

S4
20j



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA
DE MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MEXICO

COMUNICACIONES
"MULTIPLEXACION DE LOS SISTEMAS
DIGITALES PDH Y SDH"

TRABAJO DE SEMINARIO
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA
P R E S E N T A :
JOSE LUIS OLIVARES GUZMAN

ASESOR: ING. ALFONSO CONTRERAS MARQUEZ.

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

1999

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

270016



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE
MÉXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES-CUAUTITLÁN
PRESENTE.

DEPARTAMENTO DE
EXAMENES

AT'N: Q. MA. DEL CARMEN GARCIA MIJARES
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES-C.

Con base en el art. 51 del Reglamento de Exámenes Profesionales de la FES-Cuautitlán, nos permitimos comunicar a usted que revisamos el Trabajo de Seminario:

- "Comunicaciones "
- "Multiplexación en los Sistemas Digitales POH y SDH "

que presenta el pasante: José Luis Olivares Guzmán,
con número de cuenta: 9035067-6 para obtener el Título de:
Ingeniero Mecánico Eléctrico.

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VISTO BUENO.

ATENTAMENTE.

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Edo. de México, a 15 de Diciembre de 19 98

MODULO:	PROFESOR:	FIRMA:
<u>Microondas</u>	<u>Ing. Alfonso Contreras Marquez</u>	<u>Alfonso Contreras Marquez</u>
<u>Satelites</u>	<u>Ing. Juan Gonzalez Vega</u>	<u>Juan Gonzalez Vega</u>
<u>Transmisión Digital</u>	<u>Ing. Vicente Macaña Gonzalez</u>	<u>Vicente Macaña Gonzalez</u>

MULTIPLEXACION EN LOS SISTEMAS DIGITALES PDH Y SDH

INDICE

CAPITULO 1 INTRODUCCION.

- Historia. 5
 - La invención del teléfono. 6
 - Primeros experimentos. 6
 - Transmisión de voz. 7
- Red telefónica. 7
- Comunicaciones. 7
- Primeras industrias en las telecomunicaciones. 7
- C.C.I.T.T. 8

CAPITULO 2 ANTECEDENTES.

- Señal analógica y digital. 9
- Modulación por amplitud de pulsos (PAM). 10
- Cuantización de amplitud. 12
 - Convertidores Analógico digital. 14
 - Rango dinámico. 15
- Modulación de pulsos Codificados (PCM). 16
- Códigos. 20

CAPITULO 3 TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN PDH.

- SDMA Y PDMA. 21
- Multiplexación por división de frecuencia (FDM). 21
- Multiplexación por división de tiempo (TDM). 23
 - Primer orden. 23
 - Formación del multiplexado PCM. 25
 - Procedimiento de multiplexado de señales digitales. 28
 - Jerarquía Plesioncrona (PDH). 28
 - Extracción e inserción de tributarias en PDH. 30

• Procedimiento CRC-4.	30
• Segundo orden.	33
• Trama de impulsos (Nivel jerárquico orden 2).	33
• Justificación.	35
• Memoria Elástica.	38
• Implementación Digital.	39
• Tercer orden.	41
• Formación de la trama nivel 3.	41
• Cuarto orden.	43
• Formación de la trama nivel 4.	43

CAPITULO 4 *TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN SDH.*

• Características.	44
• Ventajas.	45
• Aplicaciones.	46
• Desventajas.	46
• Trama STM-1.	47
• Multiplexación Sincrona.	48
• Función del nodo de red.	49
• Definiciones	49
• Estructura de la SDH.	52
• Estructura de la ETSI.	55
• Subdivisiones.	56
• Subdivisión en un VC-4 en 63 TU-12.	59
• Esquema de numeración de las TU-12 en el VC-4.	60
• Encabezado de sección RSOH.	61
• Encabezado (RSDH) en detalle.	61
• Encabezado de sección MSOH.	62
• Encabezado (MSOH) en detalle.	62
• El byte S1.	63
• Funcionalidad mínima del SOH.	64
• Formato de los apuntadores del AU.	65
• Atribución de las posiciones en el AU-4.	66

BIBLIOGRAFIA	67
---------------------	----

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN

HISTORIA

Conociendo el origen de la ayuda de los teléfonos entenderemos la ayuda de la red telefónica en nuestros días. Hace 100 años el industrial Alexander Graham Bell fué el primero en descubrir el alcance del teléfono que cualquier otra persona, ahora existe la red global, en donde cualquiera puede estar conectado en solo uno de los millones de los teléfonos suscritos en el mundo, donde se recibe o envía información en forma de texto, vídeo, sonido, gráfico y datos generales de computadoras.

En estos días lo complejo de las redes de información, es como cualquiera de los principios de Bell basados en el primer trabajo de un teléfono fijo. Sabiendo que ese principio marca la comprensión y el desarrollo de las telecomunicaciones industriales.

La invención del teléfono

La idea del aparato para las comunicaciones entre personas lejanas fué de Leonado da Vinci quien vivió en el siglo XV. Es él a quién se le acredita el primer bosquejo de un aparato de comunicaciones.

Alexander Graham Bell fué el primero en admitirse como el inventor del teléfono. Bell estuvo en Scotsman como emigrado de Canadá, viviendo en Boston alrededor de 1970. Bell trabajo con un mal oído no practicando con el telégrafo y la electrónica. El creía que los puntos y arranques podrían ser telegrafados, y que en un punto, debería ser algunas veces encaminado a enviar señales de voz directas.

El número de trabajo y de prominentes ingenieros y asistentes electricistas dentro del trabajo de Bell, desarrollo que sé sobrenombrara como " el telégrafo hablante ".

- Michael Faraday experimentó con aparatos que pueden encontrarse en una tienda eléctrica y permite el paso de corriente alterna A.C. El aparato que se utiliza hoy en día es el capacitor.
- A George Ohm's se le incluye el descubrimiento del método de empaquetamiento de carbón al crear la resistencia eléctrica. La unidad básica de resistencia llamada "ohm".

- Thomas Watson, un ingeniero colega de Bell y al cual se le acredita la invención de recibidor electromagnético.

Primeros experimentos.

El primer modelo de los "telégrafos hablantes" fué un simple mecanismo designado a forzar un tono de lectura vibratorio, a seguir las vibraciones de la voz y crear impulsos eléctricos. (Este aparato fué probado usando un telégrafo receptor para el receptor como el transmisor el 03 de junio de 1875). Reportando sonidos tipo corazonada, pero la palabra era de mala calidad.

Esta prueba llevo meses experimentarla para intentar transmitir la señal con un reporte legible. Durante la mañana de 1876, Bell y Watson desarrollaron un nuevo tipo de transmisión por medio de cable, junto a un diafragma, donde insertaron un metal en una solución de ácido y agua dentro de una taza. Tanto el alambre como el metal dentro de la taza, estuvieron incluidos en un circuito a través de una batería y un receptor.

El sonido de las ondas hecho por el diafragma vibratorio causa en el alambre un impulso arriba y abajo dentro del ácido. Que en su turno causo un flujo eléctrico que permitió al circuito variar.

Transmisión de voz.

El 10 de marzo de 1876, en otro experimento conducido en el laboratorio de Bell donde tenia un cable trenzado entre dos cuartos, Bell, estando en uno de estos cuartos con un recipiente que contenía ácido sulfúrico, trabajaba tratando de encontrar la manera de transmitir, conectado a la batería. Watson estaba en el otro cuarto donde el cable entre los dos cuartos estaba conectado a un tono lector receptor a un líquido transmisor.

Durante el experimento, Bell derramó el ácido de la batería sobre su ropa y dijo las famosas palabras." Mr. Watson venga aquí, lo necesito ". Desde entonces estaba recibiendo la estación de Bell, Watson se dio prisa en entrar al otro cuarto y exclamó que la frase se había escuchado por el receptor. Ambos hombres reconocieron la importancia de esta primera transmisión de una completa ilegible frase. Esto representa el nacimiento del telégrafo parlante eléctrico. O como el pronto llamado teléfono.

Los principios básicos empleados en la primera conversación telefonica-transmitiendo información- (la voz en forma de ondas sonoras) en la forma que esta acarreando información sobre distancias en transmisiones medianas

(electricidad) y de convertirla de regreso nuevamente, es el principio básico para las comunicaciones de hoy en día.

LA RED DE TELECOMUNICACIONES.

Nosotros necesitamos saber que la primera red de telecomunicaciones fué "Northern Telecom Manufactures" el cual tiene productos de soporte virtual de cada parte de las redes de telecomunicaciones. Después de la voluntad de algunas coberturas de los productos.

COMUNICACIÓN.

Para saber acerca de las telecomunicaciones, se debe de entender sobre comunicación en general, ya que estas dos partes tiene mucho en común. De hecho, la telecomunicación, es solamente una de las tantas formas de comunicación.

Comunicación es el cambio o transmisión de información. Para que tome lugar, la comunicación, son necesarios tres elementos: el "emisor", el "receptor" y el "medio de transmisión". La conversación o el habla, es una de las formas o ejemplos básicos de la comunicación. El habla establece un modelo de ondas de sonido, que mientras viajan, causa cambios rápidos en la presión del aire.

El cambio de presión del aire, que en las formas del sonido se pasan de una locación a la otra, nos permite oír cuando alguien esta hablando. Cuando se habla con otra persona, se manda el mensaje, la otra persona lo recibe y oye el mensaje, el aire es, el medio de transmisión. Al igual que en las telecomunicaciones, es posible que el emisor ahora sea el receptor y viceversa.

PRIMERAS INDUSTRIAS EN LAS TELECOMUNICACIONES.

El teléfono fué un éxito al instante. En julio 9 de 1877, la compañía de teléfonos Bell estuvo formada por manufactura y distribución dentro de Estados Unidos y Canadá. A la caída de esta empresa ya tenia 600 suscriptores en la "Bell Telephone Company".

En los principios de "Northern Telecom" estuvo también a la baja. En 1882 estuvo estabilizado bajo el brazo de la manufacturación de "Bell Telephone Company" (ahora "Bell Canadá"). En 1875 se fusionaron y formaron "Northern Electric and Manufacturing CO. Ltd," y el nombre Northern Telecom inició el funcionamiento en 1971. Está es una digna nota en el señalamiento de algunas compañías desarrollando datos casi detrás como un lejano teléfono mismo.

CCITT.

La definición de normas internacionales para sistemas compatibles respecto a la representación y transmisión de señales, es un factor decisivo para el triunfo de las redes de comunicaciones digitales. Las especificaciones normalizadas proporcionan mercados de dimensiones suficientes, y con ello grandes cantidades de componentes de elevado grado de integración; con esto se hará posible fabricar y desarrollar, bajo una base rentable, circuitos de silicio complejos con un grado de integración cada vez mas elevado.

El organismo de normalización más importante en el área de las comunicaciones es la CCITT (comité Consultatif International Telegraphique et Telefonique), que es un departamento de la Unión Internacional de las Telecomunicaciones (UIT), con su sede establecida en Ginebra. La UIT es así mismo una agencia especial de la Organización de las Naciones Unidas.

El CCITT ha elaborado en 15 comisiones de estudio, las denominadas "recomendaciones", que por su resultado la mayoría de las veces, son más técnicas. Las recomendaciones del CCITT contienen las particularidades de la modulación por impulsos codificados y la formación de los multiplexados, así como muchas otras especificaciones de importancia para la compatibilidad internacional; cada cuatros años aparece una nueva edición, que empezó en 1977 con el libro naranja (el libro de 1985 se componía de 42 tomos incluyendo las recomendaciones para los nuevos desarrollos).

Para las definiciones básicas en el área de la radio y especialmente de los radioenlaces es competente un segundo organismo, el CCIR (Comité Consultatif International des Radiocomunications).

Los trabajos de normalización en el C.C.I.T.T. y en C.C.I.R. se basan en aportaciones de las administraciones telefónicas y de las empresas pertenecientes a la industria como por ejemplo Siemens AG.

CAPITULO II

ANTECEDENTES

SEÑAL ANALÓGICA Y DIGITAL.

En todos los sistemas de multiplexación se utilizan los dos tipos de señales existentes para las comunicaciones.

- **SEÑAL ANALÓGICA:** Esta señal es continua en el tiempo y puede tomar un número infinito de valores.
- **SEÑAL DIGITAL:** Esta es una señal finita (o controlada) en el tiempo y utiliza un sistema binario.

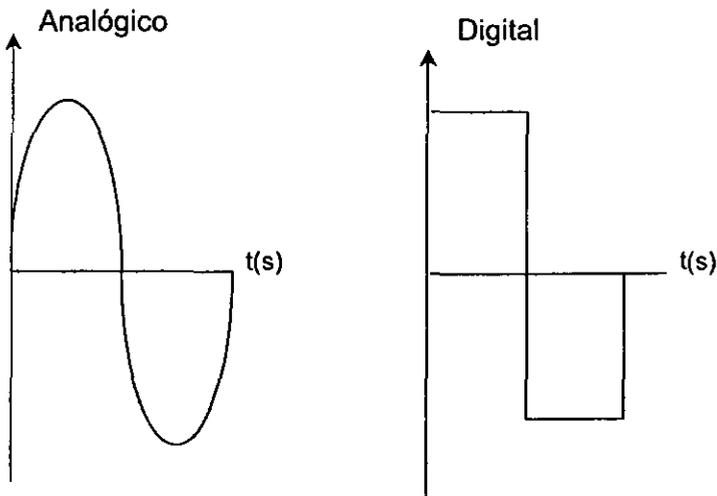


Fig. 2.1 Señal analógica y digital.

La aplicación en las telecomunicaciones de estas dos señales es diversa, por ejemplo mencionaremos que el funcionamiento de un teléfono en la mayoría de nuestros hogares es analógico, pero el enlace de la transmisión después de la central telefónica ya es digital. En este capítulo se mencionarán los métodos para una conversión analógica-digital y digital-analógica, así como a continuación mencionaremos algunas comparaciones entre ambas señales en la tabla siguiente:

VENTAJAS DIGITAL SOBRE ANALOGICO	DESVENTAJAS DIGITAL SOBRE ANALOGICO
<ul style="list-style-type: none"> • Menor susceptibilidad al ruido ya que no toca los niveles de voltaje. • Facilidad para regenerar la señal. • Combinación de señales (Multiplexaje) TDM, FDM. • Privacidad usando códigos. • Verificación y corrección de errores. • Transmisión de diferentes tipos (vídeo, audio y datos) 	<ul style="list-style-type: none"> • Requiere sistemas de sincronización • Mayor ancho de banda

Tabla 2.1 Comparación entre señales analógico y digital.

Contamos con que el ruido es uno de los aspectos más problemáticos para los sistemas de comunicación. El término ruido significa aquellas señales eléctricas indeseables que se encuentran presentes en cualquier sistema eléctrico. Las fuentes de ruido pueden ser: maquinaria, interruptores, ruido térmico intrínseco de los componentes eléctricos, perturbaciones atmosféricas, etc. Algunas técnicas para disminuir el ruido son: el Filtraje, blindaje, Tipo de modulación, etc.

En una transferencia de información, dada en señales digitales requiere un proceso anterior a este como ya se menciono, este proceso es digitalizar una señal analógica, o una señal digital a una analógica. Este proceso se llevara a cabo mediante los siguientes procesos:

Modulación por amplitud de pulsos (PAM)

El proceso de muestreo consiste en tomar y analizar el valor que tiene una señal (muestra que llamaremos $A(t)$), a intervalos de tiempos regulares (velocidad de muestro (F_s)). La señal resultante de este proceso se conoce como PAM, ya que como se puede apreciar en la Figura 2.2 consiste en una secuencia de pulsos cuya amplitud es aquella de la señal de entrada $A(t)$ durante el lapso de muestreo.

Una virtud muy importante es que la señal analógica puede ser reconstruida a su forma original utilizando un simple filtro pasa bajas, cuya frecuencia de corte sea adecuada. En la modulación de una señal podemos tener una PAM con dominio en el tiempo y otra con dominio en la frecuencia como también lo muestra la Figura 2.2.

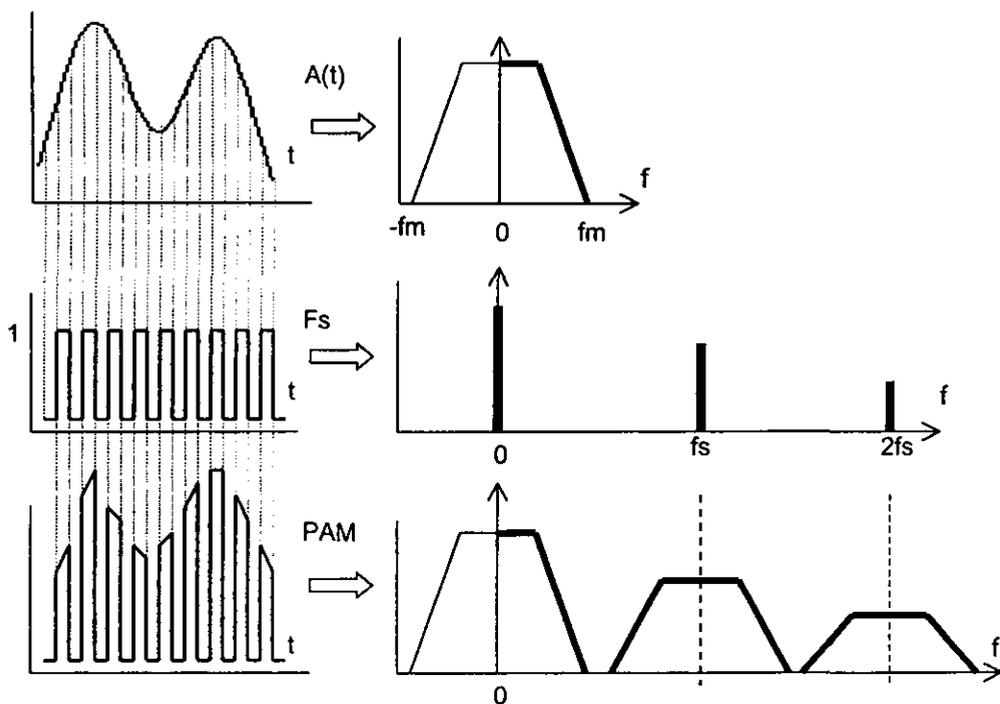


Fig. 2.2 PAM Dominio en el tiempo y frecuencia.

En los sistemas de telefonía es común encontrar una frecuencia de muestreo de 8KHz. En el caso de la multiplexación para varias señales, tomaremos el criterio de Nyquist en la cual nos indica:

“Una señal de ancho de banda limitado que no tenga componentes espectrales arriba de $A(t)$ Hertz, puede ser determinada o representada mediante muestras tomadas a intervalos de tiempo regulares a una frecuencia F_s igual o mayor a dos veces $A(t)$ ”. Esto es, que la frecuencia mínima de muestreo será:

$$F_s \geq 2A(t)$$

$$F_s = 2 A(t) N$$

Donde :

F_s = Frecuencia de muestreo.

$A(t)$ = Frecuencia de la señal más alta a muestrear.

N = Número de señales a multiplexar.

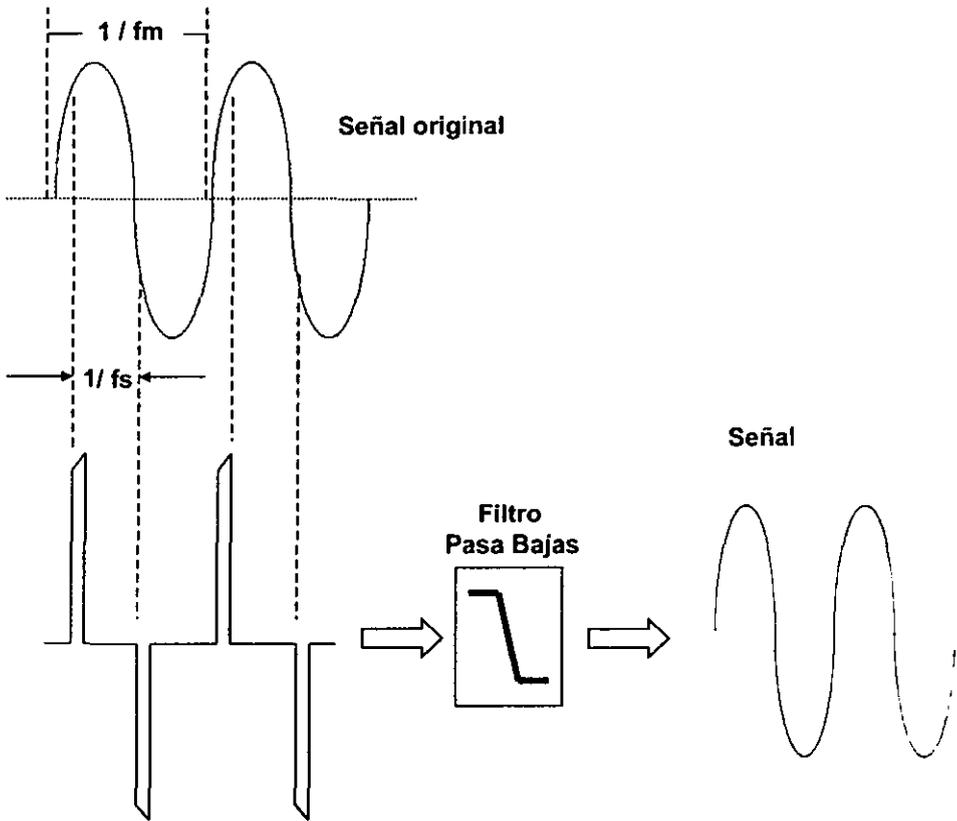


Fig. 2.3 Teorema de Nyquist.

