

# Redes de Área Extensa (WAN)

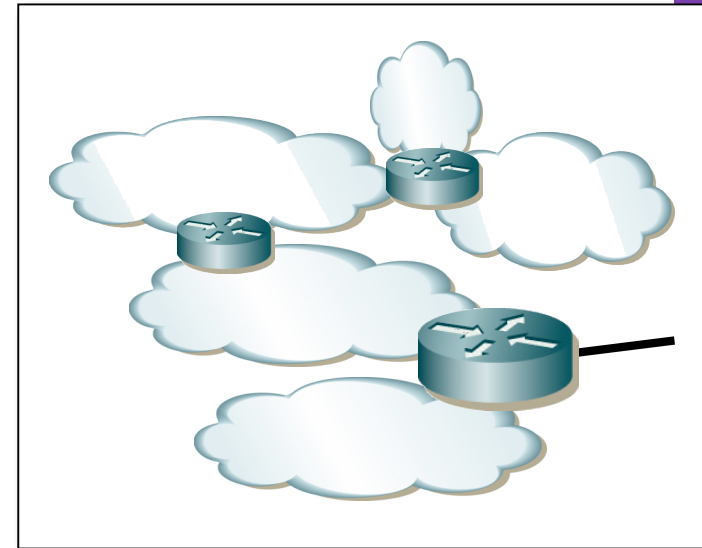
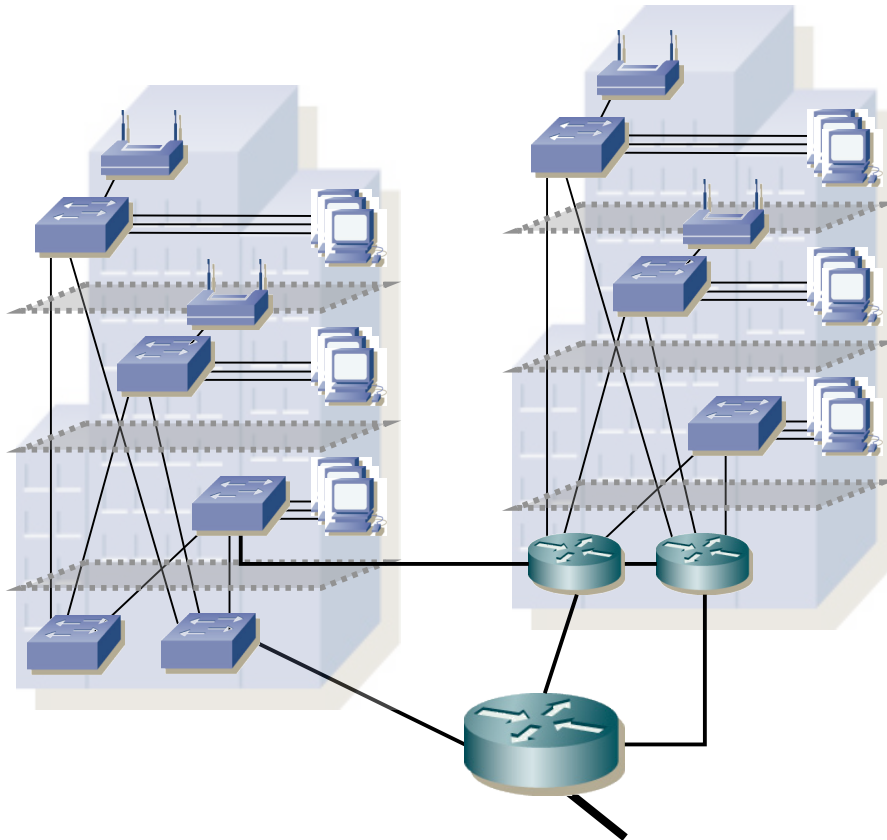
Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Redes de Banda Ancha  
5º Ingeniería de Telecomunicación



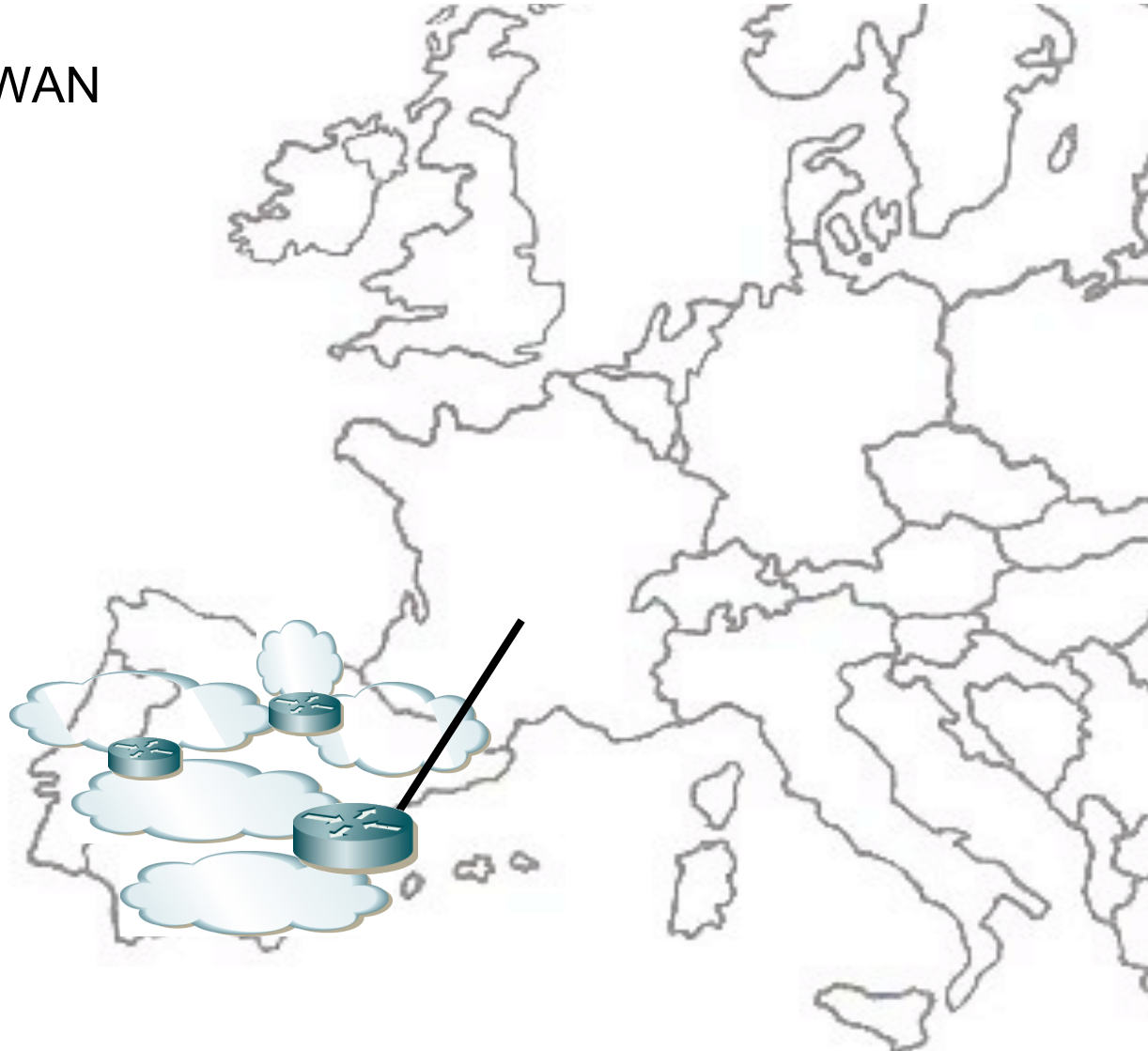
# Grandes redes locales

- Pueden unirse varias LANs con routers IP
- Siguen limitados por las características de las tecnologías LAN (distancia, supervivencia, QoS...)



# Redes de Área Extensa

- Enlaces a través de un país o continente
- Emplean una WAN



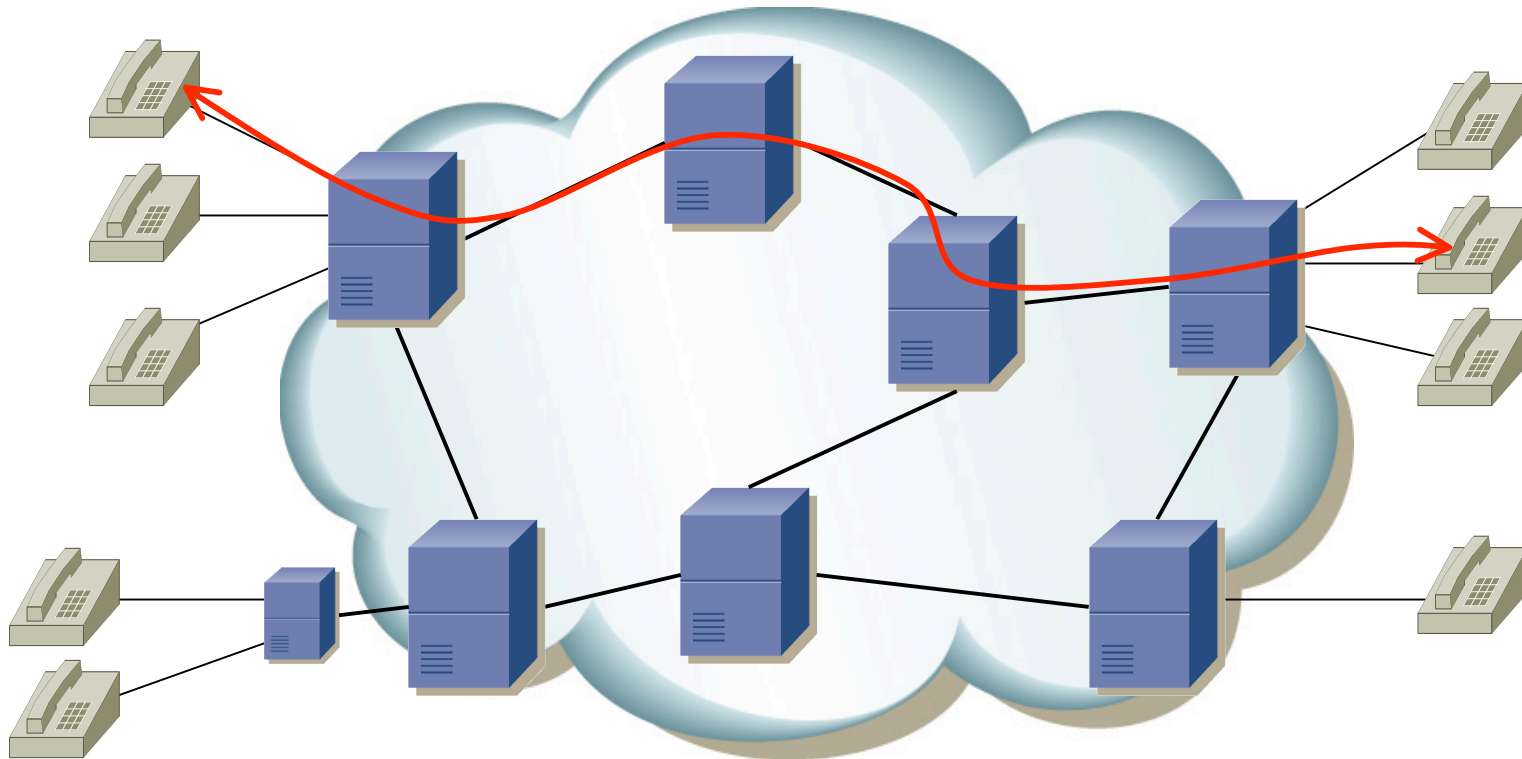
# Redes de Área Extensa

- Enlaces a través de un país o continente
- Emplean una WAN
- Origen de las WAN...



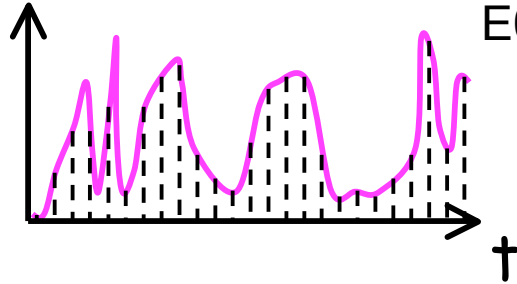
# Servicio telefónico

- *PSTN = Public Switched Telephone Network*
- Conmutación de Circuitos (...)

