

Telefonía

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

Arquitectura de Redes, Sistemas y Servicios

upna

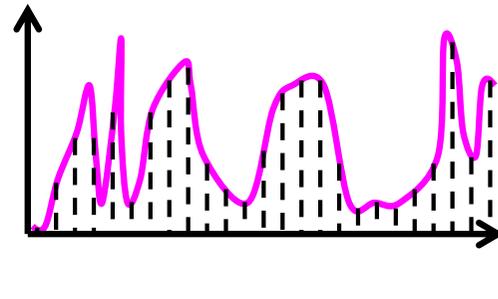
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

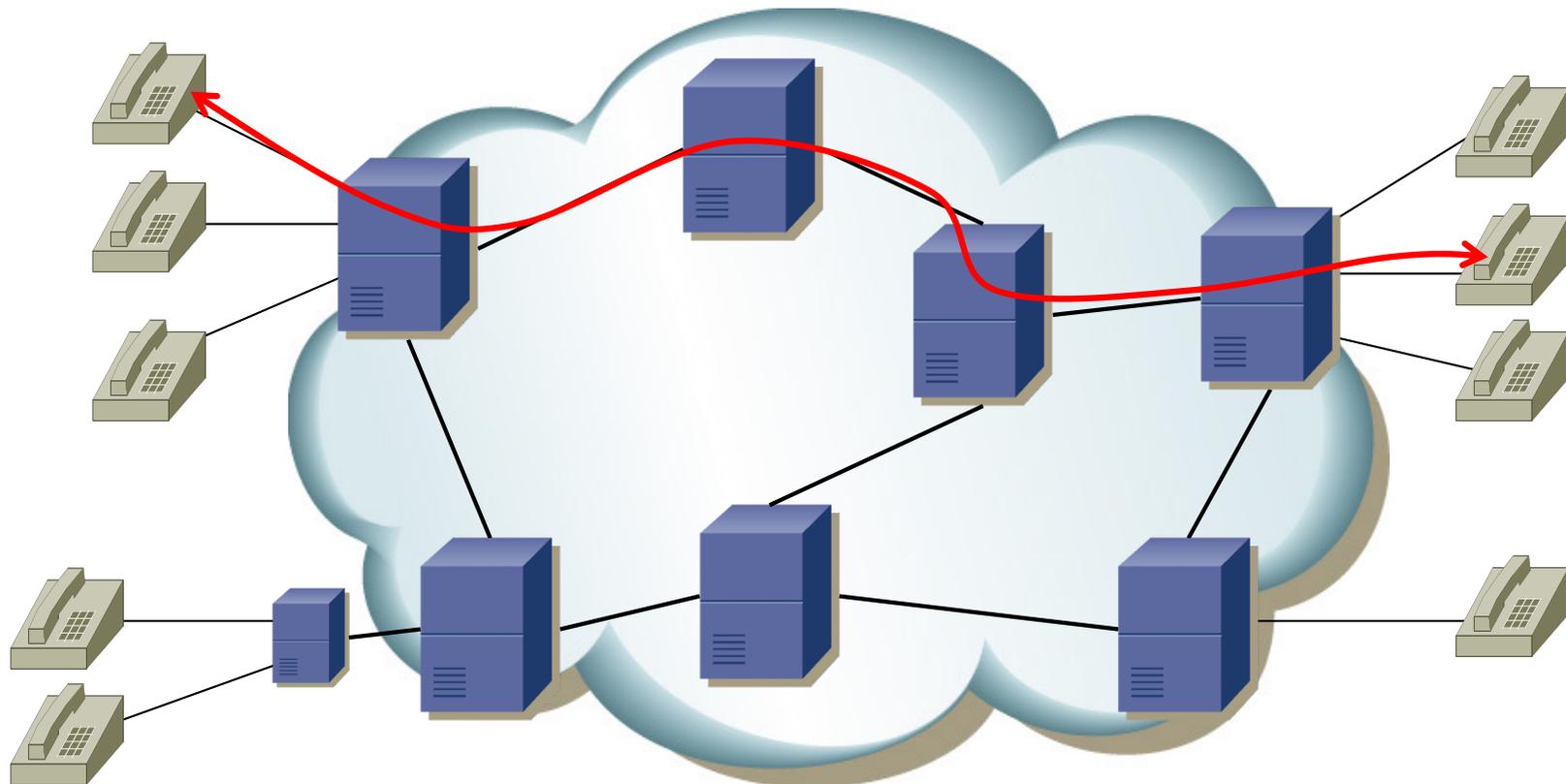
Servicio telefónico y PDH

Servicio telefónico

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

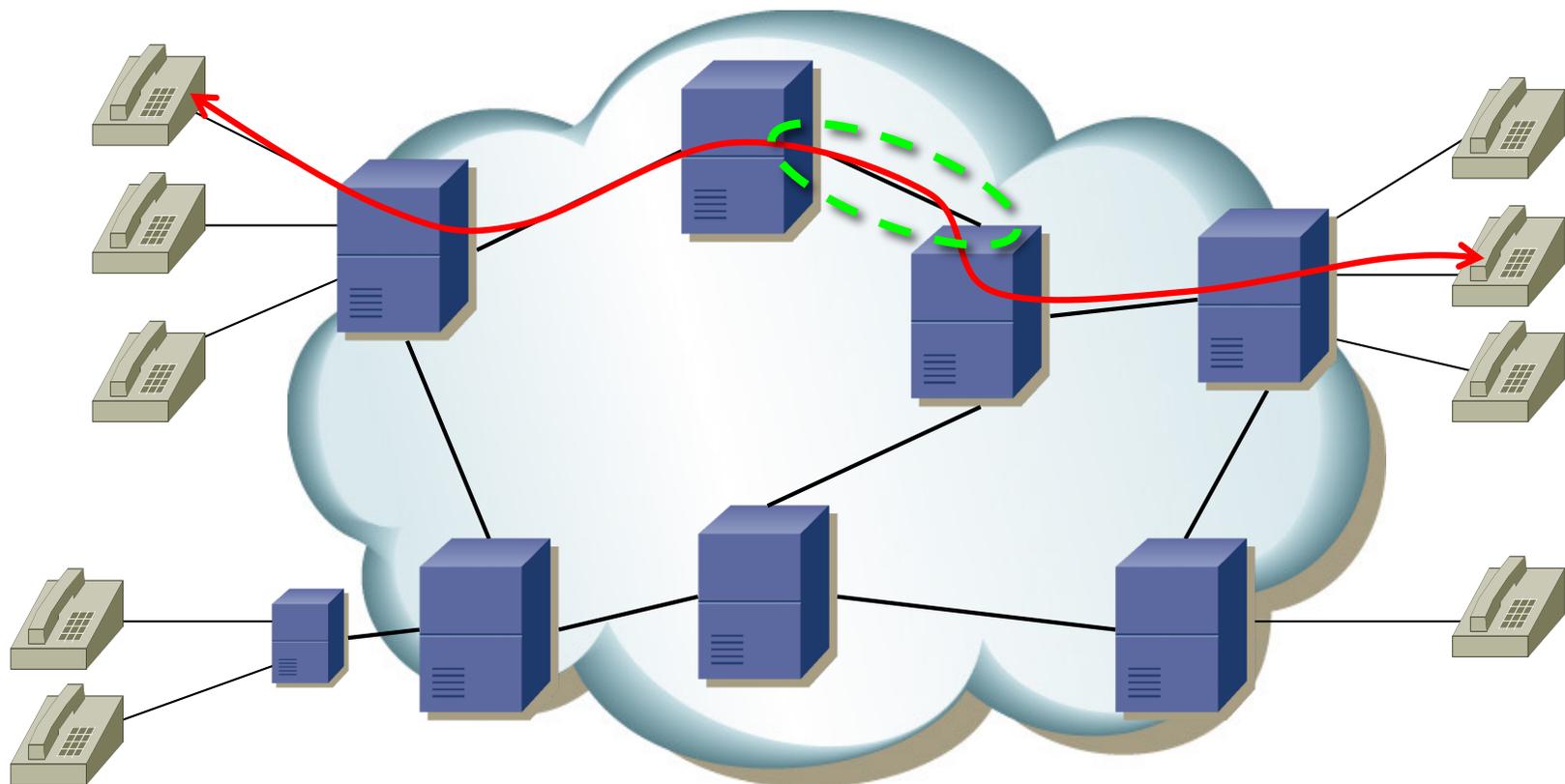


...100010001010101010110100110100100110



Servicio telefónico

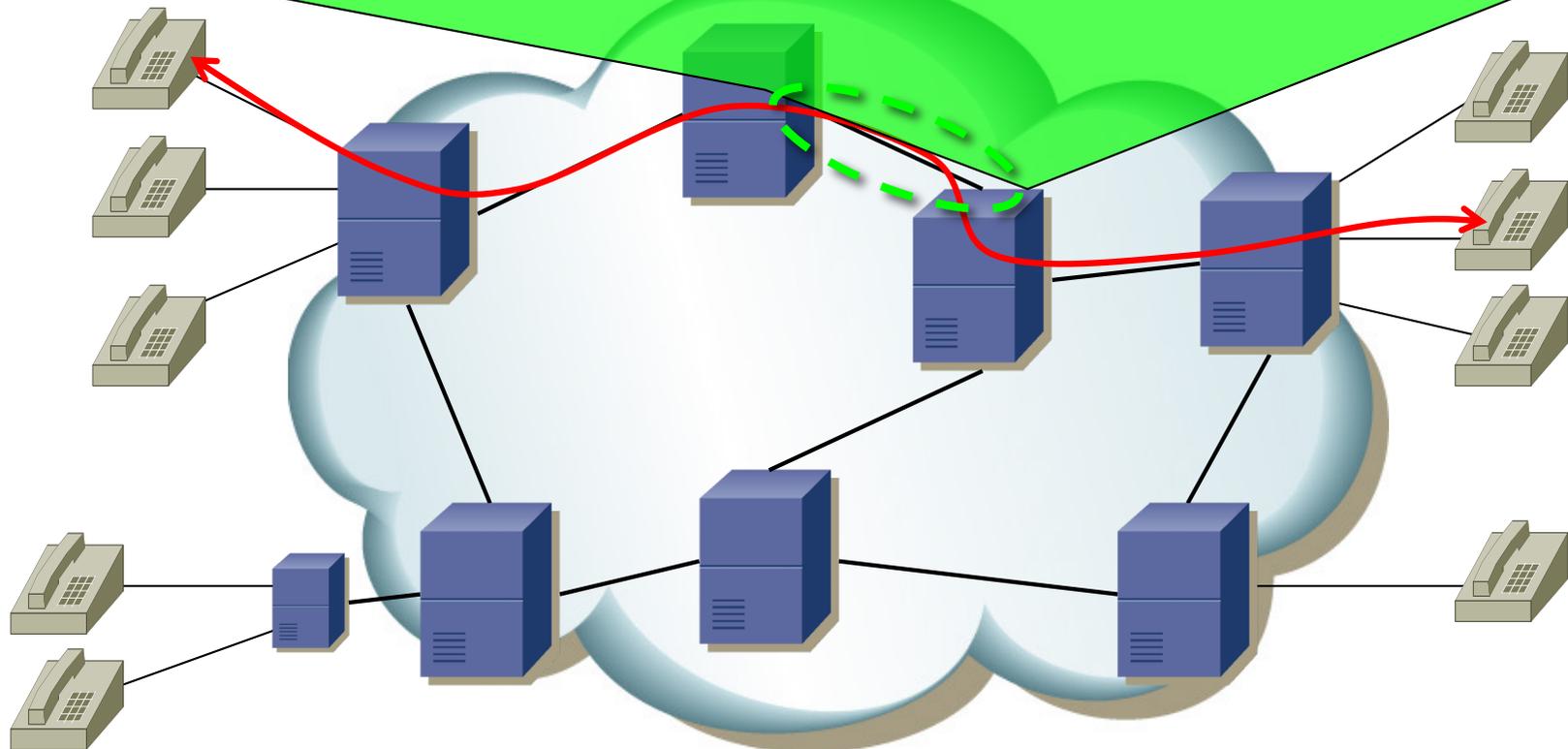
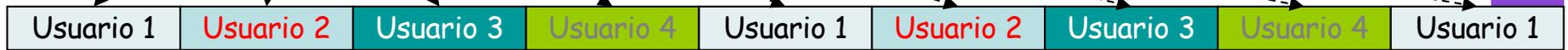
- Red de conmutación de circuitos
- Multiplexación de múltiples llamadas en las líneas troncales entre centrales (conmutadores telefónicos)
- Técnicas de multiplexación por división del tiempo