Para poder ser procesada una señal analógica por un sistema de comunicación digital la señal analógica debe ser representada de ciertas maneras. La señal PAM que se ha visto, conserva aún la característica propia de toda señal analógica en el sentido que presenta un número infinito de posibles valores, de manera que es necesario someterla a algún proceso que limite el número de posibles valores. Este proceso se lleva a cabo mediante:

- Muestro y Retención ("Sample and Hold").

Como su nombre lo indica, este proceso involucra la retención del valor muestreado de la señal analógica, el cual es retenido hasta que se efectúa la siguiente muestra.

Cuantización de Amplitud.

Cuantización es el proceso de mapear las muestras tomadas de una señal de amplitud continua para obtener un número finito de posibles valores de amplitud.

Esta tarea es realizada por un convertidor analógico a digital y se lleva a cabo después de la operación de muestreo y retención (S&H). Dependiendo de la forma como se realiza la asignación de valores de la señal muestreada existen diferentes tipos de cuantización:

- Cuantización Uniforme.
- Cuantización no Uniforme.
- Cuantización Polarizada (puede ser uniforme o no uniforme).

La figura 2.4 muestra la función de transferencia de algunos tipos de cuantificadores. La línea punteada representa la relación ideal de entrada y salida a la que se está tratando de aproximar el cuantificador. La diferencia entre la "escala" y la línea punteada representa el error de aproximación o ruido de cuantización del cuantificador para cada nivel de entrada.

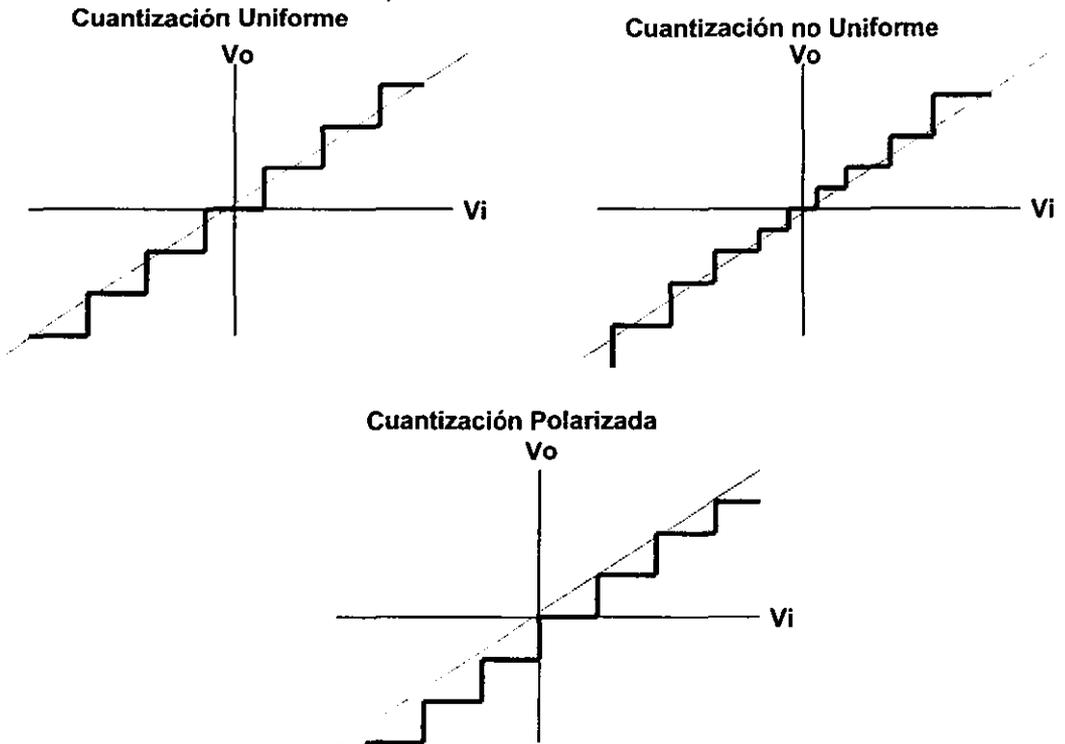


Fig. 2.4 Diferentes tipos de Cuantización.

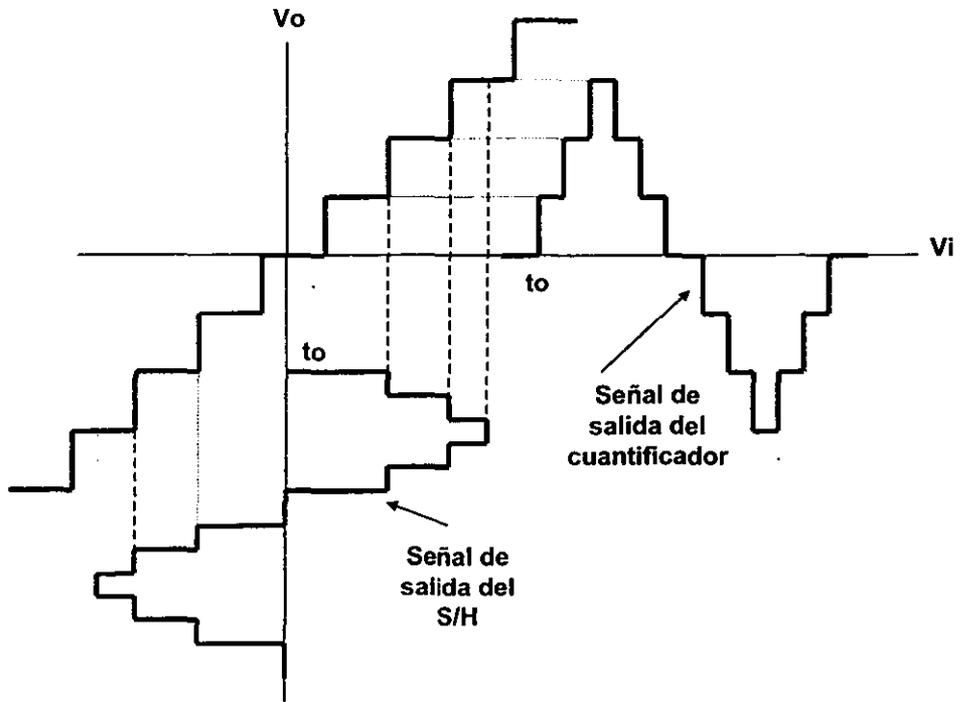


Fig. 2.5 Cuantización.

Convertidores Analógicos Digitales.

Hoy en día por lo general la implementación de los convertidores analógicos a digital se lleva a cabo en circuitos integrados que comercialmente están disponibles para diferentes números de bits: A/D 4, 8, 10, 12, 16, 20, 24 bits.

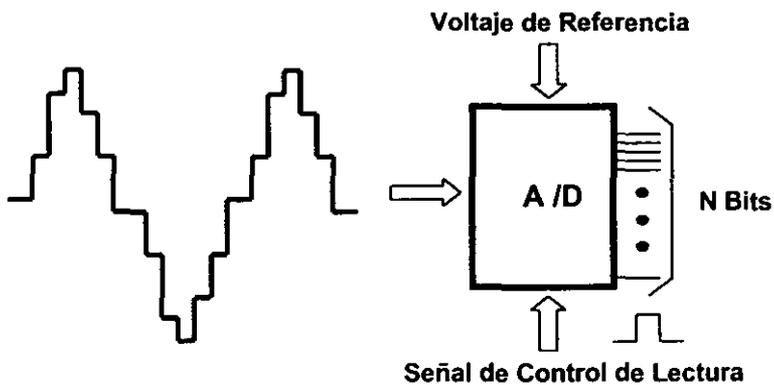


Fig. 2.6 Convertidor Analógico Digital.

Estos convertidores en ocasiones tiene ya integrado el circuito de muestreo y retención (S&H), de manera que su utilización se simplifica al poder ser descritos como "cajas negras" que funcionan de acuerdo a ciertos parámetros enlistados en sus hojas de especificaciones.

Rango dinámico de un convertidor A/D.

El rango dinámico de un convertidor A/D es la relación entre los voltajes máximos y mínimos que pueden ser digitalizados de manera lineal. Este parámetro esta directamente relacionado con él numero de bits del convertidor:

$$\text{Rango dinámico} = \text{Valor Máximo} / \text{Valor Mínimo}$$

$$\text{Rango Dinamico} = 6 \times \text{No. De bits (en db) aproximadamente.}$$

Por ejemplo un convertidor de 4 bits tendrá 16 niveles de cuantización ($2^4=16$) y si el valor que representa el valor menos significativo (LSB) es de 1mV, tendremos que el valor pico de cuantización será de 16 mV, de acuerdo a la sig. Tabla.

1 mV		0 0 0 0
2 mV		0 0 0 1
3 mV		0 0 1 0
		--- ---
		--- ---
		--- ---
		--- ---
		--- ---
15 mV		1 1 1 0
16 mV		1 1 1 1

Tabla 2.2 Rango dinámico de un convertidor A/D.

Donde:

LSB = Bit menos significativo.

De este modo el rango dinámico en DB sera :

$$\begin{aligned} \text{RD} &= 20 \text{ Log } (16\text{mV} / 1 \text{ mV}) \\ &= 24 \text{ DB} \quad \text{ó} \\ &= 6 \text{ DB} \times 4 \text{ Bits} = 24 \text{ DB} \end{aligned}$$

Modulación de Pulsos codificados (PCM) .

Esta modulación es la técnica y el nombre con que se conoce a las señales de banda base obtenidas de cuantización de la señal PAM, codificando cada muestra cuantizada en una palabra digital de determinado número de bits en forma proporcional al número de intervalos de cuantización utilizados de acuerdo a la siguiente relación:

$$L = 2^n$$

Donde :

L= Número de intervalos de cuantización.

n = Número de bits usados para representar digitalmente las muestras PAM.

- Cuantización de los pulsos.

Consiste en dividir el rango de amplitud de la señal en un número finito de valores discretos, y dependiendo de la amplitud de la señal analógica, asignar el valor discreto más cercano para cada muestra.

Esto es, que la cuantización de las señales trae como consecuencia que la forma de onda original no puede ser recobrada o reconstruida en forma totalmente exacta.

De esta manera, si por ejemplo se usan 4 bits, se tendrán 16 niveles de cuantización; si se usan 8 bits, se tendrán 256 niveles. Fig. 2.7.

El concepto de PCM es de gran importancia en las telecomunicaciones ya que es la base de la telefonía digital, en la cual se ha estandarizado el uso de una velocidad de muestreo de 8KHz y un tamaño de palabra PCM de 8 bits. La velocidad de transferencia de datos para un canal PCM es entonces de 64Kbps.

Para la digitalización de la voz se utiliza cuantización no uniforme mediante el uso de técnicas de compresión cuyas características se pueden agrupar en dos tipos principales de acuerdo a sus especificaciones.

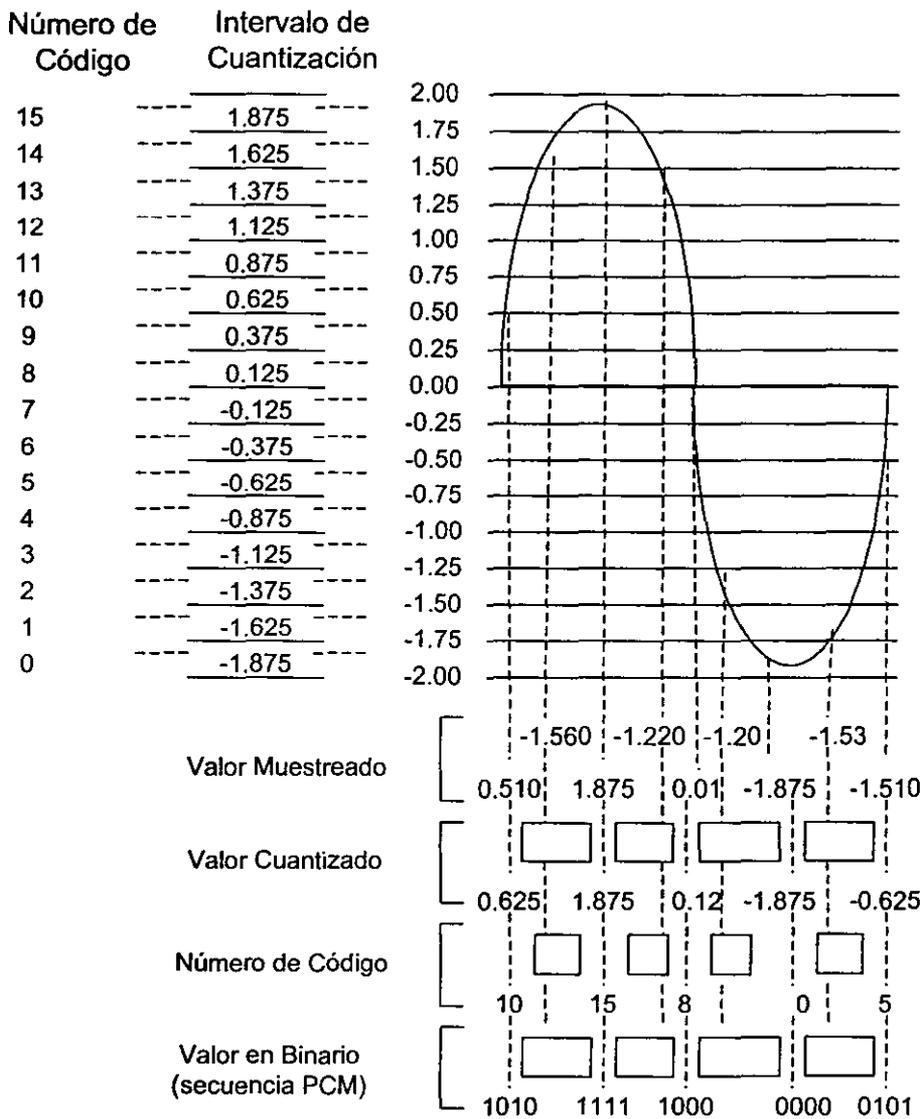
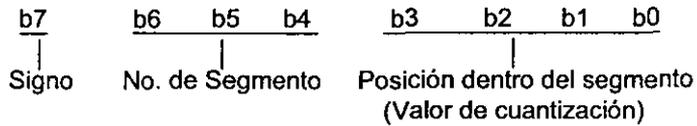


Fig. 2.7 Obtención de una señal PCM (Cuantización Uniforme)

- LEY "μ"

Este tipo de compander fue adoptado por el grupo Bell E.U. por lo que se convirtió en el estándar de este país (como ya se mencionó en el capítulo 1).

- ♦ Originalmente se definió como estándar $\mu = 100$ y el uso de convertidores A/D de 7 bits.
- ♦ Posteriormente se adoptó como estándar $\mu = 255$ con convertidores A/D de 8 bits y el siguiente formato.



En este caso se utilizarán 15 segmentos.

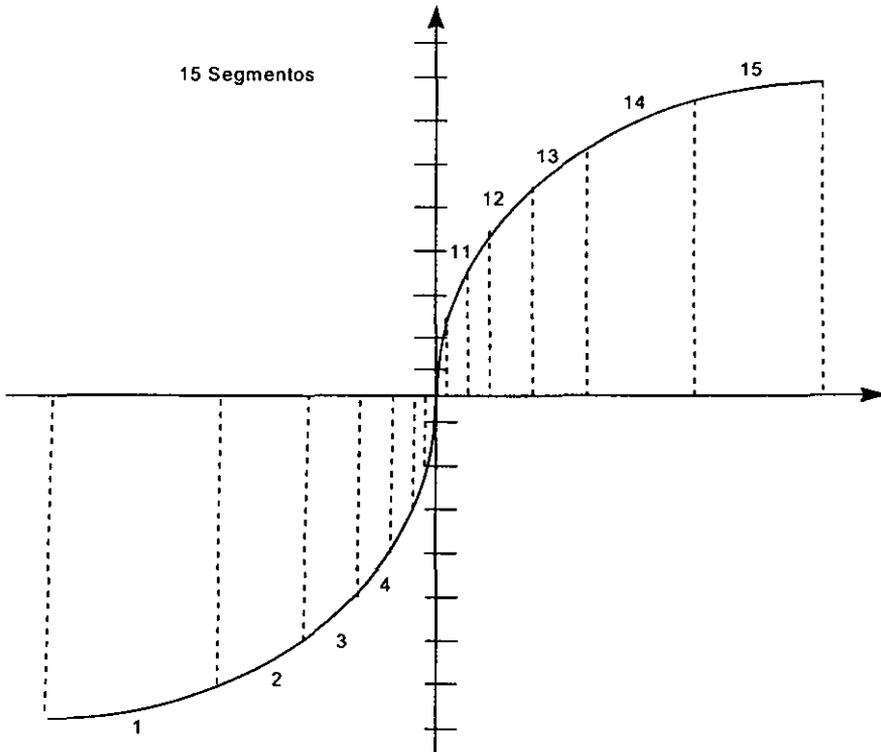


Fig. 2.8 Ley "μ"
(Cuantización Uniforme)

• LEY "A"

La Ley "A" es un estándar europeo (CCITT) usado también en México y en la gran mayoría de los países.

- ◆ Su valor estándar es de $A = 87.56$
- ◆ Conversión A/D de 8 bits.
- ◆ Utiliza doce segmentos.

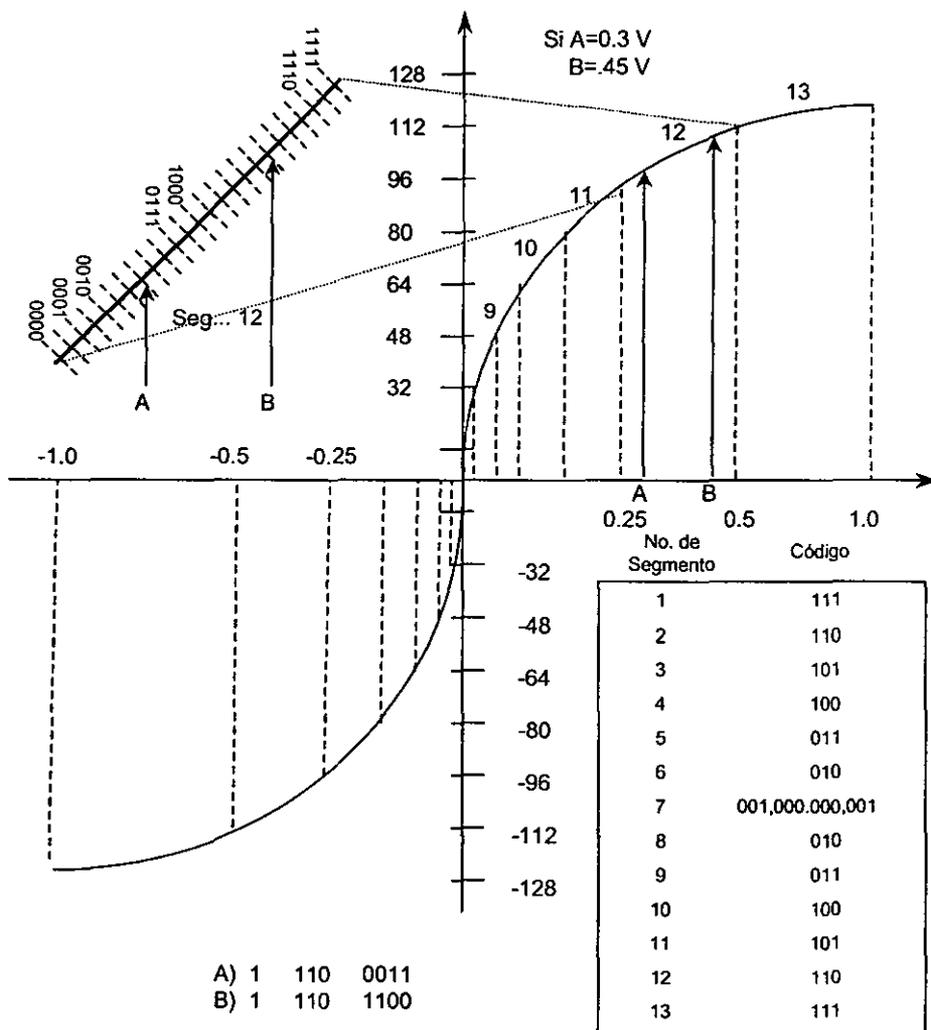


Fig. 2.9 Ley "A"
(Cuantización no Uniforme)

CODIFICACIÓN

Después de haber sido codificada la señal PCM en forma binaria el resultado será una señal unipolar en la cual se tendrá un importante factor como es:

- Existencia de intervalos repetitivos de secuencias de "unos" o "ceros" consecutivos.

Para resolver este problema existen diferentes tipos de códigos de línea que convierten la señal unipolar en bipolar.

