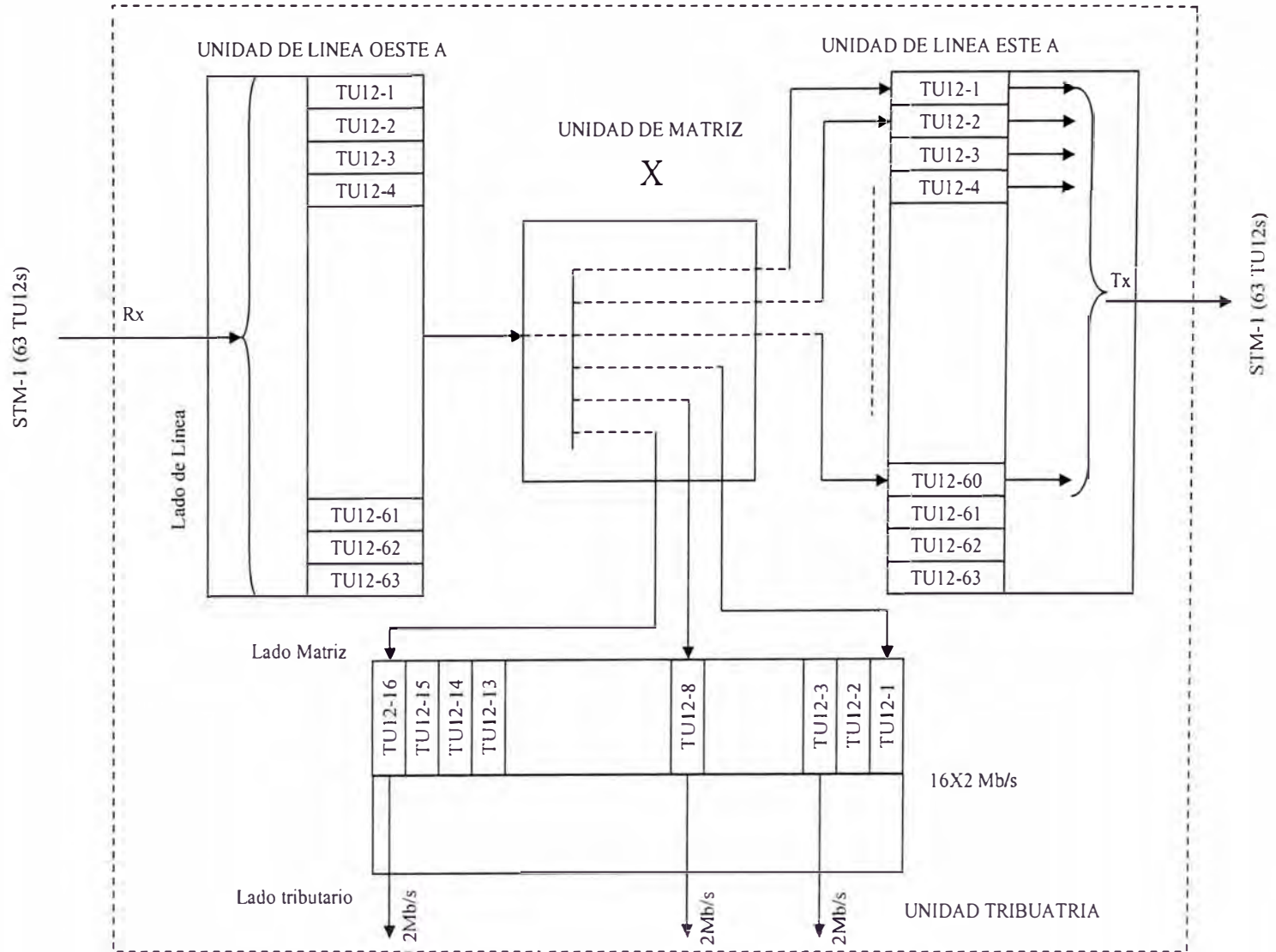


Figura 49

CONFIGURACION DEL TERMINAL "A"

