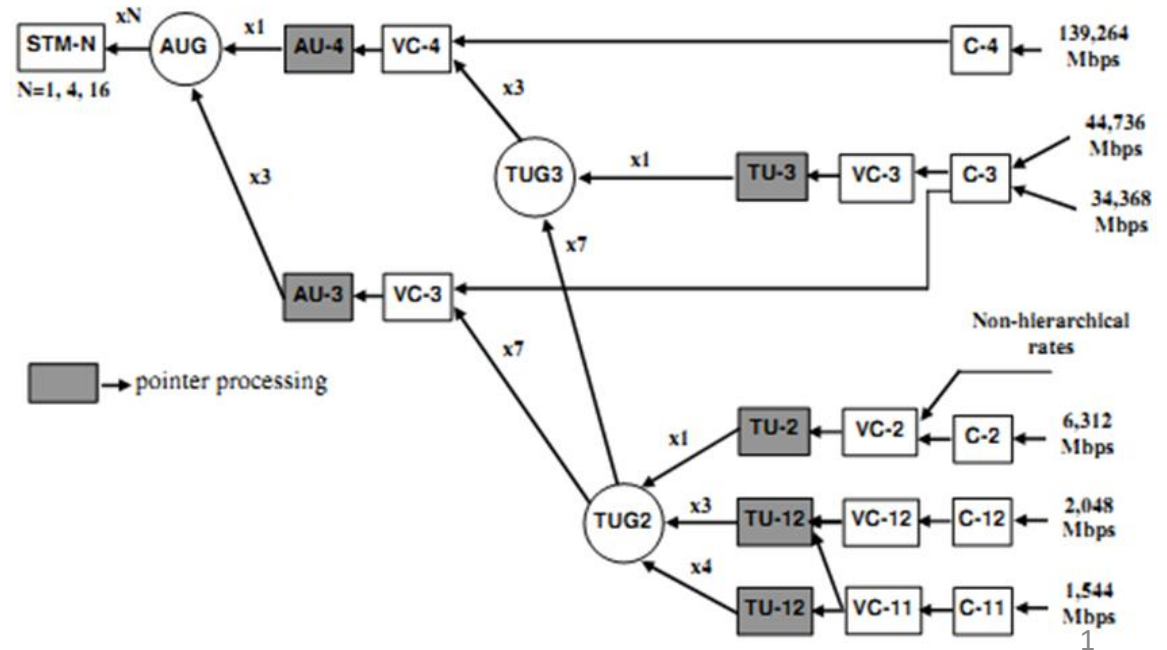
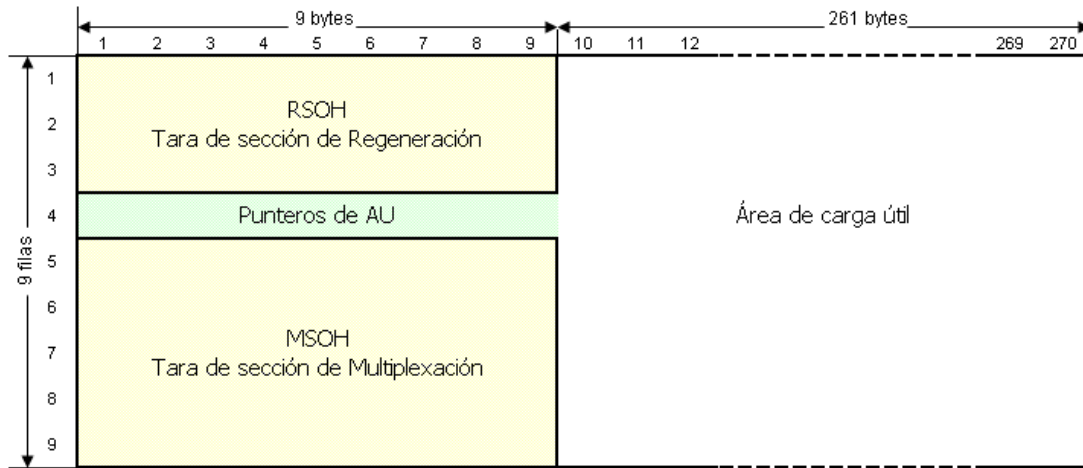


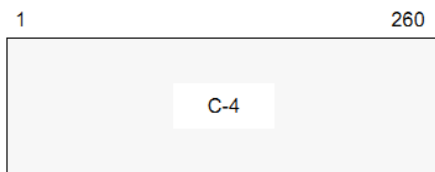
SDH parte II



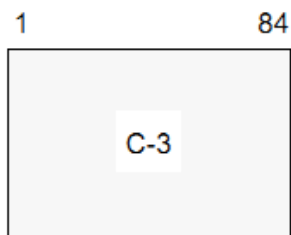
Contenedor-n (n 1-4):

✓ Estructura que forma la **carga útil de información** de red para un contenedor virtual.

✓ Se han definido **funciones de adaptación de muchas velocidades binarias** de red comunes en un número limitado de contenedores normalizados.

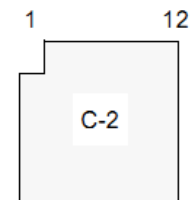


C-4: Hasta 2340 octetos

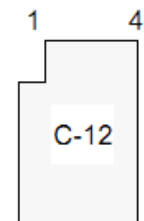


C-3: Hasta 756 octetos

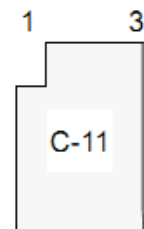
C-2: Hasta 106 octetos



C-12: Hasta 34 octetos



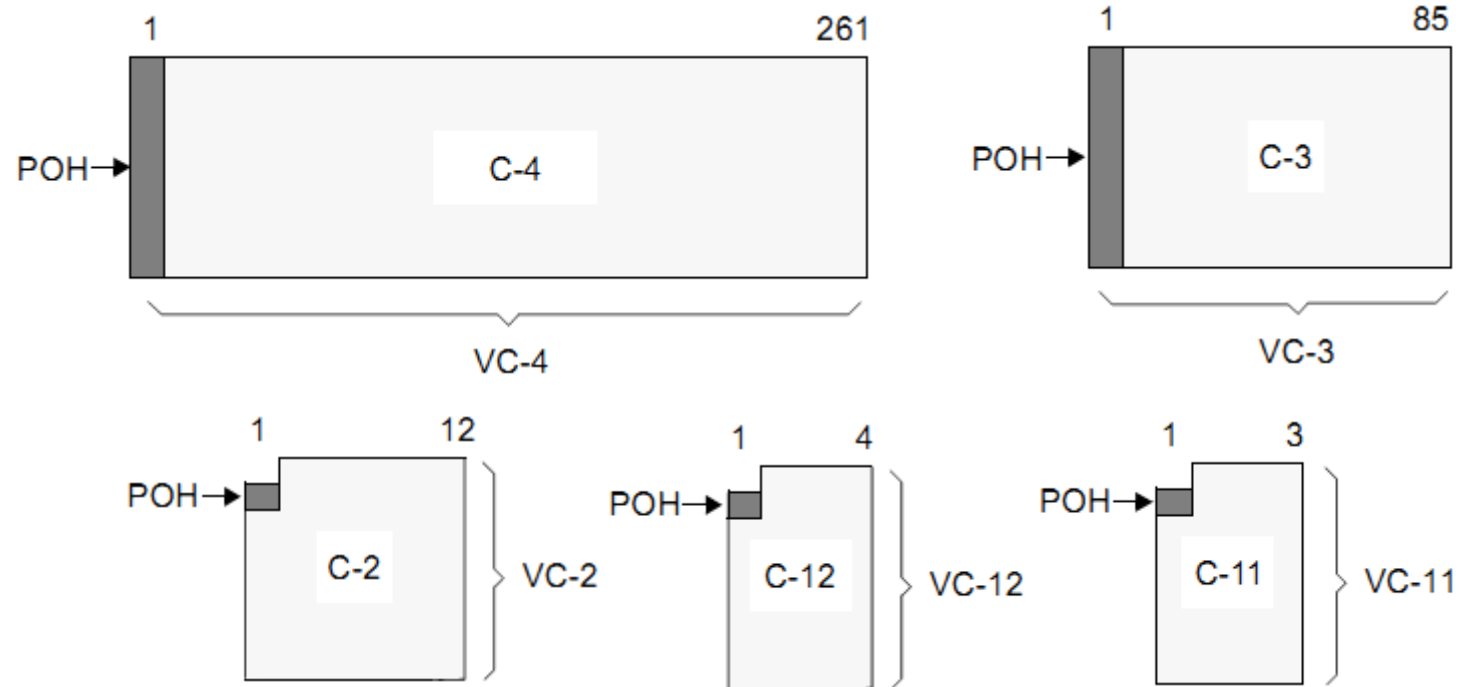
C-11: Hasta 25 octetos



Contenedor Virtual-n (VC-n):

✓Consta de campos de **información de carga útil (Contenedor)** y de la **tara de trayecto (POH)**.

✓El VC es la entidad de carga útil que viaja sin cambios a lo largo de la red, siendo creada y desmantelada en los distintos puntos de acceso o terminación del servicio de transporte



Unidad Tributaria-n (TU-n):

- Todos los VCs, excepto el VC-4, pueden transmitirse dentro de la STM-1, depositados dentro de un **VC más grande**.
- El VC “menor o de orden inferior” puede, por regla general, tener **deslizamientos de fase** dentro del VC “mayor o de orden superior”.
- A tal efecto, el **VC de orden superior debe tener incorporado un puntero** que identifique la relación de fase entre ambos VCs.
- **Consta de una carga útil de información** (el contenedor virtual de orden inferior) y un **puntero que señala el desplazamiento** del comienzo de la trama de carga útil con relación al comienzo de la trama del contenedor virtual de orden superior.

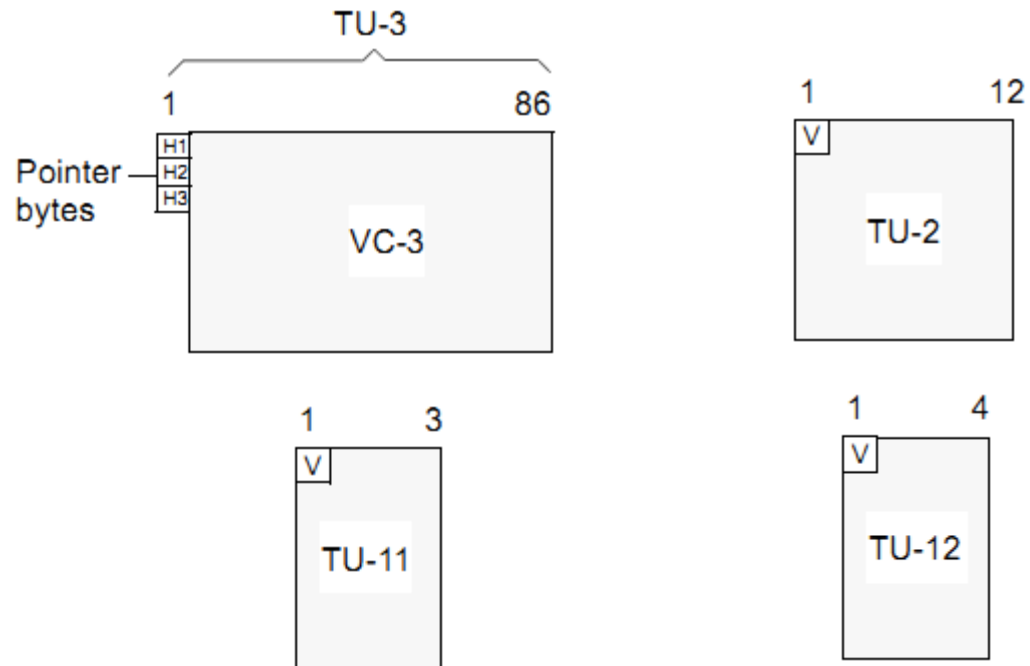
Las unidades tributarias son: TU-11, TU-12, TU-2 y TU-3, formadas por la alineación de los VC-11, VC-12, VC-2 y VC-3.

TU-3: 9 filas x 86 columnas

TU-2: 9 filas x 12 columnas

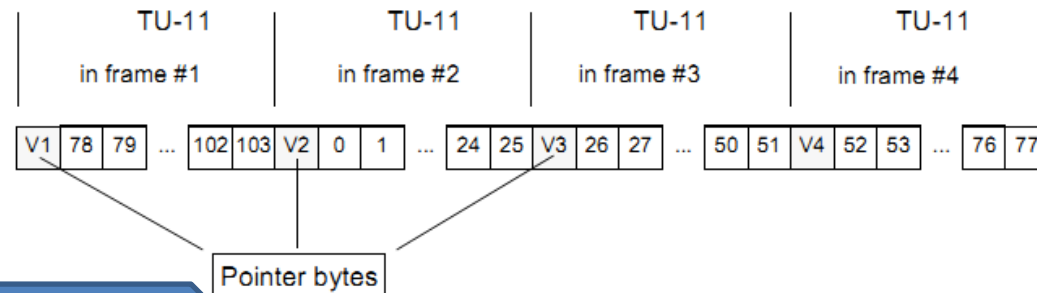
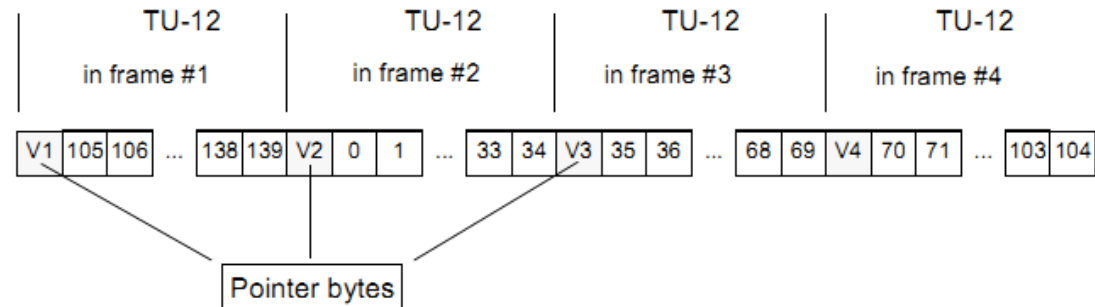
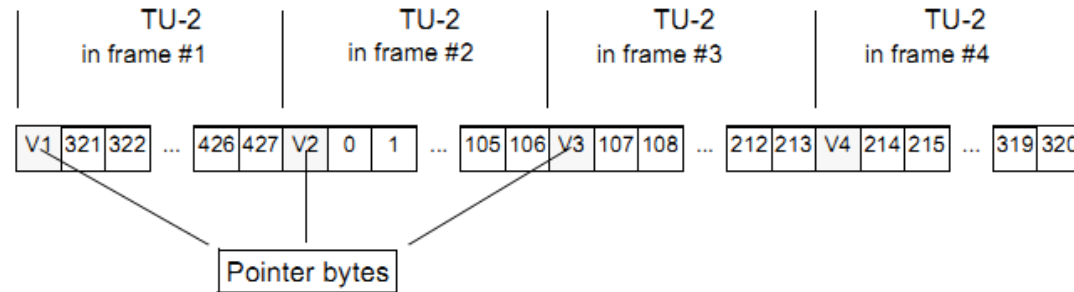
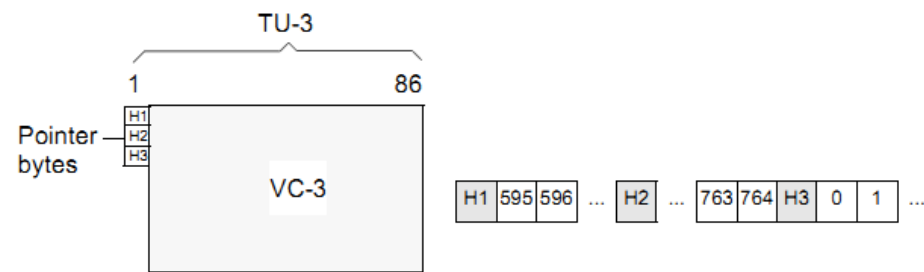
TU-12: 9 filas x 4 columnas

TU-11: 9 filas x 3 columnas



En las estructuras TU-11, TU-12 y TU-2, queda disponible espacio para solamente un puntero de un byte.

Sin embargo, son necesarios tres bytes para las operaciones de punteros. Para hacer esto posible, **se genera un multiframe.**



Grupo de unidades tributarias (TUG):

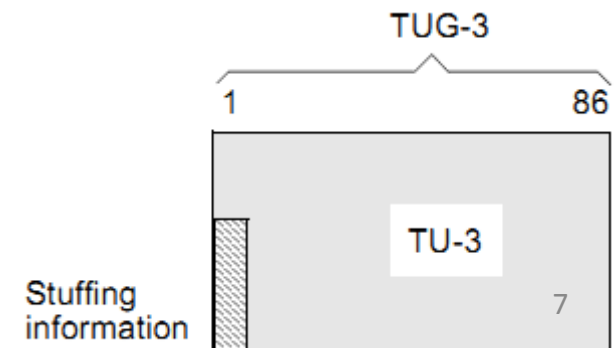
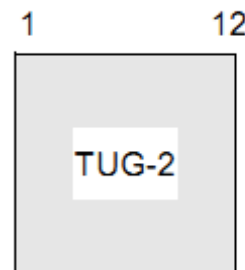
Se denomina a **una o más unidades tributarias** que ocupan posiciones fijas y definidas en **un VC-n de orden superior**.

Las TUG se definen de manera que **pueden construirse cargas útiles** de capacidad mixta formadas **por unidades tributarias de tamaños diferentes** para aumentar la flexibilidad de la red de transporte.

Un TUG-2 consta de un conjunto homogéneo de TU-11 o TU-11 idénticas o de una TU-2.

Un TUG-3 consta de un conjunto homogéneo de TUG-2 o de una TU-3.

4 x TU-11 →	TUG-2
3 x TU-12 →	TUG-2
1 x TU-2 →	TUG-2
7 x TUG-2 + stuff. info →	TUG-3
1 x TU-3 + stuff. info →	TUG-3



Unidad Administrativa-n (AU-n):

Los VC-4 y VC-3, son transmitidos directamente en la trama STM-1.

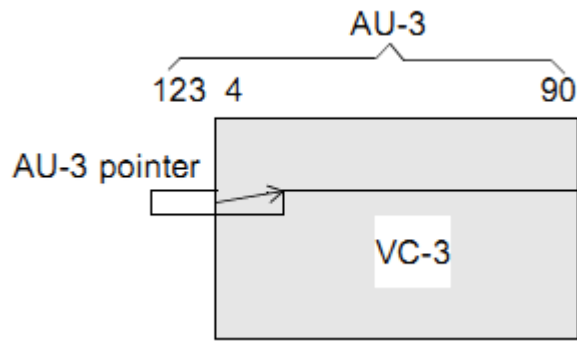
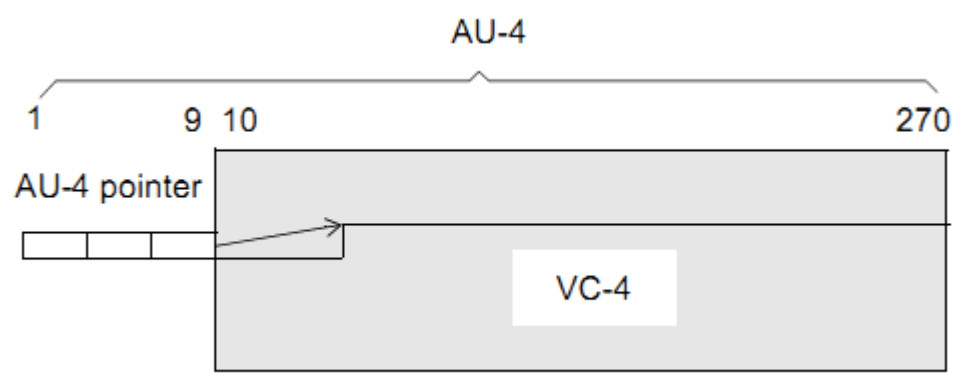
En este caso **los PTR del AU** incorporados en la trama STM-1 **contienen la relación de fase entre la trama y el VC respectivo.**

Una unidad administrativa (administrative unit-n) es la estructura de información que proporciona la **adaptación entre la capa de trayecto de orden superior y la capa sección de multiplexación.**

Consta de una **carga útil de información** (el contenedor virtual de orden superior) **y un puntero de unidad administrativa** que señala el desplazamiento del comienzo de la trama de carga útil con relación al comienzo de la trama de la sección de multiplexación.

Existen dos tipos, el AU-4 que consta de un VC-4 y un puntero AU, y el AU-3 que consiste en un VC-3 y un puntero AU.

En la trama STM-1 pueden transmitirse, 1 x AU4, o bien 3 x AU3.