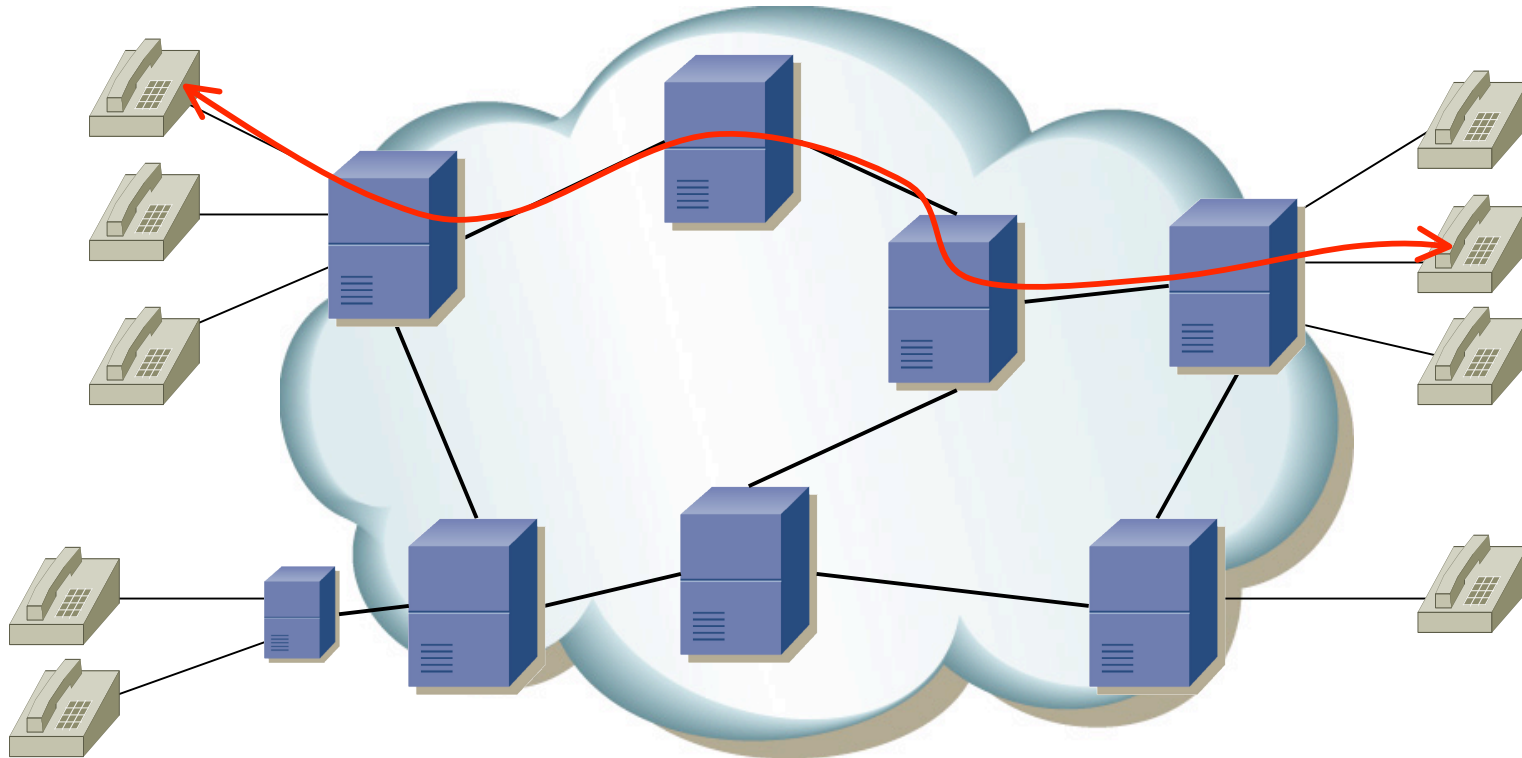


# Servicio telefónico

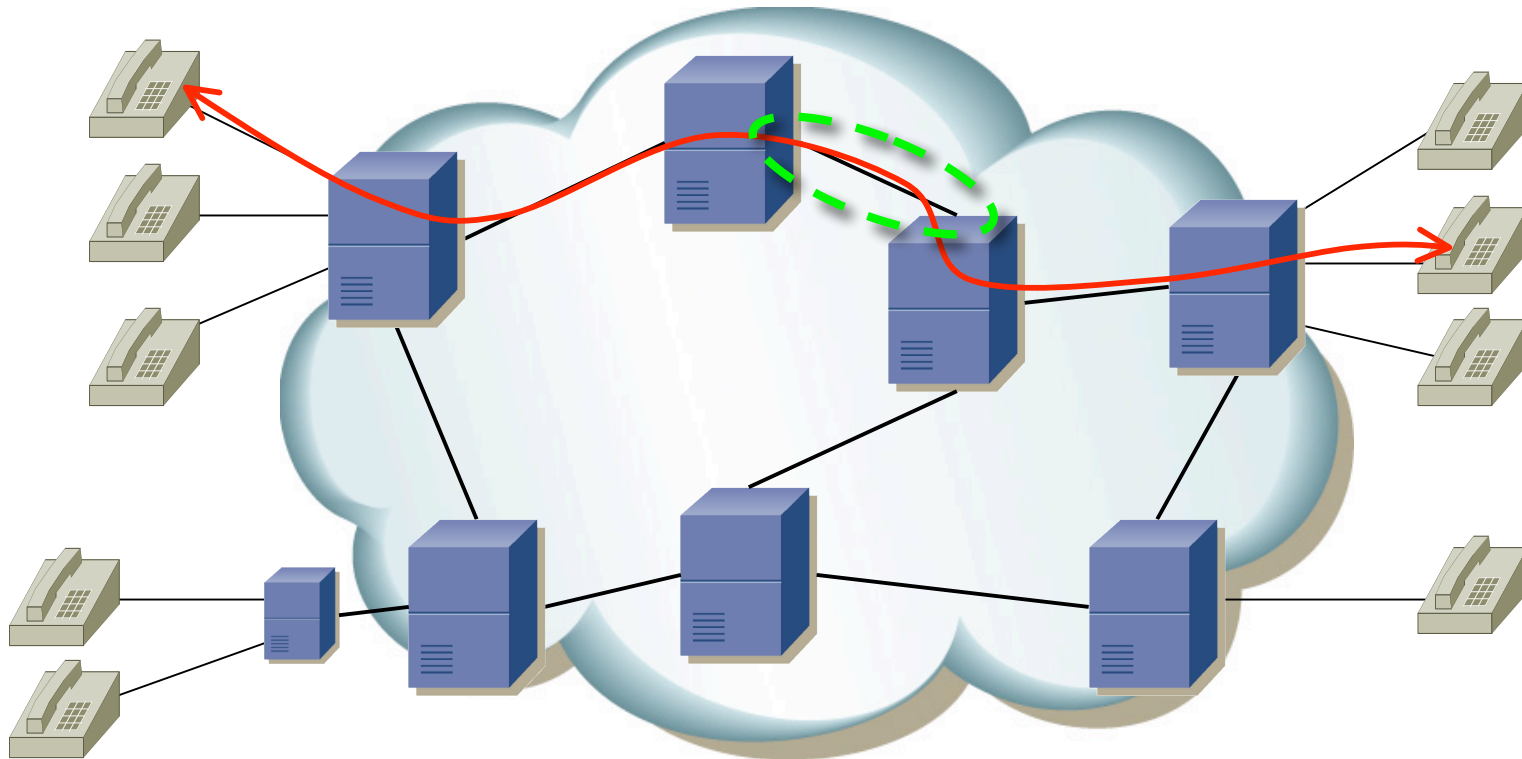
- Señal de voz → flujo binario  
E0 (DS0) : 64Kbps



...100010001010101010110100110100100110



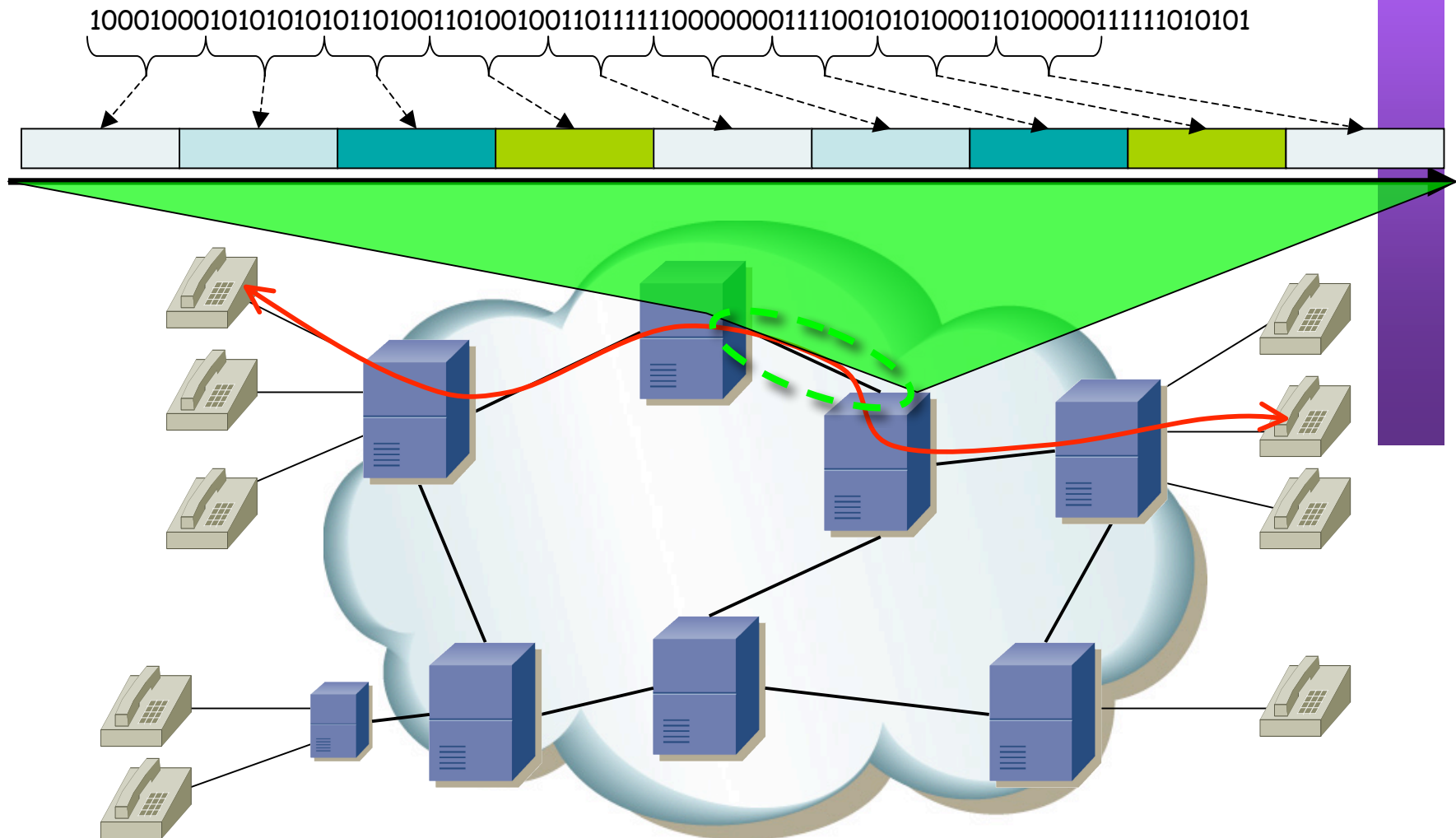
# Servicio telefónico





# Servicio telefónico

- *TDM = Time Division Multiplexing*





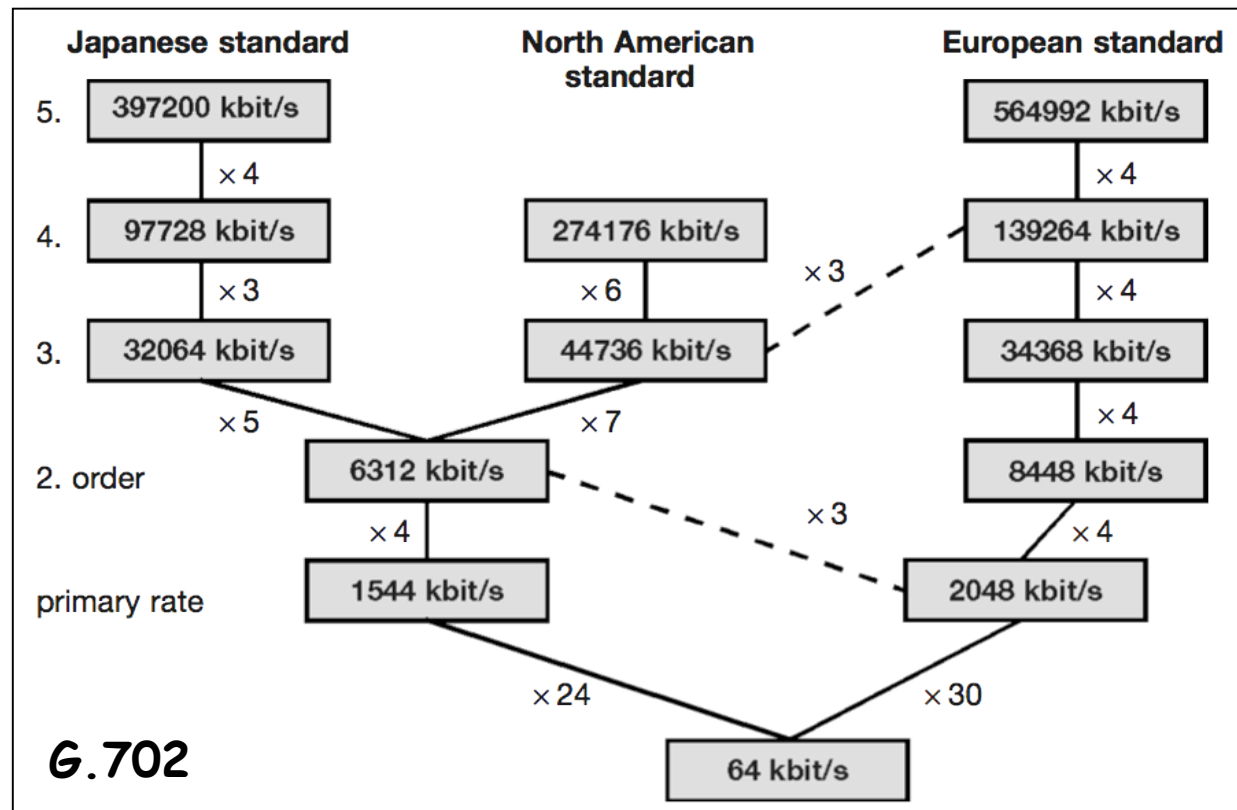
# PDH



# PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

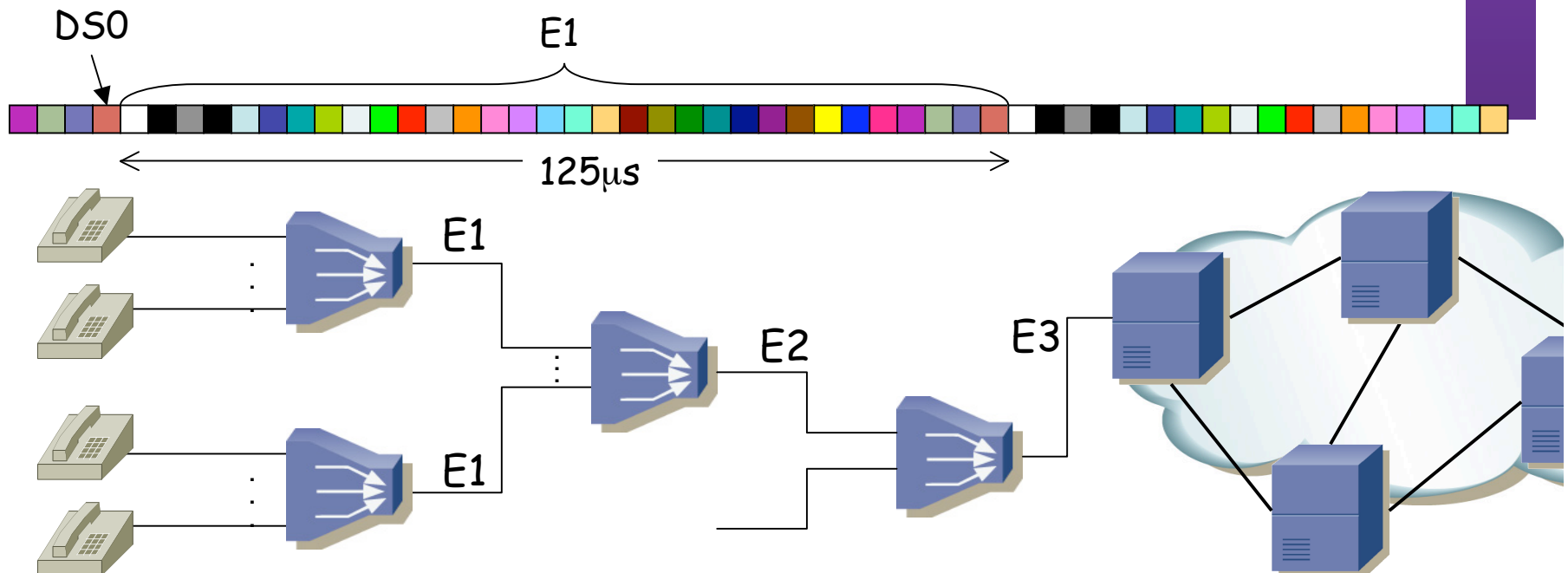
## Multiplexación TDM

- E1 (2048Kbps) = 32xE0
- E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1, 1.54Mbps) = 24xDS0
- T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- G.701-703



