

# SDH: Elementos y estructura de multiplexación

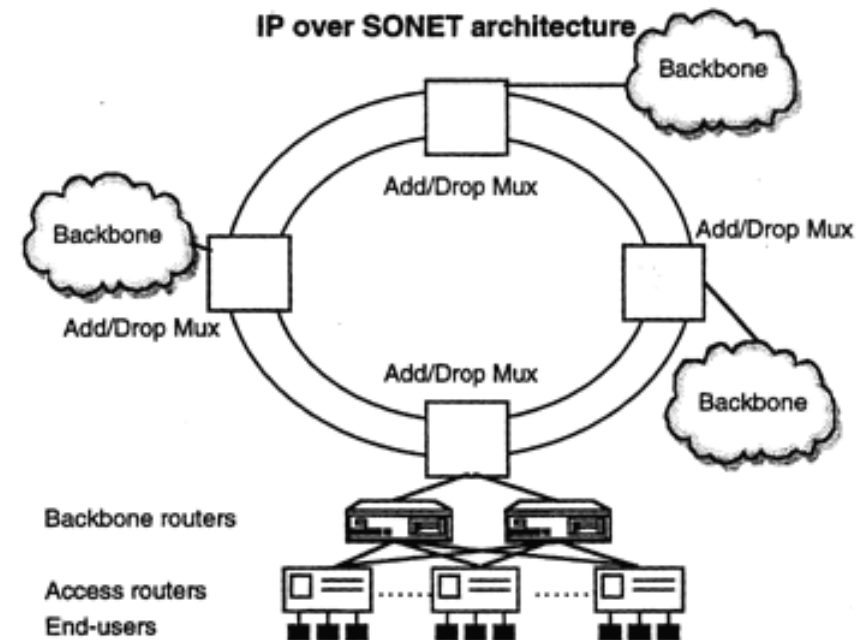
Area de Ingeniería Telemática  
<http://www.tlm.unavarra.es>

Grado en Ingeniería en Tecnologías de  
Telecomunicación, 3º

# SONET/SDH: Introducción

# 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

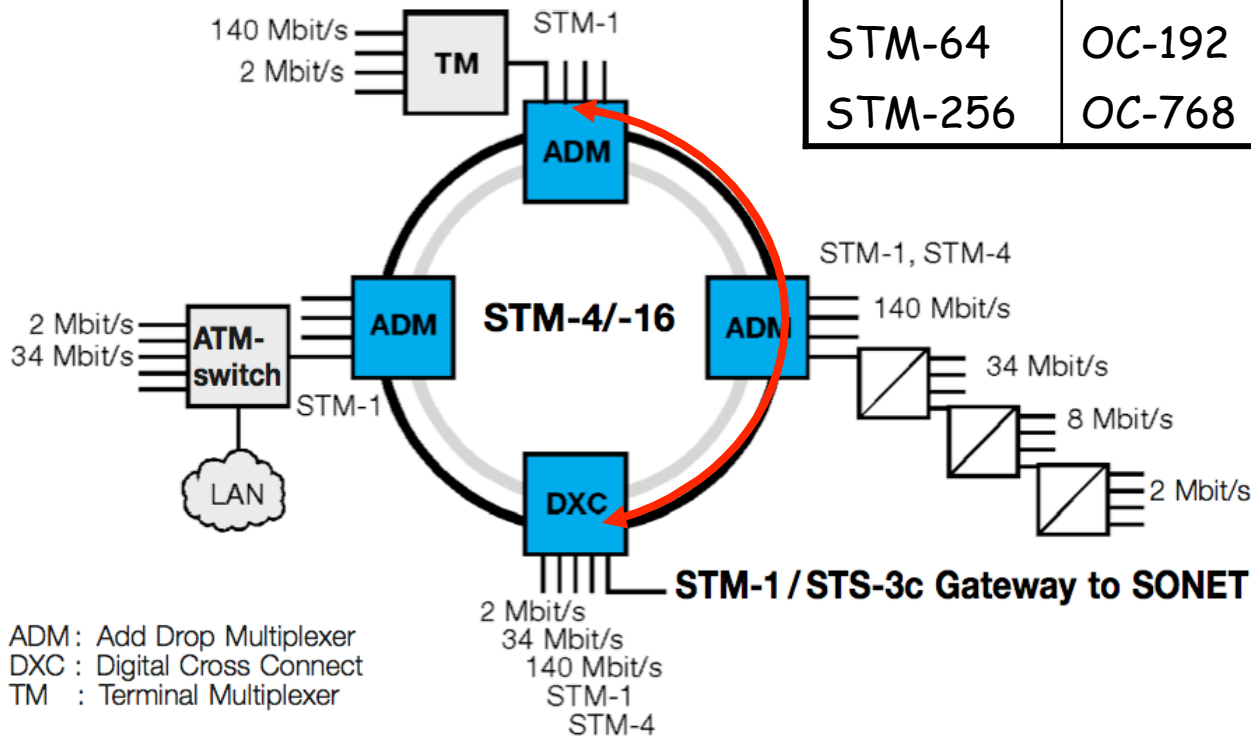
- *Synchronous Digital Hierarchy*
- Estándar del ITU (finales de los 80s, G.707)
- SONET caso particular
- En SDH la señal mínima es la de 155.52Mbps (STM-1)
- STM (*Synchronous Transport Module*), óptico o eléctrico
- Terminología:
  - *Regenerator Section, Multiplex Section, Higher Order Path*
  -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

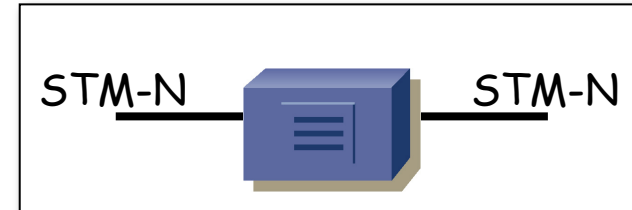
SDH	OC Level	Line Rate (Mbps)
	OC-1	51.84
STM-1	OC-3	155.52
STM-4	OC-12	622.08
STM-16	OC-48	2488.32
STM-64	OC-192	9953.28
STM-256	OC-768	39813.12



# SONET/SDH: Elementos

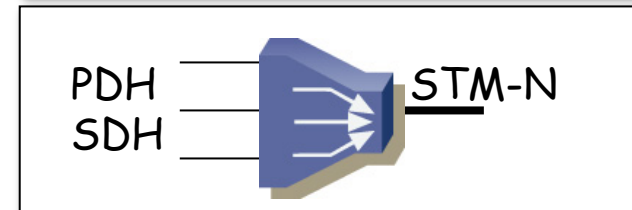
# Elementos

## Regeneradores



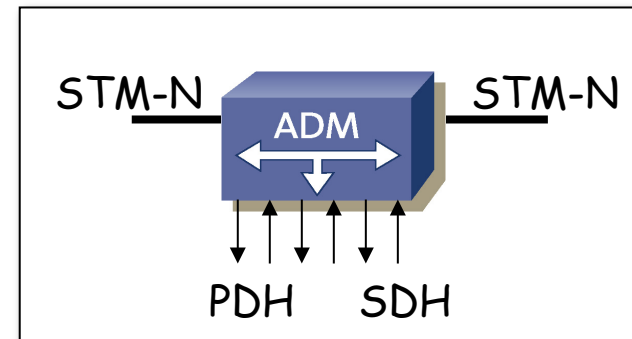
## Terminal Multiplexers (TM)

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



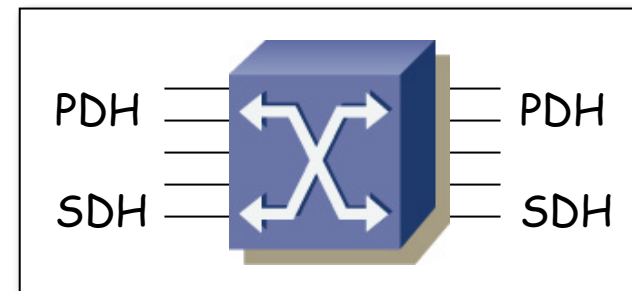
## Add-Drop Multiplexers (ADM)

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



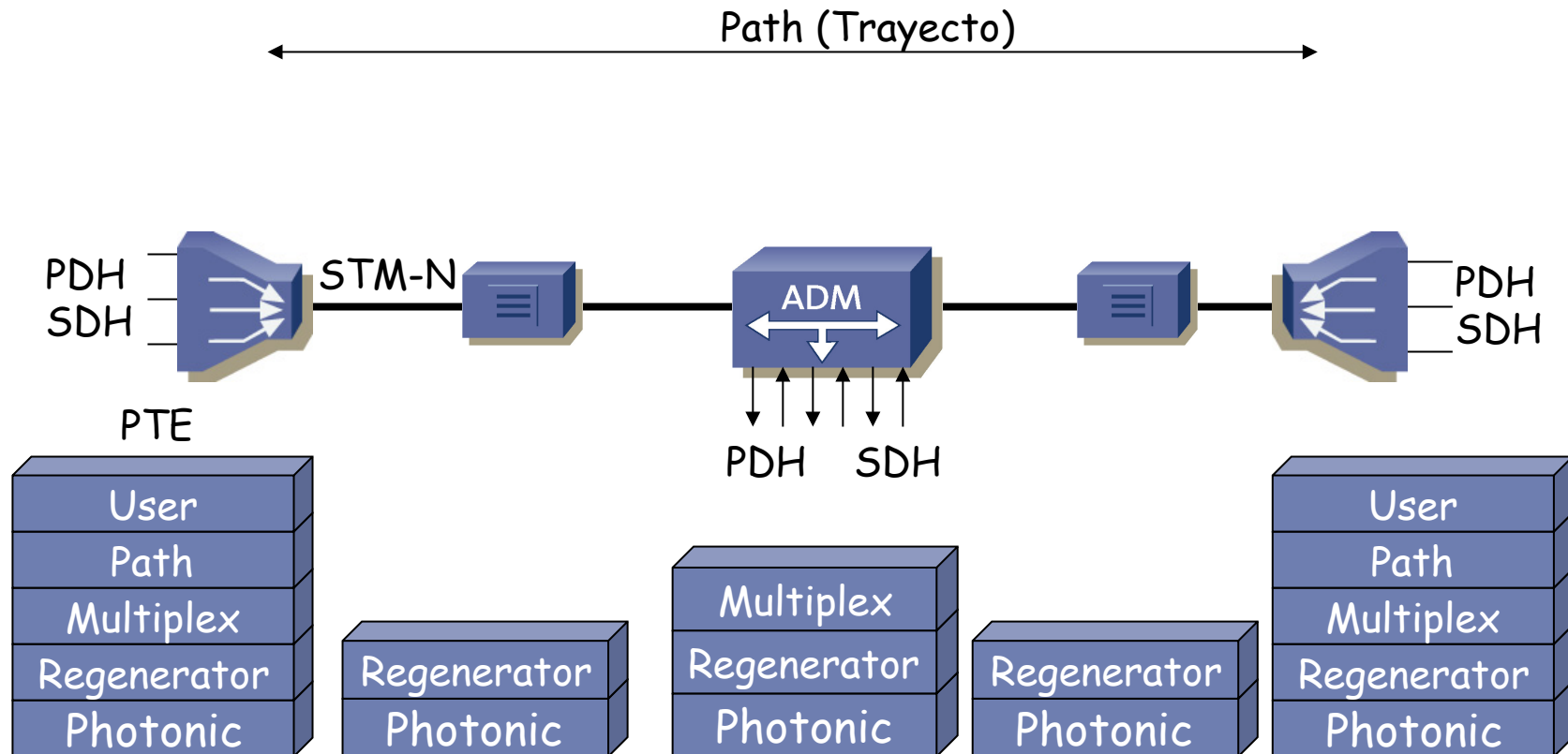
## Digital Cross-Connect (DXC)