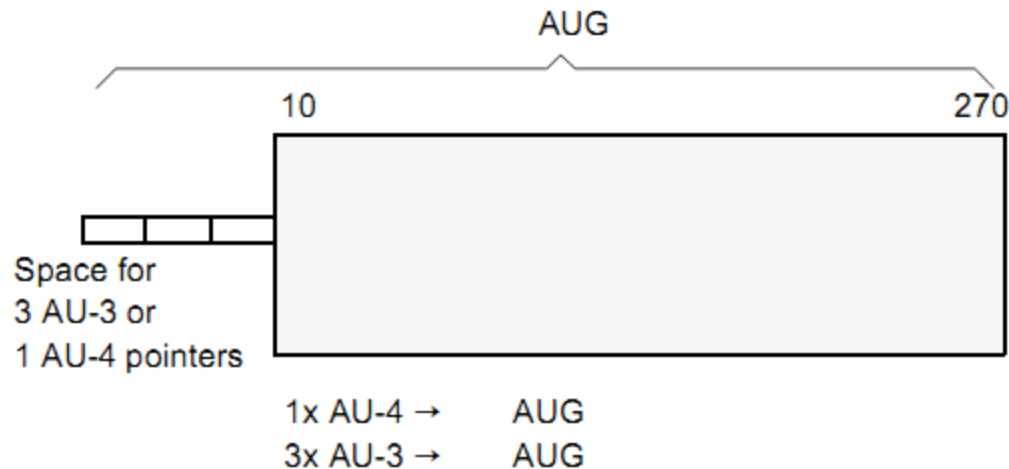
Grupo de unidades administrativas (AUG):

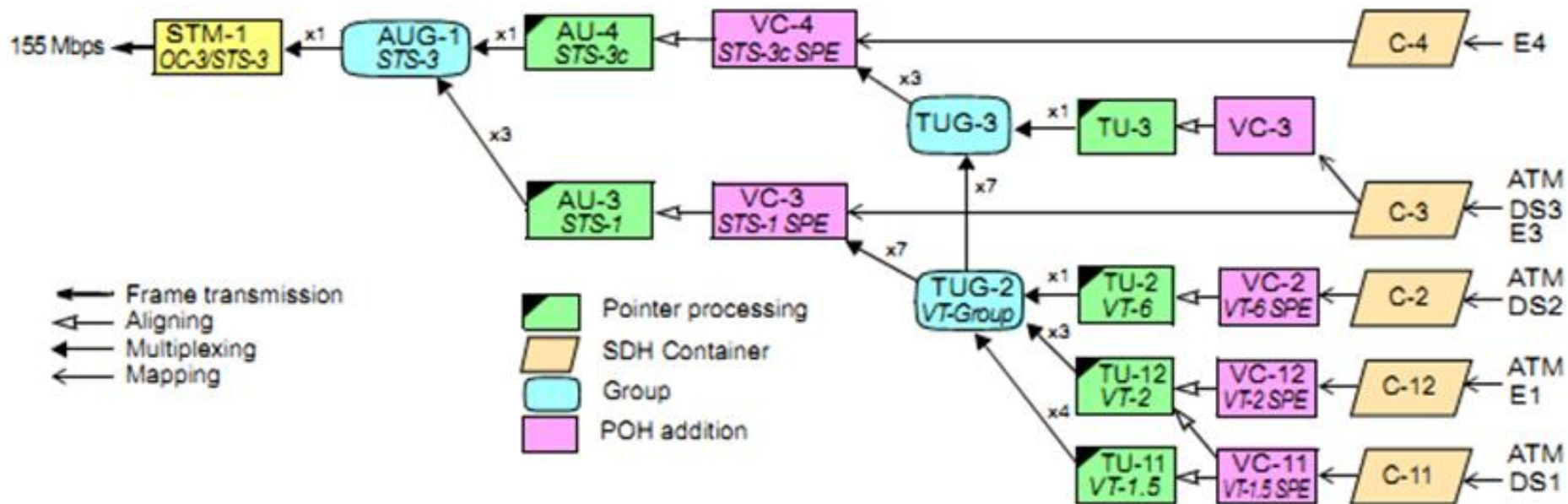
Se denomina así, a **una o más unidades administrativas** que ocupan posiciones fijas y definidas en una cabida útil de STM.

Representa una estructura de información compuesta por 9 filas cada una consistente de 261 columnas más 9 bytes en fila 4 de los punteros de la AU.

Es un caso similar a la Unidad Tributaria pero con los punteros situados fuera de la carga, ocupando espacio de cabeceras.

Las AUG constan de un conjunto de tres AU-3 o una AU-4



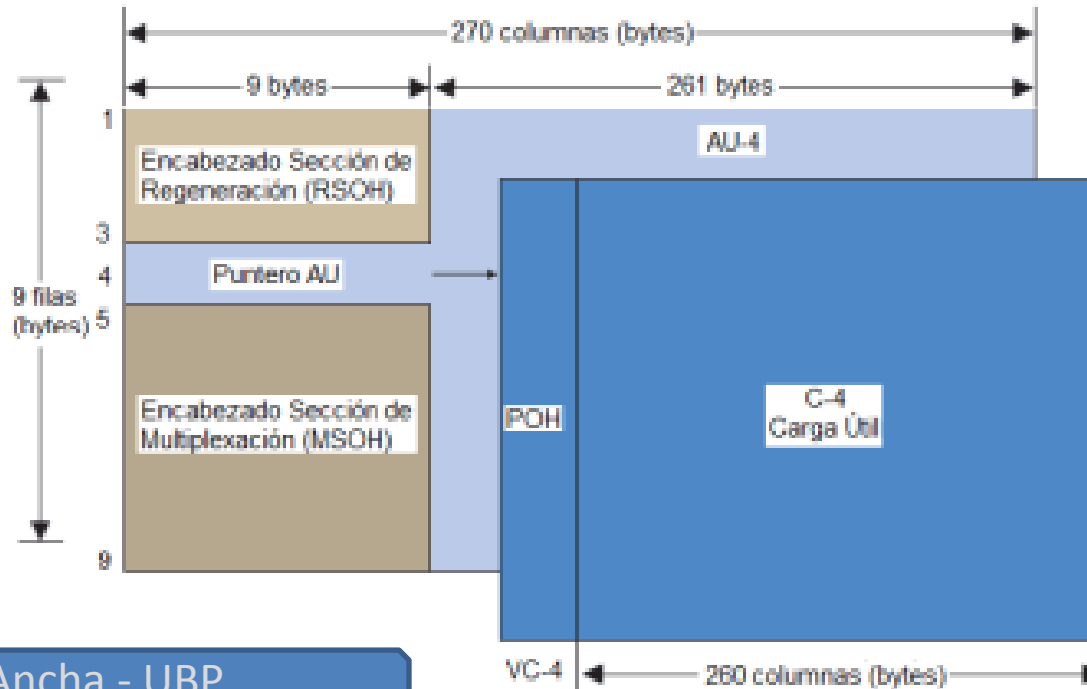


FORMATO DE LA TRAMA SDH

La base de la jerarquía SDH, es el **STM-1**, que tiene una velocidad de transmisión es **155.52 Mbps**.

La trama del STM-1 está compuesta de **2430 bytes** (270 columnas o bytes * 9 filas o bytes), que se repiten periódicamente cada **125µs**.

Al STM-1 se representa en dos dimensiones como un arreglo de 9 filas, cada fila está compuesta por 270 bytes:



El STM-1 tiene tres partes que se detallan a continuación:

SOH (Section Overhead, Cabecera de Sección):

Es el bloque de **encabezado de la sección**, conformado por **bytes de control**.

Los bytes proporcionan facilidades de operación, administración y mantenimiento (OAM) de la red SDH, como también alineamiento de trama y conmutación de protección.

El SOH se divide en el **RSOH** (Regeneration Section Overhead, Cabecera para la Sección de Regeneración) y el **MSOH** (Multiplex Section Overhead, Cabecera para la Sección de Multiplexación).

- El **RSOH** está conformada por 3 filas de 9 bytes, en total 27 bytes.

Parte de su contenido es:

1. Señal de alineamiento de trama, etiquetas,
2. Información de gestión, supervisión de errores de la señal de línea (RSOH) y
3. Canales de servicio.

- El **MSOH** está estructurada por 5 filas de 9 bytes, en total 45 bytes.

MSOH: Los 9 primeros octetos de las líneas 5 a 9, solo pueden ser accedidos en los nodos de red terminales de la sección múltiplex.

Parte de su contenido es:

1. Supervisión de errores de la Sección Múltiplex,
2. Canales de control, para la conmutación de protección y
3. Canales de servicio.

PTR (Pointer, Punteros):

Es el bloque de punteros.

SDH provee punteros para **diferenciar los contenedores virtuales VC-N con respecto al marco STM-N**, de modo que la carga útil sea fácilmente localizada.

Los punteros de orden menor también son útiles para **permitir diferencias entre los contenedores virtuales de bajo y alto orden.**

Cabecera de trayecto POH

Se asigna al contenido útil al **multiplexarse en el contenedor**, permaneciendo con ese contenedor hasta que sea demultiplexada la carga útil.

Esta operación define el significado de **Trayecto en la SDH**.

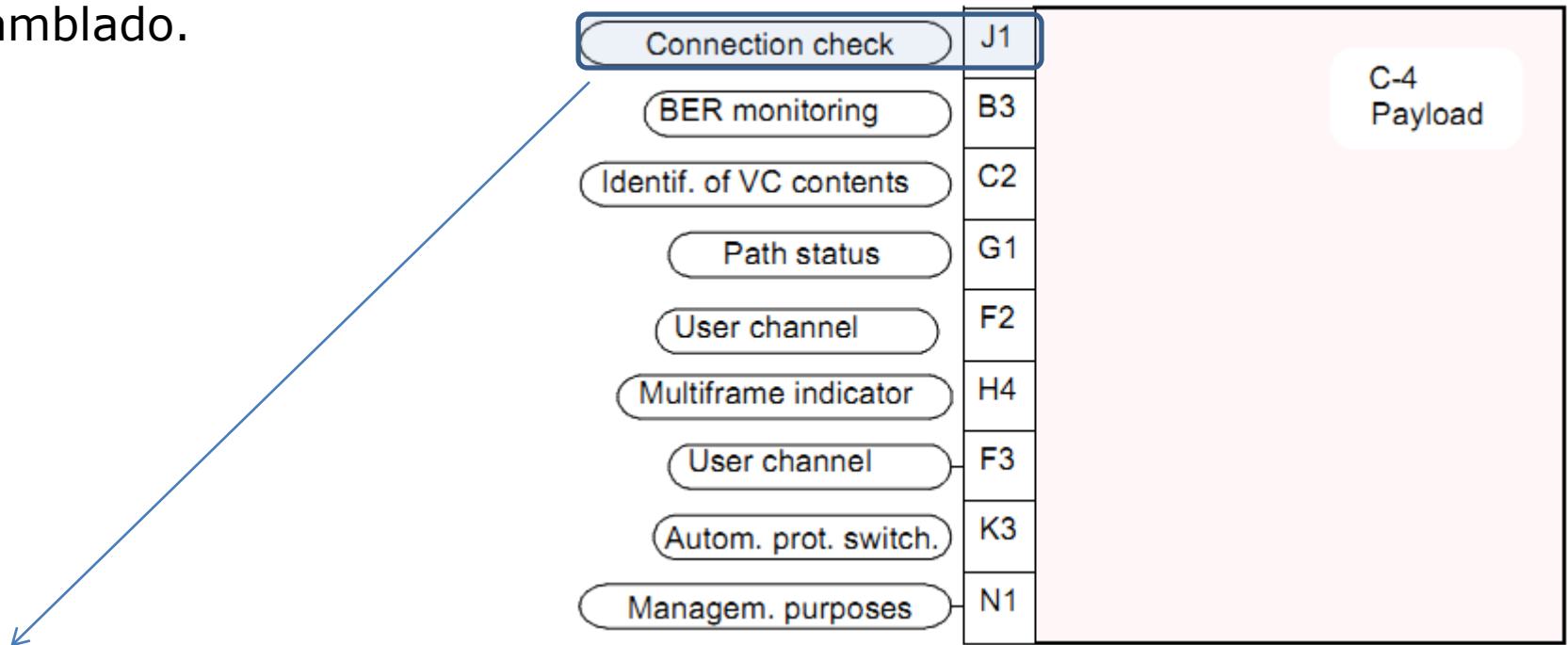
Junto con **el contenedor C**, el POH forma **Virtual-Container VC**.

La capacidad POH **depende del nivel de la ruta**.

Mientras el POH de orden superior está compuesto por 9 bytes (1 fila), sólo cuatro bytes están disponibles para el POH de orden inferior.

POH Orden superior (VC-3/VC-4)

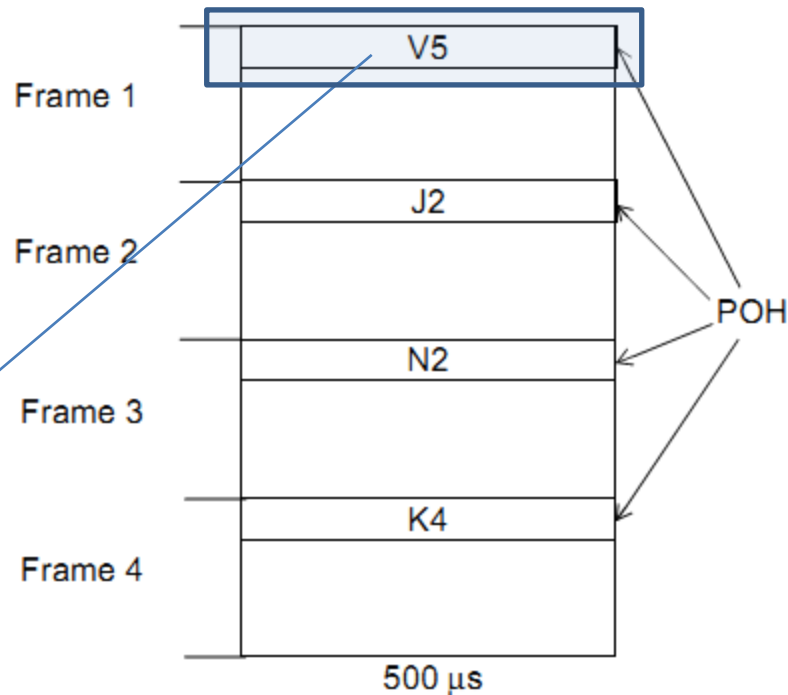
El POH de orden superior se encuentra en la **primera columna (9 bytes) de VC-3 o VC-4**. Se forma en la generación de la VC-3 (VC-4) y se mantiene sin cambio (a excepción del byte N1) hasta que el Contenedor Virtual es desensamblado.



Este es el primer byte en VC-3/VC-4. Su posición es indicada por el puntero y representa, por tanto, la referencia de punto de la estructura de VC-3/VC-4.

POH Orden inferior (VC-1x/VC-2)

El POH de Orden inferior se compone de los bytes V5, J2, N2 y K4. **Estos son transmitido en cuatro frames consecutivos formando un multiframe** de 500 μ s.



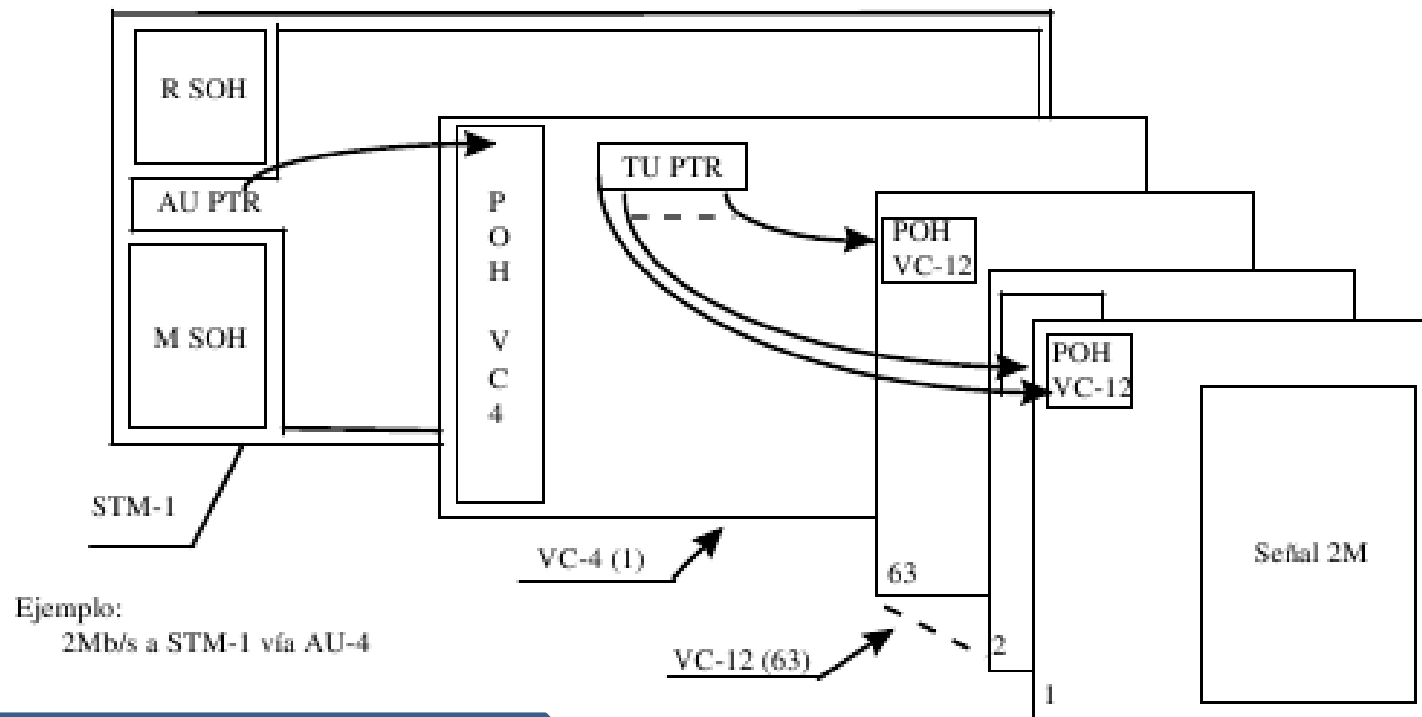
Este es el primer byte en VC-1x/VC-2. Su posición es indicada por el puntero y representa, por tanto, la referencia de punto de la estructura.

Punteros:

- El puntero permite **asignar de forma flexible y dinámica los distintos CV's** dentro del área de carga de las unidades.
- Esto significa que **los CV's pueden flotar** dentro de la trama.
- El puntero permite absorber mediante un mecanismo de **justificación positiva/nula/negativa**, las diferencias de frecuencia entre las diferentes señales que van a constituir el STM-N.

El Puntero AU: se utiliza para **colocar los VCs de orden superior en los STM-N**. Este también muestra la dirección donde comienza la trama de carga útil del VC dentro de la trama STM.

El Puntero TU: se encarga de **alinear varios VCs de orden inferior en un VC de orden superior** y además indica la dirección donde comienza la carga útil del VC dentro de la trama VC de orden superior.

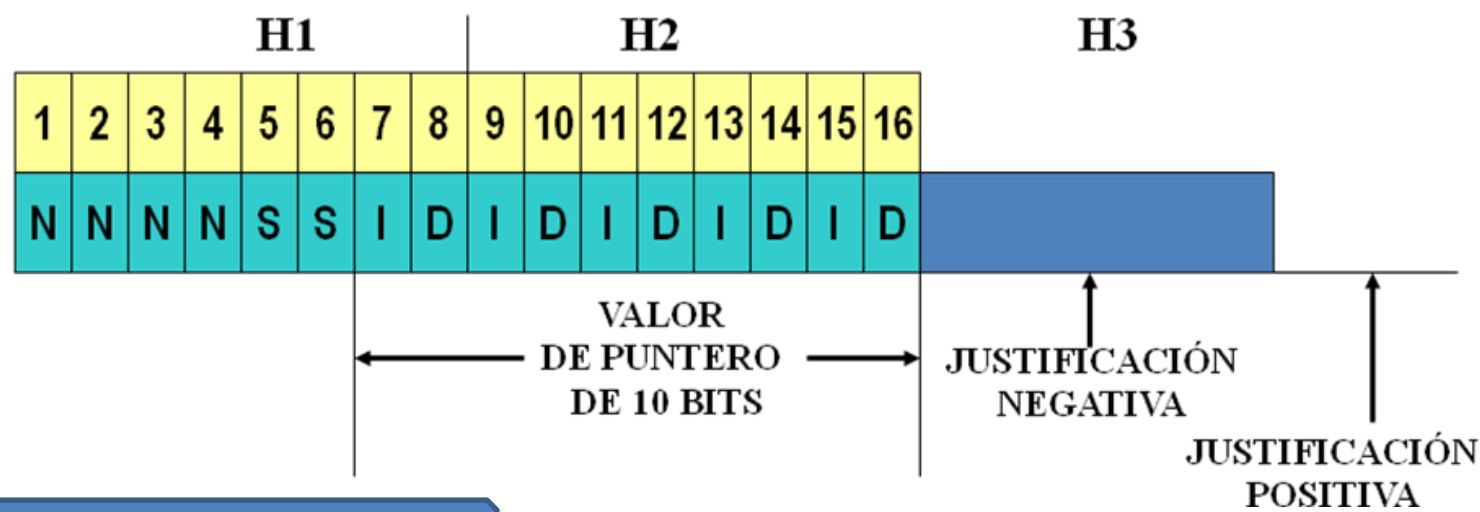


Un puntero normalmente **se divide en cuatro partes**:

- H1, H2, H3 y otros bytes no utilizados forman el puntero AU.
- V1, V2, V3 y V4 (uso futuro) forman el puntero TU.

Las **primeras dos partes** de un puntero (H1,H2) Y (V1,V2) se utilizan para la indicación de direcciones y control de justificación.

La **tercera parte (H3) y (V3)** es la llamada "oportunidad de justificación", lo que quiere decir que se encarga de indicar cuándo es necesaria la justificación. El uso de Hn y Vn es idéntico



Los primeros **cuatro bits más significativos** dentro del **byte H1** son conocidos como **NDF** o “new data found” flag.

Este NDF puede ser “normal = 0110” o “set = 1001”.