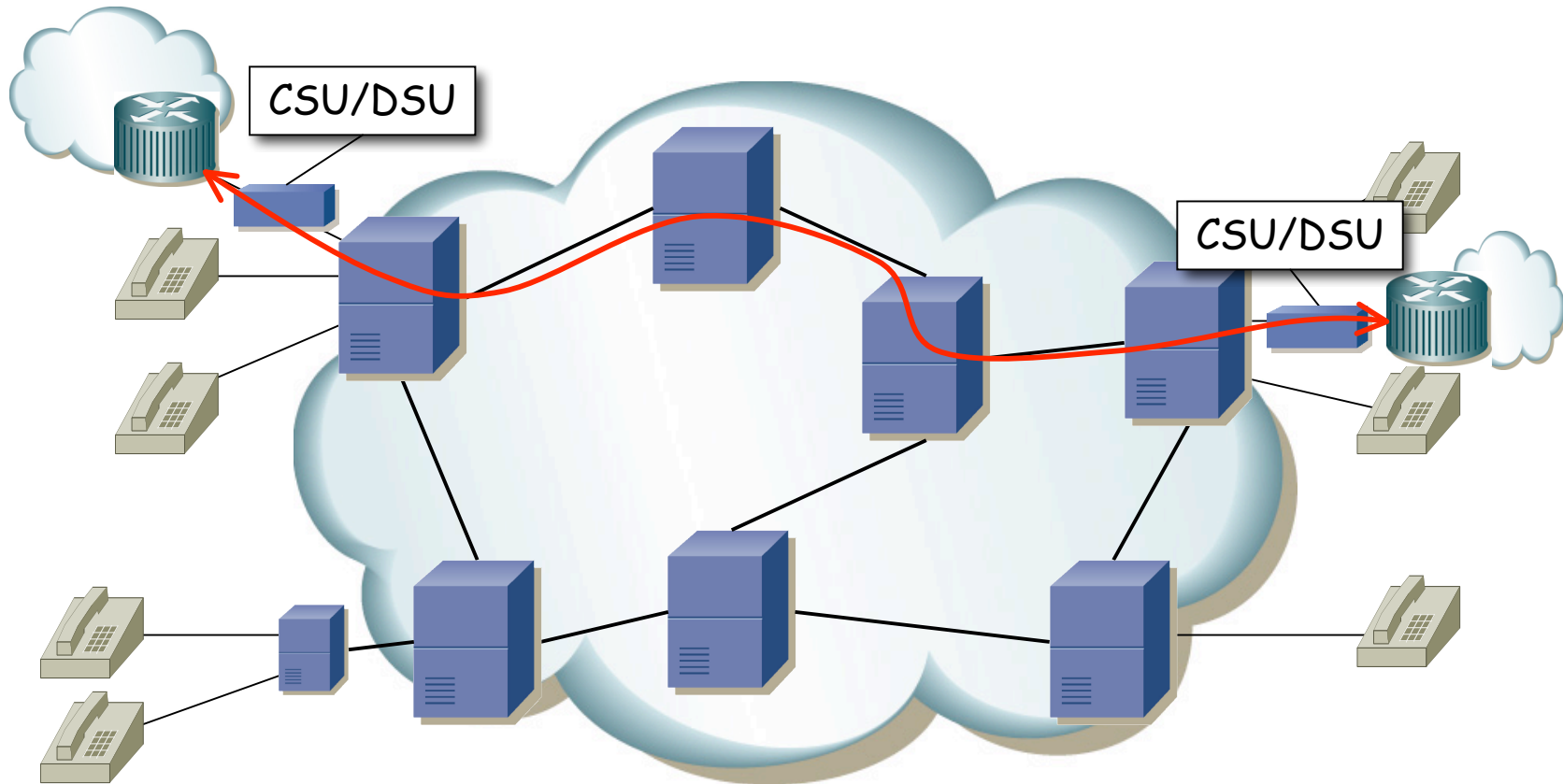
# PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

- Señales plesiócronicas:
  - Las velocidades pueden sufrir desplazamientos de fase, *jitter* y *wander* pero con unos límites
  - Cada uno su propio reloj
  - Esto limita las velocidades
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto
- Demultiplexar para extraer canales menores en la jerarquía



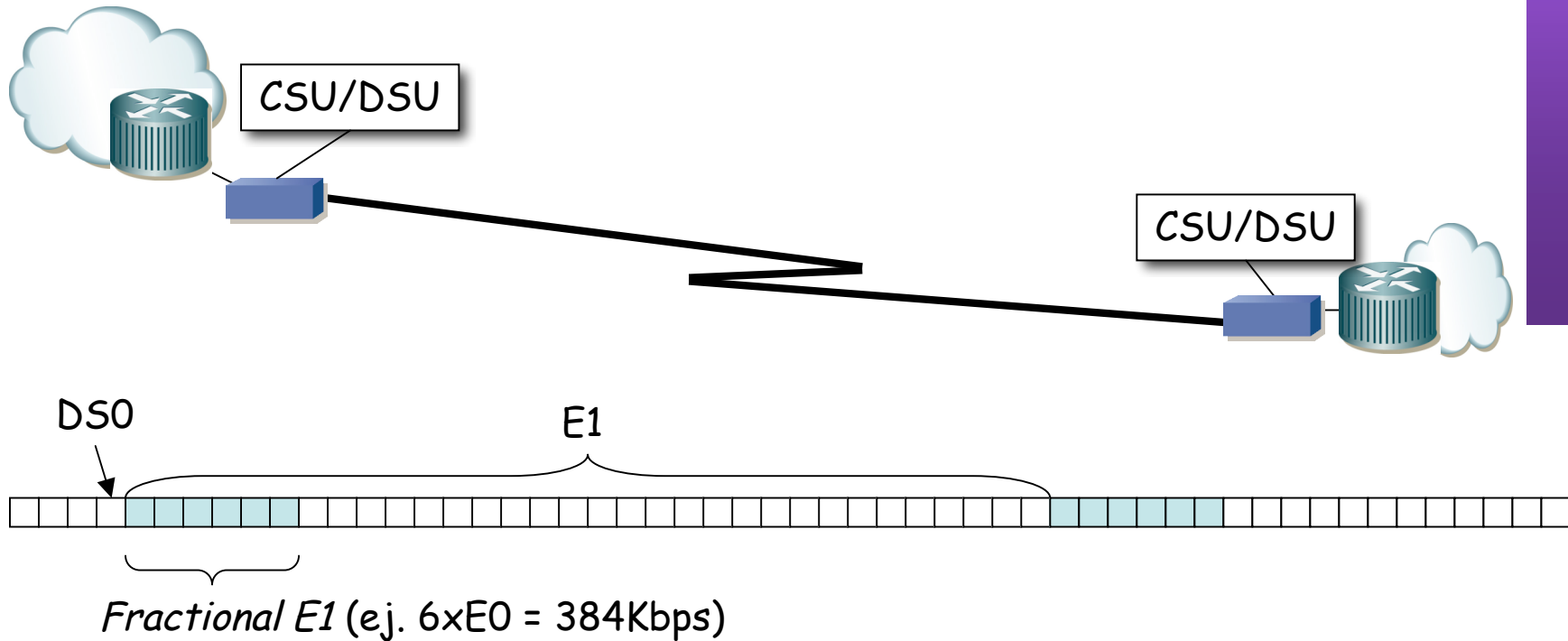
# Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH



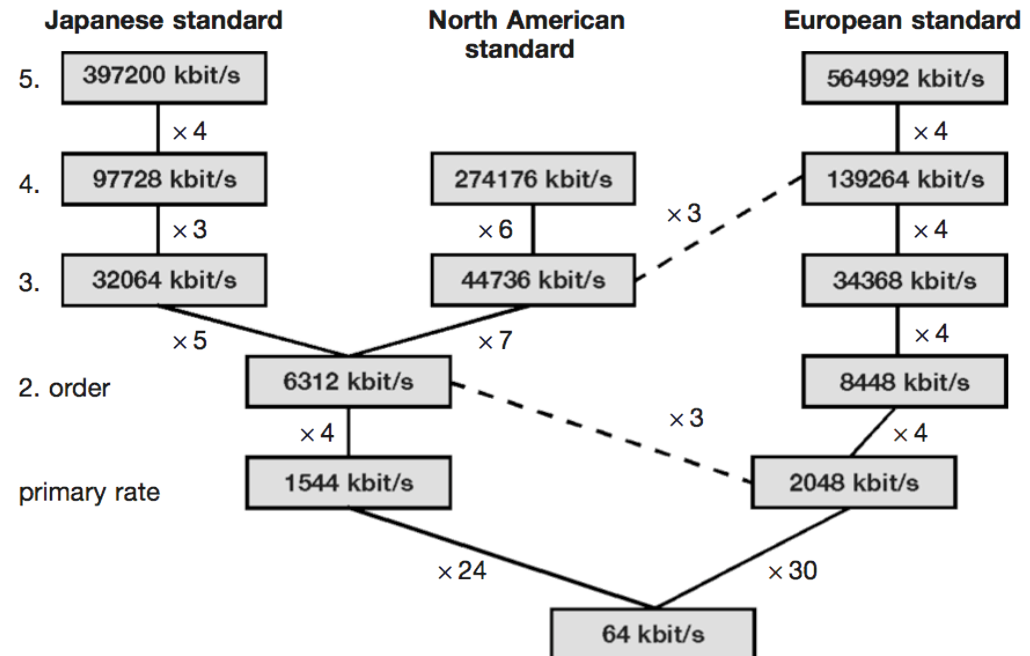
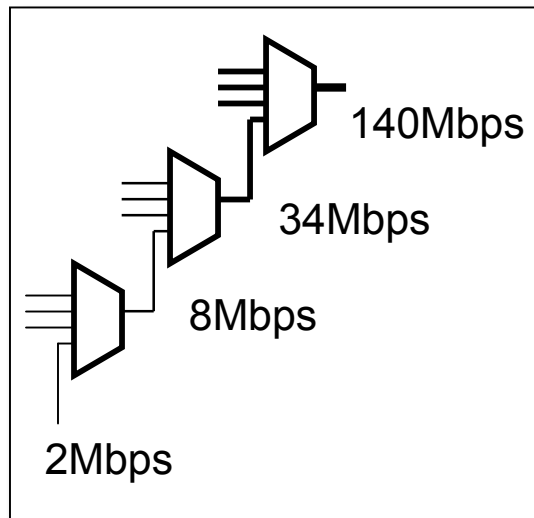
# Datos

- CSU/DSU = *Channel Service Unit / Digital Service Unit*
- Asignan los datos a un canal PDH
- Puede ser un E0, un E1, un E3 o por ejemplo parte de un E1 (E1 fraccional)



# Limitaciones de PDH

- Falta de estandarización:
  - 3 jerarquías diferentes (Europa, EE.UU., Japón)
  - Problemas de interoperatividad
  - Diferentes formatos de señales y codificaciones
- Complicado extraer una señal de menor capacidad
- Gestión y mantenimiento manual

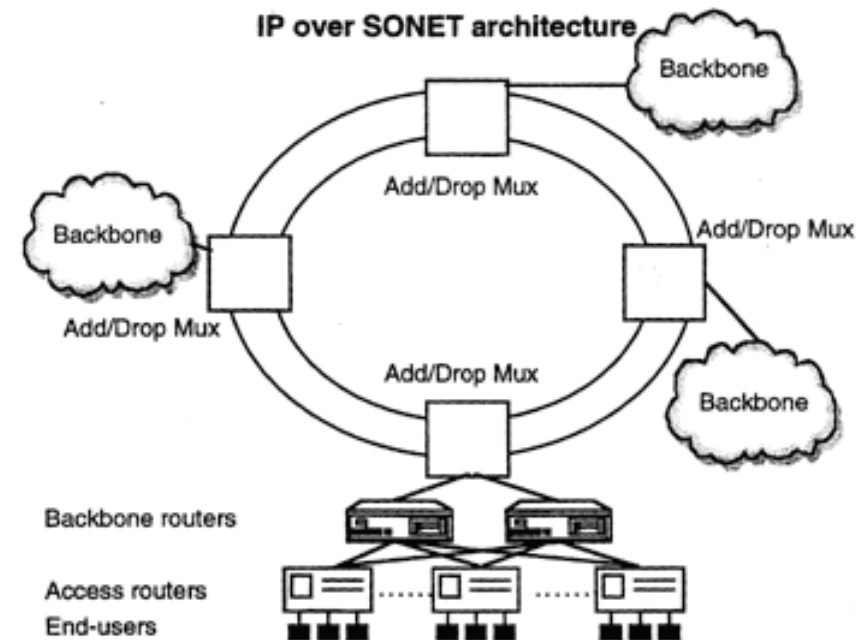


# SONET/SDH



# SONET/SDH

- Especificaciones de *Network Node Interface* (NNI)
- Tecnología de transporte. Originalmente para transportar señales PDH
- Permite velocidades elevadas
- Las velocidades están sincronizadas en toda la red
- La sincronización reduce la necesidad de buffering
- Simplifica la inserción y extracción de señales de más baja velocidad sin demultiplexar
- Fácilmente extendible a mayores velocidades
- Compatible entre fabricantes
- Funcionalidades de recuperación ante fallos en los enlaces/nodos
- Funcionalidades de gestión
- Hay tres redes: Transmisión, Sincronización y Gestión



# SONET y SDH

## SONET

- *Synchronous Optical NETwork*
- Estándar del ANSI
- STS (*Synchronous Transport Signal*), señal eléctrica
- STS-1 = 51.84Mbps
- OC-1 (*Optical Carrier*), señal óptica
- Terminología:
  - *STS Section, STS Line, STS Path*
  - *Virtual Tributary*

## SDH

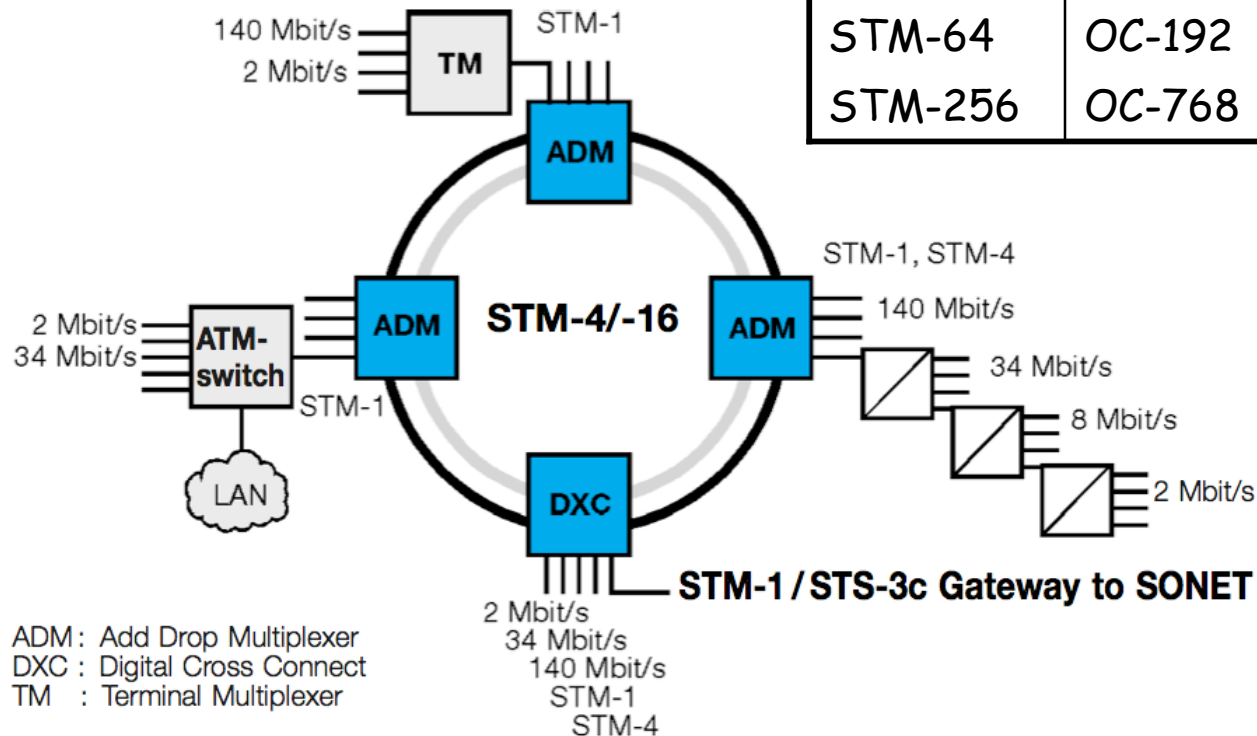
- *Synchronous Digital Hierarchy*
- Estándar del ITU (finales de los 80s, G.707)
- SONET caso particular
- En SDH la señal mínima es la de 155.52Mbps (STM-1)
- STM (*Synchronous Transport Module*), óptico o eléctrico
- Terminología:
  - *Regenerator Section, Multiplex Section, Higher Order Path*
  - *Virtual Container*



