

Telefonía

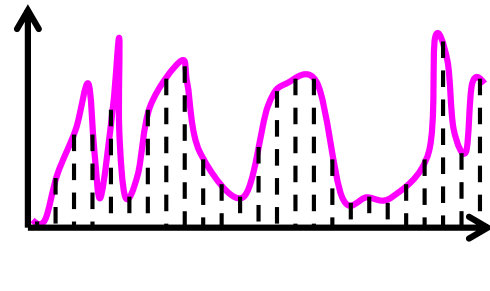
Area de Ingeniería Telemática
<http://www.tlm.unavarra.es>

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios

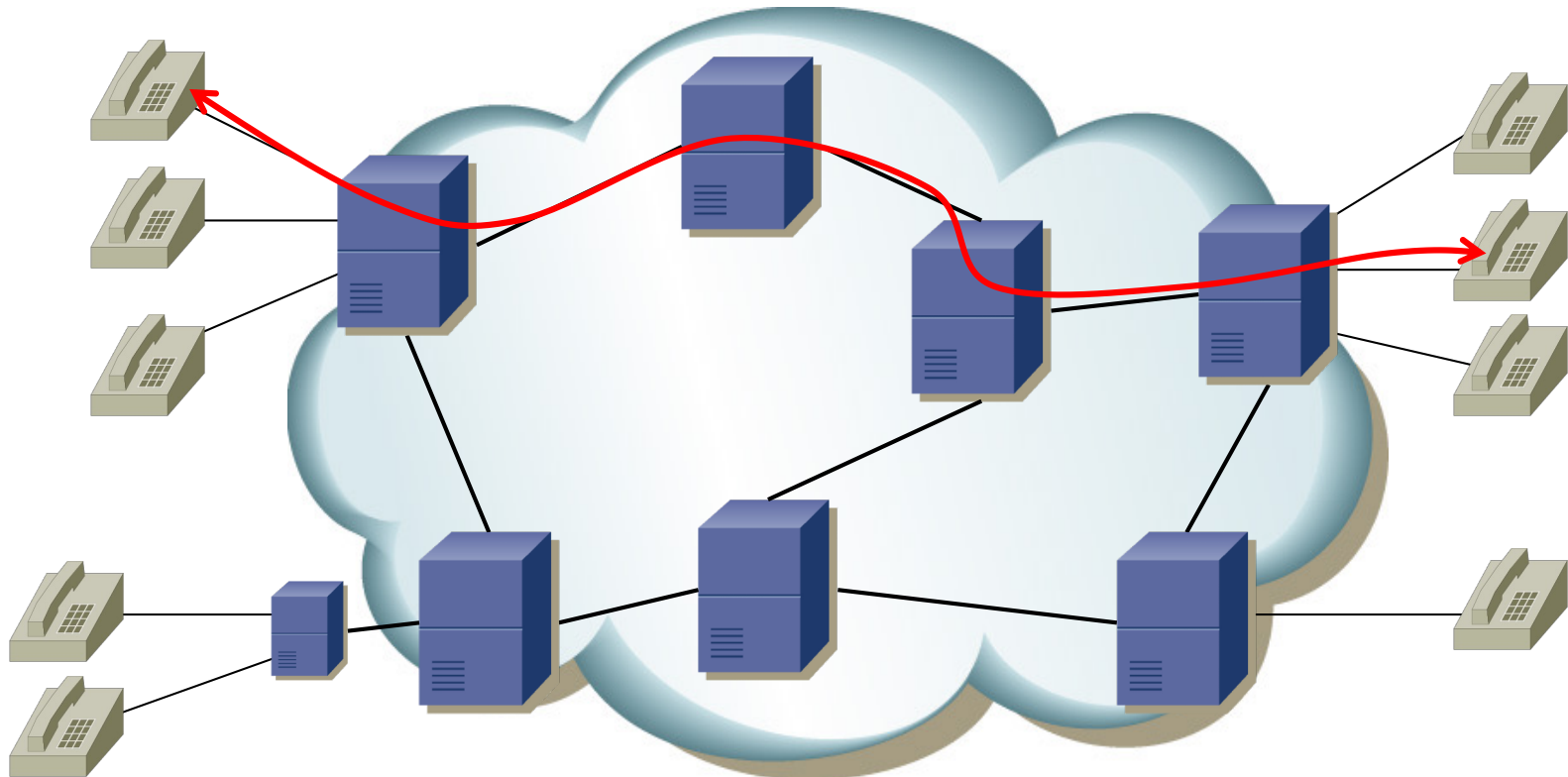
Servicio telefónico y PDH

Servicio telefónico

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

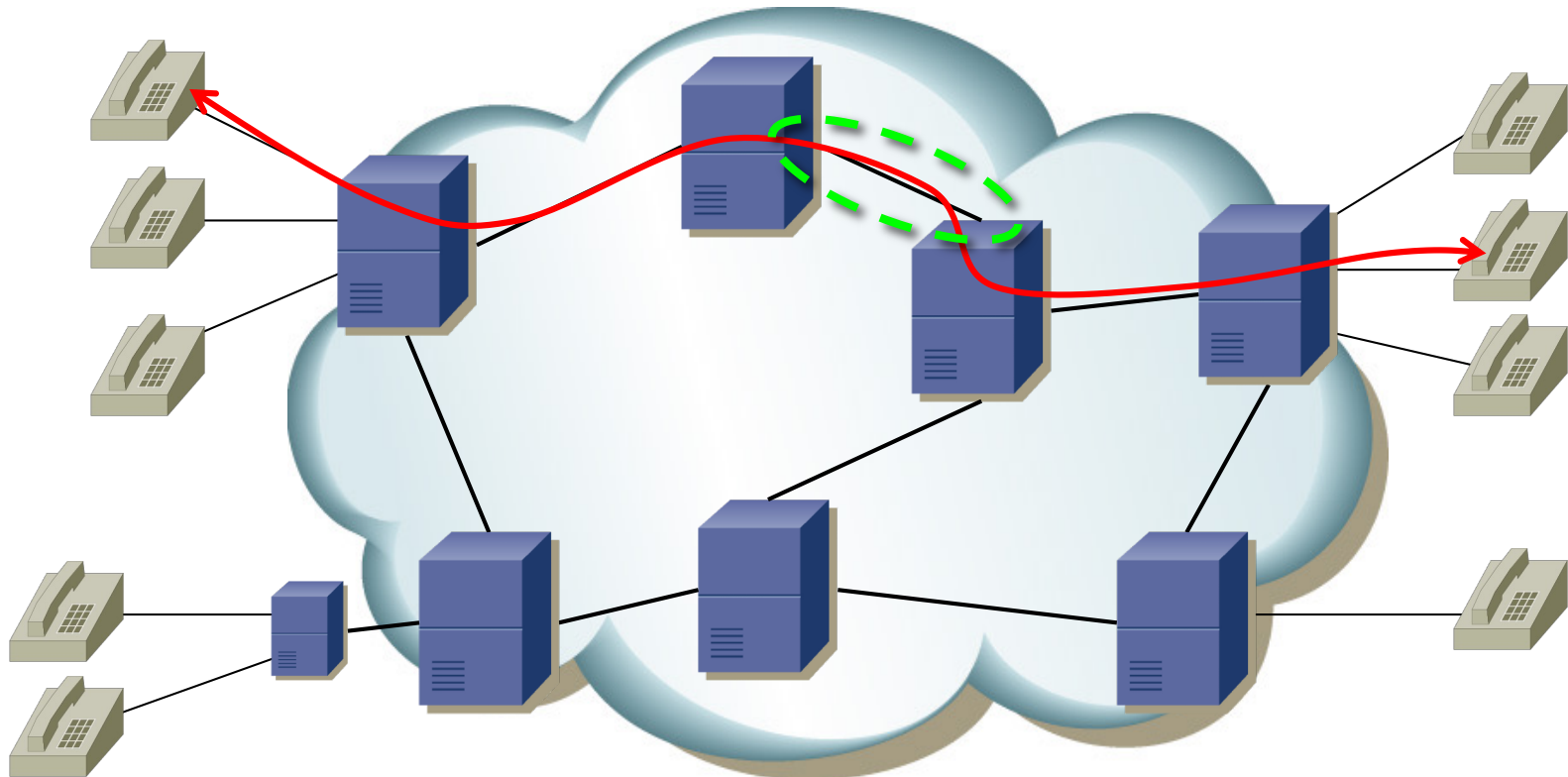


...100010001010101010110100110100100110



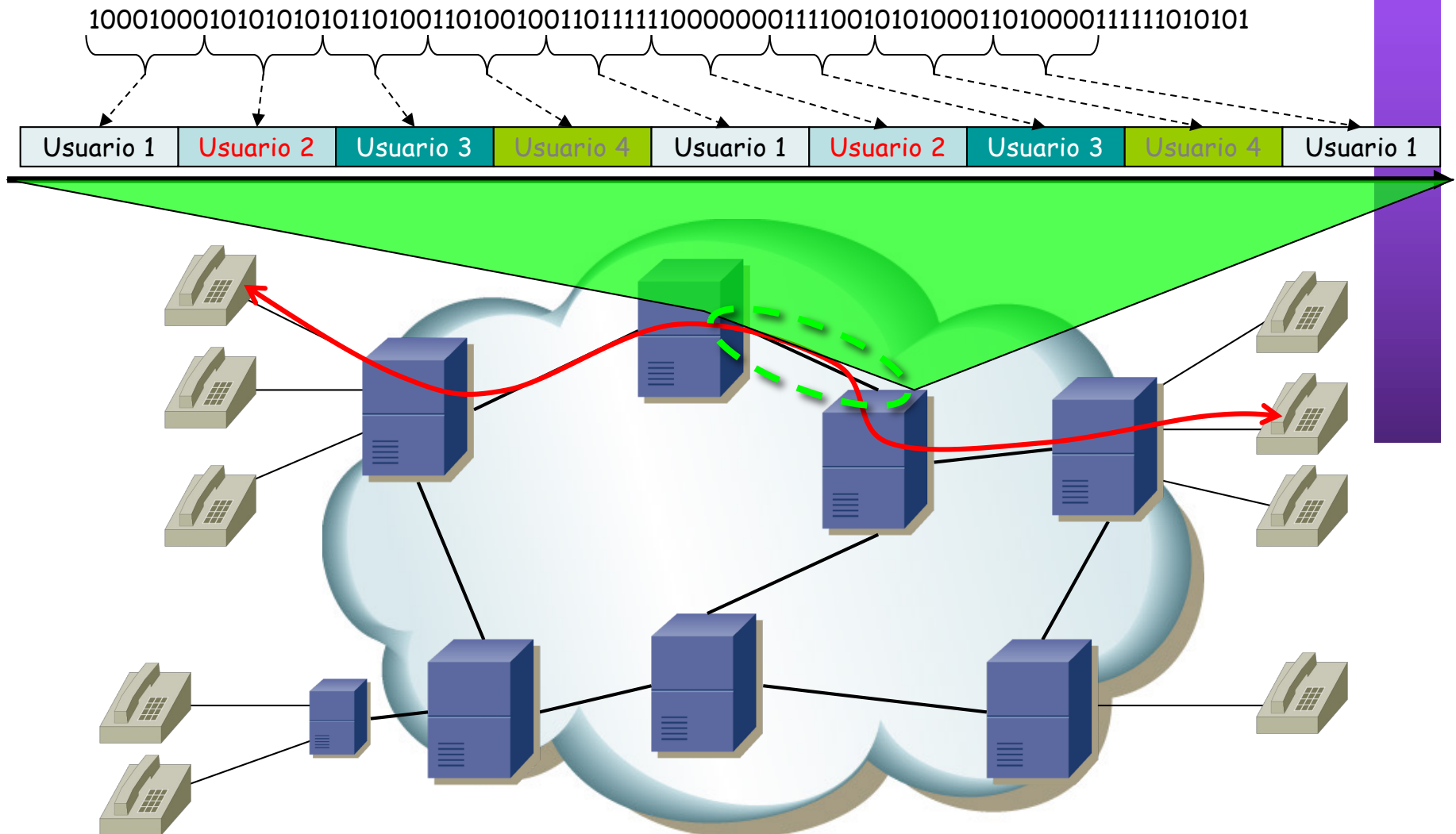
Servicio telefónico

- Red de conmutación de circuitos
- Multiplexación de múltiples llamadas en las líneas troncales entre centrales (conmutadores telefónicos)
- Técnicas de multiplexación por división del tiempo



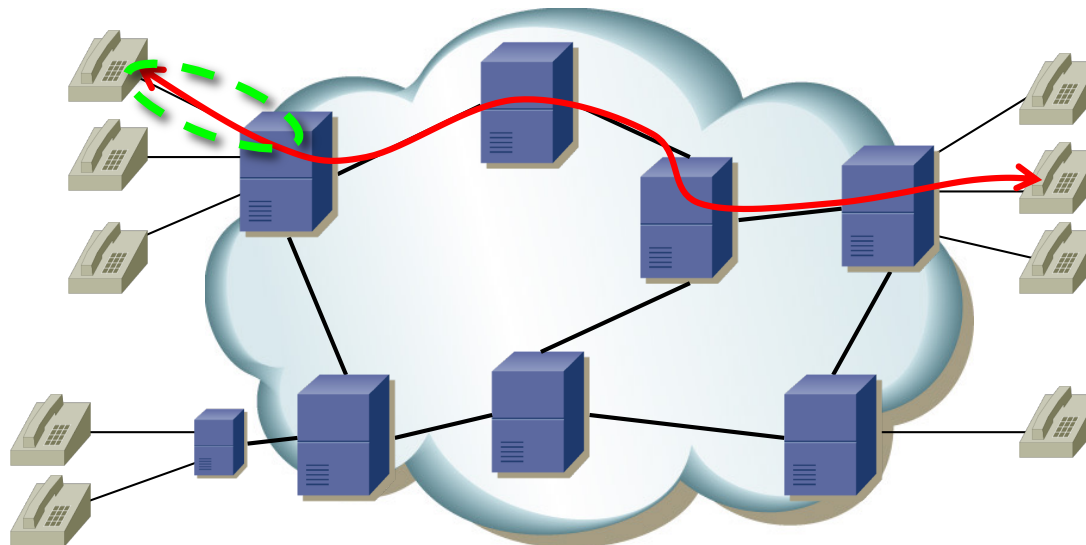
Servicio telefónico

- *TDM = Time Division Multiplexing*
- Ejemplo: cada slot temporal 1 byte de un usuario diferente



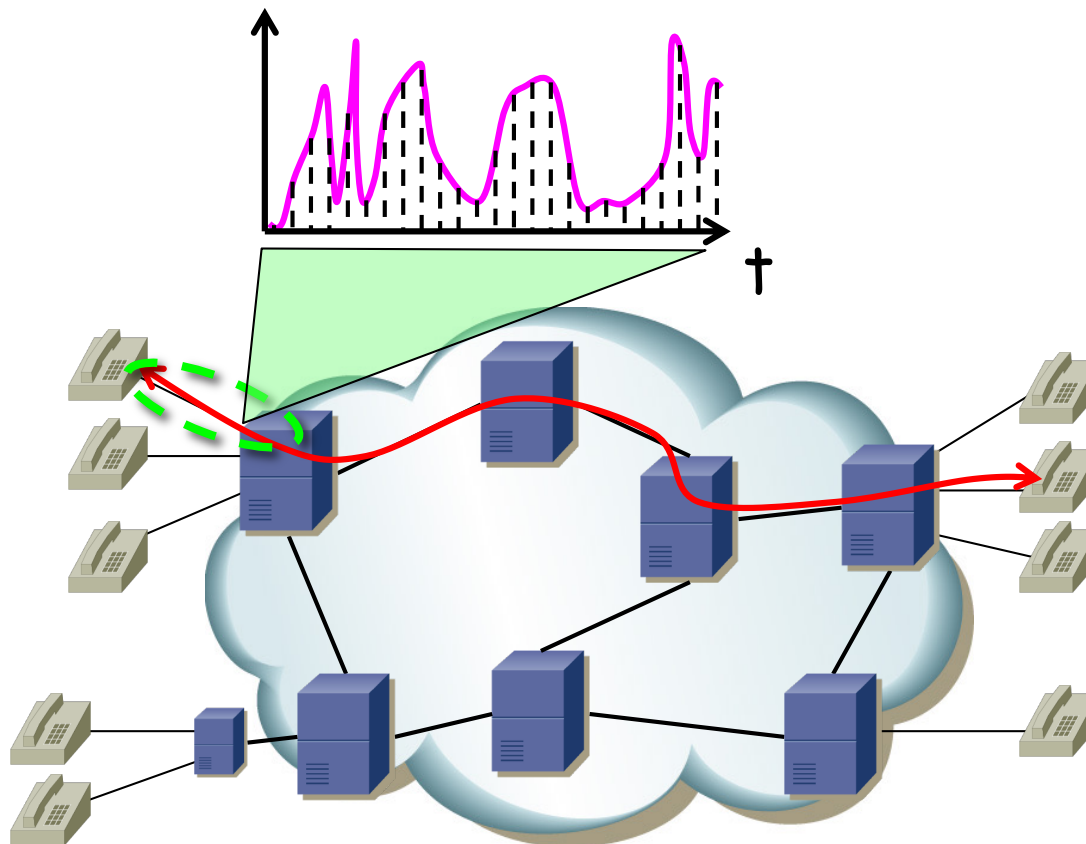
PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

- TDM
- Conmutación de circuitos
- Señales plesiócronicas:
 - Las velocidades pueden sufrir desviaciones, pero con unos límites
 - Cada uno su propio reloj. Esto limita las velocidades
- Ejemplo (...)



