

## REDES ADMINISTRATIVAS

### UNIDAD 2: REDES OPTICAS DE TRANSPORTE

#### CLASE 3. PDH - SDH - SONET

##### PDH -JERARQUIA DIGITAL PLESIOCRONA

El término del griego plesio, que significa cercano, y chronos, que significa tiempo.

**PDH** es una tecnología usada en telefonía que permite enviar varios canales sobre un mismo medio (ya sea cable coaxial, radio o microondas) usando técnicas de multiplexación por división de tiempo y equipos digitales de transmisión.

También puede enviarse sobre fibra óptica, aunque no está diseñado para ese fin. Para ello suele usarse el SDH

- PDH funcionan en un estado donde diferentes partes de la red no están completamente sincronizadas. Utiliza técnicas de multiplexación por división de tiempo.

PDH se basa en canales de 64 kbps (Kbits/s).

En cada nivel de multiplexación se van aumentando el número de canales sobre el medio físico.

Es por eso por lo que las tramas de distintos niveles tienen estructuras y duraciones diferentes.

Además de los canales de voz, en cada trama viaja información de control que se añade en cada nivel de multiplexación, por lo que el número de canales transportados en niveles superiores es múltiplo del transportado en niveles inferiores, pero no ocurre lo mismo con el régimen binario.



### Estándares PDH.

Existen tres jerarquías PDH:

- la europea
- la norteamericana
- la japonesa.

La europea usa la trama descrita en la norma G.732 de la ITU-T mientras que la norteamericana y la japonesa se basan en la trama descrita en G.733.

Al ser tramas diferentes habrá casos en los que para poder unir dos enlaces que usan diferente norma haya que adaptar uno al otro, en este caso siempre se convertirá la trama al usado por la jerarquía europea.

Jerarquías:

- **Norteamericano**

T1: Consiste en 24 canales de 64 Kbps (canales DS-0) dando una capacidad total de 1.544 kbps

- **Europeo**

E1: Consiste en 33 canales de 64 Kbps y 2 canales reservados para la señalización y sincronía, la capacidad total nos da 2.048 kbps

- **Japonés**

J1: Con una velocidad de transmisión de 1.544 kbps consistente de 24 canales de 64 Kbps.

En la tabla que sigue se muestran los distintos niveles de multiplexación PDH utilizados en Norteamérica (Estados Unidos y Canadá), Europa y Japón.

Nivel	Norteamérica			Europa			Japón		
	Circuitos	Kbps	Denominación	Circuitos	Kbps	Denominación	Circuitos	Kbps	Denominación
1	24	1,544	T1	30	2,048	E1	24	1,544	J1
2	96	6,312	T2	120	8,448	E2	96	6,312	J2
3	672	44,736	T3	480	34,368	E3	480	32,064	J3
4	2016	274,176	T4	1920	139,264	E4	1440	97,728	J4

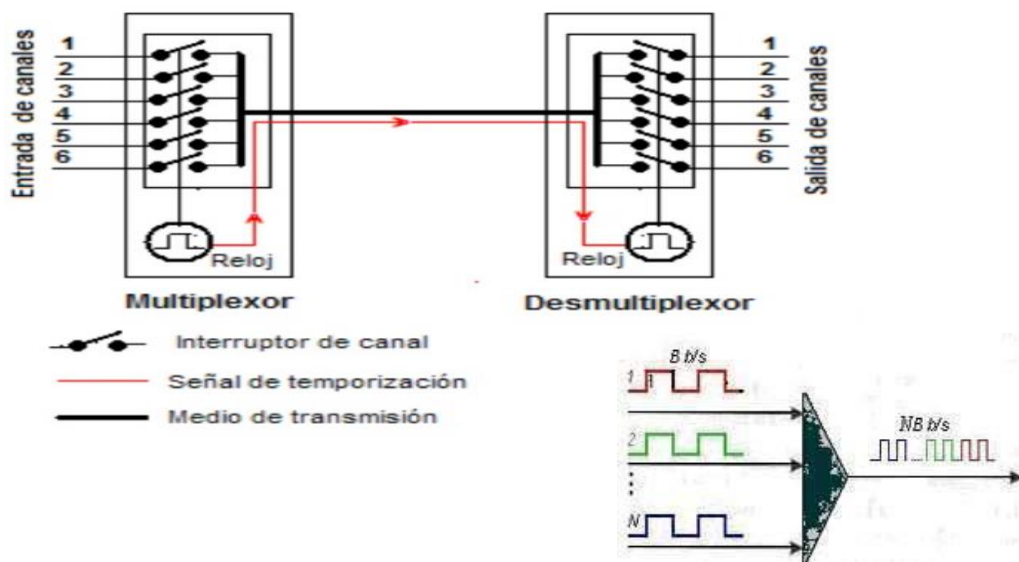
## MULTIPLEXACION

Es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor (es un circuito que equivale a un conmutador).

El Proceso Inverso se conoce como desmultiplexación.

### MUTIPLEXACIÓN TDM.

- La multiplexación por división de tiempo (Time División Múltiple Access o TDM) es el más utilizado en la actualidad
- El ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total.



En este circuito, las entradas llegan a los interruptores de canal, los cuales se cierran de forma secuencial, controlados por una señal de reloj, de manera que cada canal es conectado al medio de transmisión

durante un tiempo determinado por la duración de los impulsos de reloj.

En el extremo distante, el demultiplexor realiza la función inversa, esto es, conecta el medio de transmisión, secuencialmente, con la salida de cada uno de los seis canales mediante interruptores controlados por el reloj del demultiplexor.

Este reloj del extremo receptor funciona de forma sincronizada con el del multiplexor del extremo emisor mediante señales de temporización que son transmitidas a través del propio medio de transmisión o por un camino.

- A partir 1960, las redes de comunicaciones fueron pasando gradualmente a la tecnología digital en los años siguientes.
- Para poder soportar la demanda de mayores velocidades binarias surgió la jerarquía PDH.
- Al tener distintas jerarquías de transmisión, las pasarelas entre redes de ambos tipos son compleja y costosa.

#### **Debilidades de PDH.**

- No existe un estándar.
- Capacidad limitada de administración.
- La conexión es imposible a nivel óptico.
- No es síncrona.

## **SDH-JERARQUIA DIGITAL SINCRONA**

Para evitar estas limitaciones se desarrolló en EEUU SONET o red óptica síncrona, que fue la fuente para el desarrollo de SDH.

Es un conjunto de protocolos de transmisión de datos y se puede considerar como la revolución de los sistemas de transmisión, como consecuencia de la utilización de la fibra óptica como medio de transmisión, así como de la necesidad de sistemas más flexibles y que soporten anchos de banda elevados.

## **HISTORIA DE SDH.**

Antes de SDH no existían estándares definidos.

Se dificultaba mucho lograr una compatibilidad a altas velocidades de transmisión porque cada fabricante utilizaba especificaciones propietarias para este tipo de tecnologías, con lo cual era necesario mantener el mismo fabricante a ambos extremos de un enlace de este tipo y adicionalmente esto generaba costos exagerados.

El objetivo que lleva a este desarrollo fue tener un estándar de transmisión a través de medios de fibra óptica. simple, económica, flexible y escalable.

- En el año 1988 fue aprobado el primer estándar SDH a través de las recomendaciones G707, G708 y G709.
- Define funcionalidades y prestaciones de los sistemas de transmisión basados en los principios de la multiplexación sincrónica.
- 

## **PDH y SDH - comparación.**

### **PDH.**

- PDH es un sistema pleiosíncrono, requiere bits de justificación y bits de sincronía.
- No puede agregar canales.
- Diseñado para enlaces punto a punto.
- No tiene capacidad de monitoreo de carga útil.
- Poca administración y supervisión de la red.
- A nivel de transmisión compatibilidad limitada entre diferentes fabricantes.
- Está orientado a servicio de voz.

### **SDH.**

- Es síncrono, es decir, todos los elementos de la red utilizan un reloj común.
- Es compatible con PDH (Estándar Americano o europeo).
- Normalizado con respecto a medios de transmisión.
- Soporta PDH y ATM.
- Realiza una multiplexación visible que permite agregar señales.
- Tiene canales para administración de la red.