# SONET/SDH

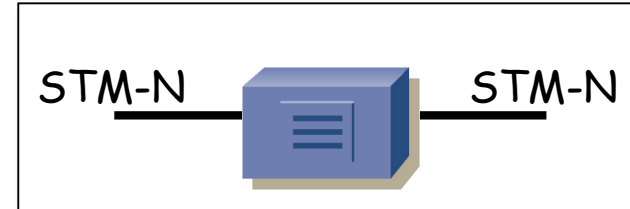
- SDH se diseñó para transportar señales de 1.5, 2, 6, 34, 45 y 140 Mbps
- Límite de velocidad impuesto por la tecnología, no por la falta de estándar

| SDH     | OC Level | Line Rate (Mbps) |
|---------|----------|------------------|
|         | OC-1     | 51.84            |
| STM-1   | OC-3     | 155.52           |
| STM-4   | OC-12    | 622.08           |
| STM-16  | OC-48    | 2488.32          |
| STM-64  | OC-192   | 9953.28          |
| STM-256 | OC-768   | 39813.12         |



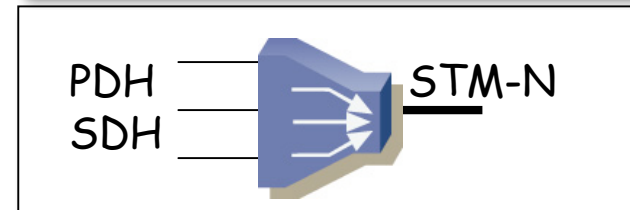
# Elementos

## Regeneradores



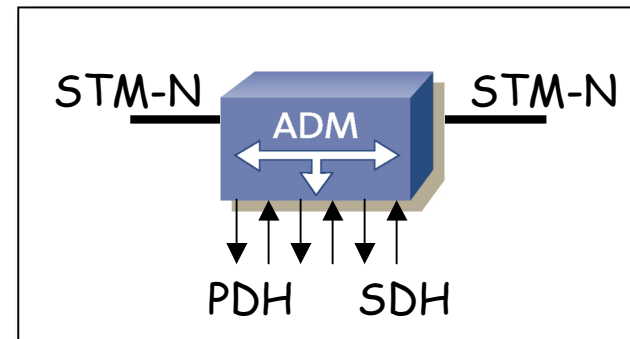
## Terminal Multiplexers (TM)

- Multiplexan señales plesiócronas y síncronas en una única señal de nivel superior



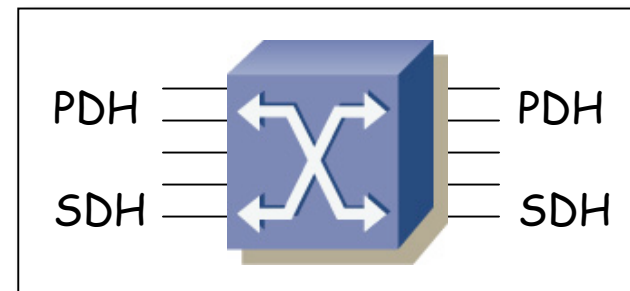
## Add-Drop Multiplexers (ADM)

- Insertan y extraen señales PDH y SDH
- Distancia entre ellos suele rondar las decenas de Km



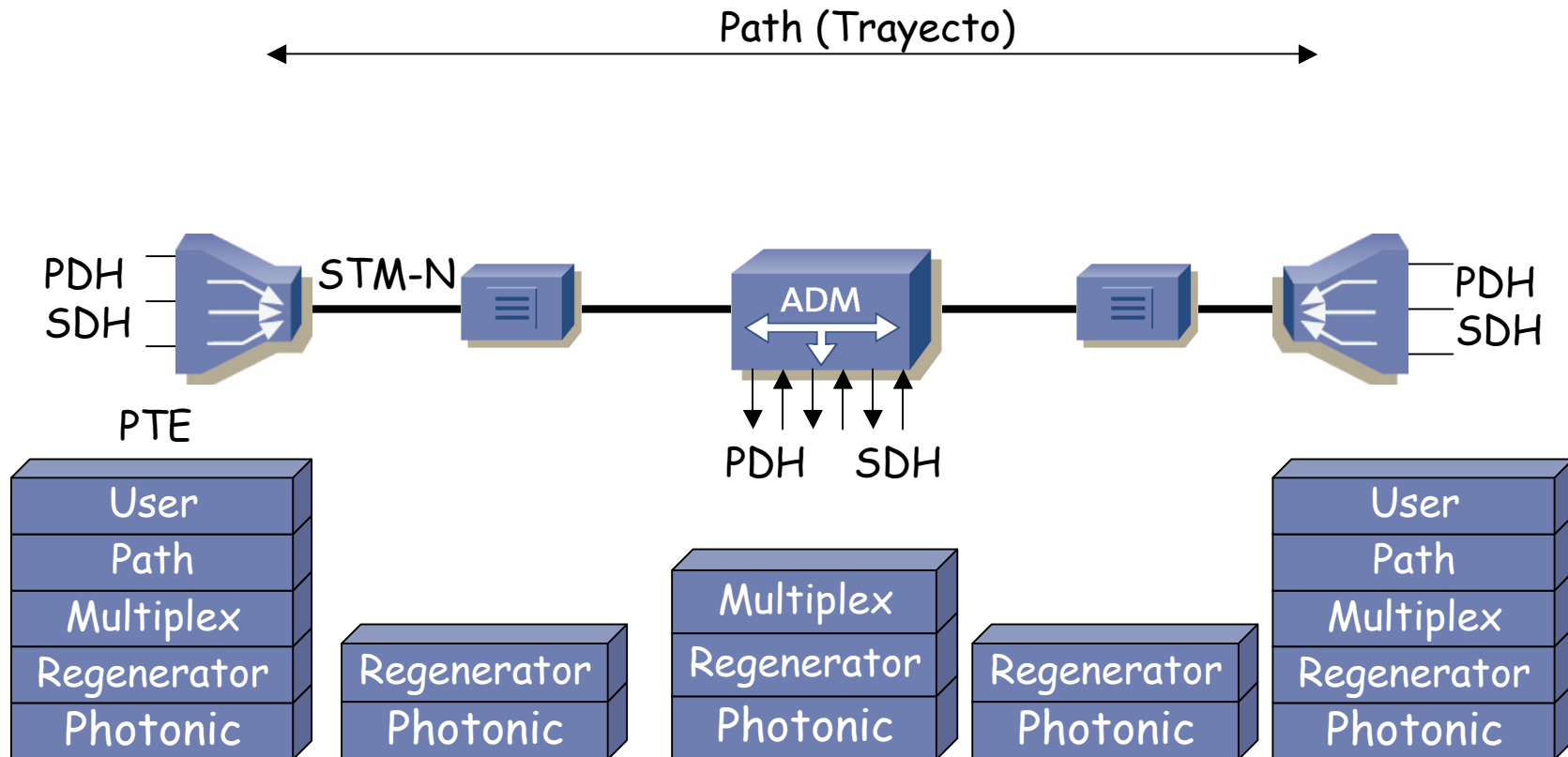
## Digital Cross-Connect (DXC)

- Conmutación, inserción y extracción de señales PDH y SDH



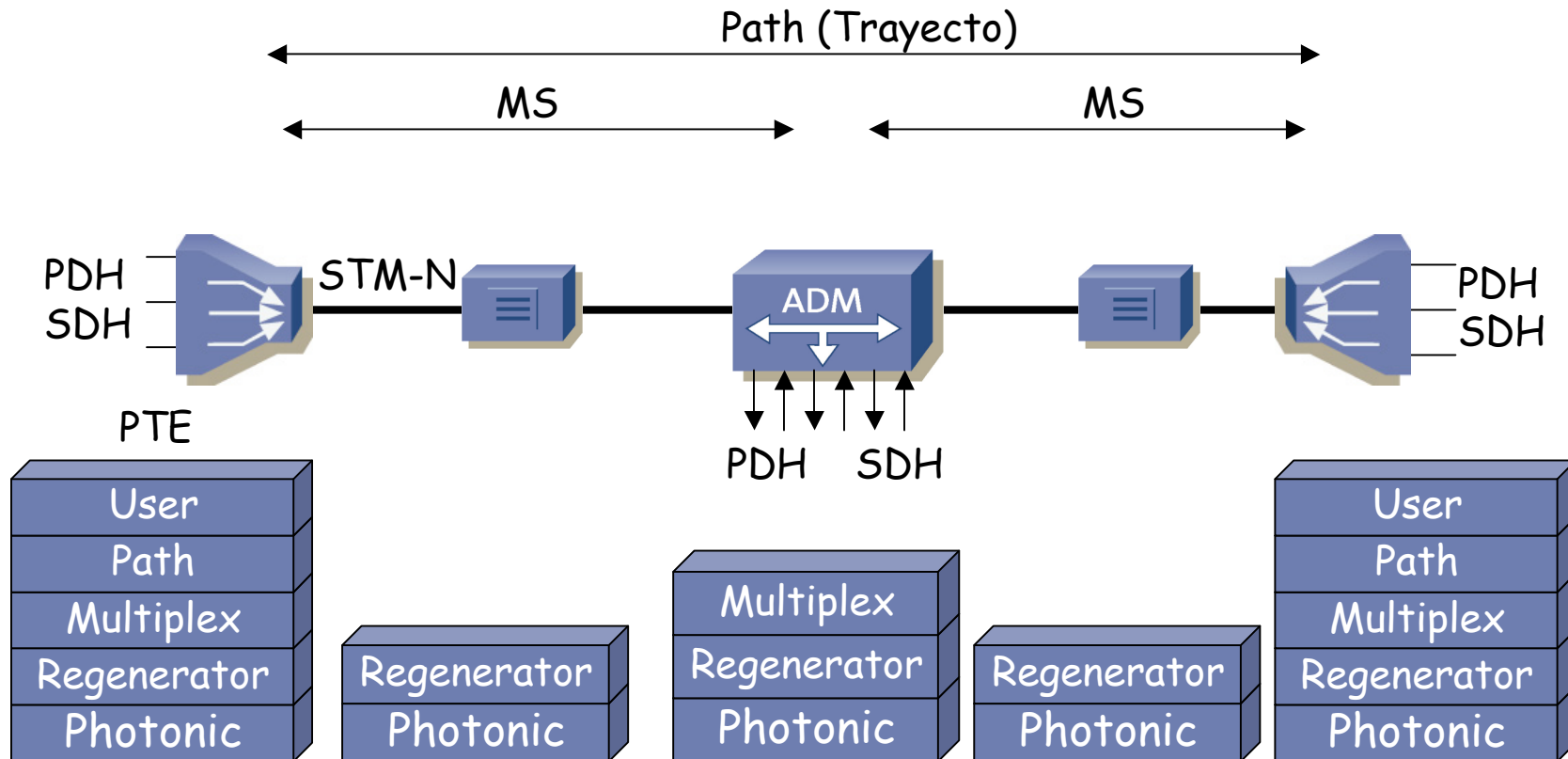
# Elementos

- **PTE** : *Path Termination Element* (Elemento de Terminación de Trayecto)
- Hay trayectos de orden inferior y superior (34Mbps+)
- Trayecto entre donde se ensambla y desensambla la trama SDH
- Incluye el *Path OverHead* (POH)



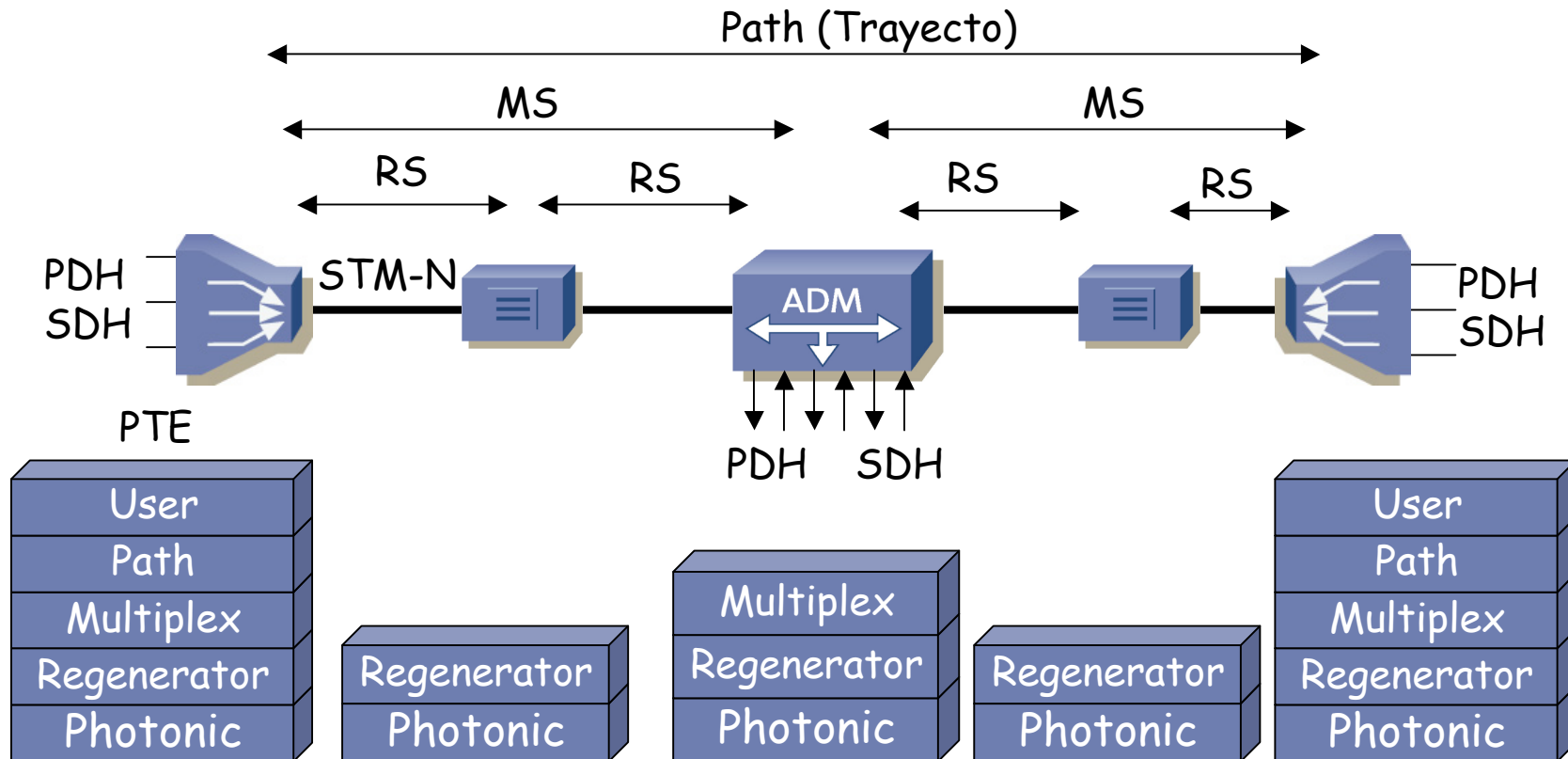
# Elementos

- **MSTE** : *Multiplex Section-Terminating Element*
- **MS** : Sección de Multiplexación
- Transporte de información entre dos elementos de red consecutivos
- Incluyen y extraen los bytes de *Multiplex Section OverHead* (MSOH)