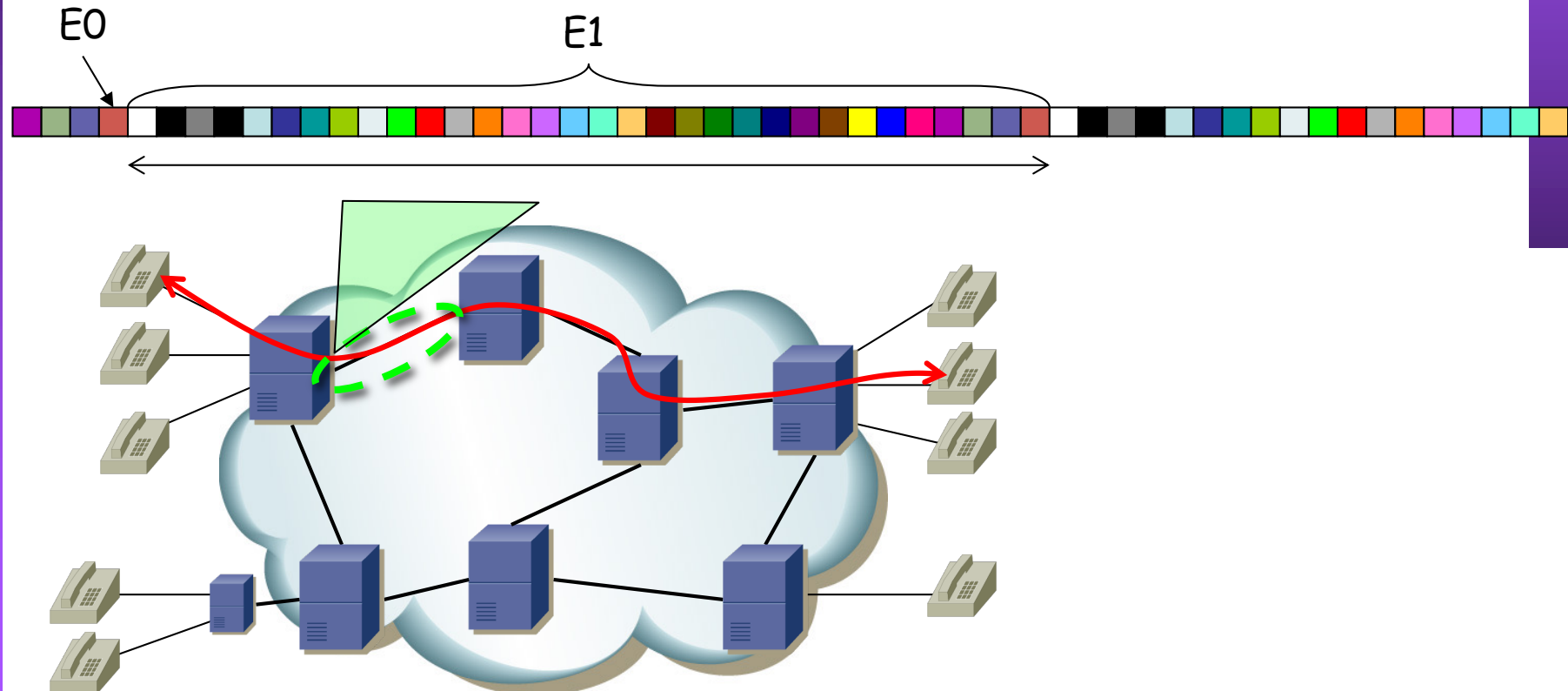
E0

- Desde el teléfono señal analógica
- Central local realiza la conversión A/D
- 1 muestra de 1 byte cada $125 \mu s \rightarrow 8000$ muestras/s $\rightarrow 64$ Kb/s
- ITU-T G.703



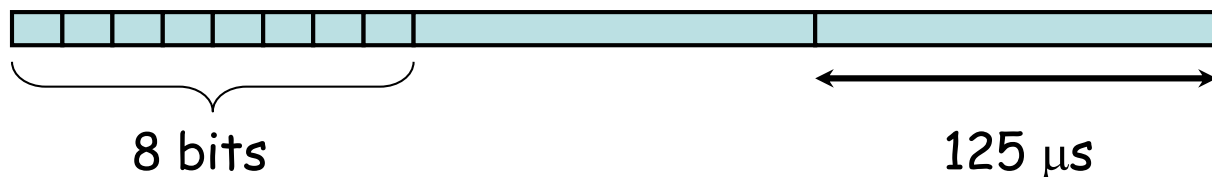
E1

- Señal digital de la jerarquía digital plesiócrona
- Equivale a la multiplexación temporal de 32 canales E0
- Byte a byte (mismo color = mismo slot → mismo flujo de usuario)
- En $125 \mu\text{s}$ hay 32 bytes → 2048 Kb/s
- 2 slots reservados para alineamiento y señalización (30 canales voz)

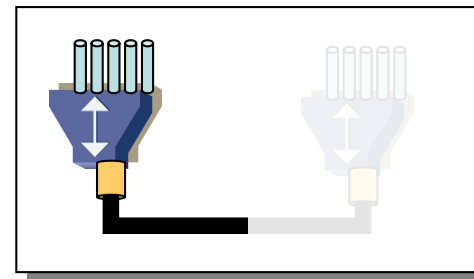
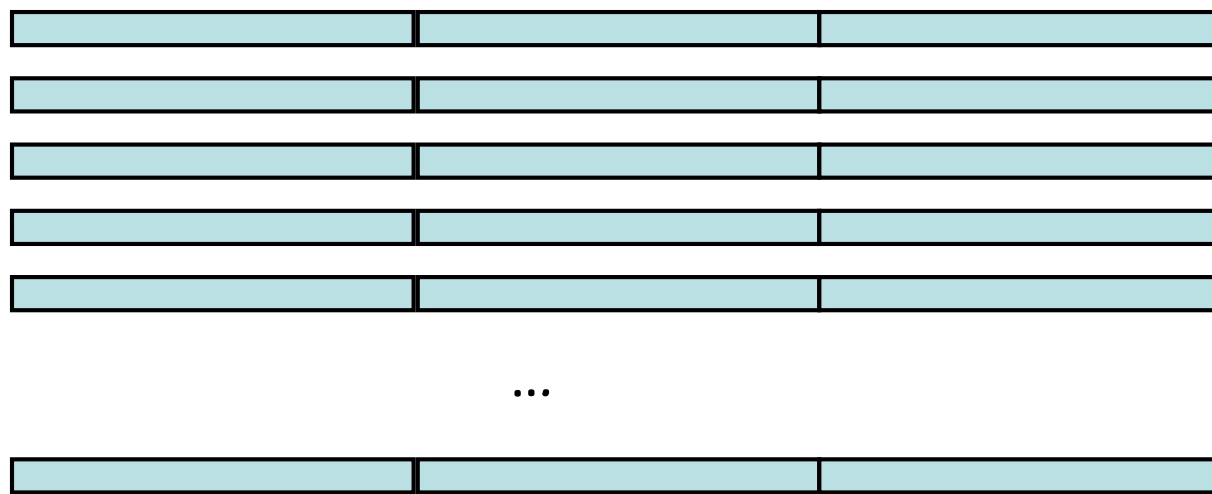


Multiplexación TDM

- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial

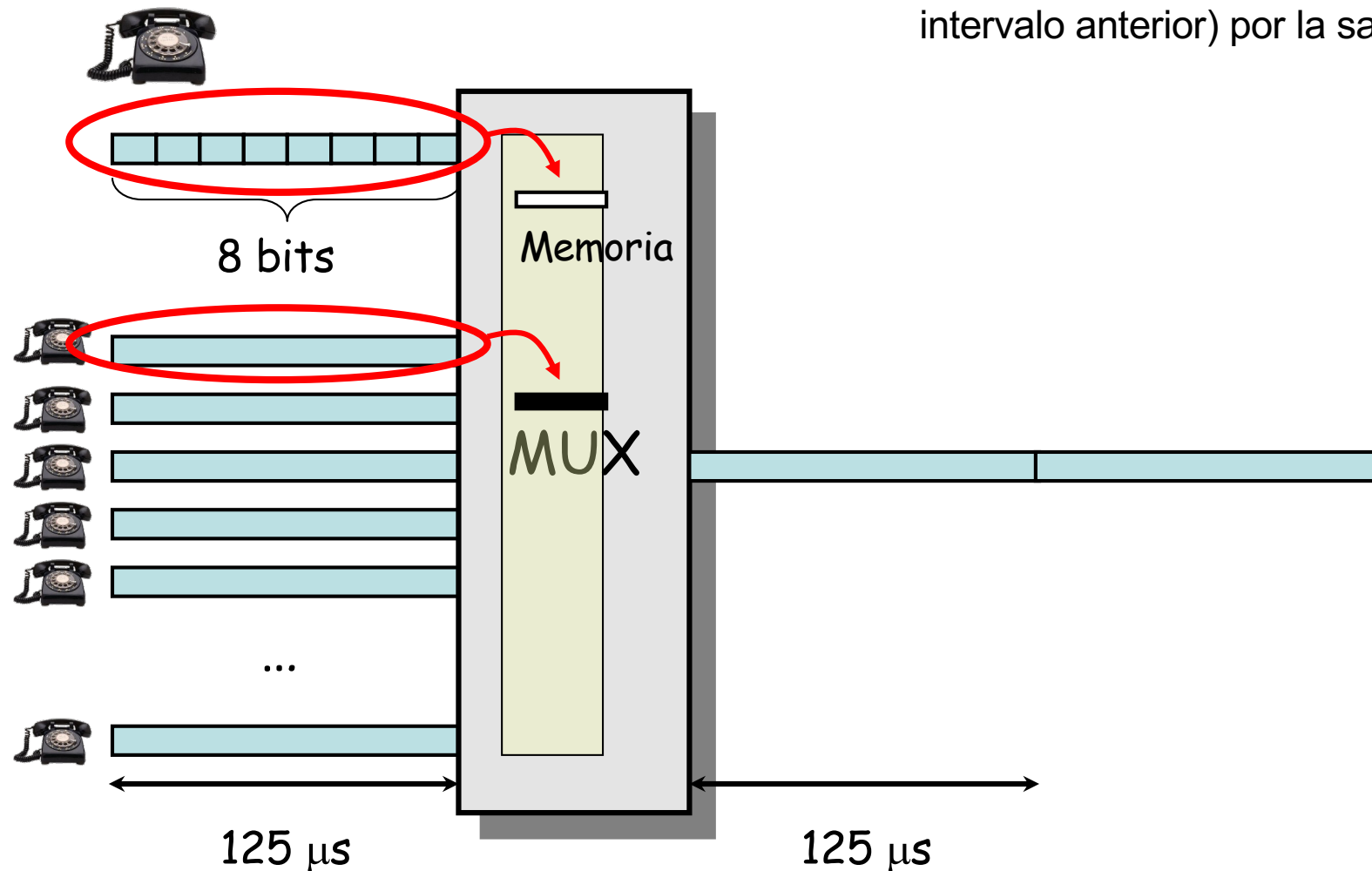


...



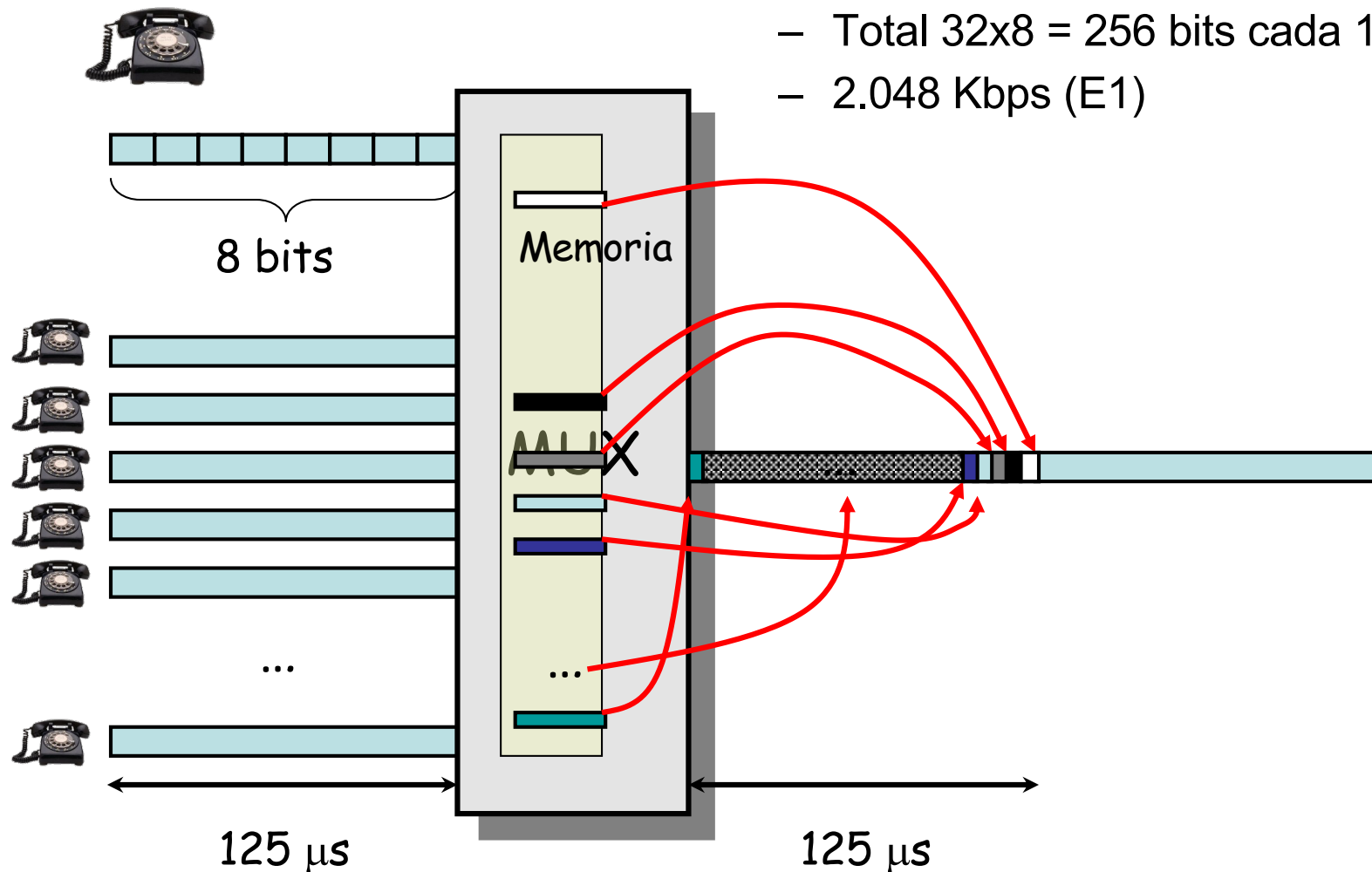
Multiplexación TDM

- Las líneas troncales multiplexan los canales de voz en un mismo canal espacial
- En cada Δt el MUX
 - Recibe una muestra de voz de cada una de las líneas
 - Envía N muestras de voz (del intervalo anterior) por la salida