- Control centralizado de todos los elementos de la red.
- 

## SDH CARACTERISTICAS GENERALES

- SDH es similar a SONET
- Su objetivo: transportar y gestionar gran cantidad de tipos de tráfico diferentes sobre la misma infraestructura física.
- SDH es visto como un protocolo de capa física.
- Puede transportar paquetes tales como ATM o IP.
- SDH permite la transmisión de voz, video, multimedia, y paquetes de datos como los que genera IP.

SDH actúa como portador de aplicaciones de las capas 2 a la 4.

Es un protocolo de capa 1 del modelo OSI, basado en la existencia de una referencia temporal común (Reloj primario), que multiplexa diferentes señales dentro de una jerarquía común flexible, y gestiona su transmisión de forma eficiente, con mecanismos internos de protección.

En este papel, actúa como el portador físico de aplicaciones de nivel 2 a 4, esto es, es el camino en el cual tráfico de superiores niveles tales como **IP** o **ATM** (Asynchronous Transfer Mode) se transporta.

Las transmisiones **SDH** son como tuberías las cuales portan tráfico en forma de paquetes de información. **ATM** o **IP**.

Gestiona el ancho de banda eficientemente mientras porta varios tipos de tráfico, detecta fallos y recupera de ellos la transmisión de forma transparente para las capas superiores.

### **Multiplexación digital:**

Es la técnica que permite que las señales de comunicaciones analógicas sean transmitidas en formato digital.

Las señales digitales pueden ser transmitidas mucho más eficientemente y permiten monitorización de errores, para propósitos de calidad.

### **Fibra óptica:**

Es el medio físico desplegado en las redes de transporte actuales.

### Esquemas de protección:

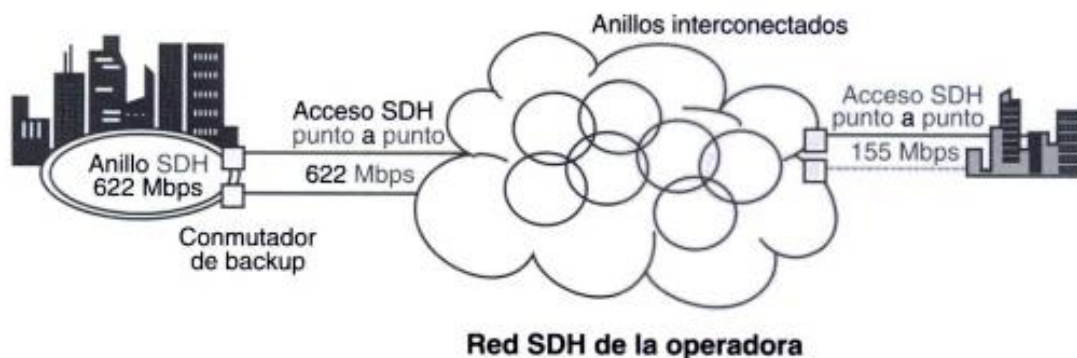
En caso de ocurrir una falla o una rotura en un enlace de fibra el flujo de información podría ser conmutado automáticamente a una ruta alternativa.

Los servicios de una red SDH pueden ser de 2 tipos. Punto a punto o anillos de doble circuito.

En caso de que ocurra la pérdida de un enlace siempre existe otro camino alternativo por el otro lado del anillo.

lo que la hace la topología más implementada en el ambiente WAN para redes de transporte.

Esta topología además ayuda a los proveedores de servicios a minimizar el número de enlaces y de fibras ópticas que se requiere desplegar en la red.



## RECUPERACION DE AVERIAS EN ANILLOS SDH

Las topologías en anillo tienen dos grandes ventajas:

- Permiten crear una red mallada utilizando tan solo un enlace más que en una topología de estrella, que sería el mínimo imprescindible para interconectar todos los nodos.
- Por otro la sencillez de la topología simplifica mucho la elección de la ruta alternativa en caso de fallo de algún enlace, lo cual permite tomar la decisión con gran rapidez.

Sin embargo, el anillo simplex que antes hemos descrito no permite la resistencia a fallos.

Para ello es preciso constituir un doble anillo, tendiendo dos fibras en cada línea entre los ADMs.

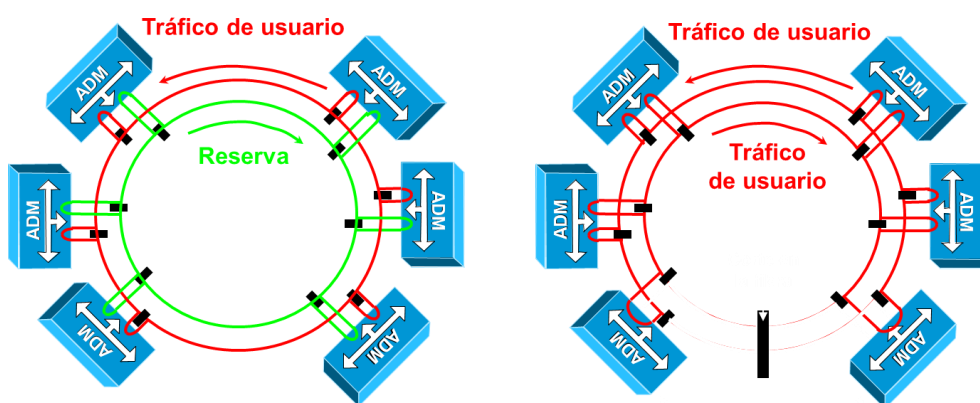
Como se muestra en la parte izquierda de la figura, en condiciones normales un anillo SONET/SDH utiliza únicamente uno de los anillos (el de color rojo), ya que como hemos visto esto es suficiente para constituir rutas full duplex.

El otro anillo (verde) se encuentra en situación de reserva o 'stand-by', a la espera de entrar en funcionamiento en el momento en que se produzca una avería.

Cuando se produce una avería (un corte en la fibra o el fallo de un ADM, por ejemplo) los ADMs más próximos al punto de fallo detectan la pérdida de conectividad entre ellos por el anillo principal y proceden a restaurar la comunicación conectándolo con el de reserva; la combinación de ambos crea un nuevo anillo que da servicio a toda la red, excepto a la parte averiada.

Si el fallo se debe a un corte en la fibra el servicio se mantendrá plenamente operativo, mientras que si el fallo se ha producido en un ADM se verán afectadas las rutas que tengan en el uno de sus extremos.

En caso de que se produzca una segunda avería en el mismo anillo los procedimientos de recuperación entrarán de nuevo en funcionamiento, quedando entonces dos anillos operativos, pero aislados entre sí.



### Detalle de la electrónica de un ADM STM-1 (topología de anillos)

En la siguiente fotografía se muestra un detalle de la electrónica de un ADM STM-1 con topología de doble anillo.

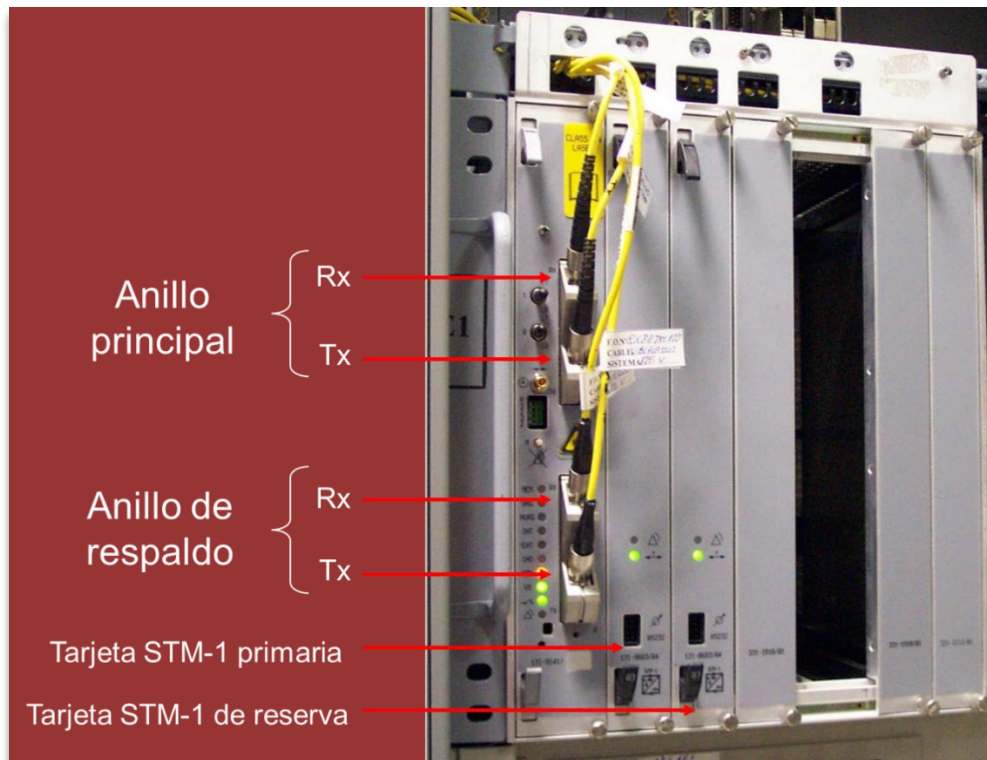


Como puede verse por las conexiones de fibra monomodo cada anillo está formado por un receptor y un emisor.