Servicio telefónico

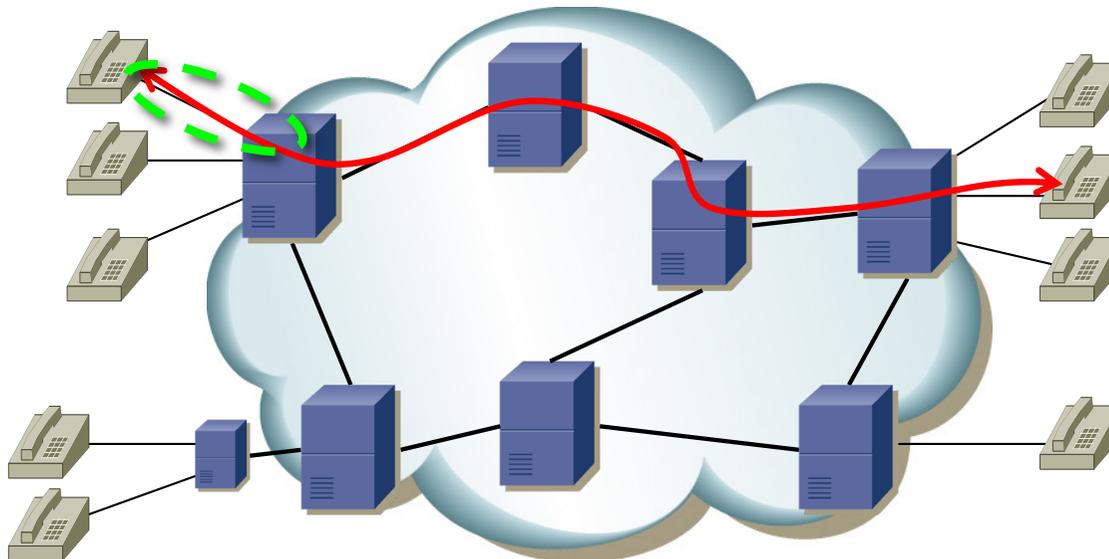
- *TDM = Time Division Multiplexing*
- Ejemplo: cada slot temporal 1 byte de un usuario diferente

100010001010101010111010011010010011011111100000001111001010100011010000111111010101



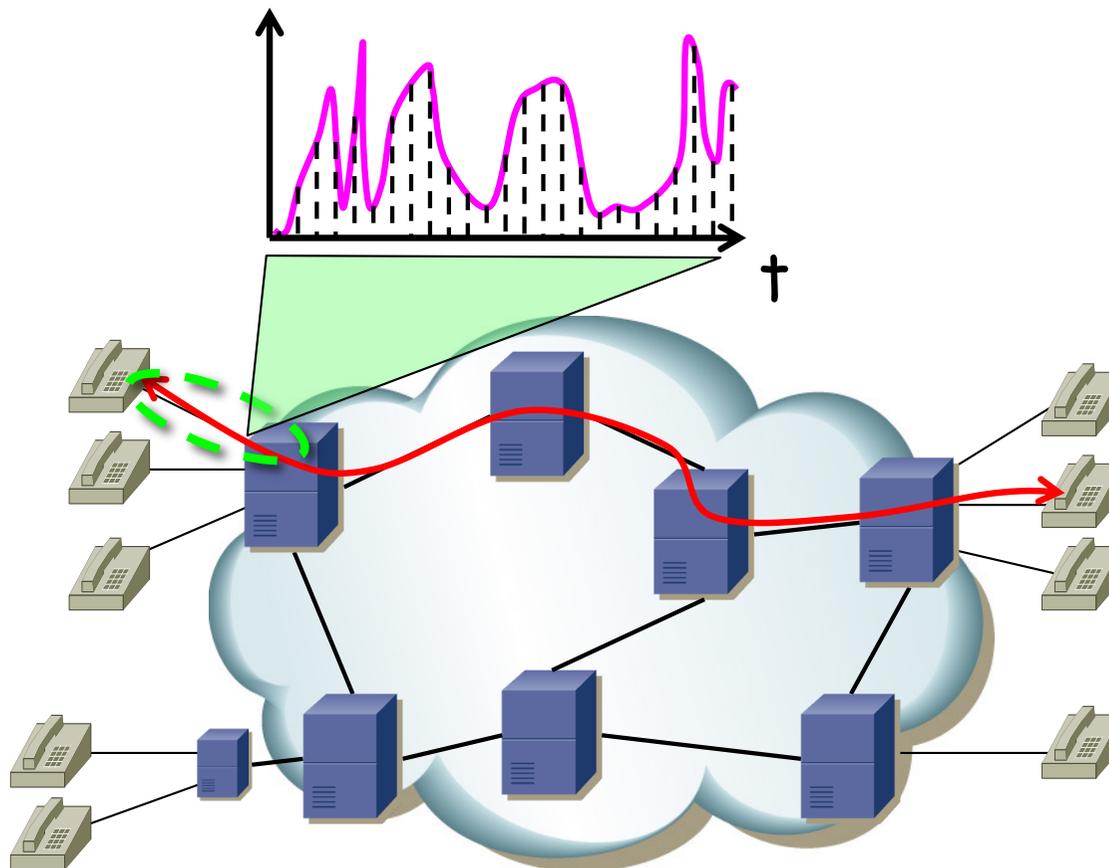
PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

- 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 (...)



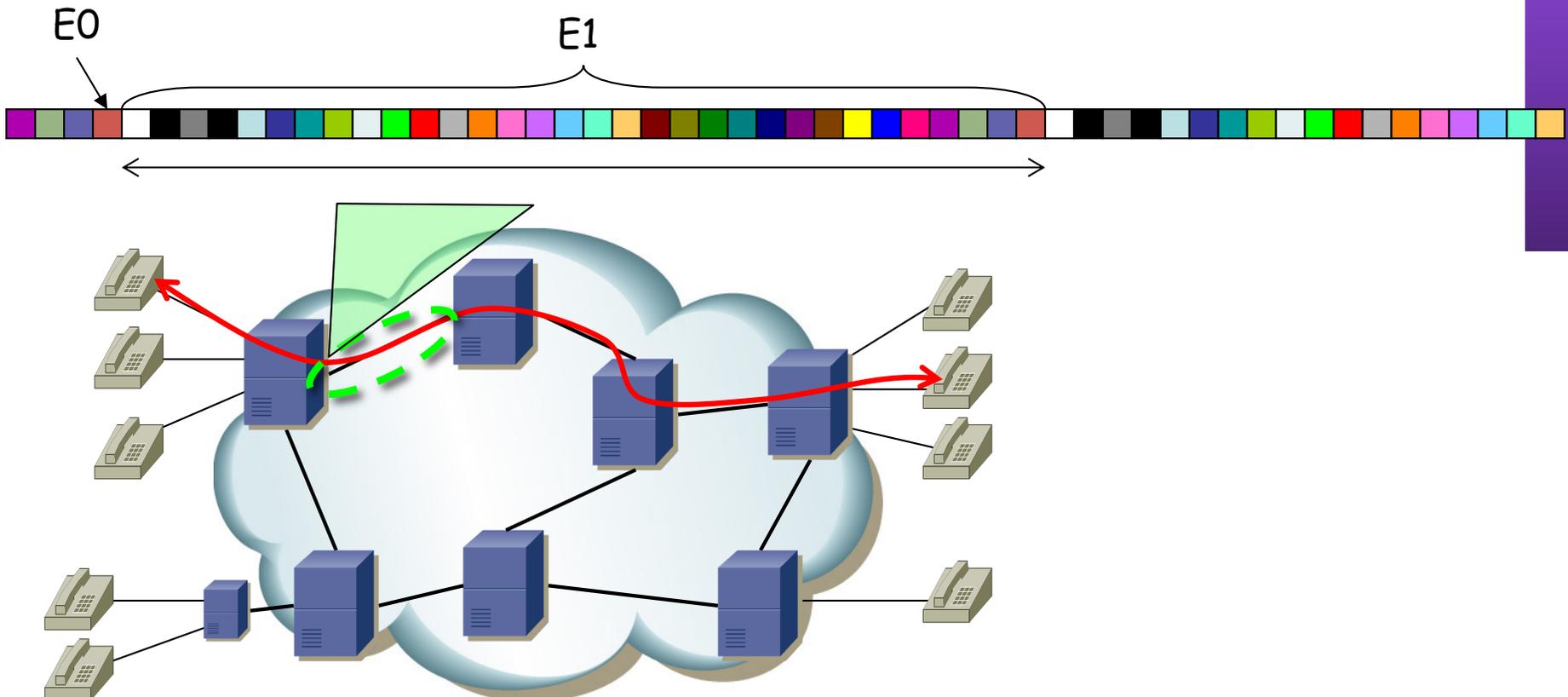
E0

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



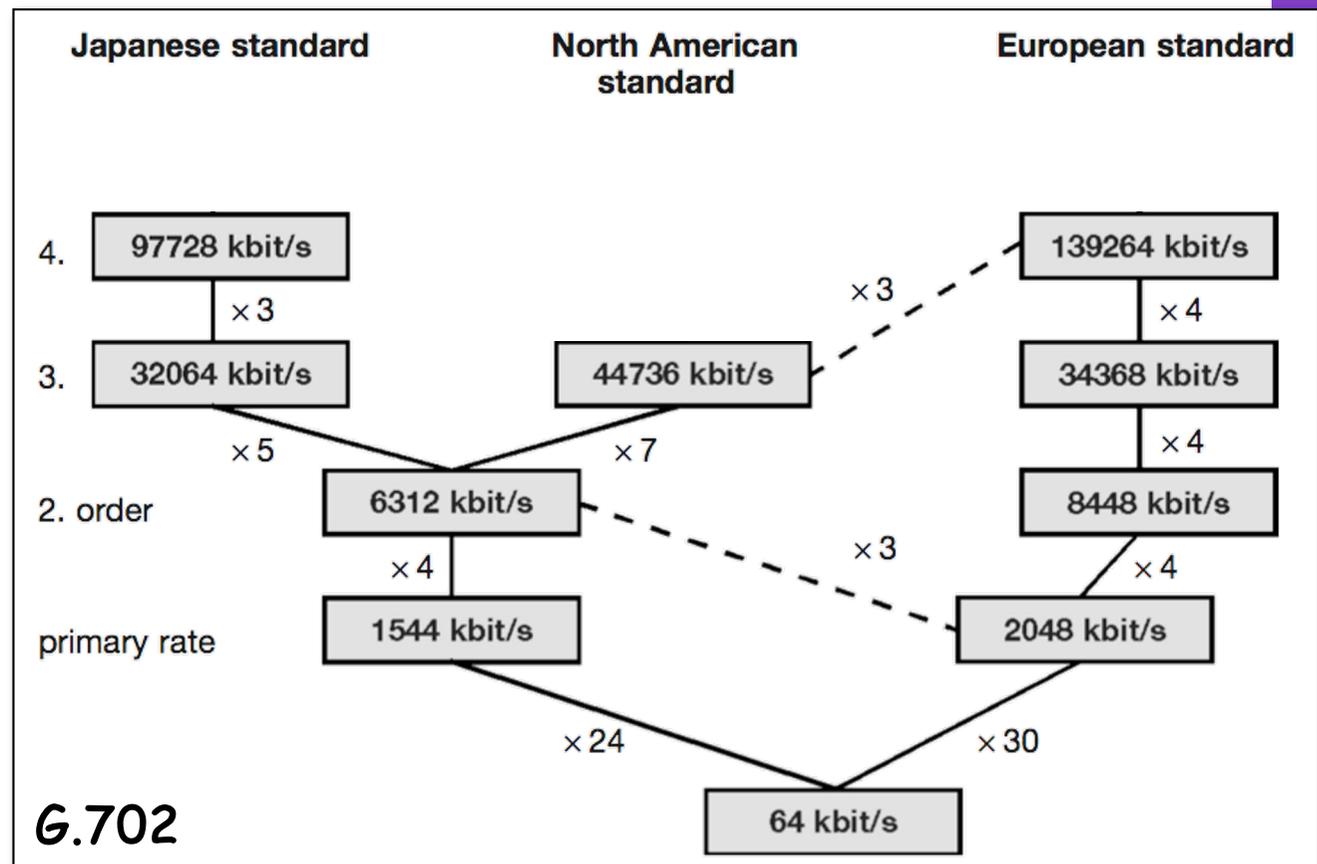
E1

- 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)



PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)

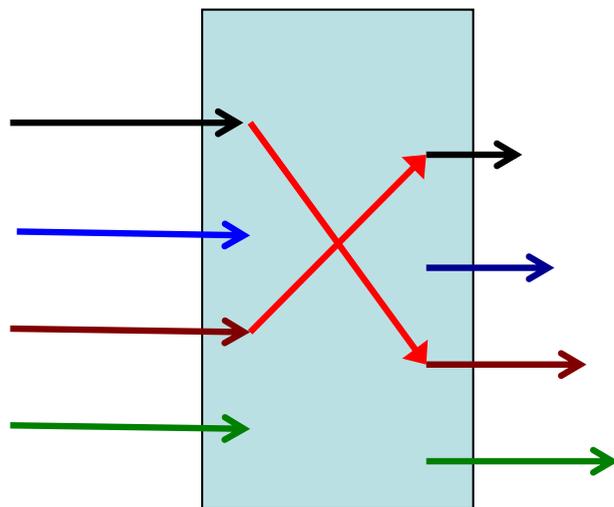
- E1 (2048Kbps) = 32xE0 E2 = 4xE1, E3 = 4xE2, E4 = 4xE3
- T1 (DS1,1.54Mbps) = 24xDS0 T2 = 4xT1, T3 = 7xT2
- ITU-T G.701-703
- Multiplexación bit a bit por encima del E1 (*bit interleaving*)
- Acomodar variaciones en frecuencia insertando bits (“justificación”)
- En trama superior a E1 no se puede identificar un E0 concreto