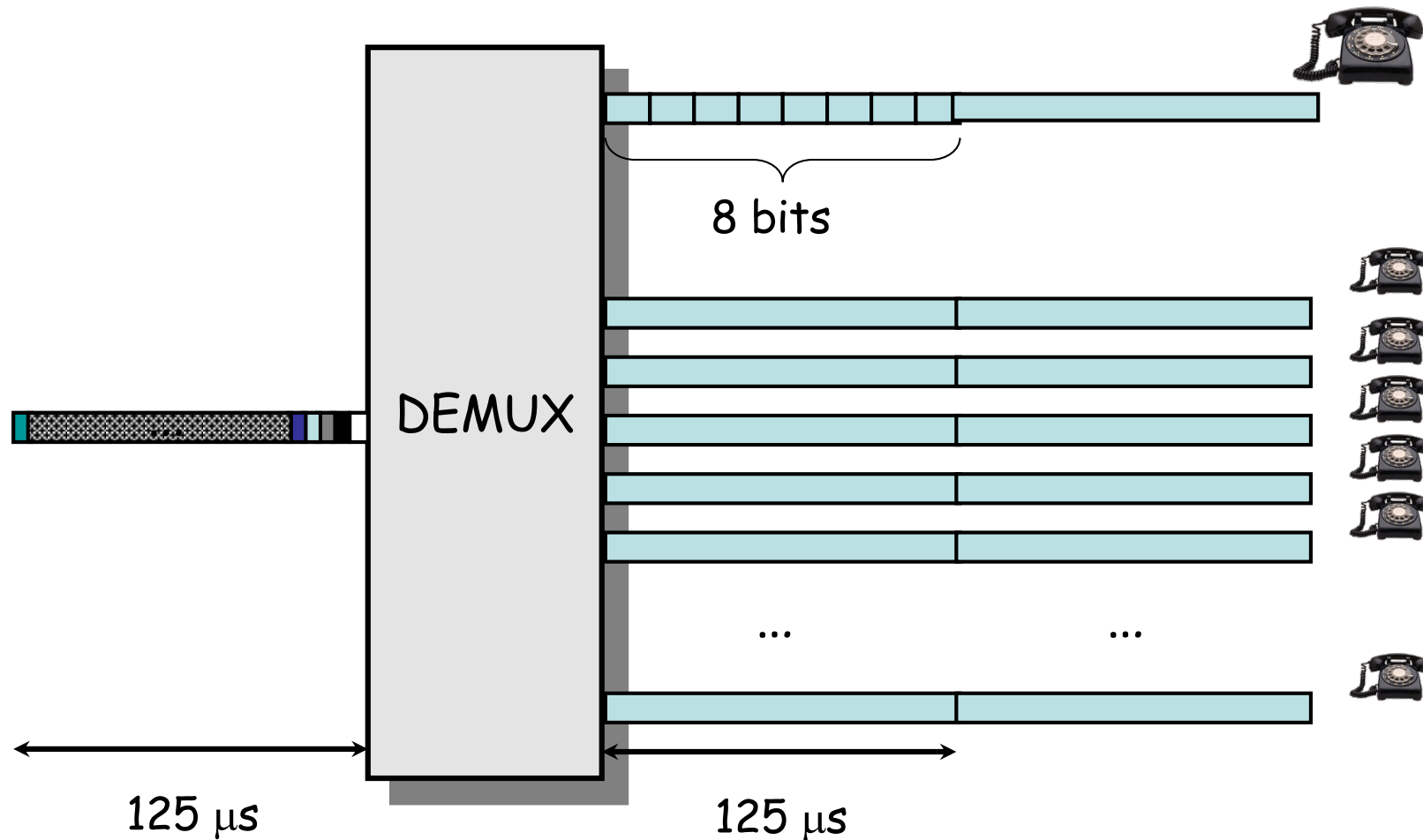
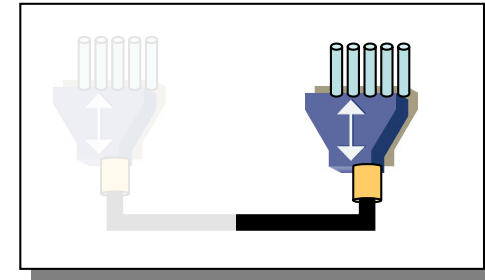
Multiplexación TDM

- Ejemplo
 - 32 canales de voz
 - Cada canal 8bits cada $125 \mu s$
 - Total $32 \times 8 = 256$ bits cada $125 \mu s$
 - 2.048 Kbps (E1)



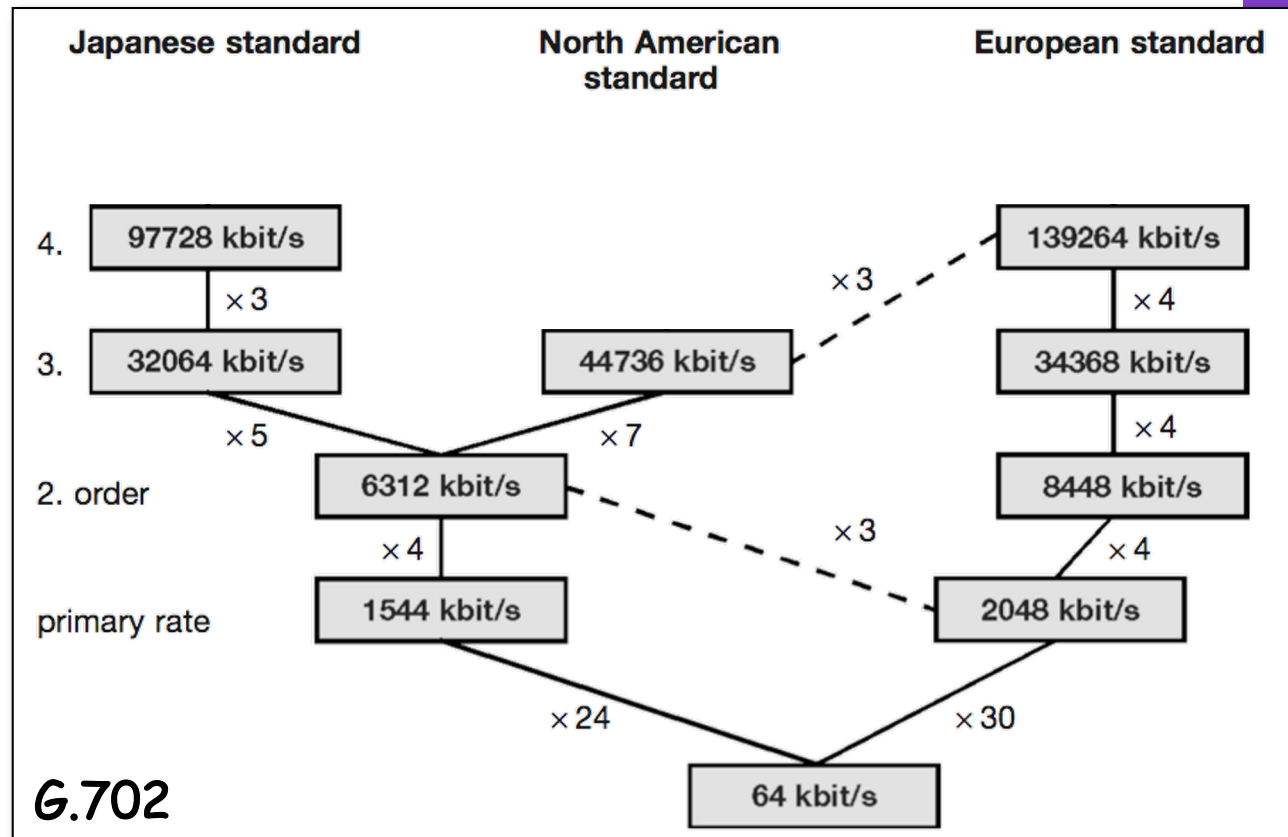
Demultiplexación TDM

- Proceso inverso
- Una entrada
- N salidas de velocidad N veces menor



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

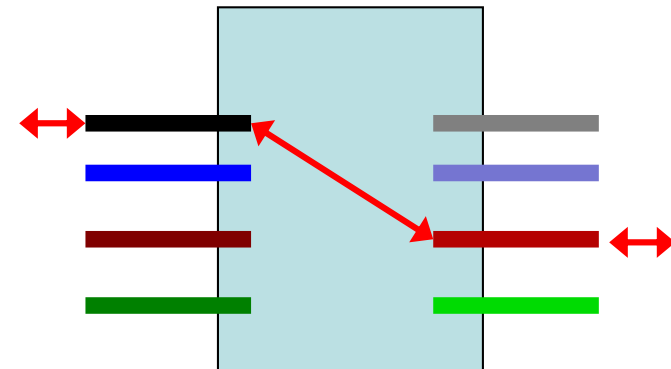
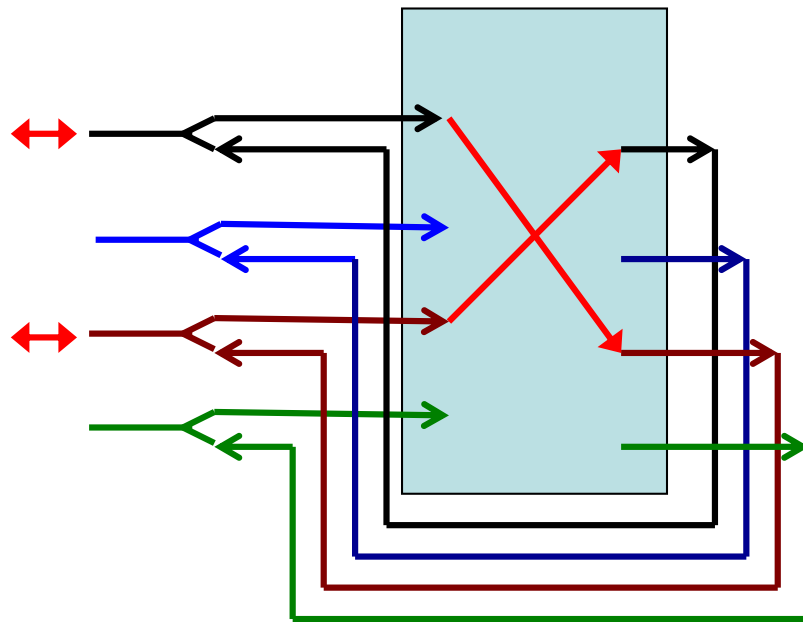
- $E1 (2048\text{Kbps}) = 32 \times E0$ $E2 = 4 \times E1$, $E3 = 4 \times E2$, $E4 = 4 \times E3$
- $T1 (DS1, 1.54\text{Mbps}) = 24 \times DS0$ $T2 = 4 \times T1$, $T3 = 7 \times T2$
- ITU-T G.701-703
- Multiplexación bit a bit por encima del E1 (*bit interleaving*)
- Acomodar variaciones en frecuencia insertando bits ("justificación")
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto



Conmutación y bloqueo

Conmutadores

- Permite conectar líneas de entrada a líneas de salida
- Se puede usar para construir un conmutador que interconecte líneas full duplex entre si



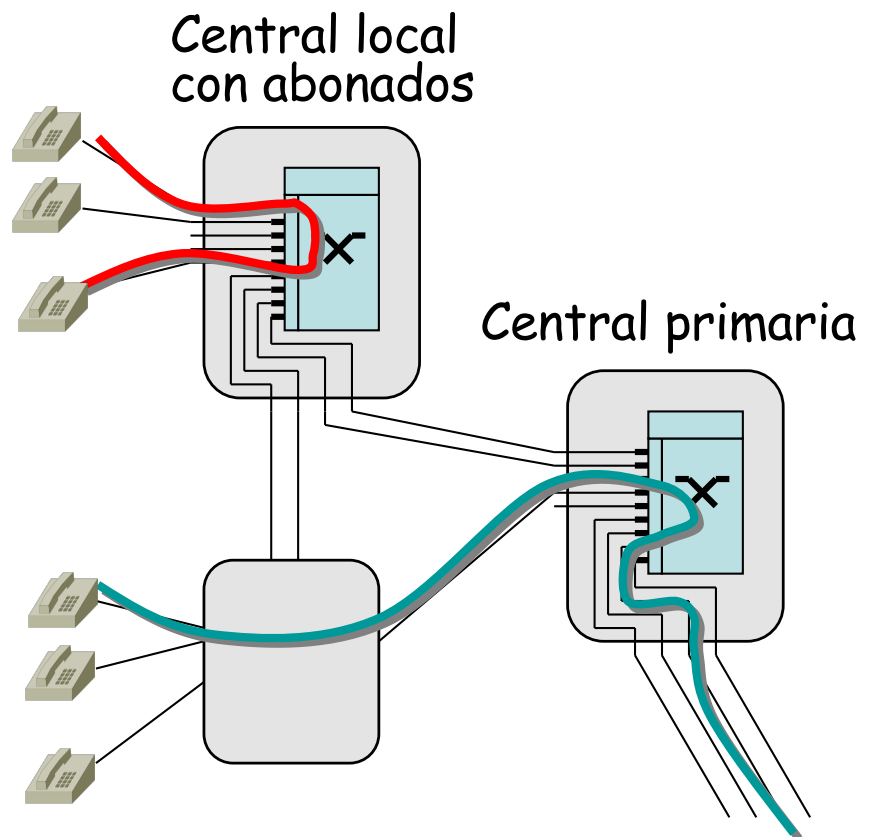
Conmutadores

Line switch

- Central local
- Inteconecta líneas individuales
- Debe conectar una entrada específica con una salida específica