Un anillo está participando activamente en la transmisión de datos, mientras que el otro se encuentra en modo de respaldo, es decir está dispuesto para entrar en funcionamiento de forma inmediata en caso de fallo del principal.

Este equipo, de la marca Ericsson, se encuentra ubicado en el Servicio de Informática de la Universidad de Valencia y provee un circuito de 155 Mb/s que une la Comunidad Valenciana a RedIRIS.

Como es habitual en estos casos se encuentra ubicado en un bastidor provisto de baterías de 48 voltios y fuentes de alimentación redundantes.



Para la sincronización en SDH se toman en cuenta las normas G.803 y G.811 entre otras como la G.822, G.812, etc.

Todos los elementos deben estar sincronizados **con un "reloj maestro" para que no se pierda datos entre nodos.**

El reloj maestro de una zona de sincronización debe cumplir los requisitos descritos en la Recomendación UIT-T G.811.

La sincronización es importante para lograr mantener las altas velocidades de transmisión que se emplean.

- Todos los elementos en la red SDH operan bajo una misma señal de reloj suministrada por un reloj de referencia primario (PRC), que se encuentra en un equipo de la red de comunicación vinculada a la fuente primaria.
- La distribución de la señal de reloj se realiza a lo largo de la red SDH mediante configuraciones específicas.
- Los elementos "intermedios", tal como regeneradores, multiplexores ADM, etc., son operados en el "modo esclavo", el cual utiliza un componente de señal de reloj extraído de la señal STM-N recibida.

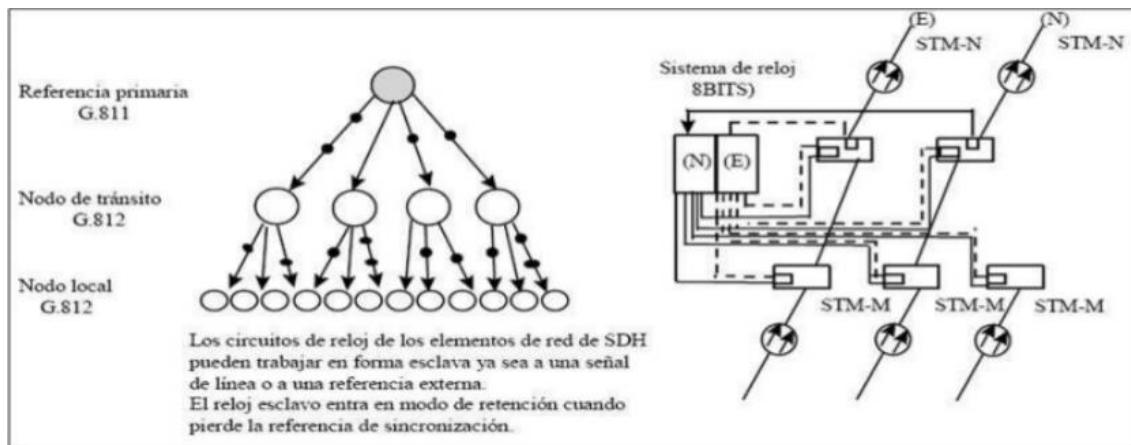


Figura 1 Arquitectura de sincronización

## GESTION DE LA RED

- Este tipo de redes permite una gestión centralizada.
- Se gestiona todos los nodos de la red y las rutas que toman los datos de manera sencilla.
- Un administrador de red puede gestionar una gran variedad de funciones de administración.

## DEFINICION DE SDH

- SDH es un estándar para redes de telecomunicaciones de "alta velocidad, y alta capacidad".
- Los canales están identificados por etiquetas.
- Comparado con los sistemas PDH tradicionales, es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad.
- En SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

En PDH para poder llegar a un canal de 64Kb/s (canal de voz), habría que desarmar toda la señal PDH. Habría que poner una cadena de multiplexores y demultiplexores, con el incremento de costo que esto significa.

El objetivo de la jerarquía SDH, nacida en los años 80, era subsanar estas desventajas inherentes a los sistemas PDH, y normalizar las velocidades superiores a 140Mb/s que hasta el momento eran propietarias de cada compañía.

### **Función simplificada de inserción extracción.**

- Es mucho más fácil extraer o insertar canales de menor velocidad en las señales compuestas SDH de alta velocidad que PDH.
- No hace falta demultiplexar y volver a multiplexar la estructura plesiócrona, procedimiento que en el mejor de los casos era complejo y costoso.
- Esto se debe a que en la jerarquía SDH todos los canales están perfectamente identificados por medio de una especie de "etiquetas" que hacen posible conocer exactamente la posición de los canales individuales.

### **Principales recomendaciones ITU-T.**

Existen una gran cantidad de recomendaciones definida por la ITU-T para esta área de tecnología, sin embargo, presentaremos a continuación, algunas de las principales:

G.707	Definición de los niveles estándar y estructura del multiplexado.
G.708	Descripción de la trama básica.
G.781	Estructura de las recomendaciones correspondientes a los equipos.
G.782/G.783	Tipos y características generales de los equipos.
G.784	Administración de la red.
G.810	Definiciones de terminología para redes sincrónicas.
G.811	Características de temporización del los relojes primarios.
G.813	Características de temporización del los relojes secundarios.

Última modificación: año 2004

## ELEMENTOS DE UNA RED SDH

En SDH se pueden distinguir estos elementos básicos:

- Multiplexores Síncronos (MUX)
- Demultiplexers
- Enrutador Digital (SDXC)
- Multiplexor para agregar/insertar (ADM)
- Regeneradores Síncronos (REG)

## EQUIPOS SDH

● Se dispone de **5 equipos básicos SDH**, con los cuales, adecuadamente combinados, se pueden crear diferentes tipos de **redes SDH**, y usarlas como red troncal de alta velocidad para transportar datos de usuario (carga) entre nodos de una red conmutada de circuitos o de paquetes.

Equipos SDH	Tipo de red SDH
● Multiplexor STM + Demultiplexor STM	● Lineal punto a punto.
● Multiplexor STM + Demultiplexor STM + Multiplexor ADM	● Lineal punto a multipunto
● Multiplexores ADM	● En anillo
● Multiplexores ADM + Conector cruzado DXC	● En malla
● Repetidor R (opcional)	

## MULTIPLEXOR/DEMULTIPLEXOR STM

Son equipos de terminación de ruta.

### MULTIPLEXOR/DEMULTIPLEXOR STM

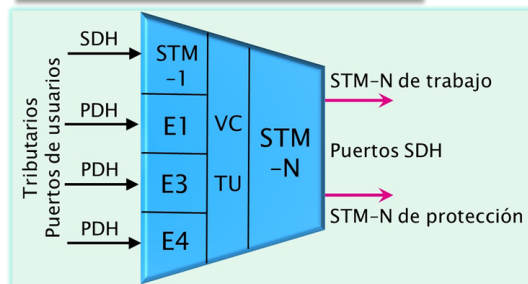
#### Descripción

- Marcan los puntos de **inicio y final** de un enlace SDH. Proporcionan la **interfaz** entre una red tributaria eléctrica y la red óptica.
- El **multiplexor** multiplexa señales eléctricas (PDH o SDH) y genera la señal óptica.
- El **demultiplexor** demultiplexa la señal óptica en sus señales eléctricas (PDH o SDH).

#### ¿Hasta dónde llegan?

- Hasta el **sitio del usuario** con nodos multiservicio TDM y Ethernet.