Cuando está en **modo “normal”**, entonces una de las tres condiciones puede existir: sin justificación de frecuencia, justificación positiva o justificación negativa ha sido realizada.

El **modo “set”** indica que un cambio arbitrario del valor del puntero ha ocurrido debido a un cambio en la posición del VC.

Los **próximos dos bits conocidos como S-bits**, indican el tamaño del contenedor virtual.

Los **dos últimos bits de H1 junto con H2**, forman una palabra de 10 bits para la dirección del inicio del VC en la parte de PAYLOAD.

Esta dirección es un número binario con un valor entre 0 y 782.

Modificación del valor de puntero

Hay dos posibilidades de modificar el valor de puntero:

- 1) Establecer un nuevo valor de puntero (utilizando bits NDF):
- 2) Establecer una justificación de frecuencia

Ajuste del puntero utilizando los bits NDF:

- a) Los bits NDF se colocan en **1001**.
- b) En el frame en el cual se modifican los bits NDF, **se introduce inmediatamente el nuevo valor del puntero**, sin necesidad de inversión de bits I o D.
- c) Los ajustes de punteros mediante NDF, **tampoco pueden ocurrir más de un frame de cada cuatro**.
- d) Esto es debido a que el nuevo valor del puntero es aceptado solo si este es recibido en tres frames consecutivos.

Frame Status	New Data Flag				Unused Bits		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
NDF Set	1	0	0	1	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0

Ajuste del puntero realizando justificación de frecuencia :

El valor del puntero debe incrementarse o decrementarse.

Para esto los bits del 7 al 16 se dividen en dos grupos, bits de incremento (I) y bits de decremento (D).

Si el puntero debe **incrementarse los bits I se invierten**, y si el puntero debe **decrementarse los bits D se invierten**.

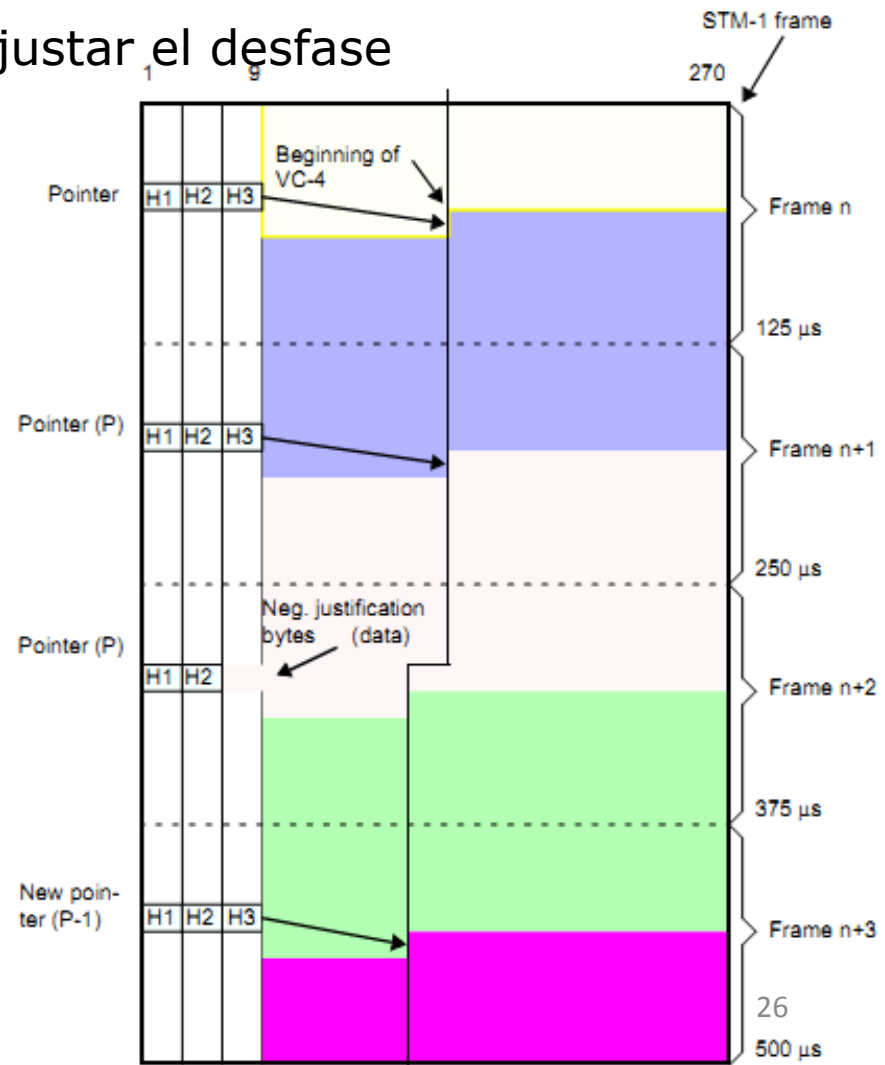
Si tenemos un ajuste de puntero en una unidad, luego, en las siguientes tres **tramas por lo menos (es decir, en una trama de cada cuatro), el valor del puntero permanece constante**

- Si el VC-4 va más rápido que el STM-1, se utilizan los bytes H3 para transportar el exceso de VC-4 (justificación negativa).
- Si el VC-4 va más lento que el STM-1, no se utilizan los bytes 10, 11 y 12 (justificación positiva).

Justificación Negativa (El VC-4 es más rápido 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

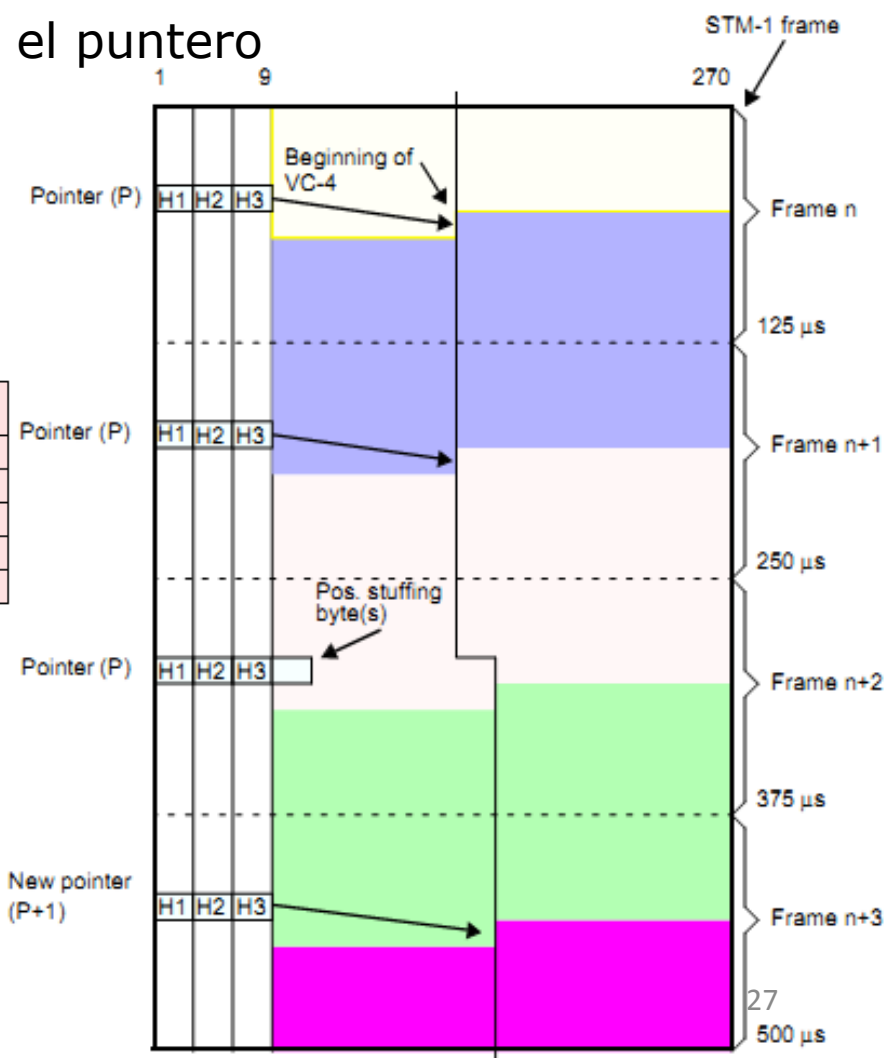
Frame Status	New Data Flag				Unused Bits		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
Inverted D bits	0	1	1	0	X	X	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1
Norm Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	0	1



Justificación Positiva (El VC-4 es más lento que el AUG):

- El VC-4 se va "retrasando"
- El puntero aumenta en 1 periódicamente
- Se introducen 3 bytes de relleno tras el puntero

Frame Status	New Data Flag				Unused Bits		I	D	I	D	I	D	I	D	I	D
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	0
Inverted I bits	0	1	1	0	X	X	1	0	0	1	1	1	1	1	0	0
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
New Ptr Value	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1
Normal Frame	0	1	1	0	X	X	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1



Estructuras de punteros para AU3

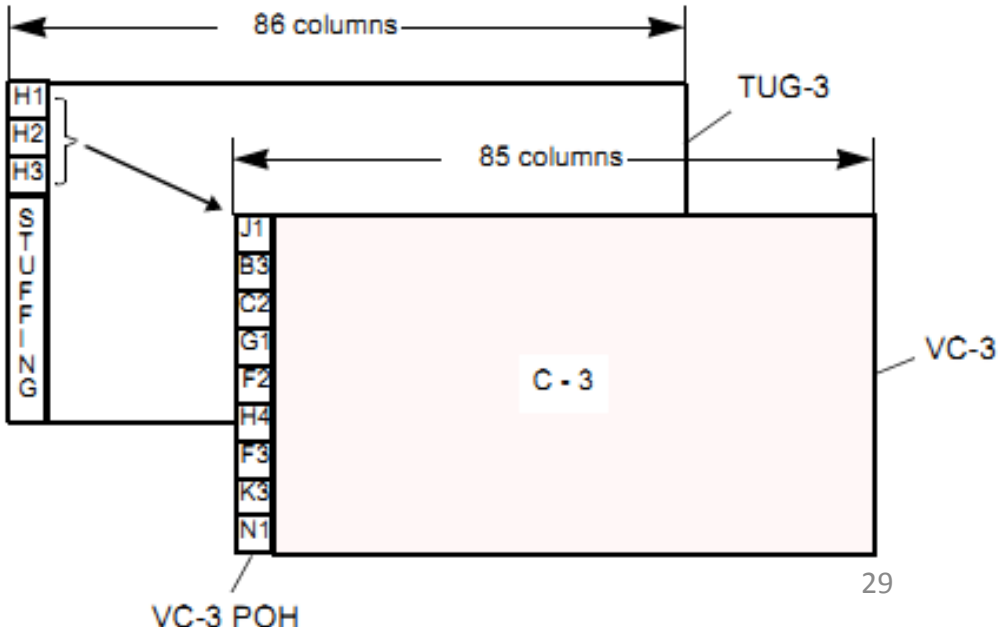
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		265	266	267	268	269	270
1										522	522	522	523	523	523	524	524	524	.....	607	607	607	608	608	608
2										609	609	609	610	610	610	611	611	611	.....	694	694	694	695	695	695
3										696	696	696	697	697	697	698	698	698	.....	781	781	781	782	782	782
4	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3	0	0	0	1	1	1	2	2	2	.....	85	85	85	86	86	86
5										87	87	87	88	88	88	89	89	89	.....	172	172	172	173	173	173
6										174	174	174	175	175	175	176	176	176	.....	259	259	259	260	260	260
7										261	261	261	262	262	262	263	263	263	.....	346	346	346	347	347	347
8										348	348	348	349	349	349	350	350	350	.....	433	433	433	434	434	434
9										435	435	435	436	436	436	437	437	437	.....	520	520	520	521	521	521
1										522	522	522	523	523	523	524	524	524	.....	607	607	607	608	608	608
2										609	609	609	610	610	610	611	611	611	.....	694	694	694	695	695	695
3										696	696	696	697	697	697	698	698	698	.....	781	781	781	782	782	782
4	H1	H1	H1	H2	H2	H2	H3	H3	H3	0	0	0	1	1	1	2	2	2	.....	85	85	85	86	86	86
5										87	87	87	88	88	88	89	89	89	.....	172	172	172	173	173	173

Estructuras de punteros para AU4

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14												269	270
1										522	-	-	523	-	-	524	-	-	...	607	-	-	608	-	-		
2										609	-	-	610	-	-	611	-	-	...	694	-	-	695	-	-		
3										696	-	-	697	-	-	698	-	-	...	781	-	-	695	-	-		
4	H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3	0	-	-	1	-	-	2	-	-	...	85	-	-	86	-	-		
5										87	-	-	88	-	-	89	-	-	...	172	-	-	173	-	-		
6										174	-	-	175	-	-	176	-	-	...	259	-	-	260	-	-		
7										261	-	-	262	-	-	263	-	-	...	346	-	-	347	-	-		
8										348	-	-	349	-	-	350	-	-	...	433	-	-	434	-	-		
9										435	-	-	436	-	-	437	-	-	...	520	-	-	521	-	-		
1										522	-	-	523	-	-	524	-	-	...	607	-	-	608	-	-		
2										609	-	-	610	-	-	611	-	-	...	694	-	-	695	-	-		
3										696	-	-	697	-	-	698	-	-	...	781	-	-	695	-	-		
4	H1	Y	Y	H2	1*	1*	H3	H3	H3	0	-	-	1	-	-	2	-	-	...	85	-	-	86	-	-		
5										87	-	-	88	-	-	89	-	-	...	172	-	-	173	-	-		

Estructura de punteros de TU3

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		81	82	83	84	85	86
1	H1	595	596	597	598	599	600	601	602	603	.....	674	675	676	677	678	679
2	H2	680	681	682	683	684	685	686	687	688	.....	759	760	761	762	763	764
3	H3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	.....	79	80	81	82	83	84
4	S T U F F I N G	85	86	87	88	89	90	91	92	93	.....	164	165	166	167	168	169
5		170	171	172	173	174	175	176	177	178	.....	249	250	251	252	253	254
6		255	256	257	258	259	260	261	262	263	.....	334	335	336	337	338	339
7		340	341	342	343	344	345	346	347	348	.....	419	420	421	422	423	424
8		425	426	427	428	429	430	431	432	433	.....	504	505	506	507	508	509
9		510	511	512	513	514	515	516	517	518	.....	589	590	591	592	593	594
1	H1	595	596	597	598	599	600	601	602	603	.....	674	675	676	677	678	679
2	H2	680	681	682	683	684	685	686	687	688	.....	759	760	761	762	763	764
3	H3	0	1	2	3	4	5	6	7	8	.....	79	80	81	82	83	84
4	S T	85	86	87	88	89	90	91	92	93	.....	164	165	166	167	168	169
5		170	171	172	173	174	175	176	177	178	.....	249	250	251	252	253	254



Estructura de punteros de TU2



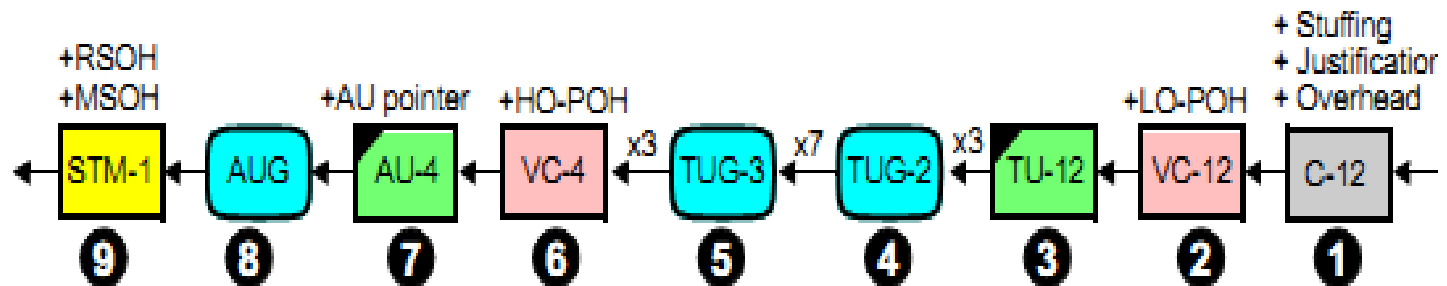
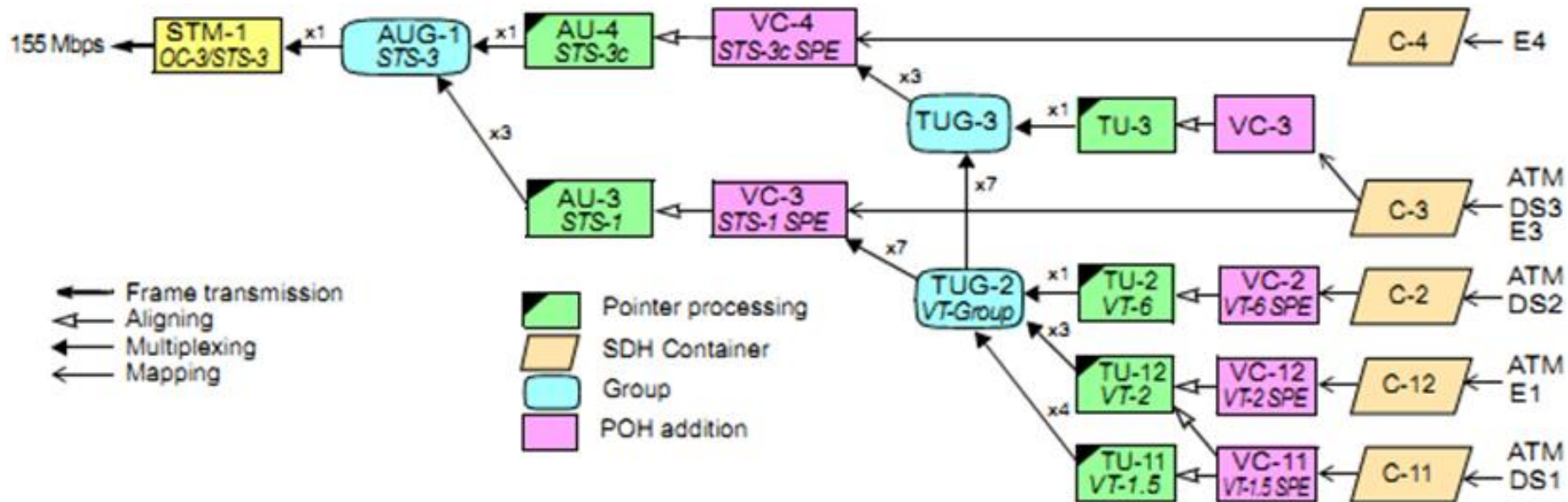
Estructura de punteros de TU12



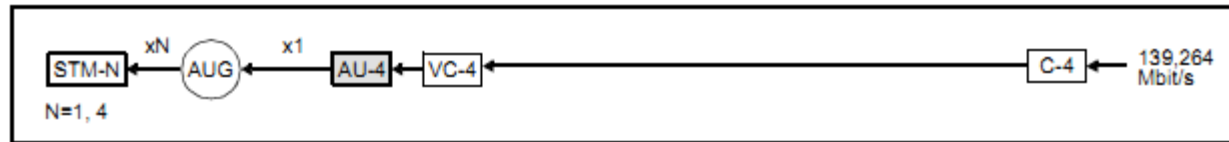
Estructura de punteros de TU11



CAMINOS DE MULTIPLEXACION



C-4 to STM-N



C-4 to AU-4

La señal de 139.264 Mbps se monta en un contenedor C-4.

El VC-4 se genera mediante la adición del POH. Se compone de 261 columnas, cada conformado por 9 filas.

Agregando el puntero AU, el VC-4 se convierte en un AU-4.

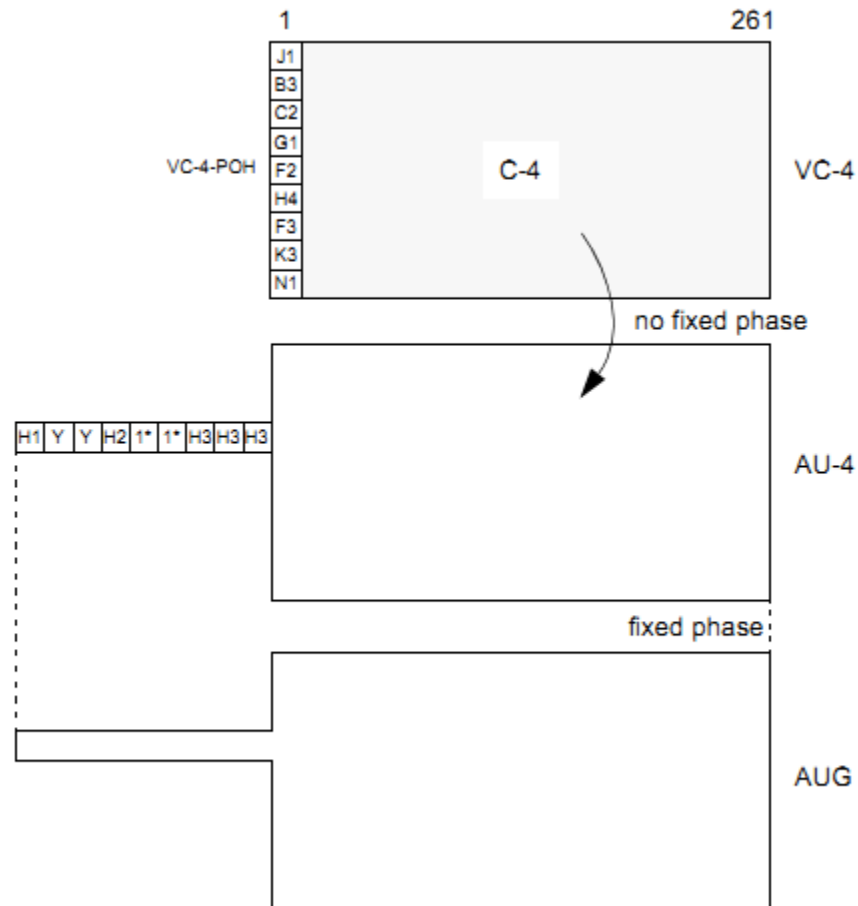
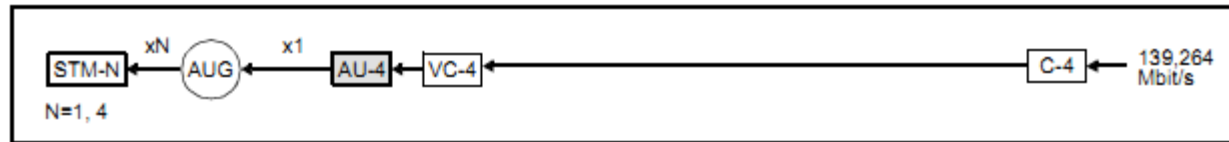
Este, indica el desplazamiento relativo entre el inicio del marco de la CV y el Marco STM-1.