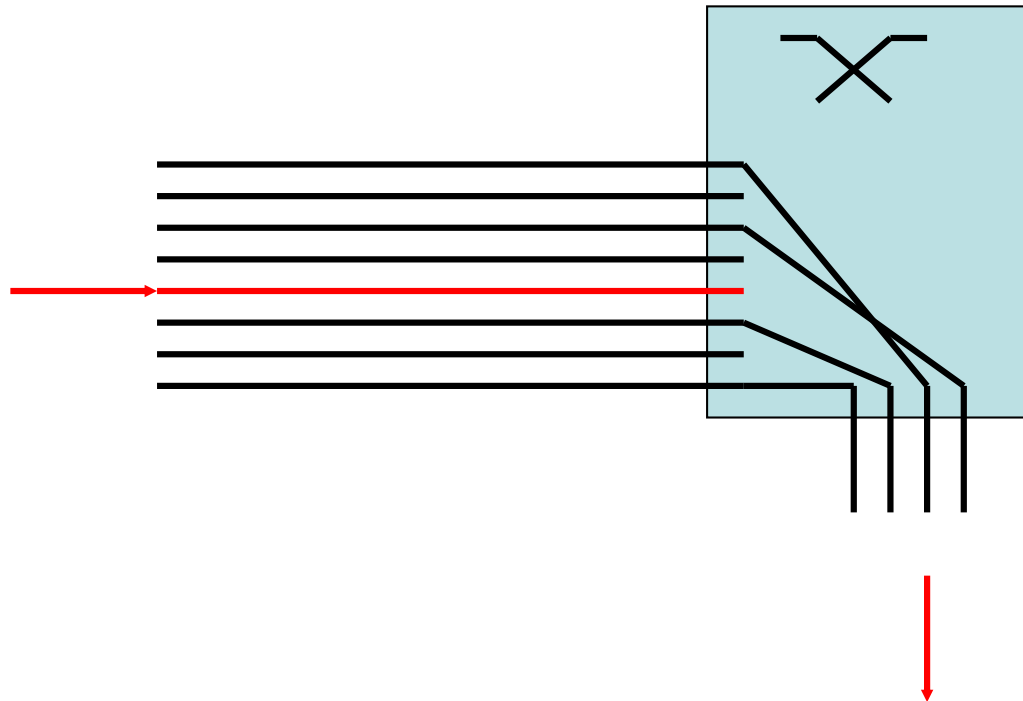
Transit switch

- Interconecta troncales
- Debe conectar una entrada específica con una salida *cualquiera en la dirección correcta*



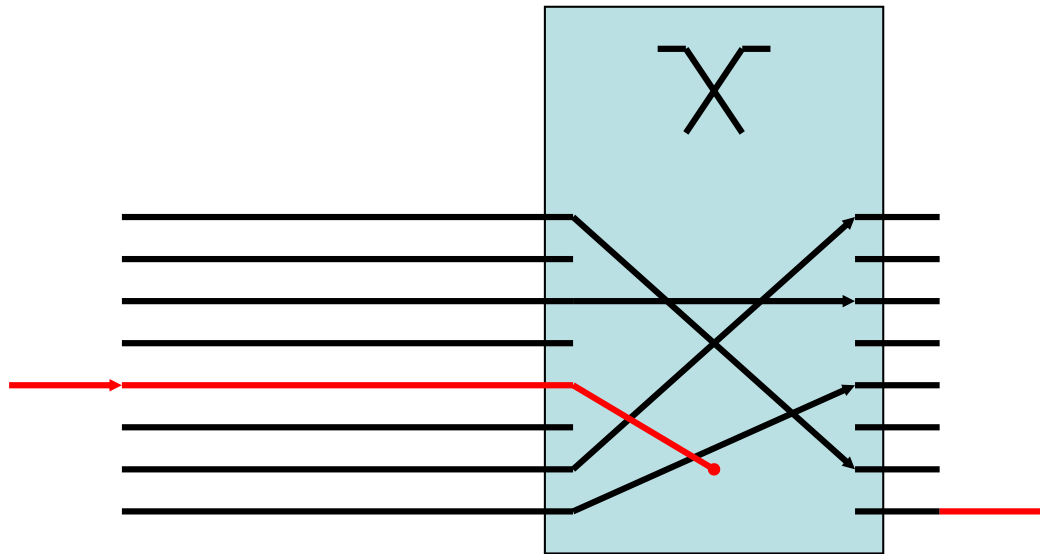
Bloqueo

- Cuando no se puede interconectar dos estaciones aunque estén libres
- Bloqueo **externo**
 - El conmutador no tiene suficientes recursos de salida para cursar una nueva llamada



Bloqueo

- Cuando no se puede interconectar dos estaciones aunque estén libres
- Bloqueo **interno**
 - El conmutador no tiene recursos internos para crear un circuito de la entrada a la salida



Bloqueo

- Cuando no se puede interconectar dos estaciones aunque estén libres
- Red de conmutación con bloqueo
 - En sistemas de voz se suele utilizar
 - Llamadas de voz suelen ser de corta duración
 - Se dimensiona para que suceda infrecuentemente
- Red de conmutación sin bloqueo
 - Permite a todas las estaciones conectarse a la vez
 - La única causa por la que una conexión puede ser rechazada es porque la estación destino esté ocupada
 - Se utiliza más en redes de conmutación para datos

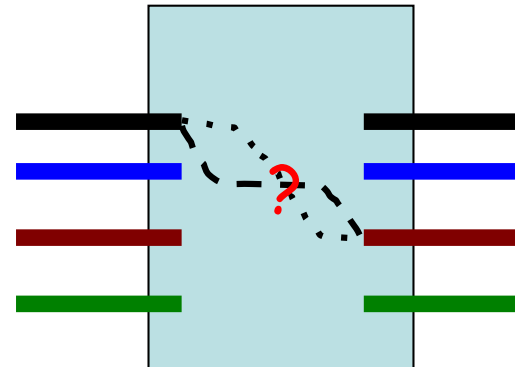
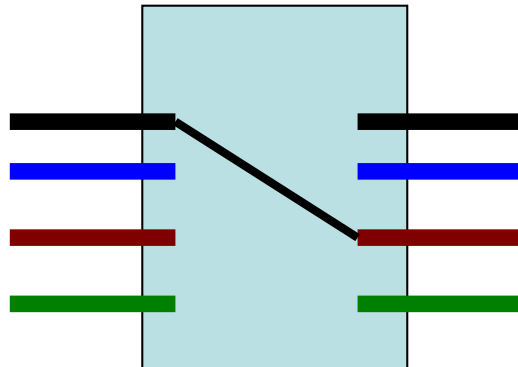
Arquitectura de conmutadores

Tipos básicos de conmutadores

- Conmutador espacial (S)
 - SDS = Space-Division Switching
- Conmutador temporal (T)
 - TDS = Time-Division Switching
- Conmutadores por fases (TST, STS...)

Space-Division Switching

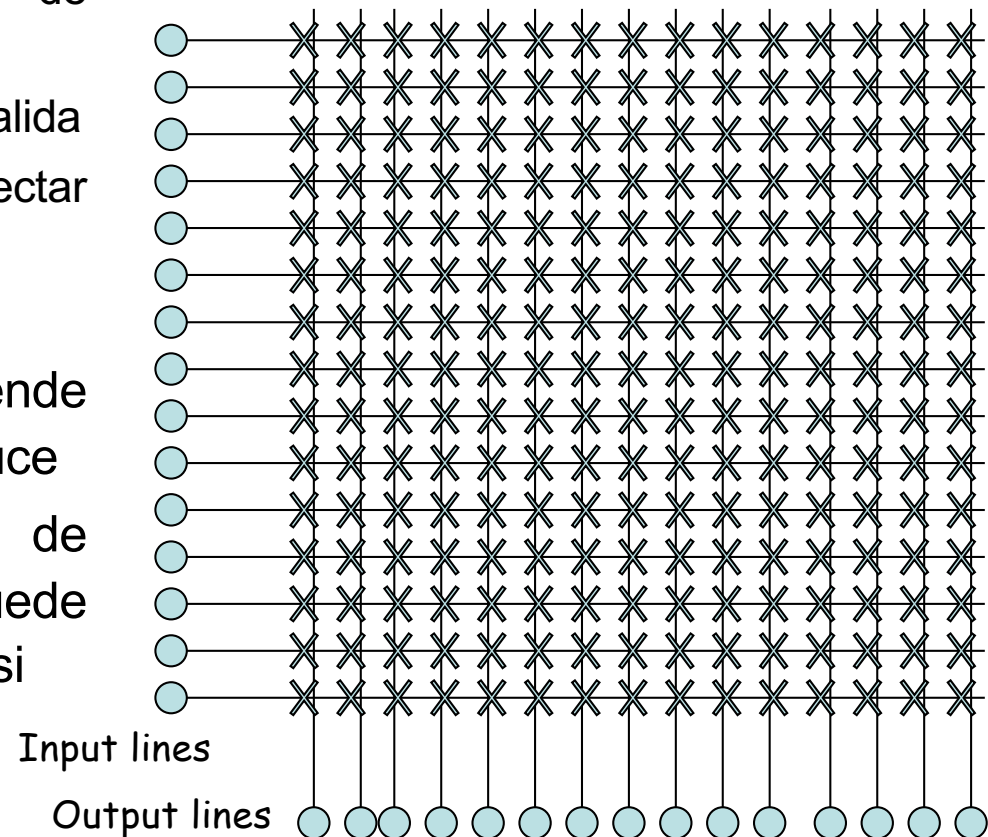
- La capacidad del switch suele ser = capacidad de cada camino x nº de caminos simultáneos
- Clasificados según el número de caminos posibles:
 - Single-Path Switches
 - Solo 1 camino para un par <entrada, salida>
 - La selección de camino es simple (¡ solo hay 1 posible !)
 - Un fallo en el camino vuelve imposible la comunicación entre ese par de líneas
 - Multiple-Path Switches
 - Más de 1 camino entre cada par <entrada, salida>
 - Selección de camino más compleja pero mayor flexibilidad



Conmutador espacial

- Permite conectar las líneas de entrada con las líneas de salida elegidas (caminos espaciales)
- Tecnología **Crossbar**
 - Un bus por cada línea de entrada
 - Un bus por cada línea de salida
 - *Crosspoints* permiten conectar cada bus a cualquier otro
 - Single-Path Switch
- La complejidad y coste depende del número de puntos de cruce
- Si se estropea un punto de cruce ya no se puede comunicar esa pareja entre si

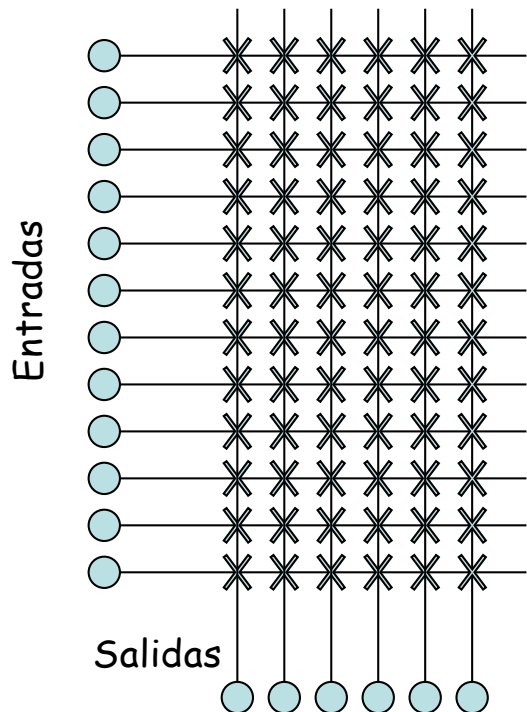
Space division switch



NxN crossbar matrix (N=15)

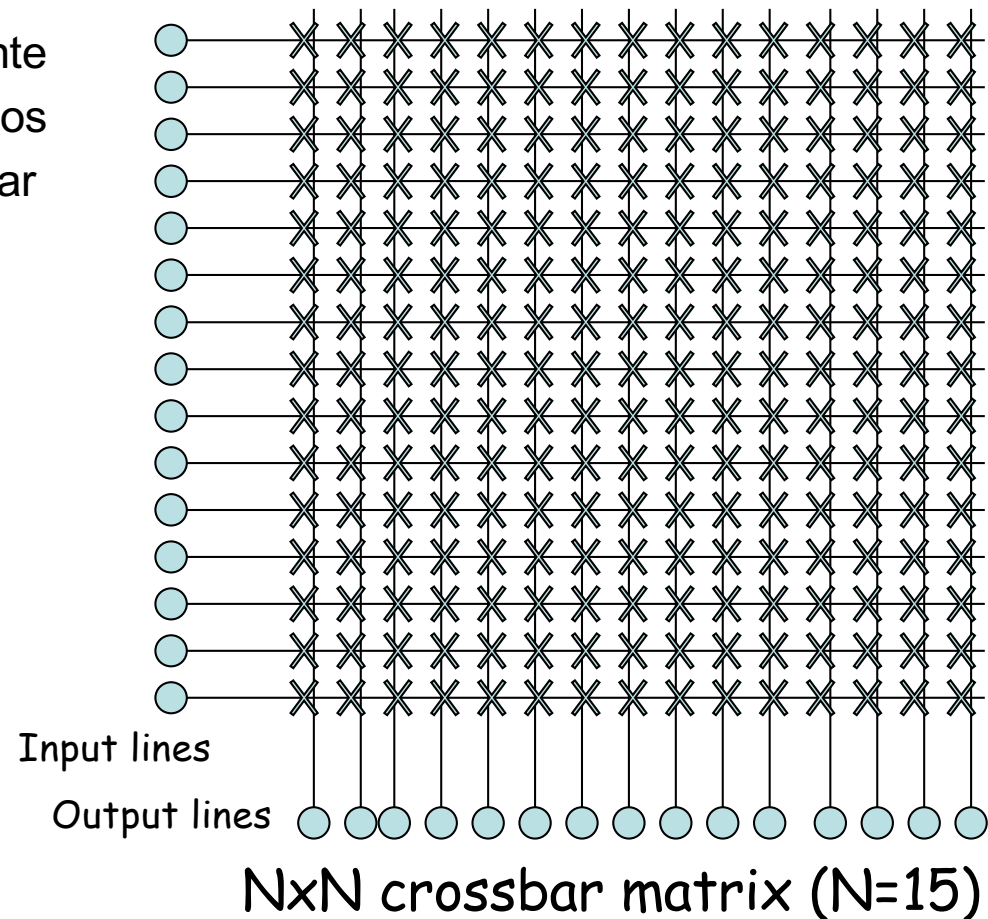
Conmutador espacial

- Conmutador NxK
- Si $K \geq N$: sin bloqueo
- Caso NxN:
 - El número de *crosspoints* crece con N^2
 - Uso de crosspoints ineficiente
 - Máx $N/2$ circuitos simultáneos
 - $N^2 - N/2$ crosspoints sin utilizar