- Conmutación, inserción y extracción de señales PDH y SDH



# Elementos

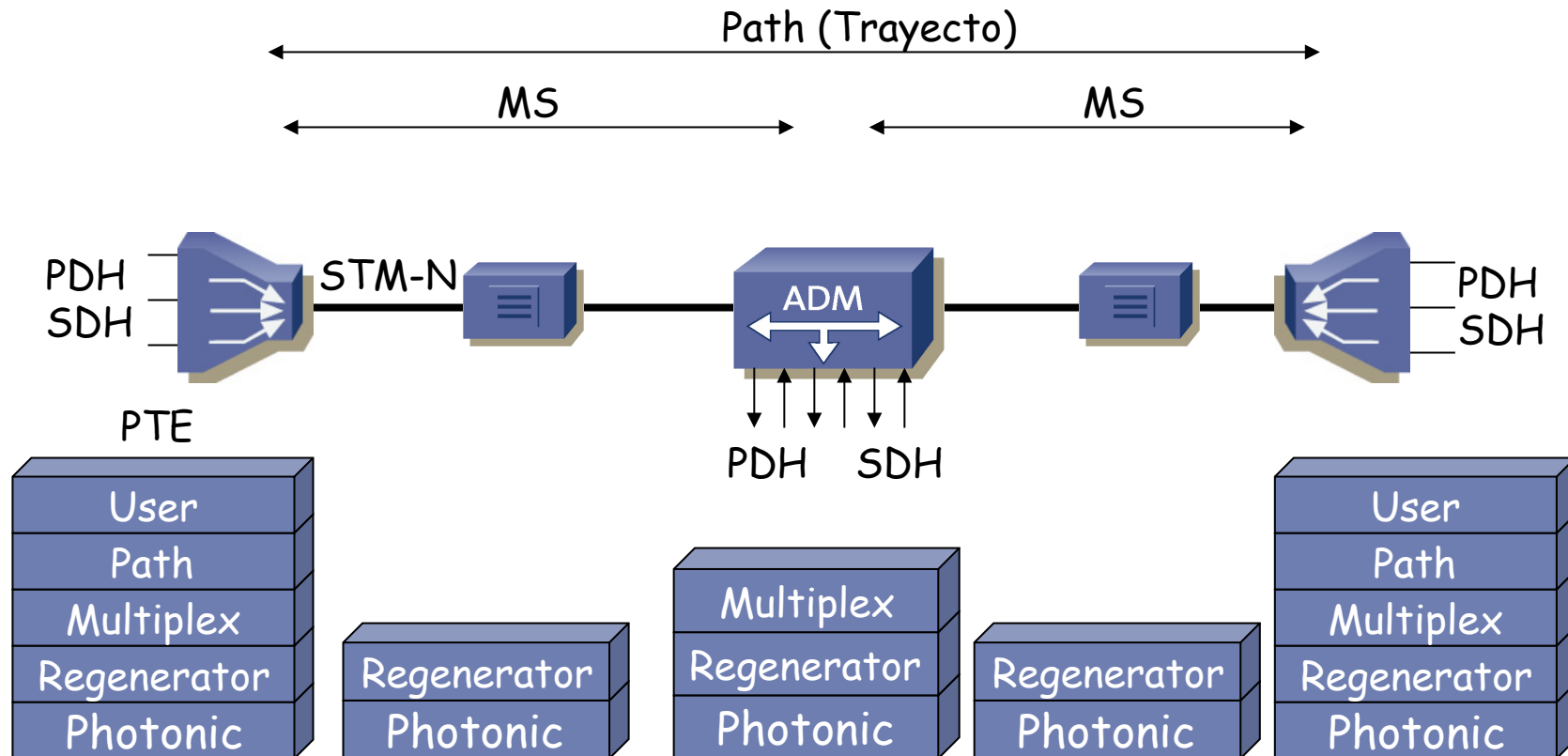
- **PTE** : *Path Termination Element* (Elemento de Terminación de Trayecto)
- Hay trayectos de orden inferior y superior (34Mbps+)
- Trayecto entre donde se ensambla y desensambla la trama SDH
- Incluye el *Path OverHead* (POH)





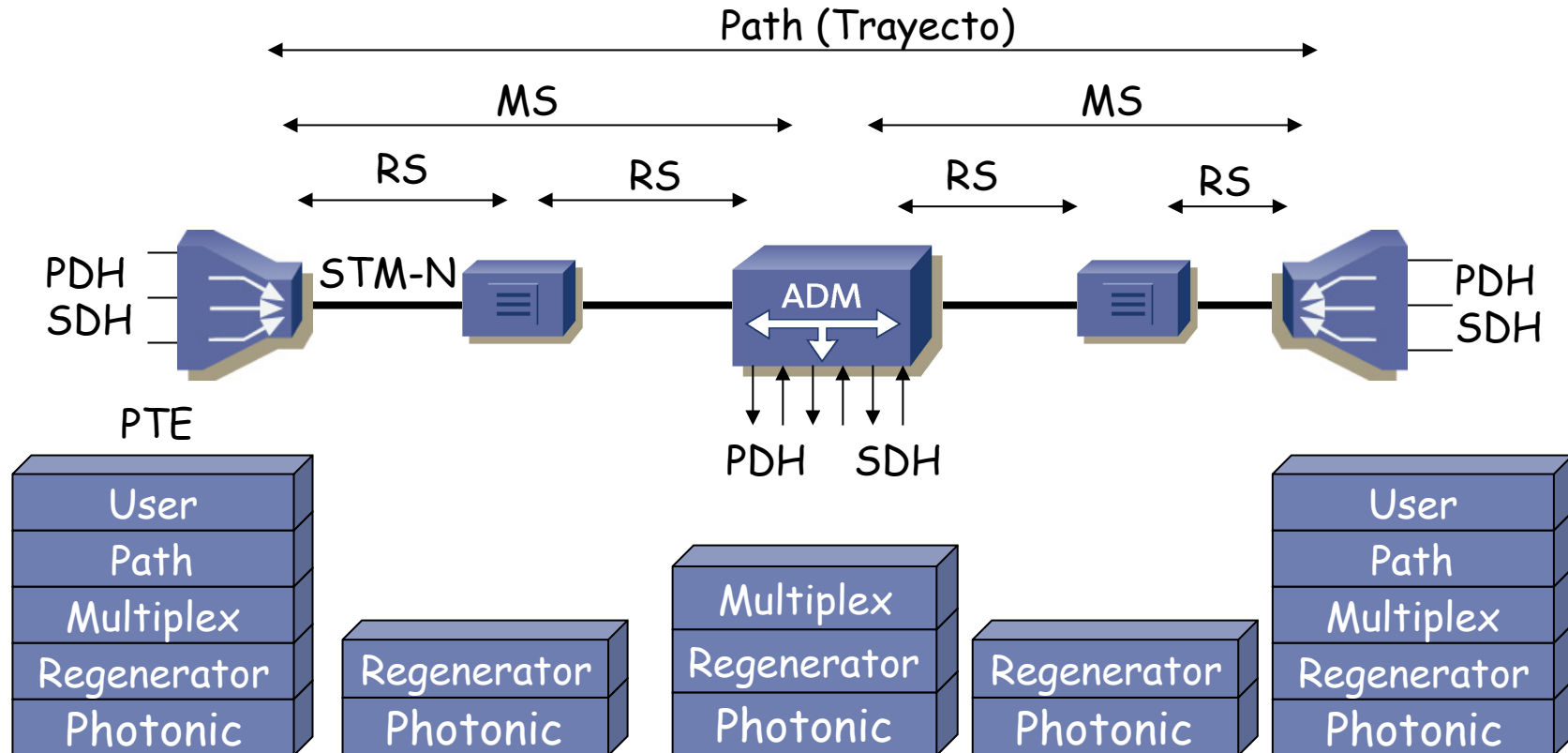
# Elementos

- **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

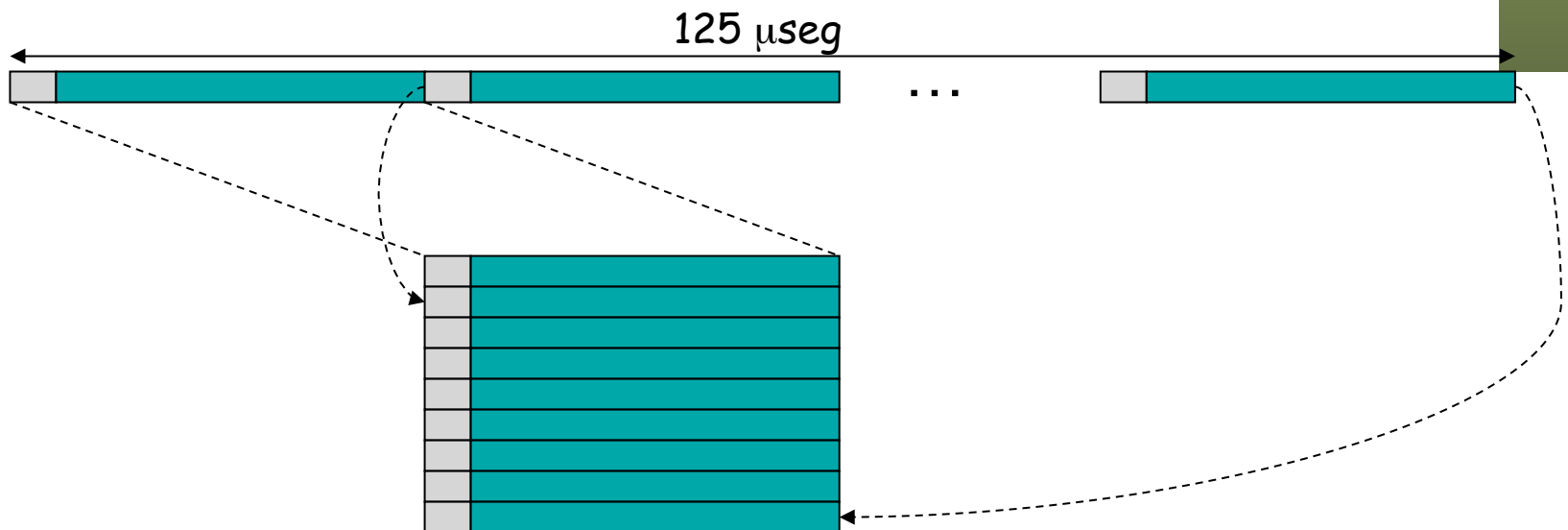
- **RSTE** : *Regenerator Section-Terminating Element*
- **RS** : *Regenerator Section* (Sección de Regeneración)
- Emplea el *Regenerator Section OverHead* (RSOH)



# SDH: Trama

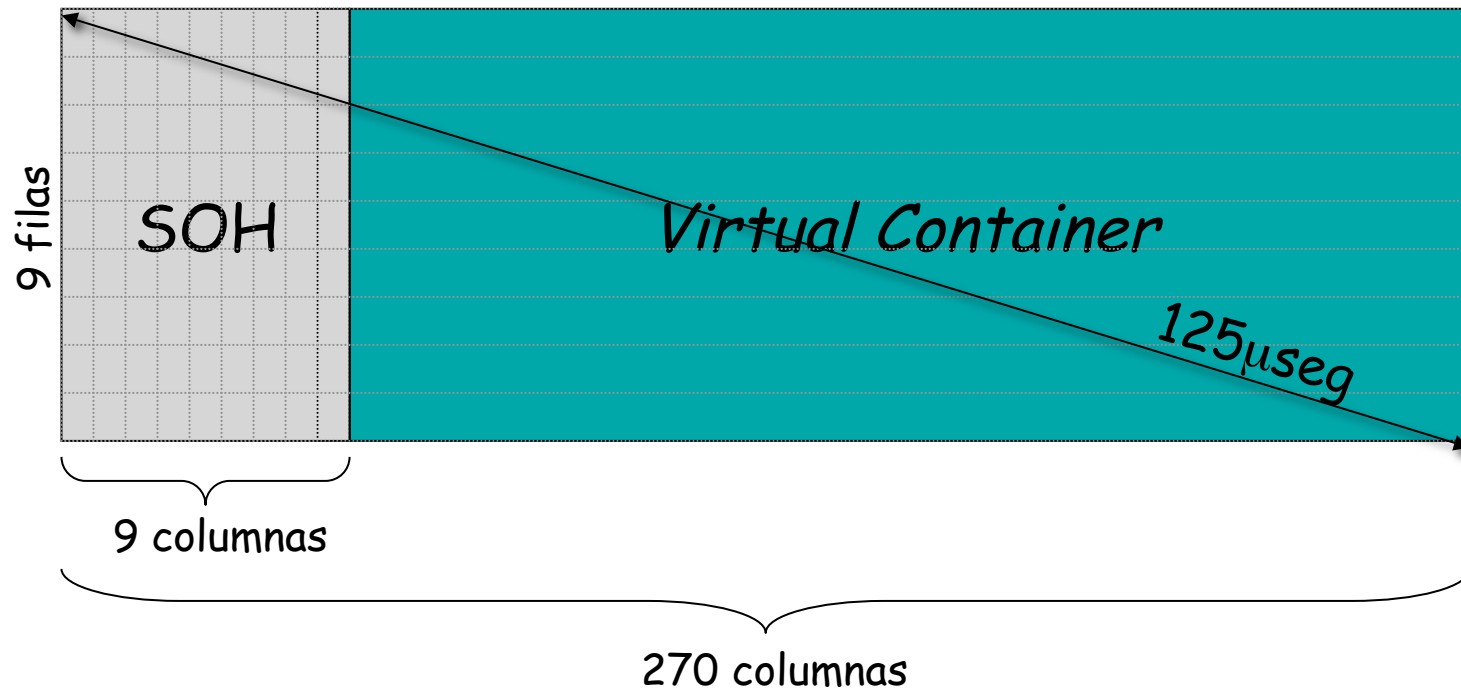
# Transmisión de la trama

- La unidad básica es la trama STM-1
- Para cualquier velocidad (STM-N) la trama dura  $125\mu\text{seg}$
- 8.000 tramas/seg
- La menor unidad es un byte
- A 155.52 Mbps 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