- Códigos NRZ (No retorno a Cero).
- Códigos RZ (Retorno a Cero).
- Códigos codificados en fase.
- Códigos binarios de nivel de múltiplex.

Entre los códigos más usados en los sistemas multiplexores PCM están:

- Código AMI RZ (Alternate Mark Inversión).
- Código HDB3 (High Dencity Bipolar 3) o código bipolar de alta densidad 3, que limita el número de ceros consecutivos a un máximo de 3.

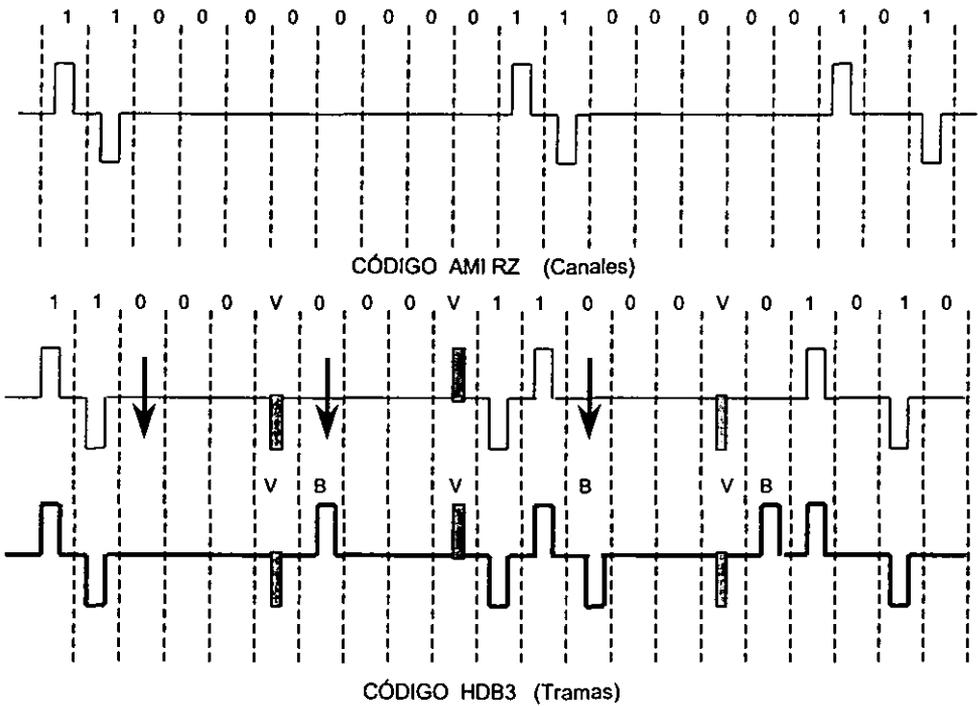


Fig. 2.10 Códigos

CAPITULO III

TÉCNICAS DE MULTIPLEXACIÓN PDH

A pesar que los términos "multiplexaje" y "acceso múltiple" se refiere al uso compartido de un canal de comunicaciones, existe una diferencia básica entre ambos :

Multiplexaje :

- El recurso a compartir es asignado de antemano y generalmente se efectúa de manera local (la misma tarjeta electrónica).
- Generalmente la asignación del recurso es relativamente fija.

Acceso múltiple :

- La acción de compartir el recurso (no local, como por ejemplo un satélite) se lleva a cabo de manera remota.
- La asignación del recurso es por lo general bastante dinámica o cambiante.

Las técnicas básicas de multiplexajes y acceso múltiple son las siguientes :

ACCESO MÚLTIPLE POR DIVISIÓN DE ESPACIO (SDMA) Y POLARIZACIÓN (PDMA) .

- Acceso múltiple por división de espacio.

Para una mejor comprensión tomaremos como ejemplo dos antenas que están direccionadas hacia diferentes lugares de tal manera que se pueda usar la misma banda de frecuencias para señales de radio diferentes.

- Acceso múltiple por división de polarización.

Mediante el uso de polarización ortogonales (90°) en las antenas es posible utilizar la misma banda de frecuencia para distintas señales.

MÚLTIPLEX POR DIVISIÓN DE FRECUENCIAS (FDMA)

La multiplexación por división de frecuencias de distintas señales ya moduladas (esto es, ya con una frecuencia portadora diferente para cada una), es

transmitida una después de la otra, de tal manera que la salida del multiplexor tiene un tren de frecuencias, como se observa claramente en la figura 3.1.

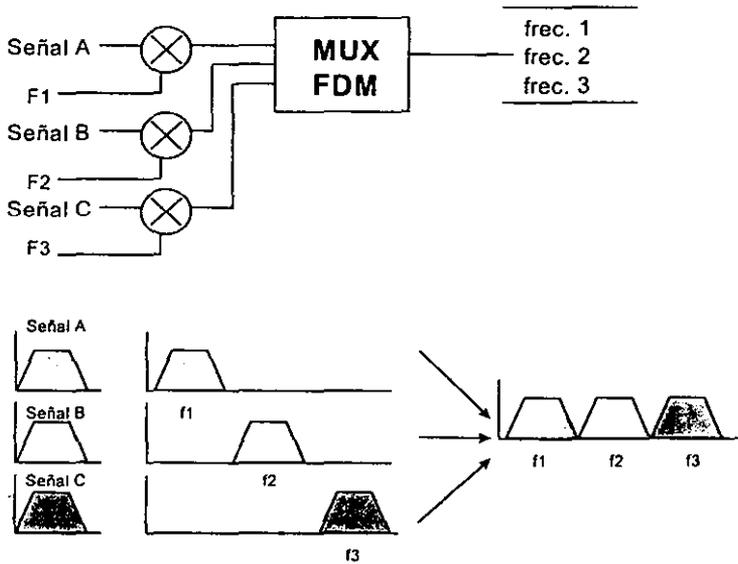


Fig. 3.1 FDM.

A continuación se presenta un ejemplo de un plan de modulación típico para un sistema múltiplex por división de frecuencia. Los procesos involucrados son a grandes rasgos los siguientes.

- Las señales originadas (como la voz 0.3khz-3.4khz) son multiplexadas en FDM asignando un canal de 4khz de ancho de banda para cada una de ellas.
- El grupo de señales resultantes es modulado en frecuencia y transmitido al satélite para integrarse en alguna parte del ancho de banda de alguno de los transponders mediante la técnica FDMA.
- El ancho de banda del transporte satelital puede ser compartidos por varios usuarios (Fig. 3.2).

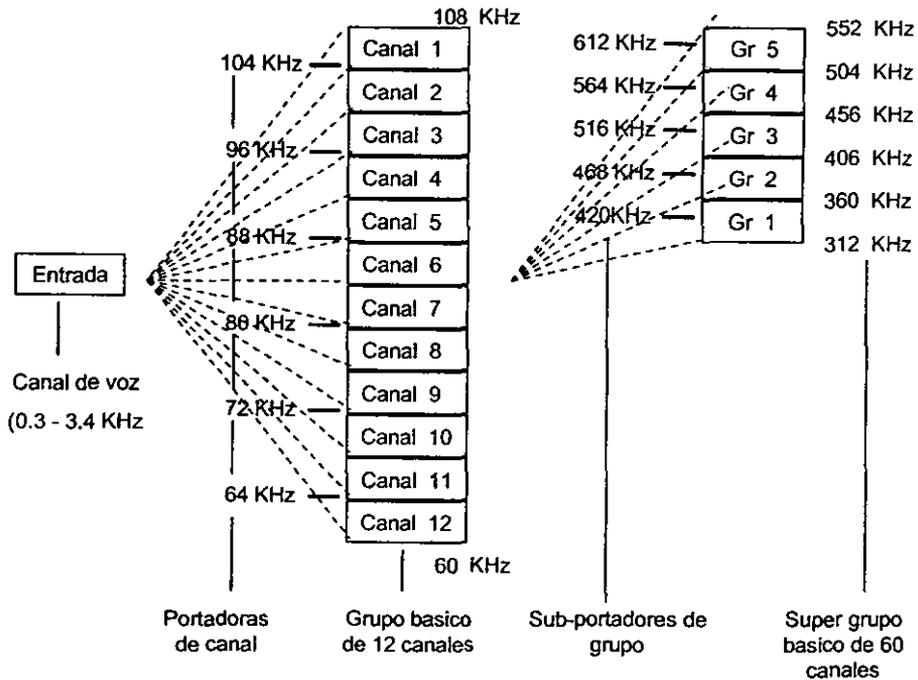


Fig.3.2 Plan de modulación para un sistema múltiplex FDM.

MULTIPLEXACIÓN POR DIVISIÓN DE TIEMPO.

Multiplexaje de primer orden.

Los sistemas de transmisión son más rentables cuanto mayor sea el número de canales telefónicos que pueden agrupar y la velocidad que puedan ofrecer. El multiplexaje por división de tiempo se lleva a cabo asignando a cada canal un espacio o ranura de tiempo ("time slot") específico dentro de la trama de transmisión. Por ello las señales a transmitir se agrupan con respecto a su velocidad (nivel jerárquico) y, en caso necesario, pueden colocarse y distribuirse en el nivel de agrupamiento respectivo. Las estructuras de multiplexado que se originan en ello se fundamentan en el sistema PCM básico.

A partir de 1962 se introdujo en los ESTADOS UNIDOS y posteriormente en Japón, un sistema básico PCM de 24 canales; mientras que, a partir de 1968, Europa se puso de acuerdo en un sistema para 30 canales; sobre el cual se estructura la jerarquía de niveles. En la mitad superior de la figura 3.3 se puede ver los equipos de multiplexado y los equipos de conmutación para los niveles jerárquicos individualmente desde 2 Mbps hasta 140 Mbps; en la mitad inferior se

ha indicado los medios de transmisión que, en funcionamiento de la velocidad binaria de la señal digital, son los más adecuados.

La aplicación más importante de la transmisión PCM es utilizar de forma múltiple las rutas de transmisión mediante procedimiento de multiplexado temporal -TDM (time división múltiplex)-. A las señales telefónicas que se van a agrupar se les asignan intervalos discretos en el tiempo dentro de una trama de impulsos y luego se transmiten en canales de tiempo en la jerarquía respectiva. Se diferencian los siguientes procedimientos de multiplexado:

- El multiplexado PCM, que combina PCM con TDMA para formar una señal digital multiplexada de salida a partir de varias señales de entrada analógicas;
- El multiplexado de señales digitales, que agrupa señales de entrada y salida de velocidades binarias más bajas en una señal con una velocidad binaria más elevada.

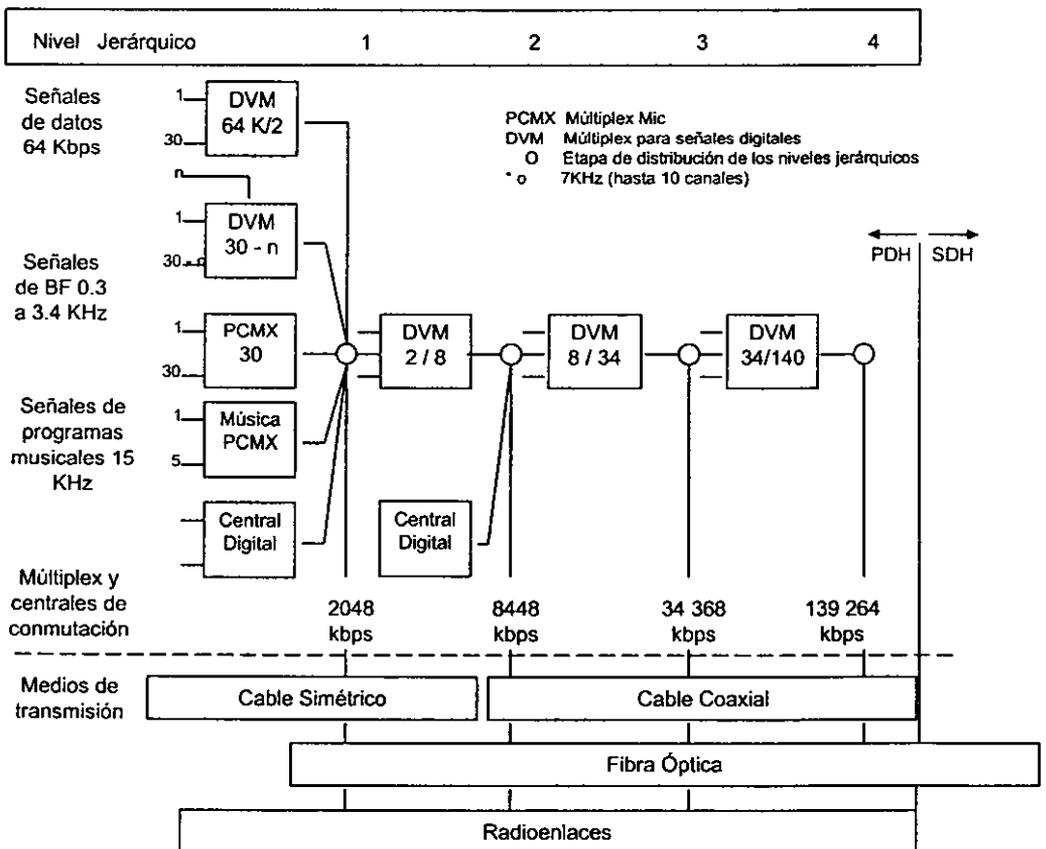


Fig. 3.3 Estructuras jerárquicas y medios de transmisión de los sistemas de transmisiones digitales desde 2Mbps hasta 565Mbps

Para el acceso múltiple por división de tiempo, los usuarios acceden remota y secuencialmente el recurso a compartir, como en el caso de las transmisiones de las estaciones terrenas a un satélite.

Formación del multiplexado PCM.

El multiplexaje de los canales telefónicos digitales se lleva a cabo mediante TDM, existiendo dos estándares base que son utilizados dependiendo del país que se trate. (Fig. 3.4). En ambos canales se dice que están entrelazados a nivel de byte, ya que se asignan 8 bits consecutivos (un byte), por cada canal.

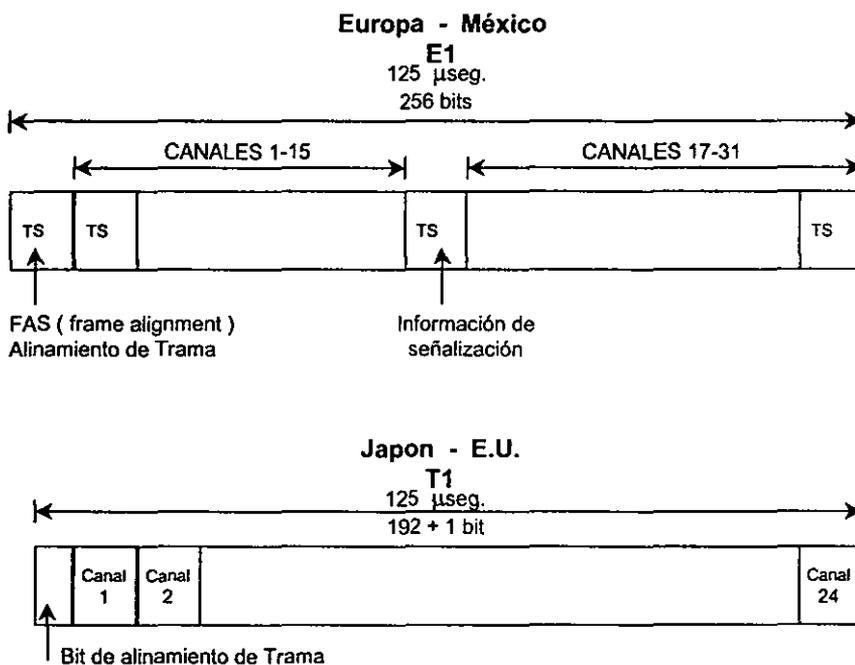


Fig. 3.4 Trama PCM de primer orden

Después de la codificación en el origen de la señal se dispone de una palabra de código de 8 bits a una frecuencia 8 Khz para la transmisión digital por cada señal telefónica. Para obtener un rendimiento más elevado de los medios de transmisión se envían varias señales en un multiplex de tiempo (TDM), en el cual las palabras de código se entrelazan primero en forma temporal o en el tiempo (Fig. 3.5) y se agrupan en una trama de impulsos. La figura 3.6 nos muestra la trama de impulsos de 2Mbps para el sistema PCM 30 con 32 intervalos de temporales -contados desde el cero hasta el 31- en cada uno de los cuales tiene lugar una palabra de código de los 8 bits . Además de los 30 intervalos de tiempo

para las treinta señales telefónicas, hay adicionalmente un intervalo de tiempo 0 para la palabra de alineamiento de trama o para la palabra de alarma y, un intervalo de tiempo 16 para la información de señalización (que proviene de los abonados). La trama tiene 256 bits y se repite a una frecuencia de 8 KHz. (125 μ s).

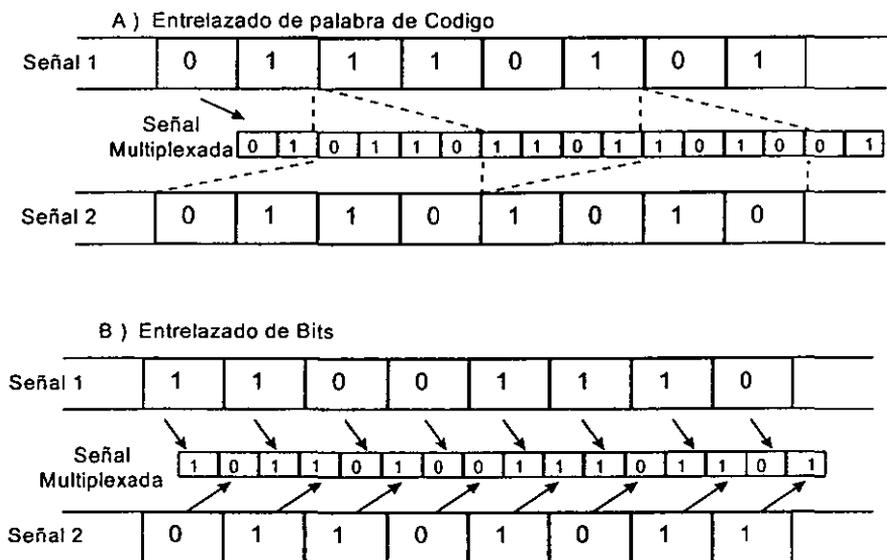


Fig. 3.5 Formas de entrelazado en múltiplex temporal

En el lado de recepción tiene lugar una sincronización de tramas para conseguir una distribución inequívoca de la señal digital. Para ello en el comienzo de cada una de las tramas primera, tercera y quinta. Se presenta la palabra de alineamiento de trama con una muestra fija de 7 bits.

Durante el proceso de sincronización se explota la corriente o el flujo de bits primeramente bit a bit buscando esta muestra . Una vez que se ha encontrado, se continúa contando toda la trama (256 bits) , por lo tanto, se prueba si el segundo bit de la palabra de código que sigue a ella - tiene que ser la palabra de alarma- es un estado lógico 1. En caso de que no ocurra de esta manera se hace una interrupción y se vuelve a explorar bit a bit en busca de la muestra que forma la palabra de alineamiento de trama. Solamente cuando la muestra de bits o la muestra binaria se ha detectado, esta vez de una forma completa, se permite en el sistema de multiplexado la transmisión.

De forma inversa, la transmisión se bloquea y se inicia el proceso de sincronización, cuando se encuentran tres o cuatro palabras de alineamiento de tramas consecutivas erróneas. A partir de esta suspensión continua de la palabra de alineamiento de trama, se obtiene una información sobre la calidad de transmisión de la ruta y de las tasa de bits de error implícita en ella.

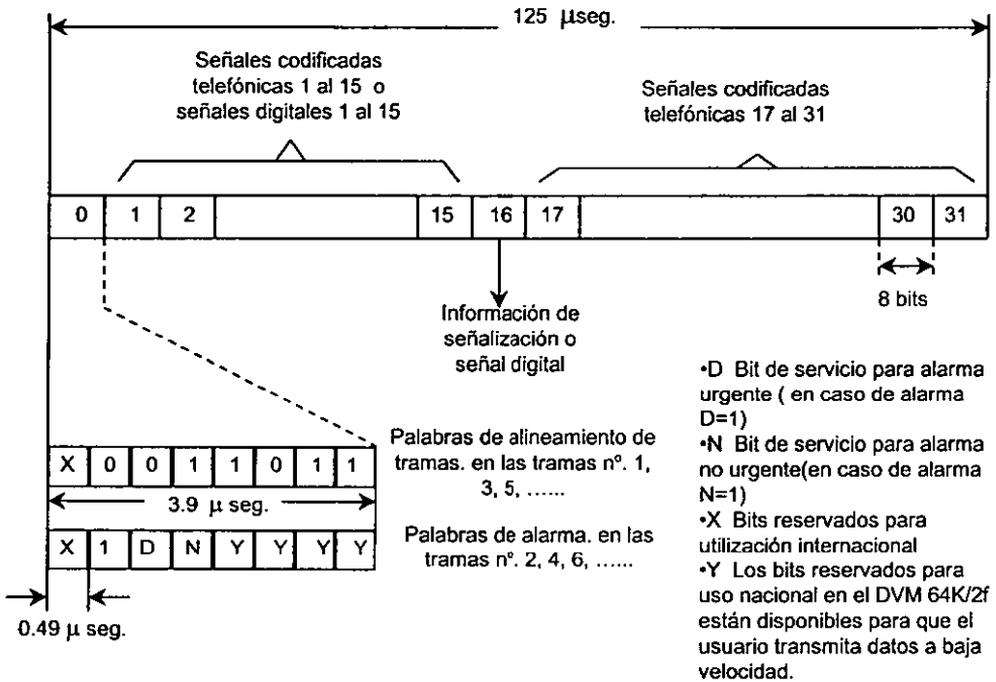


Fig. 3.6 Trama de impulsos para señales a 2 Mbps.