AU-4 to AUG

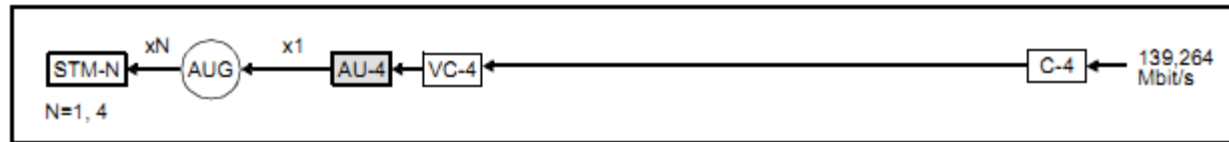
La AU-4 se convierte en un arreglo de AUG. El AUG representa una estructura de información compuesta por 9 filas y 261 columnas además 9 bytes adicionales en fila 4 para los punteros de la AU.

En este caso, el AUG consiste en un VC-4 y un puntero AU-4. La AU-4 y AUG son idénticos

C-4 to STM-N

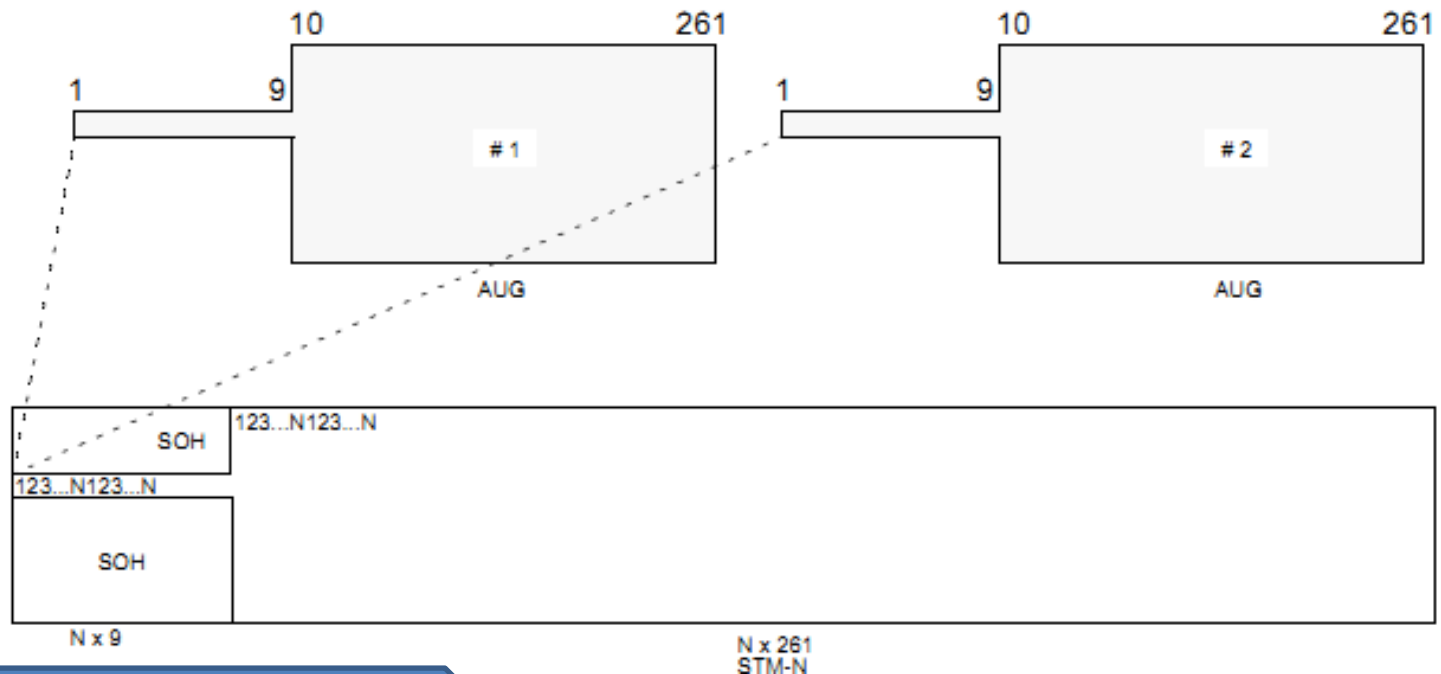


C-4 to STM-N

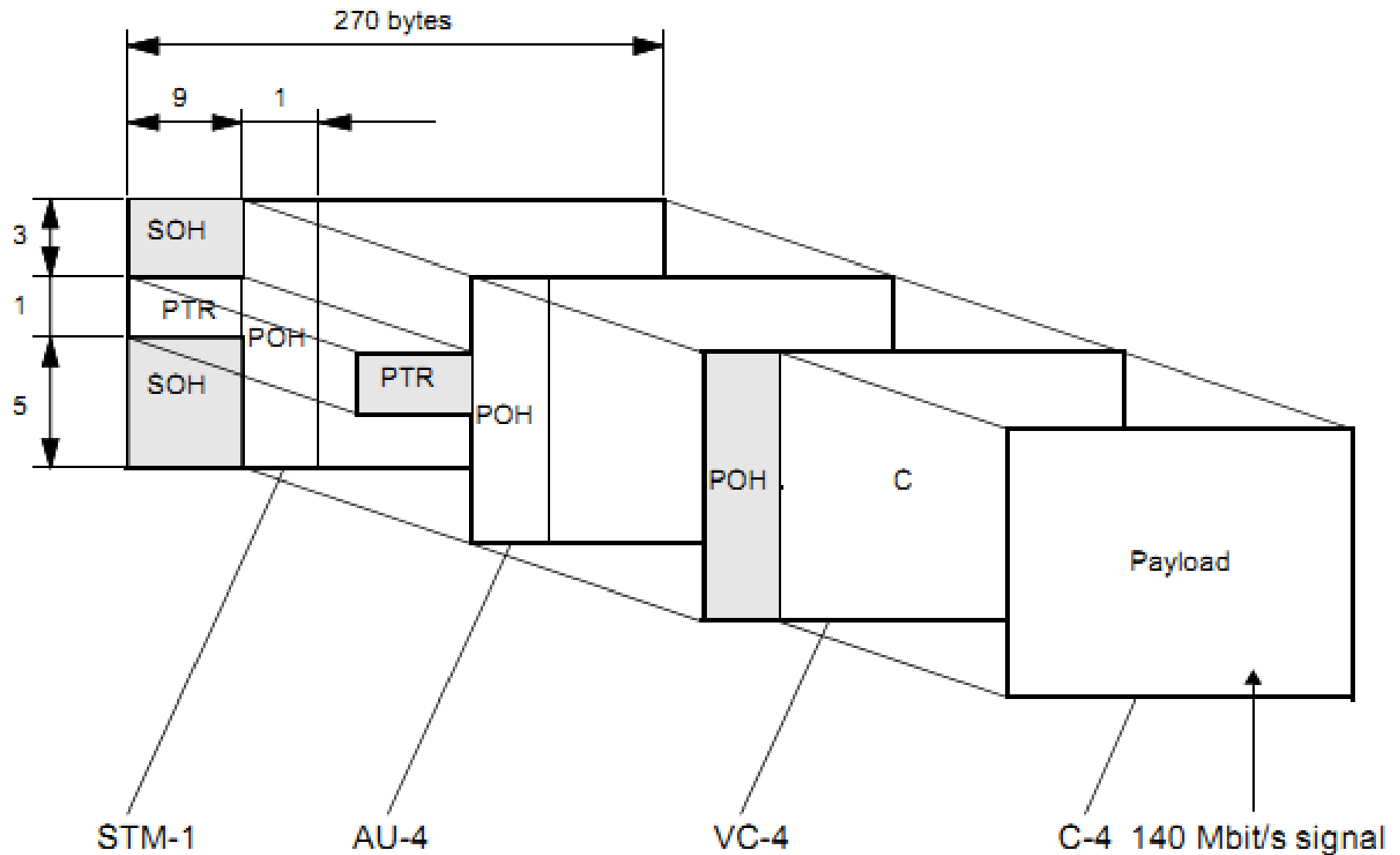


AUG to STM-N

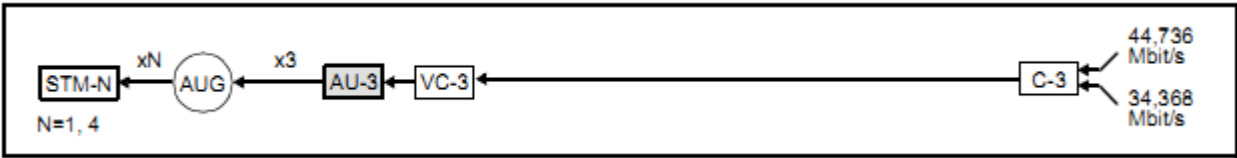
Los AUGs generados de esta forma ahora pueden ser montados ya sea en un STM-1 mapeando directamente el AUG en el STM-1 o en un marco STM-N por multiplexando N AUGs byte por byte



C-4 to STM-N



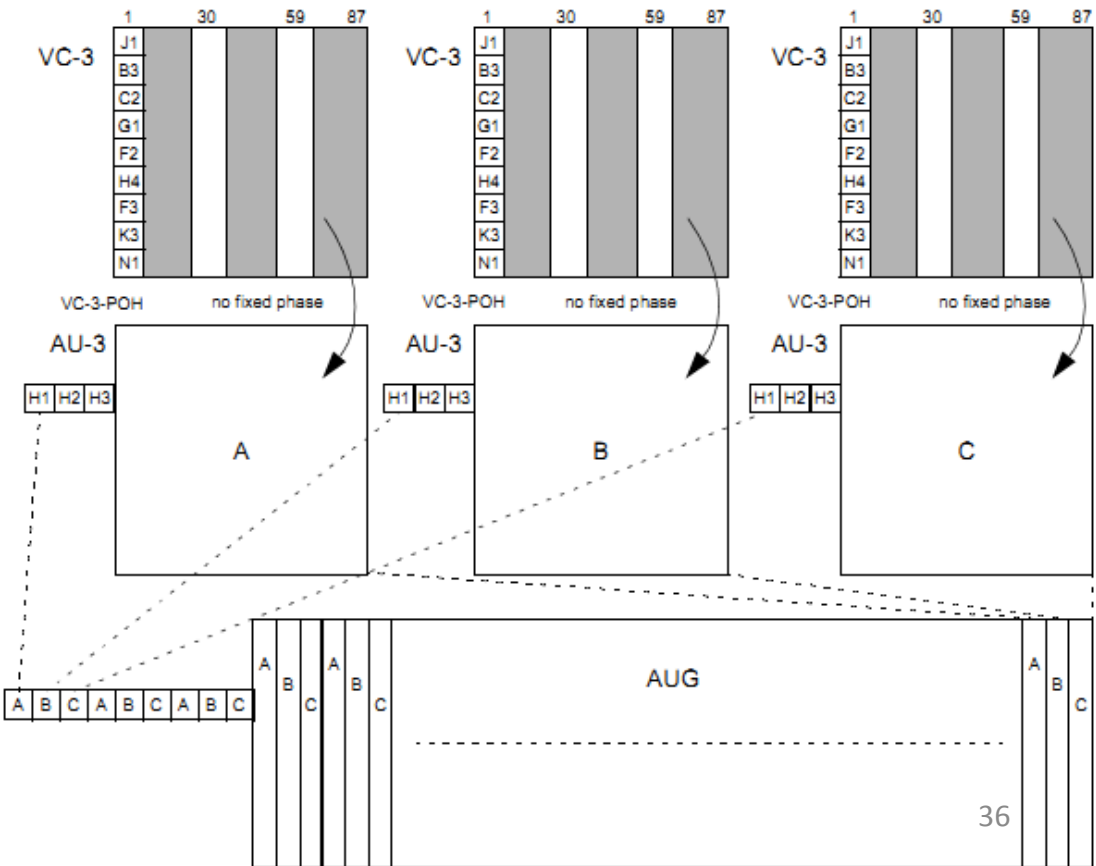
C-3 to STM-N



La señal de 34.368 o 44,736 Mbps se monta en un contenedor de C-3.

Entonces se genera el VC-3 agregando el POH. Este contenedor virtual es compuesto por 85 columnas con 9 filas cada.

Para la asignación de tres VC-3 en un AUG, dos columnas con relleno fijo se deben insertar al principio en el VC-3 ($3 \times (85 + 2) = 261$).

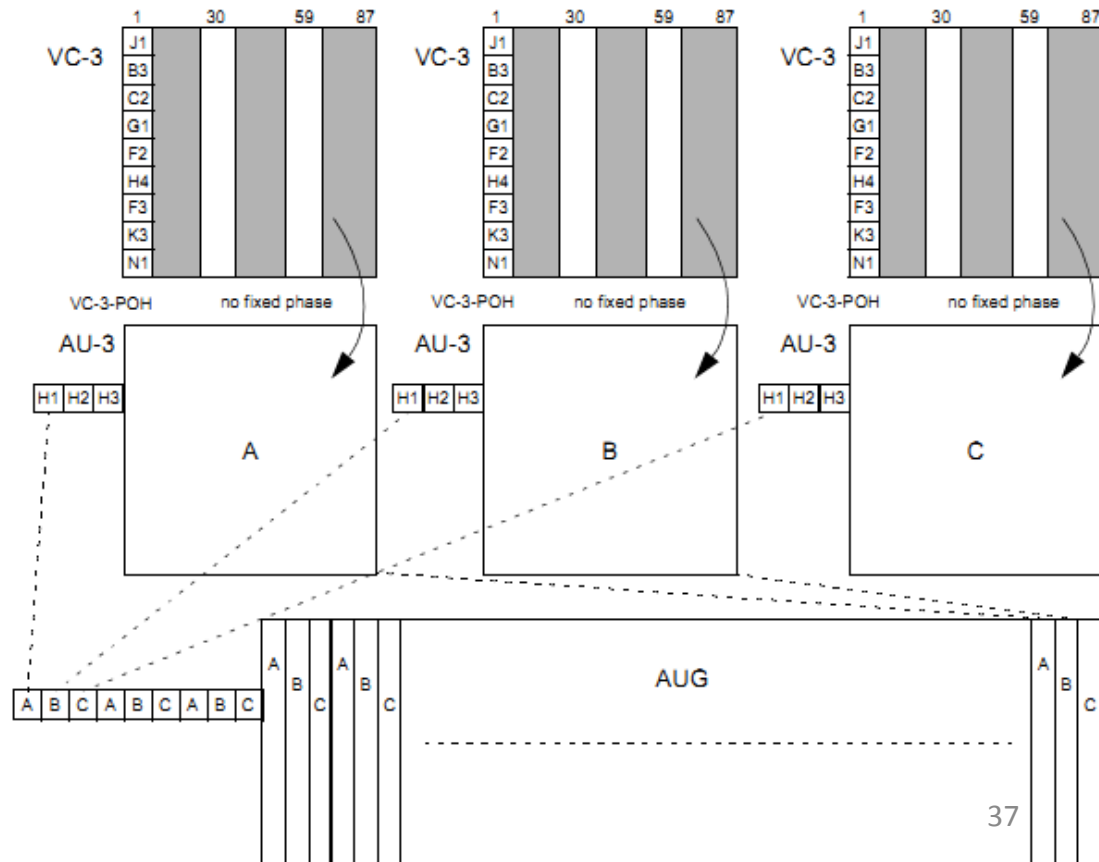


C-3 to STM-N

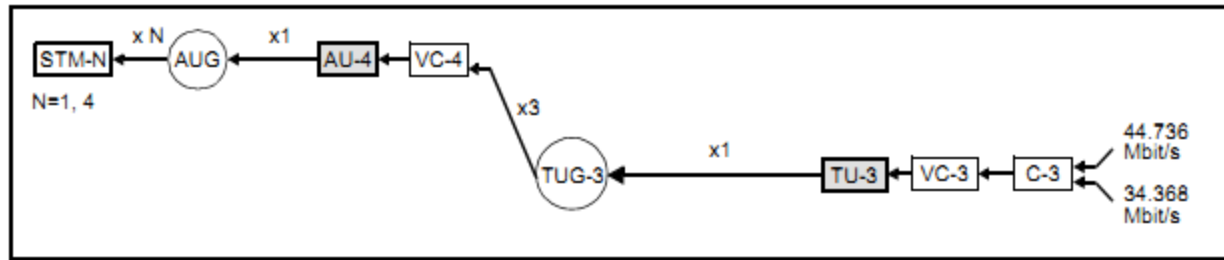
A fin de lograr una distribución relativamente uniforme de esta información de relleno, se insertan en las columnas 30 y 59. Estas VC-3s extendidas obtienen su relación de fase con la señal STM-N agregando un puntero AU-3.

La estructura del AUG está formada por la multiplexación de tres AU-3 byte por byte.

Los AUGs así generados ahora pueden montarse en un STM-1 por asignación de un AUG directamente o en un STM-N al multiplexar $n \times$ AUGs byte por byte.



Two-step multiplexing of C-3 into STM-N



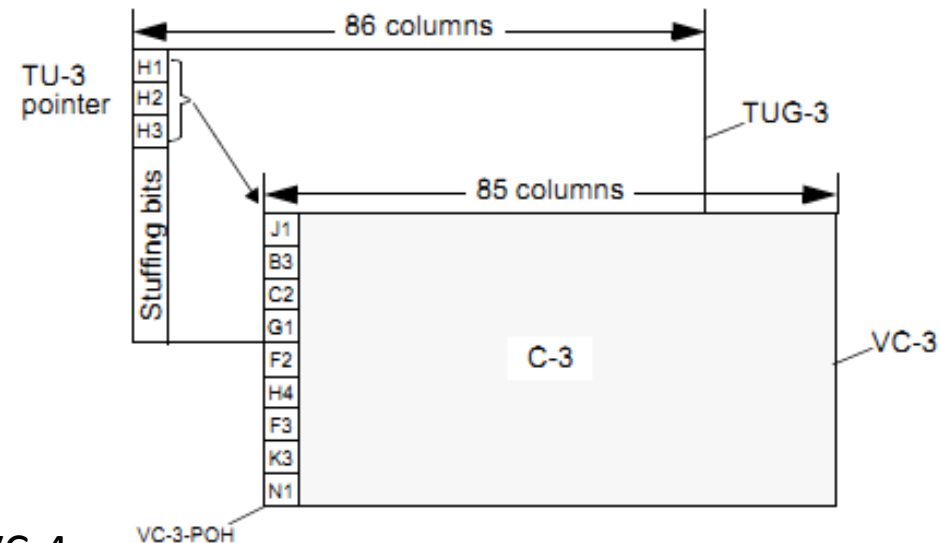
La señal de 34.368 o 44,736 Mbps se monta en un contenedor C-3. Entonces se genera el VC-3 agregando el POH.

Este contenedor virtual es compuesto por 85 columnas y 9 filas. Al proporcionar el VC-3 con un puntero, se genera la unidad tributaria de TU-3.

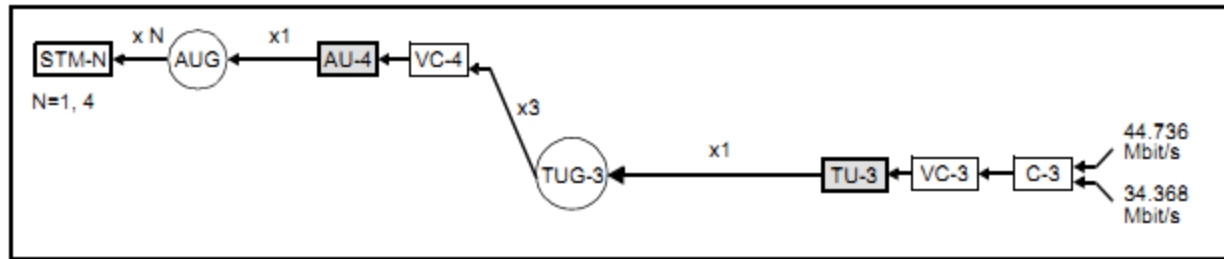
Este TU-3, a continuación, se convierte en un arreglo TUG-3 mediante la adición de información de relleno .

Un TUG-3 se compone de 86 columnas.