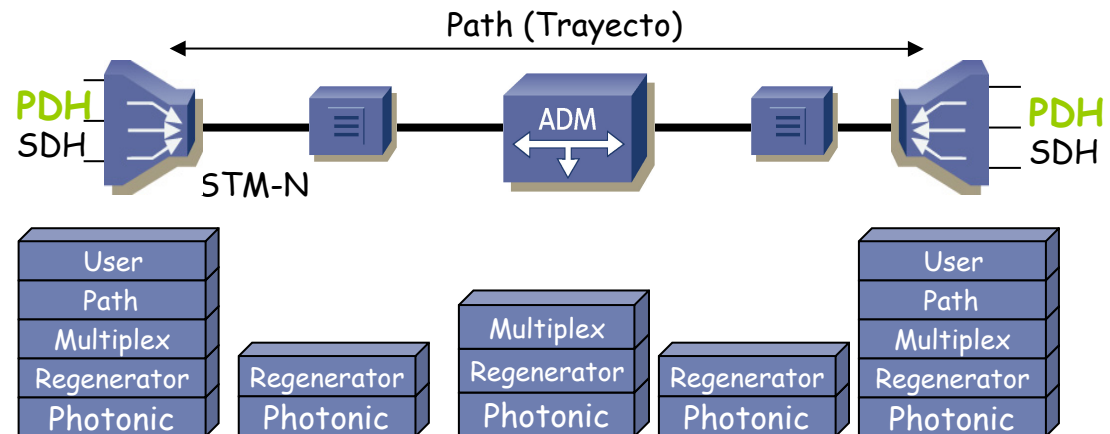
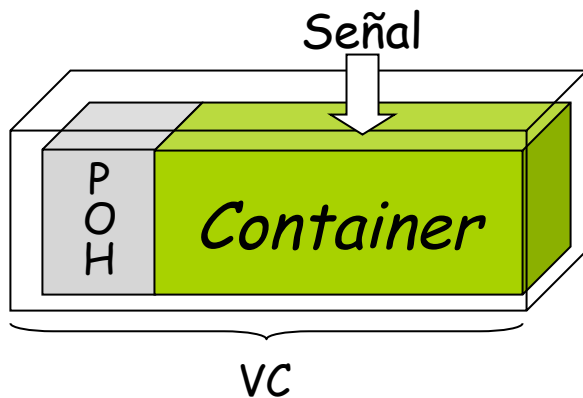
- 1 byte  $\Rightarrow$  64Kbps
- 64Kbps x 9 filas x 270 columnas = 155.52Mbps
- SOH = *Section OverHead* (9 columnas)
- STM-N: duración de 125 $\mu$ seg, 9 filas, Nx270 columnas



# 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 (recordad que la P es de Plesiócrono)

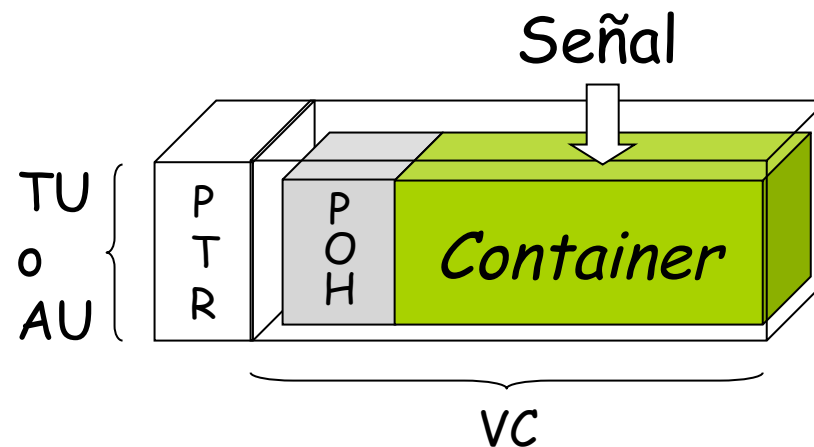
Contenedor	Velocidad (Kbps)	Ejemplos de cargas útiles PDH
C-12	2176	2048Kbps (E1)
C-2	6912	6Mbps (T2)
C-3	49536	45Mbps (T3) ó 34Mbps (E3)
C-4	149760	140Mbps (E4)



# SDH: Estructura de multiplexación

# Entramado

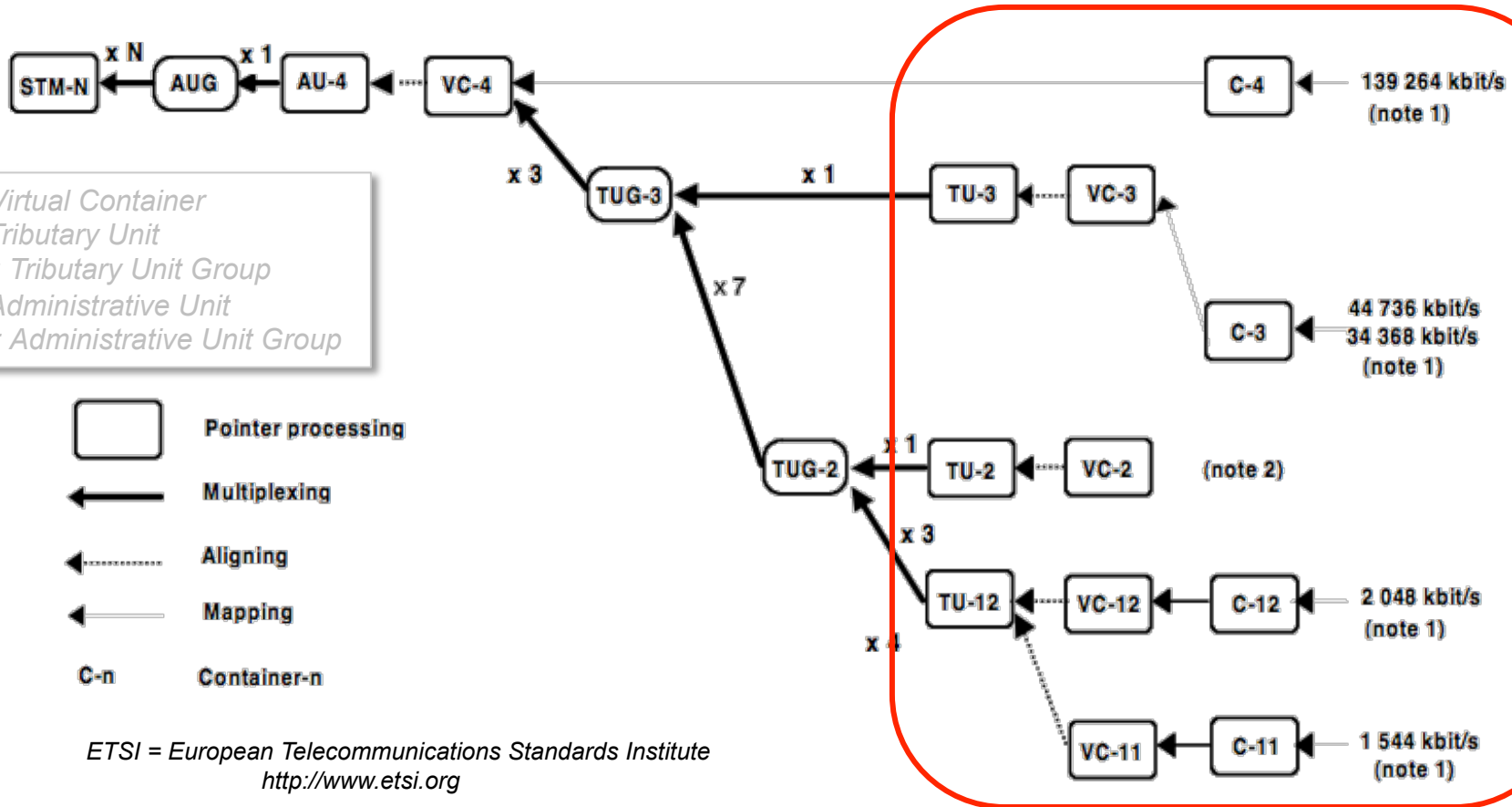
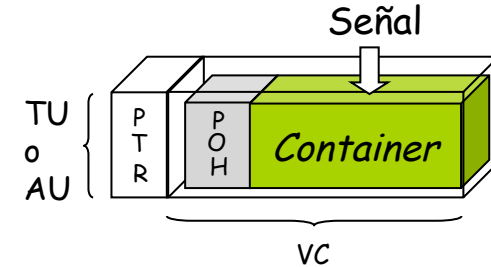
- Un VC (*Virtual Container*) de orden inferior puede transportarse dentro de uno de orden superior pero la asincronía puede ser un problema
- Se localiza un VC dentro de otro gracias a un Puntero
- VC + Puntero = *Tributary Unit* (TU)
- (...)