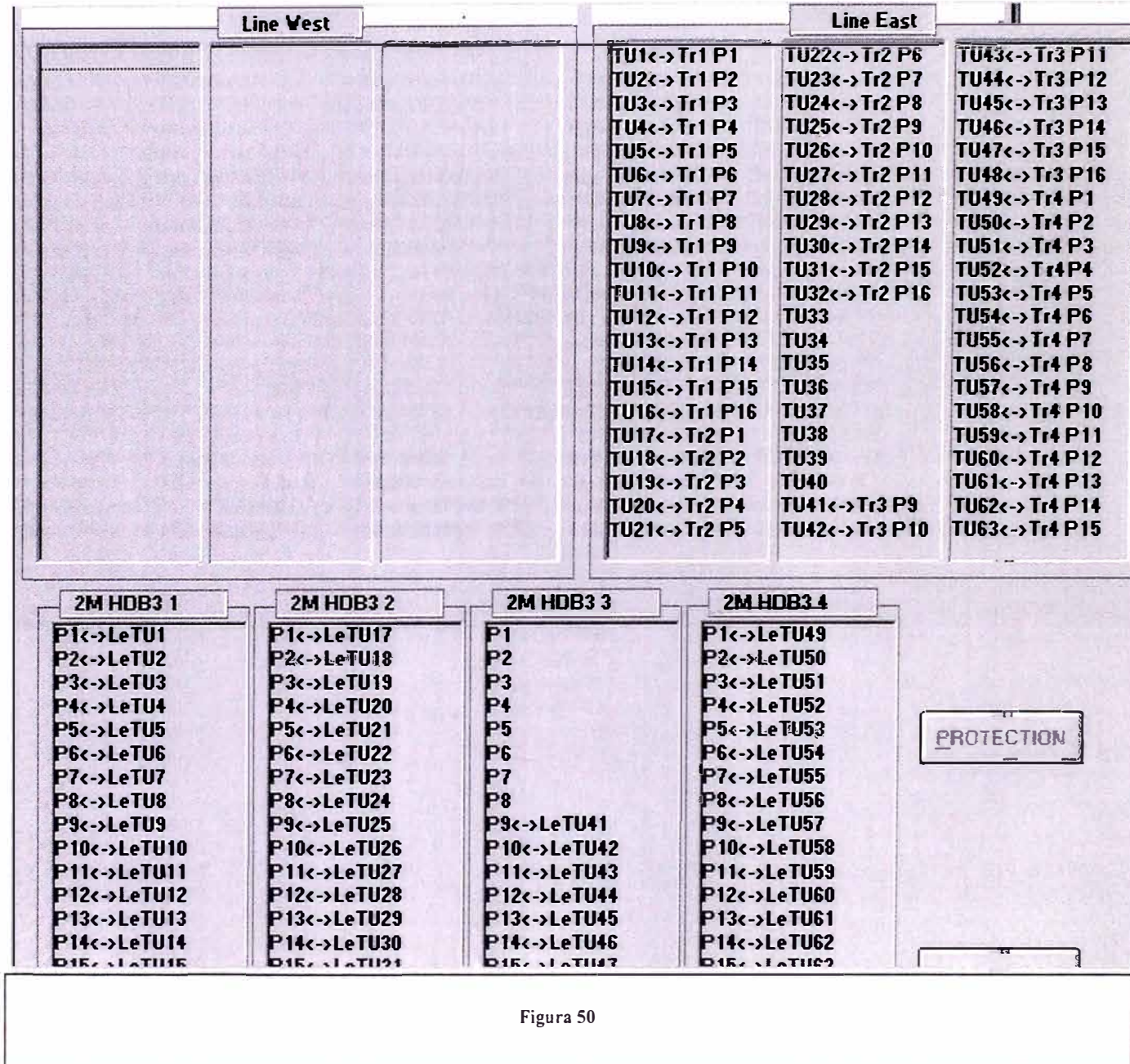


Figura 50

CONFIGURACION DEL TERMINAL "B"