Conmutación y bloqueo

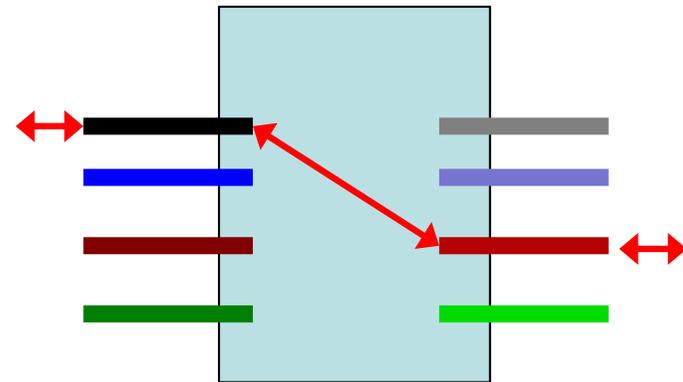
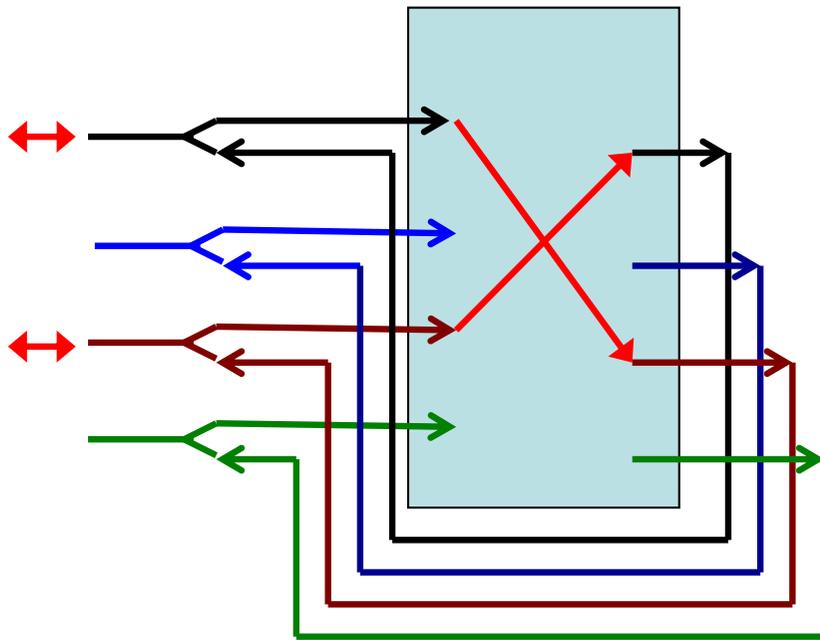
Conmutadores

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



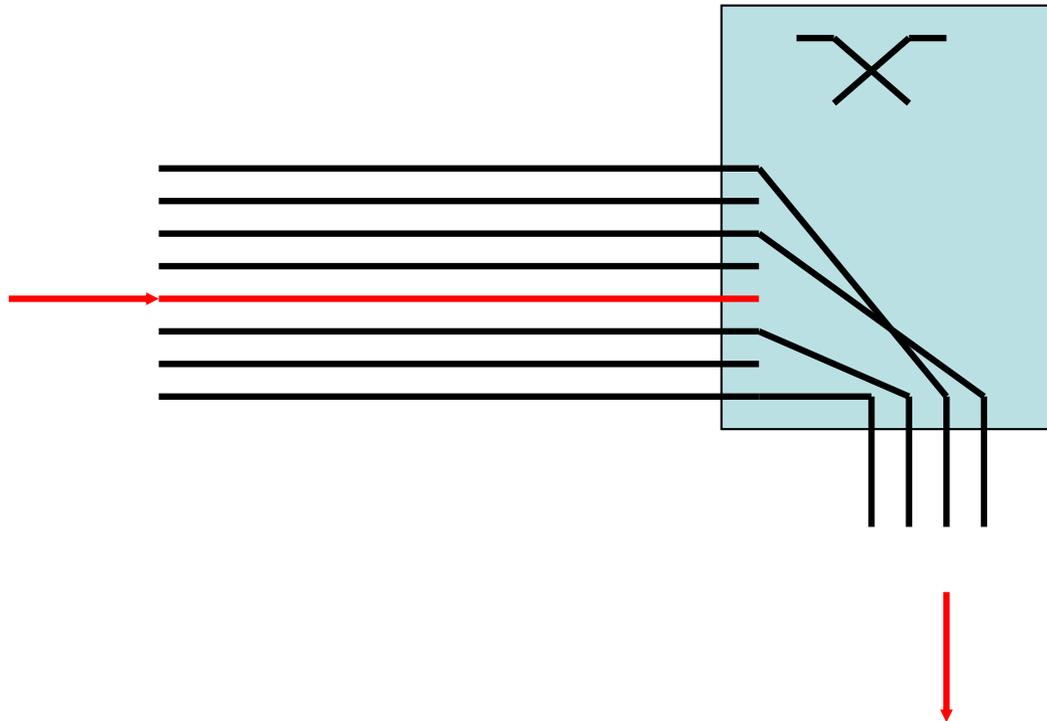
Conmutadores

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



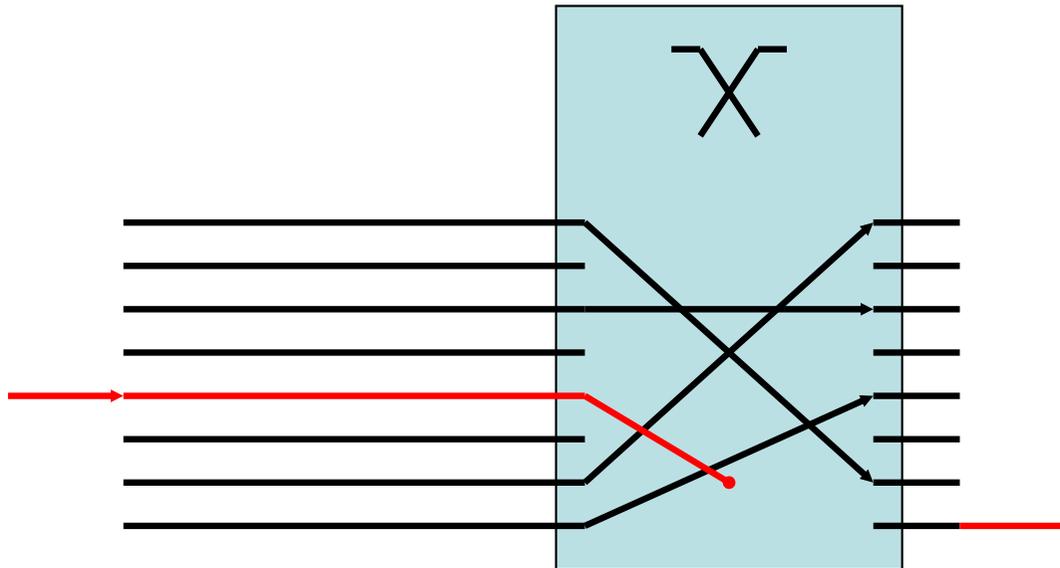
Bloqueo

- 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

upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

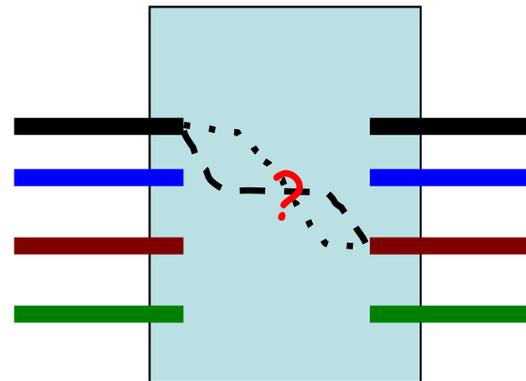
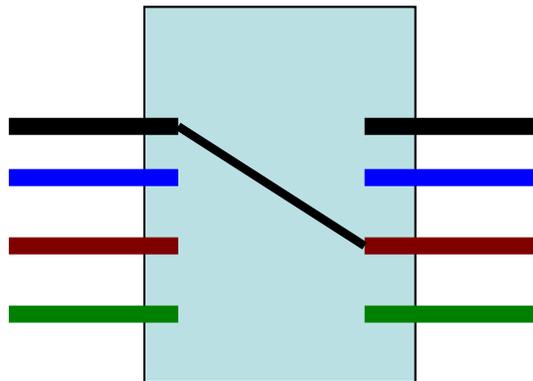
Arquitectura de conmutadores

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

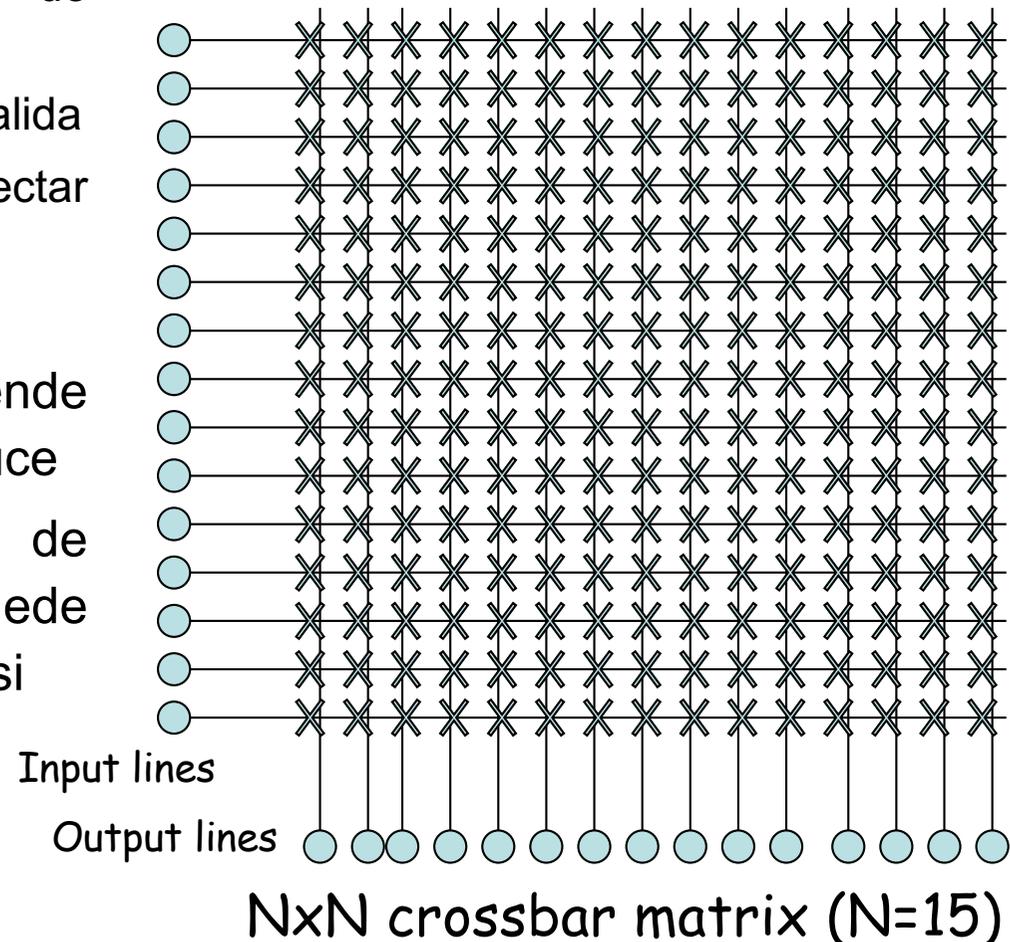
- La capacidad del switch suele ser = capacidad de cada camino x nº de caminos simultáneos
- Clasificados según el número de caminos posibles:
 - Single-Path Switches
 - Solo 1 camino para un par <entrada, salida>
 - La selección de camino es simple (¡ solo hay 1 posible !)
 - Un fallo en el camino vuelve 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

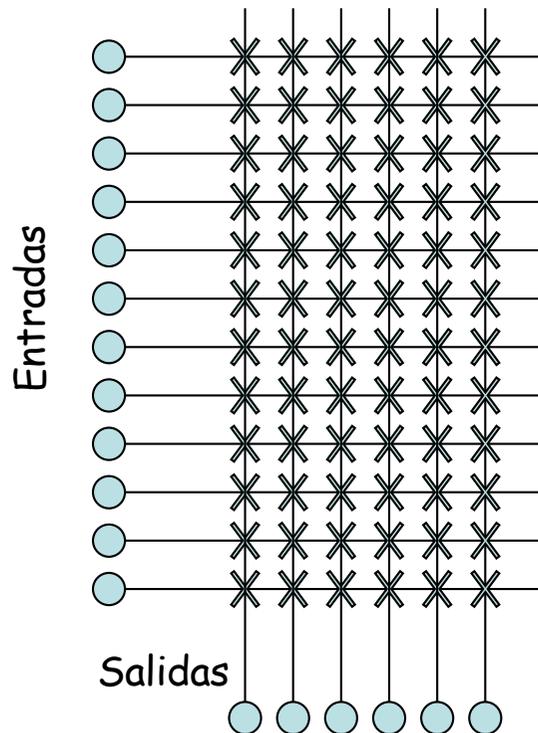
- Permite conectar las líneas de entrada con las líneas de salida elegidas (caminos espaciales)
- Tecnología **Crossbar**
 - Un bus por cada línea de entrada
 - Un bus por cada línea de salida
 - *Crosspoints* permiten conectar cada bus a cualquier otro
 - Single-Path Switch
- La complejidad y coste 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