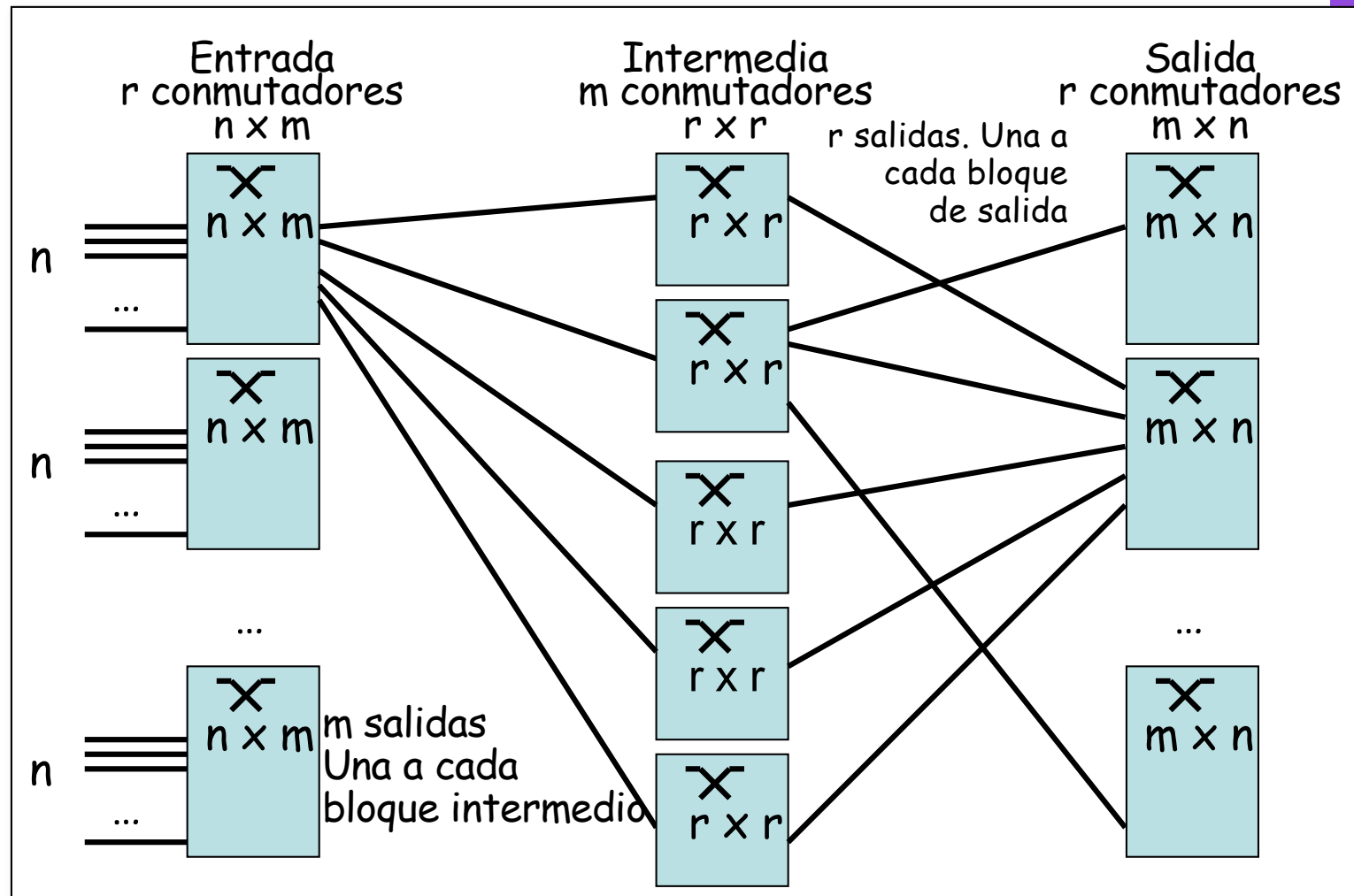
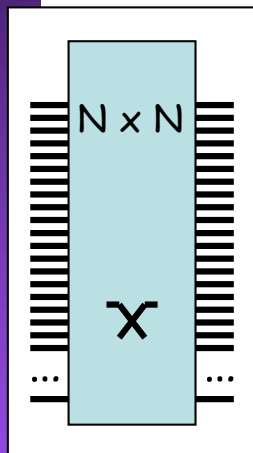
- ¿Se puede hacer con menos *crosspoints*?

Space division switch



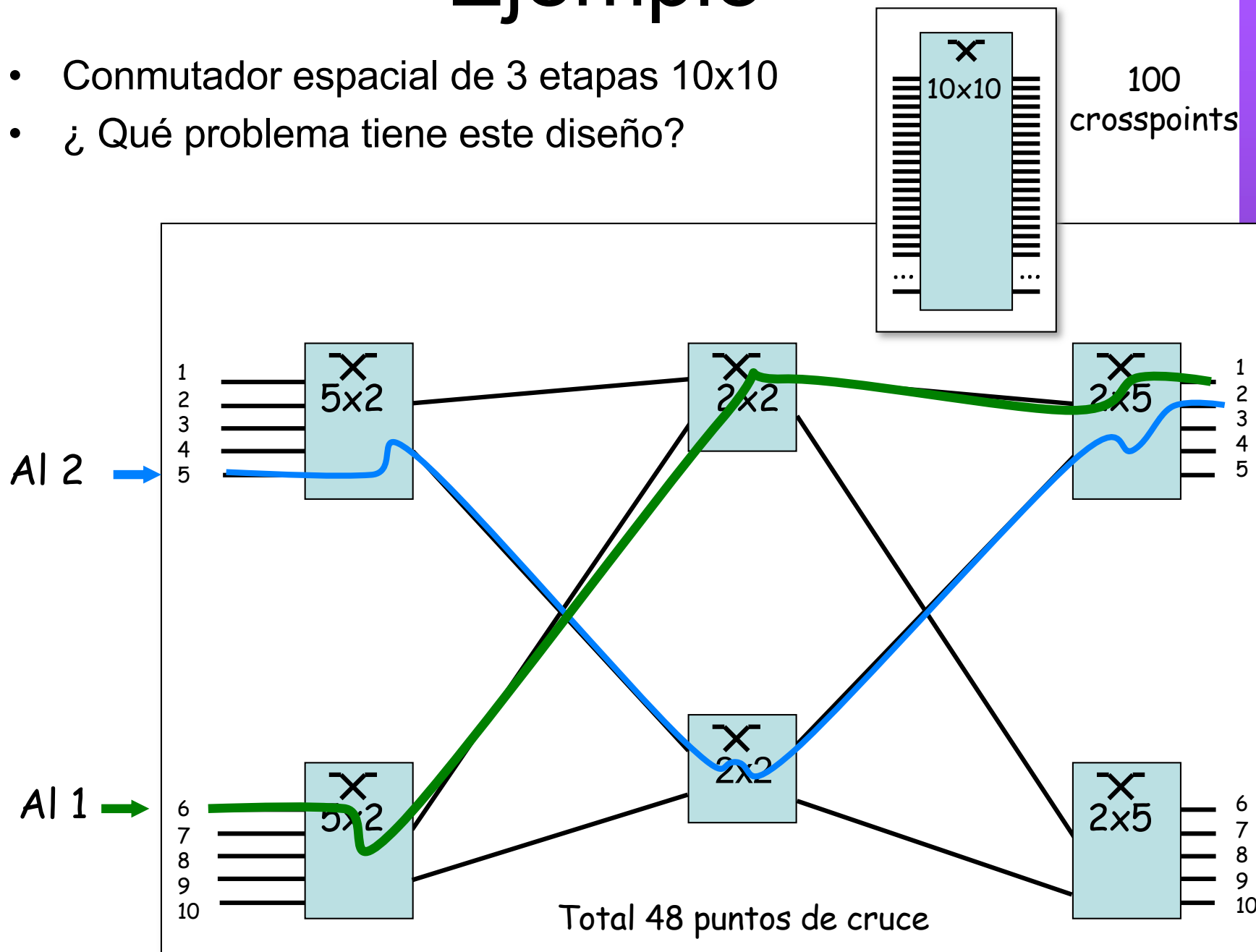
Conmutador con etapas (*stages*)

- Seleccionamos líneas y las mandamos a conmutadores intermedios
- Conmutadores intermedios conmutan hacia bloque de salida deseado
- Conmutadores más sencillos
- Más de un camino interno posible (Multiple-Path Switch)



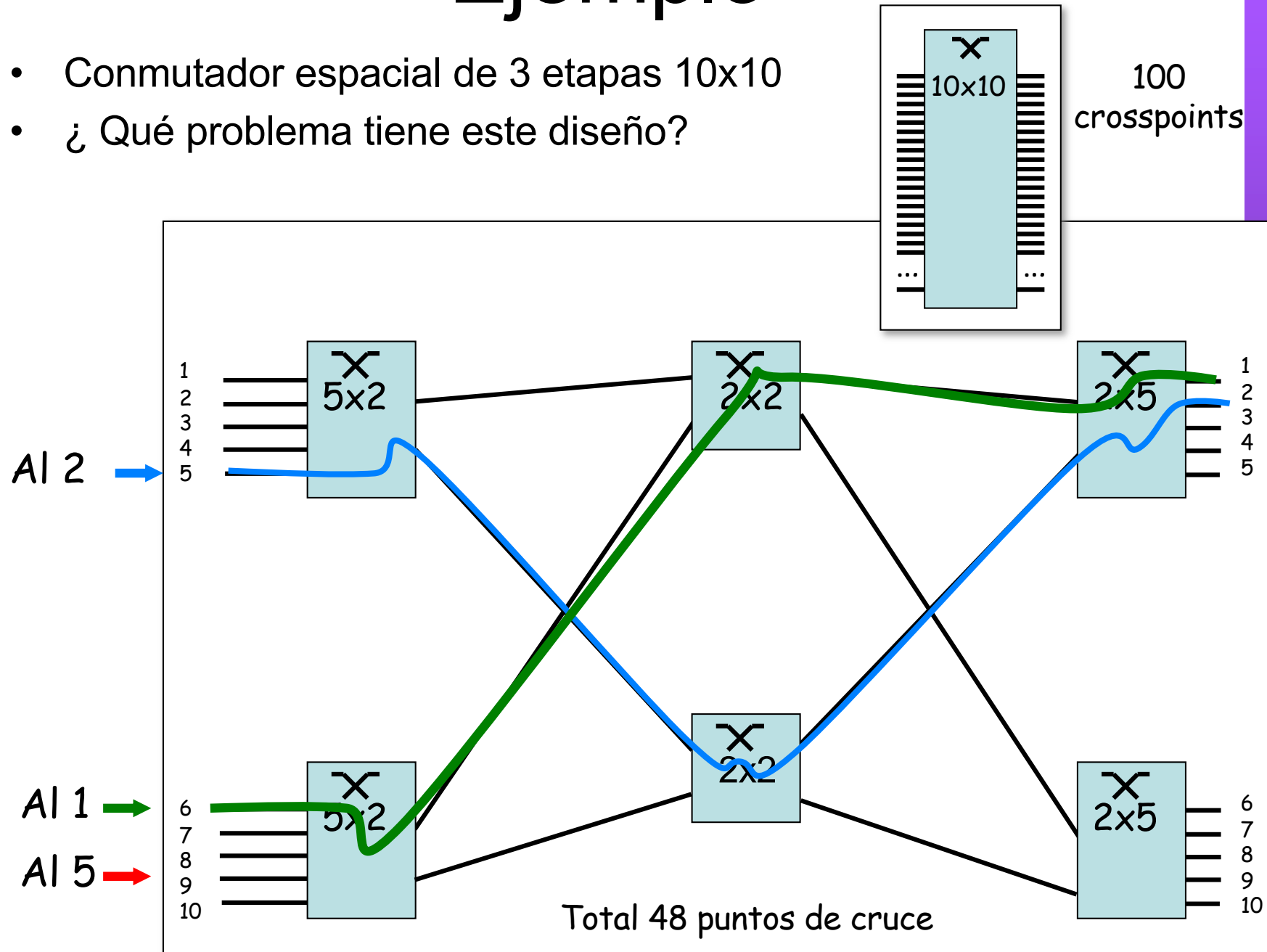
Ejemplo

- Conmutador espacial de 3 etapas 10x10
- ¿Qué problema tiene este diseño?



Ejemplo

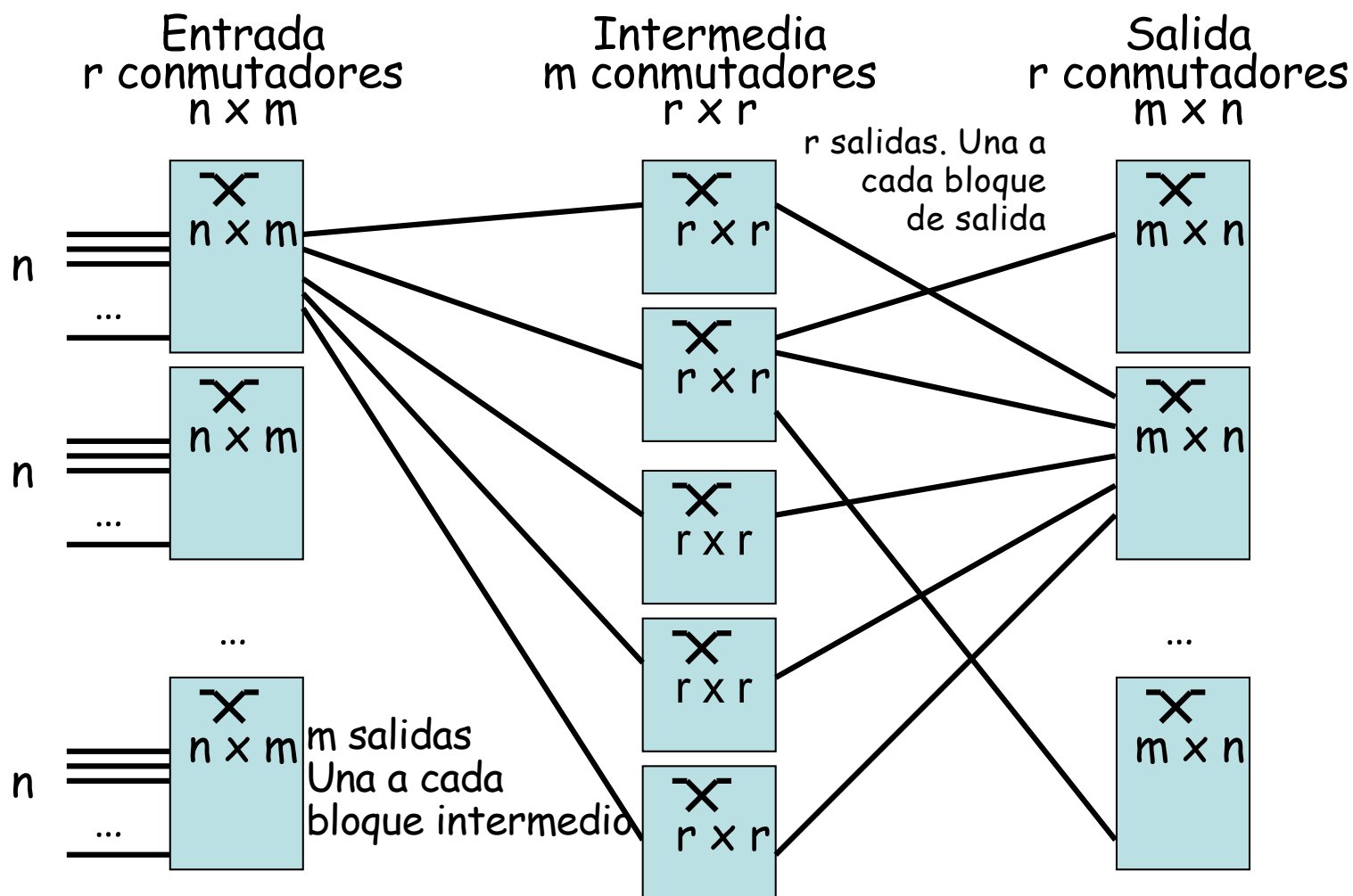
- Conmutador espacial de 3 etapas 10x10
- ¿Qué problema tiene este diseño?