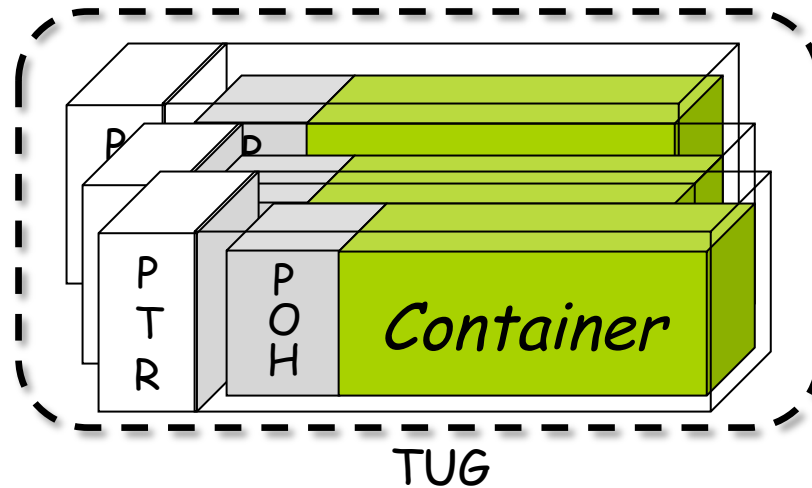
# Estructura de multiplexación

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



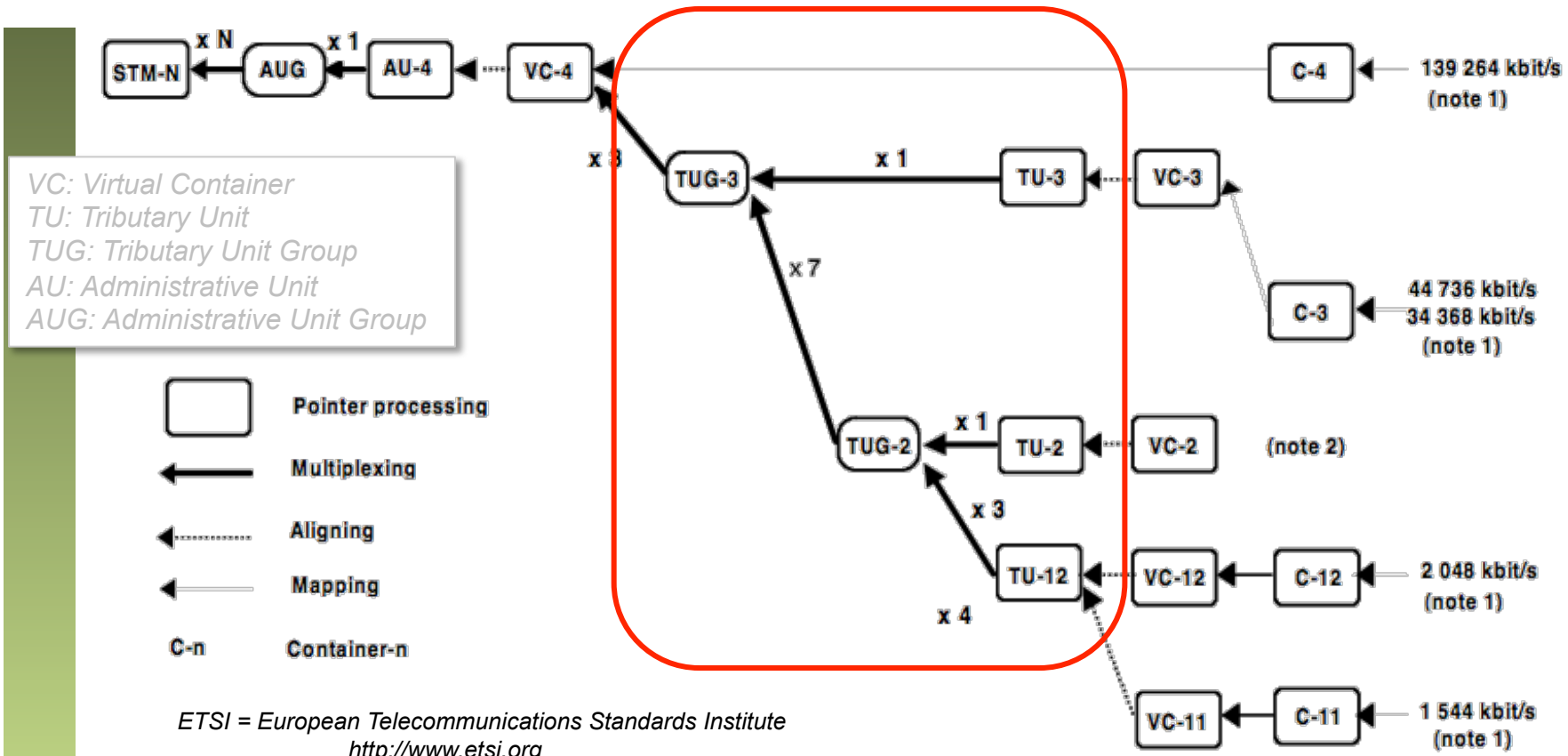
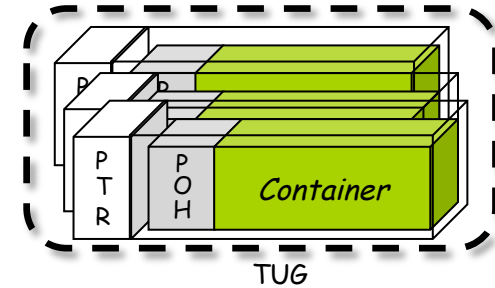
# Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) 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)
- (...)



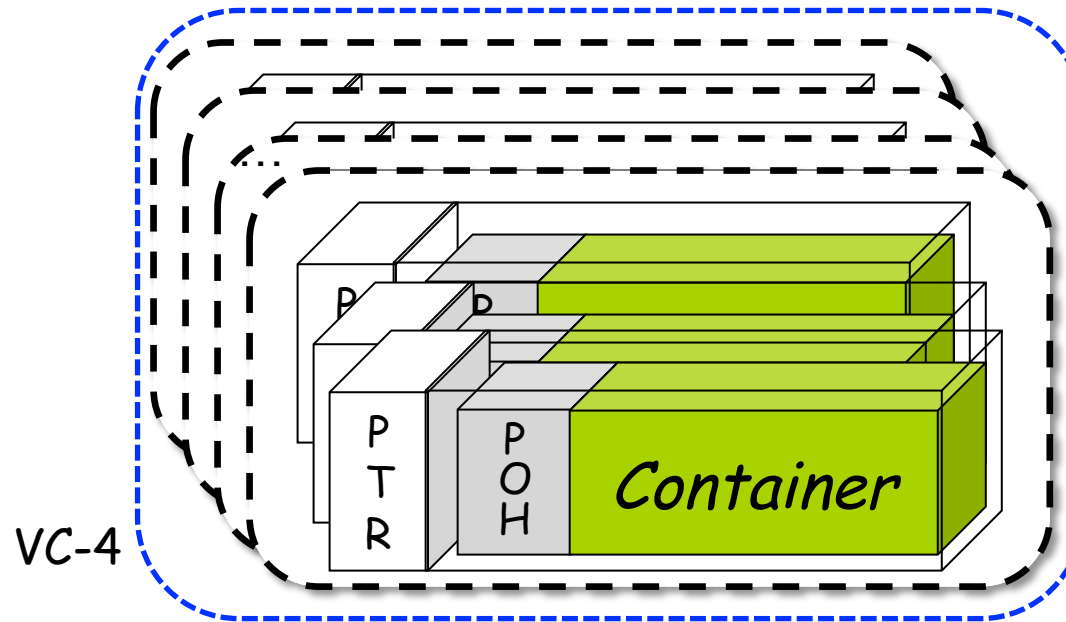
# Estructura de multiplexación

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



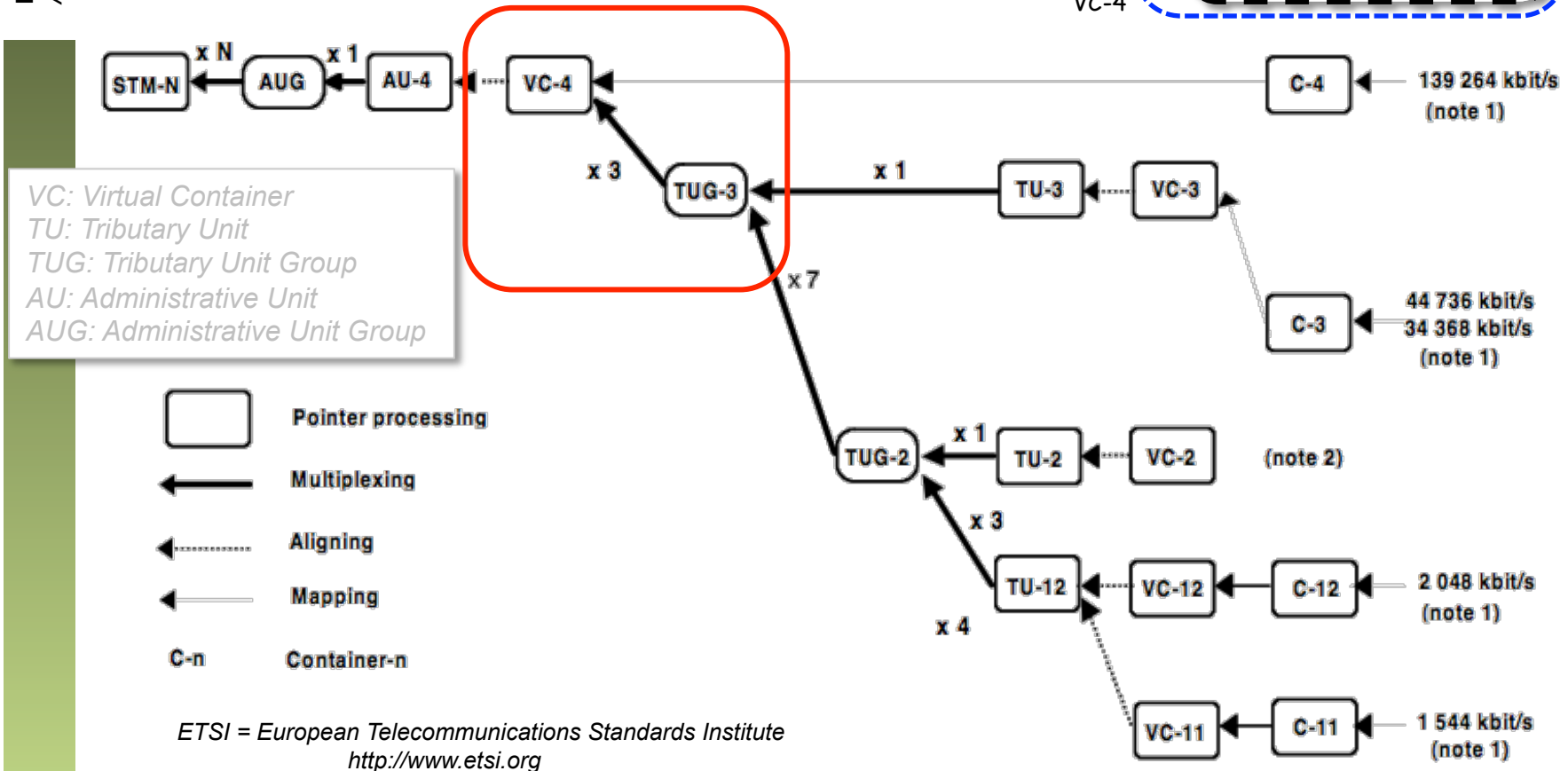
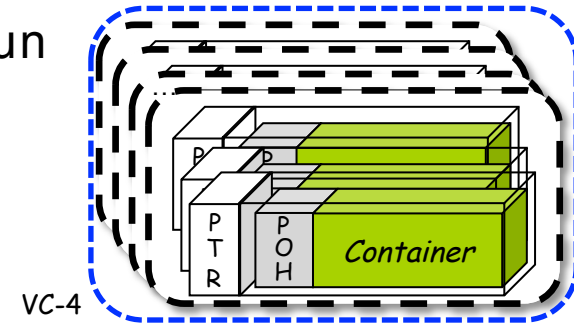
# Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) 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)
- (...)