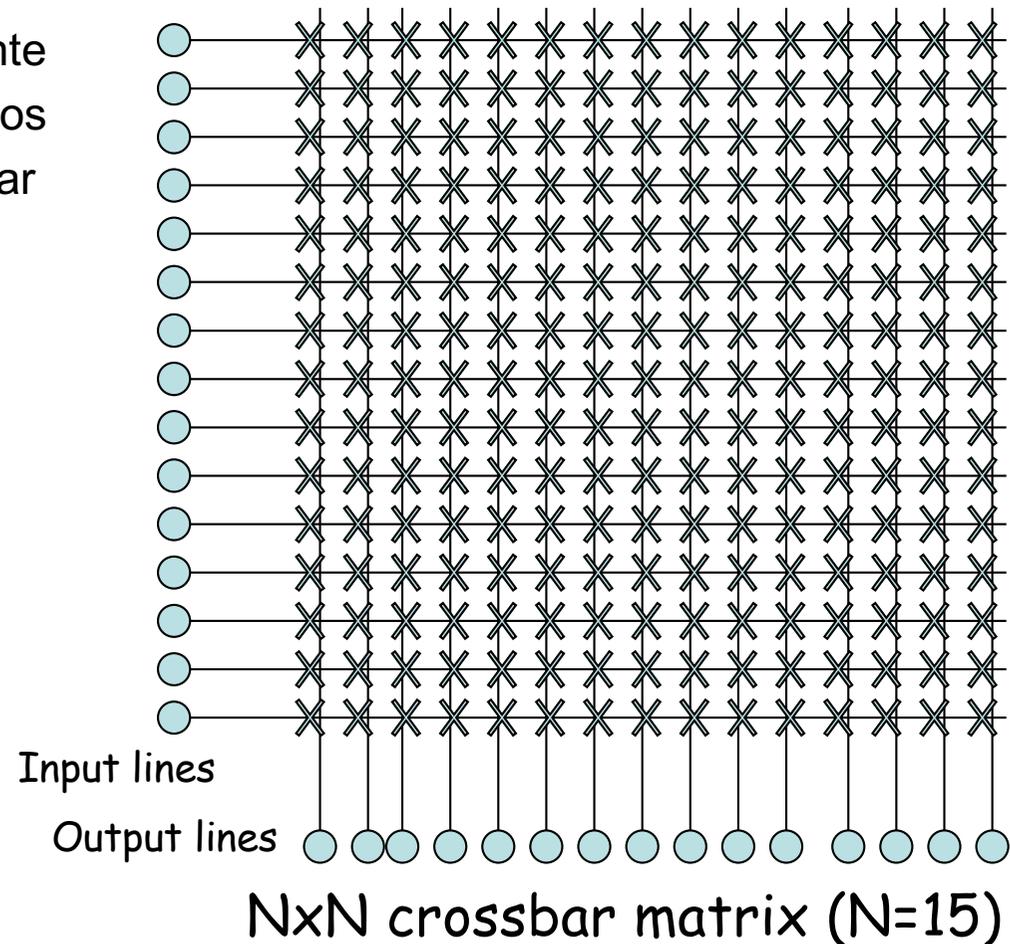


Conmutador espacial

- 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*?

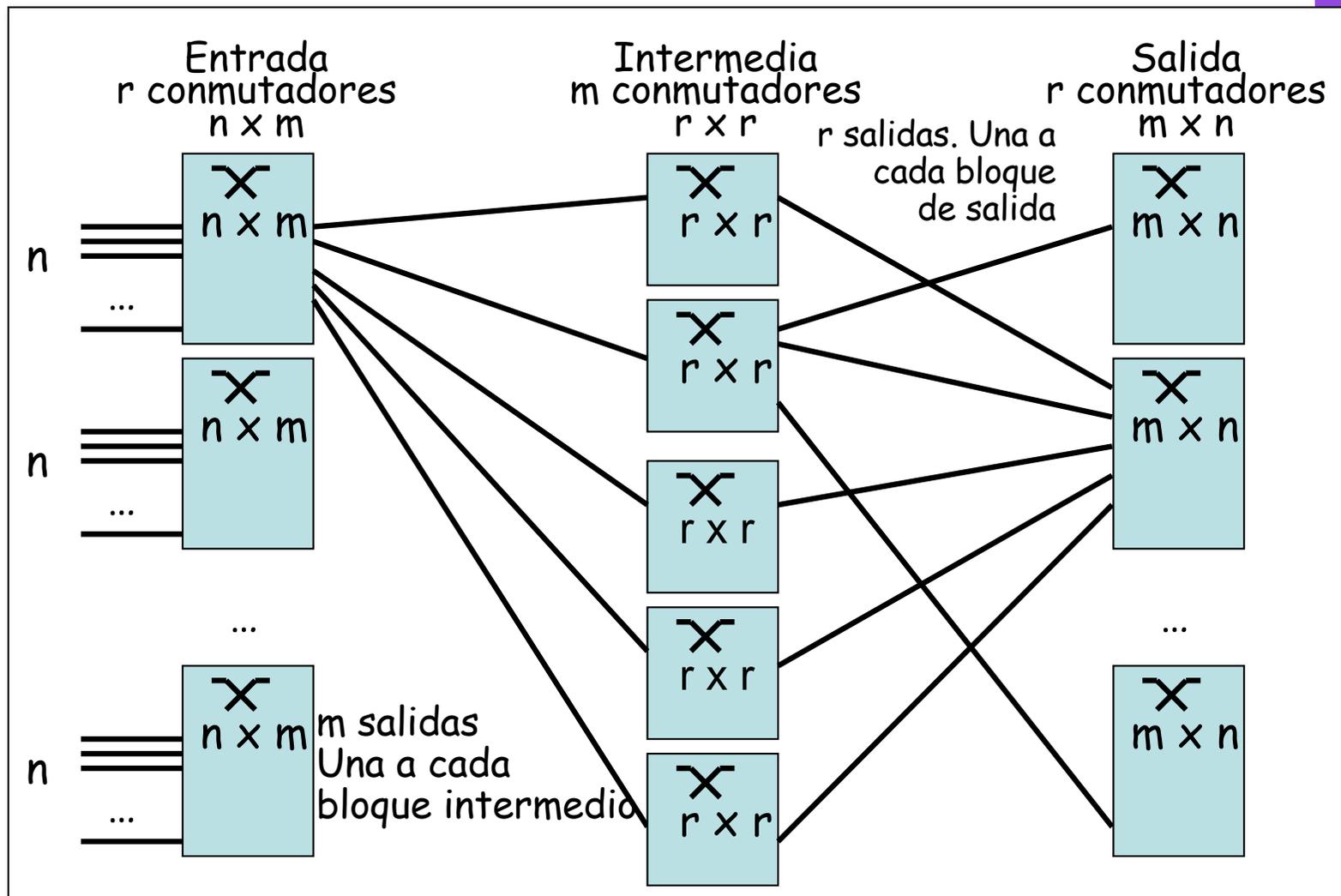
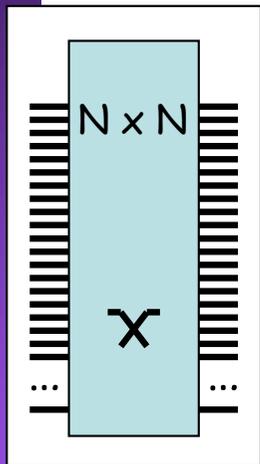


Space division switch



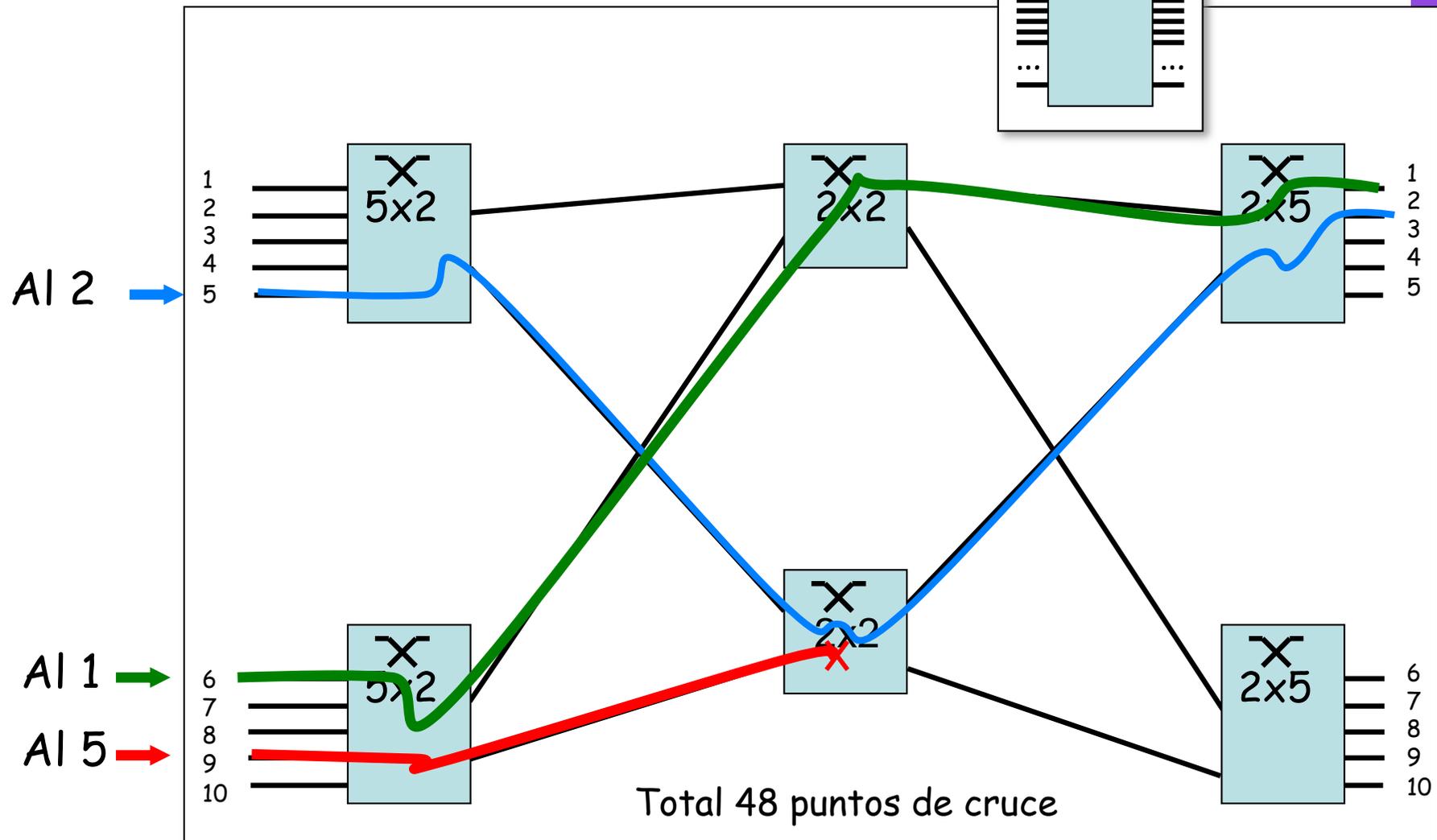
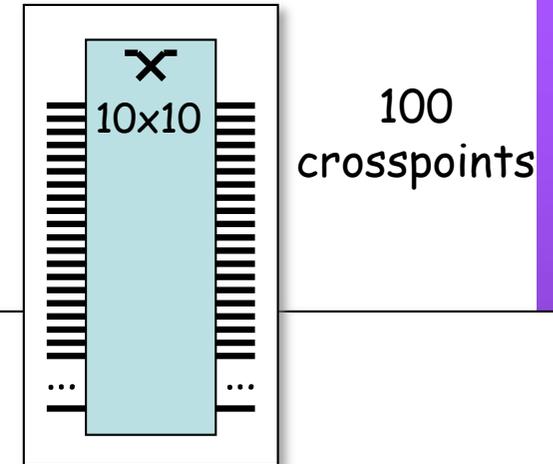
Conmutador con etapas (*stages*)

- 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)