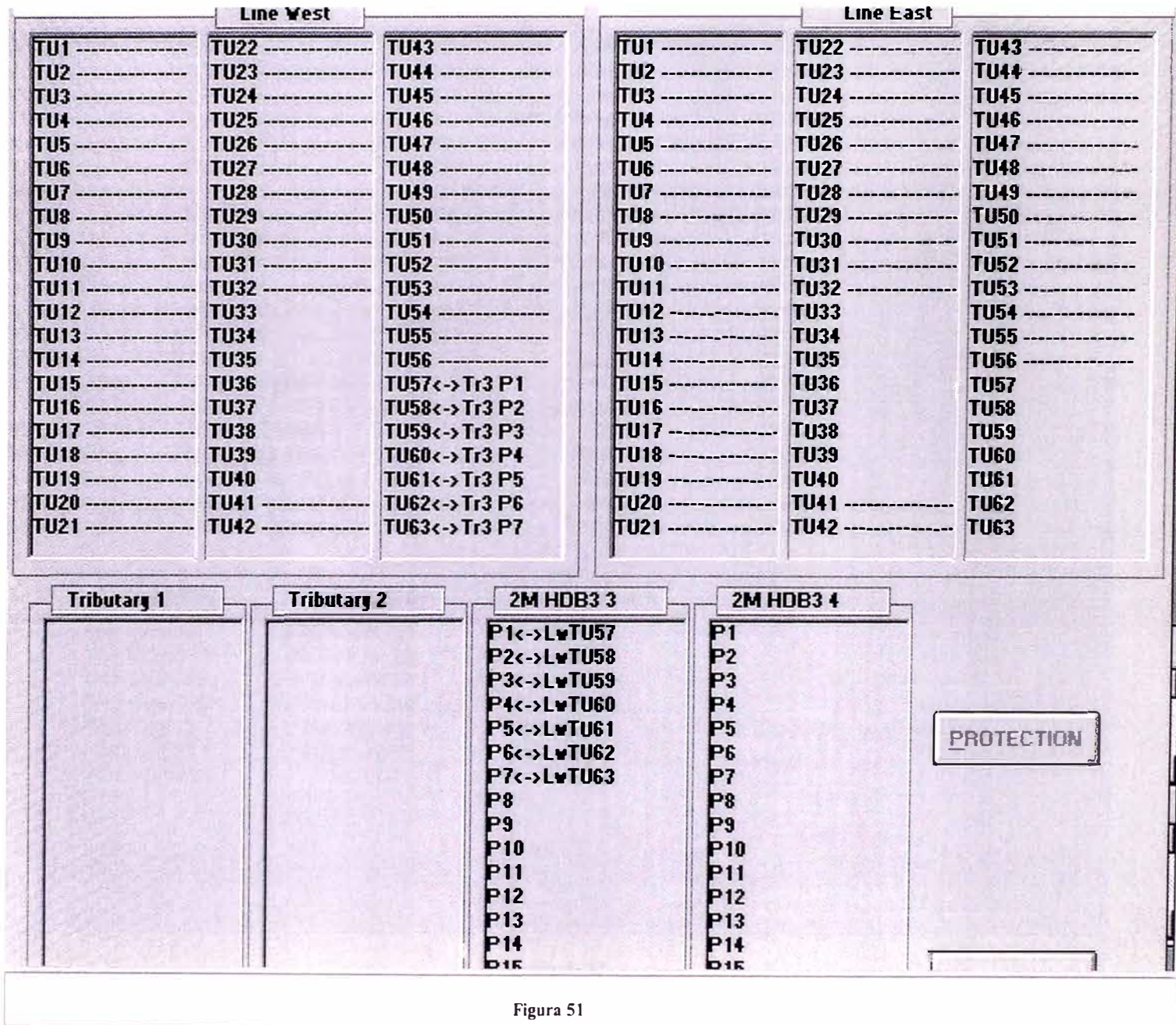


Figura 51

CONFIGURACION DEL TERMINAL "C"