### Función del multiplexor STM-N



- El demultiplexor STM-N realiza las operaciones contrarias.

#### Símbolo

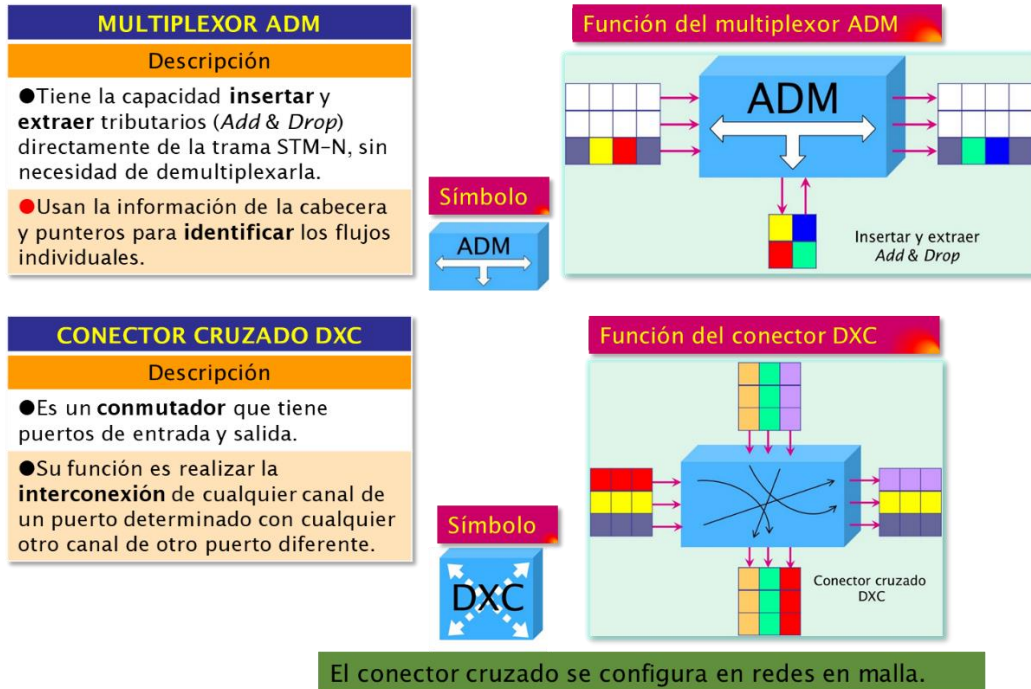


De ellos se dice que son multiplexores ADM subequipados, porque no necesitan equiparse para el mapeo pasante.

## MULTIPLEXOR ADM Y CONECTOR DXC

Los ADM se configuran en redes lineales y en anillos.

## Multiplexor ADM y conector DXC



## REPETIDOR R

Extiende la longitud del enlace.  
 Reacondiciona, Resincroniza y amplifica la señal.

Inicialmente se ubicaba cada 50 Km y actualmente se logran distancias de hasta 150 Km entre multiplexores sin necesidad de un repetidor.

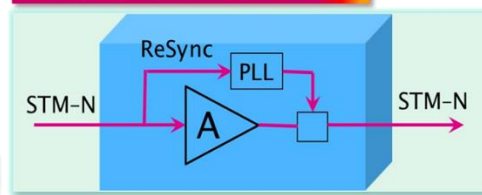




Símbolo

R

Función del repetidor R



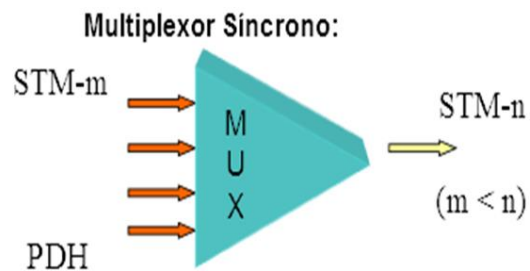
Fibra óptica

● El medio físico que conecta todos los equipos

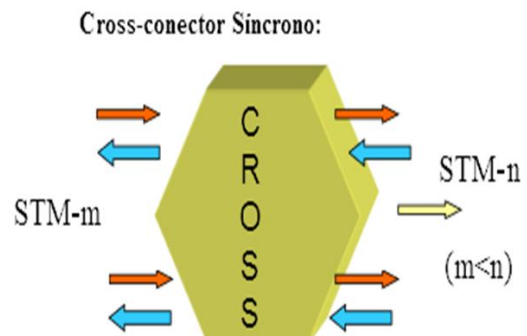


Actualmente los repetidores se ubican cada 120 km.

- El multiplexor simplemente integra diferentes tributarios en una sola señal SDH. Tipos de tributarios:
  - PDH - 1.5 a 140 M de norma Europea/Americana.
  - SDH - de velocidad menor a la salida.



- El crossconector es un elemento de conmutación cuyas I/O son señales STM-N.
- Su función consiste en enrutar los VC de diferentes tamaños contenidos en los STM de un puerto a otro.

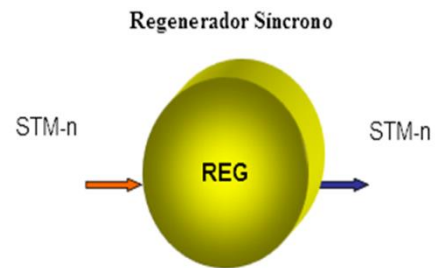
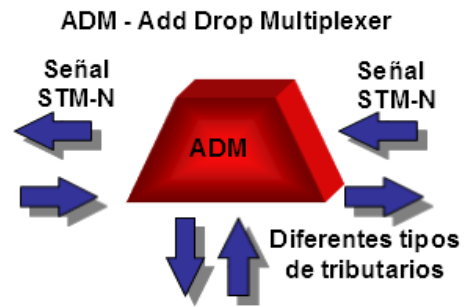


El ADM permite extraer / insertar tributarios de una señal STM en tránsito.

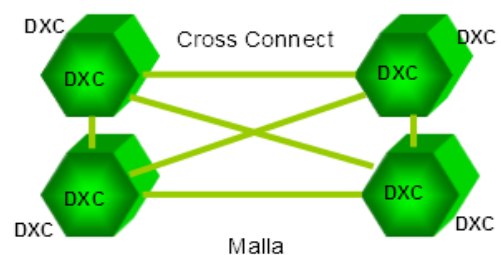
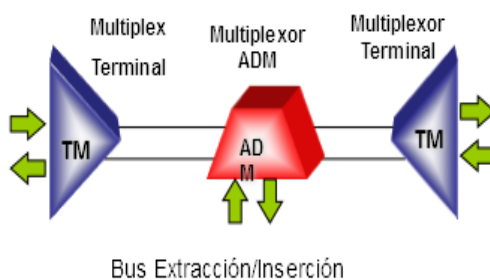
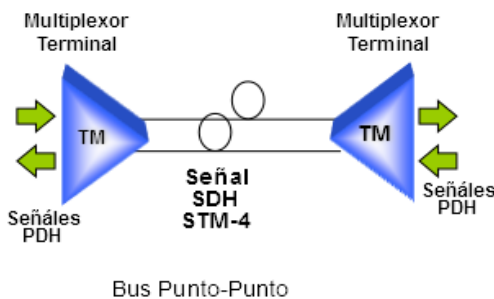
### Tipos de tributarios:

1. - PDH 1.5 a 140 M de norma europea / americana.
2. - SDH de velocidad menor a las salidas.

- La función del regenerador se limita a la restauración del nivel óptico de la señal óptica a fin de cubrir mayores distancias.
- Sin embargo, en SDH los regeneradores cuentan con cierta inteligencia pues son parte activa de las funciones de administración y mantenimiento.



### Ejemplos de topología.

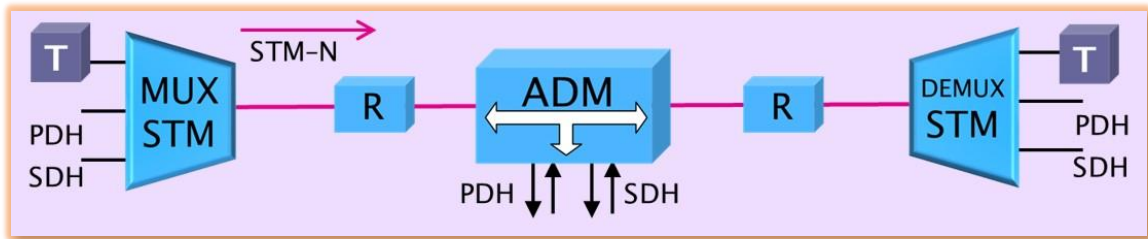


### Trasmisión basada en SDH



La transmisión SDH se basa en equipos básicos interconectados por fibra óptica:

- ► **MUX/DEMUX STM**: multiplexor y demultiplexor STM,
- ► **ADM**: multiplexor de inserción/extracción,
- ► **R**: repetidor y
- ► **DXC**: conector cruzado.