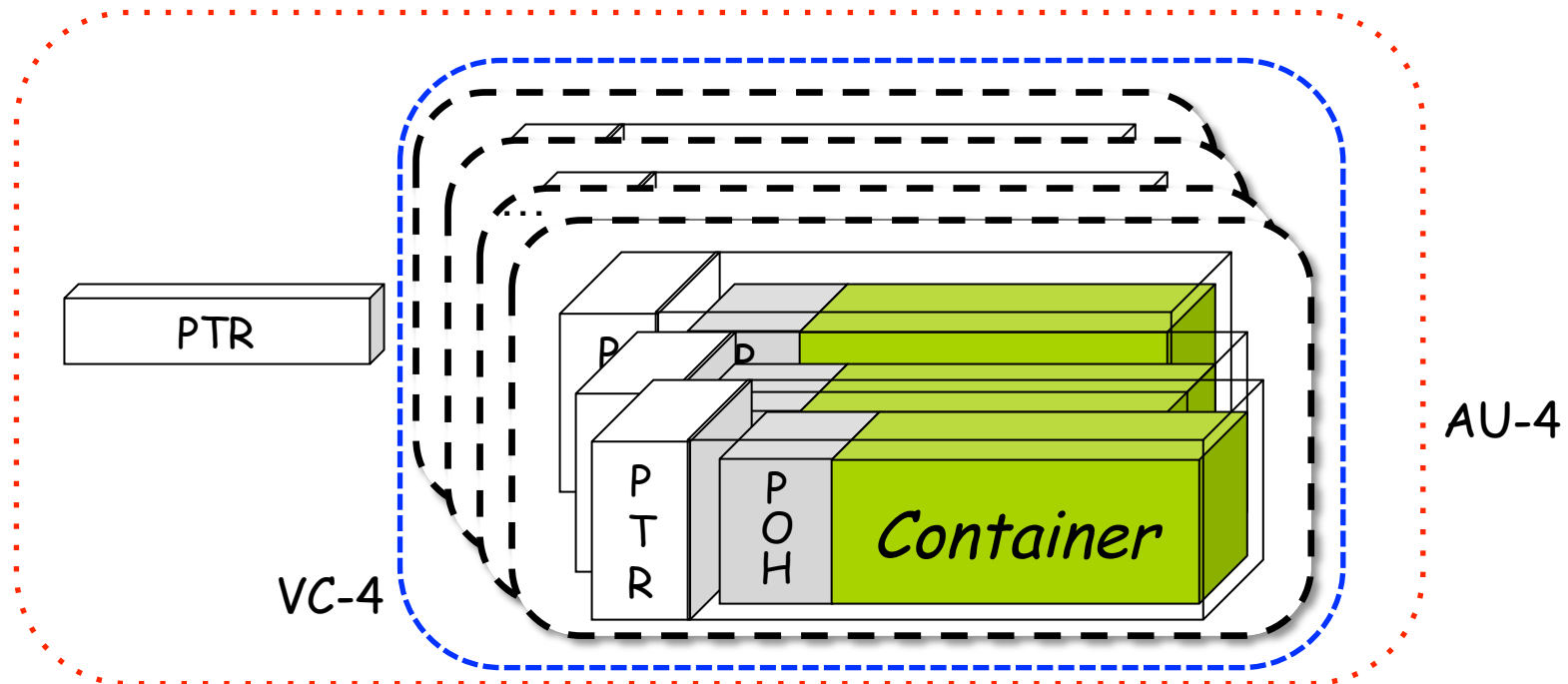
# Estructura de multiplexación

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



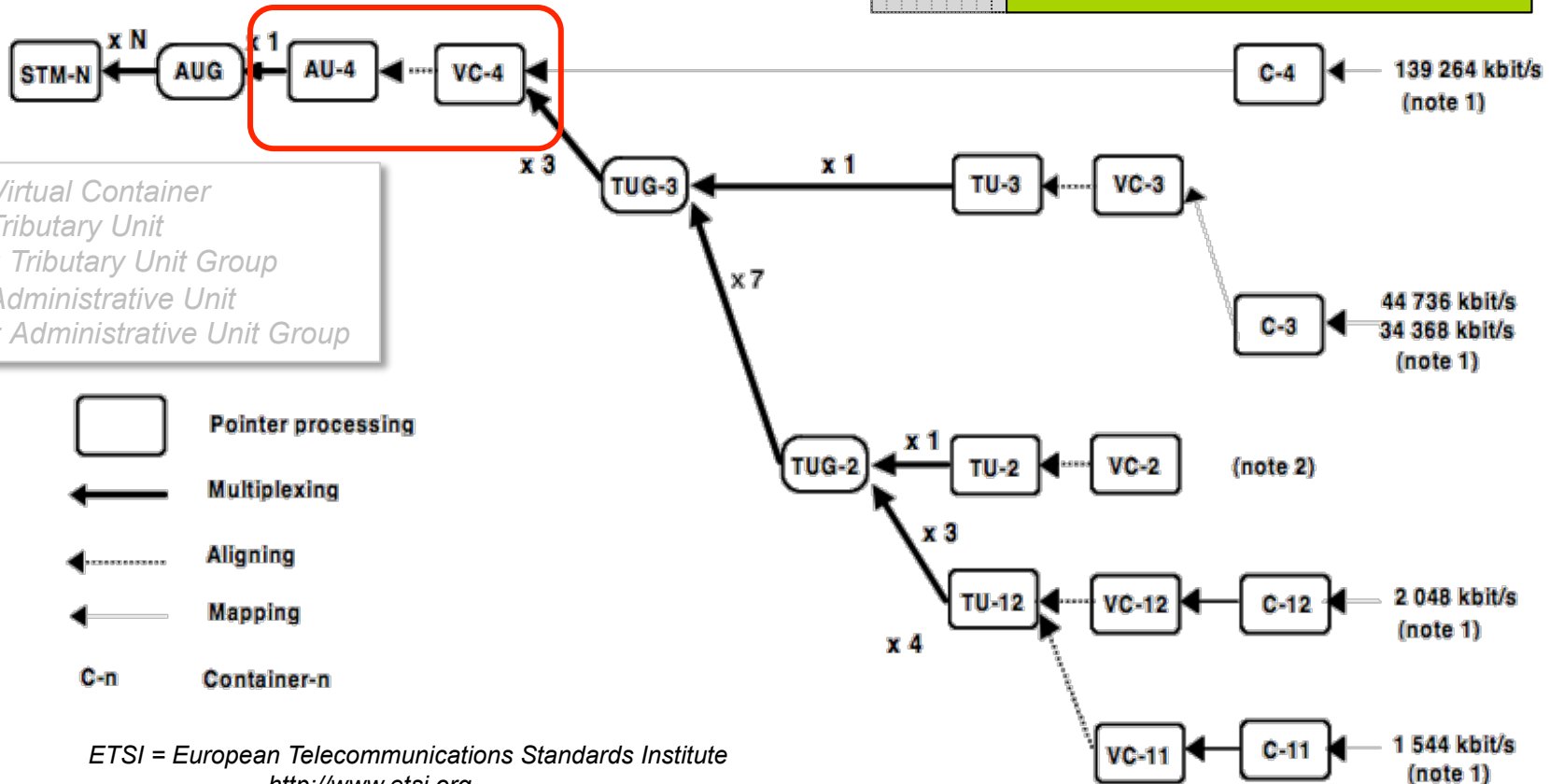
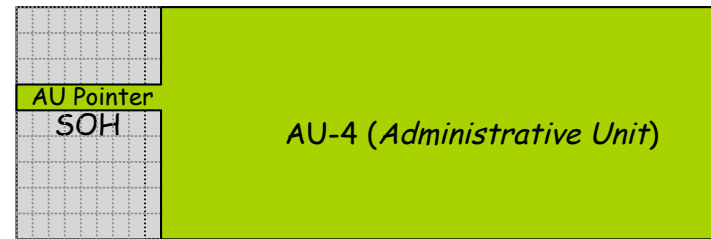
# Entramado

- Un VC (*Virtual Container*) 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 *Administrative Unit* (AU-4) (...)

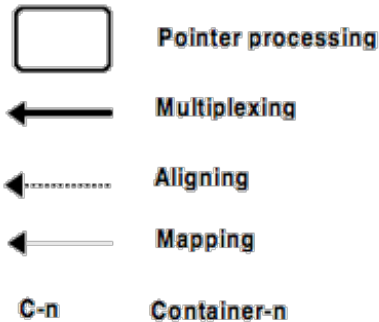


# Estructura de multiplexación

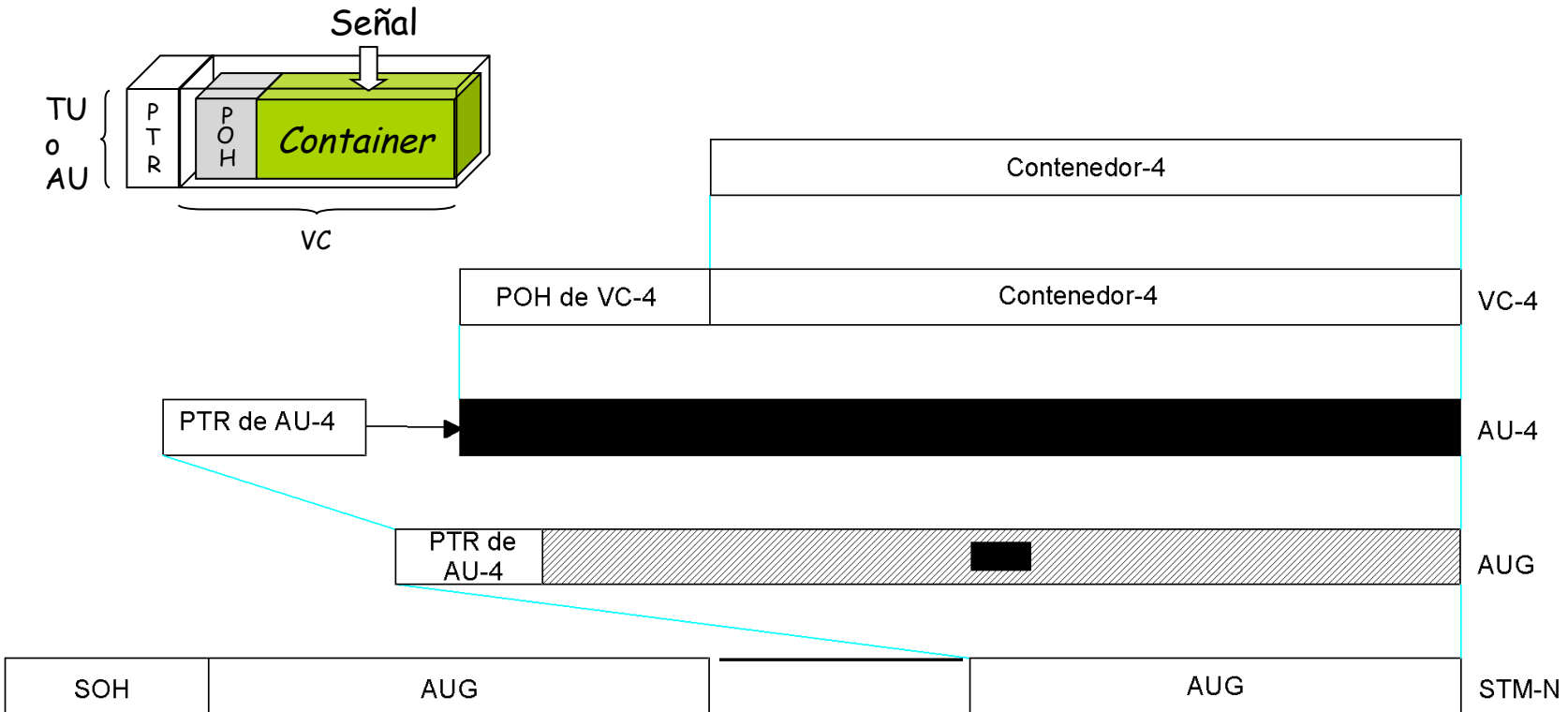
- El VC-4 junto con un puntero forma la *Administrative Unit (AU-4)*



VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group



# 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.

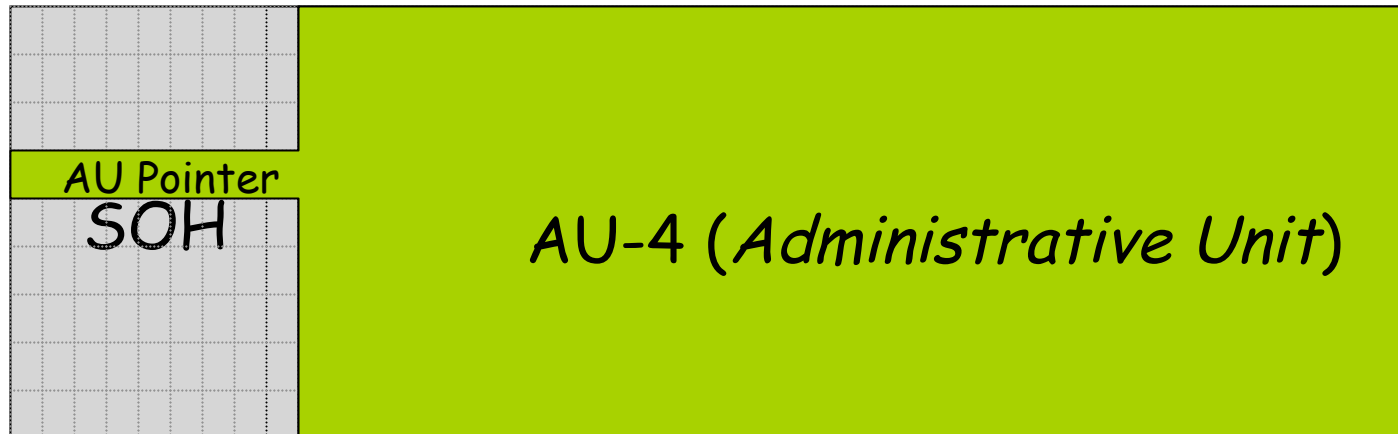


# SDH: Contenido posible de la trama STM-1



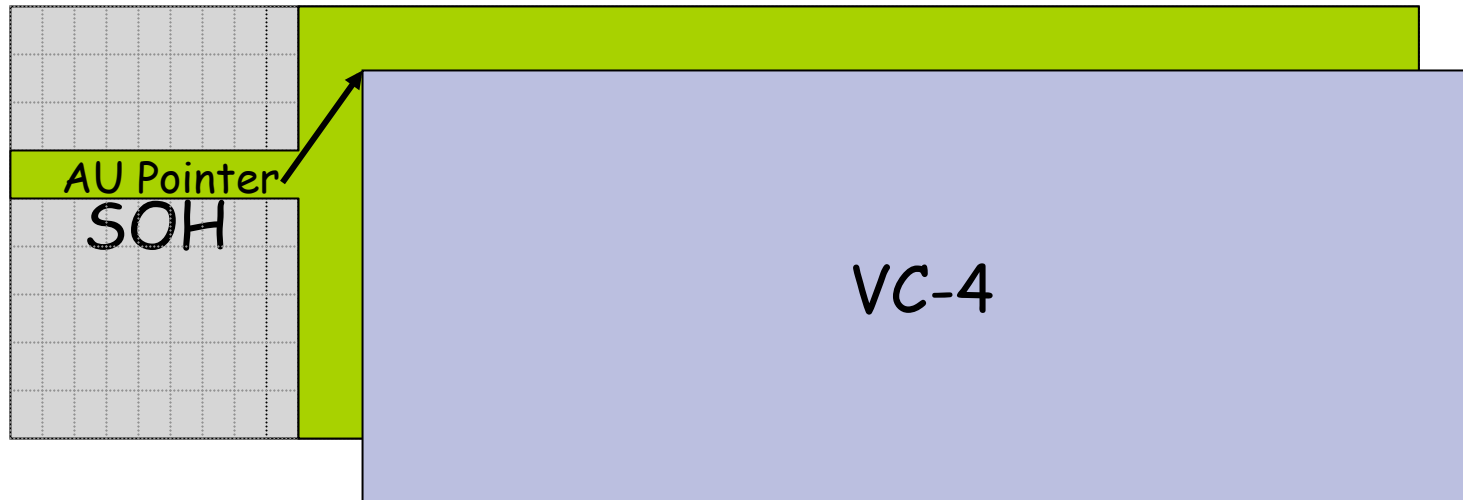
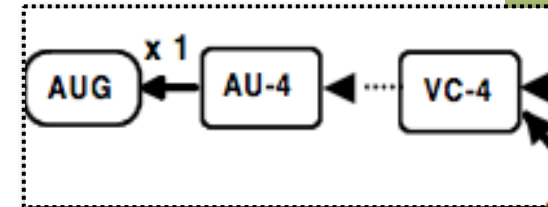
# Estructura de la trama STM-1

- 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



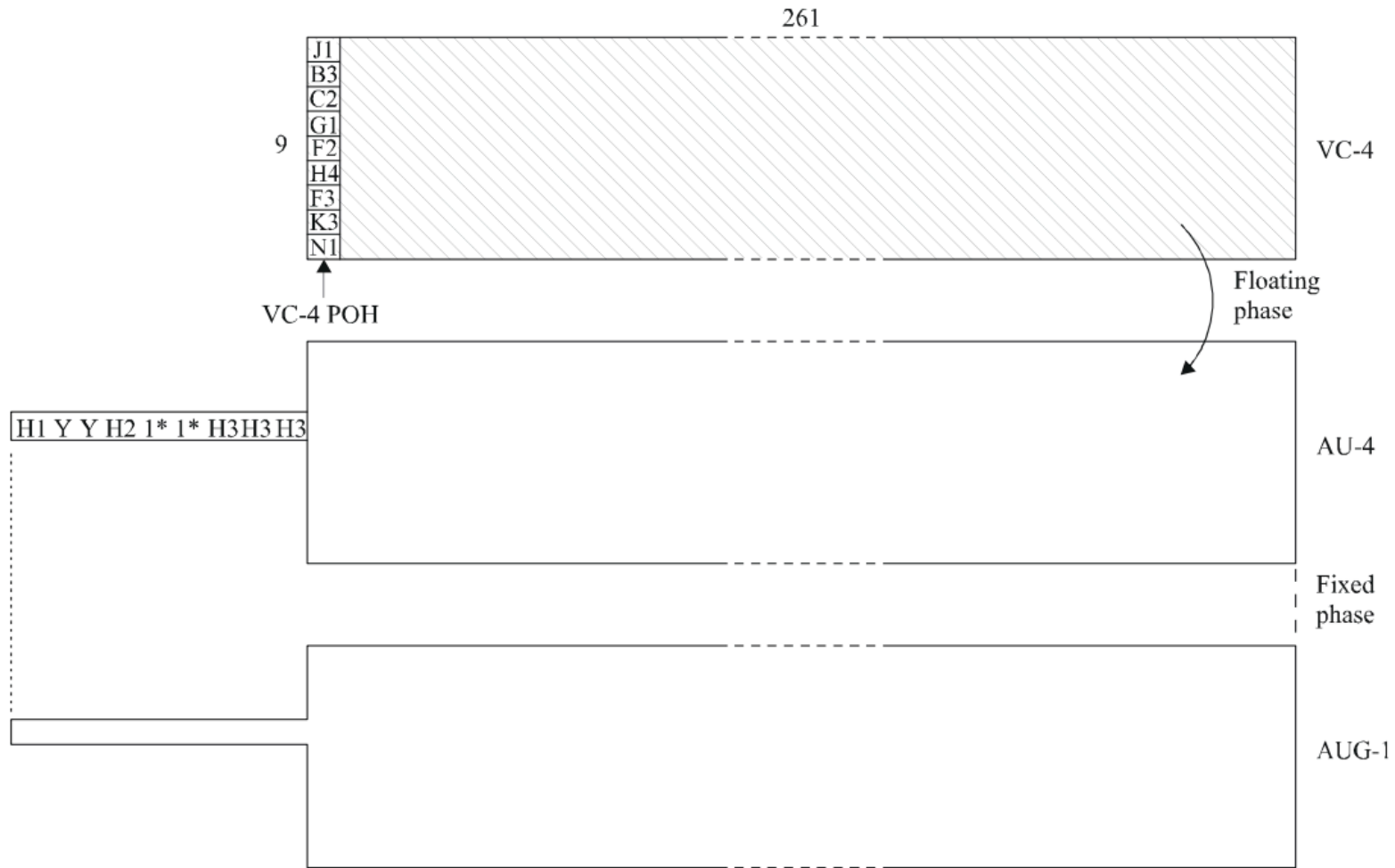
# Estructura de la trama STM-1

- 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



VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group

# STM-1 con un AU-4



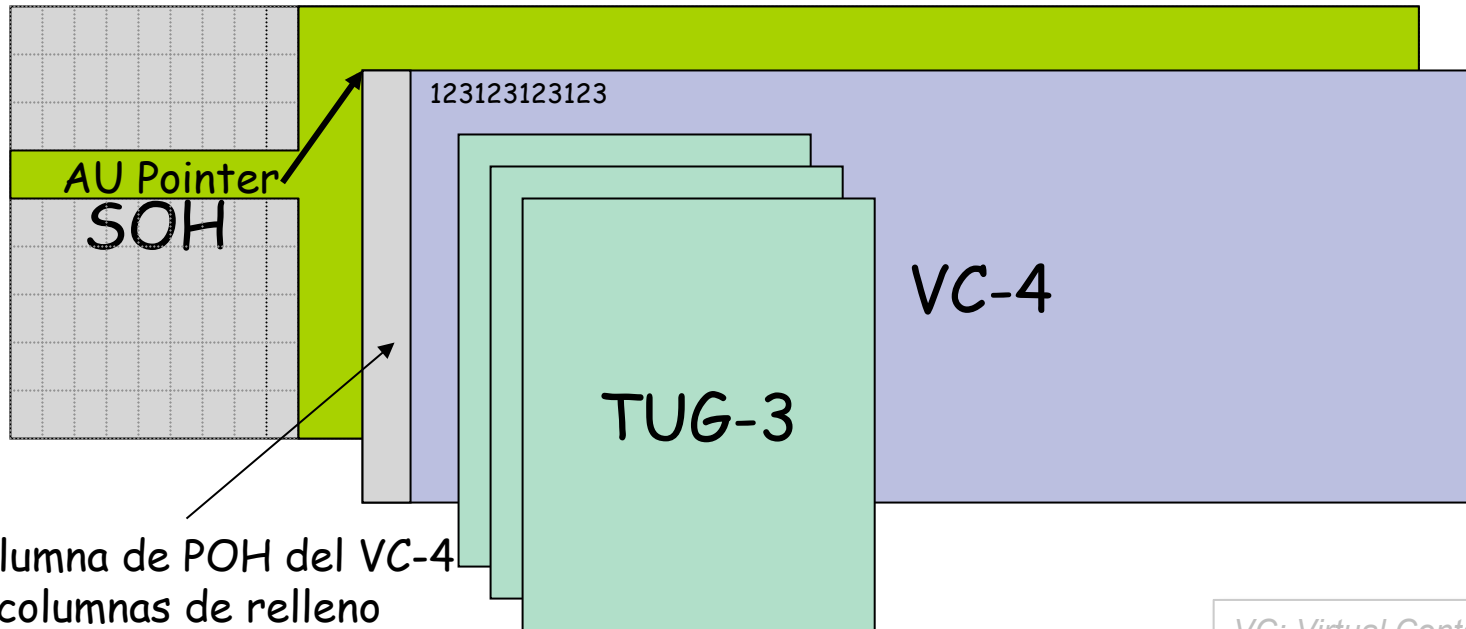
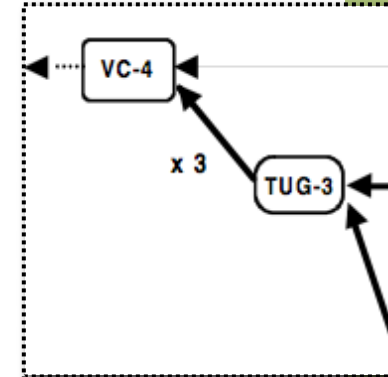
G.707-Y.1322\_F7-3

1\* All 1s byte  
 Y 1001 SS11 (S bits are unspecified)