# Elementos

- **RSTE** : *Regenerator Section-Terminating Element*
- **RS** : *Regenerator Section* (Sección de Regeneración)
- Emplea el *Regenerator Section OverHead* (RSOH)

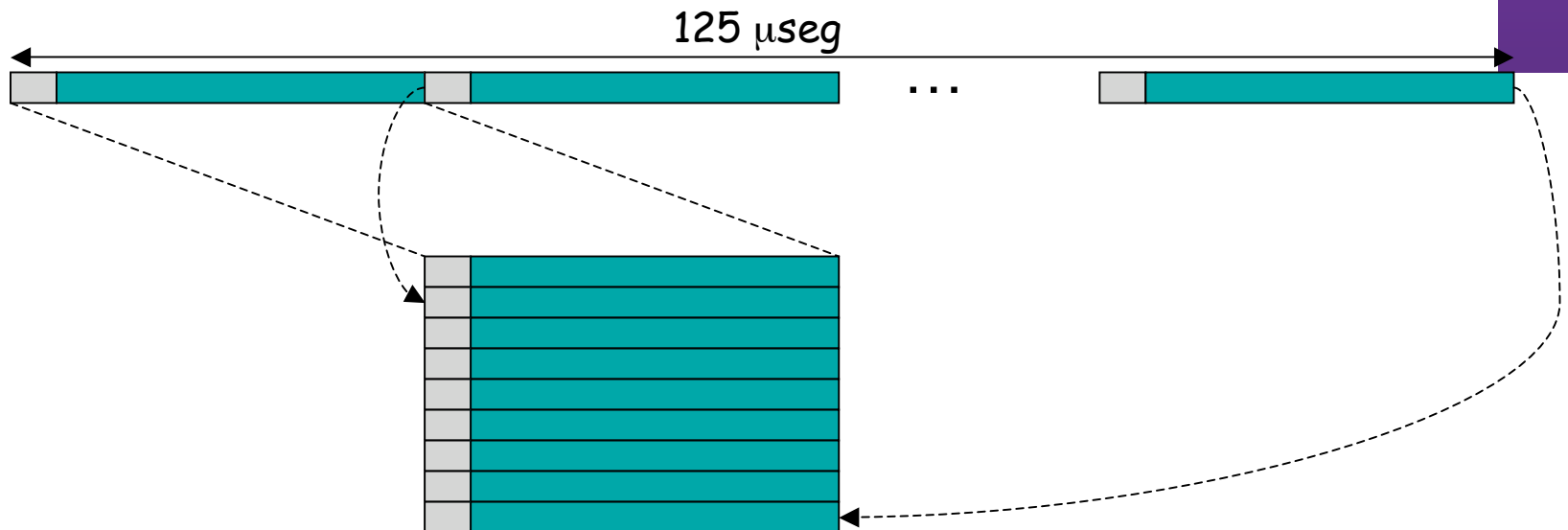


# Trama SDH



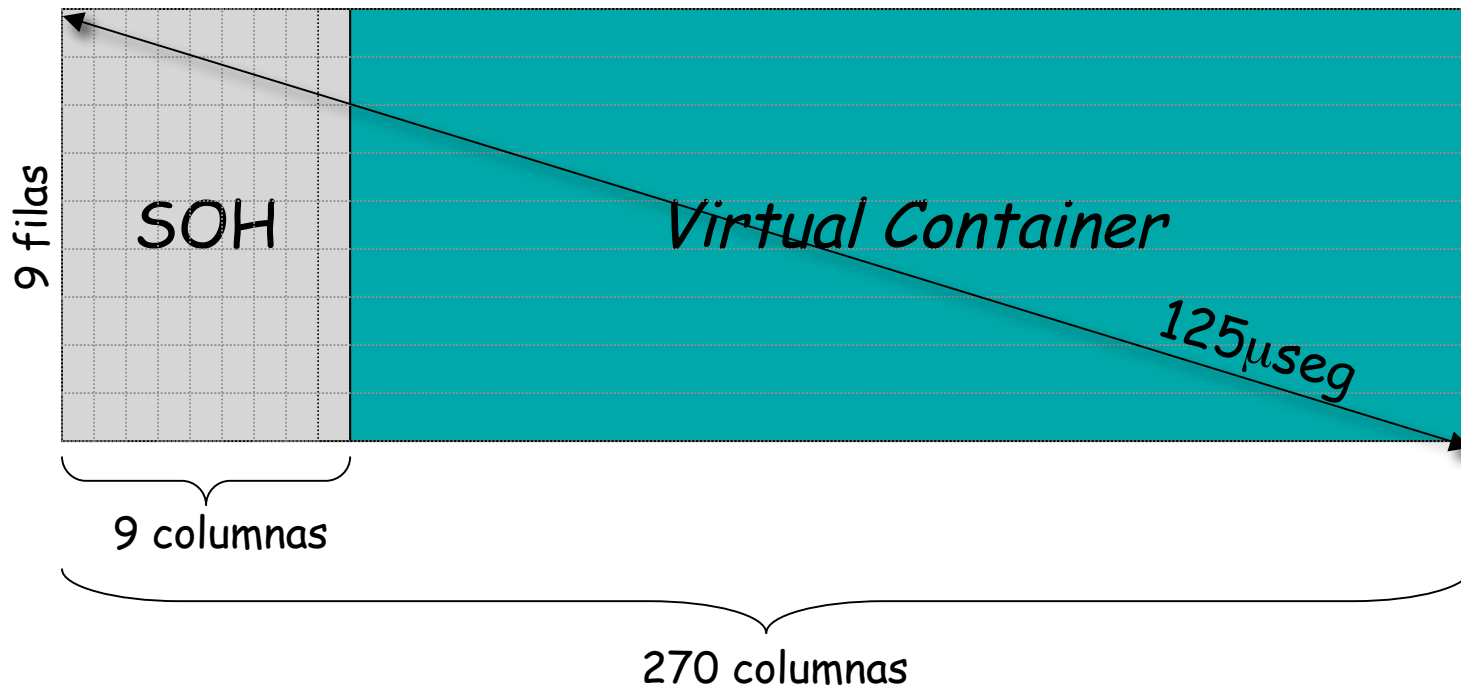
# Estructura de la trama SDH

- La unidad básica es la trama STM-1
- Para cualquier velocidad la trama dura 125µseg
- 8.000 tramas/seg
- La menor unidad es un byte
- A 155Mbps la trama de 2430 Bytes
- Hay 9 secciones con 9 bytes de sobrecarga
- Se suele representar la trama en forma matricial o rectangular (...)



# Estructura de la trama STM-1

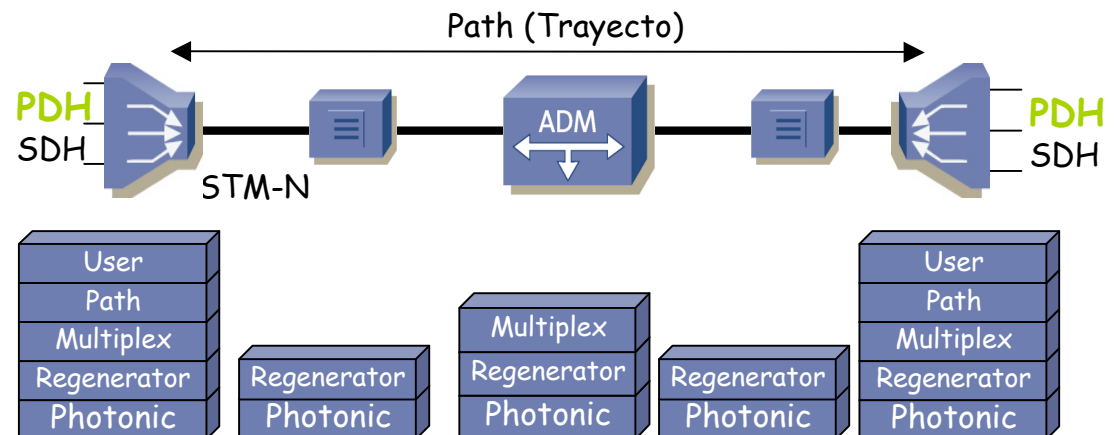
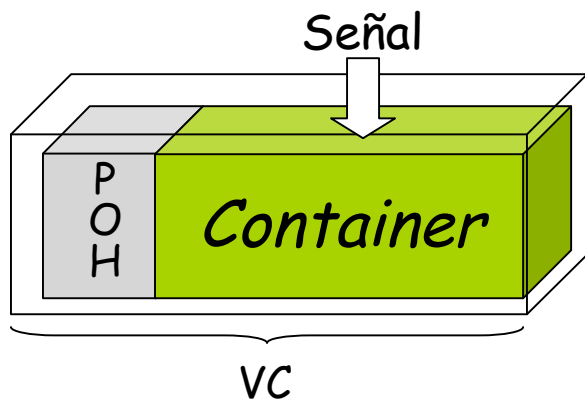
- 1 byte  $\Rightarrow$  64Kbps
- 64Kbps x 9 filas x 270 columnas = 155.52Mbps
- SOH = *Section OverHead* (9 columnas)
- STM-N: duración de 125 $\mu$ seg, 9 filas, Nx270 columnas



# Entramado

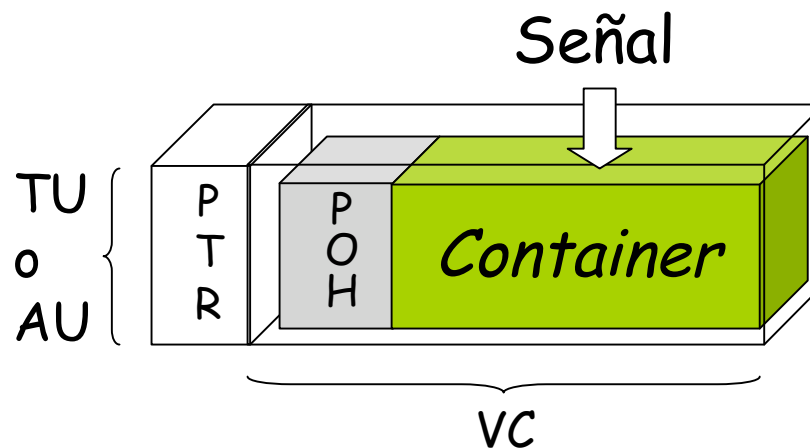
- Las señales PDH se introducen dentro de un *Container SDH* de capacidad suficiente  $\Rightarrow$  Contenedor + *Path OverHead (POH)* = *Virtual Container (VC)*
- La señal PDH se inserta de manera *asíncrona* (modo flotante)
- Se permite que la velocidad binaria fluctúe dentro de unos márgenes

| Contenedor | Velocidad (Kbps) | Ejemplos de cargas útiles PDH |
|------------|------------------|-------------------------------|
| C-12       | 2176             | 2048Kbps (E1)                 |
| C-2        | 6912             | 6Mbps (T2)                    |
| C-3        | 49536            | 45Mbps (T3) ó 34Mbps (E3)     |
| C-4        | 149760           | 140Mbps (E4)                  |



# 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 VC-4 junto con un puntero forma la Unidad Administrativa (AU-4)



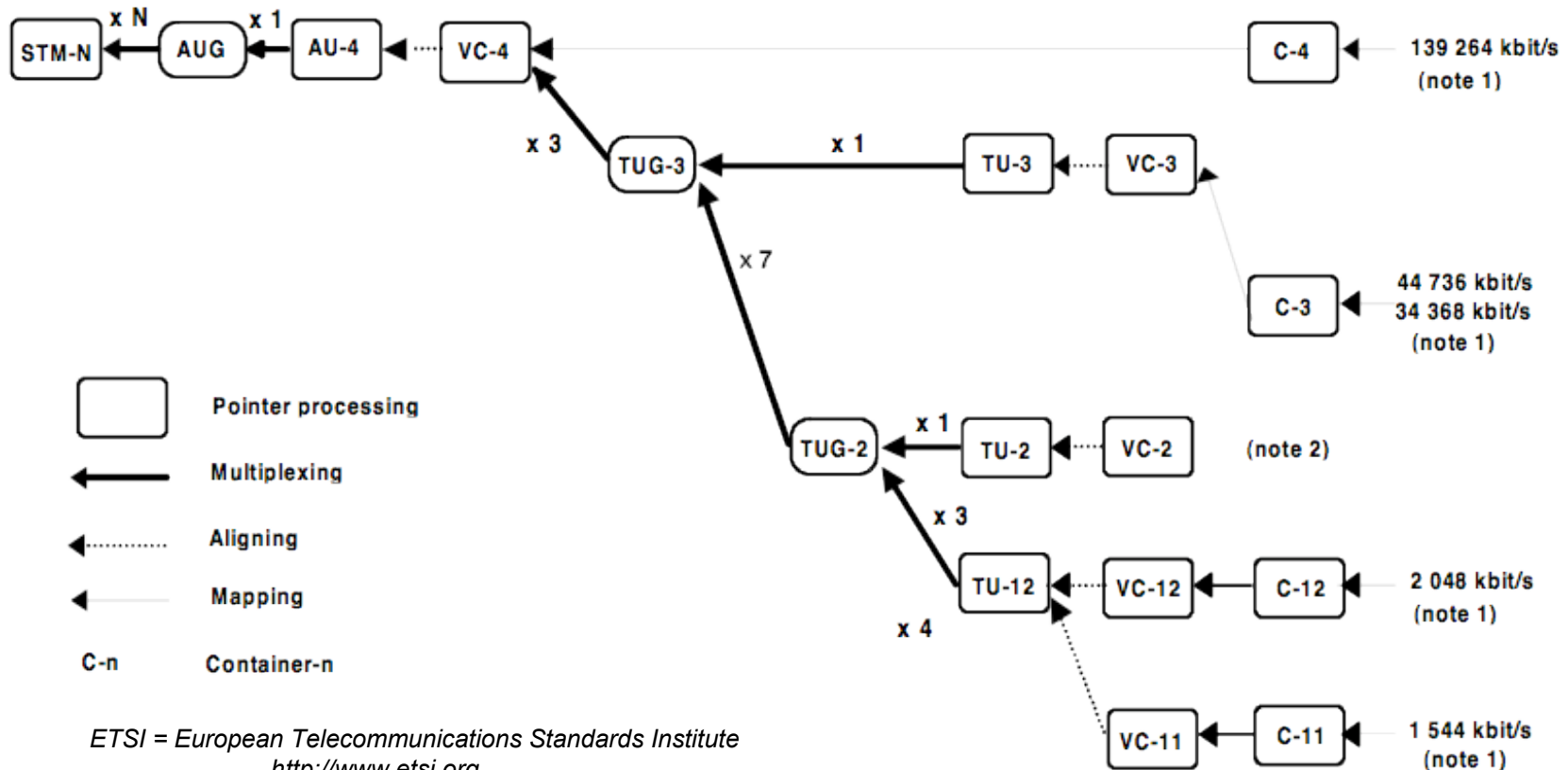
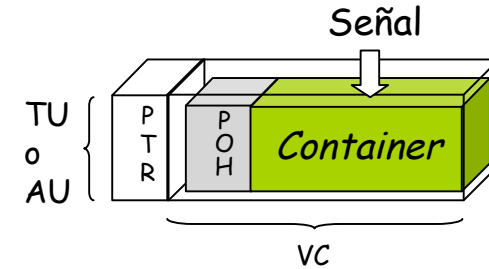
# Multiplexación en SDH

Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

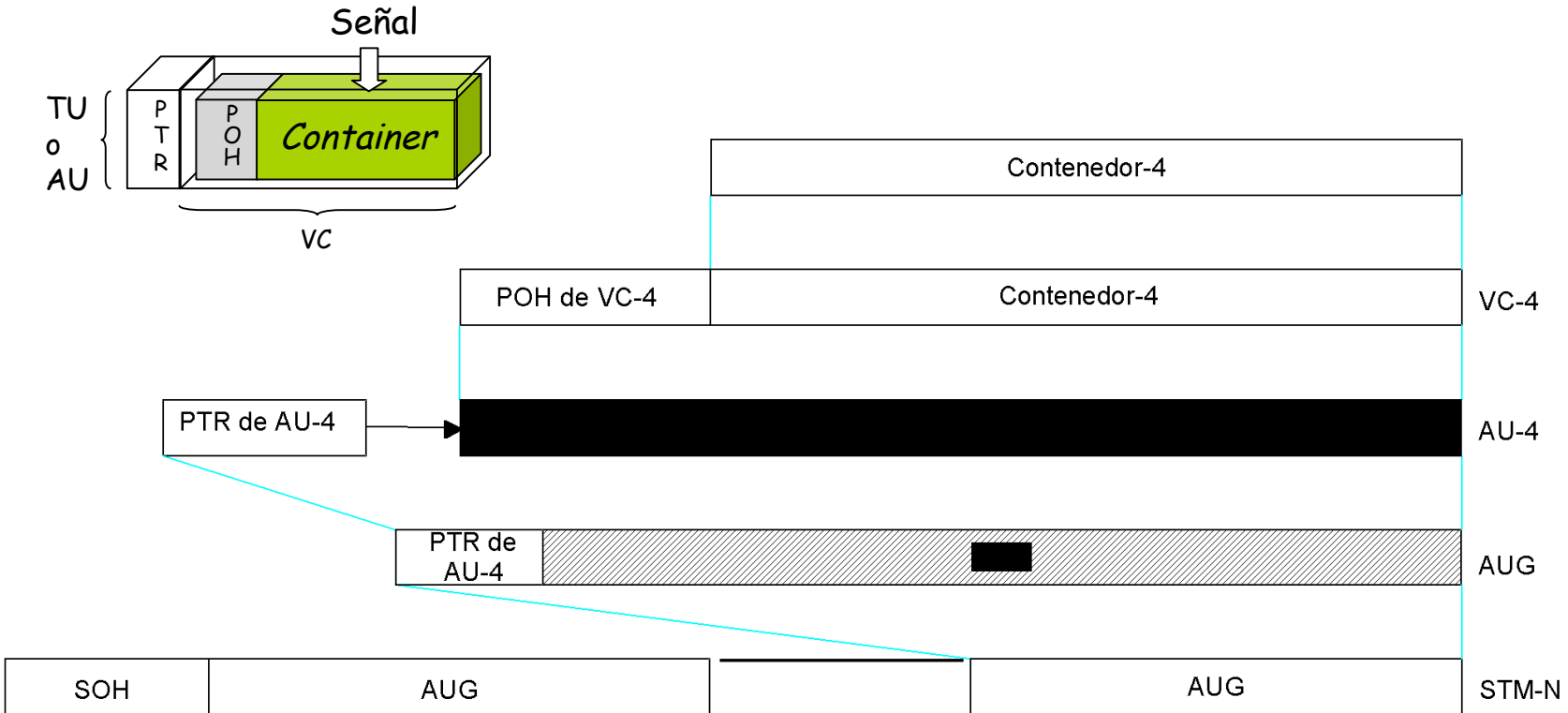
Redes de Banda Ancha  
5º Ingeniería de Telecomunicación

# Estructura de multiplexación

- La trama STM-1 puede transportar diferentes combinaciones de *Virtual Containers*
- Estructura de multiplexación generalizada de ETSI (subconjunto de la estandarizada en G.707):



# Ejemplo

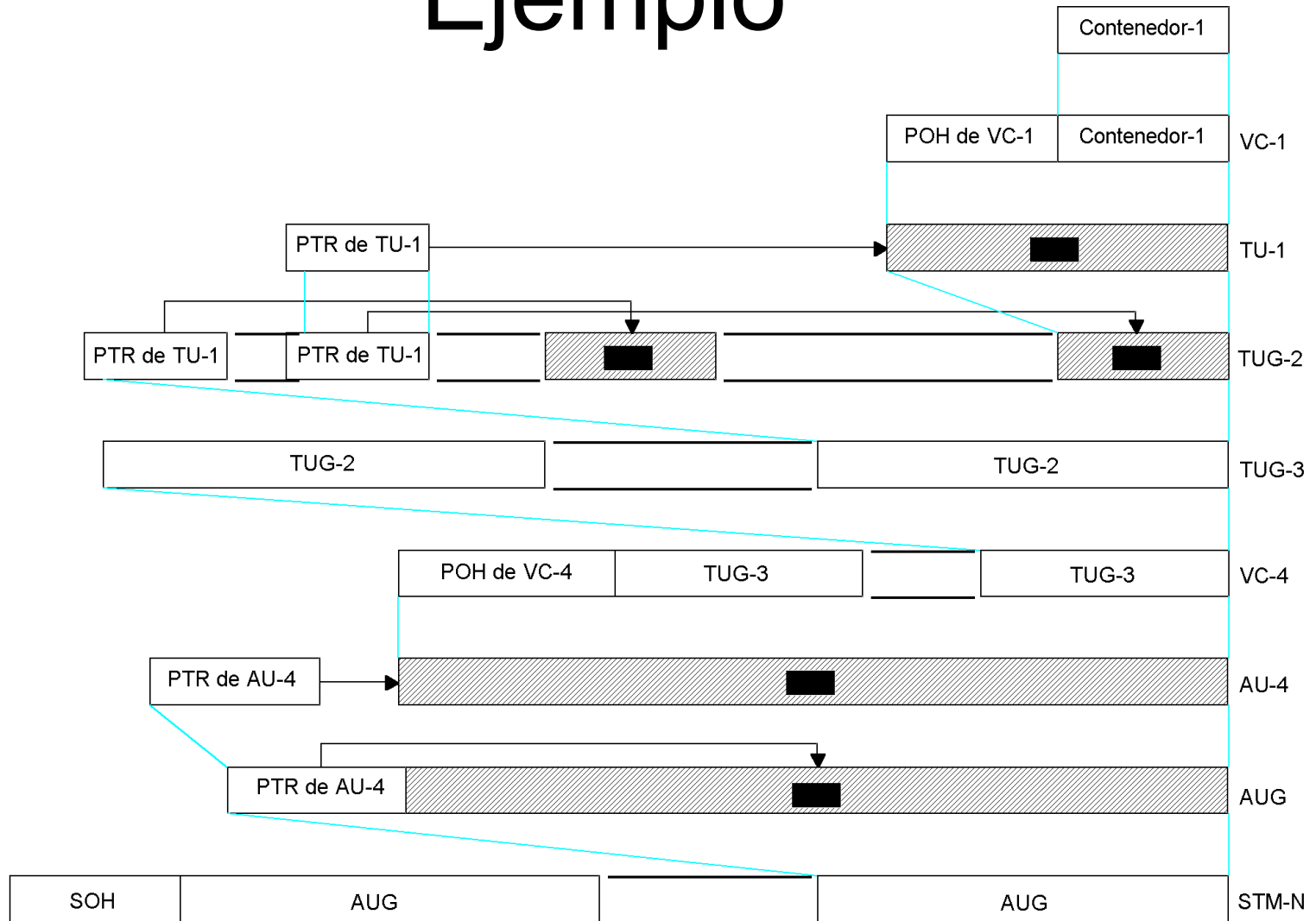


→ Asociación lógica  
 — Asociación física

T1517990-95

NOTA – Las zonas no sombreadas están alineadas en fase. La alineación de fase entre las zonas no sombreadas y las sombreadas se define por el puntero (PTR) y se señala con la flecha.

# Ejemplo



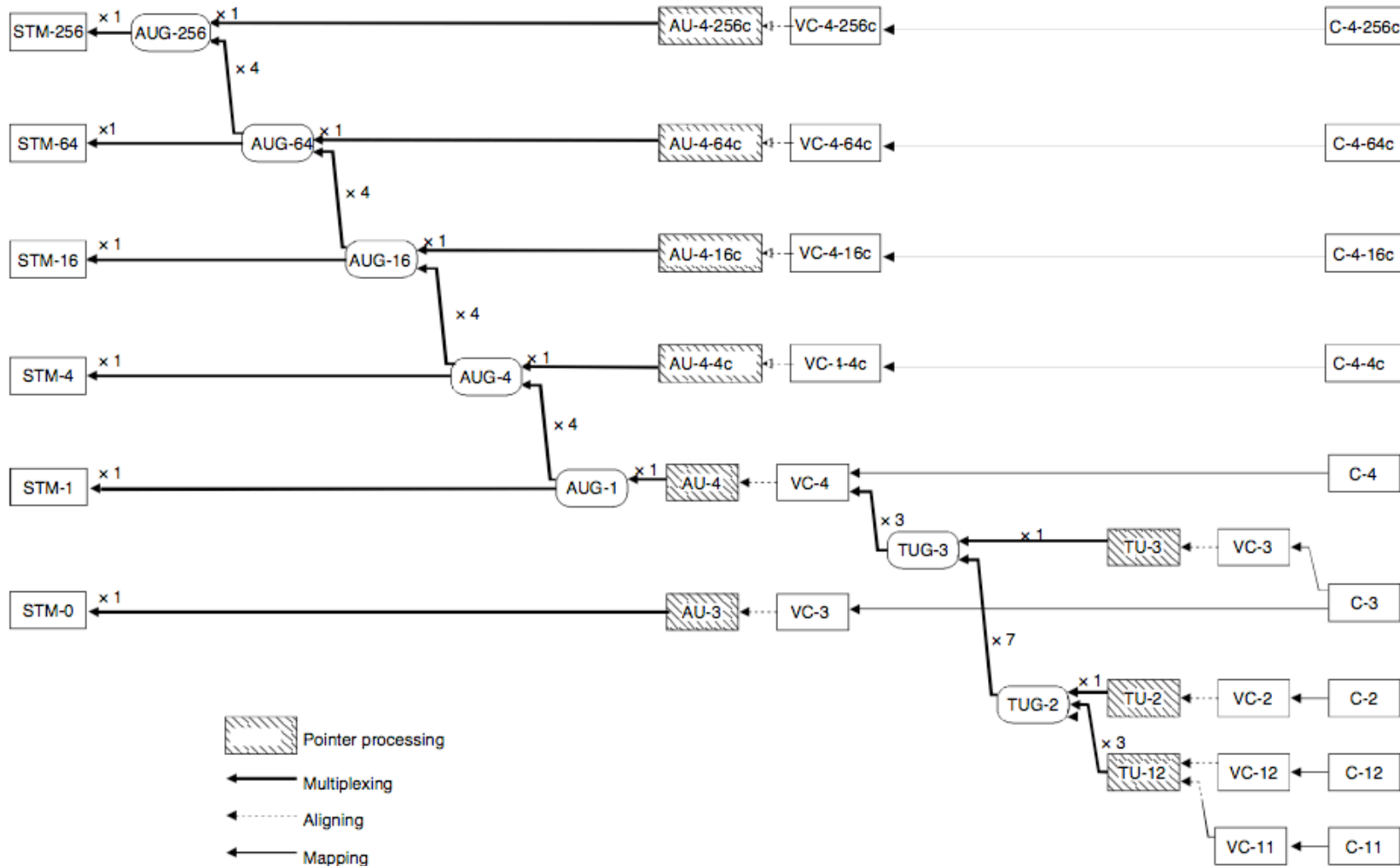
→ Asociación lógica  
 — Asociación física

T1517960-95

NOTA – Las zonas no sombreadas están alineadas en fase. La alineación de fase entre las zonas no sombreadas y las sombreadas se define por el puntero (PTR) y obsérvese con la flecha.