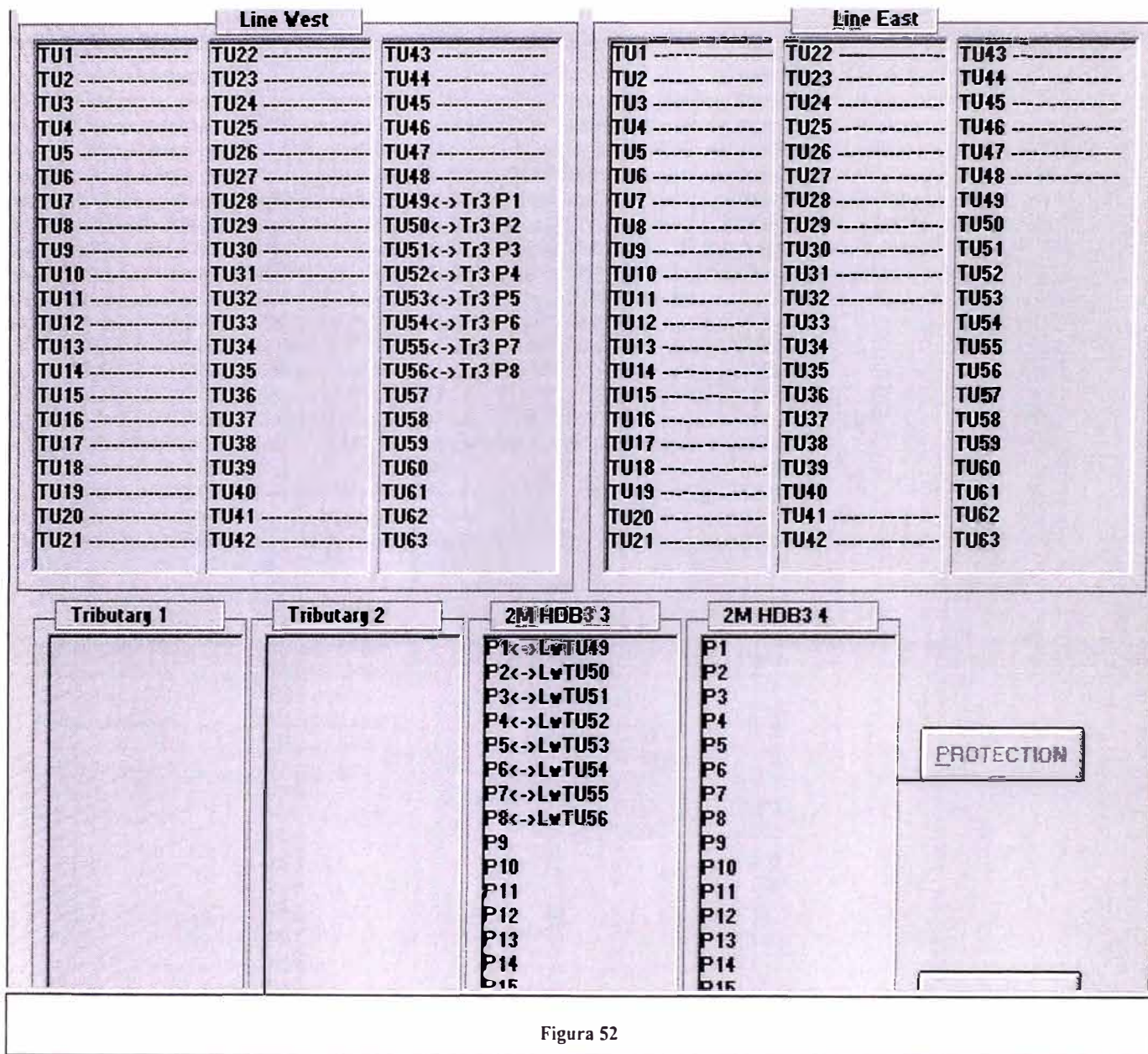


Figura 52

CONFIGURACION DEL TERMINAL "D"

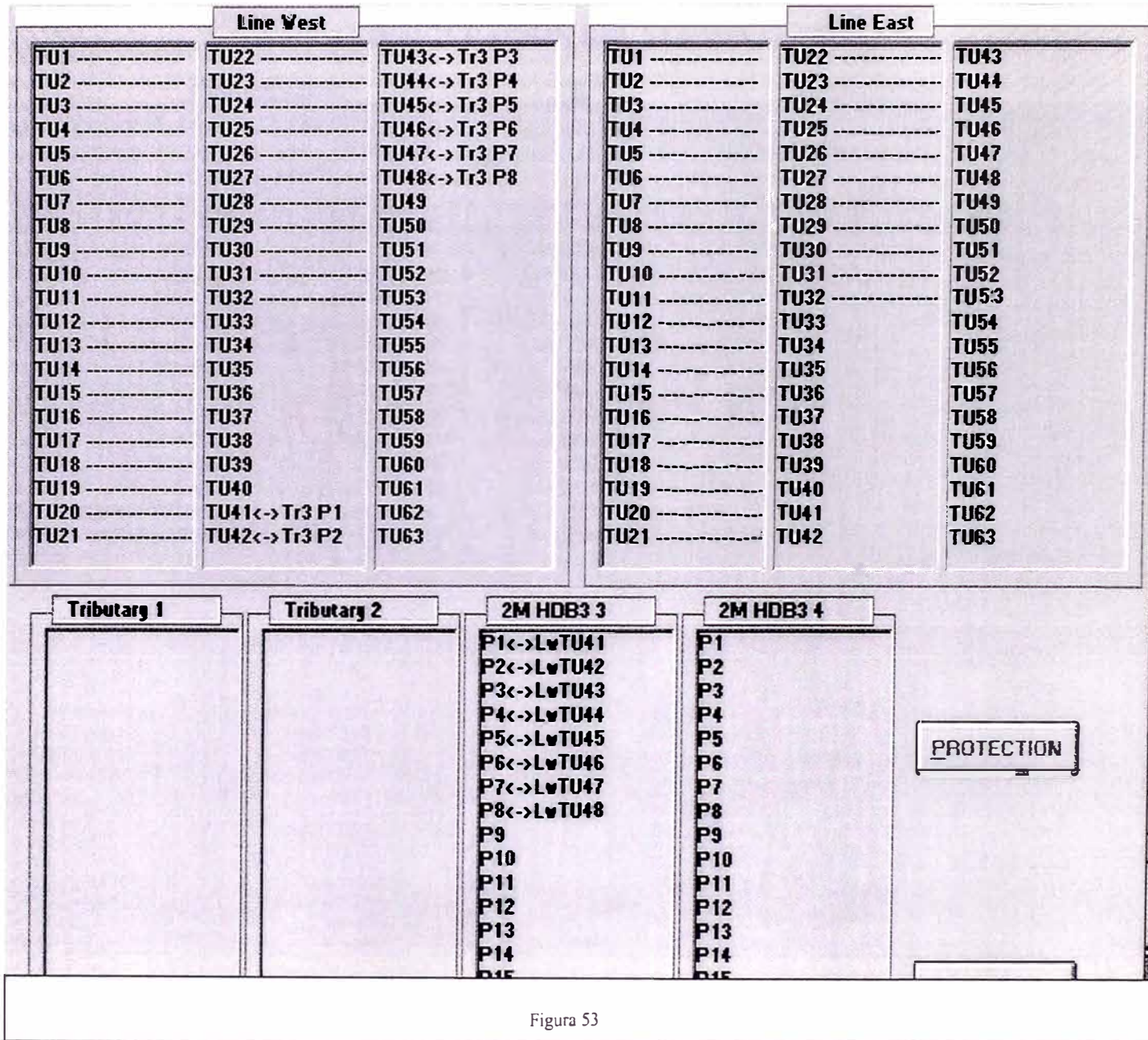


Figura 53

CONFIGURACION DEL TERMINAL "E"