El terminal T es el dispositivo de usuario que usa servicios SDH.

#### Conexiones

- **Ruta**: tramo que une un circuito completo.
- **Línea**: une 2 MUX contiguos.
- **Sección**: une 2 dispositivos.

## LOS TRIBUTARIOS

Una red de transporte es un conjunto de enlaces y dispositivos asociados que transmiten información entre dos clientes o nodos en una red.

- A una red de transporte se les puede asociar diferentes tipos de tráfico de capas superiores.
- Las terminales de red son dispositivos localizados en cada nodo de la red de transporte SDH las cuales realizan tareas sobre el tráfico.

Tributario es un flujo de datos determinado.

Este flujo se combina con otros flujos tributarios mediante funciones de multiplexación para dar lugar a un único flujo de datos salientes en el que todos los tributarios son contenidos.

Las terminales soportan diferentes tipos de tributarios.

Por ejemplo, una terminal de red puede aceptar alguno de los siguientes tributarios para transportarlos directamente en su estructura de trama:

- Tramas PDH de 2 Mbps, 34 Mbps y/o 140 Mbps.
- Canales de voz analógicos.
- Tramas Ethernet que toman datos IP o datos provenientes de LAN.
- RDSI / ADSL.

Las terminales soportan diferentes tipos de tributarios. Que permiten el transporte eficiente de datos de distinto origen.

Los tributarios de una terminal SDH son las tramas, paquetes o datos con los que se puede ingresar a esa terminal SDH.

## LOS CONTENEDORES

La señal tributaria es empaquetada en un módulo de transporte sincrónico, de modo que éste pueda ser transportado y gestionado a través de la red.

El contenedor es una entidad lógica cuya capacidad está definida de forma tal que asegura la transmisión de señales tributarias definidas en la jerarquía plesiócrona (PDH).

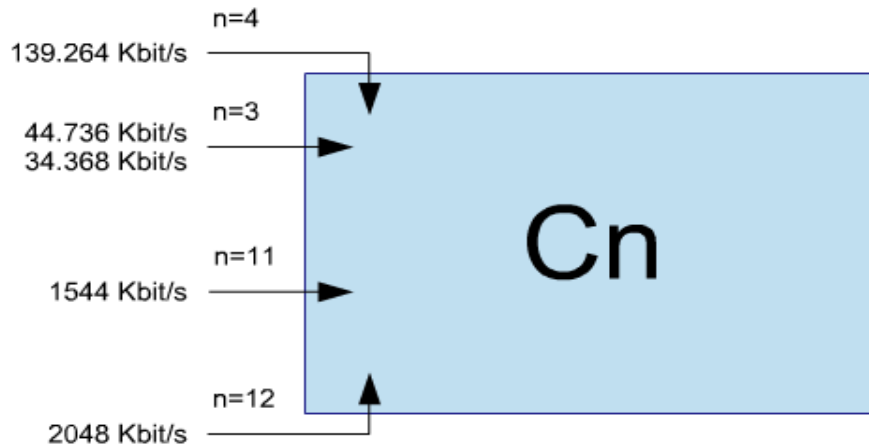
Cada señal transmitida por la red sincrónica es previamente encapsulada dentro de un contenedor, el cual está preparado para albergar esta señal y mantener la estructura de trama sincrónica.

Existen diferentes tipos de contenedores, cada uno de los cuales se corresponde con una señal de diferente tasa de transmisión.

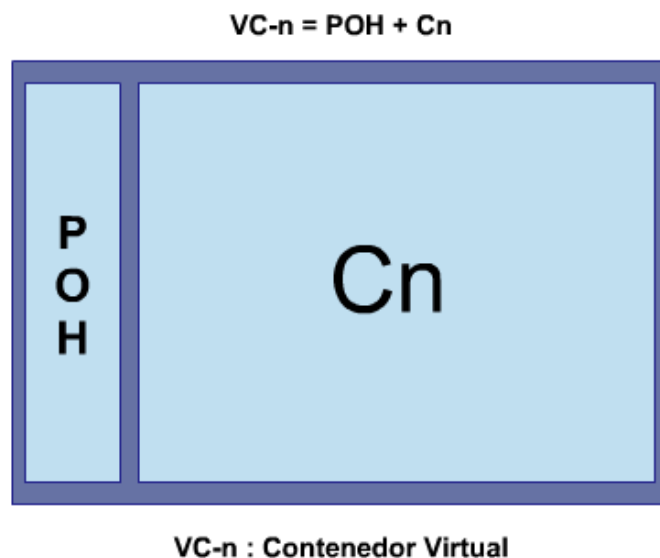
## CONTENEDORES VIRTUALES

Cada contenedor posee algún tipo de control sobre la información asociada a él.

Esta información permite etiquetar el tráfico, así como trazar la señal a través de la red e identificarla para propósitos de protección y monitorización de cuentas de errores.



A este campo de control se lo denomina cabecera de ruta (POH - Path OverHead).



Una red SDH se utiliza como red troncal de alta velocidad para transportar carga entre nodos de redes conmutadas.

A la asociación de un contenedor Cn con una cabecera de camino (POH – Path OverHead) se la denomina contenedor virtual (VC).

Pueden ser:

- VC de bajo orden
- VC de alto orden

Los Contenedores virtuales de bajo orden son los VC-2 y los VC-1 (agrupados como VC-11, VC-12) y los VC-3.

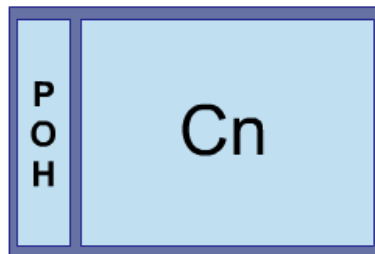
Los Contenedores virtuales de alto orden son los VC-3 y VC-4.

Esta distinción es importante debido a que los VC de bajo orden son formados por un contenedor y su POH correspondiente, pero los VC de alto orden contienen a VCs de bajo orden.

En la figura se empieza a desarrollar la generación de la trama STM-1 y además se detallan para cada orden “n”, el VC-n que le corresponde.

En la siguiente figura se aprecia los distintos niveles de contenedores virtuales.

### Contenedor virtual



$$VC-n = POH + Cn$$

Contenedor Cn	Contenedor Virtual (VC-n)	Trama PDH
C11	VC-11	1,5Mbps
C12	VC-12	2Mbps
C2	VC-2	6,3Mbps
C3	VC-3	45Mbps 34Mbps
C4	VC-4	140Mbps

## MODULO DE TRANSPORTE SINCRONO

Ya vimos que una señal tributaria a ser transportada por una trama SDH es introducida antes en un contenedor virtual, pero ¿cómo es transportada en un enlace óptico?

La respuesta ha esto la encontramos en los módulos de transporte sincrónico (STM - Synchronous Transport Module).

- El VC es transportado a través de la red junto a otros VCs, ubicándolos en un STM. ( Synchronous Transport Module).
- El contenedor virtual se ubica en el área de carga útil (Payload Area) del STM.
- La unidad básica de SDH es la estructura STM-1.
- Cuatro STM-1 son multiplexados para generar un STM-4 el cual tiene una mayor tasa de transmisión.
- STM -16 y STM-64 ofrecen tasas de transmisión mayores y consecuentemente soportan un número mayor de señales en su área de carga útil.
- De esta forma, los STM-4, STM-16 y STM-64 pueden ser vistos como tuberías más gruesas.

STM-N	Velocidad de Transmision
STM-1	155Mbps = $8000 \times (270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas})$
STM-4	622Mbps = $4 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas})$
STM-16	2.5Gbps = $16 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas})$
STM-64	10Gbps = $64 \times 8000 \times (270 \text{ octetos} \times 8 \text{ bits} \times 9 \text{ filas})$

Como se dijo anteriormente, los datos se empaquetan en contenedores, que a su vez son estructuras que se transportan por la red SDH.