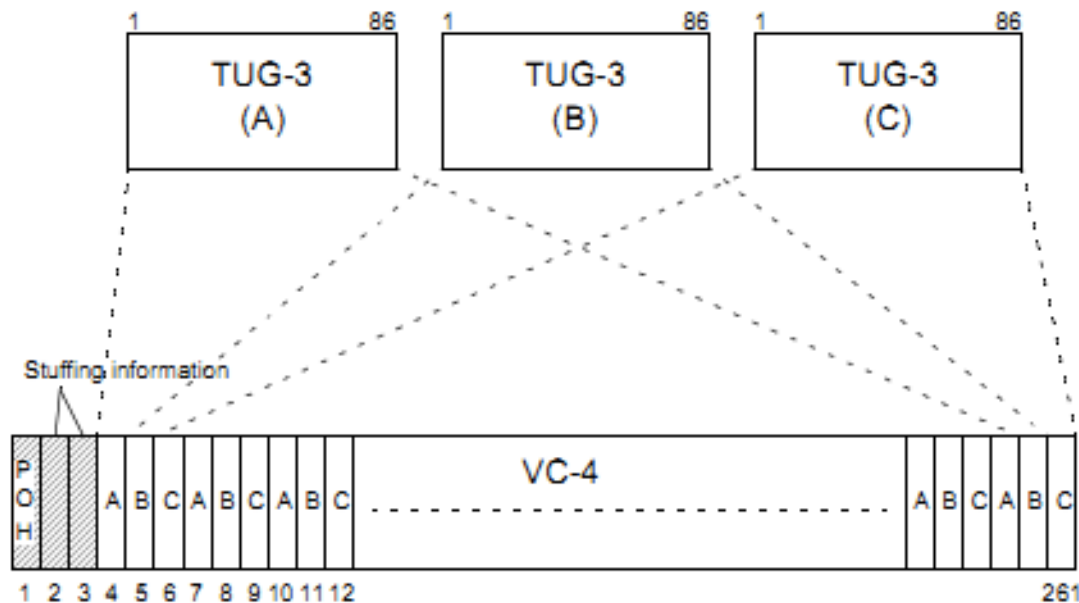
Hasta tres TUG-3 puede ser multiplexado en un VC-4.



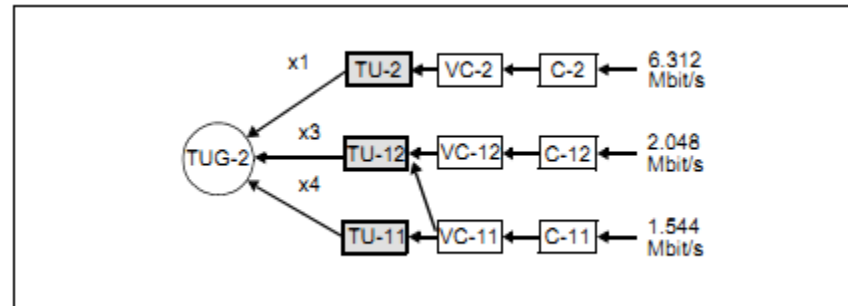
Two-step multiplexing of C-3 into STM-N



Un VC-4 tiene un POH y está compuesto por 261 columnas. Detrás del POH de la VC-4, dos columnas con información de relleno fijo son insertadas. En las 258 columnas restantes, tres TUG-3 son multiplexados por turno dentro de un VC-4 byte por byte. Este proceso da como resultado un total de $3 \times 86 + 2 + 1 = 261$ columnas.



C11, C12 and C2 to TUG-2



Dependiendo de su velocidad, se ensamblan las señales de carga en contenedores C-n de tamaño apropiado.

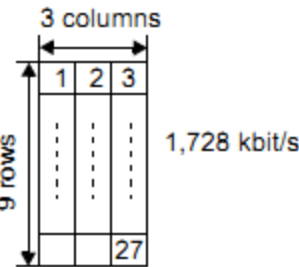
Los contenedores Virtual (VC-n) son generados al agregar los POHs.

Al proporcionar estos contenedores de VC-n con sus punteros, se generan las correspondientes TU-n.

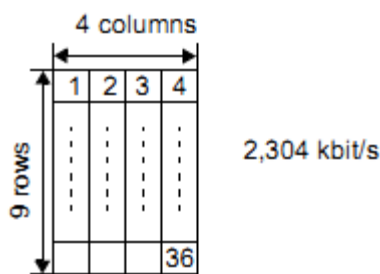
Como todas las estructuras SDH se basan en una estructura compuesta por 9 filas, las TUs pueden describirse como una estructura con un cierto número de columnas y nueve filas.

C11, C12 and C2 to TUG-2

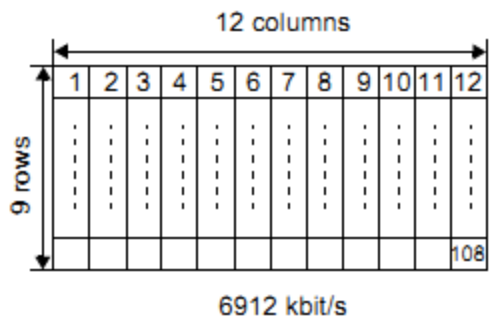
TU-11



TU-12



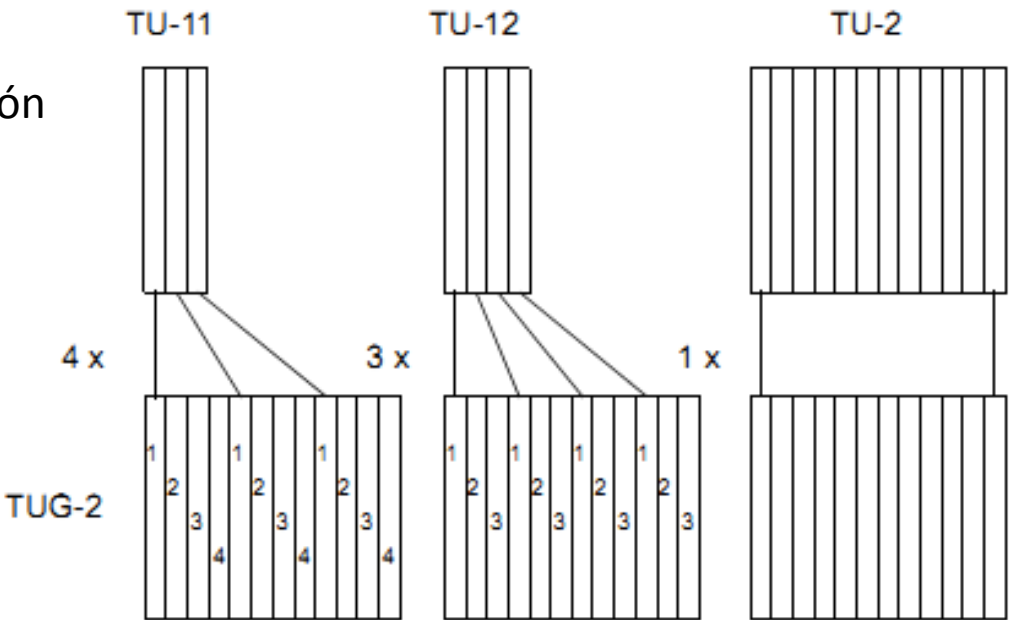
TU-2



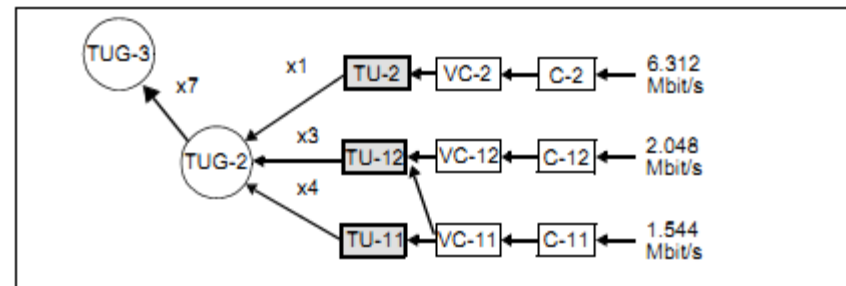
TUG-2

Un TUG-2 se genera por multiplexación columna por columna de:

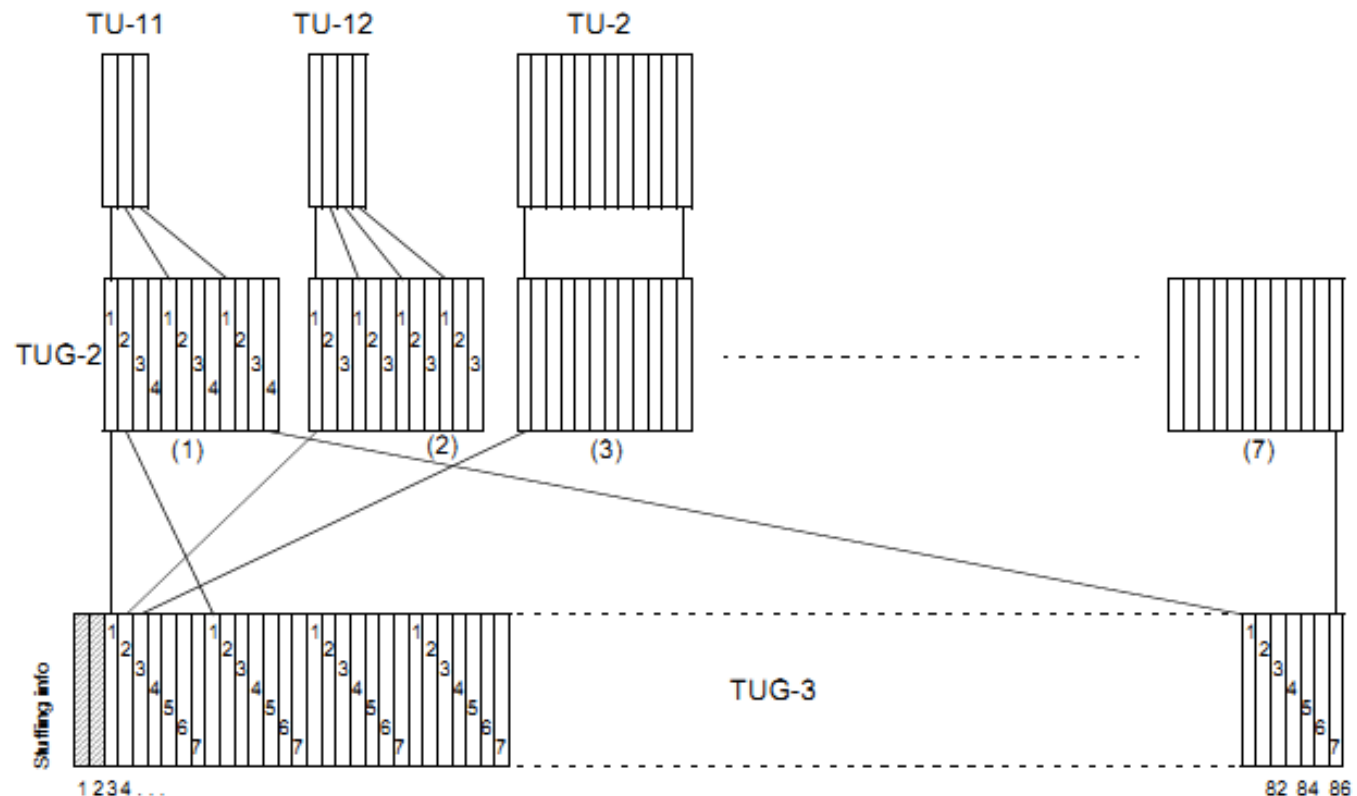
- 4 x TU-11 o
- 3 x TU-12 o
- 1 x TU-2



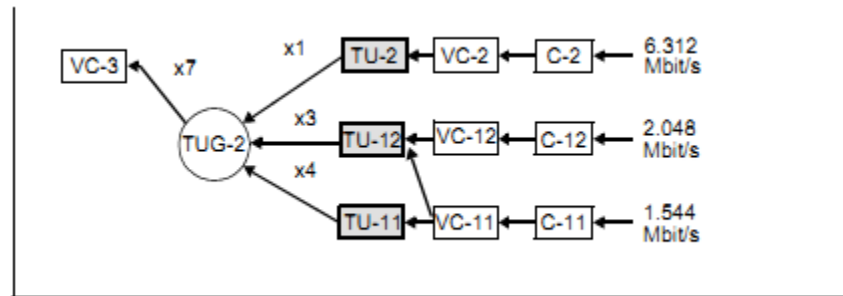
TUG-2 to TUG-3



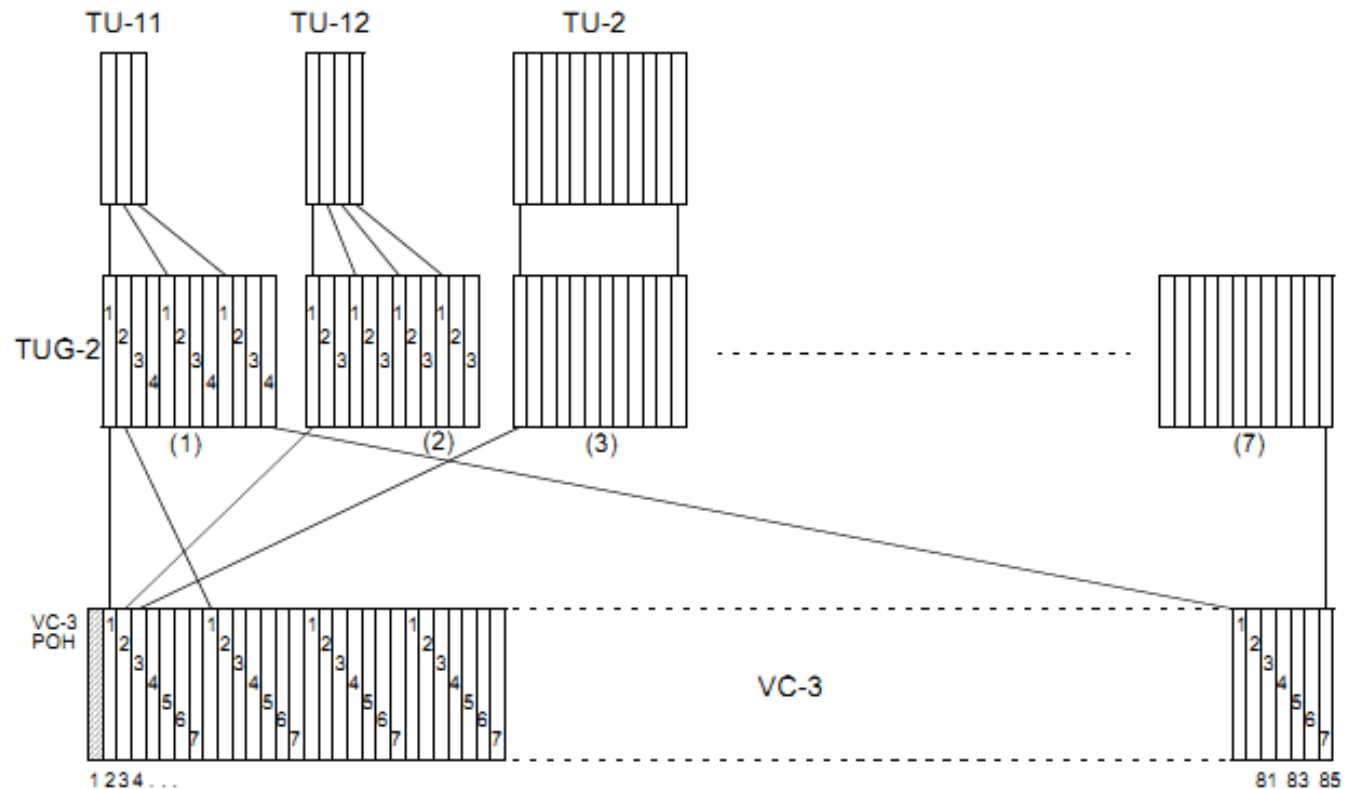
Un TUG-3 puede ser relleno multiplexando hasta siete frames TUG-2 bytes por byte. Las dos primeras columnas se contienen información de relleno.

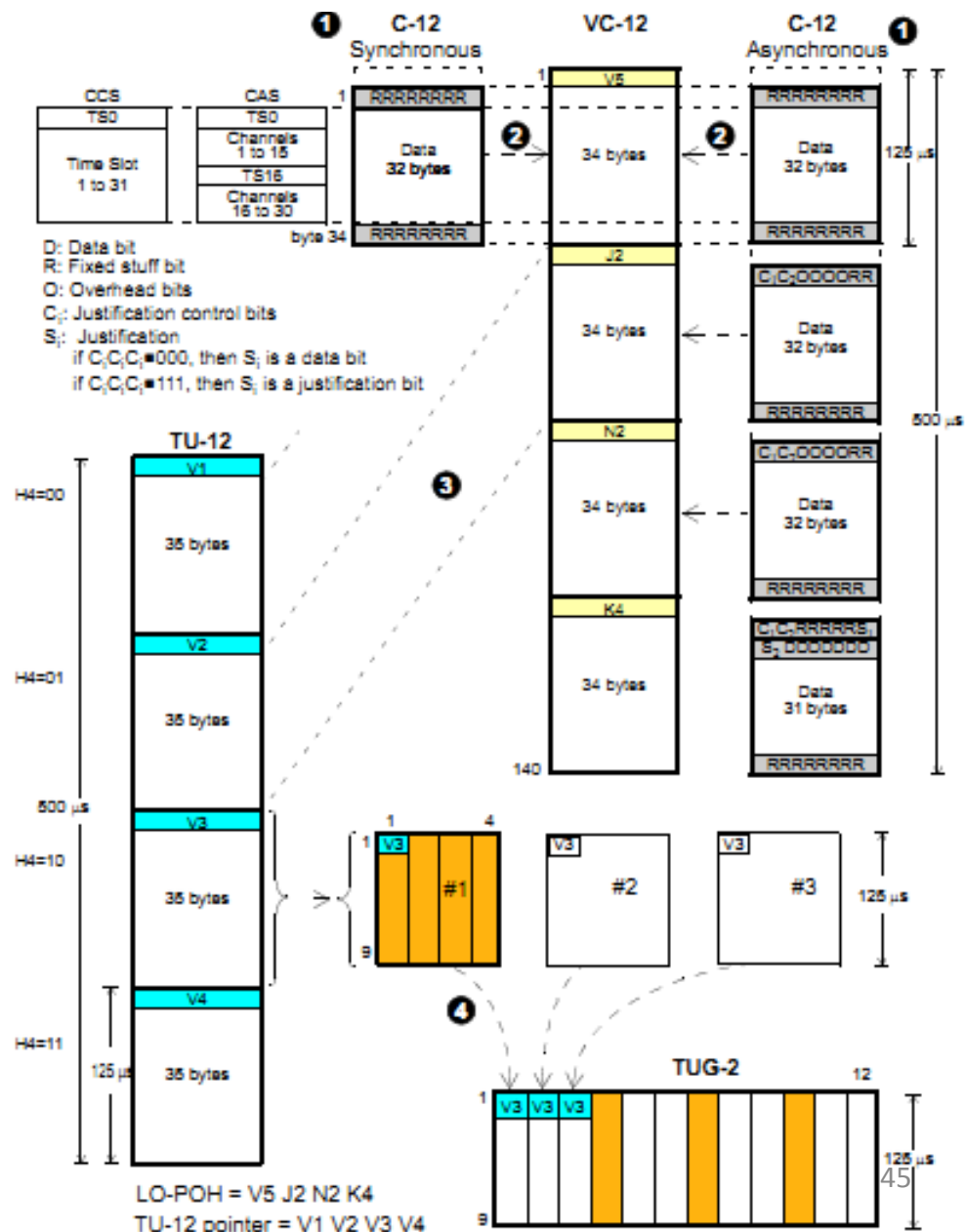
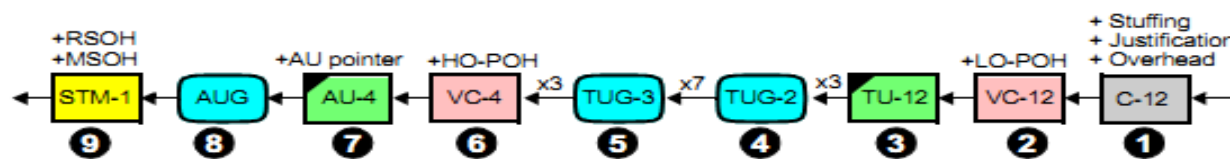