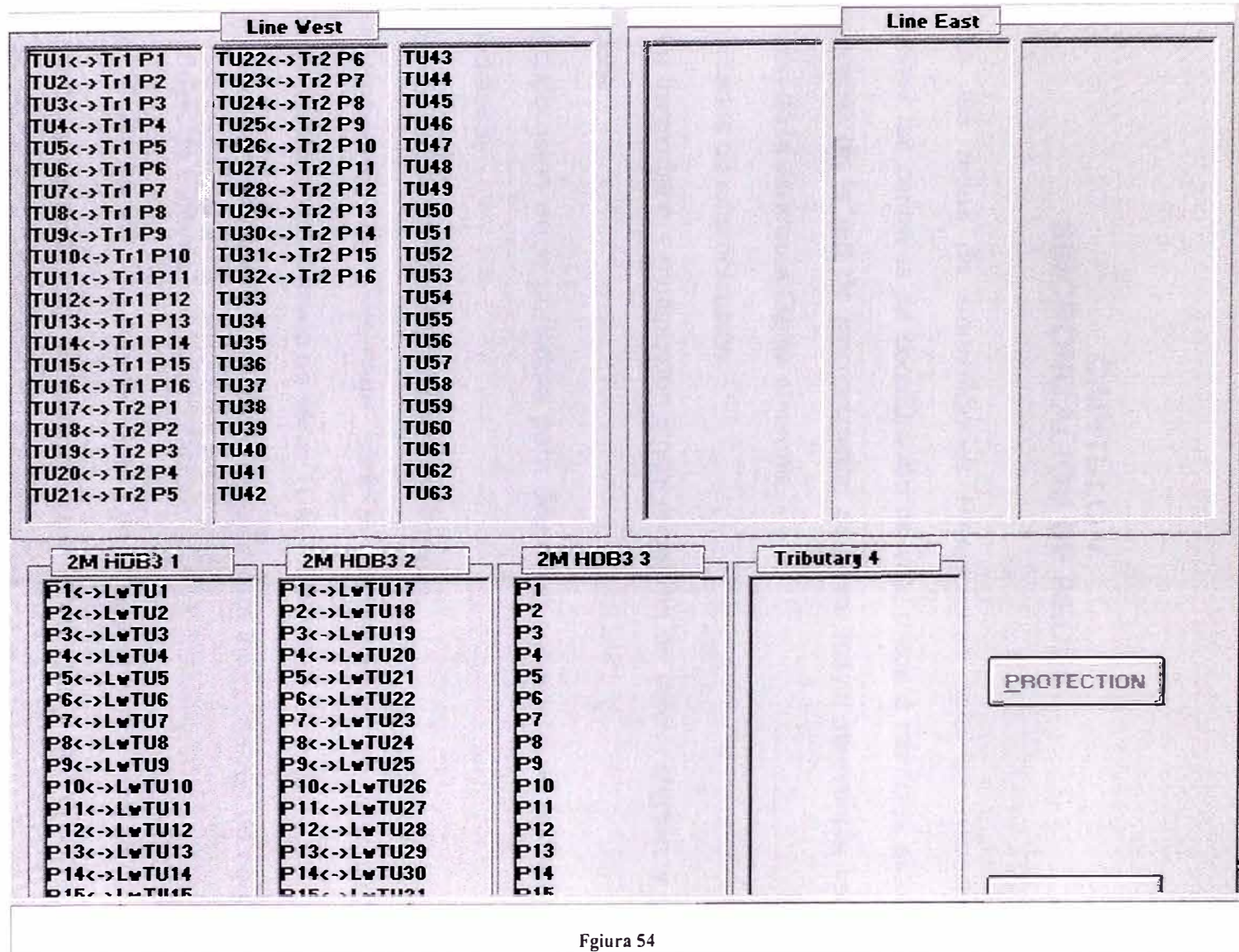


Figura 54

CAPITULO V SINCRONIZACION DE REDES

En las redes de transmisiones Plesiócranas solo se necesitaba sincronizar las centrales de conmutación de voz, datos o servicios móviles. El concepto de la red de sincronización adquiere mayor relevancia con la aparición de la Jerarquía Digital síncrona.

Necesidades de sincronización

La transmisión y multiplexión digital requieren de sincronización, y esto involucra:

- Recuperación de la portadora para detección coherente de las señales moduladas

- Recuperación del reloj de los datos de entrada.

- Procedimiento de entramado para la identificación de los canales individuales en un formato de señal TDM.