La trama STM-1 incluye un sistema de contenedores C en los cuales se empaquetan las tramas que contienen los datos de los usuarios para ser transportados por la red SDH.

Si al contenedor le agregamos una cabecera de ruta POH, se convierte en un contenedor virtual VC.

La cabecera se agrega en el nodo de origen y se retira En el de destino, permitiendo etiquetar el tráfico.

Los contenedores distintos tipos de tráfico además de PDH:

- IP de internet.
- ATM
- IP/MPLS

Existen diferentes **tipos**, en correspondencia con las velocidades de las tramas PDH:

TIPOS DE CONTENEDOR		
Contenedor	Velocidad Mbps	Trama PDH
●C-11	1,544	T1
●C-12	2,048	E1
●C-2	6,312	T2
●C-3	34,368 / 44,736	E3 / T3
●C-4	139,264	E4

La unidad básica de SDH es la estructura STM-1 y es la menor velocidad prevista para la transmisión.

La duración de transmisión de cada trama es de 125 $\mu$ s, la cual corresponde a una frecuencia de repetición de trama de 8000 Hz.

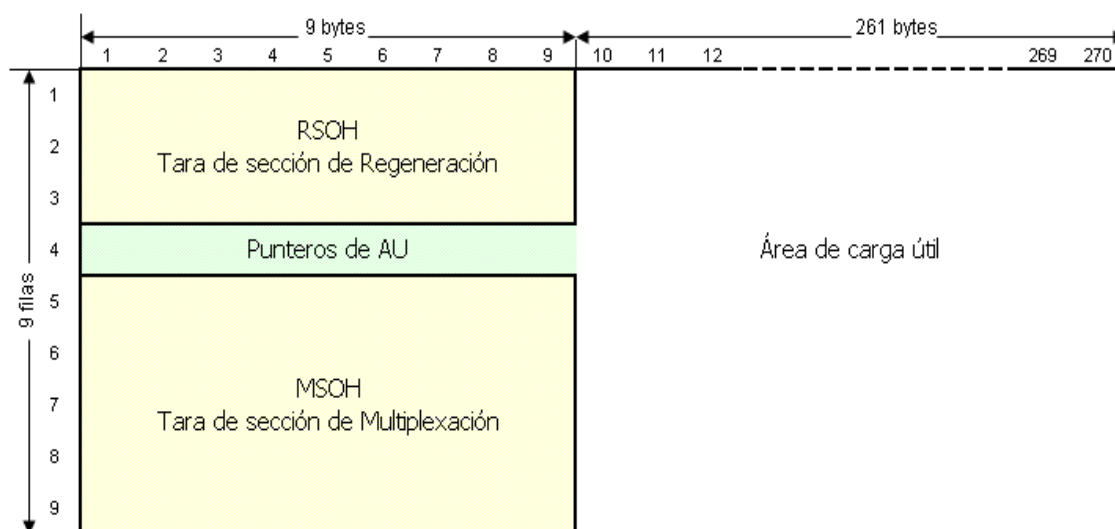
Esta matriz de la trama SMT-1 debe ser recorrida en izquierda a derecha, y en sentido descendente, para así ir siguiendo la secuencia en serie.

La capacidad de transmisión de un byte individual es de 64Kb/s.

No hay que perder de vista que esta es solamente una representación, en realidad los bits van siguiendo una secuencia en serie, es decir cuando terminamos de recorrer una matriz, comenzaría la siguiente.

## TRAMA SMT-1

Esta trama está formada por 270 octetos de 9 filas de bits transmitidas 8000 veces por segundo por lo tanto cada nivel es STM-1  $(270 \times 8) (9 \text{ filas}) (8000) = 155 \text{ Mbps}$ .



El utilizar 9 filas hace posible que todos los bytes en una columna pertenezcan a una misma señal tributaria.

Está estructurada como 270 columnas (bytes) por 9 filas en las que las nueve primeras columnas de la estructura corresponden con la cabecera de sección (SOH), y las restantes 261 columnas son el área de payload. En el área de payload viaja el CV.

### Orden de transmisión.

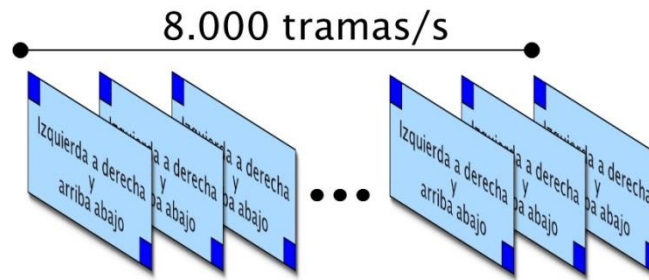
Para cada trama, los bytes se transmiten de izquierda a derecha y de arriba abajo. Para cada byte, los bits se transmiten desde el más significativo al menos significativo (de izquierda a derecha).

### Información que transporta.

SDH se diseñó para que cada byte en una trama STM-1 transporte los datos de un canal de voz de 64 kbps. La voz se muestrea a 8.000 muestras/s y se codifica a 8 bits por muestra.

### Velocidad de la trama.

Por tanto, una trama STM-1 transporta simultáneamente 2.430 canales de voz de 64 kbps; su velocidad es  $= 2.430 \times 64 \text{ kbps} = 155,52 \text{ Mbps}$ , es decir 8.000 tramas/s.



STM-16 y STM-64 ofrecen tasas de transmisión mayores y consecuentemente soportan un número mayor de señales en su área de carga útil.

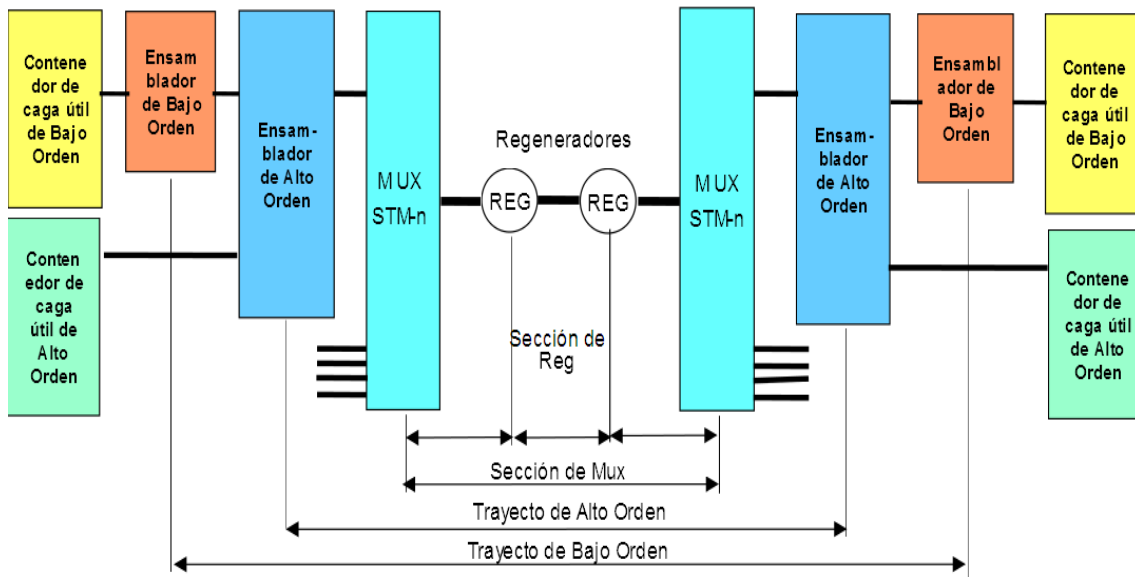
De esta forma, los STM-4, STM-16 y STM-64 pueden ser vistos como tuberías más gruesas.

## LOS ENCABEZADOS

Los encabezados son utilizados por el sistema para supervisión y mantenimiento y están presentes en:

- Sección de regeneración.
- Sección de multiplexaje.
- Trayectoria de punta a punta.