El intervalo de tiempo número 16 transmite la información de señalización perteneciente a los canales telefónicos. A un canal telefónico se le asignan 4 bits del intervalo de tiempo 16 y, por lo tanto, por cada trama solo se puede transmitir la información de señalización de dos canales telefónicos. Por este motivo el intervalo de tiempo número 16 esta insertado o forma parte de una multitrama (trama de impulsos de señalización) que comprende los 16 intervalos de tiempo número 16 (Fig. 3.7).

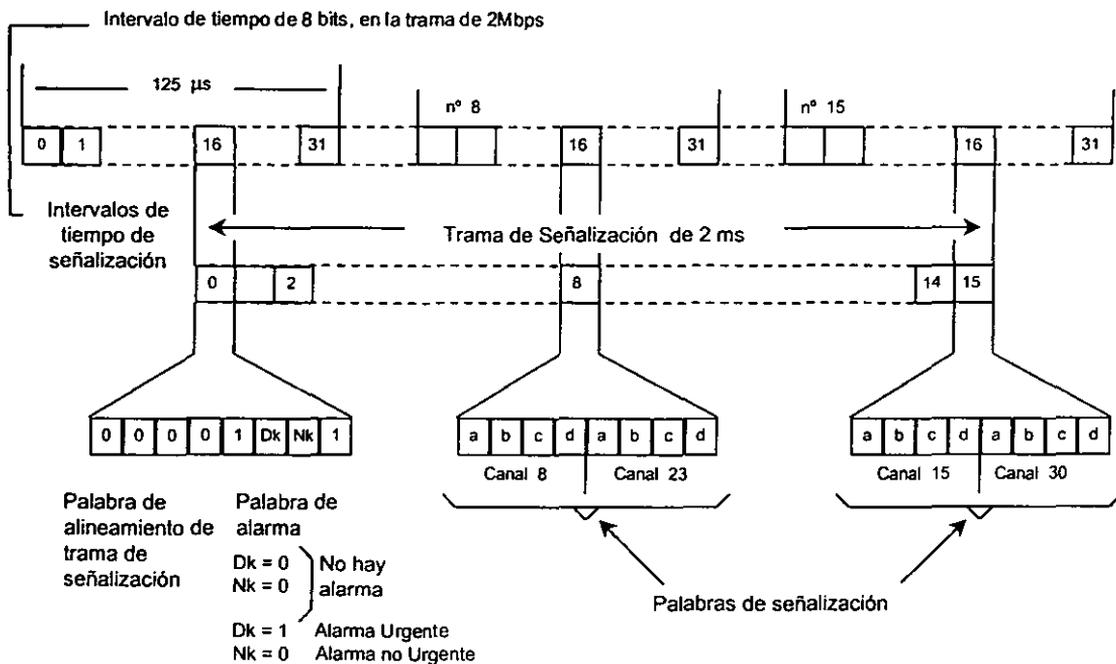


Fig. 3.7 Trama de señalización.

Procedimiento de multiplexado de señales digitales.

Las señales de los equipos de multiplexado PCM y de otras fuentes de señales digitales pueden agruparse en velocidades binarias más elevadas de los niveles jerárquicos inmediatos, es decir, estos equipos de multiplexado disponen ya de señales de entrada digitales, procedentes de los sistemas tributarios o sistemas jerárquicos inferiores. En la jerarquía de multiplexado de señales digitales se agrupan respectivamente cuatro señales digitales -según la norma- en una nueva señal de multiplexado. En este contexto hay que tener en cuenta que las velocidades binarias de los cuatro sistemas tributarios tienen un margen de tolerancia por lo que no son sincronicas y, atendiendo a la definición, se puede decir que son plesioncronicas. Para la adaptación de estas cuatro señales plesioncronicas al reloj del sistema del equipo multiplexor se hace uso de un sistema de justificación por impulsos positivos (justificación positiva).

Jerarquía plesioncrona .

En la practica, cuando se habla de los equipos multiplexores de orden superior, el hecho de que las señales tributarias no tengan exactamente la misma velocidad y fase, hace necesario el uso de circuitos adaptadores de velocidad con la cual se

logra "igualar" las velocidades de las tributarias antes de ser multiplexadas .

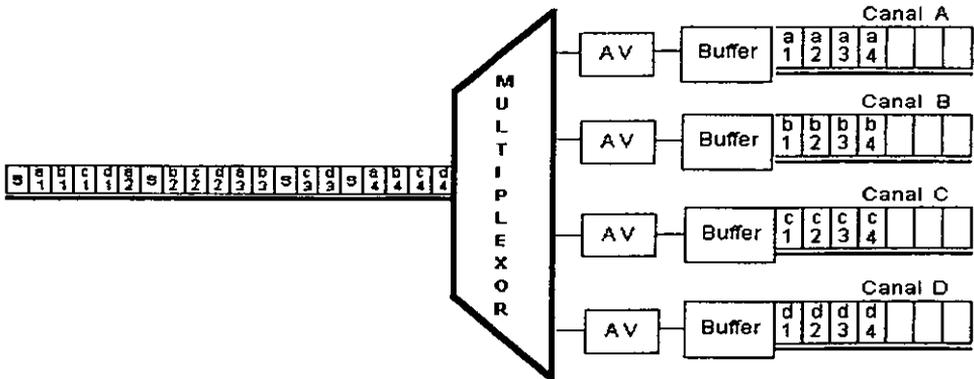


Fig. 3.8 Multiplexaje plesioncromo

Para realizar tal igualación de las velocidades se utilizan los "bits de relleno" o de "justificación" por lo que no existe una relación de fase específica entre las tramas de las tributarias y la señal múltiplex producida. Debido a esta característica el multiplexaje de este tipo recibe el nombre de plesioncromo ; dicho término se utiliza en forma genérica para describir los equipos y tecnología PCM de orden superior la cual recibe el nombre de JERARQUÍA DIGITAL PLESIONCRONA o PDH (Plesioncromy Digital Hierarchy).

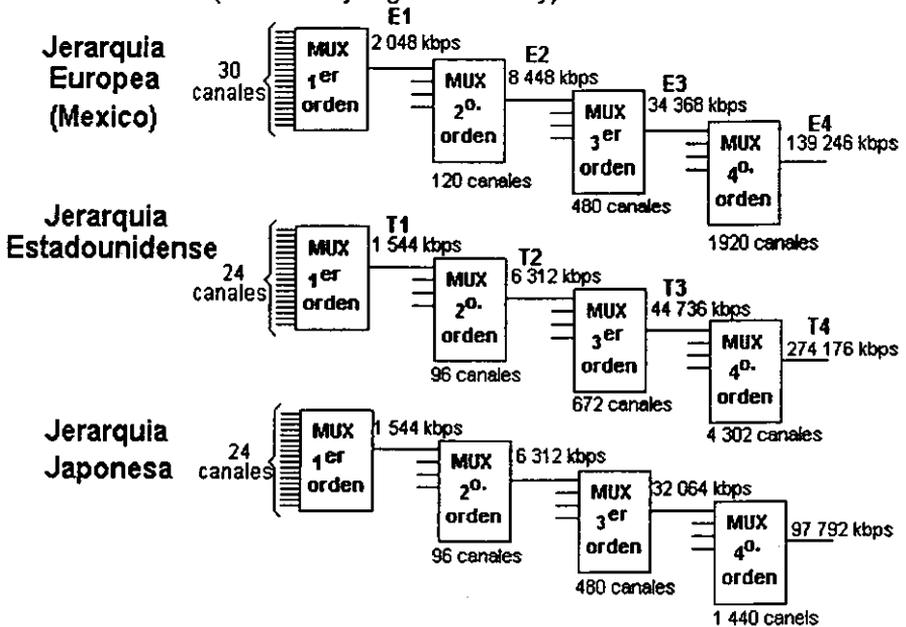


Fig. 3.9 Jerarquías y Velocidades de transmisión PDH

Extracción e inserción de tributarias en PDH.

Debido a las diferencias en las estructuras de tramas y al uso de bits de justificación, no es posible tener acceso "directo" a la información de los niveles jerárquicos de orden menor. La extracción de estas señales solamente puede ser llevada a cabo demultiplexando la señal de orden superior hasta llegar al nivel de la señal tributaria deseada (Fig. 3.10).

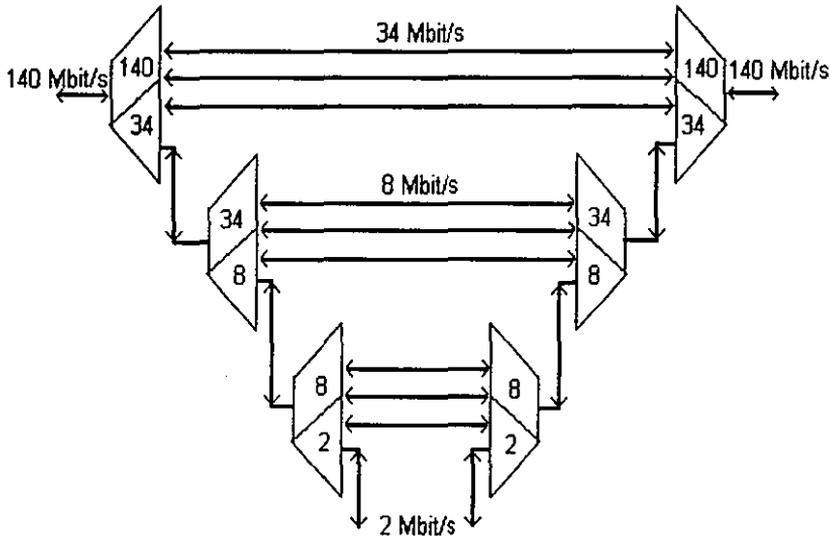


Fig. 3.10 Extracción e inserción de tributarias en PDH

Procedimiento CRC4 (para la supervisión de la señal).

Los sistemas de transmisión, así como la estructura de la trama y de la señalización, ofrecen en los sistemas PCM múltiples posibilidades para la supervisión simultánea de la ruta por la que transcurren en lo que se refiere a:

- La frecuencia de error binario (FEB) como criterio sobre la calidad de la ruta de transmisión digital .
- El sincronismo de trama .
- La elevación de los bits de alarma en la palabra de alarma.
- Fallo de la señal .

En la recomendación G.704 del CCITT se ha incluido el procedimiento CRC4 de verificación por redundancia ciclica (Ciclic Redundancy Check) para la supervisión de las rutas PCM, en especial con vistas a la red digital de servicios integrados (RDSI). El CRC4 se utiliza para evitar la sincronización errónea

movida por palabras de alineación de tramas simultáneas de la señal transmitida y también para registrar errores binarios en el flujo de datos.

Durante la transmisión de la trama de 2048 Kbps se forma una multitrama CRC4 compuesta por 16 tramas seguidas (Fig. 3.11) . Esta multitrama esta subdividida a su vez en dos submultitramas de 8 tramas cada una. Por submultitramas se genera, a partir de su contenido, una palabra de código CRC de 4 bits (contraseña CRC) que se transmite conjuntamente con el flujo de datos en los bits MC_1 a MC_4 . En el lado receptor se produce de la misma forma con cada submultitrama, teniendo lugar en periodos del orden de milisegundos ($8 \times 256 \text{ bits} = 2048 \text{ bits}$, equivalentes a un ms.) una comparación entre la contraseña obtenida aquí por codificación y la contraseña que recibe en la siguiente submultitrama. En caso de que ambas no coincidan es seguro que en esta sección de la trama hay por lo menos un bit erróneo.

Este procedimiento estadístico-matemático para la evaluación de errores posibilita, el reconocimiento de errores individuales en la submultitrama. Motivado por los breves tiempos de medida es especialmente idóneo para la indagación de frecuencias de error binario (FEB) menores que 10^{-3} (es decir cuando hay menos de un bit erróneo por cada 1000 bits). En el caso de 10^{-3} habrá por lo tanto en una submultitrama de 2048 bits, un promedio estadístico de 2 bits erróneos.

En el caso de una FEB mayor de 10^{-3} los resultados de la comparación con la contraseña CRC4 no son apropiados ya que con esa frecuencia de error elevada, cada submultitrama CRC4 estará afectada rápidamente. Para poder tener datos cuantitativos sobre frecuencias de error binario mayores que 10^{-3} se evalúa la palabra de alimentación de trama, lo cual es un procedimiento que, con pequeñas frecuencias de error binario, harían necesarios tiempos de medida sensiblemente mayores.

La primera posición binaria de la palabra de alarma identifica la palabra de sincronismo para la multitrama CRC4 cuya muestra binaria es: 001011 (los dos últimos bits en el octeto si están reservados como bits de control y alarma para el trafico nacional e internacional de telecomunicaciones).

El proceso de sincronización transcurre escalonadamente de manera que :

- En primer lugar se efectúa la sincronización con la PAT.
- Después de ello se efectúa la sincronización con la PAT y la multitrama CRC4.

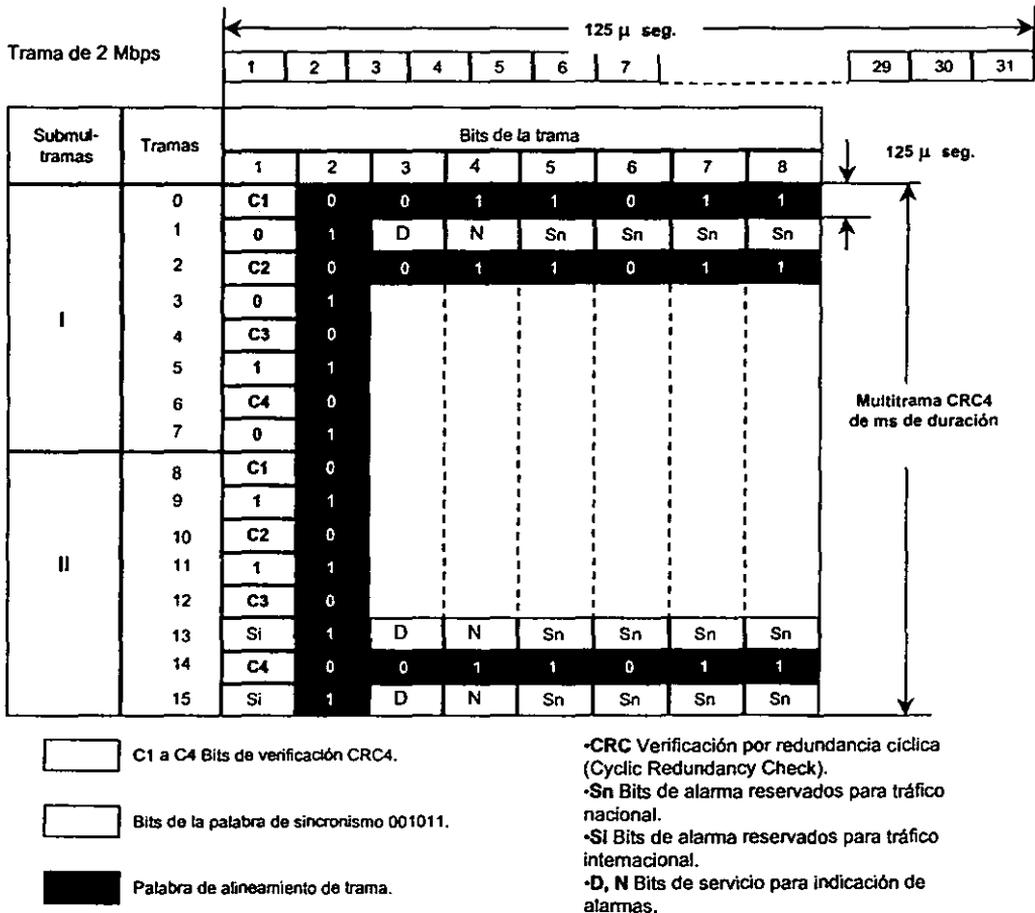
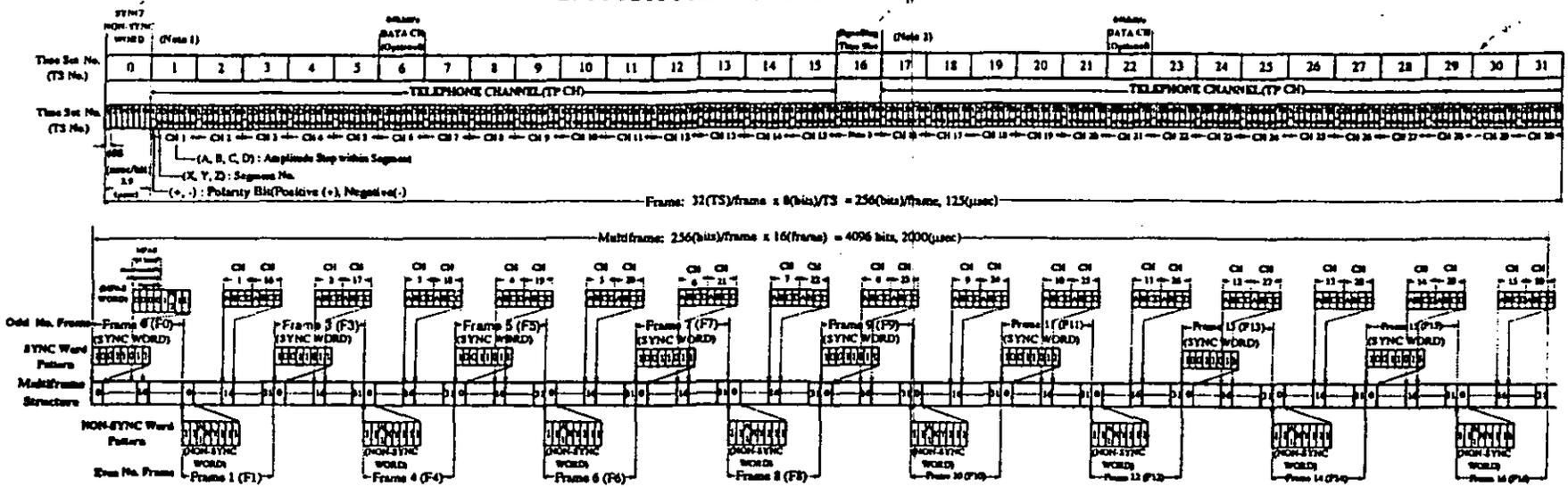


Fig. 3.11 Procedimiento CRC4 para la supervisión de señales de 2 Mbps.

NOTA.- Se añade la siguiente figura para una vicion general de una trama de 2Mbps.

2M MUX Frame Structure



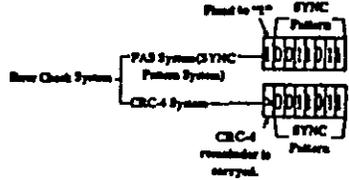
Note 1:

Bit	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Bit No.
Normal operation	1	1	1	1	1	1	1	1	RMT ALM "ON" (1)
RMT ALM "OFF" (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	RMT ALM "OFF" (0)
RMT LPB REQ "ON" (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	RMT LPB REQ "ON" (1)
RMT LPB REQ "OFF" (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	RMT LPB REQ "OFF" (0)
Both RMT ALM (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	Both RMT ALM (1)
Both RMT ALM (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	Both RMT ALM (0)

Timing Control: (TS 0 of Even No. frame)
Frame alignment signal (PAS or SYNC word) of 10011011 is sent in TS0 of even frame to synchronize receiving station to the frame.

Supervision: (TS 0 of ODD No. frame)
Bit 3 (A1) is a RMT ALM (Normal = 0, NO = 1) to inform receiving station of RCV problems (Loss of SYNC, Excessive BER, Loss of Signal, AIS received).

Bits 4 and 5 (X, Y) (Normal = 11, ON = 00) are used for remote loopback request at the receiving station. Bits 1, 2, 6, 7 & 8 are used and set to "1".



Note 2:

Bit	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	Bit No.
Normal operation	1	1	1	1	1	1	1	1	Normal operation
A2 = ON (1)	1	1	1	1	1	1	1	1	A2 = ON (1)
A2 = OFF (0)	0	0	0	0	0	0	0	0	A2 = OFF (0)

TS 16 normally carries ON/OFF Hook (Idle/busy) information, often generated by separate equipment.

To synchronize this equipment in TS 16 of Frame 0 a multiframe alignment signal (MPAS) of "0000" is sent in bits 1-4.

Bit 6 is a Remote ALM (much like the NON-SYNC word 3 of TS0 relating to signaling data/equipment receive problems).

This leaves frames 1 to 15 to carry ON/OFF Hook data for 30 voice channels, 2CH's/frame, 4 bits each as shown.