Existen consideraciones de sincronización para interconexión de equipos digitales de transmisión y conmutación:

La Coordinación de operaciones de equipamiento sincrónico de transmisión y conmutación, como sincronizar relojes uno a otro o proveer la interoperatividad entre ellos cuando cada subsistema usa relojes independientes.

Estabilidad mejor que 10^{-11} .

Estrato de Nivel 2

Tecnología de cristal en cámara térmica doble

Osciladores atómicos de Rubidio

Estabilidad mejor que 10^{-9} .

Estrato de Nivel 3

Osciladores de cristal compensados en temperatura (OXCO)

Estabilidad mejor que 10^{-8} .

Estrato de Nivel 4

No se usan en la red de distribución de sincronismo entre estaciones.

Cuando pierden la referencia pasan directamente a oscilación libre

Estabilidad mejor que 10^{-7} . (figura 55)

5.3. Señales de Sincronismo

Entrada de Reloj

Señal de 2Mb/s: De mayor uso, se transporta sobre la red PDH

Señal de línea sincrónica STM-N: Se distribuye a nivel de agregado STM-N, se usa para transportar la señal de sincronismo de una localidad a otra y sincroniza a los equipos de transmisión que la transporta.

Señal de 2MHz: Se distribuye localmente entre los equipos de un mismo lugar, desde un DRD, GPS o a través de una interface a 2MHz del equipo de transmisión.

Salida del Reloj

Señal de 2MHz: Los elementos de red pueden suministrar una salida de reloj permitiendo sincronizar otros elementos del nodo. Esta salida puede

Es necesario sincronizar la frecuencia y fase de la señal de reloj en los lados de transmisión y recepción, para la correcta detección de la señal en el sistema de recepción.

5.1. Características de Sincronismo

Una fuente precisa de temporización

Un mensajero confiable que distribuya la temporización a todos los nodos.

Cada elemento de sincronización está controlado directa o indirectamente por una referencia de calidad PRC (Reloj de referencia primaria).

Cada elemento de sincronización está controlado directa o indirectamente por una referencia de calidad PRC (Reloj de referencia primaria).

No existen bucles de temporización.

Al menos para cada fallo que ocurra en la red, se pueda restablecer la sincronización adecuada.

5.2. Estratos de Sincronismo

Estrato de Nivel 1

Autónoma: Haz de Cesio ó Rubidio controlado. Estabilidad mejor que

Dependiente:

Controlada a partir del UTC (Tiempo Universal Controlado)

Controlada a partir de sistemas de navegación LORAN-C y GPS

estar enganchada al oscilador del equipo ó tomarse directamente de una de sus referencias de entrada (figura 56).

Nota: En la figura 57 se muestra la sincronización en anillo de una Red SDH.