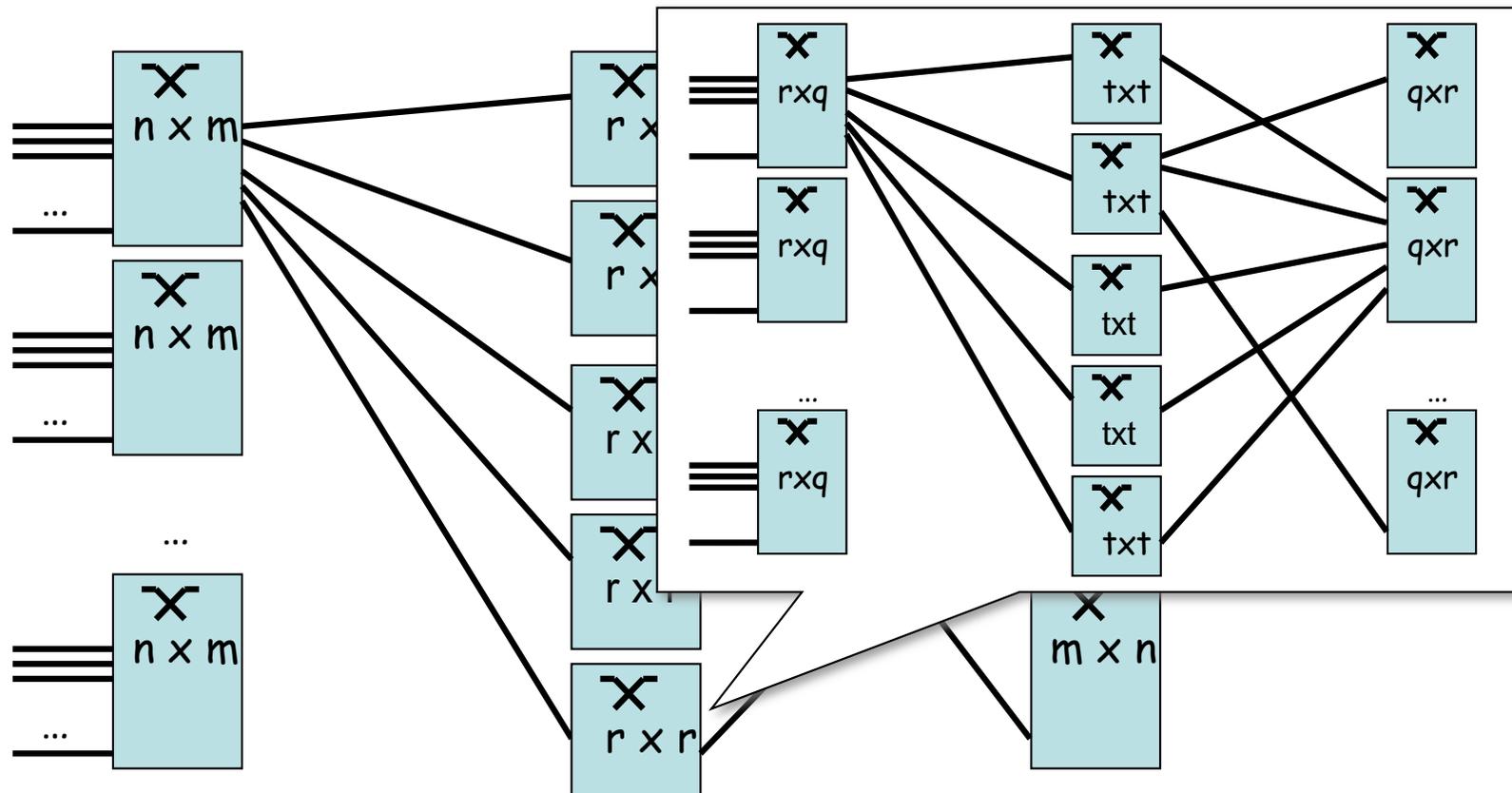
Ejemplo

- Conmutador espacial de 3 etapas 10x10
- ¿ Qué problema tiene este diseño?
- ¡ Bloqueo interno !



Reducir más el nº 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 !



upna

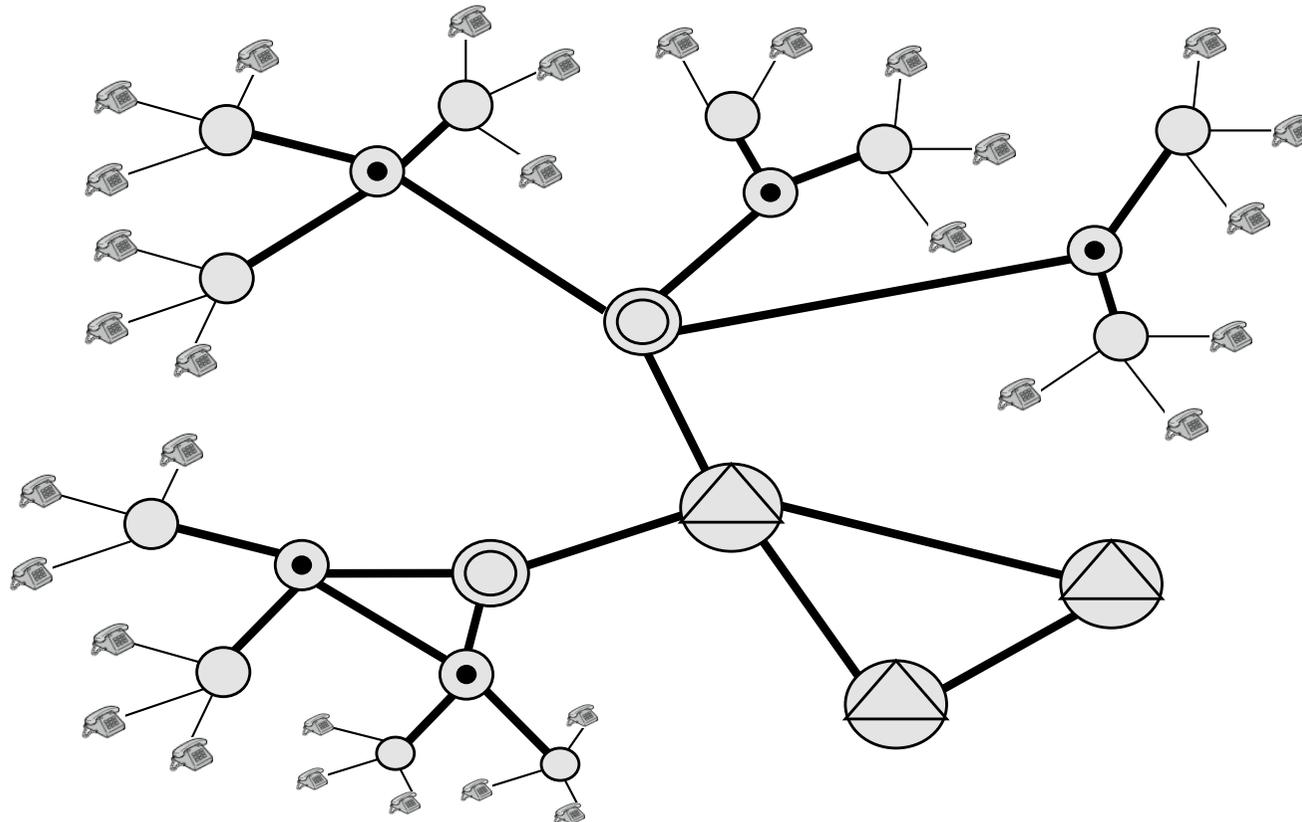
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