Redes de Clos

Redes de Clos

- ¿ Cuantos conmutadores intermedios m necesito para que no haya posibilidad de bloqueo interno ?
- Se entiende que al menos $m \geq n$ (evitar bloqueo de la entrada)

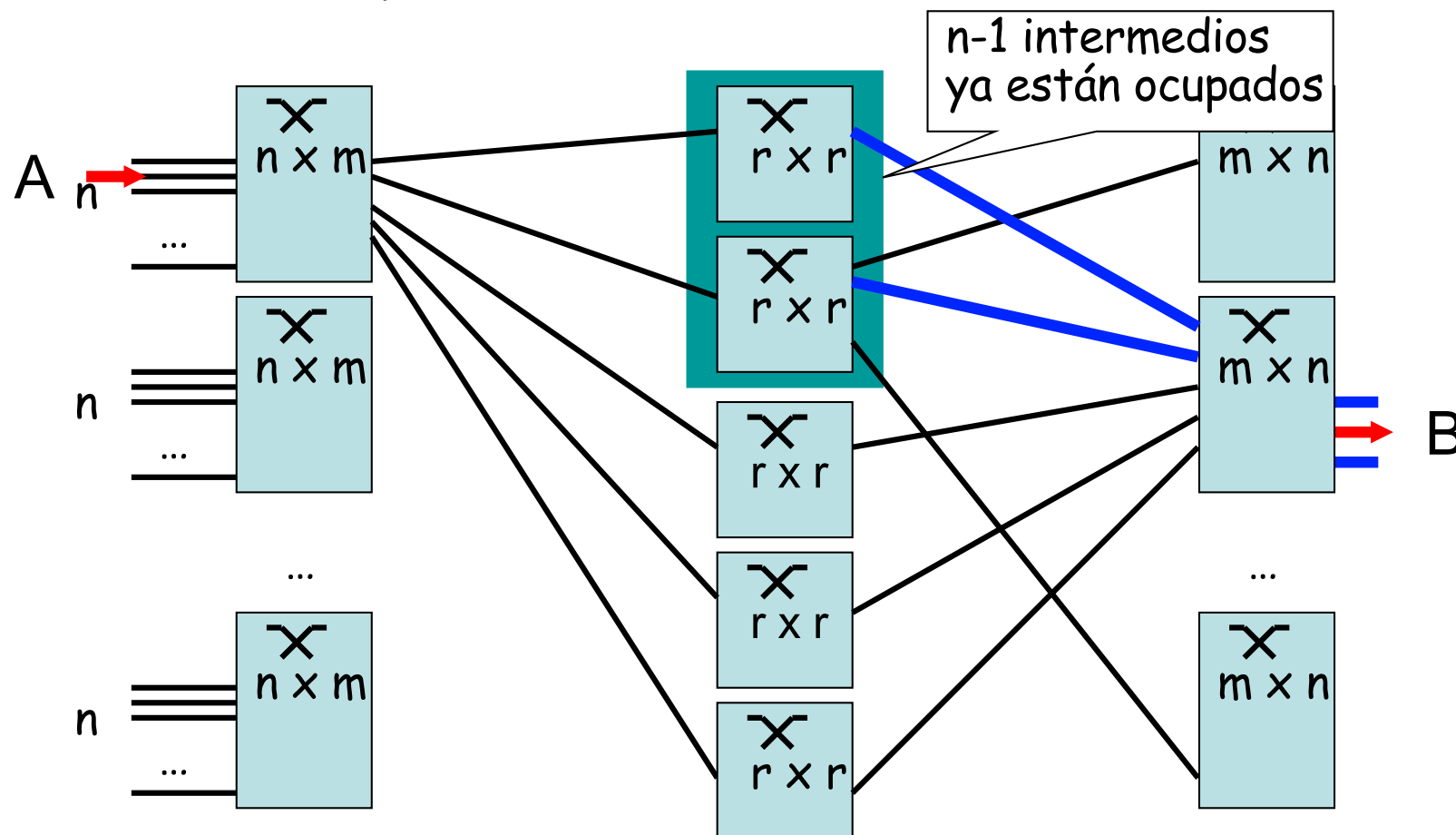


Redes de Clos

Condición en el caso peor

- De la entrada A a la salida B tiene que haber un camino posible
- Tiene que haber al menos un conmutador intermedio que tenga una línea libre al bloque de B
- En el caso peor habrá $n-1$ ocupados, es decir, todas las otras salidas del bloque de salida ocupadas)

Linea A, conectar a la salida B

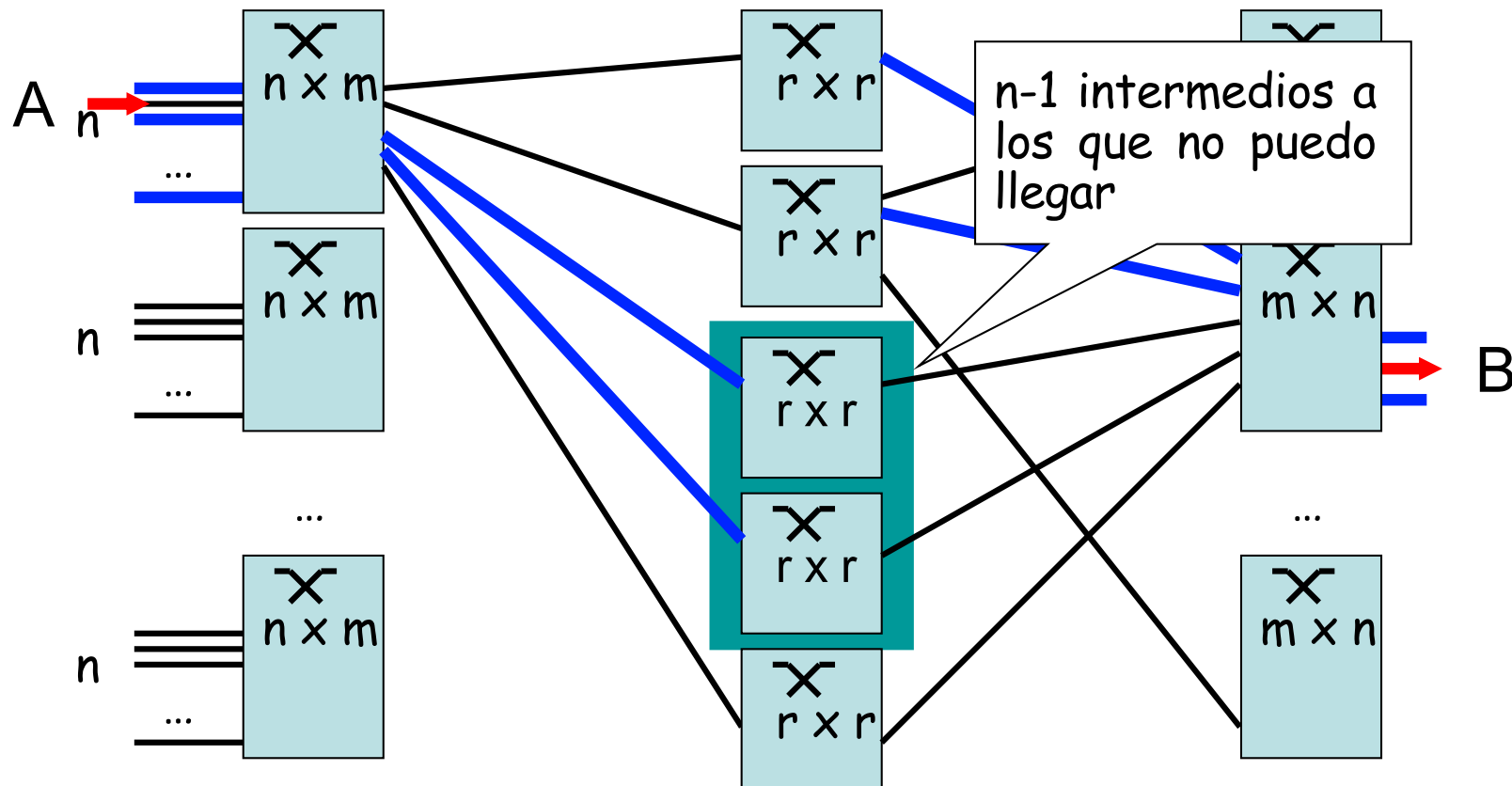


Redes de Clos

Condición en el caso peor

- Tiene que ser un conmutador intermedio al que esté libre la línea desde el bloque de entrada
- En el peor caso los conmutadores intermedios que no puedo usar por las dos razones no serán los mismos
- Tiene que haber conmutadores intermedios suficientes para los dos casos y uno más para tener camino para la llamada nueva

Linea A, conectar a la salida B



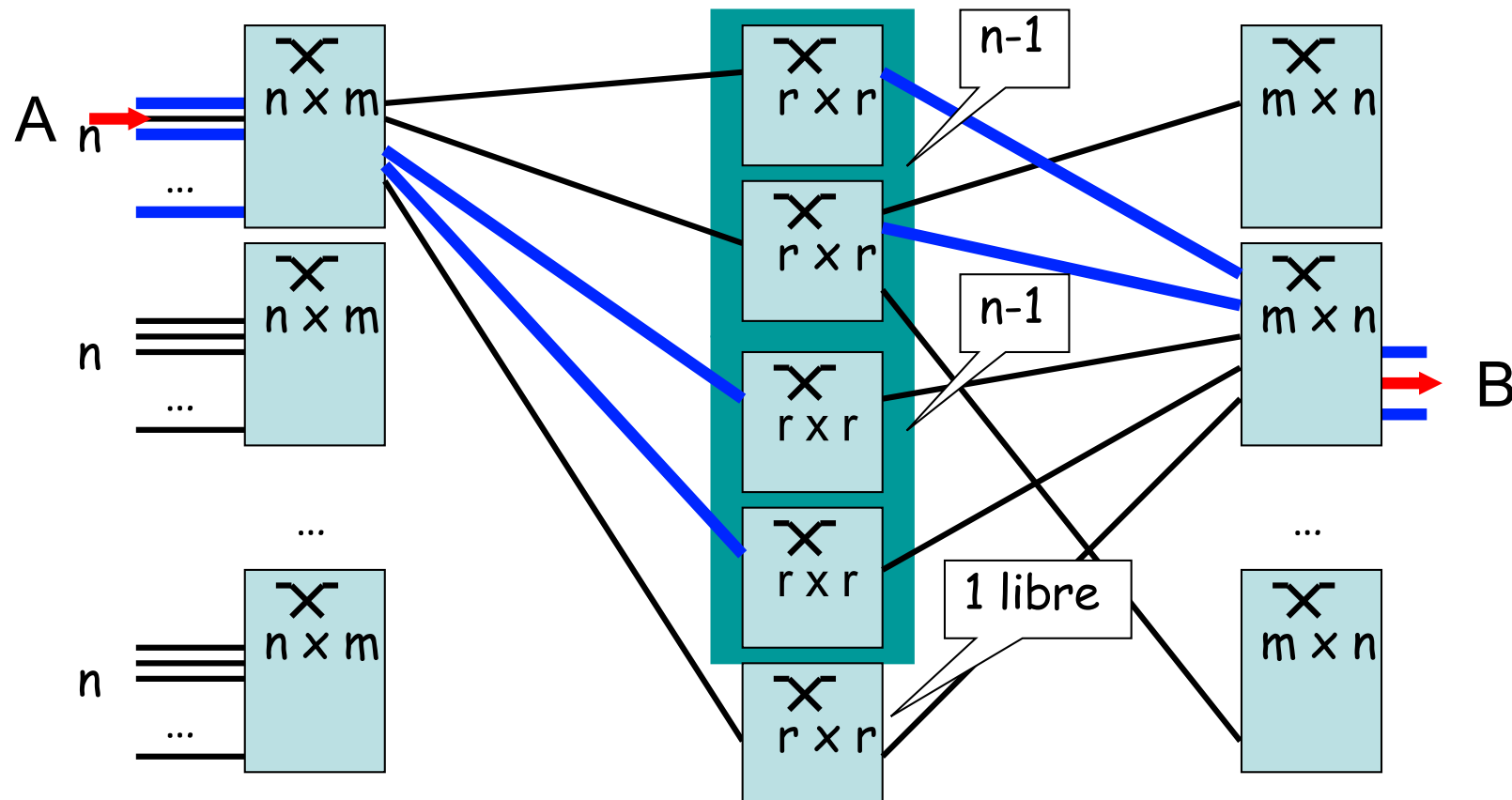
Condición de Clos

- En un conmutador $(r \times n) \times (r \times n)$ formado con m conmutadores intermedios el número m de conmutadores intermedios necesarios para que no exista probabilidad de bloqueo tiene que ser al menos

$$m \geq 2 \times (n-1) + 1$$

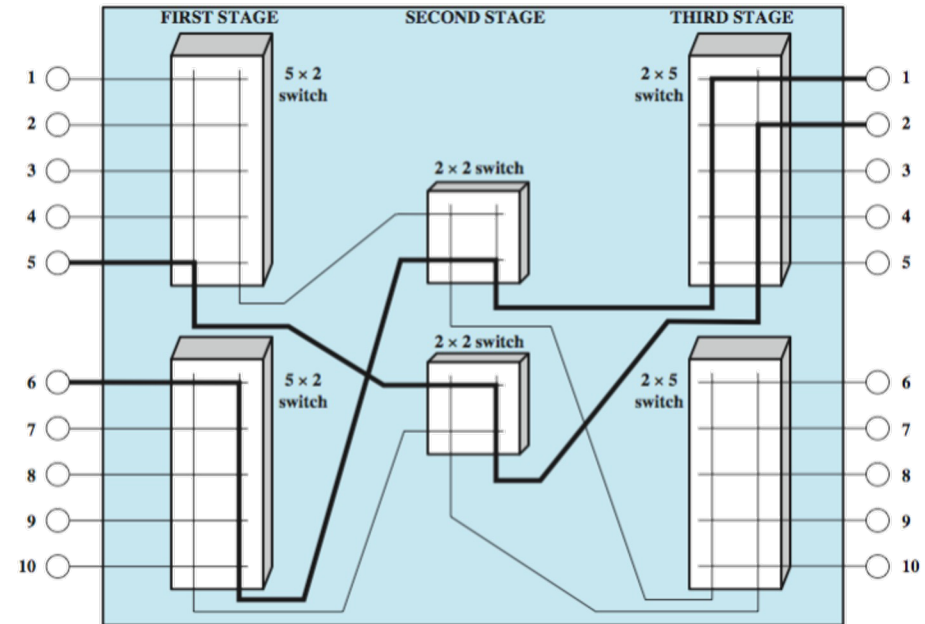
$$m \geq 2n - 1$$
- Un conmutador construido así no tiene bloqueo interno y tendrá normalmente menos puntos de cruce que un *crossbar* entero

Linea A, conectar a la salida B



Conmutador 3 etapas

- El ejemplo anterior no cumplía la condición de Clos
- ¿Cuántos conmutadores intermedios necesitamos para que no pueda tener bloqueo?
 $m \geq 2n-1$
 $m \geq 2 \times 5 - 1, m \geq 9$
 9 conmutadores 2×2
- La entrada sería 5×9 con lo que no podría bloquearse por las 5 líneas de entrada de cada bloque

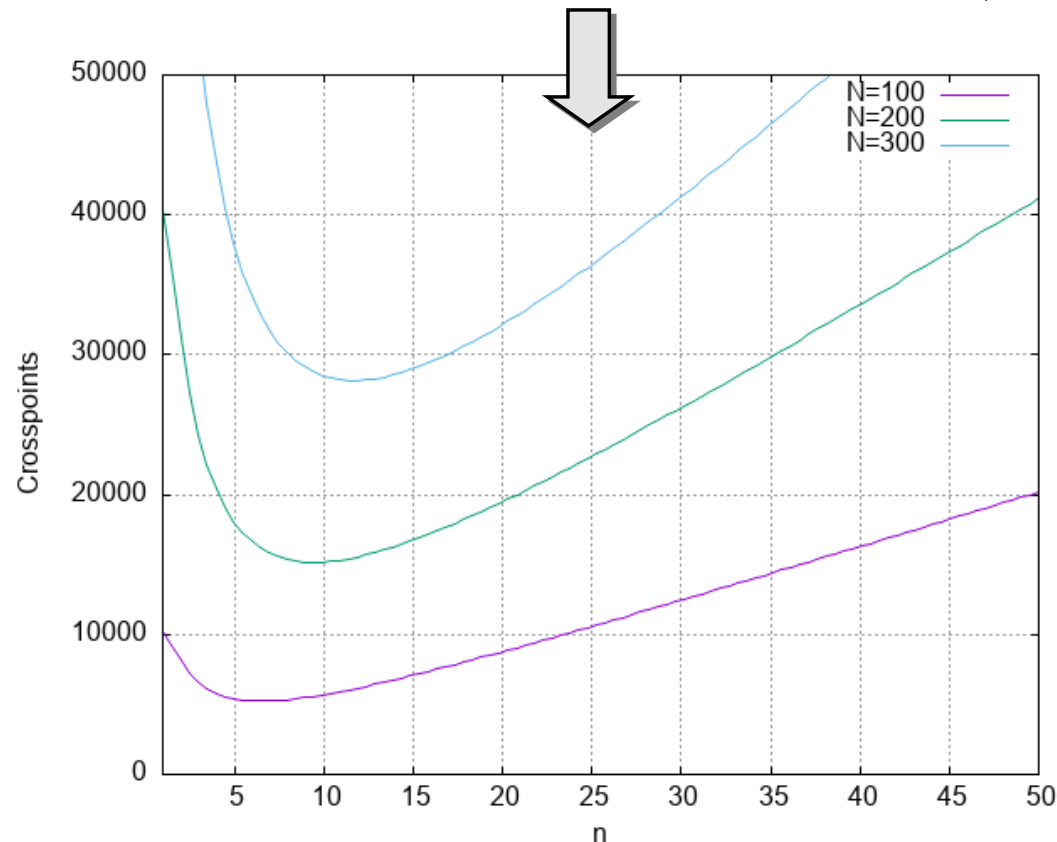


- *Crosspoints* en el ejemplo: 48
- *Crosspoints* necesarios para un *crossbar* 10×10 : 100
- Cumpliendo la condición de Clos: $2 \times 10 \times 9 + 9 \times (10/5)^2 = 216$
- ¡ El ser multietapa no garantiza menos puntos de cruce !