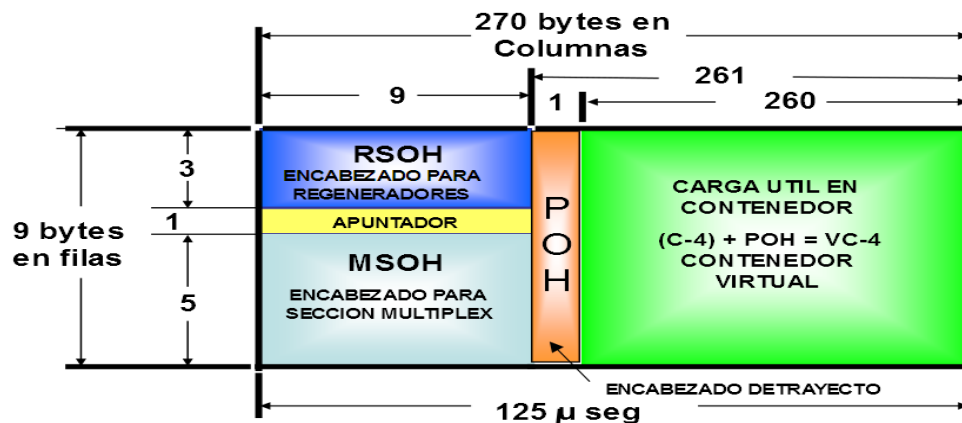
Los tributarios de 2Mbps de las tramas PDH son multiplexados a una trama STM-1 en un solo paso.

Para mantener la compatibilidad se utiliza la subdivisión del área de payload de la trama STM-1 en varias formas, de modo que estas puedan transportar diversas combinaciones de señales tributarias, tanto síncronas como plesiócronas.

Usando este método, los sistemas de transmisión síncronos pueden manejar señales generadas por dispositivos de jerarquía digital plesiócronos (PDH)

Para los propósitos de la red de gestión y mantenimiento, la red de SDH puede ser descrita en función de tres diferentes sectores dentro de la red.

Estas son la Multiplexer section overhead (MSOH), Regenerator section overhead (RSOH), y Path overhead (POH).



La cabecera de sección (SOH – Sección OverHead) es un conjunto de bytes de información para proveer un canal de comunicación entre nodos adyacentes, lo que habilita el control de la transmisión sobre el enlace.

Las cabeceras de sección son las que permiten a los dos nodos "hablar" entre sí ante la presencia de una falla en la sección.

El camino o ruta es un circuito punto a punto para conducir el tráfico. Es la trayectoria seguida por un contenedor virtual a través de la red.

Una "sección" es definida como el enlace de transporte entre dos nodos adyacentes.

Un camino o ruta a su vez está compuesto una o varias secciones.

El tráfico de los usuarios finales será transportado en contenedores virtuales por un determinado camino, a través de varias secciones.

Una trama STM está dedicada a una única sección y es procesada en cada nodo y un nuevo STM con nuevas cabeceras es construido para enviar la información a través de la siguiente sección.

El contenedor virtual, por el contrario, sigue un camino o ruta a través de múltiples secciones, de modo que la cabecera de camino del VC permanece con el contenedor de extremo a extremo del camino.

## ESTRUCTURA DE MULTIPLEXACION SDH

- **Contenedor (C-n):**  
Estructura que forma la carga útil de información.
- **Contenedor virtual (VC-n):**  
Estructura de información usada para establecer conexiones entre los diferentes niveles del trayecto.
- **Unidad tributaria (TU-n):**  
Estructura que agrega apuntadores a los contenedores virtuales.
- **Grupo de unidades tributarias (TUG-n):**  
Agrupar varios TU's que se multiplexan juntos.
- **Unidad administrativa (AU-n):**  
Agrega apuntadores a los contenedores virtuales.
- **Grupo de unidades administrativas (AUG-n):**  
Agrupar varios AUs que van juntos para formar un SDH de primer orden.

- Módulo de transporte síncrono (STM-n):  
Estructura que agrega facilidades para supervisión y mantenimiento.

La construcción del área de carga de la trama STM es definida por la estructura SDH.

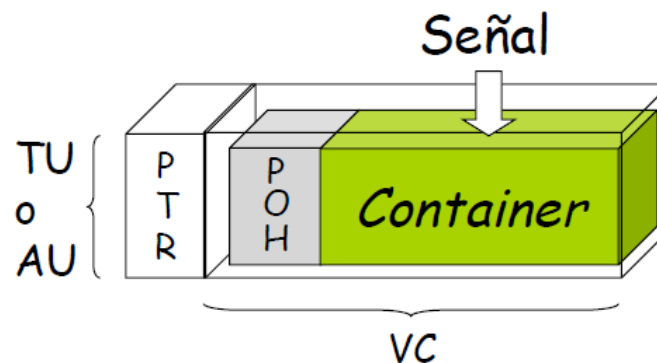
Las tasas de transmisión de los clientes son mapeadas a contenedores (Cn) de diferentes niveles y a cada uno se le añade una cabecera de ruta (POH) para dar lugar a un contenedor virtual (VC-n).

Los VC forman unidades tributarias (TU – Tributary Units) que consisten en la suma de los contenedores virtuales más el puntero asociado, donde el puntero indicará la posición del contenedor virtual dentro de la unidad tributaria.

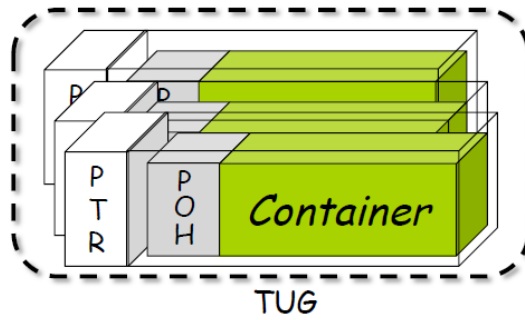
## ENTRAMADO

Un VC de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema.

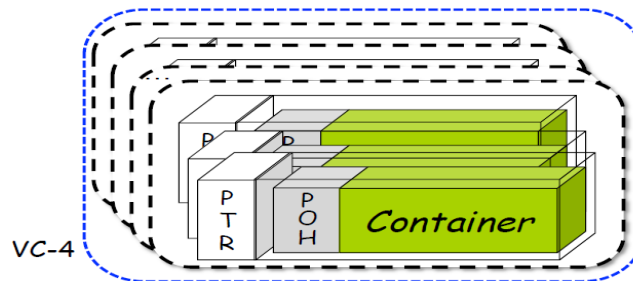
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = Tributary Unit (TU)



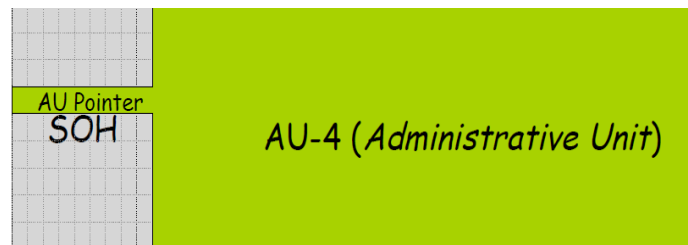
Varios TUs pueden agruparse en un Tributary Unit Group (TUG) sin mayor sobrecarga (es una agrupación solo en gestión).



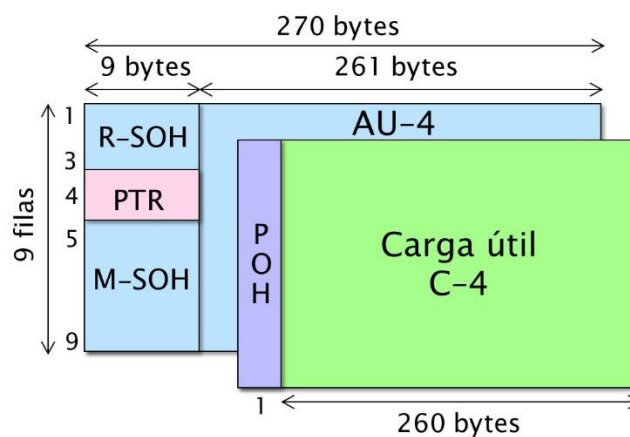
Agrupando TUGs se llega a formar un Contenedor de orden superior (VC-4)



**El contenedor visto de manera esquemática:**



### La trama SMT-1



Observe en la figura que el contenedor C-4 es el que contiene la carga útil de usuario que se transporta en una trama STM-1.

$$9 \times 260 = 2.340 \text{ bytes} = 18720 \text{ bits.}$$

**La cabecera de ruta POH** se usa para etiquetar la información de usuario entre los nodos de la red.

$$9 \times 1 = 9 \text{ bytes} = 72 \text{ bits.}$$

**El puntero PTR**, indica el inicio de la unidad tributaria empaquetada en un contenedor.

$$1 \times 9 = 9 \text{ bytes} = 72 \text{ bits.}$$

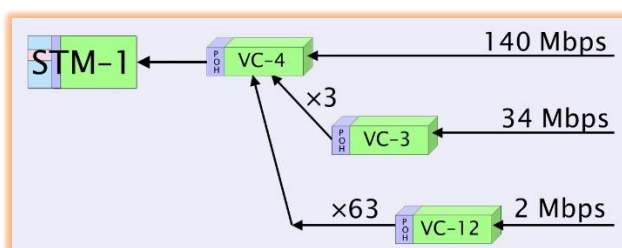
**La cabecera de sección de regeneración R-SOH y de multiplexación M-SOH**, Se usan para tareas de gestión, mantenimiento, Re-enrutamiento, monitorización, etc.

$$8 \times 9 = 72 \text{ bytes} = 576 \text{ bits.}$$

Sumando, obtenemos que la trama tiene un total de 2.430 bits.