**Figure 7-3 – Multiplexing of AU-4 via AUG-1**

# 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

VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group

# TUG-3s en un VC-4

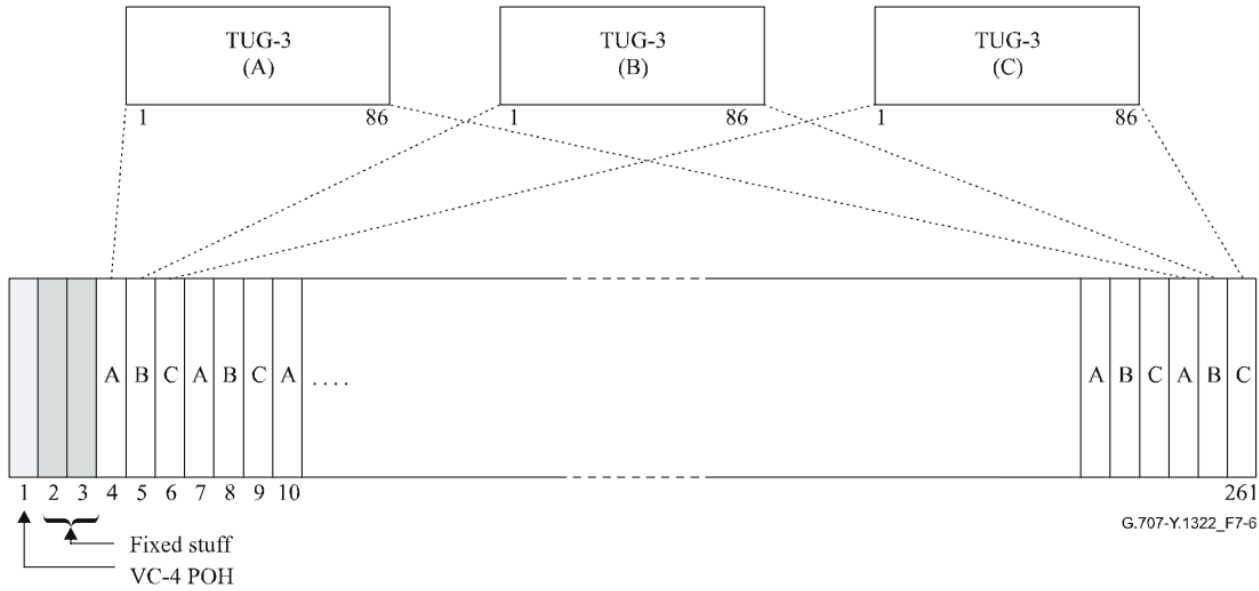
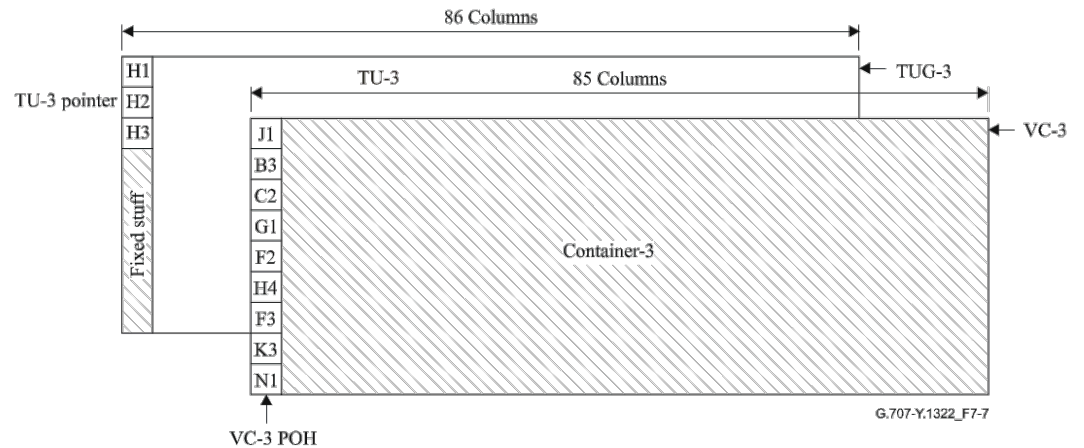


Figure 7-6 – Multiplexing of three TUG-3s into a VC-4

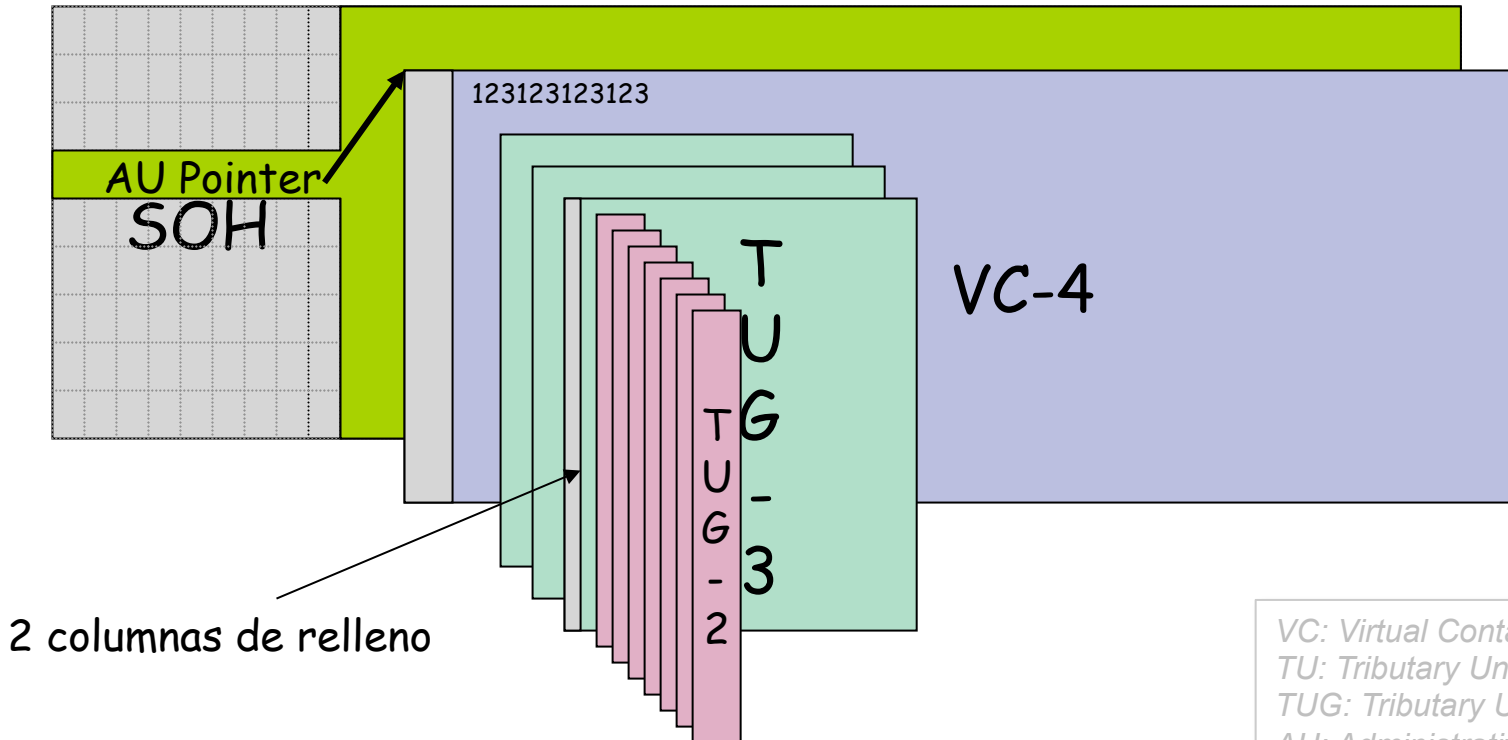
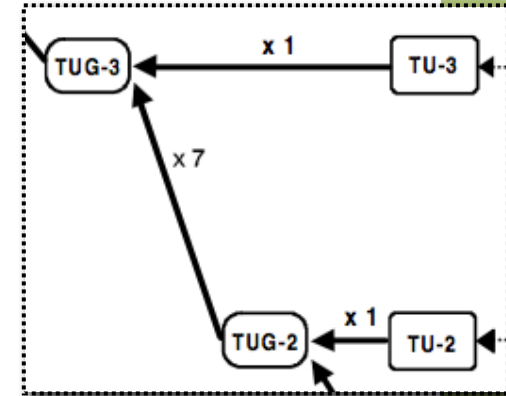


ITU-T Red. G.707/Y.1322 (01/2007)

Figure 7-7 – Multiplexing of a TU-3 via a TUG-3

# Estructura de la trama STM-1

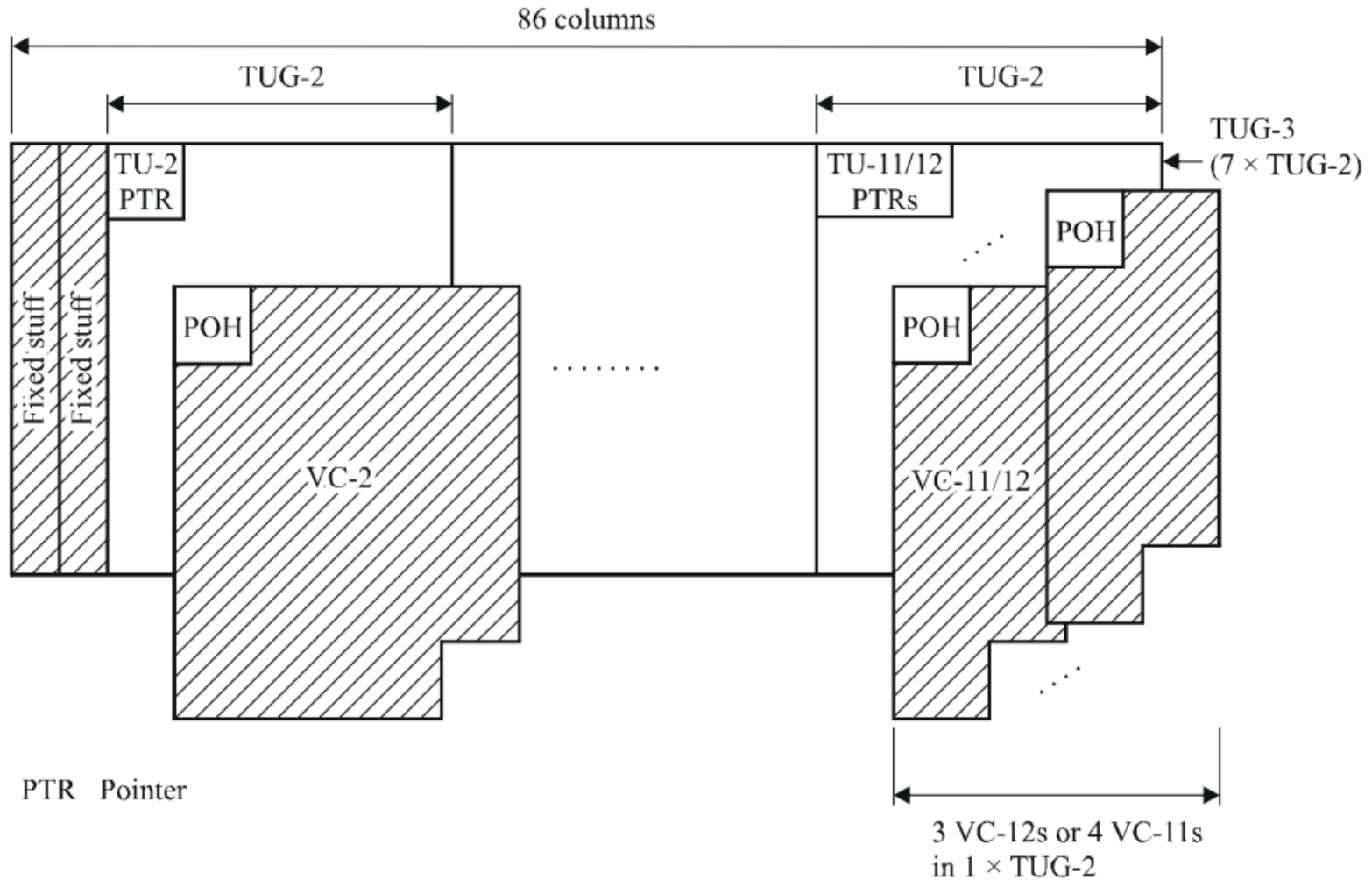
- El TUG-3 puede contener un TU-3 ó 7 TUG-2
- Un TUG-2 tiene 9 filas x 12 columnas
- Los TUG-2 están entrelazados por bytes
- Se numeran de #1 a #7



VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group



# TUG-2s en un TUG-3



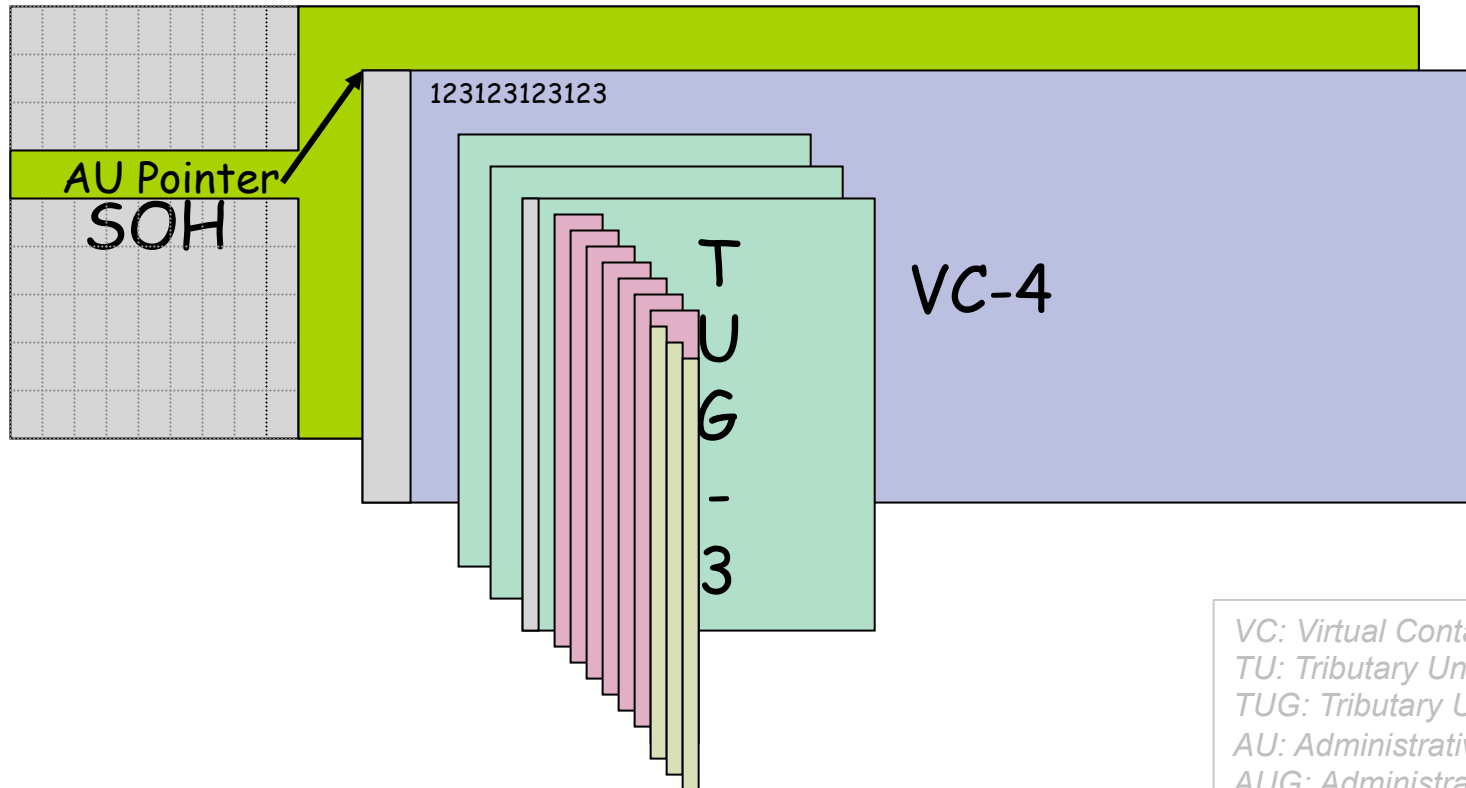
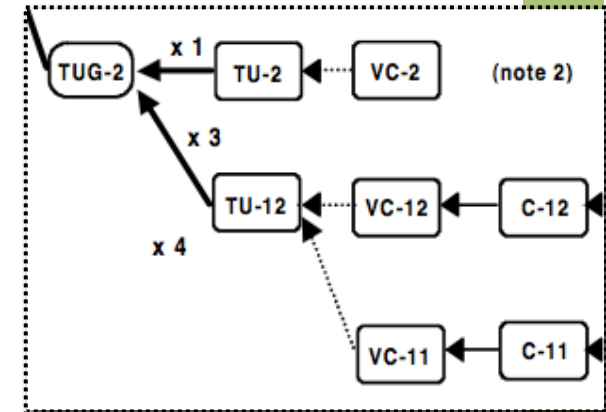
G.707/Y.1322COR.1\_F7-8

ITU-T Red. G.707/Y.1322 (01/2007)

**Figure 7-8 – Multiplexing of seven TUG-2s via a TUG-3**

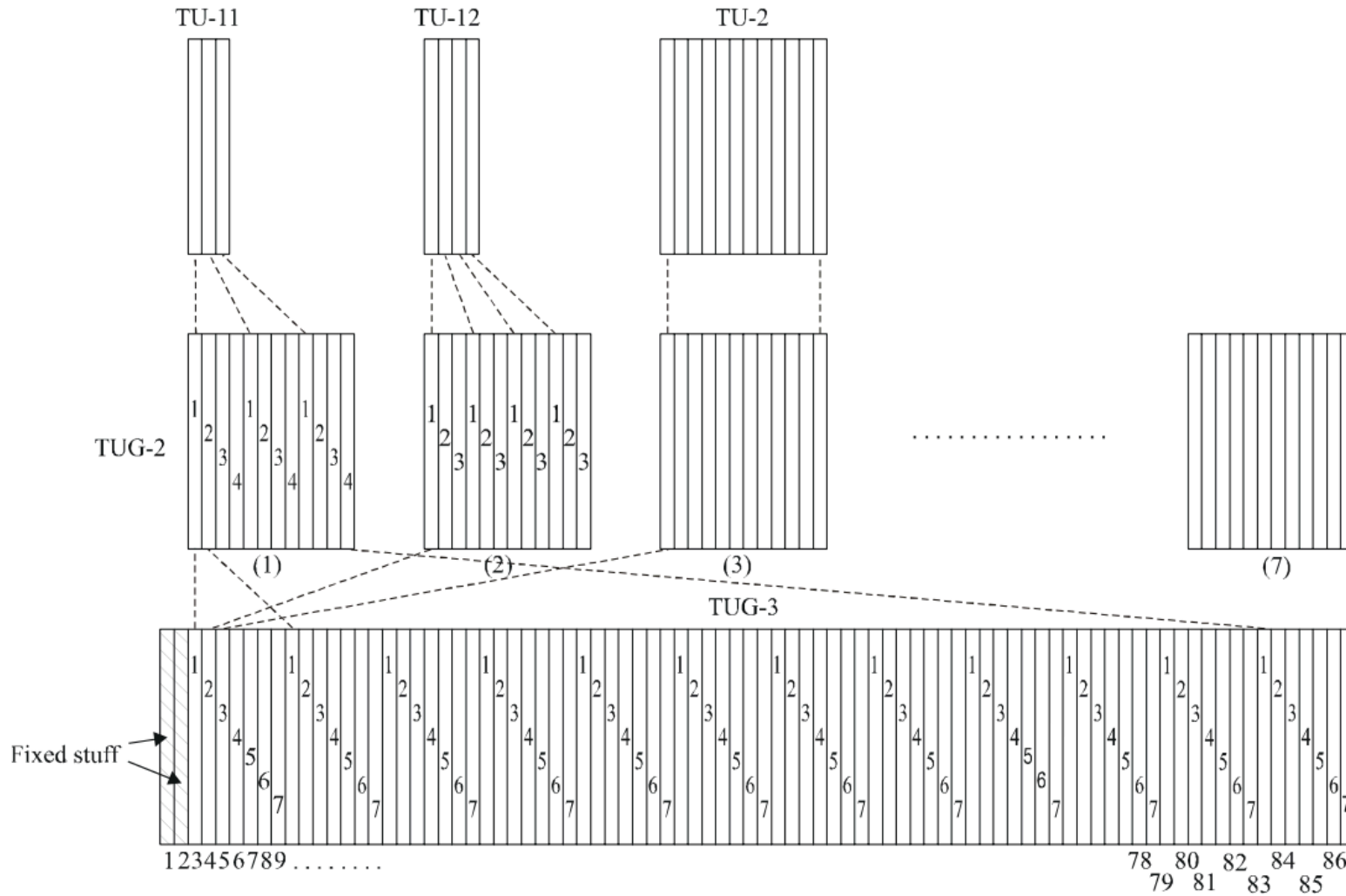
# Estructura de la trama STM-1

- 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



VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group

# TU-12 en un TUG-3



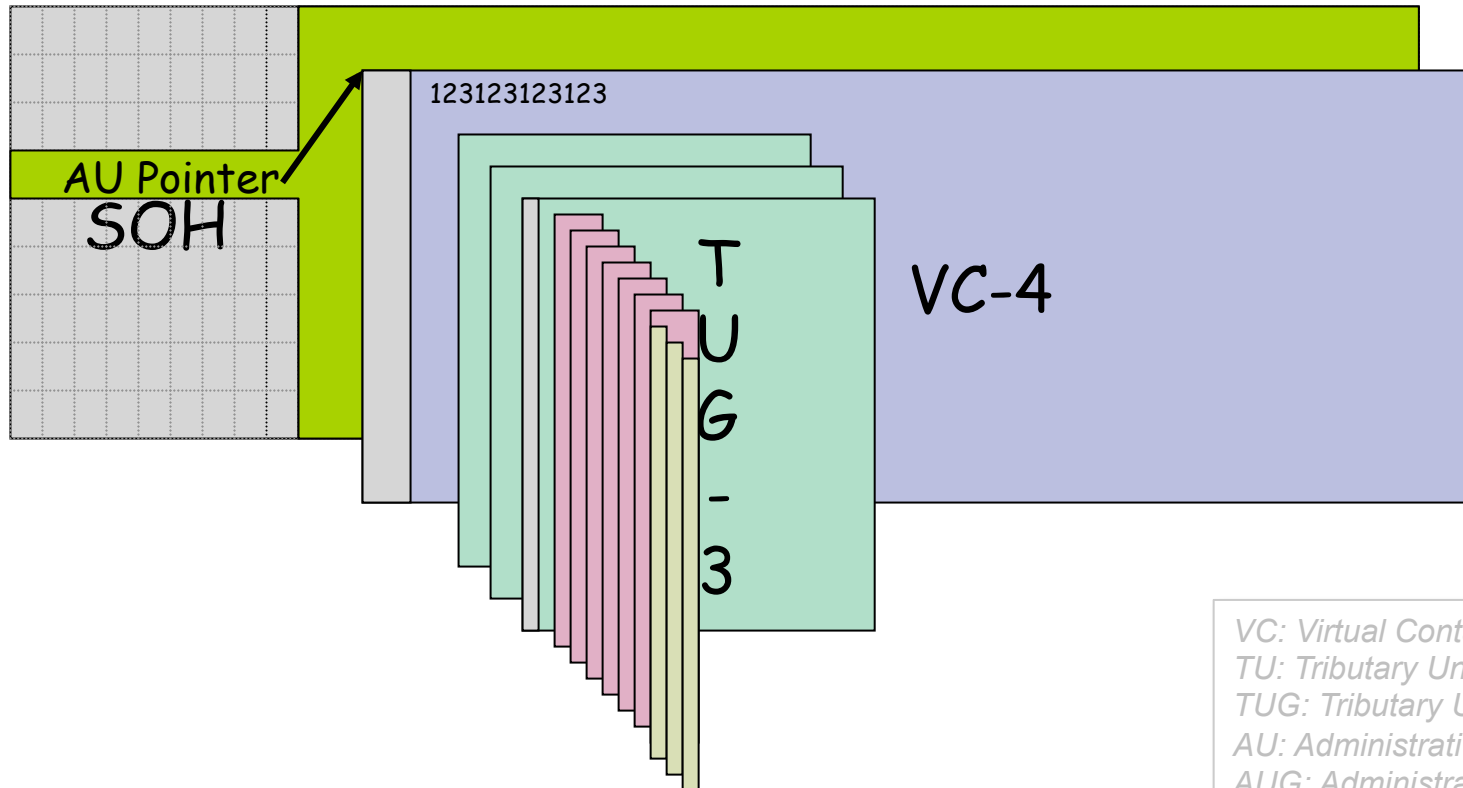
G.707-Y.1322\_F7-9

ITU-T Red. G.707/Y.1322 (01/2007)

**Figure 7-9 – Multiplexing of seven TUG-2s via a TUG-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)



VC: Virtual Container  
 TU: Tributary Unit  
 TUG: Tributary Unit Group  
 AU: Administrative Unit  
 AUG: Administrative Unit Group