Name of Multiframe	N5000, N5500 & N6000 Series VP MUX
NON-SYNC Word Pattern	11A X Y 1 1 1
RMT "OFF" State	11A 0 1 1 1 1
RMT "ON" State	11A 0 0 1 0 0

Name of Multiframe	N5000, N5300 & N6000 Series VP MUX
NON-SYNC Word Pattern	11A X Y 1 1 1
RMT "OFF" State	11A 1 1 1 1 1
RMT "ON" State	11A 0 0 1 0 0

Name of Multiframe	N5000, N5300 & N6000 Series VP MUX
NON-SYNC Word Pattern	11A X Y 1 1 1
RMT "OFF" State	11A 0 1 1 1 1
RMT "ON" State	11A 0 0 1 0 0

Name of Multiframe	N5952 VP MUX
NON-SYNC Word Pattern	11A 0 1 X Y Z
RMT "OFF" State	11A 0 1 1 1 1
RMT "ON" State	11A 0 1 0 1 0

Name of Multiframe	N5000, N5300 & N6000 Series VP MUX
NON-SYNC Word Pattern	11A 0 1 X Y Z
RMT "OFF" State	11A 0 1 1 1 1
RMT "ON" State	11A 0 1 0 1 0

Name of Multiframe	N5952 VP MUX
NON-SYNC Word Pattern	11A 0 1 X Y Z
RMT "OFF" State	11A 0 1 1 1 1
RMT "ON" State	11A 0 1 0 1 0

Multiplexaje de segundo orden. Trama de impulsos.

En el nivel jerárquico de los 8Mbps se agrupan cuatro señales con velocidades binarias de 2.048 Mbps en una señal conjunta de 8.44 Mbps. Para una diferenciación expresa de los cuatro canales tributarios se ha denotado también a esta señal múltiplex digital de una trama de impulsos, normalizada por el CCIT (Fig. 3.13) en la que se reflejan requisitos específicos del procedimiento de justificación positiva.

Convenido una trama de impulsos con 848 bits de forma que se puede dividir en cuatro bloques conteniendo cada uno 212 bits. Al comienzo del primer bloque se encuentra la palabra alineamiento de trama con una muestra fija de 10 bits, seguida de dos bits de servicio. El bit 13 es el primer bit útil, y precisamente proviene del sistema tributario número 1, el bit 14 es un bit útil procedente del sistema tributario número 2 y así sucesivamente . En este caso, así como en todos los casos de multiplexado de señales digitales son más elevadas, las corrientes o flujos de señales se entrelazan e intercambian bit a bit. Al comienzo del segundo, tercero y cuarto bloque se presenta, por cada uno de ellos, un grupo de cuatro bits que contiene la información de relleno. En el cuarto bloque se añade inmediatamente otro grupo de cuatro bits que, en caso de necesidad puede ser definidos como bits de relleno.

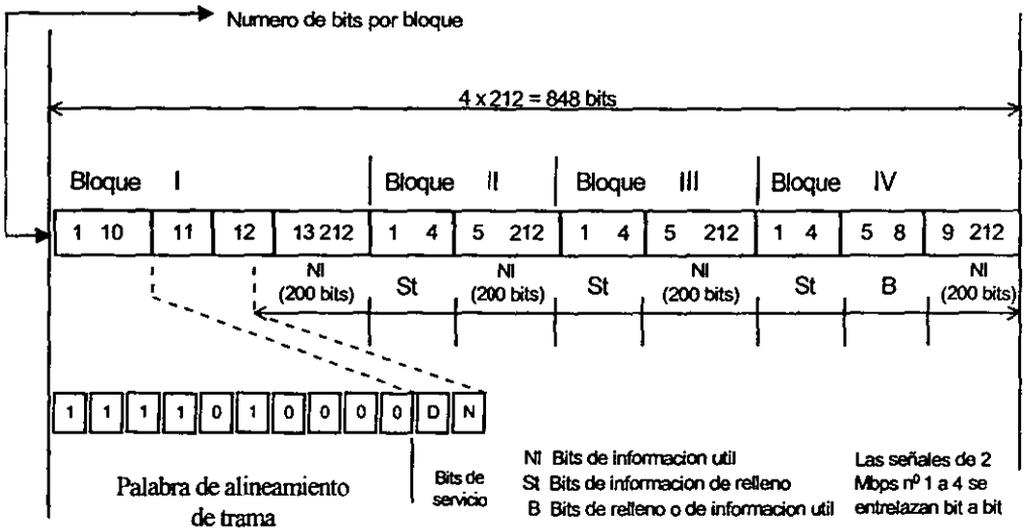


Fig. 3.12 Trama de impulsos para señales de 8Mbps.

El primer bit de cada grupo de cuatro pertenece al sistema tributario número 1, el segundo bit al sistema tributario número 2 y así sucesivamente. Solamente se puede definir un bit determinado con un bit de relleno por cada sistema tributario dentro de una trama de impulsos. En el caso de que los tres bits de información de relleno respectivos se hayan activado previamente a 111, entonces el bit que podría ser de relleno no contiene ninguna información útil. La información de relleno se transmite de esta forma asegurada por triplicado.

En el lugar de recepción se aplica la decisión múltiple, puesto que una interpretación errónea de la información de relleno tendría amplias consecuencias; se transmitiría no solamente un bit erróneo o bien se omitiría un bit útil, sino que todos los bits útiles que siguen estarían desplazados temporalmente en una posición binaria. Por esto en la práctica quedan interferidos todos los canales en el sistema tributario afectado; la palabra de alineamiento de trama aparece en una posición errónea, el sistema tributario tiene que sincronizarse nuevamente y permanece durante este tiempo bloqueado. En un equipo de multiplexado digital el proceso de sincronización se da por finalizado cuando se ha detectado como correctas tres palabras de alineamiento de trama inmediatas consecutivas. El sistema no se considera sincronizado si hay cuatro palabras de alineamiento de trama erróneas.

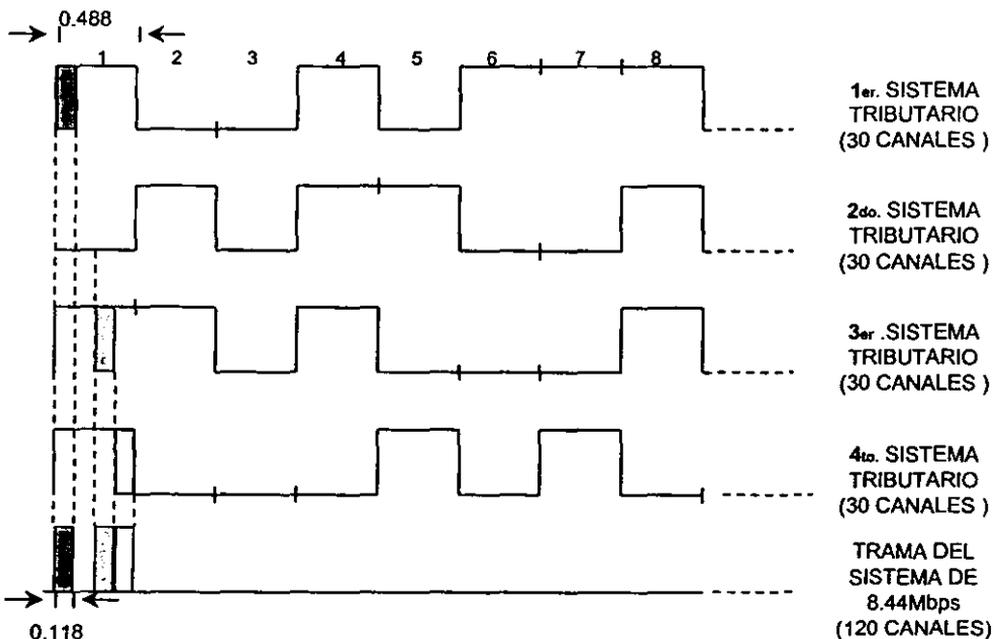


Fig. 3.13 Multiplexación de 8 Mbps.

Justificación (bitio de relleno)

Una trama de 8 Mbps. consiste de 848 bitios. De estos, 24 son siempre bitios de cabecera (10 bitios como señal de alineación de trama, y los bitios de control de justificación C1, C2 y C3 que constan de cuatro bitios cada uno). (820 bitios son siempre bitios de información en los 205 intervalos de tiempo de cuatro bitios cada uno. Por lo tanto hay un intervalo de tiempo de cuatro bitios (que le sigue inmediatamente al intervalo de tiempo C3), que contiene bitios que algunas veces son información y otras son falsos. En algunos manuales se refiere a este intervalo de tiempo como intervalo de tiempo 155, y en otros como intervalo de tiempo B. Estos son bitios disponibles para la justificación, es decir para ajustar pequeñas variaciones de velocidad en las tributarias de 2M.

La multiplexación es realizada por medio del entrelazado de los intervalos de tiempo. En un intervalo de tiempo de 4 bitios, el primer bitio corresponde a la primera tributaria de 2M, el segundo a la segunda tributaria y así sucesivamente. Cada tributaria es enviada a una memoria temporal (elástica) y esta es leída secuencialmente por el Mux, un bitio a la vez. Esto trabaja en forma correcta siempre y cuando todas las tributarias sean enviadas exactamente a la misma velocidad (sincronas), aunque si una de ellas, por decir la tributaria número tres no sería leída (descargada) más rápida que la correspondiente a las demás tributarias, se llegará a un punto donde el MUX tratara de leer un bitio que todavía no se encuentra disponible. para prevenir que esto suceda, un circuito detector de fase detiene el proceso de lectura (en un instante dado), y en lugar de leer la memoria de la tributaria número tres, insertará un bitio falso en la posición tres del intervalo de tiempo 155 (intervalo de tiempo V) en remplazo de un bitio de dato real. esto le da a la tributaria número tres una oportunidad para alcanzar a las demás.

¿Como se entera el receptor qué el bitio 3 del intervalo de tiempo 155 (Intervalo de Tiempo V) es un bitio falso y no real?. ¿Cómo se entera para ignorarlo?. Mientras esta sucediendo todo esto, el Mux esta incertando 1's en la posición del bitio 3 de C1, C2, y C3 (normalmente estos bitios son ceros). En cualquier instante que la mayoría de los bitios de control de justificación ubicados en una posición particular (1 a 4) sean 1's, significa que el bitio correspondiente en el intervalo de tiempo 155 (intervalo de tiempo V) es un bitio falso.

¿Cuándo se utiliza la justificación? Deberá ser el bitio falso 1 ó 0?. Teóricamente, no debería existir diferencia, y la mayoría de los casos lo es así. Sin embargo, en los equipos de multiplexaje digital correspondiente a la cuarta generación de NEC se ha decado a utilizar los bitios falsos para cierto uso. Por medio de un interruptor manual, es posible controlar si el bitio falso es 1 ó 0 en una posición particular de bitio y utilizar de esta manera el bitio falso para controlar la característica de bucle remoto de la tributaria correspondiente. Si el bitio falso es 1, este será ignorado en el otro extremo, si este es 0, efectuará un bucle de la tributaria de 2Mbps en el otro extremo.

¿Qué pasará en el caso de que las tributarias de entrada se encuentren sincronizadas, no habrá necesidad de bitios falsos (no se necesita justificación) y por lo tanto no se podrá enviar solicitud de bucle remoto, correcto?

¡Incorrecto!. Siempre se tendrá una cierta cantidad de justificación, aún si las tributarias de 2Mbps se encuentran sincronizadas. Esta cantidad de sincronización se les conoce como "Justificación Fija".

En un segundo estamos recibiendo desde las cuatro tributarias $2.048 E0 \times 4 = 8.192 E0$ bitios de información, lo cual es considerablemente inferior a los $8.448 E0$ que se esta transmitiendo en un segundo ; para ser exactos 256 000 bitios menos. En una trama de 8M, estamos insertando 24 bitios de cabecera por trama, y debido a que cada trama tiene 848 bitios de longitud, en un segundo estaremos transmitiendo :

$$\frac{8.448 E6}{848} = 9962.2641 \text{ tramas / seg.}$$

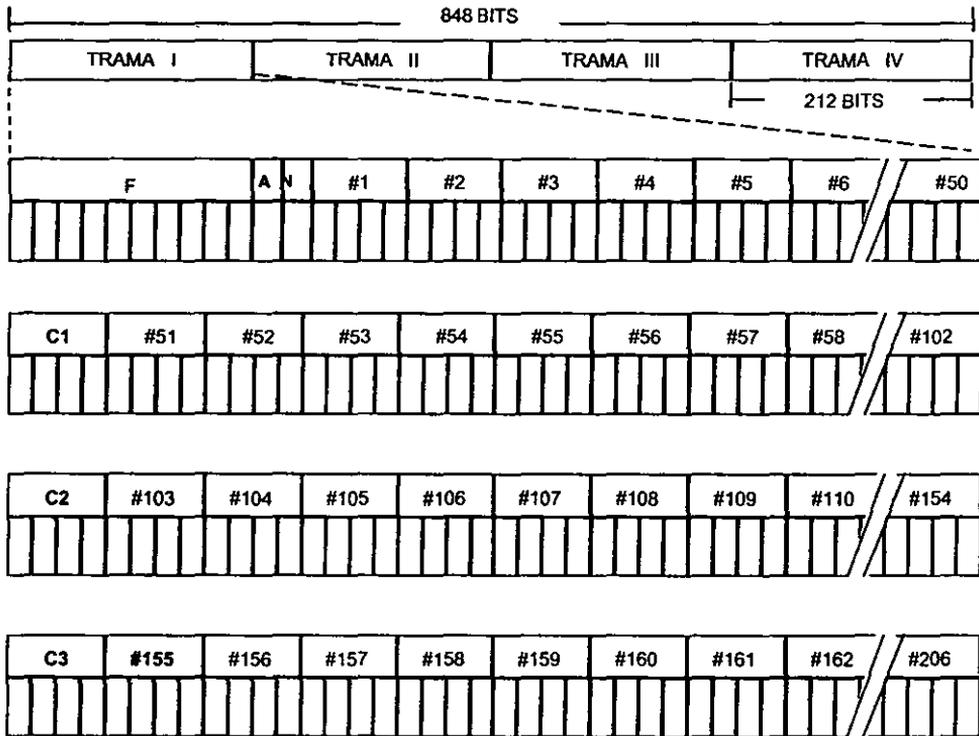
y debido a que tenemos 24 bitios por trama que son de cabecera significa que serán de los 256 E3 bitios dejando 16905.67 bitios de no información en un segundo. Estos pueden provenir solamente de los bitios disponibles para justificación ósea del intervalo de tiempo 155 (intervalo de tiempo B). Como este intervalo de tiempo tiene 4 bitios, significa que en un segundo ocurrirá :

$$\frac{16905.678 \text{ veces}}{4} = 4226.4175 \text{ veces}$$

o

$$\frac{4226.4175 \text{ veces}}{9962.2641 \text{ tramas}} = 42.4246 \% \text{ del tiempo}$$

! o que se conoce como justificación fija o tasa nominal de justificación (0.424) .



- F:** Alineamiento de trama (1111010000) **#1 A #206:** Intervalos de tiempo para Trans. de Dat (tributar.)
- A:** Alarma remota. Norm: 0 , Alarma:1 **C1 A C3:** Bits de control de justificación Jst:1111 NJst:0000
- N:** Bit reservado para uso futuro **#155** Bits de tributarias disponibles para l justificación

Fig. 3.14 Trama de impulsos y justificaciones para señales de 8Mbps

Memoria elástica

La función de la memoria elástica es observar las diferencias de las frecuencias entre los dos relojes (reseción y emisión) cuyas frecuencias promedio son iguales o mux parecidas. Los dígitos entrantes son escritos dentro de la memoria bajo el control de reloj de escritura y son leídos bajo el control de un reloj interno conocido como el reloj de lectura. El número de elementos almacenados en la memoria elástica determina el retardo máximo permisible entre la escritura y la lectura, dependiendo su cantidad de la aplicación. El concepto de memoria elástica se aplica por medio del conmutador analógico de la Fig. 3.15

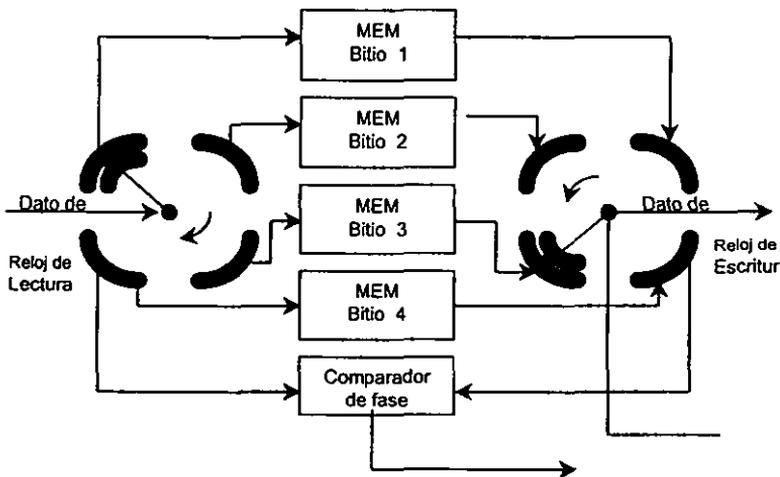


Fig 3.15 Memoria elástica

De acuerdo a la Fig. 3.15 podemos tomar como referencia una pseudoescobilla que escribe el dato dentro de la memoria en el bit designado, y una segunda escobilla leerá el dato. La velocidad angular de las escobillas corresponden a las frecuencias de los relojes de escritura y lectura. Si la lectura es más lenta que el reloj de escritura la escobilla de lectura eventualmente será "código" por la escobilla de escrituración el resultado de que el dato almacenado se perderá debido a que este será reescrito antes de que sea leído. Inversamente si el reloj de escritura es más lento que el reloj de lectura, el dato almacenado será leído dos veces. En ambos casos se dice que la memoria se esta "rebalsando". En los sistemas con pulsos de relleno (bitios de justificación), se da el caso de que la frecuencia del reloj de lectura sea mayor que la frecuencia del reloj de escritura (justificación positiva). Un comparador de fase, monitorea la diferencia entre las fases de los relojes de escritura y lectura. Si se presenta un rebalse el MEMBit (bit que se encuentra en la memoria) será leído dos veces permitiendo que el reloj de escritura sea alcanzado. El rebalse ocurrirá solamente

en intervalos de tiempo predeterminados de tal manera que los pulsos extras sean removidos en el terminal de recepción.

La siguiente figura podemos denotar la diferencia entre relojes de escritura y relojes de lectura.

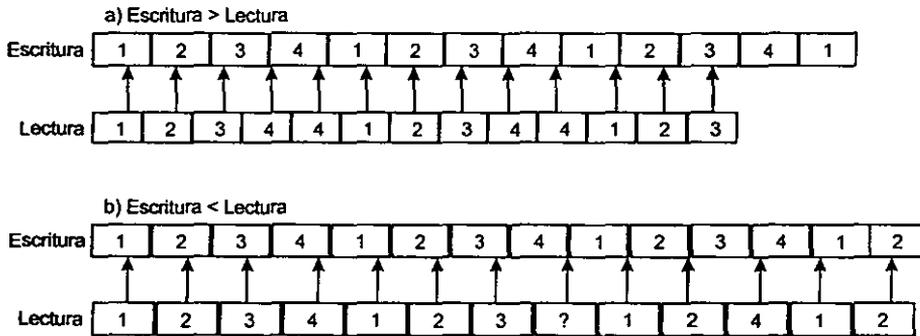


Fig. 3.16 Secuencia de bits de los relojes de escritura y lectura en un sistema digital de cualquiera .

Implementación digital

La pseudoescobilla de escritura 3.15 es implementada con un contador de N bits y un decodificador de $N: 2^N$, mientras que la escobilla de lectura se convierte en un multiplexor de dos líneas direccionado con un contador de escritura causando que un "1" aparezca en una (y solamente una), de las salidas del decodificador de 2^N líneas de salida. El dato de entrada esta sincronizado con el correspondiente flip-flop tipo "D". El reloj de lectura adelanta al contador de lectura causando que la información de los multiplexores 2^N líneas de entrada aparezca a la salida del multiplexor. El relleno se presenta cuando se inhibe el avance del contador de lectura .

La diferencia de fase entre los dos relojes podría ser monitoreado por medio por un sencillo comparador de fase, el flip-flop es activado por el MSB del contador de escritura y es receteado por el bitio correspondiente del contador de lectura. En la figura 3.18 se muestran las curvas características de un comparador de fase. Bajo condiciones normales, cuando las lecturas de cada bitio de la MEM ocurre a mitad de camino entre las escrituras, las salidas del flip-flop será una onda cuadrada con un ciclo de trabajo del 50%.