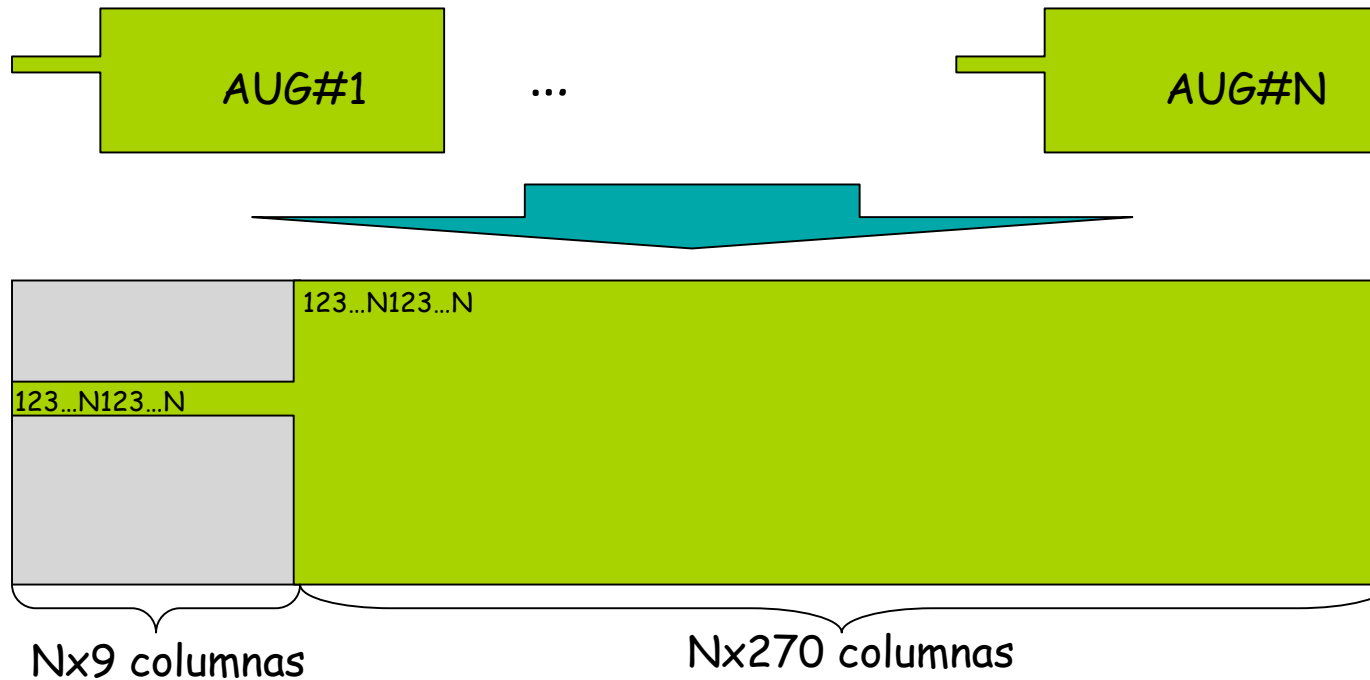


# Estructura de multiplexación STM-N



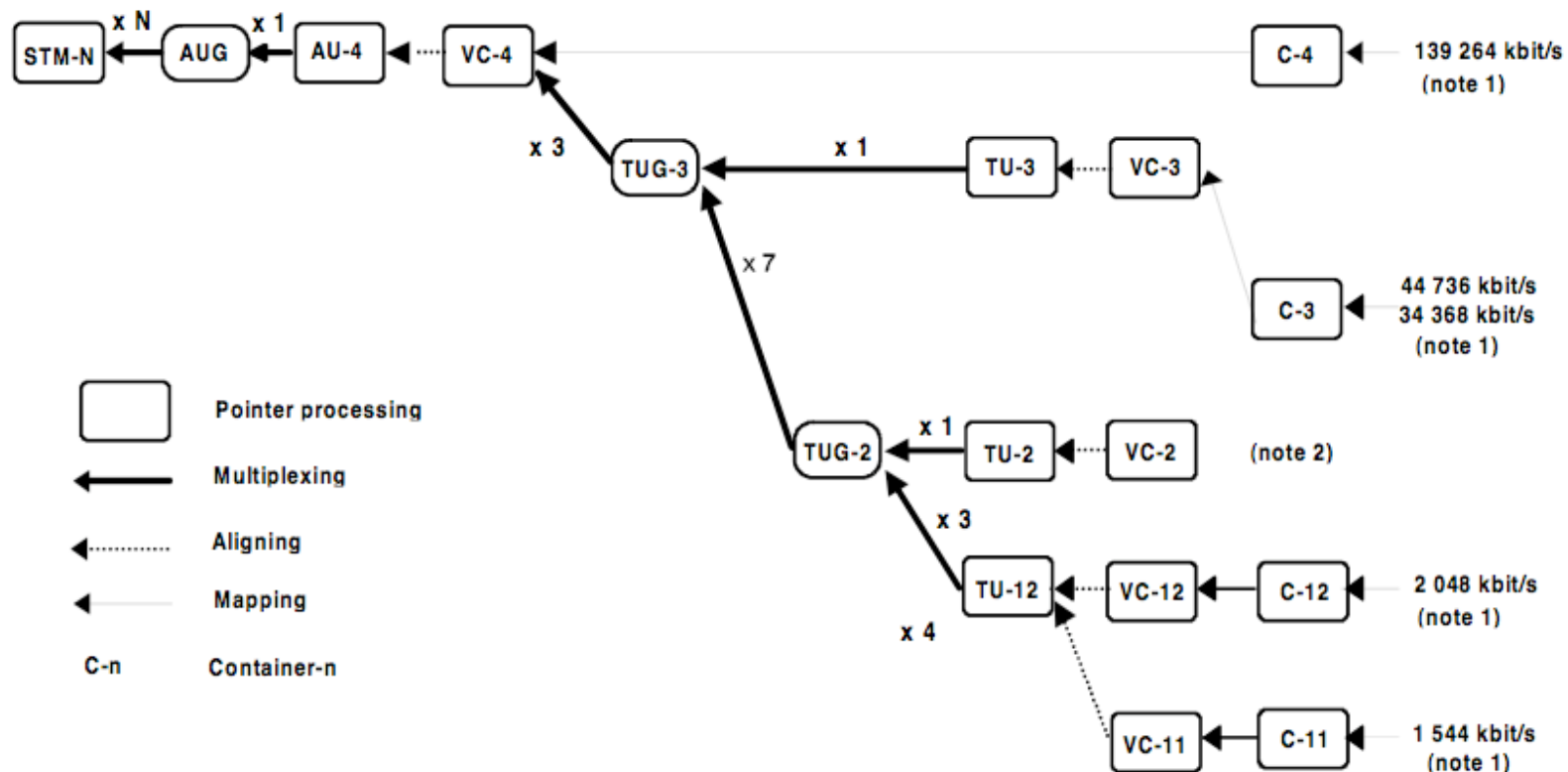
# Multiplexación en STM-N

- Un AUG tiene 9 filas x 261 columnas más 9 bytes en la fila 4 (el puntero)
- El STM-N contiene una SOH de Nx9 columnas y un payload de Nx261 columnas
- Los N AUG están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #N



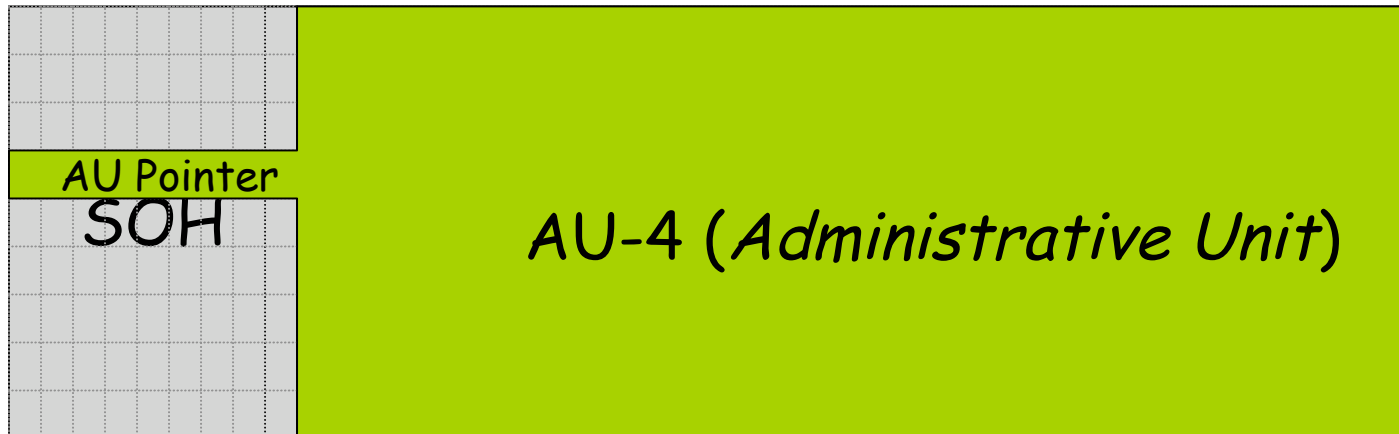
# Estructura de la trama STM-1

- Un STM-1 transporta un AUG (*Administrative Units Group*)
- Según G.707 un AUG puede transportar
  - Un AU-4 ó
  - Tres AU-3
- ETSI recomienda solo la primera alternativa



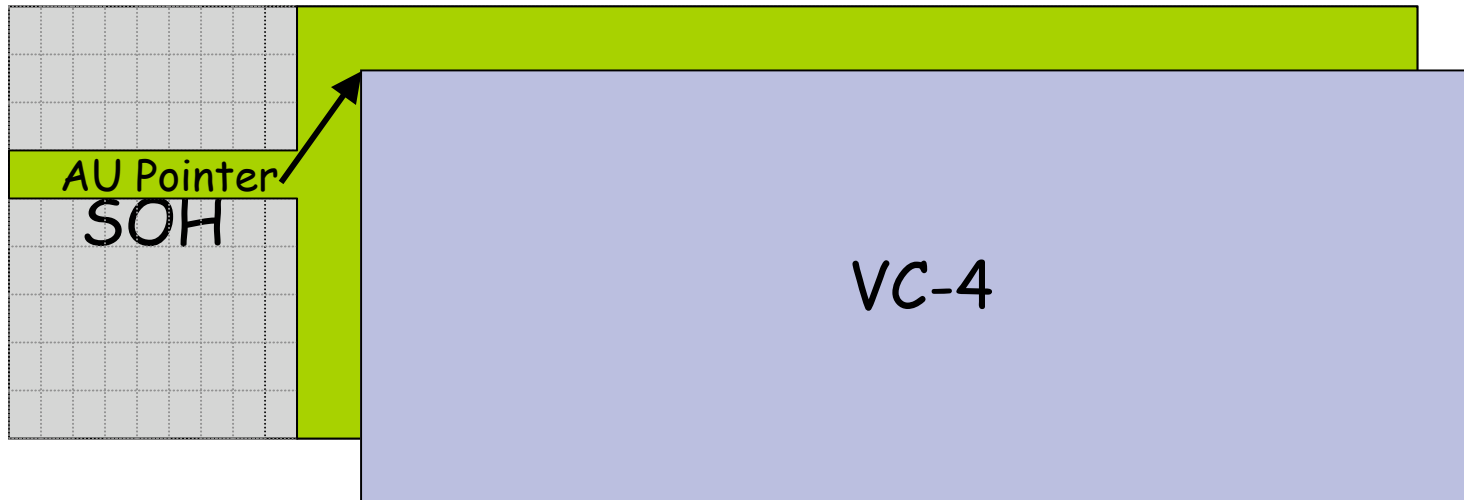
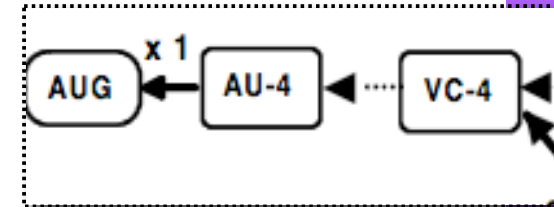
# Estructura de la trama STM-1

- Un STM-1 transporta un AUG (*Administrative Units Group*)
- Según G.707 un AUG puede transportar
  - Un AU-4 ó
  - Tres AU-3
- ETSI recomienda solo la primera alternativa



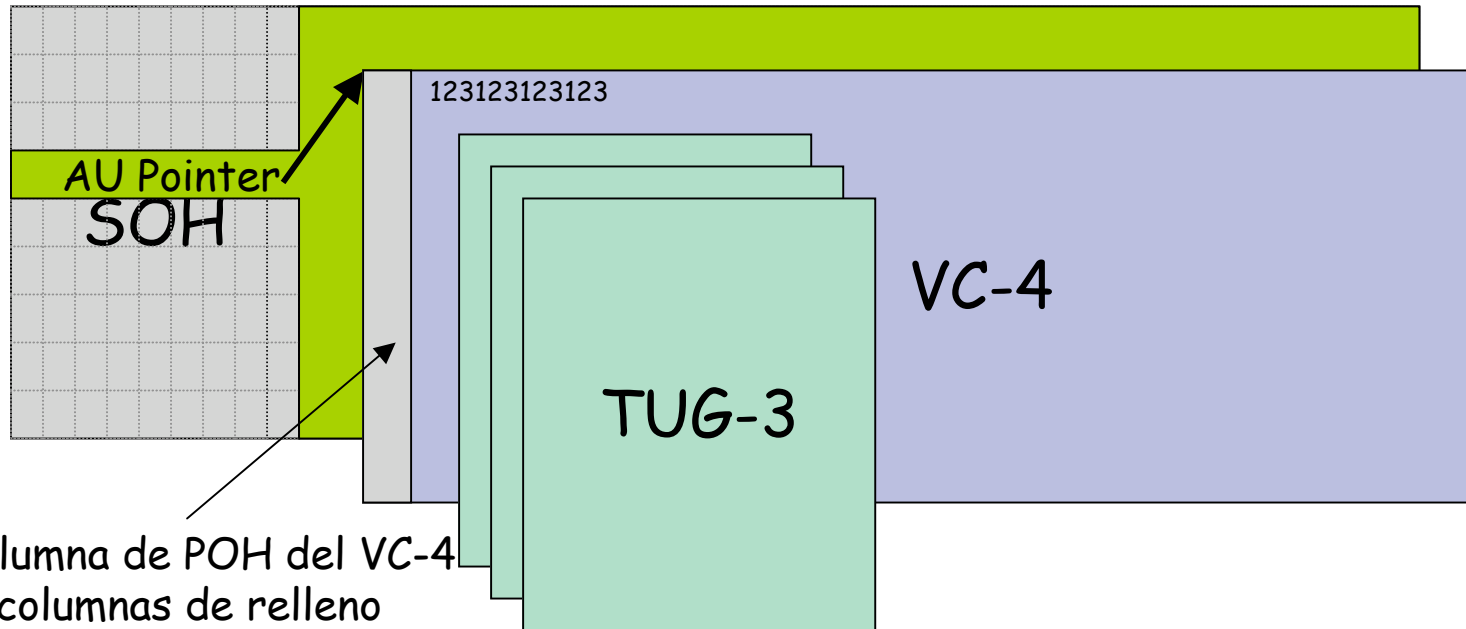
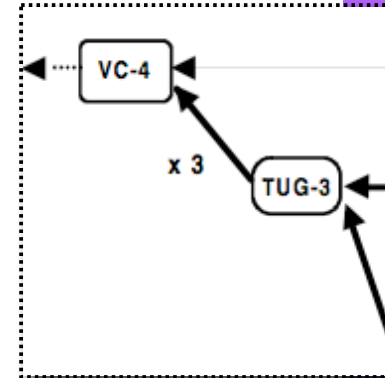
# Estructura de la trama STM-1

- El AU-4 transporta un VC-4
- El VC-4 asociado al AU-4 no tiene una fase fija dentro de la trama STM-1
- La ubicación del primer byte del VC-4 viene indicada por el puntero del AU-4



# Estructura de la trama STM-1

- El VC-4 puede contener un C-4 o tres TUG-3
- Un TUG-3 tiene 9 filas x 86 columnas
- Los TUG-3 están entrelazados por bytes
- Se numeran #1, #2 y #3