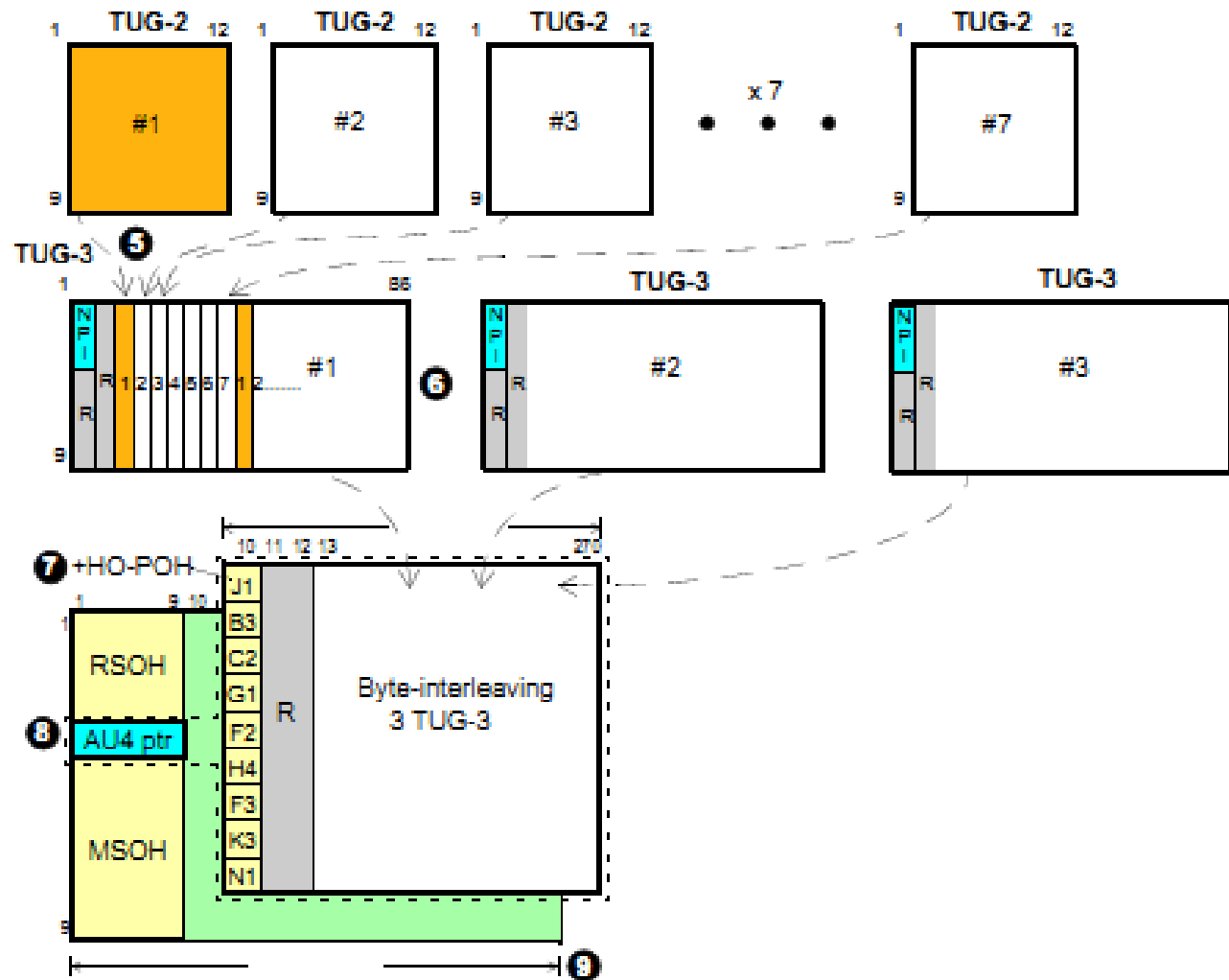
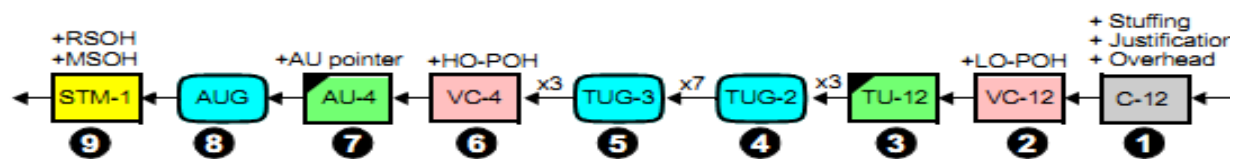
TUG-2 to VC-3



Un VC-3 puede ser relleno multiplexando hasta siete TUG-2 byte por byte. Al hacer esto, siete TUG-2s son multiplexados en las columnas 2 a 85 del VC-3. La POH VC-3 ocupa la columna 1 del VC-3.







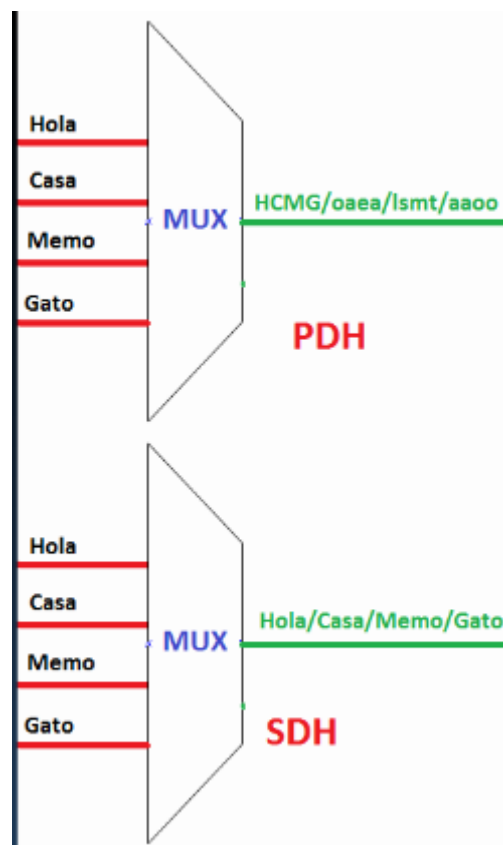
Estructura de trama STM-N

- La multiplexación de la **carga útil STM-1 a la carga útil STM-N** se realiza a través de multiplexación por **intercalación de bytes**.
- Esto normalmente ocurre después de **completar el proceso de terminación de los SOHs** y renovación de punteros correspondientes a cada STM-1 (AU-4 o AU-3s).
- Finalmente **se ensambla un nuevo SOH listo para STM-N**.

Estructura de trama STM-N

- Las tramas **STM-4 (622,080 Mbps)** se forman entrelazando bytes de **cuatro tramas STM-1**.
- De igual forma, la trama de un multiplex STM-16 (2448,320 Mbps, o 2,5 Gbps) se forma entrelazando bytes procedentes de 16 tramas STM-1 o de 4 STM-4.
- En estas etapas de multiplexación, se trata con tramas síncronas.
- La información JPD debe quedar previamente empaquetada dentro de tramas STM-1.

- 4 2-Dimensional Frame: 9 rows * 270 columns = 2430 bytes
- 4 Transmitted once every 125 μ secs (800 frames/sec)
- 4 2430 bytes * 800 = 1944000 bytes/sec
- 4 1944000 * 8 = 15552000 bit/sec
- 4 =155520 Kbit/s
- 4 =155.52 Mbit/s



STM-4, STM-16 and STM-64 Frames

STM-4: 9 rows x 1 080 columns
Rate = 622.08 Mbit/s

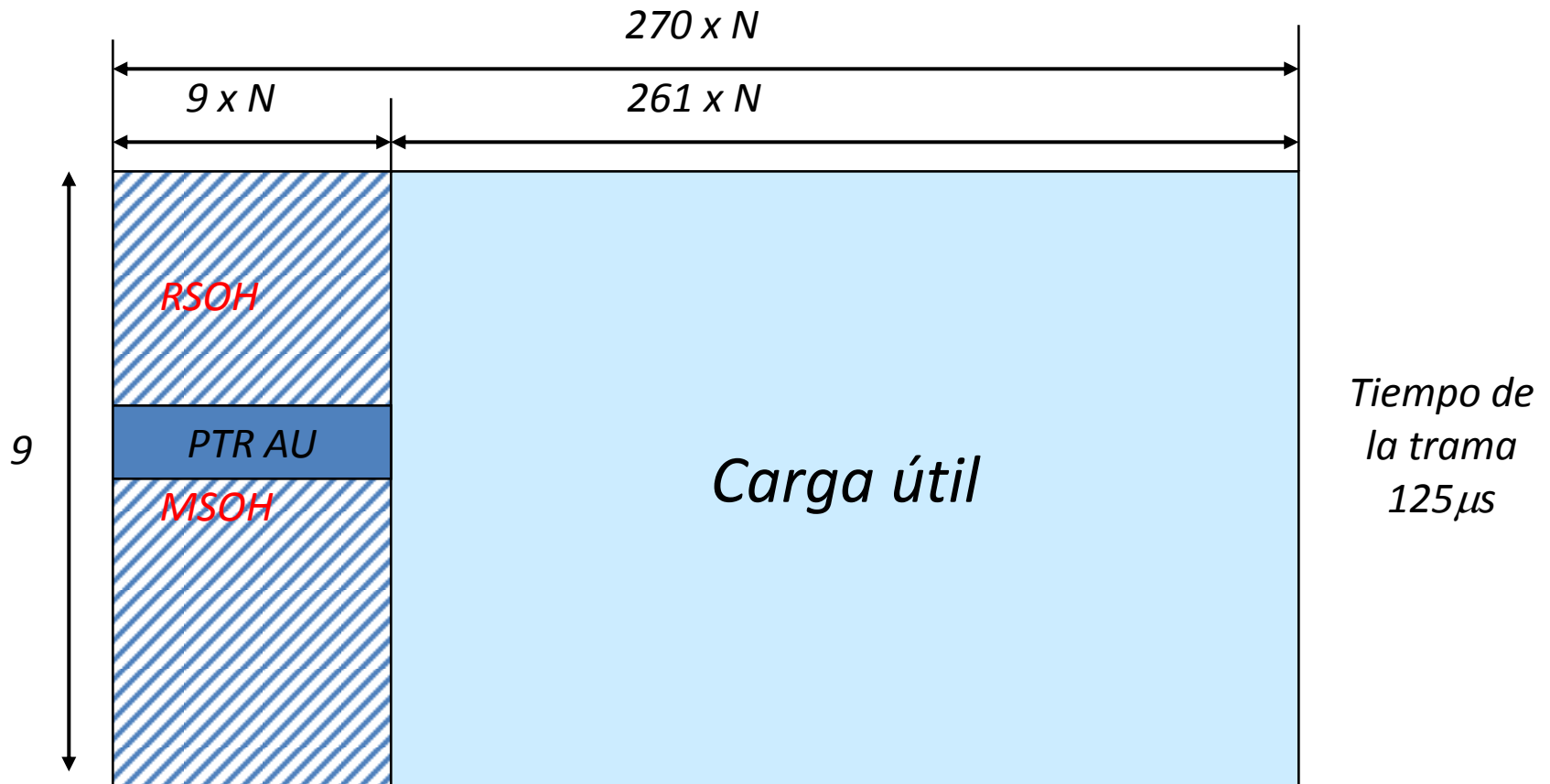
STM-16: 9 rows x 4 320 columns
Rate = 2 488.32 Mbit/s

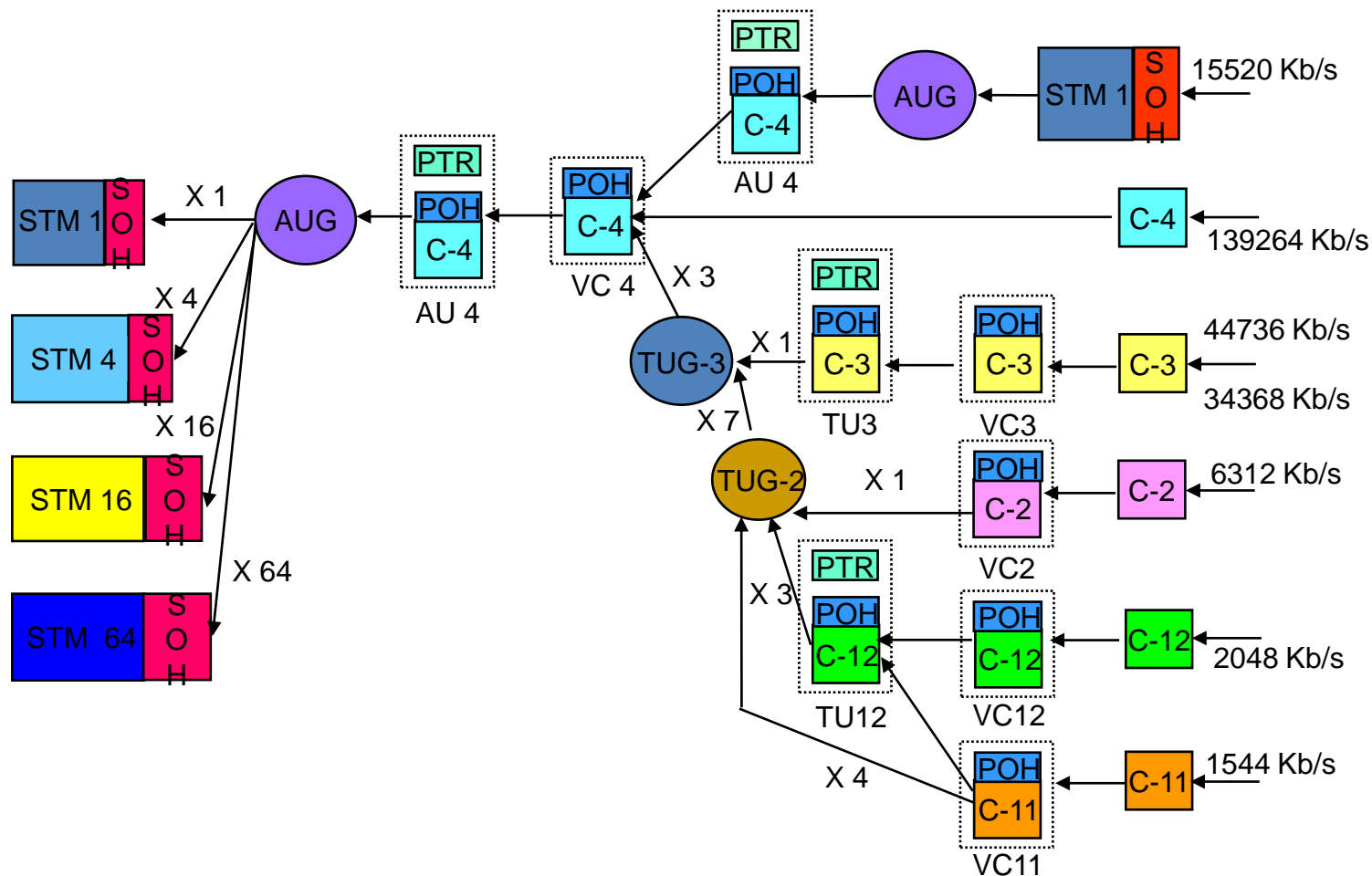
STM-64: 9 rows x 17 280 columns
Rate = 9 953.28 Mbit/s

Higher Bit Rate SDH achieved through byte-interleaving

Una trama STM-N se compone de $N \times 270$ columnas por 9 filas.

Las STM-N pueden simplemente percibirse como múltiplos de 4 de la STM-1.





STM-1 =		8000	*	(270	octetos	*	9	filas	*	8	bits)=	155	Mbps	
STM-4 =	4	*	8000	*	(270	octetos	*	9	filas	*	8	bits)=	622	Mbps
STM-16 =	16	*	8000	*	(270	octetos	*	9	filas	*	8	bits)=	2.5	Gbps
STM-64 =	64	*	8000	*	(270	octetos	*	9	filas	*	8	bits)=	10	Gbps

- Una **STM-4** es construida mediante el intercalado de bytes resultado de la multiplexación de 4 STM-1, en un frame de 9 filas por 1080 columnas.

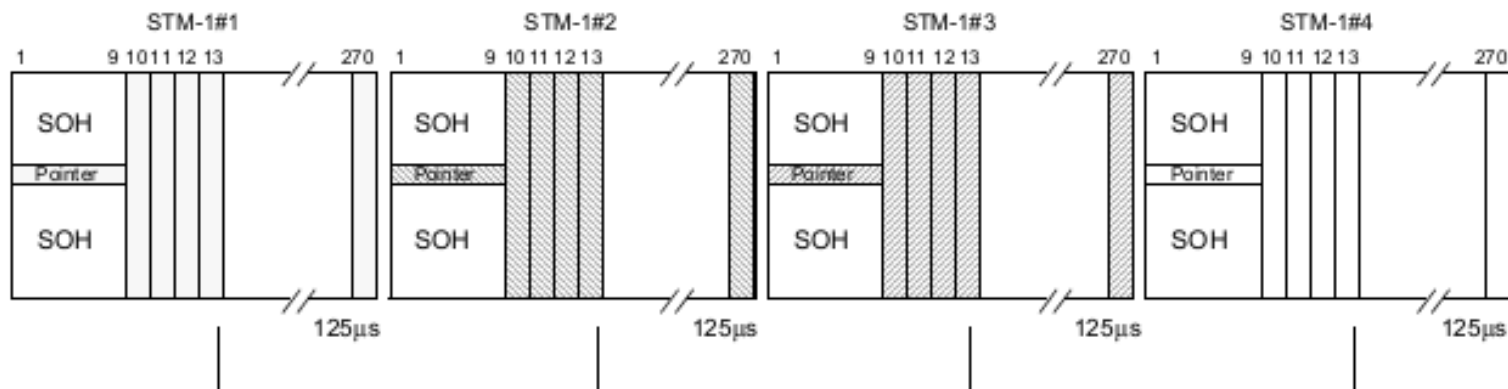
- Esta STM-4 tiene un line rate de 622.080 Mbps (4×155.520 Mbps).

- **Las cuatro STM-1** (STM-1(1), STM-1(2), STM-1(3) y STM-1(4)) **son alineadas antes de la multiplexación.**

- Esta alineación **se logra asegurando que:**

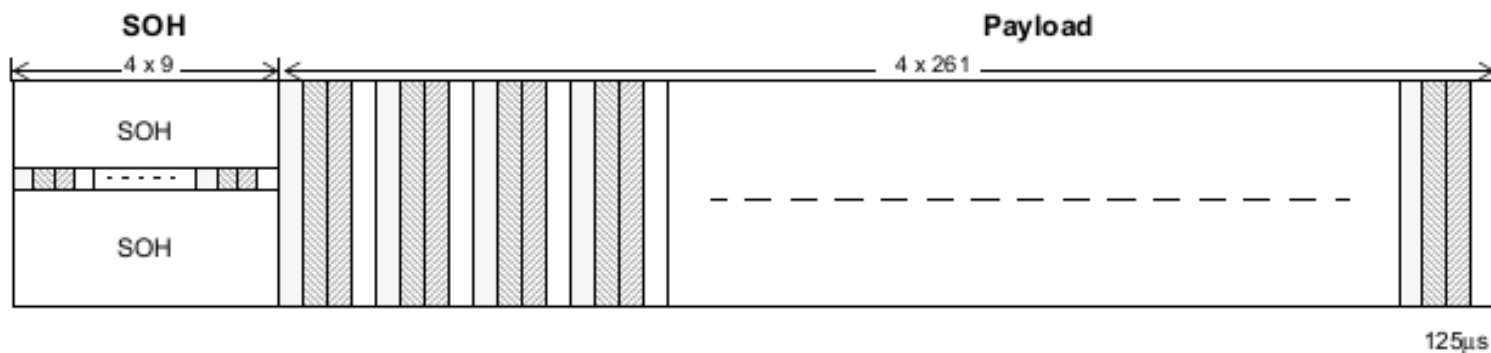
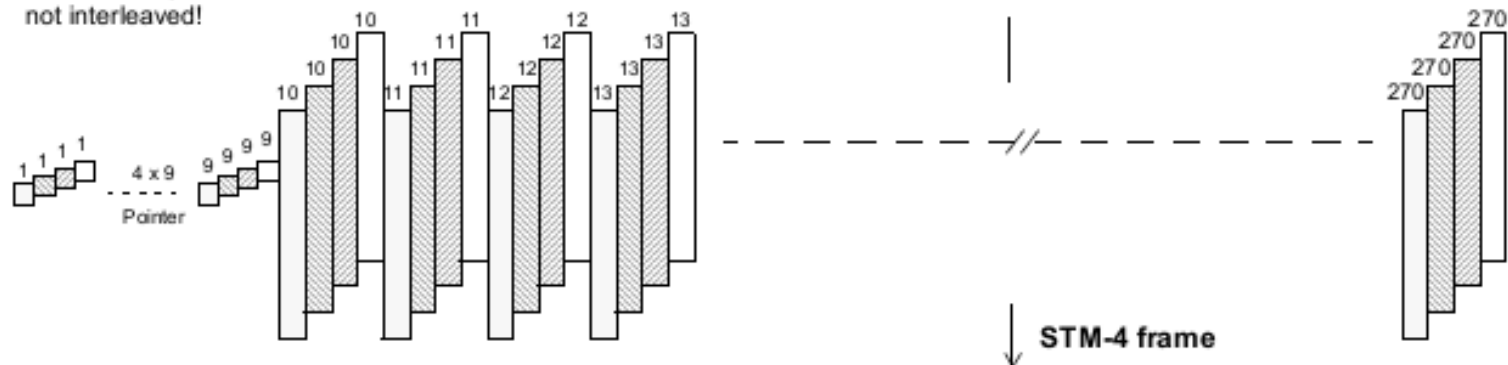
Los primeros 12 bytes de la STM-4 sean 3 bytes A1 de la STM-1(1), luego 3 de la STM-1(2), luego 3 de la STM-1(3) y finalmente 3 de la STM-1(4).

- Los **12 bytes A1 son seguidos de** 12 bytes A2 obtenidos de las 4 STM-1 en un proceso similar, 4 bytes J0 y 8 bytes reservados para uso nacional.
- También hay 12 bytes B2 presentes en la 5ta fila del frame STM-4
- Los octetos B1, E1, F1, D1 A D12, K1, K2 Y E2, **se transmiten solo en el primer STM-1,**
- En tanto que los octetos A1, A2, J0, B2, Z1 Y Z2 , **se transmiten desde los n canales STM-1 de entrada al STM-n**



SOH is newly inserted,
not interleaved!

Byte interleaving



125μs

El **STM-16** es construido mediante el intercalado de bytes resultado de la multiplexación de 16 STM-1 en un marco de 9 filas por 4320 columnas de ancho.