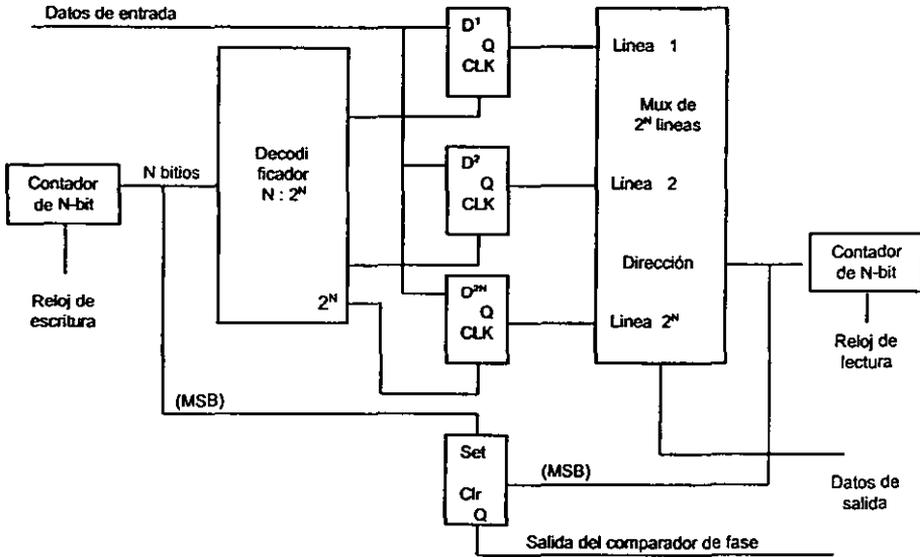


Fig. 3.17 Implementación digital de una memoria elástica.

A medida que la fase relativa de los relojes cambie, el ciclo de trabajo de salida también cambiará. El valor promedio de la salida obtenido por el filtro pasa bajas es una medida del ciclo de trabajo y por lo tanto de la diferencia de fase (ocupación de la memoria).

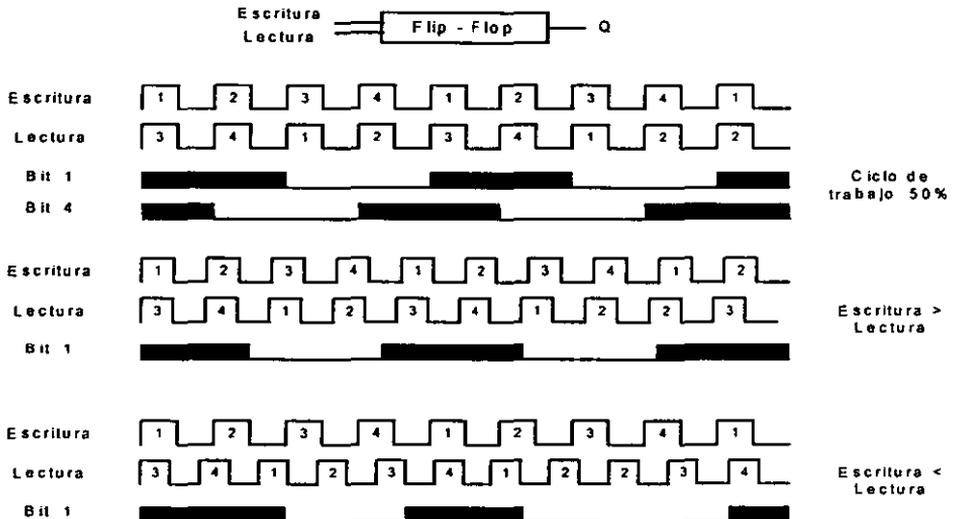


Fig. 3.18 Curvas características de un comparador de fase

Multiplexaje de tercer orden.

Formación de la trama nivel 3.

El tercer nivel jerárquico a 34 Mbps se obtiene por multiplexado bit a bit mediante la utilización sucesiva del proceso de multiplexado temporal a 8Mbps. Combinando con un procedimiento de justificación positiva (relleno positivo). Para ello se utiliza una trama que se ha dividido en cuatro bloques (Fig. 3.19) que son el tamaño de la velocidad binaria normal de las señales de entrada, puesto que la estructura de trama contiene además de la información útil, informaciones adicionales referentes a alineación de trama y supervisión, así como las informaciones de justificación "relleno" para la adaptación del reloj.

A continuación se explica con más detalle la estructura de trama del tercer nivel jerárquico: en el bloque I de la trama hay diez bits para la palabra de alineación de trama, dos bits para la palabra de alarma (los bits de relleno D para "alarma urgente" y N para "alarma no urgente") y 372 bits de información (útiles). En los bloques II, III y IV de la trama se entrelazan bits de información de justificación bit a bit en las posiciones 1ª y 4ª, correspondientes a las señales de entrada. La información (relleno o no relleno) esta contenida en una palabra de identificación de tres bits (por cada señal de entrada), que es evaluada en el equipo colateral; después de la palabra de identificación 111 sigue un bitito de relleno "B".

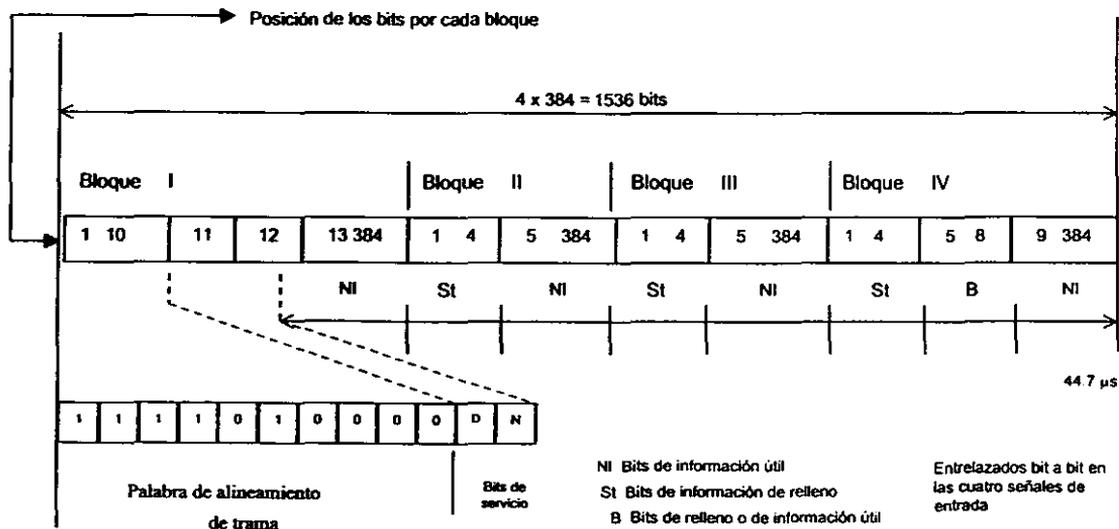
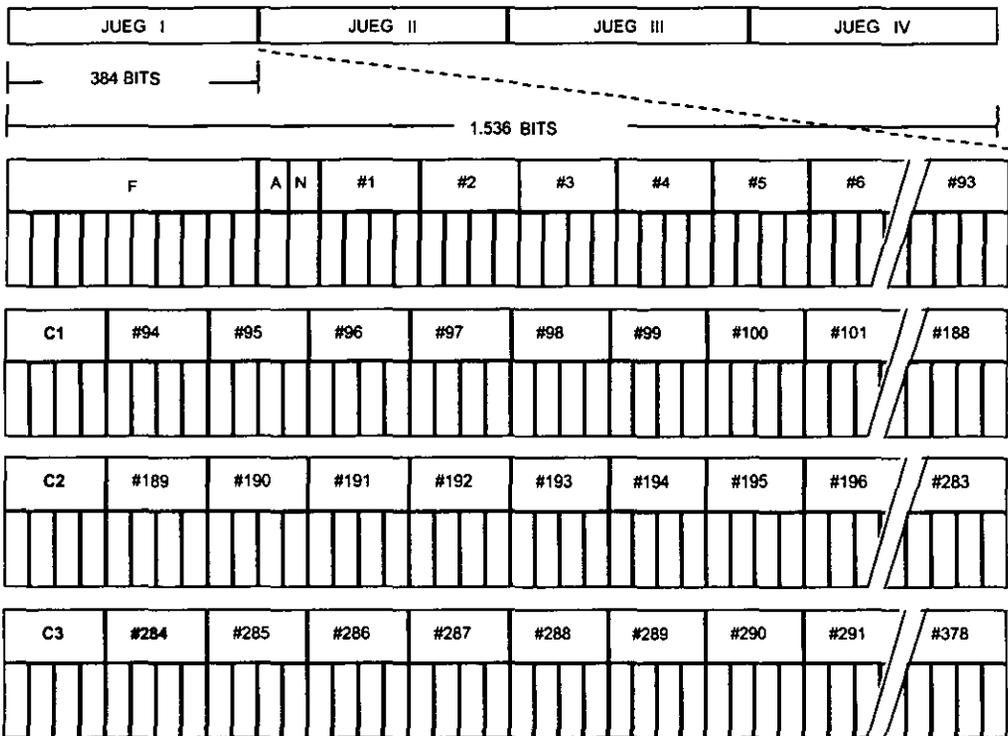


Fig. 3.19 Estructura de trama nivel jerárquico N° 3

Para el caso de persistencia de bits erróneos se mantenga lo menor posible un error de los bits de información de relleno, estos se reparten a lo largo de la trama. Adicionalmente mediante una decisión por mayoría en el receptor durante la evaluación de los bits de información de relleno, se envía una decisión errónea y con ello un deslizamiento de bit (consecuencia: pérdida de sincronismo de los sistemas de 8Mbps). Para el proceso propio de justificación se ha previsto las posiciones binarias "B" (5 a 8) en el paquete de información NI del bloque IV, pudiendo transmitirse aquí en caso de justificación por cada señal de 8Mbps un bit de relleno (bit vacío) o bit de información útil. La cantidad respectiva de bits a transmitir en una trama es función de la relación entre la velocidad binaria de la señal individual respectiva y la velocidad binaria de la señal múltiplex.



- F:** Alineamiento de trama (1111010000) **#1 A #378:** Intervalos de tiempo para Trans. de Dat (tributar.)
- A:** Alarma remota. Norm: 0, Alarma:1 **C1 A C3:** Bits de control de justificación Jst:1111 NJst:0000
- N:** Bit reservado para uso futuro. **#284** Bits de tributarias disponibles para justificación.

Fig. 3.20 Trama de impulsos y justificación nivel jerárquico N°. 3

Multiplexaje de cuarto orden

Formación de la trama nivel 4.

Para el entrelazado temporal de la señal de 34 Mbps en la señal multiplexada de 140Mbps, se utiliza una trama de 2928 bits que esta dividida en seis bloques de 488 bits (conforme a la CCITT) con una duración de trama de 21.02 ms (figura 3.21). El bloque 1 contiene la palabra de alineación de trama en los doce primeras posiciones binarias seguida de la palabra binaria de 4 bits compuesta por los bits de servicio D para "Alarma Urgente" y N para "Alarma no Urgente", así como los bits Y1 y Y2 para formar canales de datos propios del sistema .

Los bits de información de relleno se entrelazan en el flujo binario de información útil en las cuatro primeras posiciones de los bloques II al IV; estos conforman al equipo colateral, en una palabra de identificación de 5 bits por cada señal sobre la tolerancia de bits que se mueve flexiblemente; después de la palabra de identificación 00000 sigue un bit útil: después de 11111, un bit de relleno. Su contenido indica si en el bloque VI, en las posiciones "B" (5 a 8), se transmiten bits de relleno para la adaptación del reloj o bits de información útil.

Señal multiplexada de 139 264 Kbps

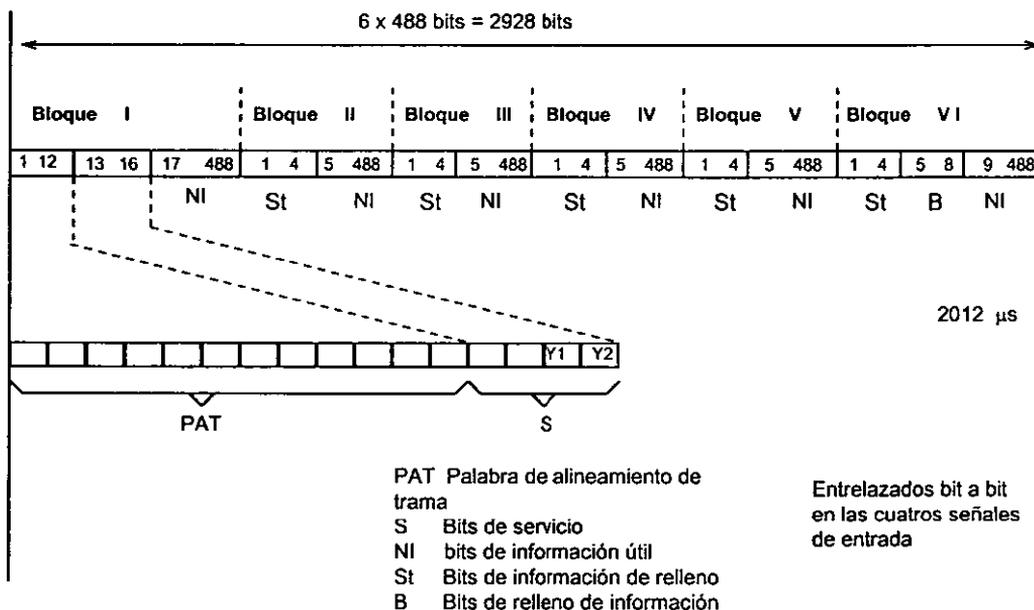
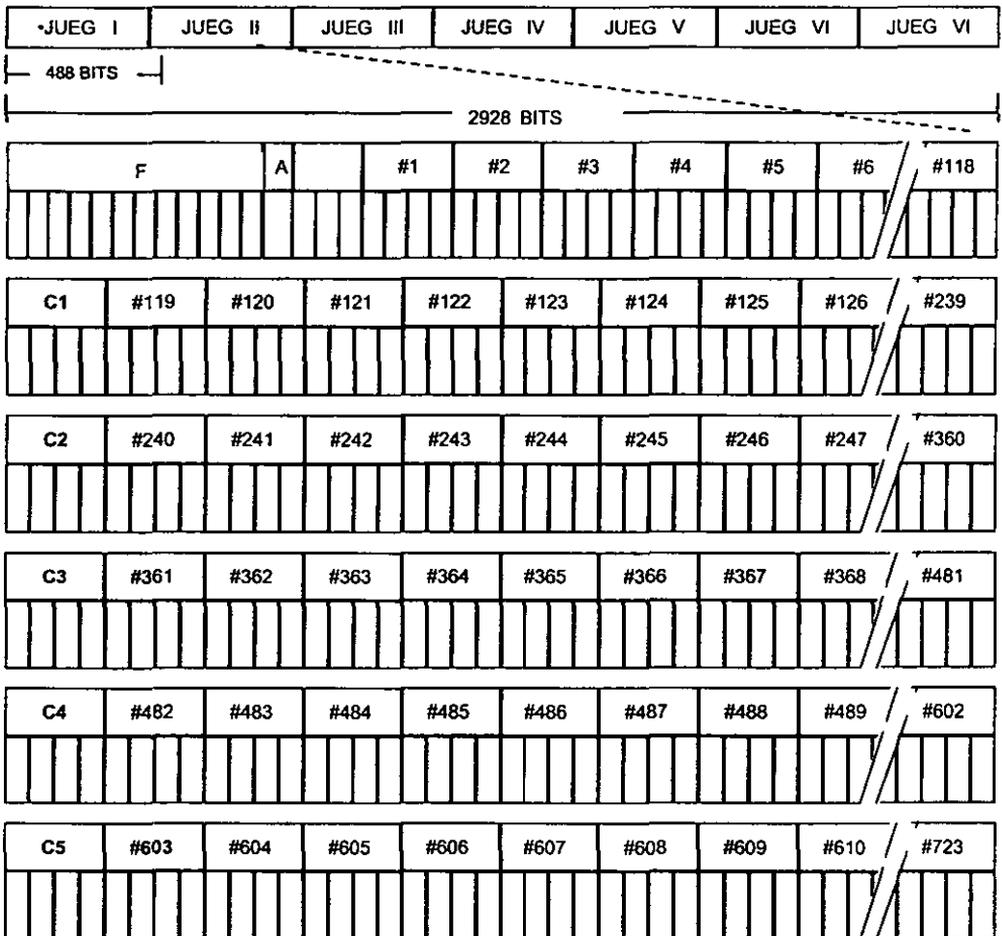


Fig. 3.21 Estructura de la Trama nivel jerárquicos 4



F:	Alineamiento de trama (111110100000)	#1 A #723:	Intervalos de tiempo para Trans. de Dat. (tributar.)
A:	Alarma remota. Norm: 0 , Alarma:1	C1 A C5:	Bits de control de justificación Jst:1111, NJst:0000
N1:	Bit de paridad o reservado uso futuro	#603	Bits de tributarias disponibles para la justificación
N2 Y N3:	Reservado para uso futuro		

Nota: Los bits primero, segundo, tercero y cuarto en cada grupo desde el #1 al #723, C1 al C5 son asignados a las tributarias primera, segunda, tercera y cuarta respectivamente.

Fig. 3.22 Estructura de trama de 139.264 Kbps

CAPITULO IV

INTRODUCCIÓN A LOS SISTEMAS SDH

CARACTERÍSTICAS DE LA SDH.

- SDH es un estándar internacional para redes de telecomunicaciones síncrona de alta velocidad.
- El objetivo es proporcionar un estándar internacional que proporcionará a los operadores una red flexible y económica.
- En 1988 se aprobaron los primeros estándares SDH G.707, G.708 y G.709, que hablan acerca de las velocidades de transmisión, formato de señal, estructuras de multiplexaje, y mapas de tributarias.
- La ITU-T lanzo una serie de estándares que gobiernan la operación de los multiplexores síncronos G.781, G.782, G.783 y la administración de red SDH G.784.
- Los estándares SDH se basan en el principio de multiplexación síncrona directa. Clave de una red de telecomunicaciones efectiva en costos y flexible.
 - ⇒ Lo anterior significa: Las señales tributarias individuales pueden multiplexarse directamente en un rango más alto de la señal SDH, sin etapas intermedias de multiplexaje.
- En un sistema síncrono:
 - ⇒ Todos los elementos de red SDH incluidos en la red tienen como referencia un reloj.
- Compatible con PDH:
 - ⇒ Los sistemas SDH se pueden introducir con las redes PDH ya existentes, donde los sistemas PDH pueden ser transmitidos a través de los nuevos sistemas SDH. Además es posible la transmisión de las diferentes normas Europeas y Americana (ETSI y ANSI).
- Multiplexación más simple:
 - ⇒ Una señal SDH de bajo nivel es fácil de identificar dentro de una de alto nivel. De esta manera es posible insertar y extraer señales de un orden menor.

- ☑ Administración:
 - ☞ La señal SDH tiene canales especiales para las funciones administrativas de las redes.
- ☑ Tratamiento al nivel de byte.
- ☑ Duración de la trama uniforme (125 μ s).
 - ☞ Es decir, la trama se repite 8000 veces por segundo.
- ☑ Utilización de apuntadores.
 - ☞ Para identificar las tramas de los tributarios.
 - ☞ Para adaptación de velocidad (justificación).
- ☑ Canales de servicio y supervisión de gran capacidad.

VENTAJAS DE LA SDH.

- ☑ Menor cantidad de pasos de multiplexación.
- ☑ Menos interfaces de transmisión.
- ☑ Tributario único estandarizado para cualquier capacidad.
 - ☞ Todo procesamiento se realiza al nivel de STM-1.
- ☑ Posibilidad de transportar y mezclar señales de diferentes jerarquías PDH en un único STM-1.
- ☑ Canales de operación y mantenimiento (O&M) integrados.
- ☑ Realización de redes flexibles con el uso de ADMs y DCXs (add & drop multiplexers y digital cross-connects).
- ☑ Compatibilidad entre equipos de diferentes marcas.
- ☑ Reducción del costo de los equipos.
- ☑ Menores costos de mantenimiento.
- ☑ Reducción del stock de repuestos.
- ☑ Mayor confiabilidad y disponibilidad.
- ☑ Equipo apto para el futuro.
 - ☞ La SDH constituye la capa física de la RDSI de banda ancha.
- ☑ Crecimiento modular.

- Reducción de equipos redundantes (para protección).