PSTN: Objetivos de diseño

Hemos visto

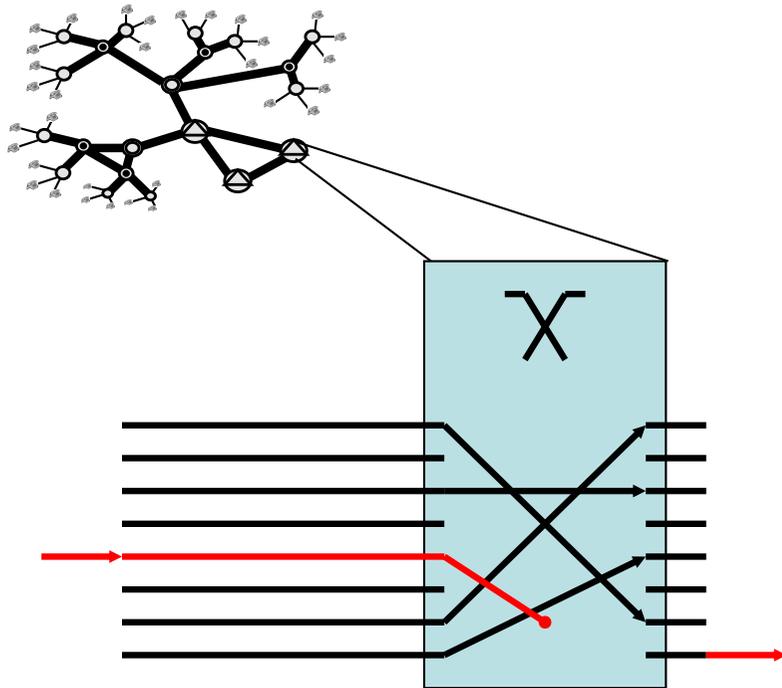
- Arquitectura de la red telefónica



Hemos visto

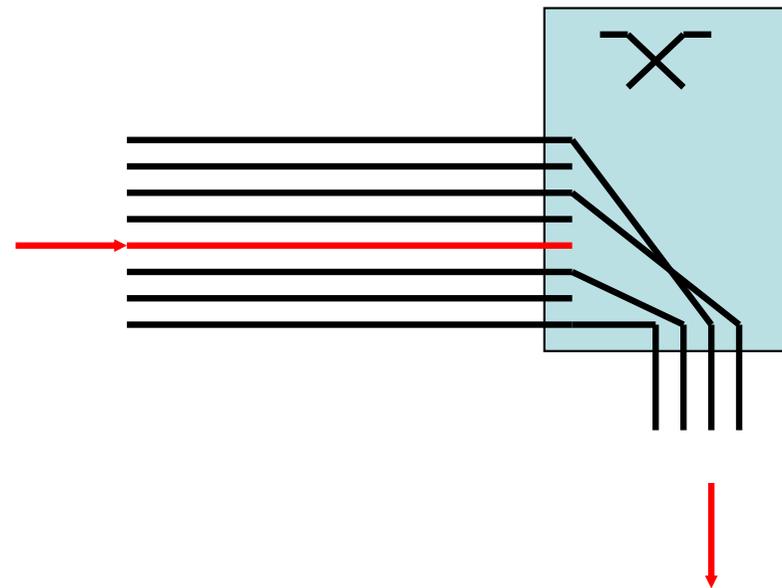
Bloqueo interno

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



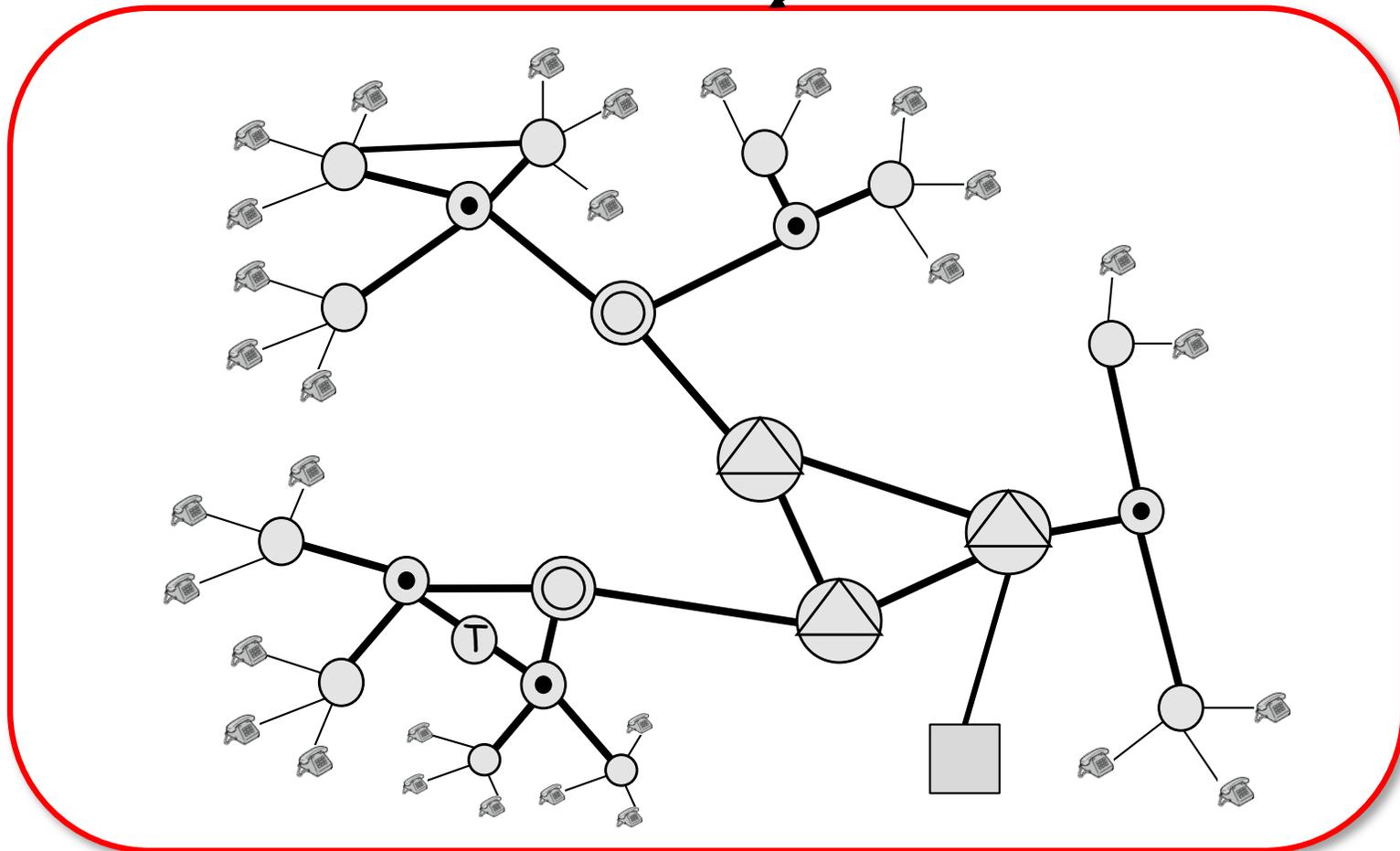
Bloqueo externo

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



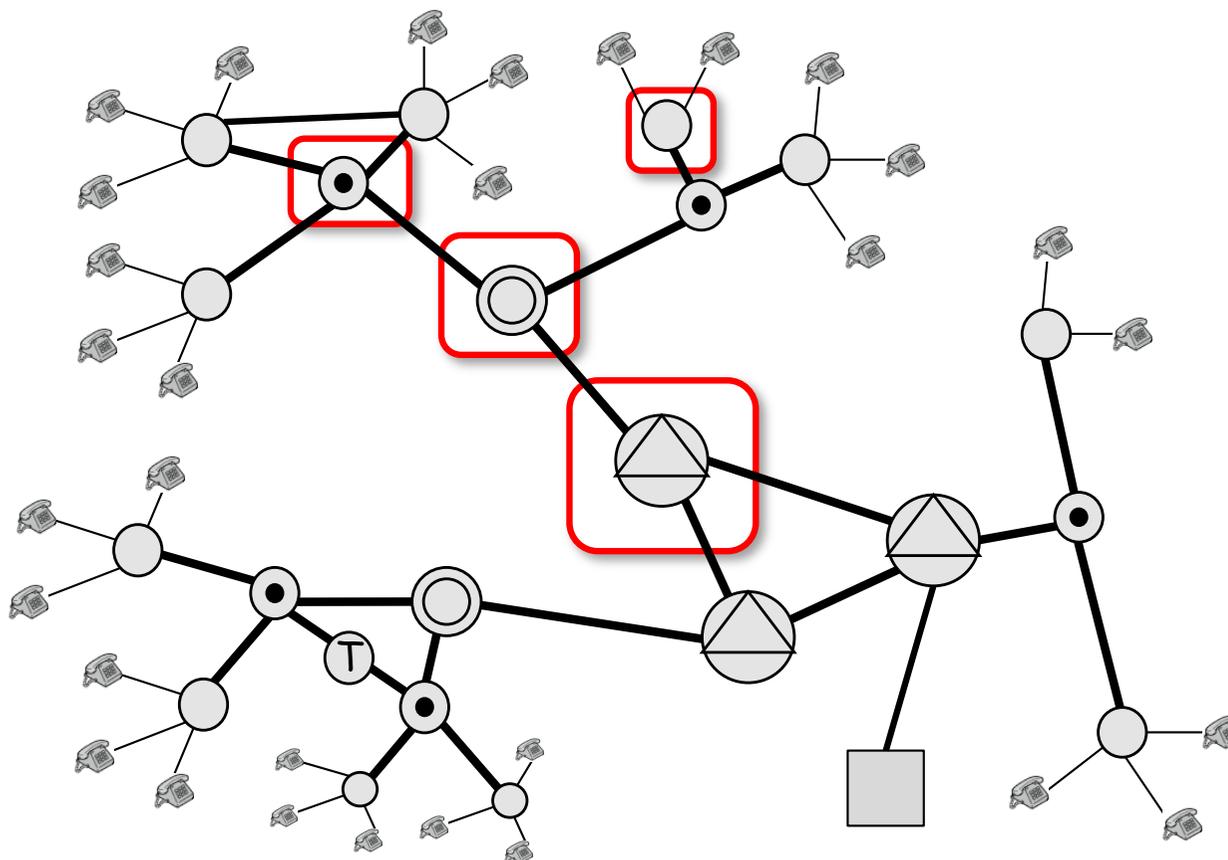
Objetivo: Diseño

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



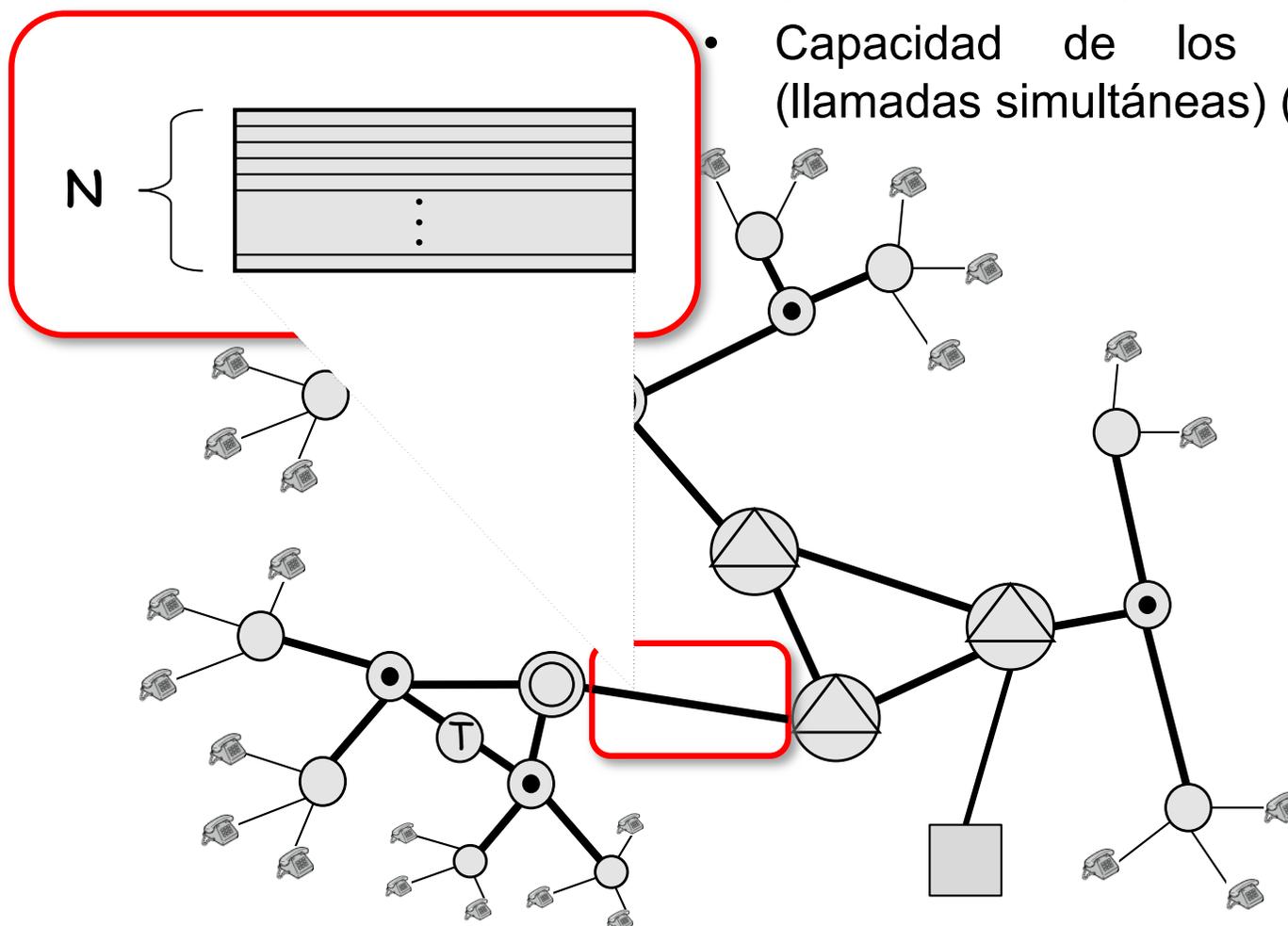
Objetivo: Diseño

- Normalmente el 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) (...)



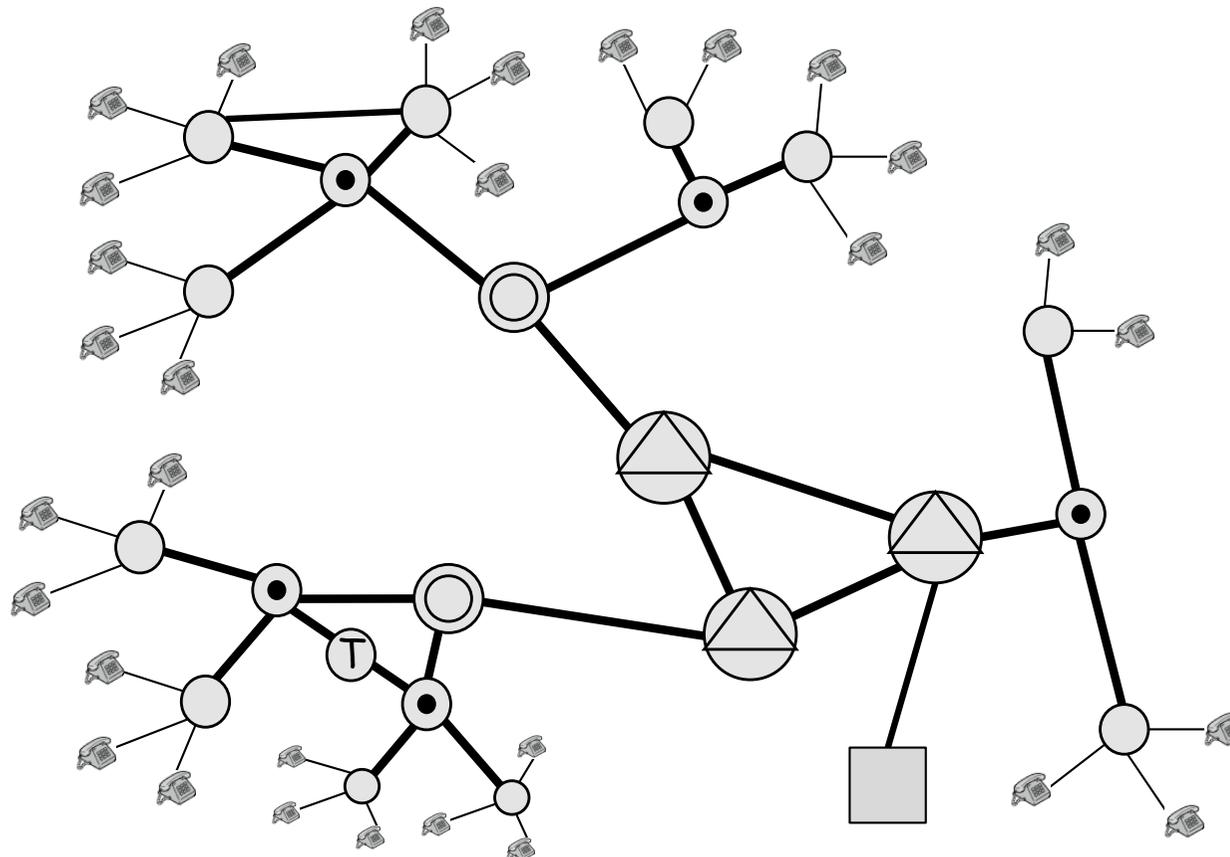
Objetivo: Diseño

- Normalmente el 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) (...)