Tiene una velocidad de línea de 2488.320 Mbps ($16 * 155.520$ Mbps).

Las 16 STM-1s son alineados antes de la multiplexación.

Como resultado hay 48 bytes A1, seguidos de 48 bytes de A2, J0 de 16 bytes y 32 bytes reservados para uso nacional.

También hay 48 bytes B2 presentes en la fila 5 del marco STM-16.

El STM-16 tiene una velocidad de 16 veces la STM-1, hay 144 columnas en el overhead y 4320 columnas en todo el frame de STM-16.

También se puede crear una STM-16 al multiplexar cuatro señales de STM-4 directamente.

Transport Overhead										VC-4 x 4 or VC-4-4c							
	Col 1	...	Col 12	Col 13	...	Col 24	Col 25	...	Col 36		POH-1	...	POH-4	1079	1080		
↑ RSOH	Row 1	A1	...	A1	A2	...	A2	J0	...	Resv		↔		...	↔		
	Row 2	B1			E1			F1									
↓ AU-4 Pointers	Row 3	D1			D2			D3									
	Row 4																
↑ MSOH	Row 5	B2	...	B2	K1	...		K2									
	Row 6	D4			D5			D6									
	Row 7	D7			D8			D9									
	Row 8	D10			D11												
	Row 9	S1	...		Z2	...		E2	...	Resv							

STM-4 Frame

Transport Overhead										VC-4 x 16 or VC-4-16c							
	Col 1	...	Col 48	Col 49	...	Col 96	Col 97	...	Col 144		POH-1	...	POH-16	4319	4320		
↑ RSOH	Row 1	A1	...	A1	A2	...	A2	J0	...	Resv		↔		...	↔		
	Row 2	B1			E1			F1									
↓ AU-4 Pointers	Row 3	D1			D2			D3									
	Row 4																
↑ MSOH	Row 5	B2	...	B2	K1	...		K2									
	Row 6	D4			D5			D6									
	Row 7	D7			D8			D9									
	Row 8	D10			D11												
	Row 9	S1	...		Z2	...		E2	...	Resv							

STM-16 Frame

El **STM-64** se construye mediante el intercalado de bytes resultado de la multiplexación de 64 STM-1s en un frame que es de 9 filas por 17,280 columnas de ancho.

La señal STM-64 tiene una velocidad de línea de 9953.280 Mbps ($64 * 155.520$ Mbps).

Las 64 STM-1s son alineados antes de la multiplexación. Como resultado, hay 192 bytes de A1, seguidos por 192 bytes A2, 64 bytes J0 y 128 bytes reservados para uso nacional. También hay 192 bytes de B2 presentes en la fila 5 del marco STM-64.

El STM-64 tiene una velocidad correspondiente a 64 veces la tasa de la STM-1, con 576 columnas en el overhead y 17,280 columnas en el frame STM-64.

También se puede crear el STM-64 al multiplexar cuatro señales de STM-16 directamente.

El **STM-256** es construido mediante el intercalado de bytes resultado de la multiplexación de 256 STM-1s en un frame que es de 9 filas por 69,120 columnas de ancho.

La señal STM-256 tiene una velocidad de línea de 39813.120 Mbps ($256 * 155.520$ Mbps).

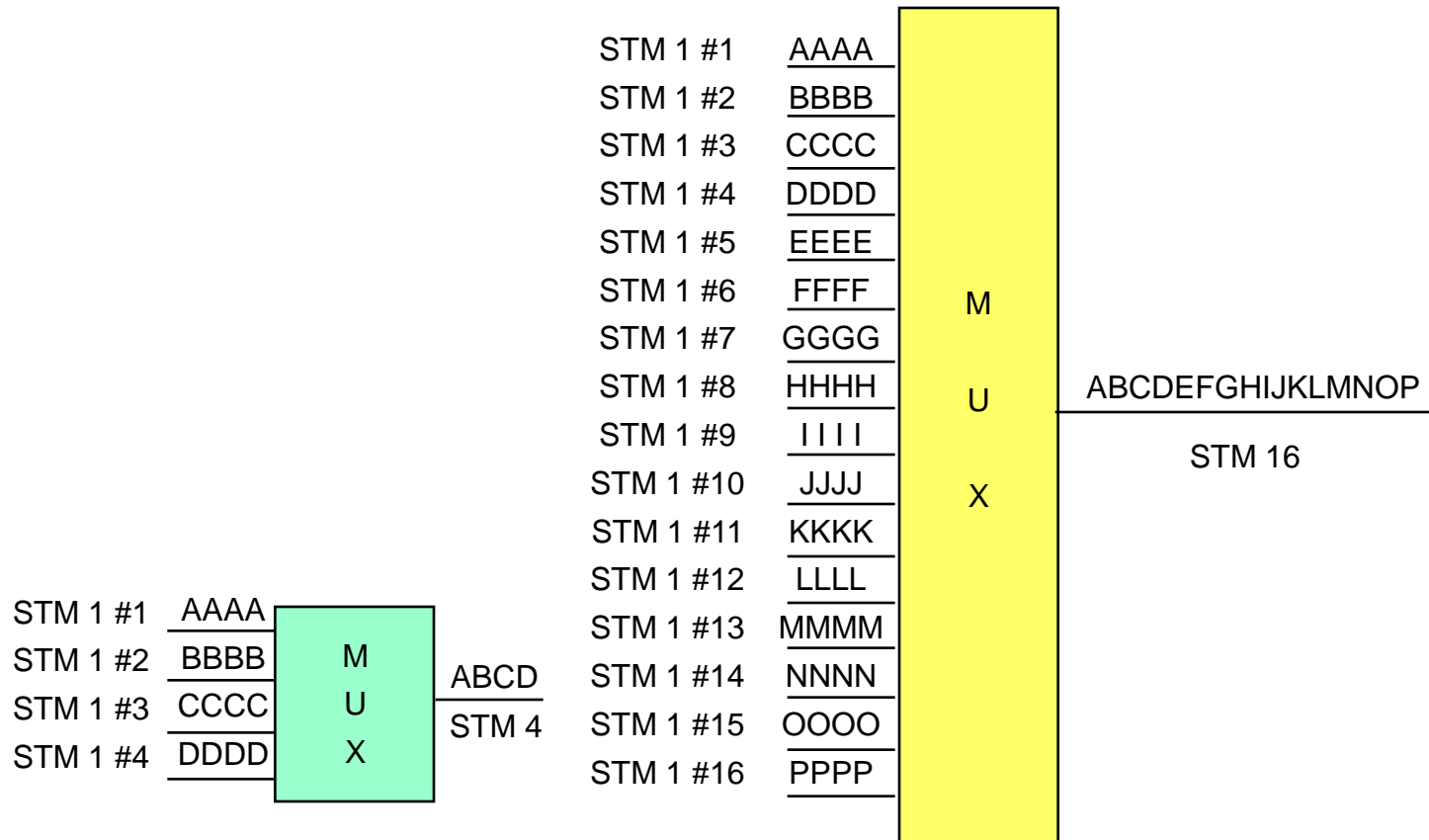
Las 256 STM-1 son alineadas antes de la multiplexación. Como resultado hay 768 bytes A1, seguidos por 768 bytes A2, 256 bytes J0 y 512 bytes reservados para uso nacional.

También existen 768 bytes de B2 presentes en la fila 5 del frame STM-256.

El STM-256 tiene una velocidad de 256 veces la de la STM-1, con 2304 columnas de overhead y 69,120 columnas en el frame STM-256.

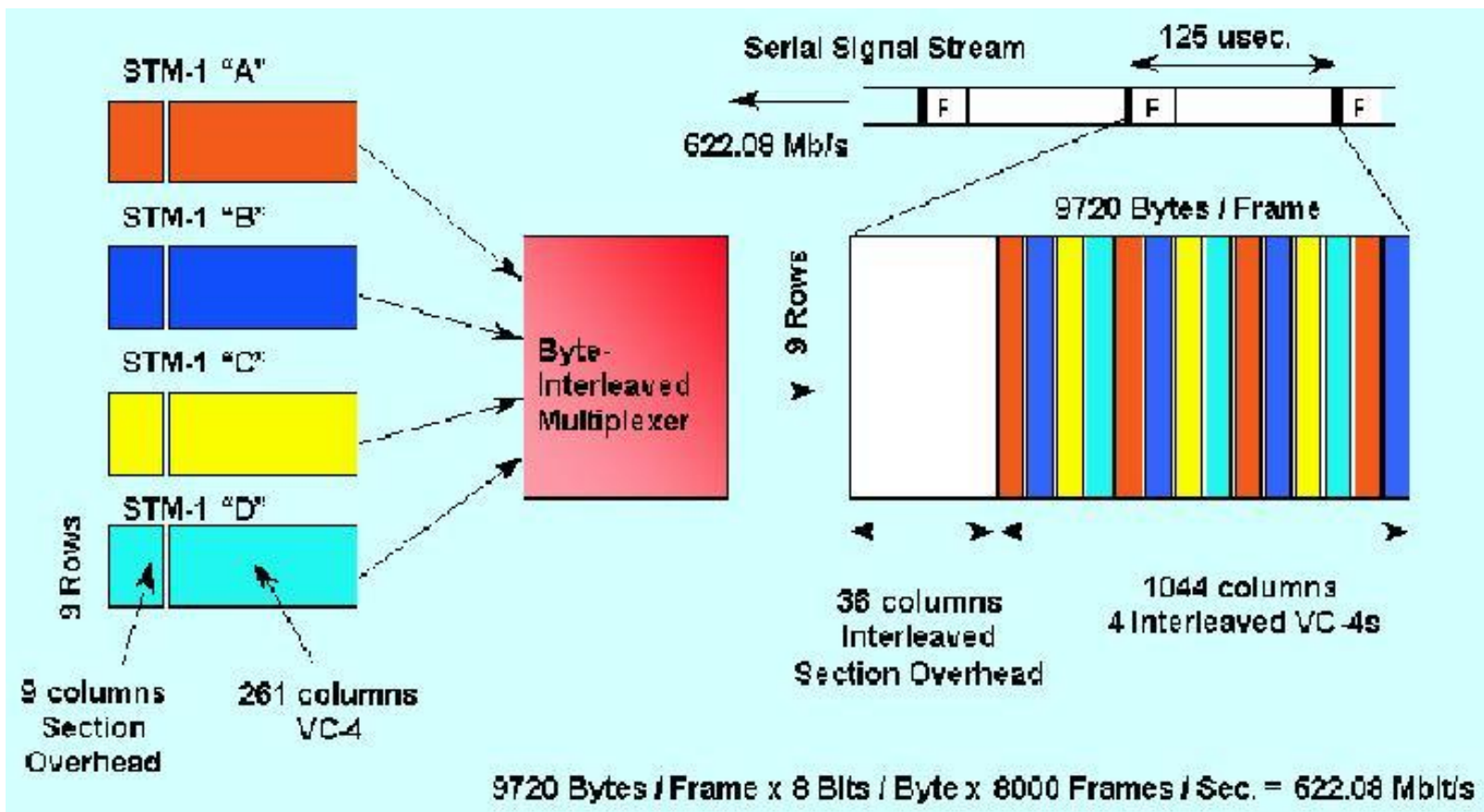
También se puede crear STM-256 al multiplexar cuatro señales de STM-64 directamente.

Multiplexación de un STM-4 y un STM-16



Entrelazado de bytes de 4 señales STM 1 para formar una señal STM 4

Entrelazado de bytes de 16 señales STM 1 para formar una señal STM 16



Sincronización en SDH

- La **sincronización es la base** de la jerarquía digital síncrona.
- El sincronismo es **imprescindible** para la correcta recepción de la información.
- En las comunicaciones con **tasas elevadas de transmisión**, la diferencia entre los relojes de emisor y receptor **puede provocar desplazamientos de bits (Slip)**
- Esto causa que el receptor no lea uno o varios bits en caso de que su reloj sea más lento, o por el contrario, si el reloj es más rápido, duplique leyendo dos veces el mismo bit.

- Se trata en todo caso de evitar los **deslizamientos, que tienen normalmente como origen las diferencias de reloj.**

- Un deslizamiento consiste en que, el sistema se vea obligado a corregirlas insertando o suprimiendo tramas.

- Esta actuación del sistema tiene **inevitables consecuencias** sobre todo en el caso de supresión de tramas en cuanto a poner en marcha los mecanismos de recuperación de la información perdida.

- La intención de **disminuir la tasa de deslizamiento** es precisamente una de las motivaciones principales para **sustituir las redes plesiócronas por redes síncronas**.

- Además de la diferencia entre relojes, los deslizamientos pueden ser provocados por la variación de fase en la línea o entre emisor y receptor.

- Esto es conocido como **jitter** cuando se produce por altas frecuencias, o como **wander** cuando sucede a frecuencias por debajo de los 10Hz.

- Existen varios procedimientos de sincronización.
- El más típico es el llamado “**maestro-esclavo-jerárquico**”.
- En este mecanismo, un **nodo maestro** impone su reloj a toda la red.
- Si un nodo tiene problemas de conexión con el nodo maestro, adopta el **reloj de otro nodo de la red** siguiendo un esquema de prioridades.
- Si a un nodo le fallan todas las referencias externas, **pasa a funcionar en modo plesiócrono o degradado (local)**.

Niveles y reglas de sincronización

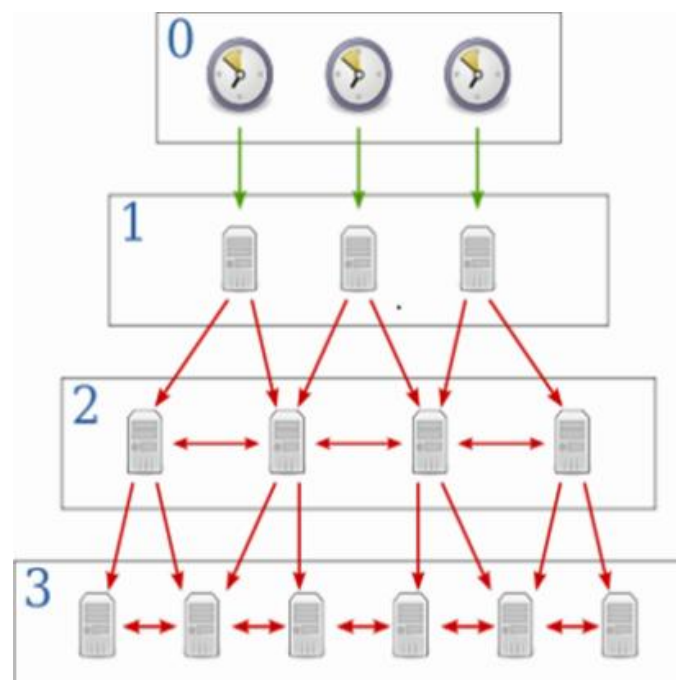
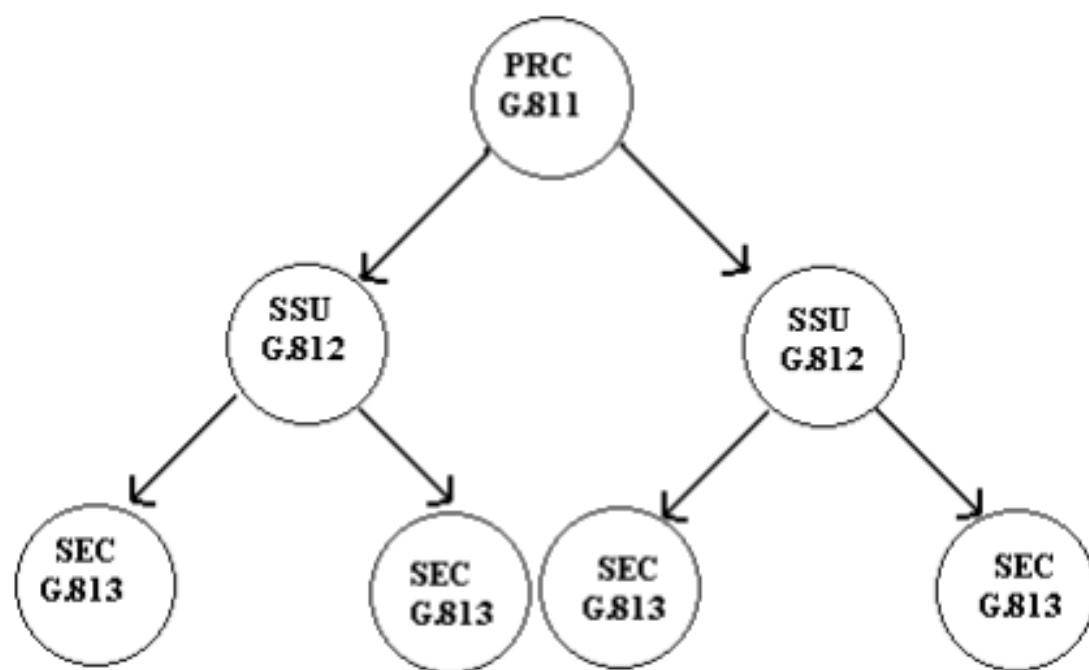
La jerarquía de sincronización se divide en tres niveles principales de sincronización:

- El **reloj de referencia primario (PRC)**,
 - Es el nivel mas alto de sincronización y se realiza normalmente mediante relojes de cesio ó receptores GPS.
- El objetivo de los elementos de sincronización de una red es estar controlados por un reloj que representa la calidad de un PRC.

- El **segundo nivel** se representa por la Unidad de Suministro de Sincronización (SSU).
 - En el caso de pérdida de las referencias PRC, la SSU suministra a la red una señal de sincronización de alta calidad al menos durante veinticuatro horas
 - Hay dos tipos SSU de transito que pueden suministrar otros SSU's o SSU local que solamente suministra los relojes de elementos
- El **tercer y último nivel** se representa por el Reloj de Equipo Síncrono (SEC) que se construye normalmente dentro de los elementos de red SDH.
 - El SEC suministra al elemento de red SDH una capacidad de retención continua de aproximadamente 15 segundos.

- Todos los elementos de red (NE) operan bajo un **mismo reloj de frecuencia**
- Este es suministrado por una fuente de señal llamada reloj de referencia primario (PRC).
- La **distribución** de la señal de reloj se manifiesta a través de **líneas de transmisión ordinarias como**, en este caso, un sistema de transmisión SDH.
- Los elementos de red "intermedios", tales como regeneradores, multiplexores de inserción y extracción, etc., son operados por medio de un "modo esclavo", el cual **utiliza un componente de señal de reloj extraído de la señal STM-N recibida.**

- El **PRC (primary reference clock)** es distribuido a lo largo de la red con las señales de datos.
- Este clock es regenerado en los nodos clocks esclavos denominados **SSU (synchronization supply units)**.
- Los SECs, son los clocks de los elementos de red.



El byte S1 (SSMB) se pone en la sección de carga útil (SOH) y contempla actualmente diferentes niveles de calidad de sincronización.

Frame A1	Frame A1	Frame A1	Frame A2	Frame A2	Frame A2	Tracking J0	X	X
BIP-8 B1	Radio	Radio	EOW E1	Radio		Usuario F1	X	X
Data D1	Radio	Radio	Data D2	Radio		Data D3		
Pointer H1	Pointer H1	Pointer H1	Pointer H2	Pointer H2	Pointer H2	Pointer H3	Pointer H3	Pointer H3
BIP B2	BIP B2	BIP B2	APS K1			APS K2		
Data D4			Data D5			Data D6		
Data D7			Data D8			Data D9		
Data D10			Data D11			Data D12		
Sync. S1	Z1	Z1	Z2	Z2	FEBE M1	EOW E2	X	X

Nivel de Calidad	Orden
PRC (G.811)	Mejor
SSU-T (G.812)	
SSU-L (G.812)	
SEC (G.813 o	
DNU	
	Peor calidad

De esta forma, el nodo receptor de sincronización puede determinar la calidad de las referencias de sincronización recibidas y después seleccionar la de mejor calidad.

Los marcadores SSM (*Synchronization Source Marker*) vienen incluidos:

- En el byte S1 (llamado SSMB) de la sección de multiplexación de las señales STM-N en sus bits 5 al 8.

Actualmente, el algoritmo SSM es capaz de procesar cinco posibles códigos SSM:

- Código 0010. Indica que la fuente de sincronización es un PRC (G.811)
- Código 0100. Indica que la fuente de sincronización es una SSU de tránsito (G.812T)
- Código 1000. Indica que la fuente de sincronización es una SSU local (G.812L)
- Código 1011. Indica que la fuente de sincronización es un SEC (G.813 o G.81s)
- Código 1111. Indica que la fuente de sincronización que porta la señal no debe ser utilizada como referencia de sincronización al poderse producir un bucle de sincronización.

Se han definido cuatro niveles de calidad para la sincronización de una red SDH.

- **PRC:** Transporta una señal de sincronización generada por un reloj de referencia primario PRC (*Primary Reference Clock*) según se define en la recomendación G.811.
- **SSU-T:** Transporta una señal de sincronización generada por una SSU de tránsito (*Transit Station Synchronization Unit*) según se define en la recomendación G.812.
- **SSU-L:** Transporta una señal de sincronización generada por una SSU local (*Local Station Synchronization Unit*) según se define en la recomendación G.812.
- **SEC:** Transporta una señal generada por el oscilador interno o reloj de sincronización de equipo SEC (*Synchronization Equipment Clock*) según define la recomendación G.813.