SEÑALES DE SINCRONISMO

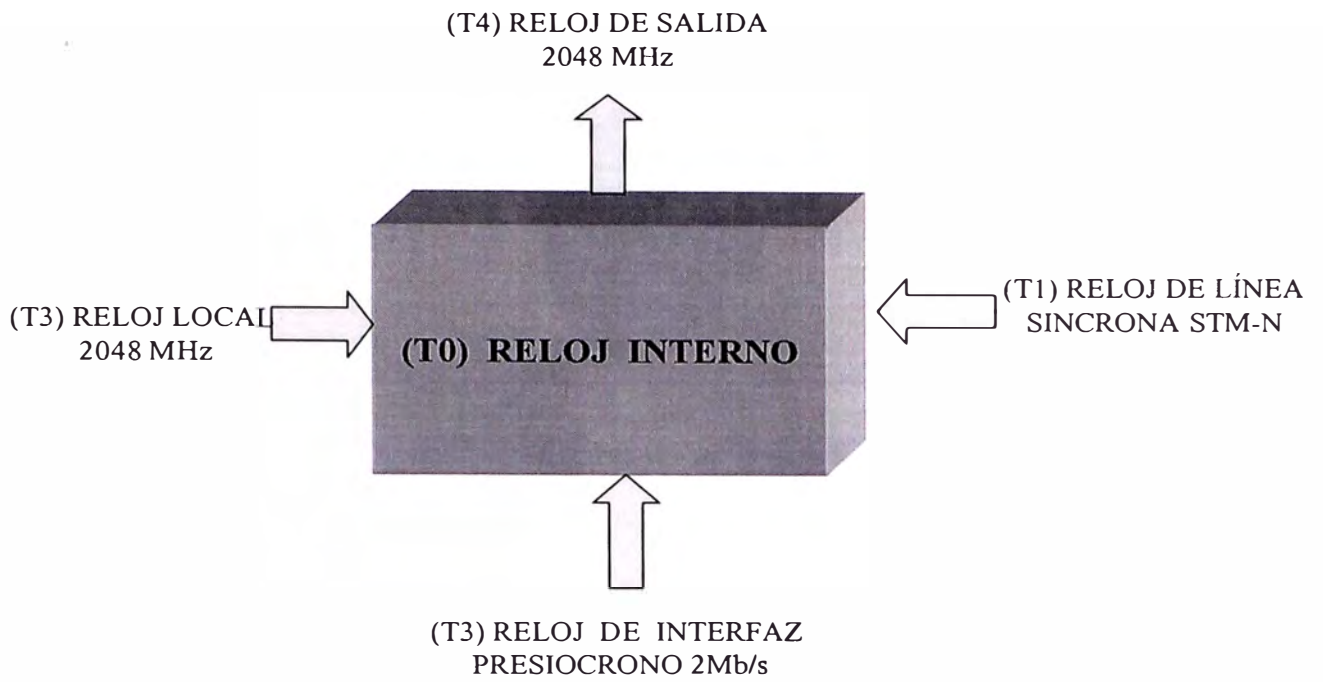


Figura 56

SINCRONIZACION DE ANILLOS SDH

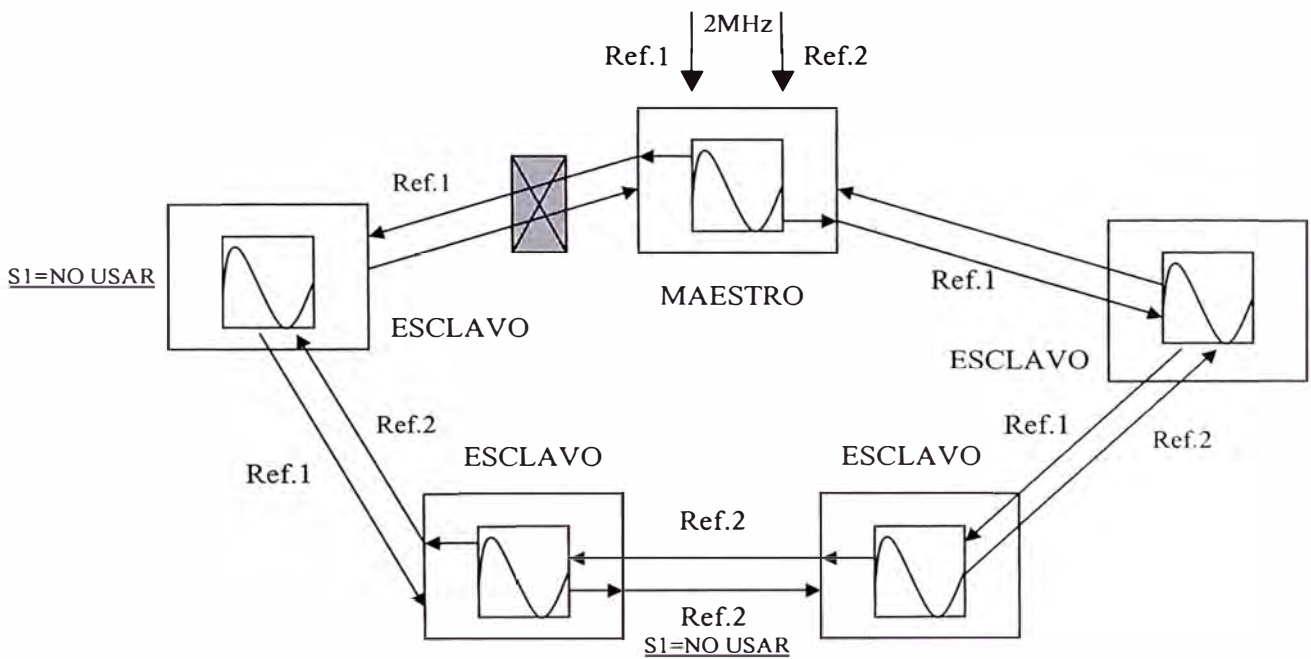


Figura 57

SINCRONIZACION MAESTRO-ESCLAVO JERARQUICA

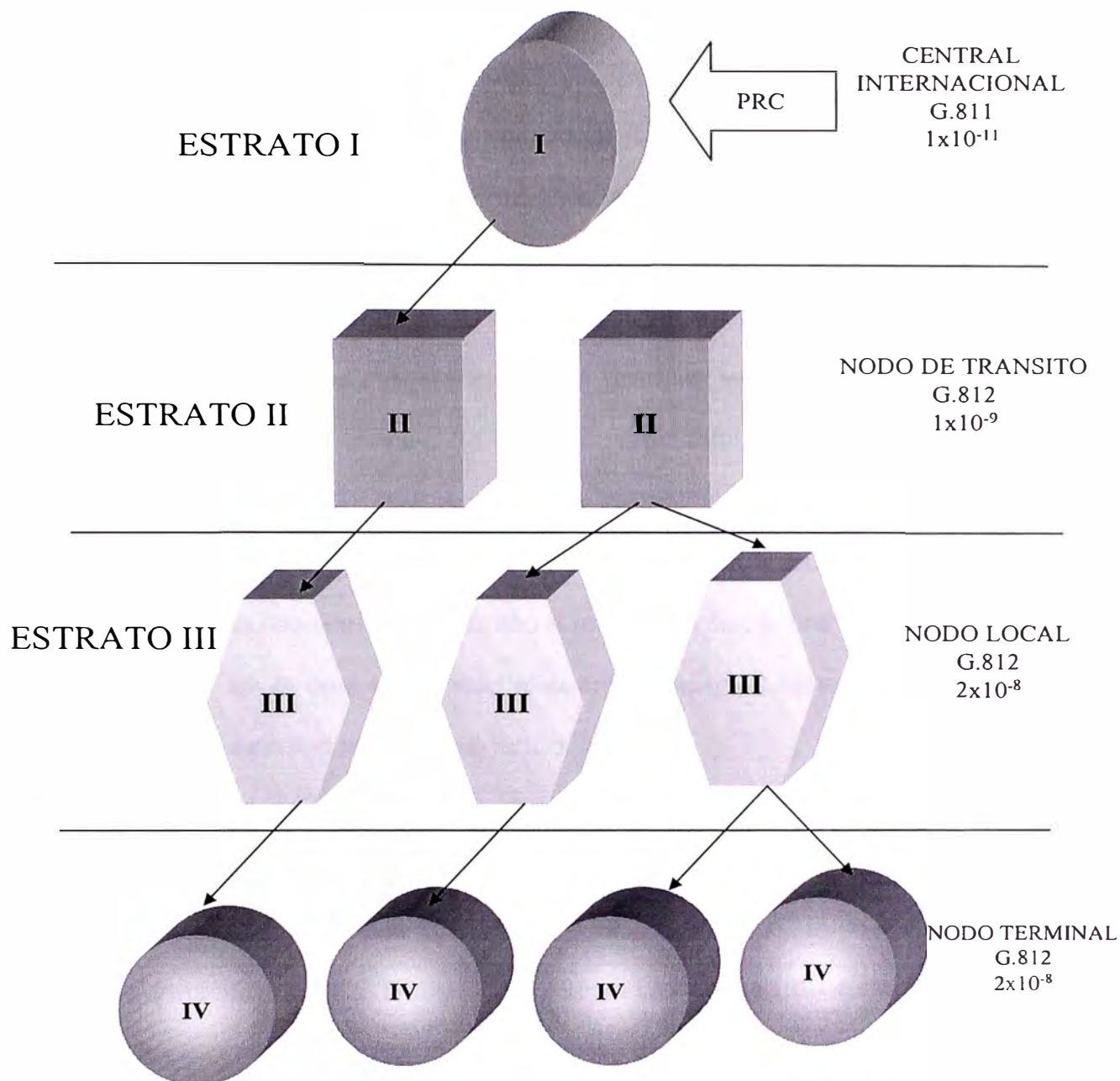


Figura 55

CONCLUSIONES

En este informe se establece la importancia y la necesidad de la jerarquía Digital Sincrona para solucionar los problemas de ancho de banda ante el emergente desarrollo de nuevas tecnologías de transmisión de Datos. Como se pudo verificar el objetivo principal de este informe es que nos permite adentrarnos en lo que es y como se forma toda una estructura de SDH, y esto hace referencia a las grandes ventajas que significa esta tecnología, como el manejo de grandes velocidades, su gestión, el tener un standard unificado y que puedan ser transmitido en los diferentes medios sea fibra óptica, Radio ó Satélite. También hay que recalcar que todavía el SDH esta en proceso de desarrollo e innovaciones, sobre todo en el aspecto de gestión en la cual todavía se encuentra opciones todavía sin definir y las que están reservadas para uso futuro.