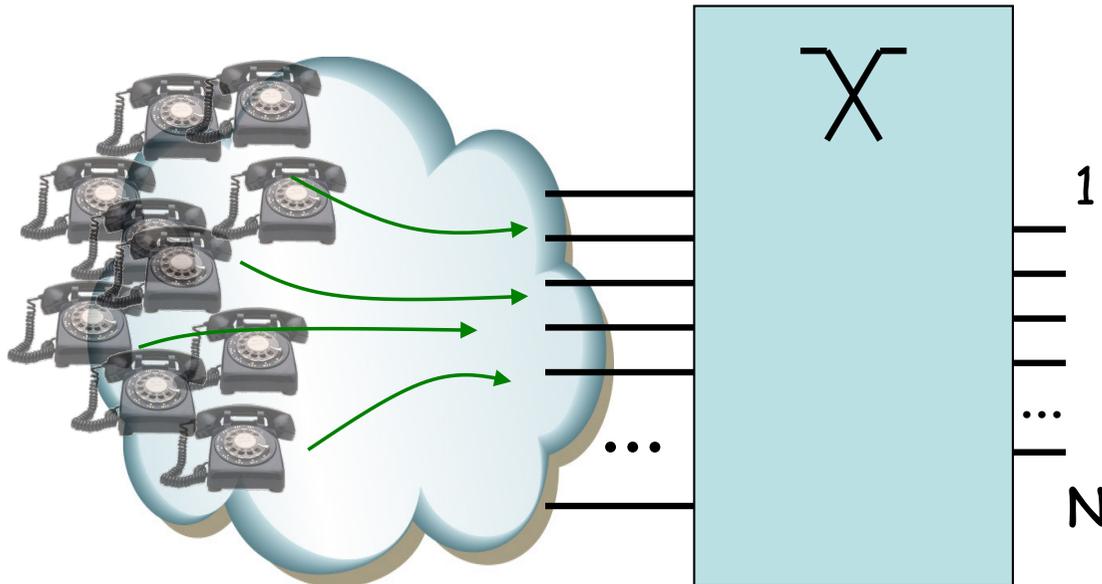
Objetivo: Diseño

- Normalmente el 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



Carga o tráfico

Definiciones

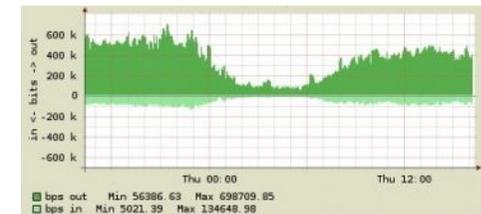
Capacidad

- Recursos de un sistema para dar un servicio, número de líneas de salida...
- Ej: nuestra centralita tiene 5 líneas para llamadas salientes



Carga (Intensidad de tráfico)

- Cantidad de servicio demandada al sistema, medida como cantidad de recursos necesarios en un determinado momento
- Ej: nuestra centralita recibe en media 3.2 llamadas por minuto



Calidad de servicio

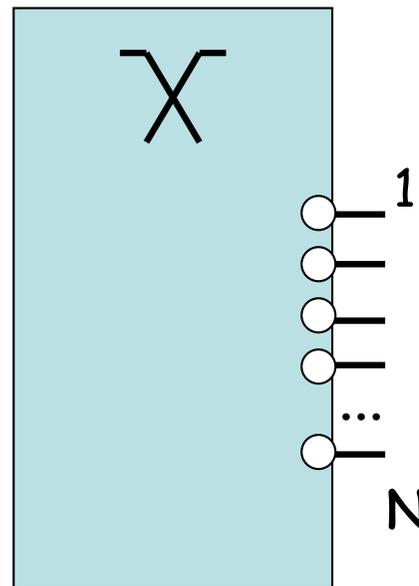
- Medida del servicio obtenido del sistema
- Ej: nuestra centralita, con las líneas de entrada que tenemos y la carga típica que soporta, pierde menos del 0.1% de las llamadas



A continuación, en más detalle...

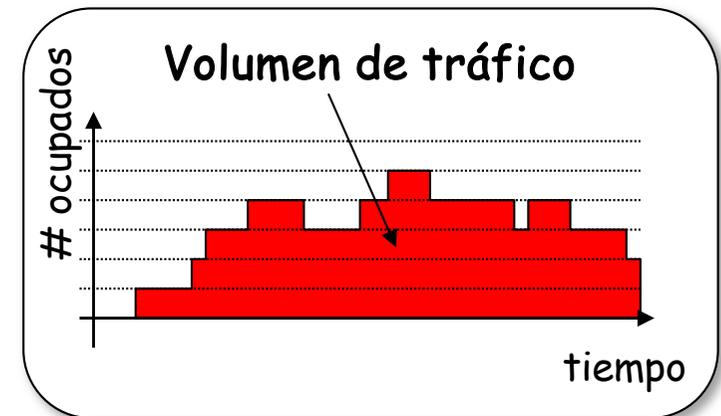
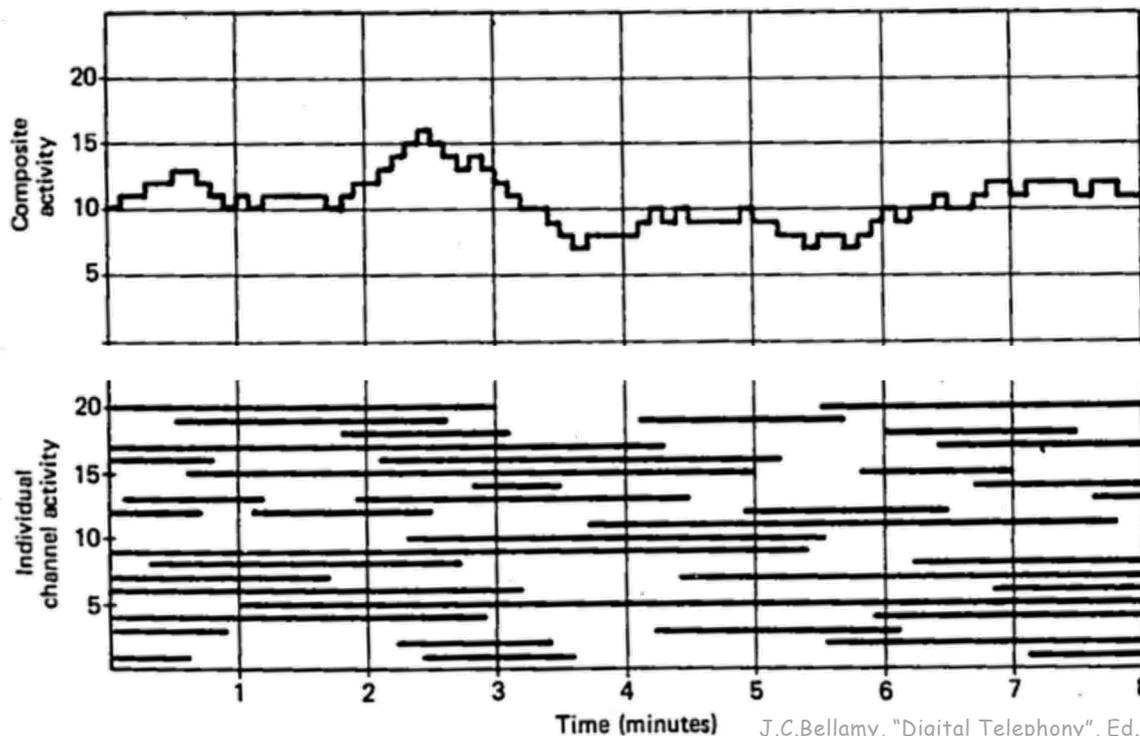
Capacidad

- Medida de la habilidad del sistema para proporcionar servicio
- Típicamente se mide como el número de "servidores" (líneas de salida, puertos de un conmutador...)
- Variable de diseño del sistema
- Proporcional al coste
 - Más capacidad = más coste y más calidad de servicio



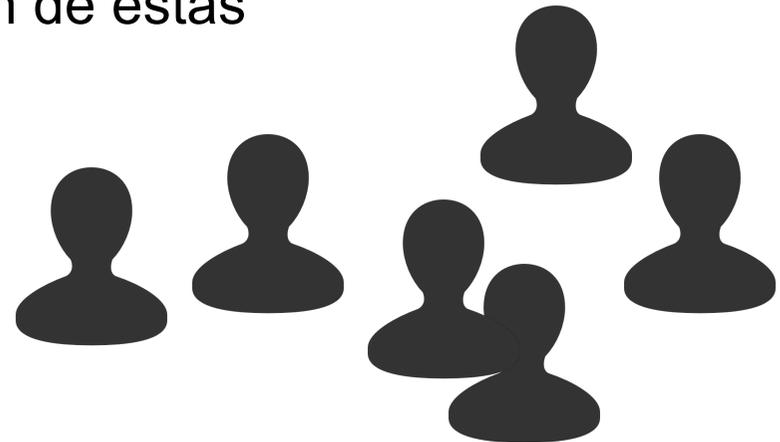
Carga o Tráfico

- Medida de la demanda de servicio al sistema
- Agregación de todas las peticiones de servicio de los usuarios
- = recursos en uso del sistema bajo condiciones de servicio ideales
- **Variables aleatorias**
 - Peticiones de servicio llegan de forma aleatoria
 - Solicitan servicio durante una cantidad de tiempo no predecible
- Volumen de tráfico: suma de las duraciones de los servicios



Carga o Tráfico

- Depende de
 - Número de usuarios (n)
 - Tasa a la que generan llamadas (λ_i)
 - Duración de las llamadas (s)
- No distingue el efecto de n del efecto de λ_i
 - Ej: 600 usuarios, cada uno con una petición por hora, es equivalente a 10 usuarios con una petición por minuto cada uno
- Normalmente lo reducimos a:
 - Tasa de generación de llamadas de todos los usuarios (λ)
 - Duración de las llamadas (s)
- El primer paso del análisis de tráfico es la caracterización de las llegadas de peticiones y la duración de éstas



Medida del Tráfico

- Intensidad de tráfico

$$I = \frac{\text{Volumen de tráfico}}{\text{Tiempo de observación}} = \frac{\text{Tiempo acumulado de ocupación}}{\text{Tiempo de observación}}$$



- Sin unidades físicas. Se mide en *Erlangs (E)* (*Agner Krarup Erlang 1878-1929*)
- **1 Erlang** = el tráfico que mantiene ocupada completamente una línea durante el tiempo de observación
- Intensidad de tráfico media: empleando el volumen *medio* de tráfico en el intervalo de observación
- La máxima cantidad de tráfico que pueden cursar N líneas es de N Erlangs



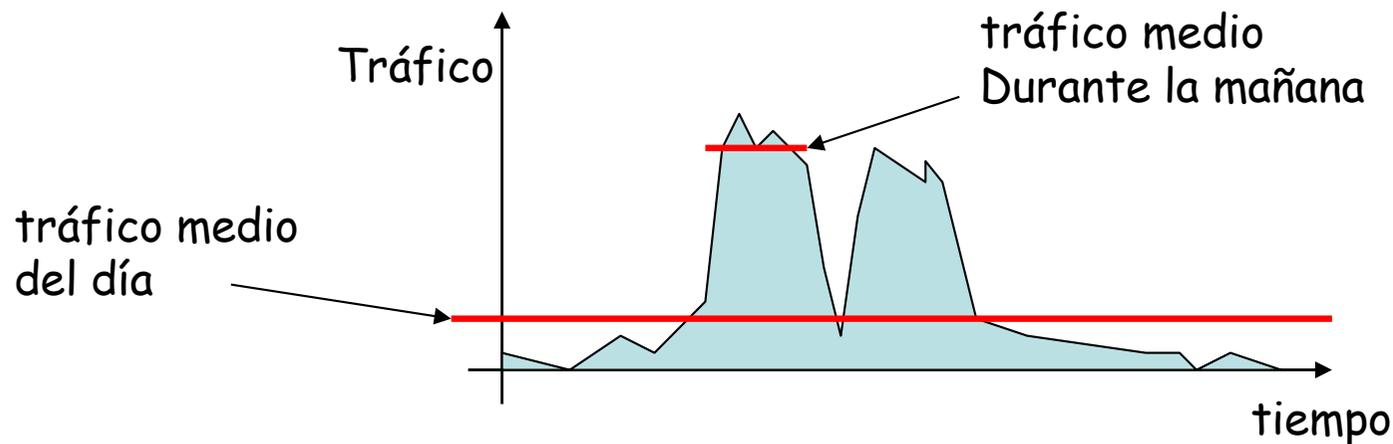
Hora cargada

Tráfico ofrecido y cursado



Medida del Tráfico

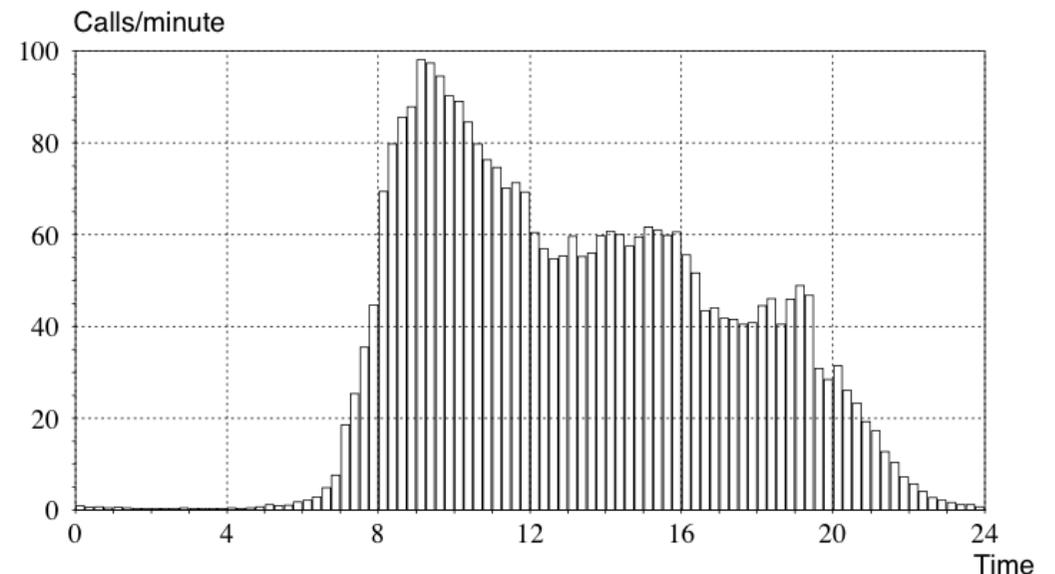
- Normalmente la intensidad del tráfico varía con el tiempo (no es un proceso estocástico estacionario) pero se puede considerar estable en un tiempo limitado



- En telefonía se caracteriza por horas
- Varía entre meses, entre días y entre horas del mismo día (y dentro de la hora)
- Suele haber patrones semanales
- Días de fiesta, el clima, etc. afectan al patrón

Hora cargada (“busy hour”)

- Periodo de 60 minutos consecutivos durante los cuales el volumen de tráfico es máximo
- Los análisis para dimensionamiento de equipos se efectúan siempre sobre la **hora cargada**
- Para determinarla se toman medidas en **intervalos de 15min** y entonces es el periodo de tiempo de 4 intervalos consecutivos con mayor volumen de tráfico
- Se calcula la hora cargada en un periodo largo (unas semanas) en la época del año de mayor tráfico
- Diferentes patrones usuarios residenciales y empresariales
- No es el volumen de tráfico mayor del año (nochevieja, día de la madre,...) pues llevaría a un sobredimensionamiento para la mayor parte del tiempo
- 1 teléfono en hora cargada approx. 0.05-0.1 E y 3-4min duración



Calidad de servicio

- Medida de la bondad del servicio proporcionado
- En telefonía:
 - Probabilidad de bloqueo = probabilidad de que el sistema no pueda aceptar una llamada entrante.