Diferentes opciones para llenar un contenedor C-4

RELLENO DEL C-4			
● Existen diferentes opciones de <b>mapeo PDH</b> para rellenar el contenedor <b>C-4</b> a partir de contenedores de orden inferior.			
Opción	C-12 E1 ≈ 2 Mbps	C-3 E3 ≈ 34 Mbps	C-4 E4 ≈ 140 Mbps
●1	—	—	1
●2	—	3	—
●3	21	2	—
●4	42	1	—
●5	63	—	—



La figura muestra 3 opciones de mapeo para rellenar el VC-4:

- con un solo flujo de **140 Mbps**,
- con 3 flujos de **34 Mbps** y
- con 63 flujos de **2 Mbps**.

Son posibles también otras combinaciones.

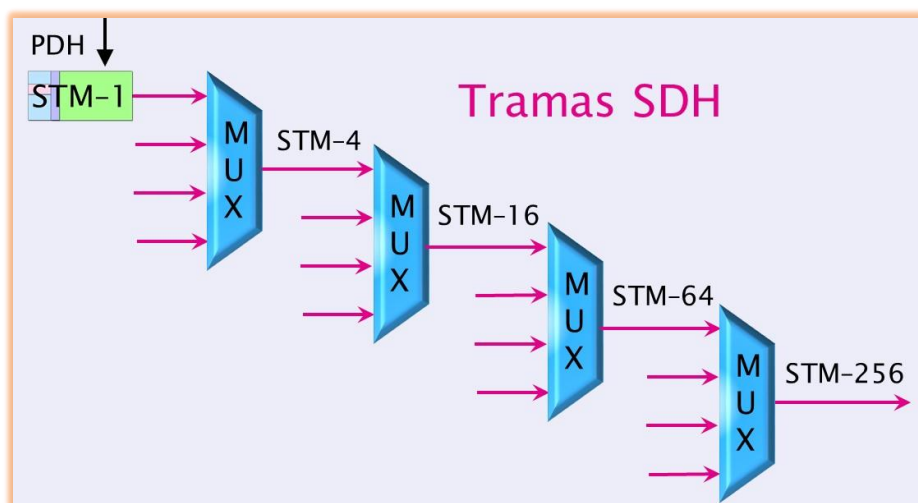
### Transporte de telefonía.

SDH se usa ampliamente en las compañías telefónicas, ya que permite la transmisión de múltiples **canales telefónicos**. La trama STM-1 tiene la capacidad de transportar simultáneamente **63 flujos E-1**, es decir **1.890 llamadas telefónicas**.

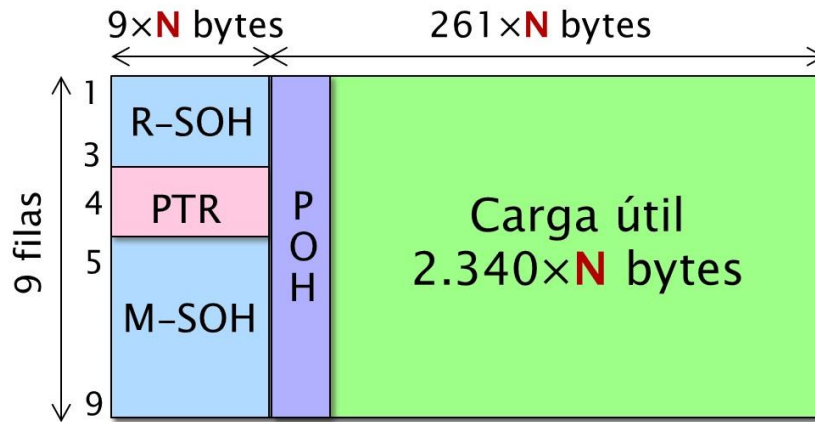
## MULTIPLEXACION STM

Las tramas de menor velocidad se multiplexan por TDM para generar una trama de mayor velocidad. La multiplexación se realiza byte a byte.

La multiplexación con TDM es **síncrona**. Todos los relojes de las redes están sincronizados con un **reloj maestro** para conseguir la sincronización.



## Formato de la trama STM-N



Las tramas STM-N pueden transportar varios flujos E1.



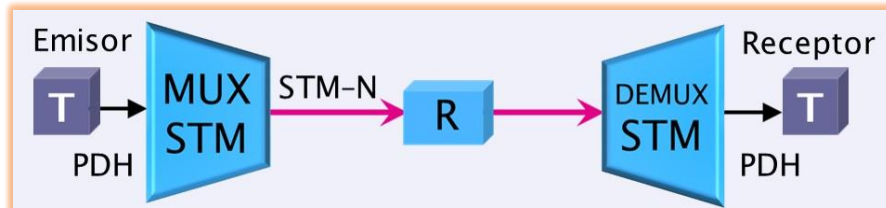
**Se sugiere realizar este pequeño ejercicio.**

Suponga que necesita diseñar una **red óptica SDH** entre las ciudades A y B, para el transporte de 30.000 llamadas telefónicas que, en forma simultánea, se realizan en la hora pico.

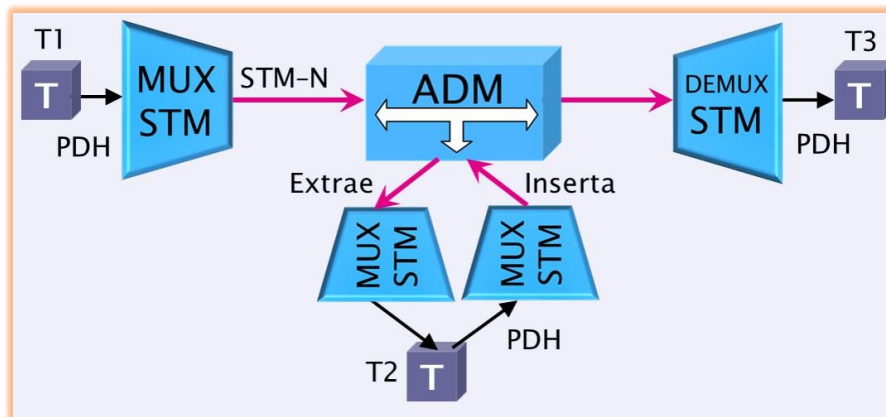
- Determine el tipo de **trama STM** a utilizar y su velocidad.
- Calcule la cantidad de **tributarios E1** que puede transportar la trama.
- Calcule la cantidad de **bytes** que tiene la trama.
- Calcule la **duración** de la trama.
- Dibuje un diagrama de bloques con los **equipos** que intervienen en el enlace. Incluya la modulación óptica.

## SDH - REDES LINEALES

### Red lineal punto a punto:



### Red Lineal punto a multipunto.



Usa un ADM para permitir la comunicación entre varios terminales.

Cada terminal puede enviar datos a 1 o más terminales; el ADM extrae la señal que pertenece al terminal conectado al mismo.

Normalmente es utilizada en geografías con sitios de interconexión que siguen una **vía terrestre, fluvial o costa marítima** y donde la densidad demográfica de zonas adyacentes en cientos de km no justifica otra topología.





Fin de la clase