El tema de SDH de este informe se basa en las normas Europea ya que este sistema se usa en nuestro país, pero no tiene mucha diferencia del sistema norteamericano (SONET) al menos en la estructura de la conformación de una Trama SDH. Respecto al uso de esta tecnología en algunas empresas en nuestro país mayormente se usan para la comunicación entre Centrales de telefonía básica, así como también para el transporte de servicios de datos. Se hace referencia también al sistema de sincronismo y su debida importancia ya que en el sistema SDH los equipos usan un solo sistema de clock de referencia. No se ha profundizado el

estudio de los medios de transmisión que usan las tramas de SDH debido a que la conformación de dicha trama es la misma para todos los medios.

BIBLIOGRAFÍA

1. Introducción a la Telecomunicaciones Modernas
Enrique Herrera Perez
Editorial Limusa.
2. The Communications hand Book
Gery D. Gibson
Editor: Inchies
IEEE press 1977.
3. Manual del Sistema AXD 155-2
Ericsson infocom España, S.A. 1988
4. Digital Microwave Radio Relay Systems
NEC Corporation Tokyo, Japan
4th Edition, jan 1998
5. Introducción a los Sistemas de Transmisión
Telefónica del Perú – 2000
6. Archivos bajados de internet:
<http://www.comunidad.electrónicos.com/sitios/htm>