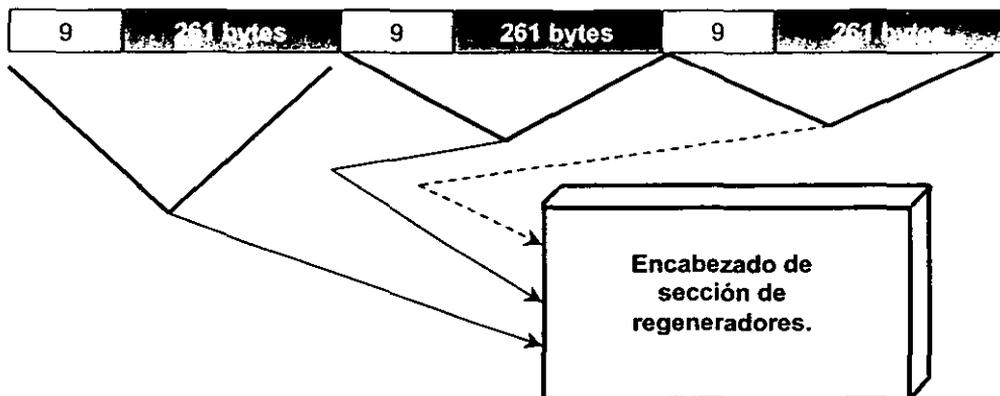
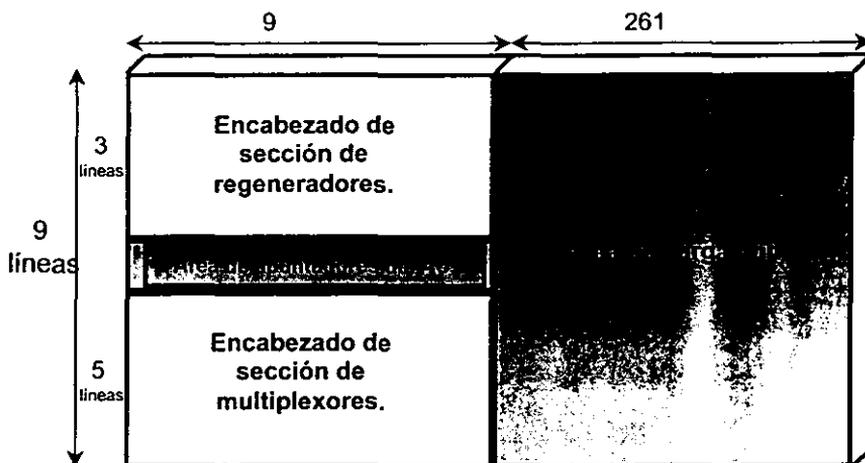
APLICACIONES DE LA SDH.

- Los sistemas SDH pueden utilizarse:
 - En las redes actuales, como sistemas de transmisión, en lugar de los sistemas plesioncronicos, sin cambio de la arquitectura de las redes.
 - En las futuras redes troncales síncronas en forma de anillos o barras (buses).
 - En las futuras redes de acceso, ofreciendo servicios de alta velocidad y banda ancha (por ejemplo, en aplicaciones de transmisión de vídeo y LAN /MAN/LAN).

DESVENTAJAS DE LA SDH.

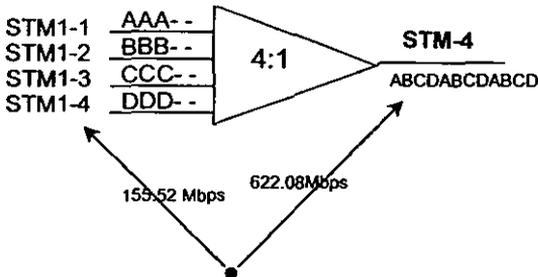
- Hay ciertas incompatibilidades con las redes (por ejemplo, los actuales cross-connects no son compatibles con la SDH).
- La planificación de redes es totalmente distinta.
- La sincronización requiere consideraciones especiales.
- Es preciso disponer de una estrategia de evolución de PDH a SDH.
- La gestión de la red una TMN.
(Telecommunications management network), para sacarle el máximo provecho a la jerarquía digital síncrona.
- La capacidad del STM-1es mayor que la necesaria (mucho overhead).
 - El overhead es aun mayor a velocidades más elevadas.

LA TRAMA STM-1



MULTIPLEXACIÓN SINCRONA.

➔ Ejemplo: Generación de una señal STM-4



☑ Las señales STM-1 multiplexadas son generadas localmente en el nodo

☑ Por eso, son sincronicas entre sí, y están en fase (todas generan el mismo byte de la trama simultáneamente).

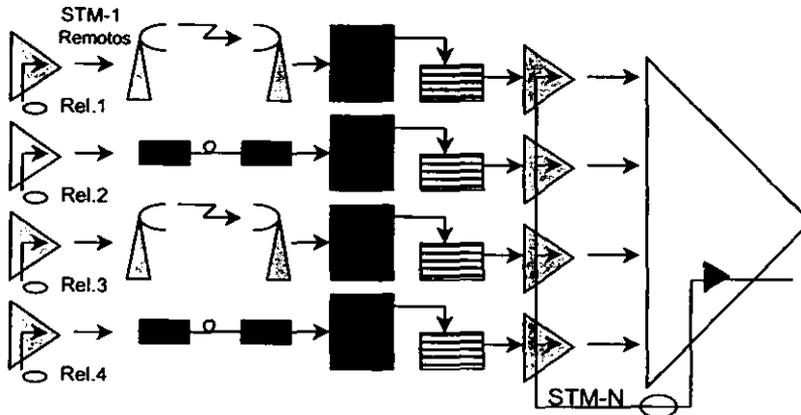
☑ El reloj de transmisión hacia la línea es sincrónico, y exactamente 4 veces más rápido que los procesos STM-1 sincronicos.

➔ ¿Cómo entonces podemos multiplexar señales provenientes de otros sitios?

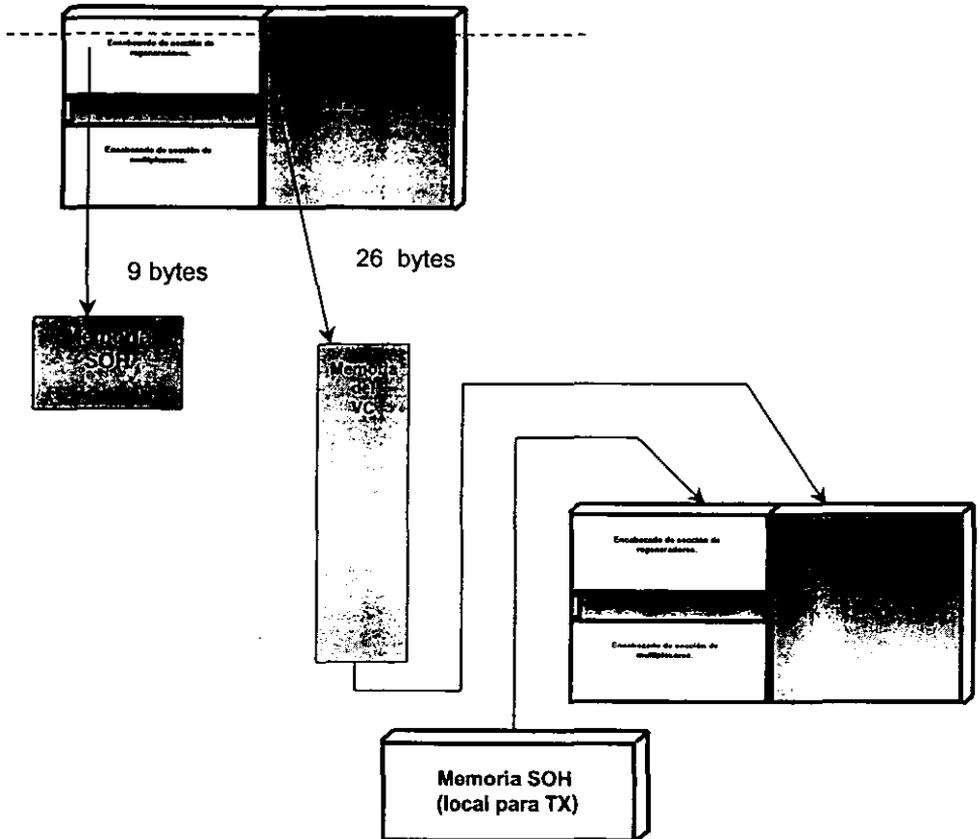
➔ Respuesta. No podemos

☑ Los procesos STM-1 multiplexados son siempre sincronicos y están en fase (son generados localmente, como un único reloj, el cual también genera el STM-N).

☑ El truco es que al recibir las señales de otro sitio, el nodo identifica los VC allí transportados, los extrae y los vuelve a mapear en la trama que genera localmente, justificando los VC a las nuevas áreas de carga si es necesario.



FUNCIÓN DEL NODO DE RED SDH.



DEFINICIONES.

- ☑ En SDH todo el procedimiento de tributarios se realiza al nivel de STM-1.
- ☞ Las tramas tributarias de cada señal son, por lo tanto, virtuales (configuradas por bytes en posiciones designadas de las áreas de carga).
- ☞ Como no hay interfaces eléctricas correspondientes a las tramas tributarias, estas son nombradas virtuales.
- ☞ Las tramas tributarias son diseñadas para contener cargas útiles (señales a velocidades de la jerarquía PDH, celdas ATM, espacios de carga para tramas tributarias más chicas, etc.).
- ☞ Por eso, son denominados contenedores.

- ☑ Consecuentemente, un contenedor virtual es el nombre con que se designa una tributaria SDH transportada en una señal STM-1.
- ☑ Los contenedores virtuales son transportados en las áreas de carga, las cuales en SDH, son denominadas unidades.
 - ☞ Se puede hacer una analogía entre las unidades de una trama SDH y grupos de *time slots* (o intervalos de tiempo) de una trama E1.
 - ✓ Cuando se transporta una señal de $n \times 64$ bits/s en una trama E1, esta carga va en un área configurada por n *time slots*, donde cada uno de estos es un byte (que se repite 8000 veces por segundo).
 - ✓ Una unidad en la SDH también es un grupo de bytes (que se repiten 8000 veces por segundo).
 - ☞ Una unidad en la SDH también es un grupo de bytes (que se repiten 8000 veces / seg.), en posiciones fijas dentro de la trama a la cual pertenecen.
 - ☞ Una unidad administrativa es un conjunto de intervalos de tiempo, o bytes, en posiciones fijas dentro de la trama STM-N.
 - ☞ Una unidad tributaria es un conjunto de intervalos de tiempo, o bytes en posiciones fijas dentro de un convertidor virtual.
- ☑ Un grupo de unidades tributarias o administrativas, por lo tanto, es el conjunto de subdivisiones en el área de carga de la trama a la cual pertenecen.
- ☑ Una unidad administrativa o tributaria es una de esas subdivisiones, pero en la cual hay un apuntador (en una posición determinada) y en la cual los intervalos de tiempo, o bytes para el transporte del contenedor están hechos un muestreo según sus posiciones relativas al apuntador.
- ☑ La función principal del apuntador es designar en que posición dentro del área de carga empieza la trama tributaria (contenedor virtual).
 - ☞ El contenedor virtual es una trama que no posee una señal de alineación de trama.
 - ☞ El apuntador es quien indica la posición que ocupa el inicio del contenedor virtual dentro del área de carga (unidad) en donde es transportado.
- ☑ Las unidades están agrupadas, forman grupos de unidades (administrativas o tributarias, según el caso).
- ☑ Una trama STM-N, por lo tanto, contiene un grupo de unidades administrativas.

Un contenedor virtual, a su vez, puede tener sus bytes de espacio de carga configuradas como:

1) Un grupo de unidades tributarias, en cada una de las cuales son transportados los bytes de contenedores virtuales más chicos.

2) Un gran bloque de espacio de carga para una carga de la PDH, con bits designados para transportar información (bits I), relleno fijo (bits R), control de justificación (bits C), oportunidad de justificación (bits S) y *overhead* para uso futuro (bits O).

3) Slots (ranuras) consecutivos de 53 bytes para el transporte de celdas ATM.

Unidad administrativa (AU).

⇒ Subdivisión de la señal STM-N.

Contenedor virtual de alto orden. (VC-4 o VC-3 / ANSI) (HO-VC).

⇒ Trama tributaria virtual SDH transportada en las unidades administrativas.

Unidad tributaria (TU).

⇒ Subdivisión de un VC de alto orden.

Contenedor virtual de bajo orden (VC-3/ETSI, VC-2, VC-12, VC-11) (LO-VC).

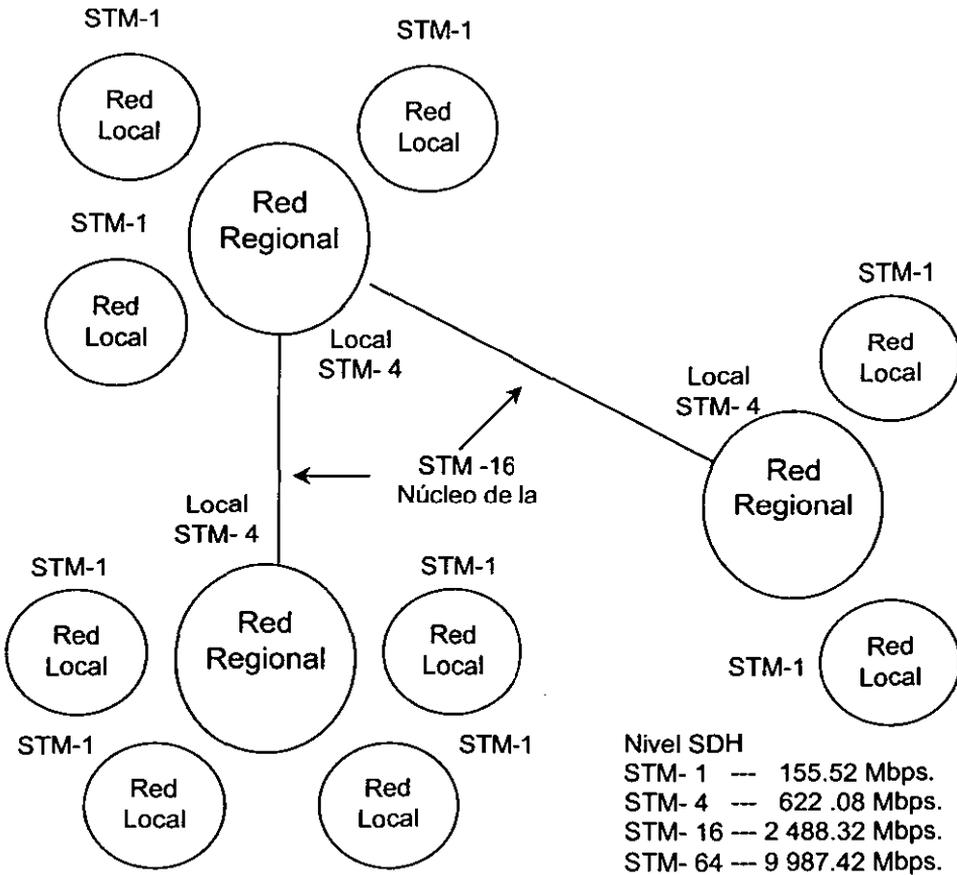
⇒ Trama tributaria virtual SDH, transportada en las unidades.

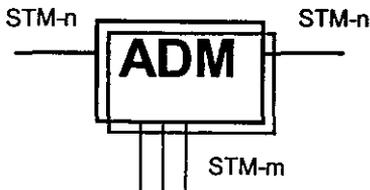
Apuntador

⇒ Número binario que permite encontrar en que posición dentro de un AU o TU se encuentra el inicio del VC allí transportado.

⇒ Como la tasa de repetición del VC es normalmente la misma que de la unidad en donde es transportada, ese número permanece constante a menos que sea necesaria una justificación (cuando cambia en una unidad para más o para menos).

ESTRUCTURA DE LA SDH.

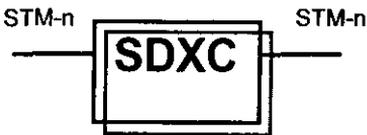




ADM ADD Y DROP
MULTIPLEXOR DE
AGREGAR - SEGREGAR



MUX MUX SINCRONO



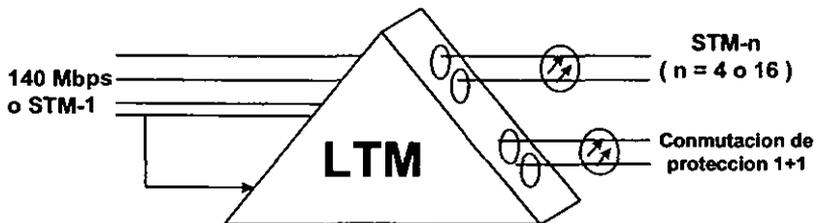
SDXC
SYNCHONOUS DIGITAL
CROSS CONNECTOR,
ENRUTADOR SINCRONO



REG REGENERADOR
SINCRONO

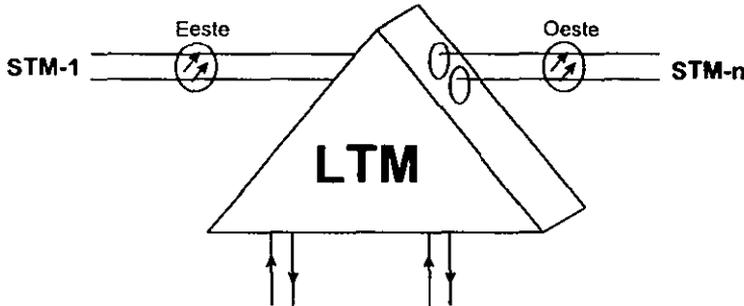
⇒ Mux terminal de línea (LTM):

Puede aceptar un número de señales tributarias y multiplexarlas a la portadora apropiada a la velocidad SDH (STM-1, STM-4 o STM-16). Las señales de entrada pueden ser PDH de 2.34 y 140 Mbps o en señales de menor rango SDH.



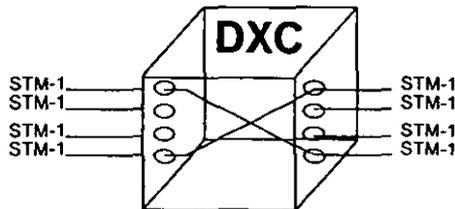
⇒ Multiplexores de extracción -inserción (ADM):

Dentro del ADM es posible añadir canales o extraerlos a través de la señal SDH. Los ADM están generalmente disponibles en los rangos de interfaz de STM-1 y STM-4 y pueden añadir -extraer diferentes señales tributarias (2.34 o 140 Mbps).



⇒ Sistema síncrono de interconexión digital (SDXC):

Pueden funcionar como conmutadores semi-permanentes para canales de transmisión y pueden conmutar a cualquier nivel de los 64 Kbits hasta STM-1.

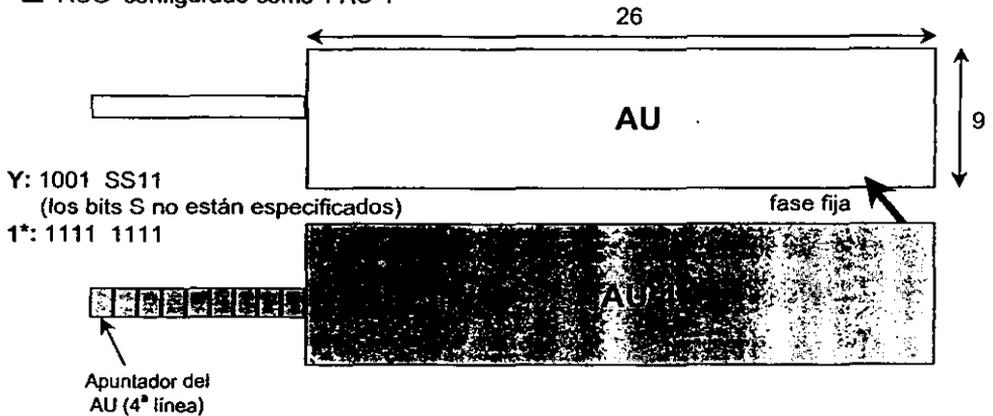


⇒ Regenerador SDH (REG SDH):

Para la transmisión de la señal SDH se necesitan regeneradores con espaciado dependiente de la tecnología de transmisión. Estos no son simples regeneradores de señal sino que cuentan con un informe de alarmas y monitoreo de desempeño, por lo que pueden aislarse rápidamente a la sección de transmisión individual que tiene el problema.

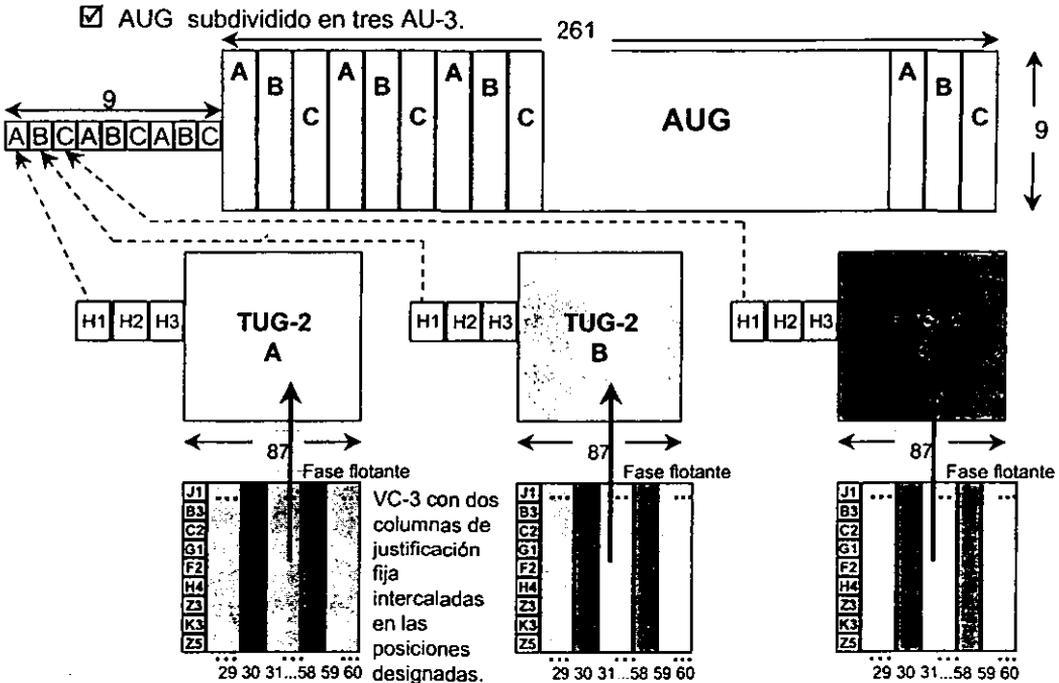
SUBDIVISIONES.