Además, se ha definido otro nivel de calidad para evitar bucles de sincronización en la red:

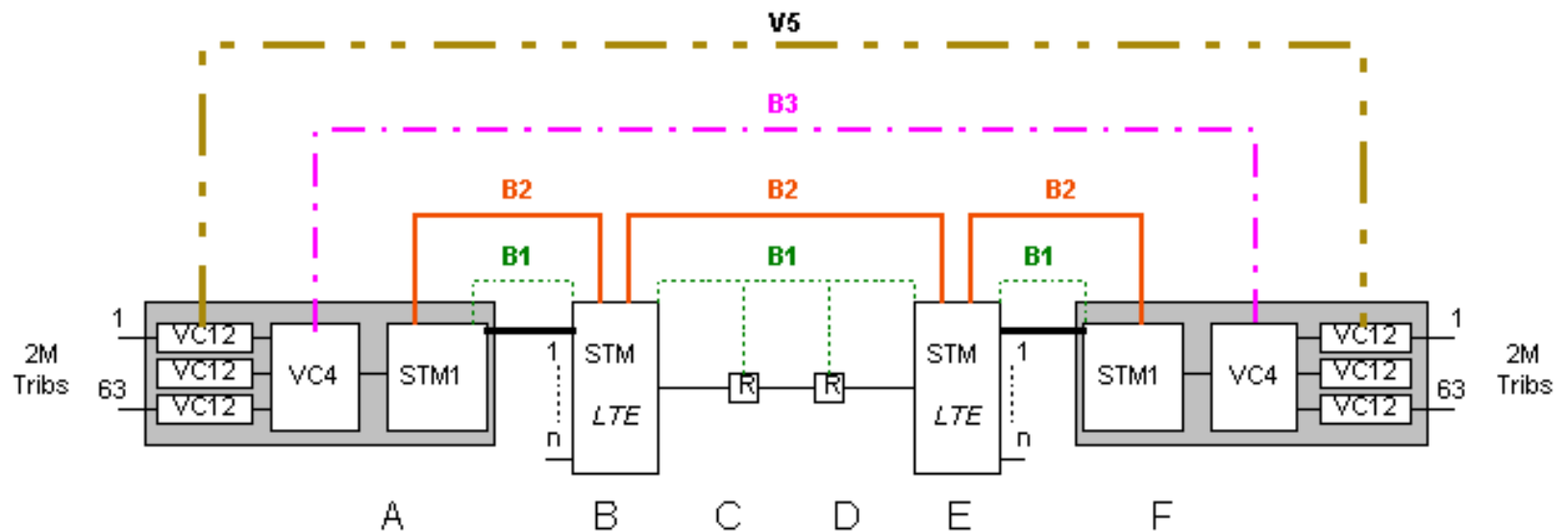
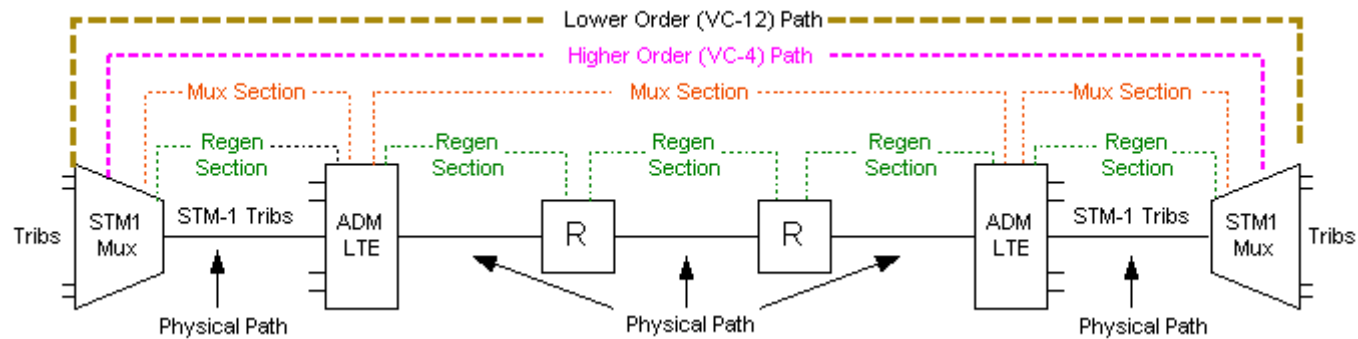
- **DNU:** Significa No Usar (*Do Not Use*) e indica que la señal no debe ser utilizada como referencia de sincronización. Es el nivel de calidad que envía en sentido contrario una interfaz que está siendo utilizada en ese mismo momento como fuente de sincronismo.

Según el tipo de servicio, el impacto de los desplazamientos puede variar:

- En el caso de los **servicios de datos**, los desplazamientos repercuten en la tasa de error de bit o BER (Bit Error Rate). Se considera aceptable para estos casos 6 slips cada hora (en un enlace de 155,52Mbps esto equivale a un BER de $1,07 \cdot 10^{-11}$).
- En las **comunicaciones de voz**, estos slips son más delicados, ya que pueden provocar “clics” audibles. La tasa de desplazamientos aceptada para estos casos es de 1 slip cada 5 minutos (en un canal básico de 64Kbps esto equivale a un BER de $5,2 \cdot 10^{-8}$).
- Cuando se transmiten **datos o audio comprimidos**, un error de desplazamiento puede trasladarse en el tiempo. Es el caso en el que el impacto de los slips es más crítico y depende en gran medida de la codificación empleada.

ALARMAS EN SDH

- En una red compleja de enlaces se hace necesario una gestión centralizada.
- Mediante ella es posible evaluar alarmas y configurar la red.
- Las principales condiciones de alarma, tales como pérdidas de señal (LOS), pérdidas de trama (LOF) y pérdida de puntero (LOP), provocan la transmisión de señales de indicación de alarma (AIS) a la siguiente etapa de proceso.
- Se generan distintas AIS, dependiendo del nivel de la jerarquía de mantenimiento que se ven afectada.
- En respuesta a las diferentes señales AIS y a la detección de graves condiciones de alarma de receptor, se envían otras señales de alarma a las anteriores etapas del proceso para advertir de los problemas detectados en las siguientes etapas.



B1 errors in Regen Section
B2 errors in Mux Section

B3 errors in VC4 Path Overhead
V5 errors in VC12 Path Overhead

LOS (Loss of Signal):

- Se accede al estado LOS cuando el nivel de la señal recibida desciende por debajo del valor al que se prevee un $\text{BER}=10^{-3}$
- Se abandona este estado cuando se reciben dos patrones de trama validos consecutivos y durante ese tiempo no se detecta una nueva condición LOS.
- Esta situación se puede dar por un cable dañado, excesiva atenuación o falla de equipamiento.

OOF (Out of frame):

- Se accede al estado OOF cuando se reciben 4 tramas SDH consecutivas no validas (patrones de frame inválidos, bytes A1 y A2).
- El tiempo máximo para detectar OOF es por tanto 625 microsegundos.
- Se abandona el estado OOF cuando se reciben dos SDH consecutivas con patrones validos.

LOF (Loss of Frame):

- Se accede al estado LOF cuando existe un estado OOF durante un periodo especificado de tiempo.
- Si los OOF son intermitentes, el temporizador no se restaura a cero hasta que un estado de "en trama" persista durante el mismo periodo especificado de tiempo.
- Se abandona este estado, cuando el estado "en trama" existe continuamente durante el periodo especificado de tiempo.
- Este periodo esta propuesto en 3 milisegundos.

LOP (Loss of Pointer):

- Se accede al estado LOP cuando se reciben N punteros no validos consecutivos o indicadores NDF, donde $N=8,9$ o 10 .
- Se abandona el estado LOP cuando se reciben 3 punteros validos iguales o 3 indicadores AIS consecutivos.
- LOP se puede identificar como:
 - AU-LOP (Administrative Unit Loss of Pointer)
 - TU-LOP (Tributary Unit Loss of Pointer)

AIS (Alarm Indication Signal):

- Se trata de la Señal de Indicación de Alarma **AIS**.
- Se genera hacia adelante debido a las alarmas LOS/LOF/LOP/BER/AIS (recibido).
- Consiste en una secuencia de 1s en los bytes de puntero.
- El AIS puede ser:
 - MS-AIS (Multiplex Section Alarm Indication Signal)
 - AU-AIS (Administrative Unit Alarm Indication Signal)
 - TU-AIS (Tributary Unit Alarm Indication Signal)

REI (Remote Error Indication):

- Es una alarma de indicación al nodo transmisor (origen) que una trama errónea ha sido detectada en el nodo receptor.
- Este indicación anteriormente se llamaba FEBE (Far End Block Error).
- REI puede clasificarse en:
 - MS-REI (Multiplex Section Remote Error Indication)
 - HP-REI (Higher-order Path Remote Error Indication)
 - LP-REI (Lower-order Path Remote Error Indication)

RDI (Remote Defect Indication):

- Es una señal enviada al TE transmisor al detectar LOS, LOF o AIS.
- RDI se conocía anteriormente como FERF (Far End Receiver Failure).
- RDI puede clasificarse en:
 - MS-RDI (Multiplex Section Remote Defect Indication)
 - HP-RDI (Higher-order Path Remote Defect Indication)
 - LP-RDI (Lower-order Path Remote Defect Indication)

Flujo de alarma y señales de respuesta

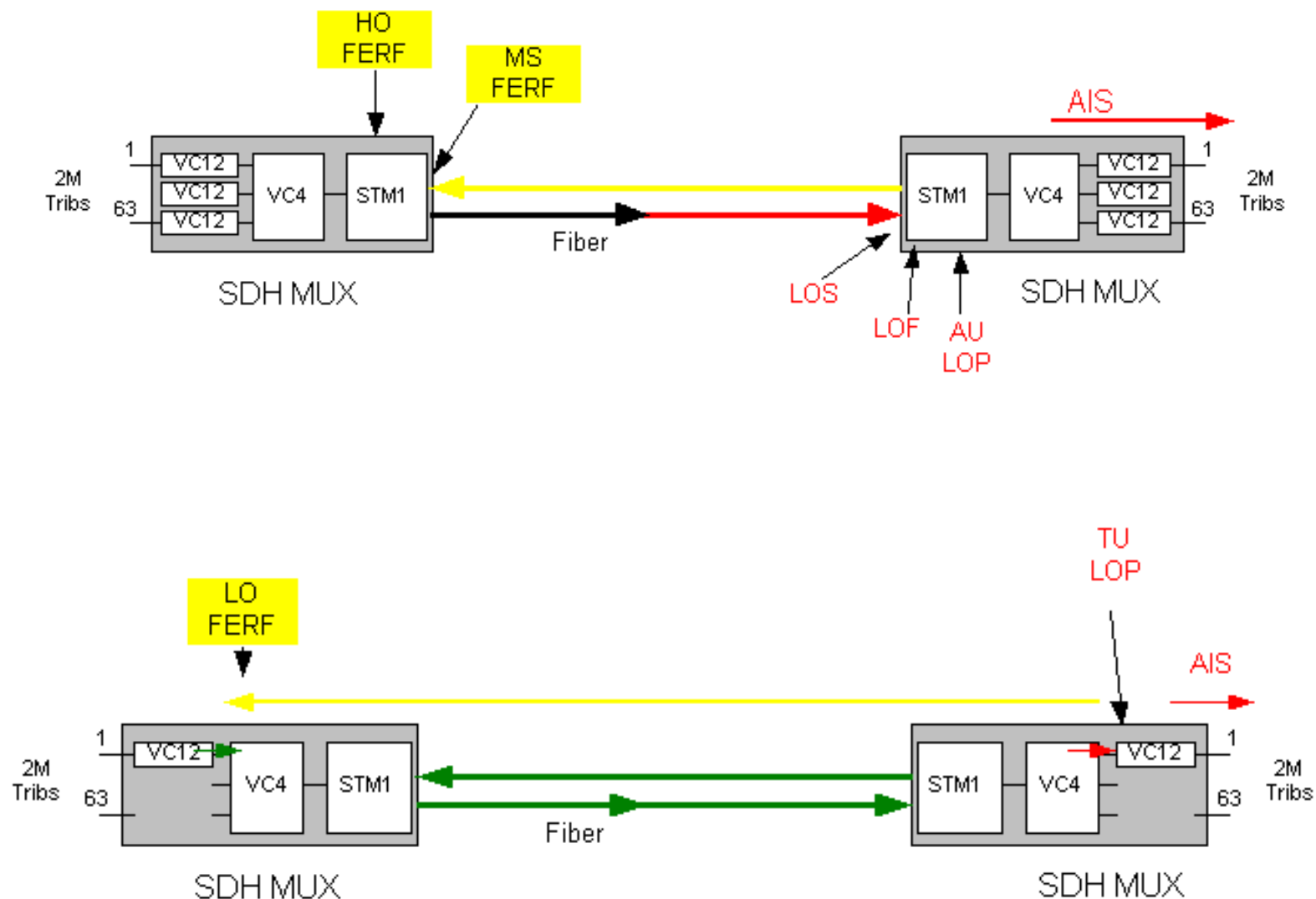
Las condiciones de alarma importantes tales como pérdida de señal (LOS), pérdida de frame(LOF), y Pérdida de puntero (LOP) provocan varios tipos de señales de indicación de alarma (AIS) que se transmite downstream.

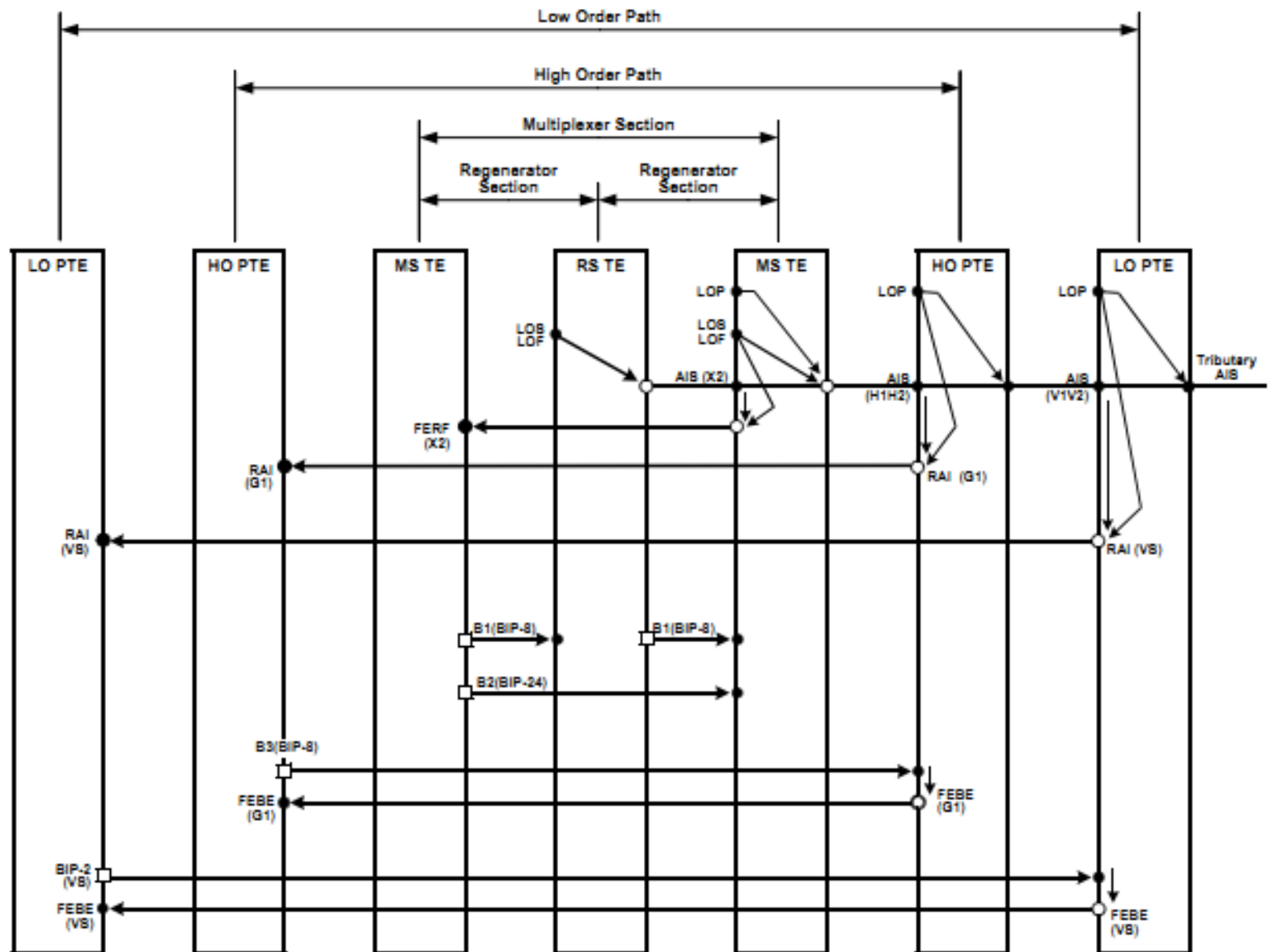
En respuesta a la detección de una señal de AIS y la detección de una condición de alarma, otra señal de alarma se envía upstream a modo de advertencia.

Far End Receive Failure (FERF) se envía ascendente en el overhead del Multiplexor, después que AIS ,LOS o LOF haya sido detectado por equipos terminadores en una sección de Multiplexor.

A Remote Alarm Indication (RAI) para trayectos de alto orden, se envía ascendente luego de que condiciones de P-AIS o LOP haya sido detectado por equipos terminadores de trayecto.

Remote Alarm Indication (RAI) para trayectos de bajo orden, se envía ascendente luego de que Low Order P-AIS o LOP haya sido detectado por equipos terminadores de trayectos de bajo orden.





Legend

- Collection
- Transmission
- Generation

LO Low Order
HO High Low Order

PTE Path Terminating Equipment
RS TE Regenerator Section Terminating Equipment
MS TE Multiplexer Section Terminating Equipment

CARACTERÍSTICAS Y VENTAJAS DE UNA RED SDH

Simplificación de red

Uno de los mayores beneficios de la jerarquía SDH es la simplificación de red frente a redes basadas exclusivamente en PDH.

Un multiplexor SDH puede **incorporar tráficos básicos (2 Mbps en SDH) en cualquier nivel de la jerarquía**, sin necesidad de utilizar una cascada de multiplexores, reduciendo las necesidades de equipamiento.

Fiabilidad

En una red SDH los elementos de red se **monitorean extremo a extremo y se gestiona el mantenimiento y la integridad de la misma.**

La gestión de red permite la inmediata identificación de una falla en un enlace o nodo de la red.

Utilizando topologías con caminos redundantes la red se reconfigura automáticamente y reencamina el tráfico instantáneamente hasta la reparación del equipo defectuoso.

Software de control

La inclusión de **canales de control dentro de una trama SDH** posibilita la implementación de un software de control total de la red.

Los sistemas de gestión de red no sólo incorporan funcionalidades típicas como gestión de alarmas, sino otras más avanzadas como monitorización del rendimiento, gestión de configuración, gestión de recursos, seguridad de red, gestión del inventario, planificación y diseño de red.

La **posibilidad de control remoto y mantenimiento centralizado** permite disminuir el tiempo de respuesta ante fallos y el ahorro de tiempo de desplazamiento a emplazamientos remotos.

Estandarización

Los **estándares SDH permiten** la interconexión de equipos de distintos fabricantes en el mismo enlace.

La definición de nivel físico fija los parámetros del interfaz, como la velocidad de línea óptica, longitud de onda, niveles de potencia, formas y codificación de pulsos.

Asimismo se definen la estructura de trama, cabeceras y contenedores.

Esta estandarización permite a los usuarios libertad de elección de suministradores, evitando los problemas asociados a depender de una solución propietaria de un único fabricante.

Sincronización

Los operadores de red deben proporcionar temporización sincronizada a todos los elementos de la red para **asegurarse que la información que pasa de un nodo a otro no se pierda.**

La sincronización se está convirtiendo en un punto crítico entre los operadores, con avances tecnológicos cada vez más sensibles al tiempo.

Ventajas de la SDH

- ☐ Menor cantidad de pasos de multiplexación
- ☐ Menos interfaces de transmisión
- ☐ Tributario único estandarizado para cualquier velocidad
- ☐ 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)
- ☐ Mayor confiabilidad y disponibilidad
- ☐ Equipo apto para el futuro

Desventajas de la SDH

- ☐ La sincronización requiere consideraciones especiales.
- ☐ Es preciso disponer de una estrategia de evolución de PDH a SDH.
- ☐ La gestión de la red presupone una TMN (Telecommunications Management Network) para sacarle el máximo provecho a la jerarquía digital síncrona.
- ☐ La capacidad del STM-1 es mayor que la necesaria (mucho overhead)

	PDH	SDH
Entramado	Octeto a octeto en el nivel básico. Bit a bit en los niveles superiores	Octeto a octeto en todos los niveles
Duración de la trama	Distinta en cada nivel	125us en todos los niveles
Recuperación de carga	Alineándose a la trama de cada nivel y deshaciendo la multiplexación hasta llegar a la carga	Identificando la posición de la carga, gracias a los punteros. Inserción y extracción rápida de tributarios.
Canales de servicio	Baja capacidad. Se forman multitramas para utilizar los bits de reserva.	Canales de servicio de gran capacidad. Útiles para labores de mantenimiento y gestión de red
Capacidad de transporte de carga	Limitada	Muy variada, manejo muy flexible de capacidades diversas.
Adaptación de reloj	Mediante relleno positivo bit por bit	Mediante relleno positivo, cero o negativo
Velocidades	De hasta 140Mbps normalizados	A partir de los 155 Mbps normalizados

<http://www.youtube.com/watch?v=f6-G7gMwpuw>