Crosspoints

- Conmutador 3 etapas que cumple la condición de Clos mínima
- C = número de *crosspoints*, N = número de puertos
- Etapa de entrada y de salida: r conmutadores $n \times m$
- Etapa intermedia: m conmutadores $r \times r$

$$C = rmn + mr^2 + rmn = (2n - 1) \left(2N + \frac{N^2}{n^2} \right)$$

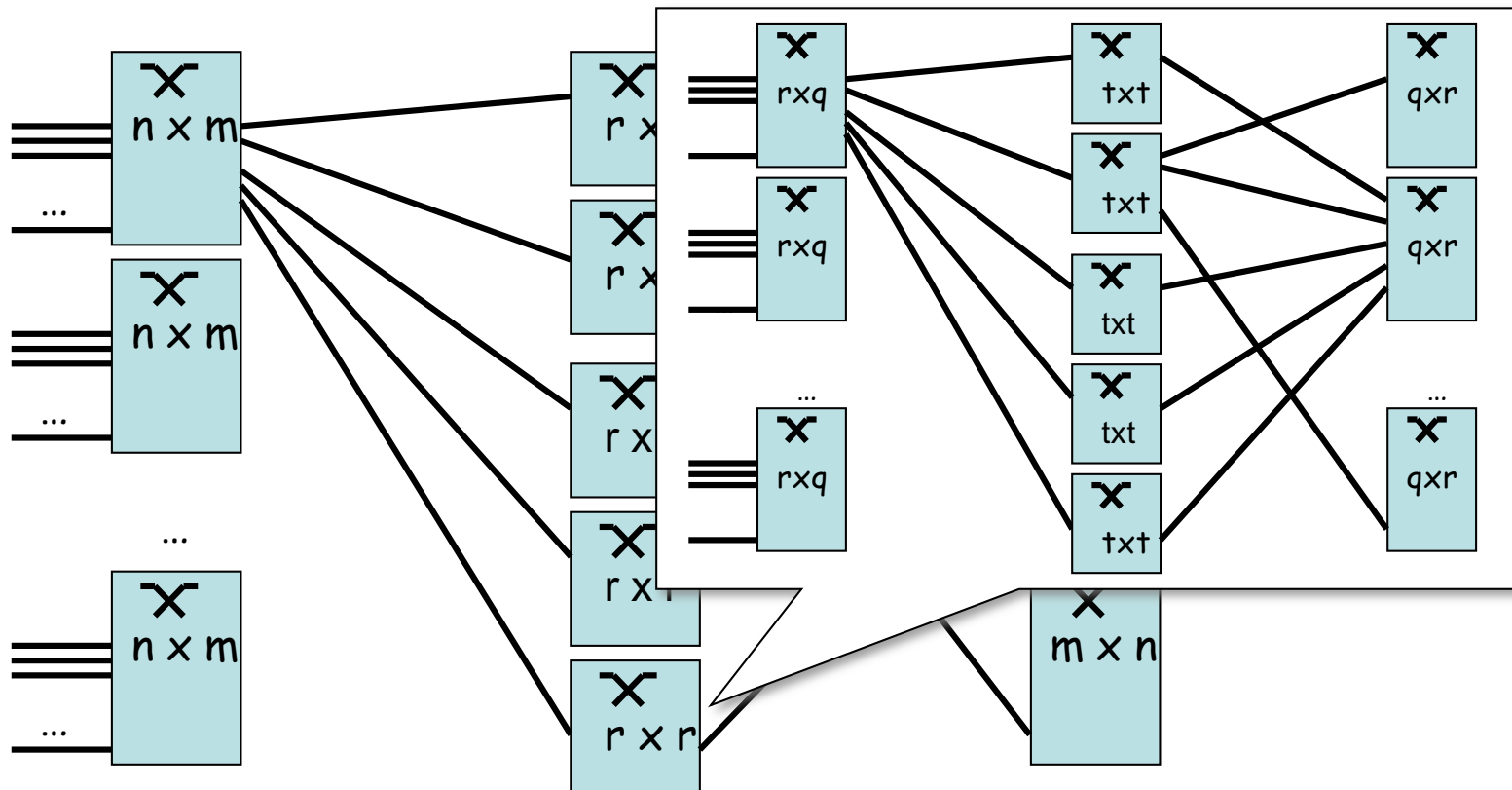


¿Mínimo número de *crosspoints*?

$$\frac{dC}{dn} = 0$$

Reducir más el n° de crosspoints

- Se pueden hacer sin bloqueo (condición de Clos $m \geq 2n - 1$)
- ¡ Puede dar más puntos de cruce que el crossbar !
- Optimizando aún más:
 - a) Permitir cierto grado de bloqueo (pequeña probabilidad)
 - b) Extender el número de etapas... ¡ Una red dentro del conmutador !



¿Por qué esto es relevante?

- Los conmutadores de paquetes actuales se enfrentan a problemas similares
- Muchas veces en escenarios más complejos
- Vuelve a aparecer terminología similar (como redes de Clos)
- Aparece internamente a conmutadores de paquetes y externamente en topologías de red (empresarial y de DC)
- Se mantiene la necesidad de construir conmutadores grandes con conmutadores pequeños
- Es un tema entre la topología de red, la arquitectura de conmutadores y la electrónica digital
- Veremos algo más en el Máster

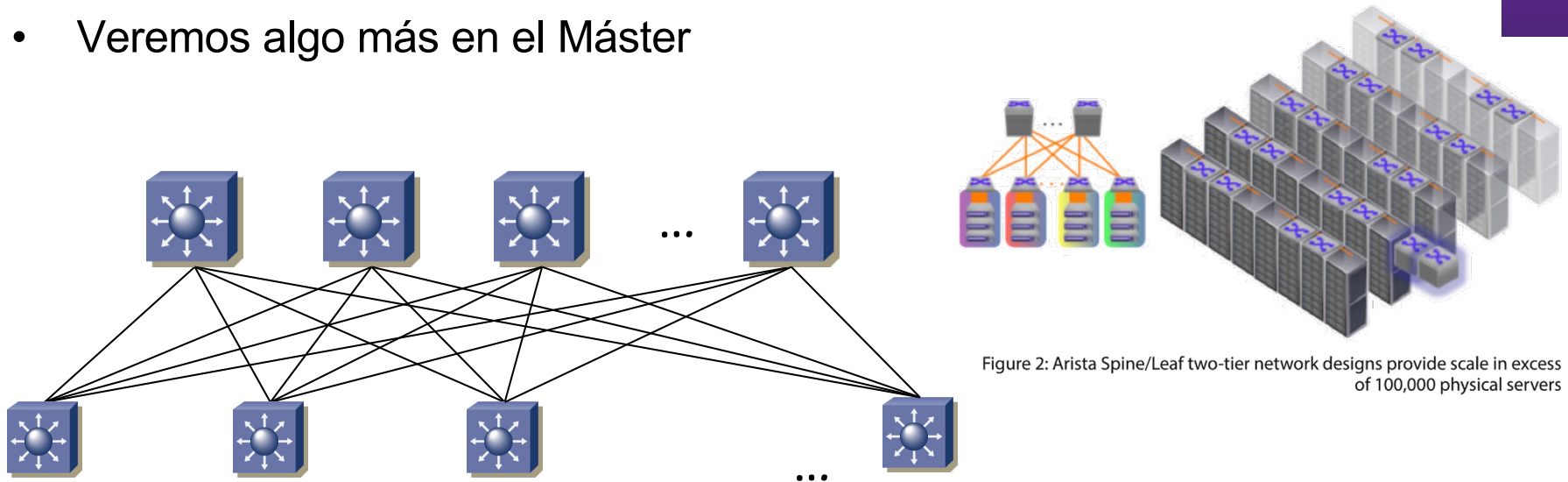
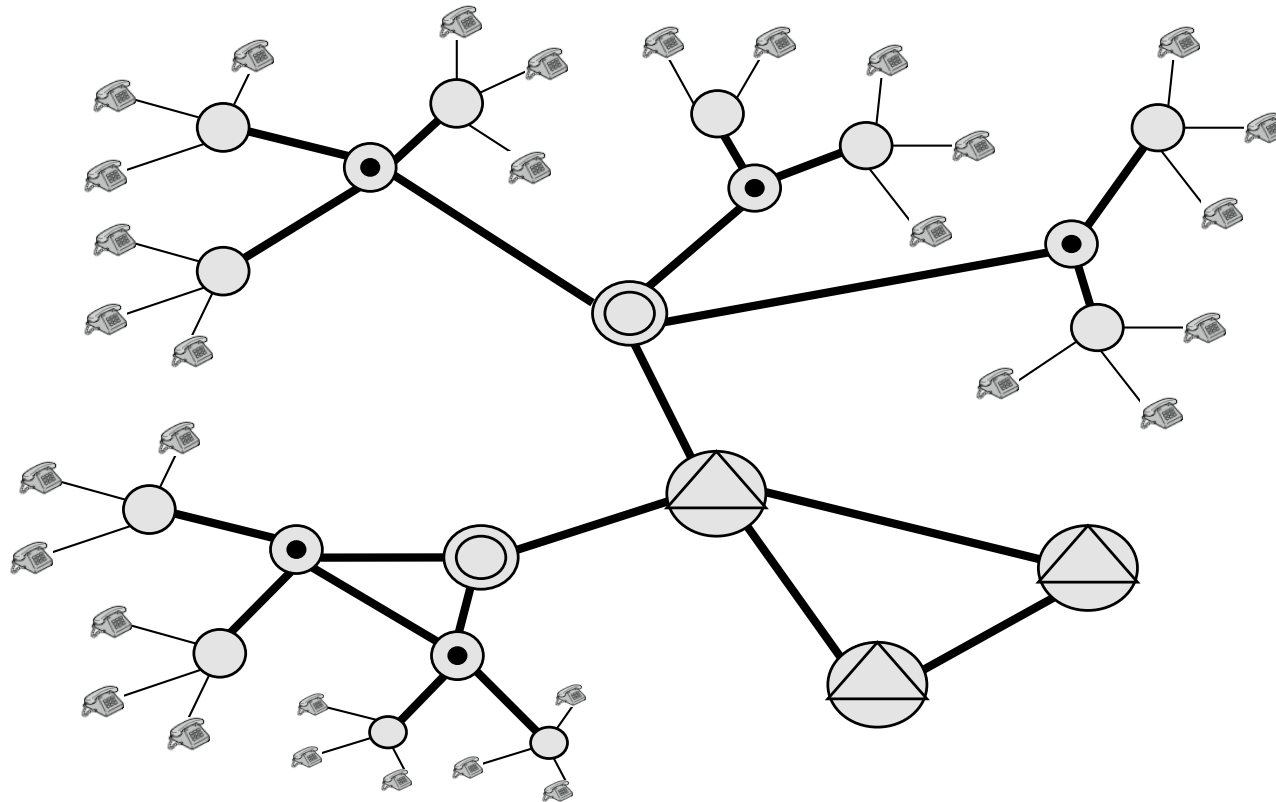


Figure 2: Arista Spine/Leaf two-tier network designs provide scale in excess of 100,000 physical servers

PSTN: Objetivos de diseño

Hemos visto

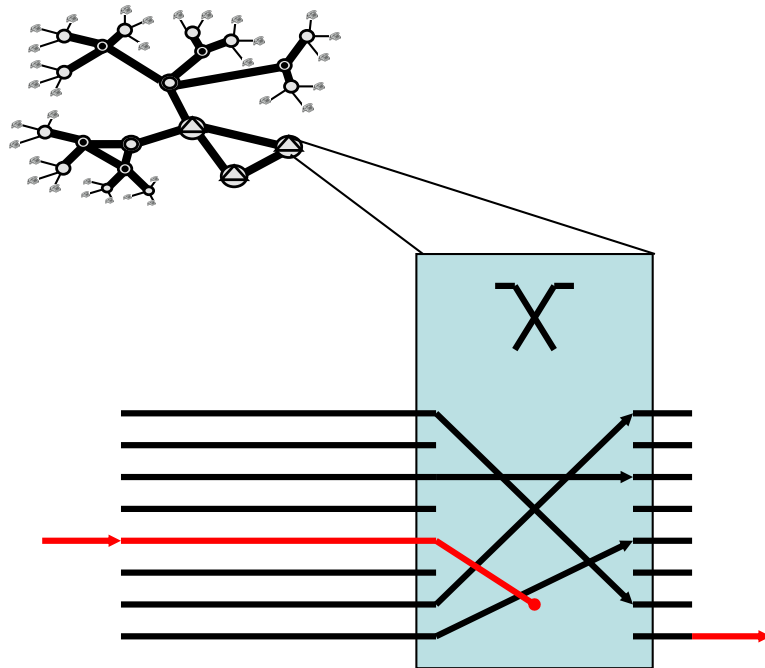
- Arquitectura de la red telefónica



Hemos visto

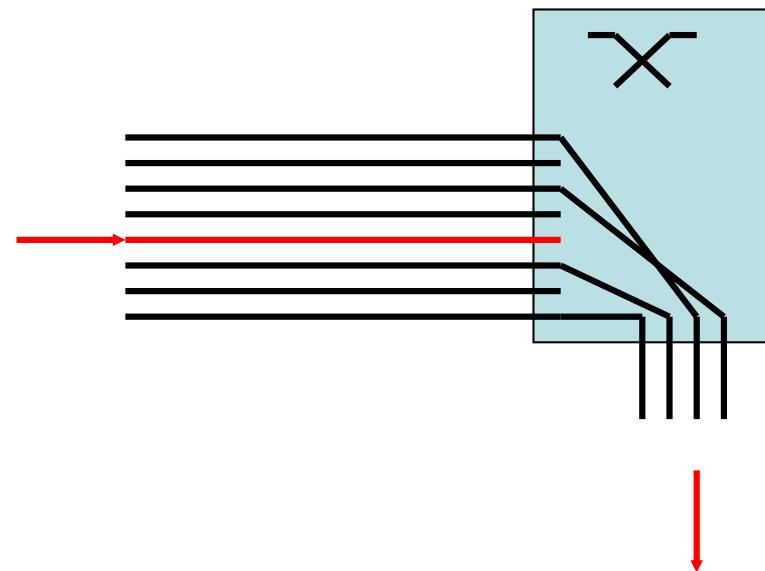
Bloqueo interno

- El conmutador no tiene recursos para hacer llegar un circuito de la entrada a la salida