- AUG configurado como 1 AU-4

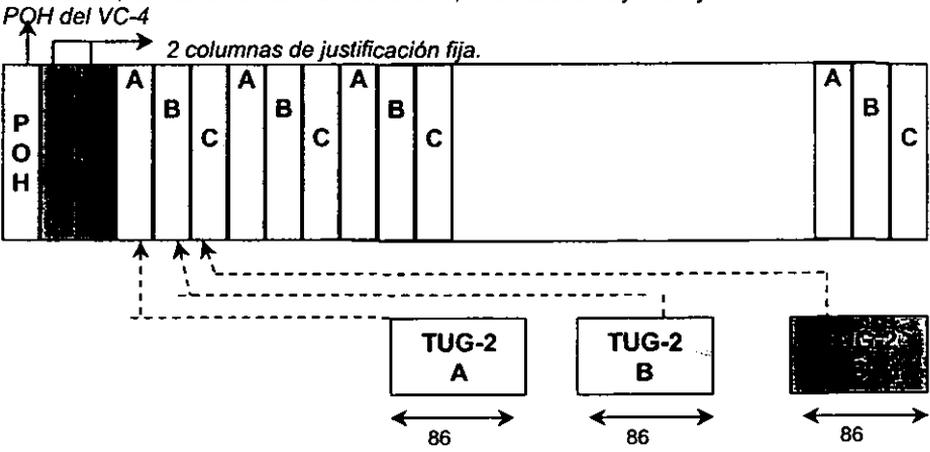


- El área de carga del AU-4 correspondiente, byte a byte, el AUG (pero con apuntadores y designación de posiciones).
- El área de carga del AU-4 tiene el mismo tamaño del VC-4.
- Diferencias de fase entre el VC-4 y el AU-4 son compensadas con movimientos del apuntador con justificación negativa (utilizando los bytes H3 para carga útil) o positiva (dejando libres los 3 bytes correspondientes a la posición 0).

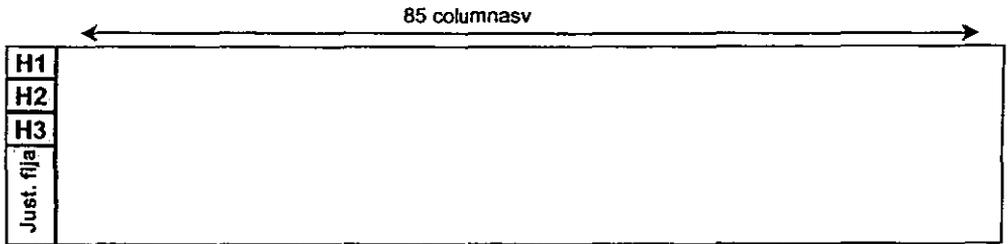
- AUG configurado como 3 AU-3.
 - ⇒ Los bytes de cada AU-3 son intercalados como los bytes de las demás AU-3.
 - ⇒ Como el AU es divisible entre 3, no hay necesidad de designar columnas de justificación fija en cada AU-3.
 - ⇒ Sin embargo, como el VC-3 solo posee 85 columnas y la AU-3 posee columnas, es necesario agregar 2 columnas de justificación fija en cada AU-3.
 - ⇒ Esas columnas de justificación fija, al contrario de lo que se podría estimar, no están fijas en el AU-3, sino son intercaladas en posiciones fijas de cada VC-3 que es transportado en el AU-3.
 - ⇒ Las columnas de justificación fija son intercaladas tras la columna 29 y tras la columna 58 (ya desplazada por la primera columna de justificación) del VC-3.



- VC-4 subdividido en tres TUG-3.
- Restando el POH al VC-4, quedan 260 columnas.
 - Como 260 no es divisible entre 3, se toman las dos primeras columnas tras el POH como siendo de justificación fija, siendo las 268 restantes ocupadas por 3 TUG-3, de las 86 columnas cada uno, intercalados byte a byte.

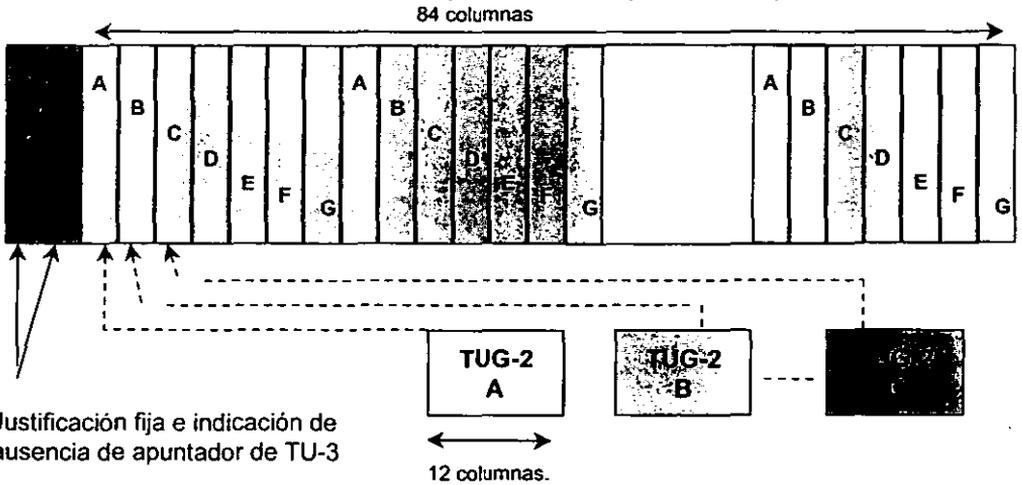


- TUG-3 configurado como TU-3.



- TUG-3 subdividido 7 TUG-2.

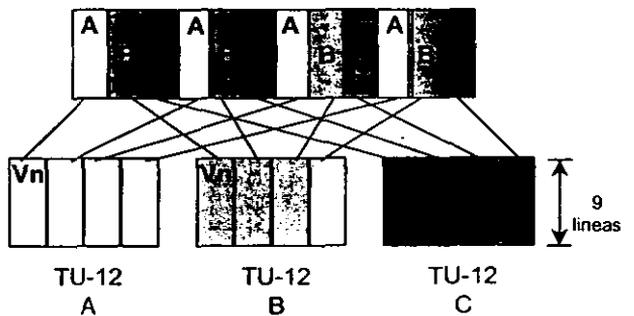
• Como 86 no es divisible entre 7, las dos primeras columnas pasan a ser de justificación fija



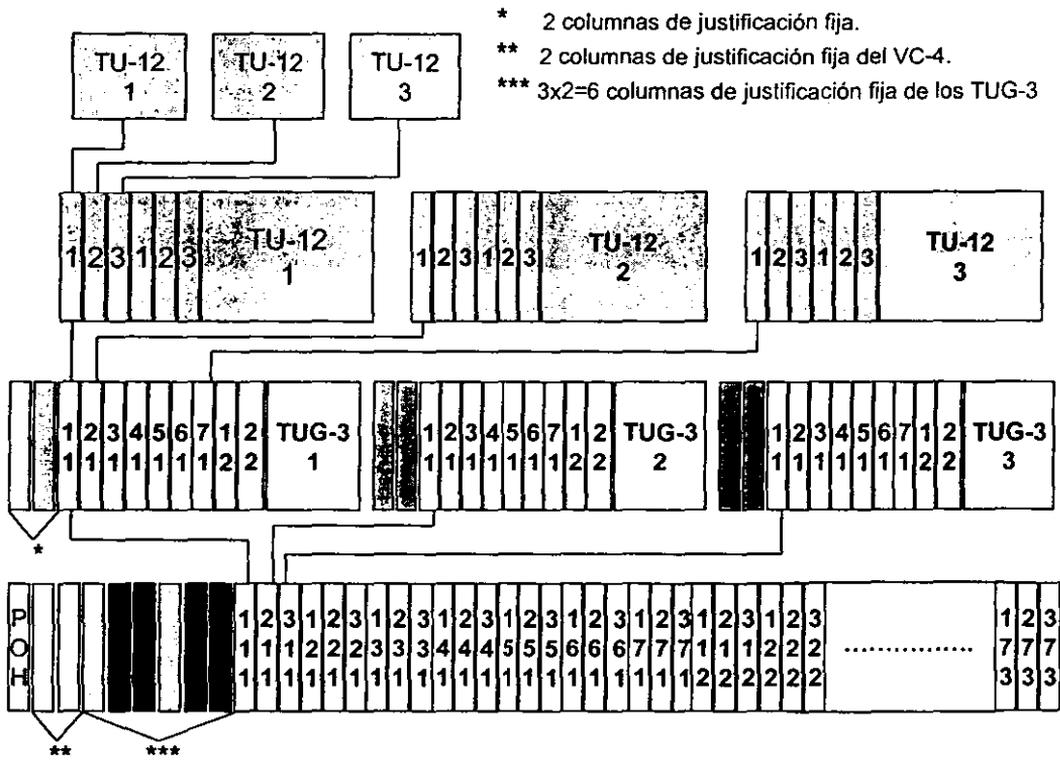
Justificación fija e indicación de ausencia de apuntador de TU-3

- TUG-2 subdividido en 3 TU-12.

➡ La subdivisión es exacta.

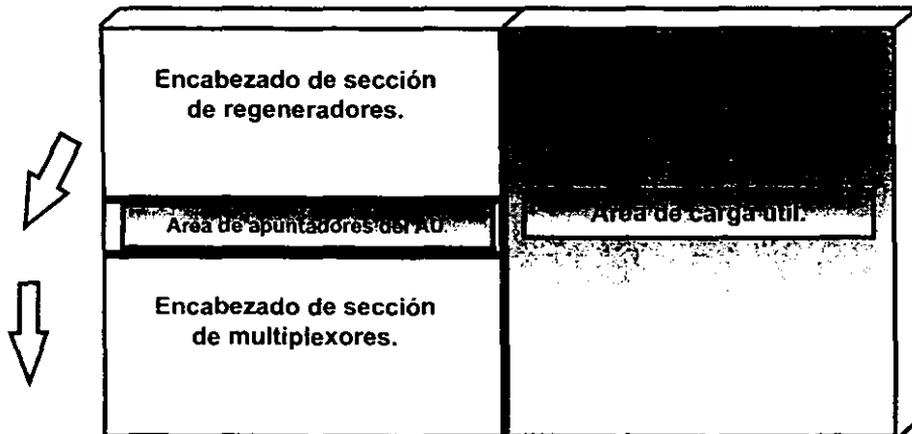


ESQUEMA DE NUMERACIÓN DE LAS TU-12 EN EL VC-4.



El numero A-B-C designan el orden de (TU-3)-(TU-2)-(TU-12), variando del 1-1-1 al 3-7-3.

ENCABEZADO DE SECCIÓN - EL RSOH



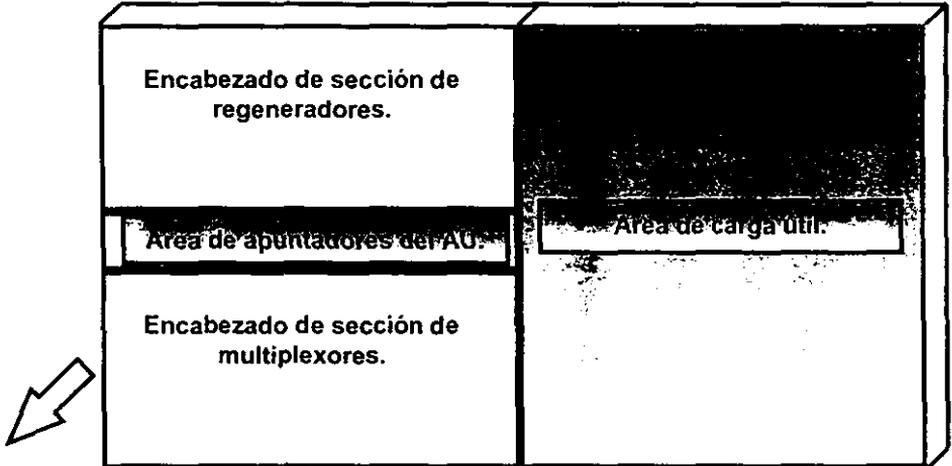
A1	A1	A1	A2	A2	A2	Jo C1	x	x
B1	Δ	Δ	E1	Δ		F1	x	x
D1	Δ	Δ	D2	Δ		D3		

X : Bytes reservados para uso nacional.
 Δ : Bytes dependientes del medio.
 Todos los bytes no designados están reservados para estandarización futura.

Encabezado de sección de regeneración (RSOH) en detalle.

Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	STM-#	Función	Utilización
A1	1	1	1	1	0	1	1	0	1... SM	Palabra de alineación (hex F4)	Repetida 3 veces para compatibilidad con SONET
A2	0	0	1	0	1	0	0	0	1... SM	Palabra de alineación (hex 28)	Repetida 3 veces para compatibilidad con SONET
J0	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Trazado de sección de regeneración (futuro estudio)	El valor binario "00000001" se interpreta como trazado no específico.
C1	X	X	X	X	X	X	X	X	1... SM	Identificador de STM (en versiones anteriores)	Asigna un número consecutivo a cada trama STM
B1	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Monitorización de errores de bits (paridad par)	Control de errores entre secciones de repetición
E1	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Circuitos de tiempo	Circuito entre todos los equipos de canales de comunicación
F1	X	X	Y	Y	Y	Y	Y	Y	1	Canales de mantenimiento	Señales temporales de voz o datos para mantenimiento
D1...3	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Canales de comunicación de datos (DCC, de 192 kbps)	Comunicación de datos entre sectores de regeneración

ENCABEZADO DE SECCIÓN – EL MSOH.



B2	B2	B2	K1			K2		
D4			D5			D6		
D7			D8			D9		
D10			D11			D12		
S2	Z1	Z1	Z2	Z2	M1	E2	X	X

X: Bytes reservados para uso nacional.
 Todos los bytes no designados están reservados para estandarización futura.

Encabezado de sección de múltiplex (MSOH) en detalle.

Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	STM #	Función	Utilización
B2	X	X	X	X	X	X	X	X	1.. N	Monitoreo de errores de bits (paridad par) (bip-24 ó BIP-36/24)	Control de errores entre secciones de múltiplex (calcula un control de paridad de la trama anterior, antes de intercalar los bytes y deposita el resultado en el byte B2 de la trama) (no incluye al RSOH en el cálculo)
K1	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Código de conmutación automática (APS)	Indicador para el sistema de protección
K2	X	X	X	X	X	Y	Y	Y	1	Código de conmutación automática (APS)	RDI: bits 6, 7 y 8. T10: MS EE RDI / 111: MS AI
E2	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Código de ordenes x	Código entre los terminales de sección
D4...D12	X	X	X	X	X	X	X	X	1	Código de conmutación de datos (DCC de 376 kbits)	Comunicación de datos en la sección de múltiplex
S1	X	X	X	X	Y	Y	Y	Y	1	Indicador de estado de sincronización	BR 5 a 8: indican categoría y estado de la sincronización.
Z1, Z2	X	X	X	X	X	X	X	X	1.. N	Reservados	A definir
M1	X	X	X	X	X	X	X	X	Un solo por STM-N en la posición tras los 2 primeros Z2	Indicador de errores remotos (RDI)	Indicador al otro extremo al control de errores remotos en la sección de múltiplex

*RDI: Remote Defect Indication.

EL BYTE S1.

Describe el nivel de calidad de sincronización de la SDH en los bits 5 a 8:

Bits 5 a 8	Descripción del nivel de calidad de la sincronización
0000	Calidad desconocida (red de sincronización existente).
0001	Reservado.
0010	G.811
0011	Reservado.
0100	G.812 tránsito (TNC).
0101	Reservado.
0110	Reservado.
0111	Reservado.
1000	G.812 local (LNC).
1001	Reservado.
1010	Reservado.
1011	SETS (Synchronous Equipment Timing Source).
1100	Reservado.
1101	Reservado.
1110	Reservado.
1111	No utilizar para sincronización*.

*emulado por un AIS de la sección; este código es obligatorio, pues no necesariamente se interpreta la repetición de un AIS de sección múltiple como falta de un punto de interfaz para fuente de sincronización.

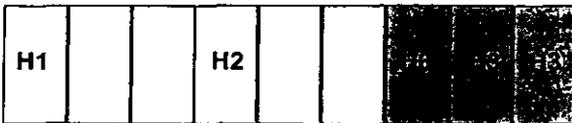
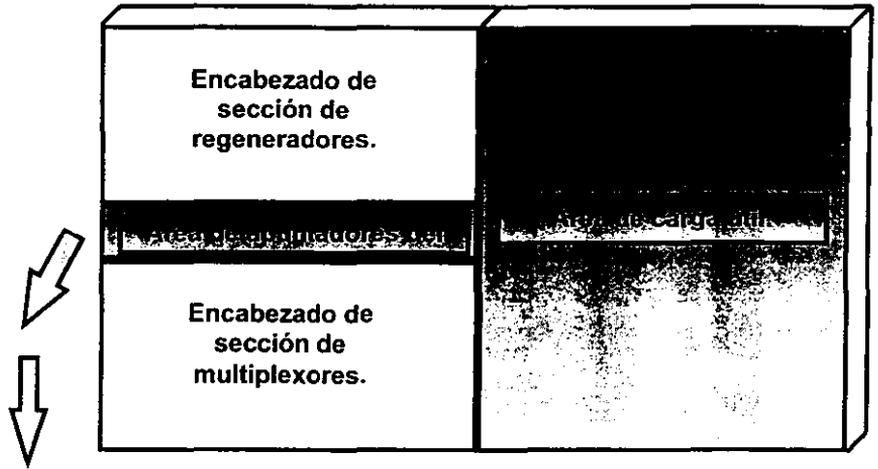
FUNCIONALIDAD MÍNIMA DEL SOH.

- Para ciertos usos (por ejemplo, interfaz interna dentro de una estación), se puede implementar un SOH con funcionalidad reducida.

Bytes del SOH		
A	Se requiere	Se requiere
J0-Z0	*	*
E	No se aplica	No se aplica
E1	Opcional	Opcional
F	No se aplica	No se aplica
D	No se aplica	No se aplica
E2	Se requiere	Se requiere
K1; K2 APS	Opcional	No se aplica
K2(MS-AIS)	En estudio	En estudio
K2(MS-RSF)	Se requiere	Se requiere
D4-R12	No se aplica	No se aplica
S1	En estudio	En estudio
M	En estudio	En estudio
E3	No se aplica	No se aplica
Otros bytes	No se aplica	No se aplica

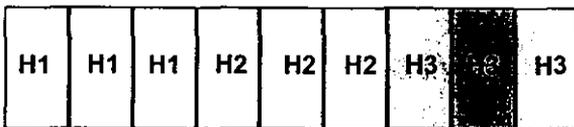
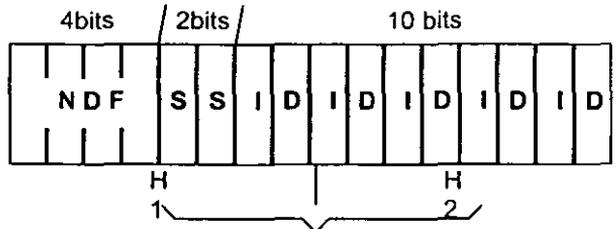
* Para los equipos que implementa la funcionalidad de identificador de STM-1 pero se requiere para STM-N; para los equipos que implementan el trazado de sección de regeneración (bytes J0, Z0), es estudio.

FORMATO DE LOS APUNTADES DEL AU.



Formato del puntero del AU-4

El puntero tiene el siguiente formato



Caso de tres punteros para las 3 AU-3

Este número de 10 bits indica la posición en el AU ocupada por el primer byte del VC.

ATRIBUCIÓN DE LAS POSICIONES EN EL AU-4.

		Columna																	
Línea	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13						
1																			
2																			
3																			
4	H1	Y	Y	H2	1	1	H3	H3	H3	1			86						
5												56							
6																			
7																			
8																			
9																			
1										522	--	--	523						
2												--	--						
3												--	--						
4	H1	Y	Y	H2	1	1	H3	H3	H3	0	.	.	1	--	--	782	--	--	
5																	86	--	--
6																			
7																			
8																			
9																			



Oportunidad de justificación



Oportunidad de justificación

BIBLIOGRAFIA.

- NORMAS INTERNACIONALES.- G.700.
U.I.T.
1998

- DIGITAL COMMUNICATIONS.
BERNAD SKLAR
ED.PRENTICE HALL.
U.S.A. 1996.

- LIBRO BÁSICO DE INFORMACIÓN DE REDES.
ADDISON WESLEY
ED. MOTOROLA UNIVERSITY PRESS.
U.S.A 1991.

- LA JERARQUÍA DIGITAL SÍNCRONA SDH.
WANDEL & GOLTERMANN
U.S.A. 1998.