En ese caso:

- Se descarta: La llamada es rechazada → Menos calidad de servicio (*congestion theory*)
 - Se hace esperar la llamada hasta que se libere una línea → Menos calidad de servicio (*queueing theory*)
- Analizaremos el caso con descarte
- Requisito de diseño del sistema: probabilidad de bloqueo objetivo
- Dimensionar la capacidad para conseguirla



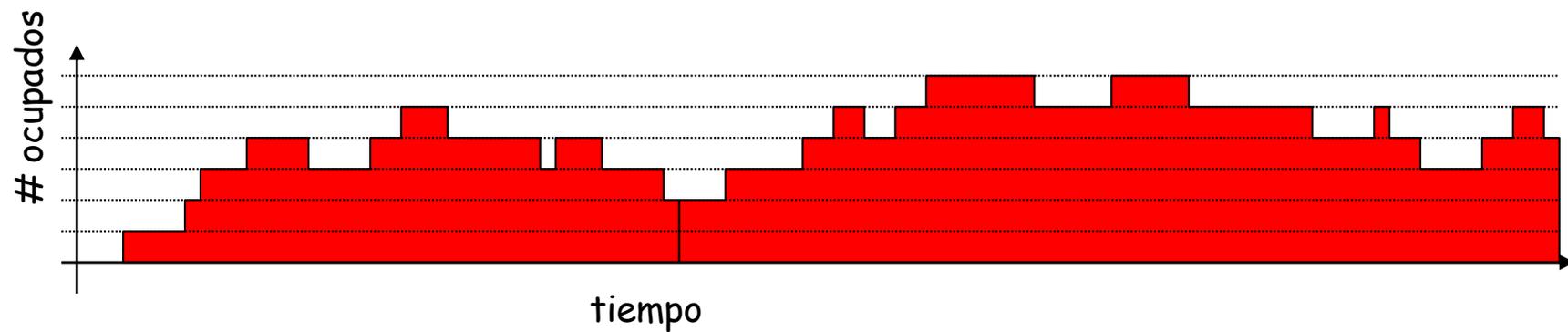
Calidad de servicio

- Se suele distinguir:
 - Sistema en **situación de Bloqueo**
Todos los recursos están ocupados y una llamada nueva que llegue será rechazada
 - Sistema en **situación de Congestión**
Se han empezado a rechazar llamadas



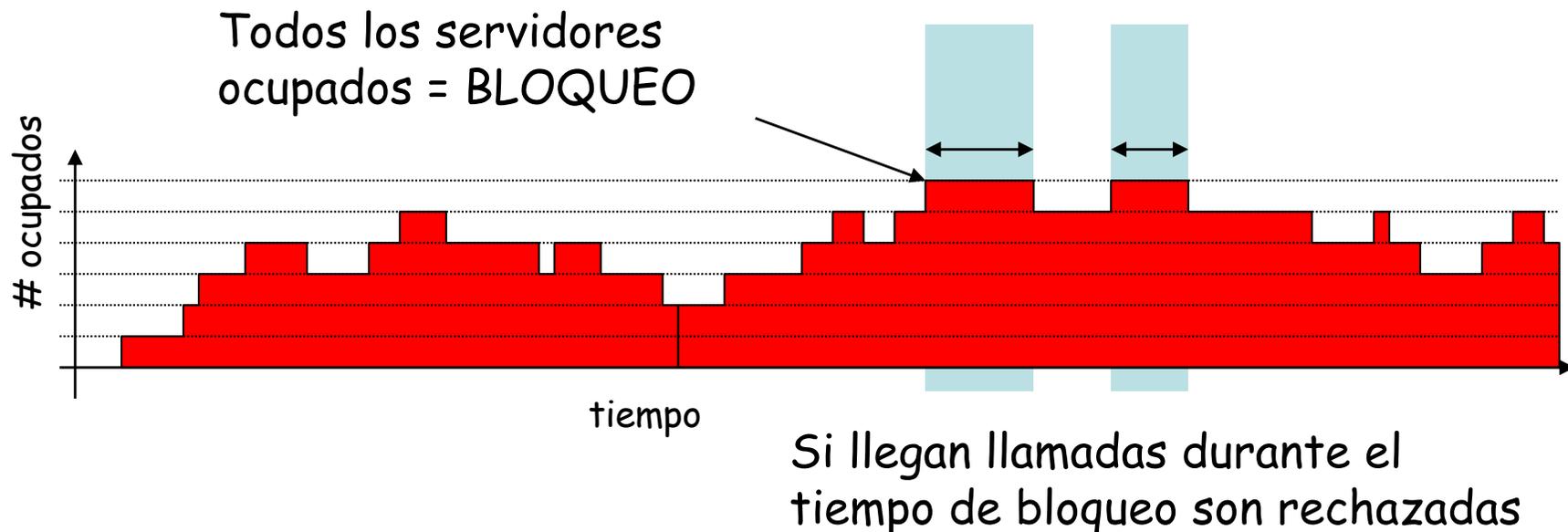
Tráfico ofrecido

- Tráfico ofrecido: el tráfico total que sería cursado por una red que pudiera dar servicio a todas las peticiones
- (...)



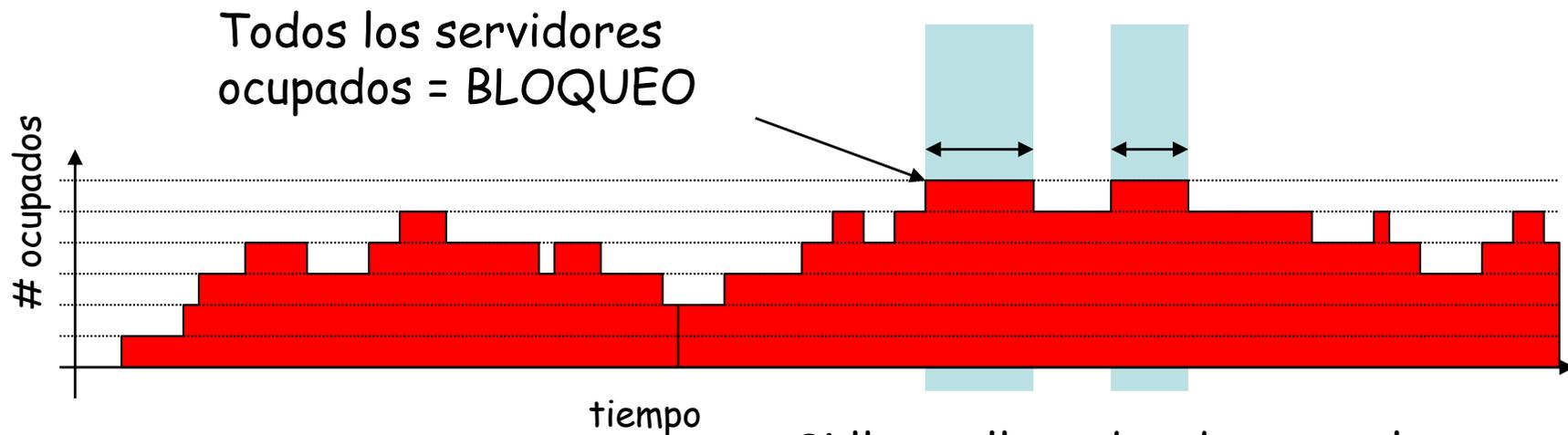
Tráfico ofrecido vs cursado

- Tráfico ofrecido: el tráfico total que sería cursado por una red que pudiera dar servicio a todas las peticiones
- Normalmente por economía dispondremos de recursos finitos
- Cuando el número de llamadas en curso en la troncal = número de líneas, el sistema está en BLOQUEO
- (líneas = “servidores” en terminología de teoría de colas)
- Buscaremos calcular la probabilidad de que una nueva llamada (una “llegada”) encuentre al sistema en bloqueo



Tráfico ofrecido vs cursado

- El tráfico cursado tiene en cuenta solo las llamadas que se han podido establecer
- Es decir, las “peticiones de servicio” que se han podido “atender”
- Es siempre menor o igual al tráfico ofrecido



Si llegan llamadas durante el tiempo de bloqueo son rechazadas

Tráfico cursado

- Un conjunto k de líneas tiene un tráfico ofrecido de I Erlangs y una probabilidad de bloqueo P_b
- ¿Cuál es la intensidad de tráfico que atraviesa las líneas?
- Esto será el **tráfico cursado** y será a su vez el tráfico ofrecido al siguiente sistema al que lleguen las líneas

$$I_c = I_{in} (1 - P_b)$$

I_c : tráfico cursado

I_{in} : tráfico ofrecido o de entrada

P_b : Probabilidad de bloqueo



upna

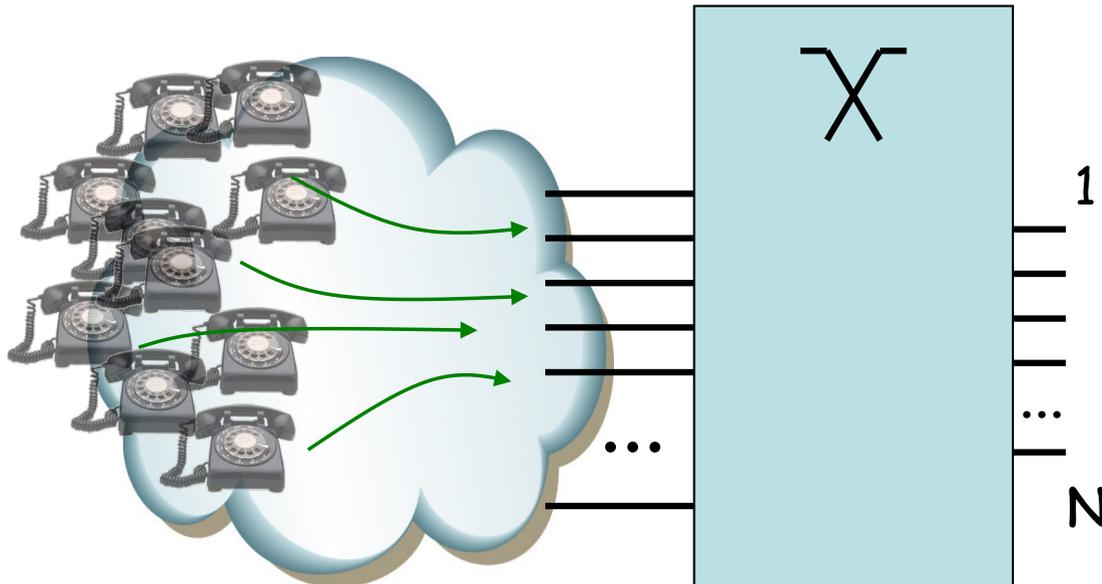
Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

ARQUITECTURA DE REDES, SISTEMAS Y SERVICIOS
Área de Ingeniería Telemática

Tipos de problemas

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



Otro tipo de problema

- Un servidor web *single-threaded*
- Recibe peticiones de ficheros que debe obtener del disco duro
- El S.O. atiende las peticiones en serie, completando una antes de atender a la siguiente
- Si el disco está ocupado el hilo del servidor web se bloqueará a la espera de que el disco finalice
- El disco es capaz de servir datos a C Mbps
- Normalmente en estos casos el S.O **encola** peticiones que no pueden ser atendidas en el momento (teoría de colas)



Otro tipo de problema

- Enlace entre dos conmutadores de paquetes
- Los usuarios envían paquetes
- Cada paquete monopoliza el enlace durante un tiempo proporcional a su tamaño
- Hay una memoria donde los paquetes acumulan retardo
- Si se excede la ocupación de la misma se descartan
- Teoría de colas