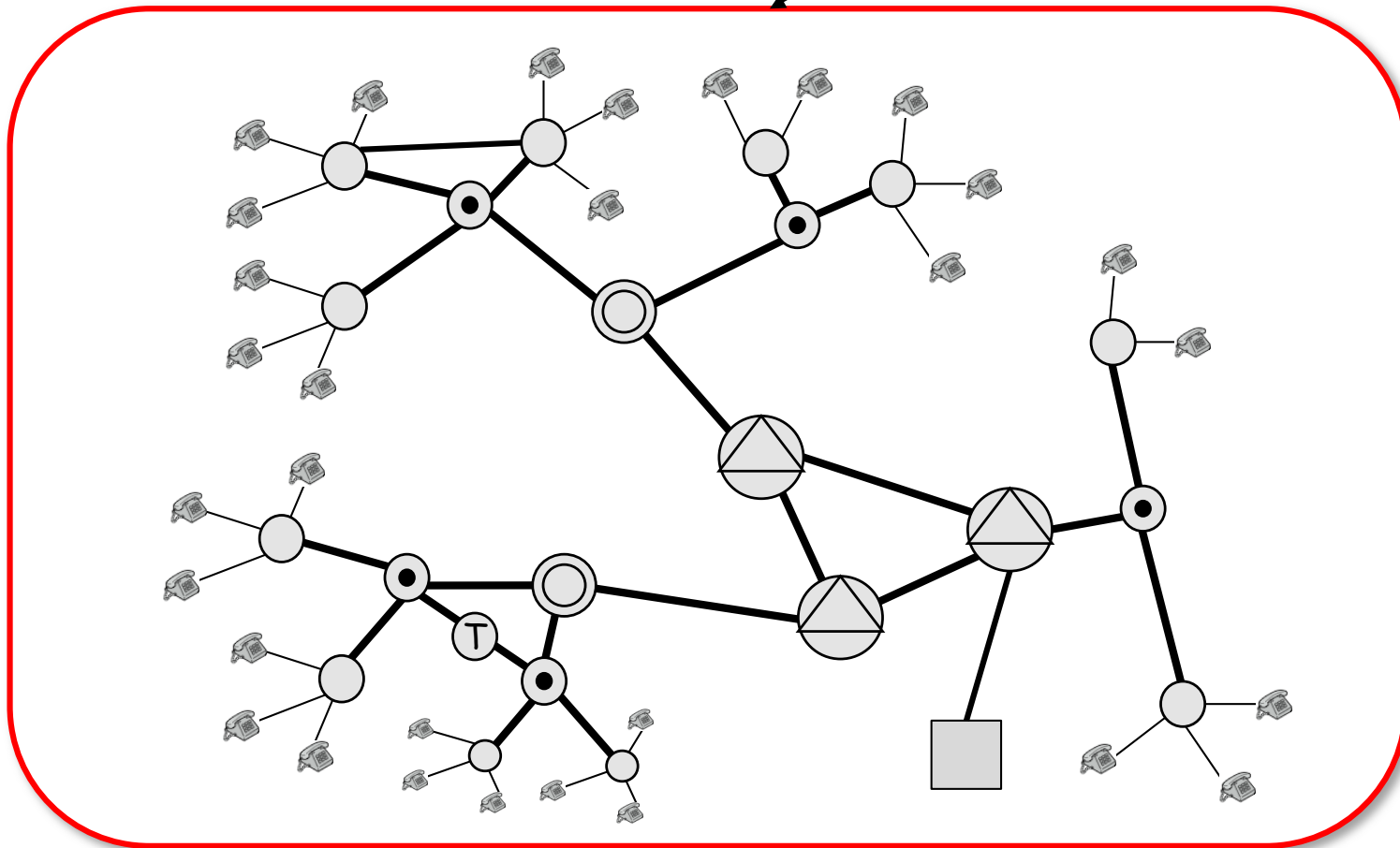
Bloqueo externo

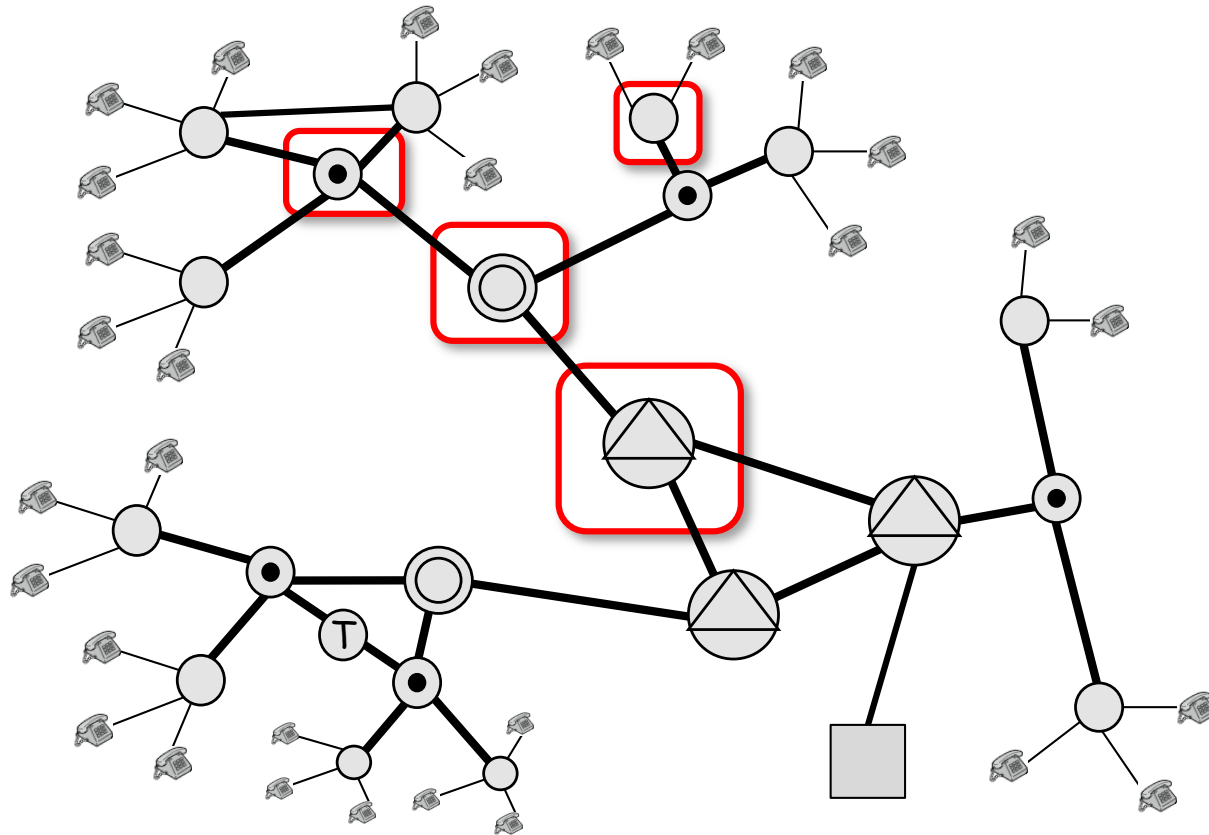
- El conmutador no tiene suficientes recursos de salida para cursar una nueva llamada



Objetivo: Diseño

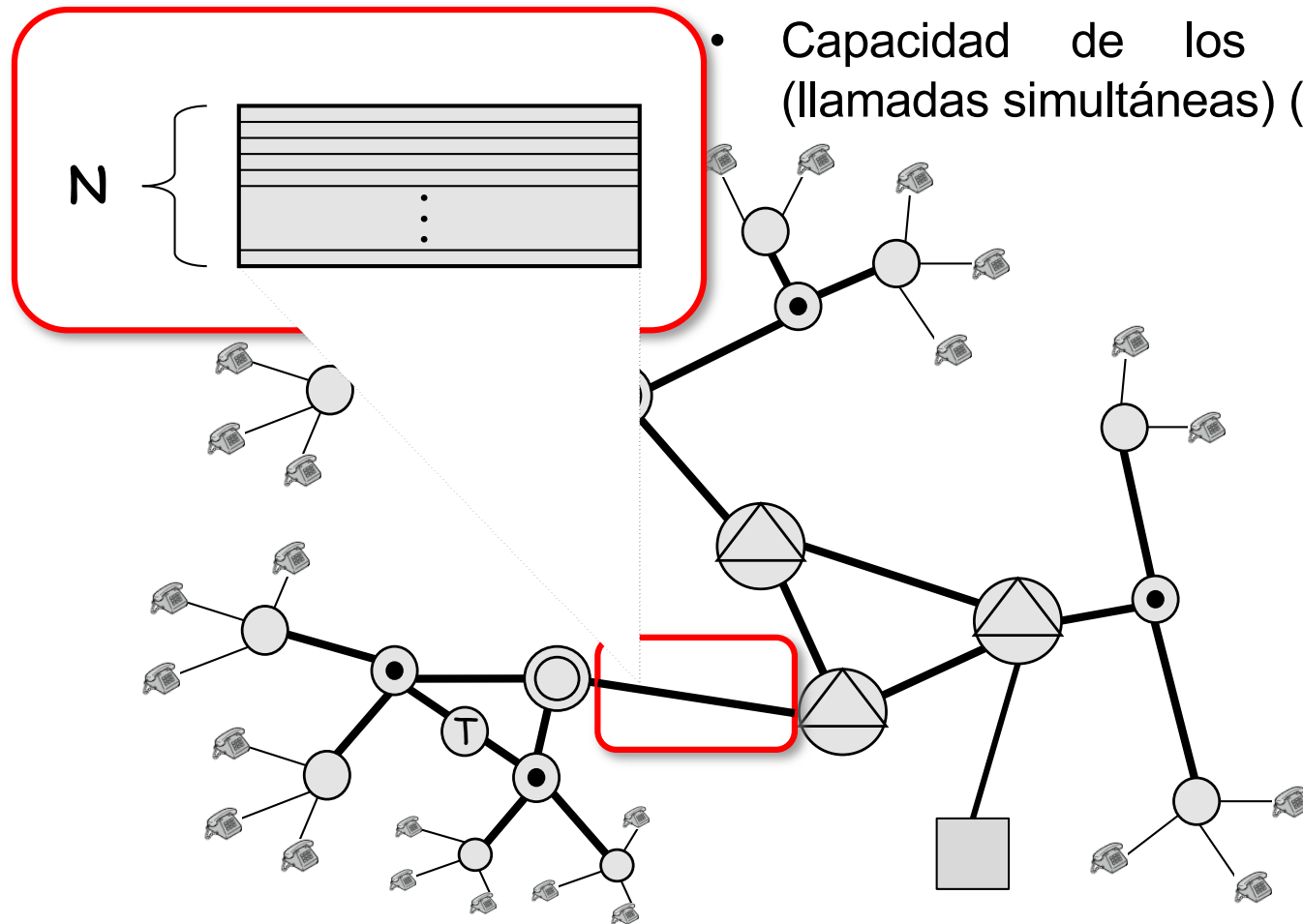
- Normalmente equipamiento asume que no todos los usuarios requerirán servicio al mismo tiempo
- Diseñar la red (topología)





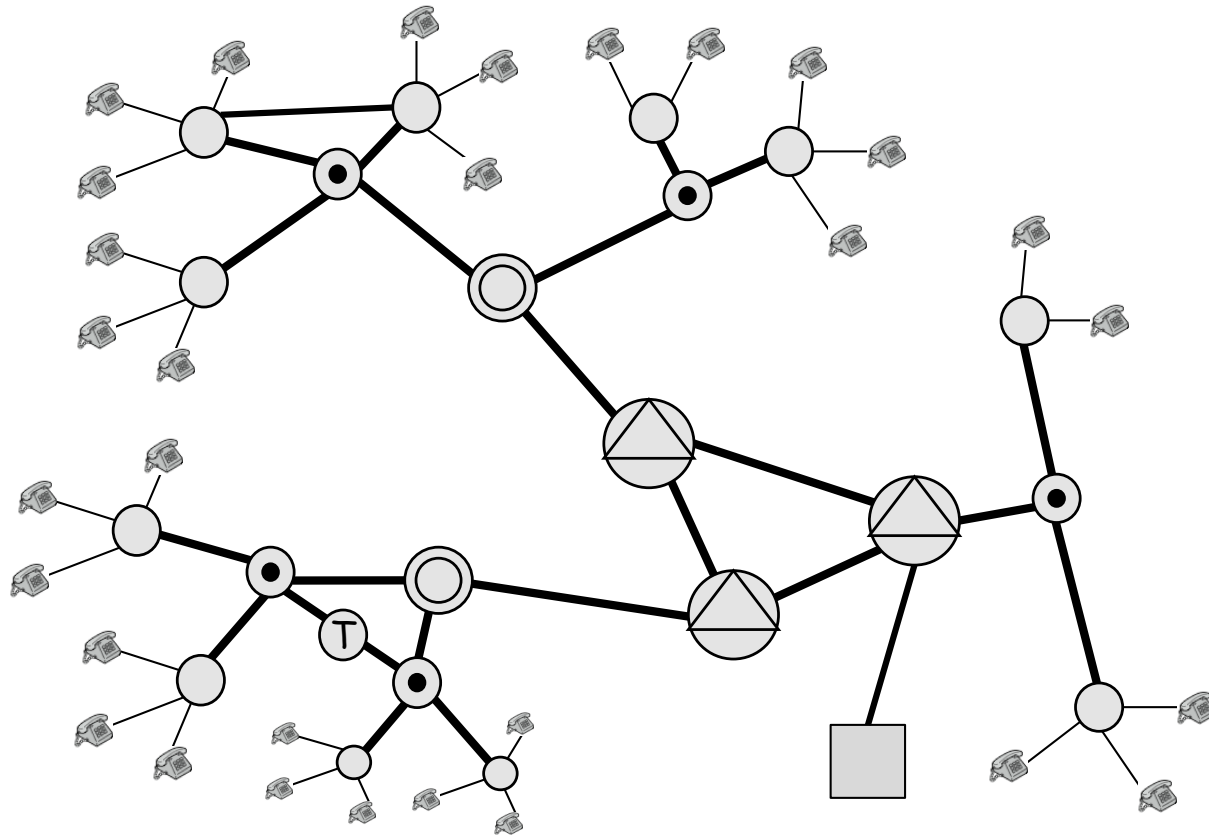
Objetivo: Diseño

- Normalmente equipamiento asume que no todos los usuarios requerirán servicio al mismo tiempo
- Diseñar la red (topología)
- Capacidad de conmutación interna de las centrales (bloqueo interno)
- Capacidad de los enlaces (llamadas simultáneas) (...)



Objetivo: Diseño

- Normalmente equipamiento asume que no todos los usuarios requerirán servicio al mismo tiempo
- Objetivos de calidad:
 - Ej: número de llamadas que no se pueden cursar
 - La calidad de las llamadas garantizada por la tecnología



Problema tipo a resolver

- Conmutador con líneas de entrada y de salida
- Entradas usuarios finales o troncales: lo que nos importará es la cantidad de llamadas que llegan al conmutador
- Salidas troncales (máximo N llamadas simultáneas salen)
- Decidir N para poder cursar las llamadas con una probabilidad de bloqueo máxima objetivo
- o decidir la cantidad de llamadas que puede cursar para un N y ese máximo bloqueo