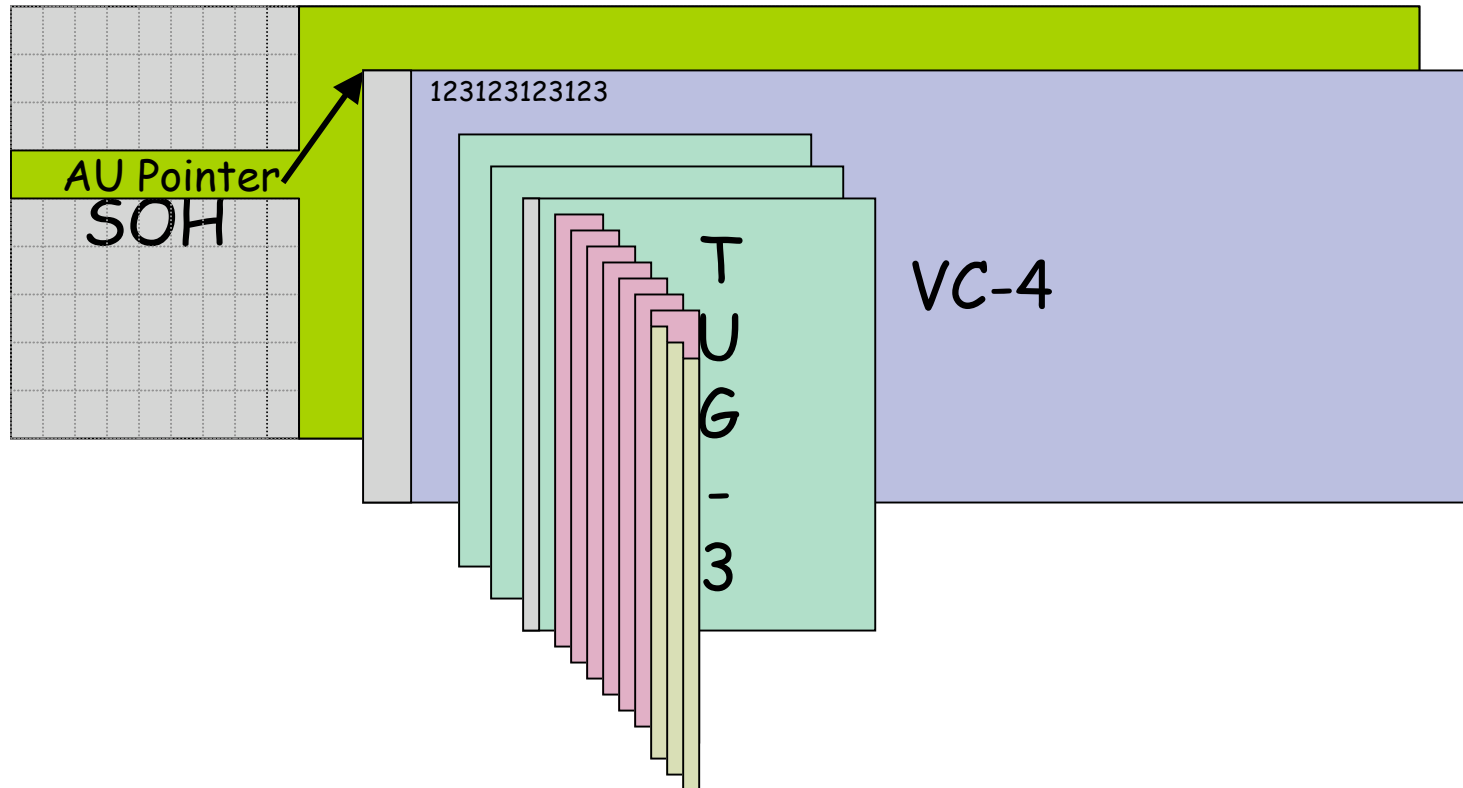
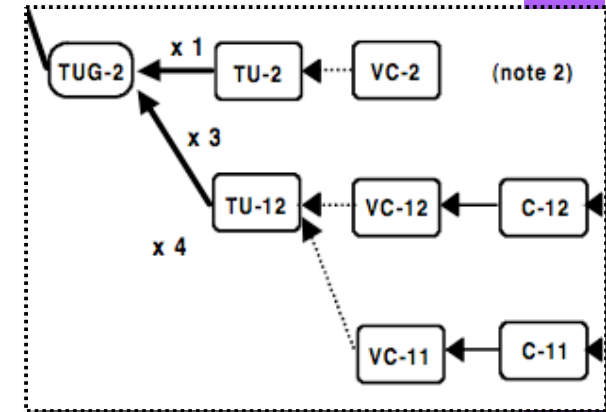


1 columna de POH del VC-4  
 y 2 columnas de relleno



# Estructura de la trama STM-1

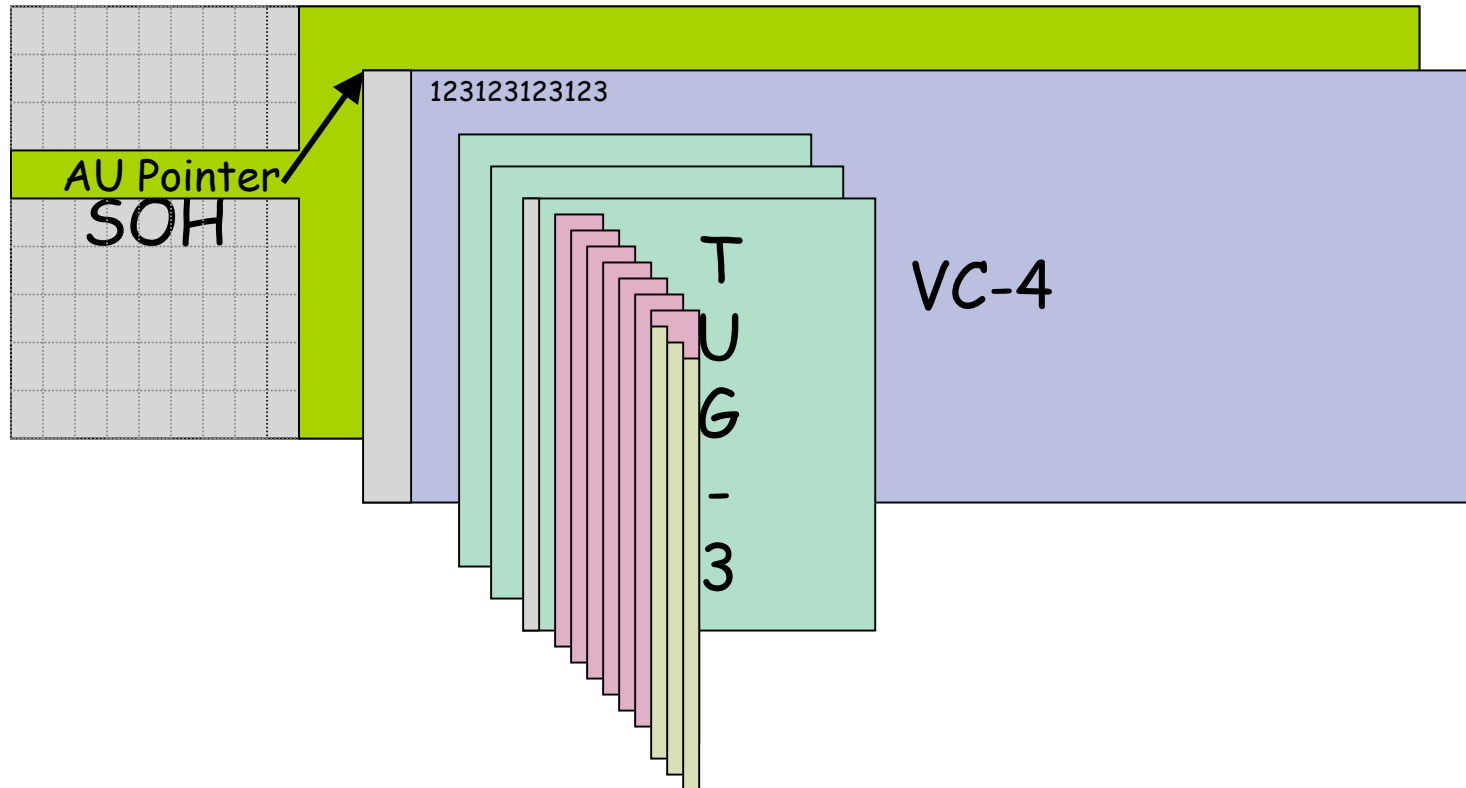
- El TUG-2 puede contener 3 TU-12
- Un TU-12 tiene 9 filas x 4 columnas
- Los TU-12 están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #3





# Estructura de la trama STM-1

- En 1 STM-1:
  - 1 señal de 140Mbps (E4) ó
  - 3 señales de 34/45 Mbps (E3/T3)
- Cada VC-3 puede sustituirse por 21 señales de 2Mbps (E1)

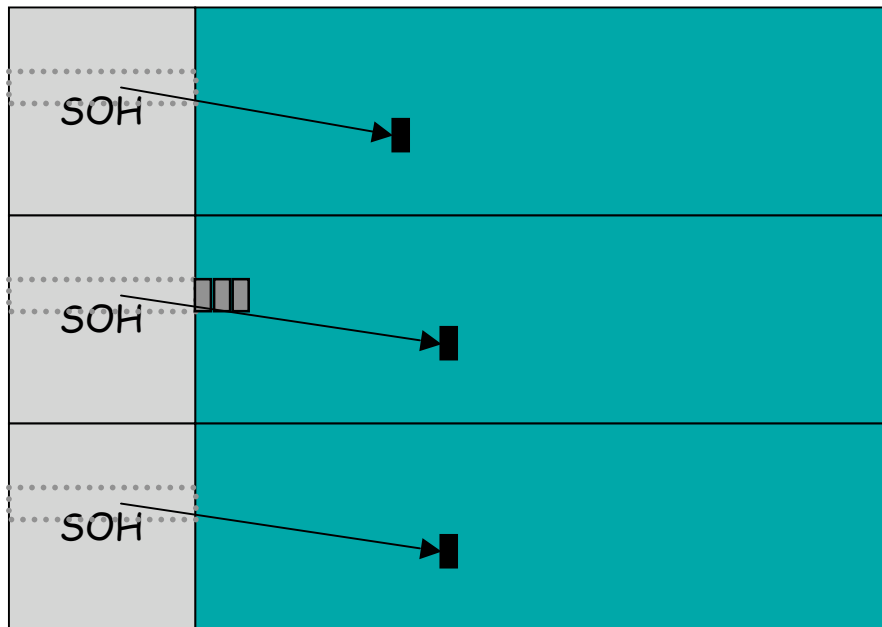






# Empleo del puntero

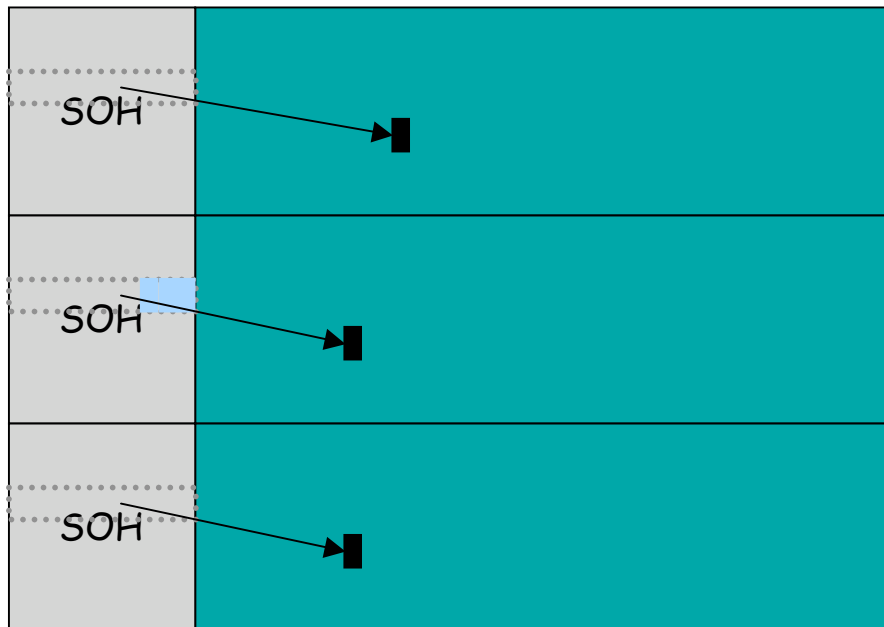
- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del VC-4 es **más lenta** que el AUG:
  - El VC-4 se va “retrasando”
  - El puntero aumenta en 1 periódicamente
  - Se introducen 3 bytes de relleno tras el puntero



Justificación  
 Positiva

# Empleo del puntero

- Con los bytes H1 y H2 se designa la ubicación del octeto en donde comienza el VC-4
- Miden relativo al final del puntero (0 quiere decir que el VC-4 comienza tras el último byte H3)
- Mide en palabras de 3 bytes
- Si la **velocidad** del VC-4 es **más rápida** que el AUG:
  - El VC-4 se va “adelantando”
  - El puntero disminuye en 1 periódicamente
  - Se emplean los tres bytes H3 para ajustar el desfase
- Existe puntero el todos los TUs. Por ejemplo para localizar un VC-12



Justificación  
 Negativa

# SOH, algunas funcionalidades

- A1 y A2 : Marcan el comienzo de la trama, no sufren *scrambling*
- B1 : para la supervisión de errores. Paridad par (BIP-8) de la trama anterior
- $\Delta$  : Uso depende del medio
- E1 y E2 : canales de órdenes de voz auxiliares
- F1 : uso propio del usuario (por ejemplo conexiones temporales de canales de datos y voz)
- D1-D12 : Data Communications Channel (DCC)
  - 192kbps en la RS
  - 576kbps en la MS
- K1 y K2 (bits 1-5): Señalización en la MS para APS (*Automatic Protection Switching*)
- K2 (bits 6-8): La indicación de defecto distante de sección de multiplexación (MS-RDI) devuelve al extremo de transmisión la indicación de que recepción ha detectado un defecto o alarma.

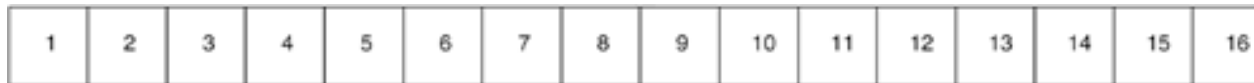
|   | 1        | 2        | 3        | 4   | 5        | 6  | 7   | 8 | 9 |
|---|----------|----------|----------|-----|----------|----|-----|---|---|
| 1 | A1       | A1       | A1       | A2  | A2       | A2 | J0  |   |   |
| 2 | B1       | $\Delta$ | $\Delta$ | E1  | $\Delta$ |    | F1  |   |   |
| 3 | D1       | $\Delta$ | $\Delta$ | D2  | $\Delta$ |    | D3  |   |   |
| 4 | Punteros |          |          |     |          |    |     |   |   |
| 5 | B2       | B2       | B2       | K1  |          |    | K2  |   |   |
| 6 | D4       |          |          | D5  |          |    | D6  |   |   |
| 7 | D7       |          |          | D8  |          |    | D9  |   |   |
| 8 | D10      |          |          | D11 |          |    | D12 |   |   |
| 9 | S1       |          |          |     |          | M1 | E2  |   |   |

RSOH

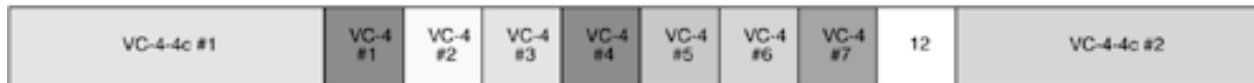
HOSOH

# Concatenación

- Concatenación:
  - Se pueden concatenar X contenedores virtuales VC-4 creando un VC-4-Xc (X=4, 16, 64 ó 256)
  - Los concatenados deben ser contiguos
  - Son conmutados como una unidad



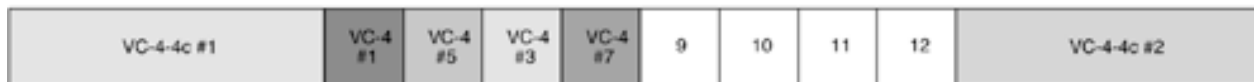
(a) Empty STM-16 (OC-48) signal



(b) STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and seven VC-4s (STS-3cs)



(c) STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)



(d) Re-groomed STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)



(e) STM-16 (OC-48) signal with three VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)

# Concatenación

- Concatenación virtual:
  - Se pueden concatenar X tributarios (TUs) para formar un VC-X-v
  - El resultado es un *Virtual Concatenation Group* (VCG), típicamente un VC-12-Xv (X=1...64)
  - La inteligencia de la concatenación está en los extremos
  - Cada VC puede encaminarse independientemente
  - Soporta incremento y reducción de la capacidad añadiendo o retirando VCs
  - LCAS (*Link Capacity Adjustment Scheme*):
    - ITU T01a
    - Permite incrementar y reducir la capacidad añadiendo o retirando VCs mientras el grupo está en funcionamiento
    - Puede decrementar automáticamente la capacidad si uno de los miembros falla
  - El extremo final reordena las tramas (diferente delay) con información de la cabecera SDH