

# TECNOLÓGICO NACIONAL DE MÉXICO

## Ingeniería en Sistemas Computacionales

### Fundamentos de Telecomunicaciones

#### Unidad V: Multiplexación

Material de clase desarrollado para la asignatura de **Fundamentos de Telecomunicaciones**  
para Ingeniería en Sistemas Computacionales

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

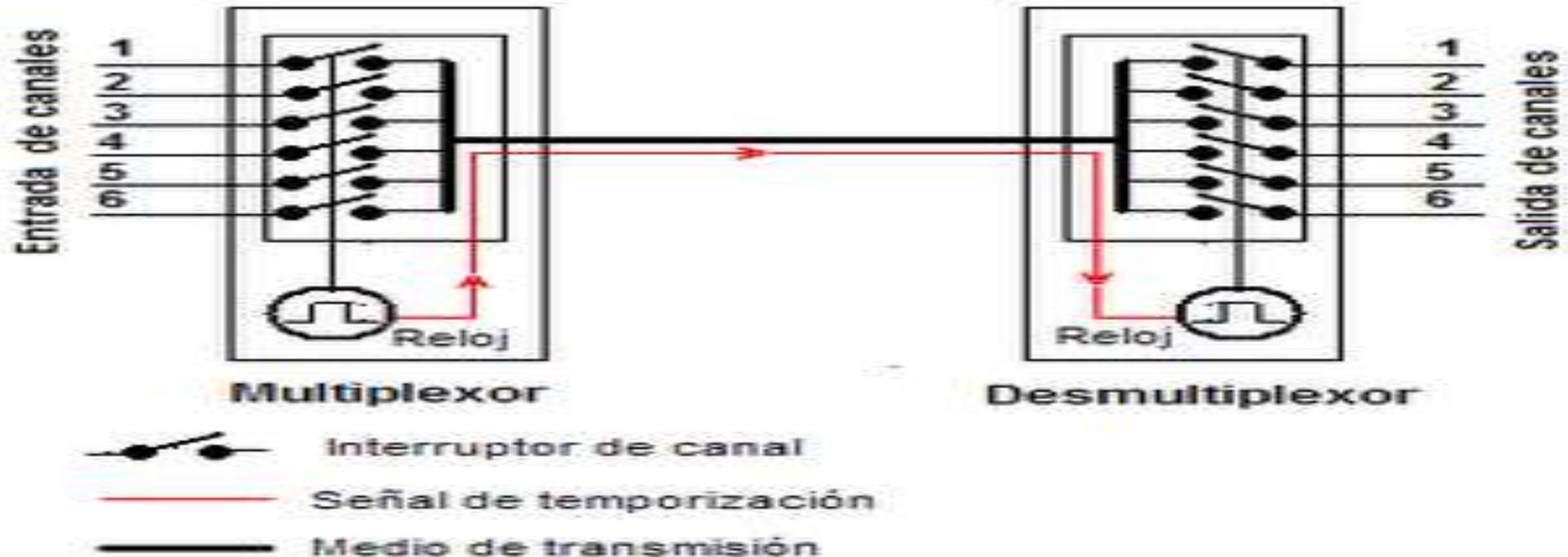
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Temario de la Unidad

Unidad	Temas	Subtemas
5	Multiplexación	5.1 TDM División de tiempo 5.2 FDM División de frecuencia 5.3 WDM División de longitud 5.4 CDM División de código

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

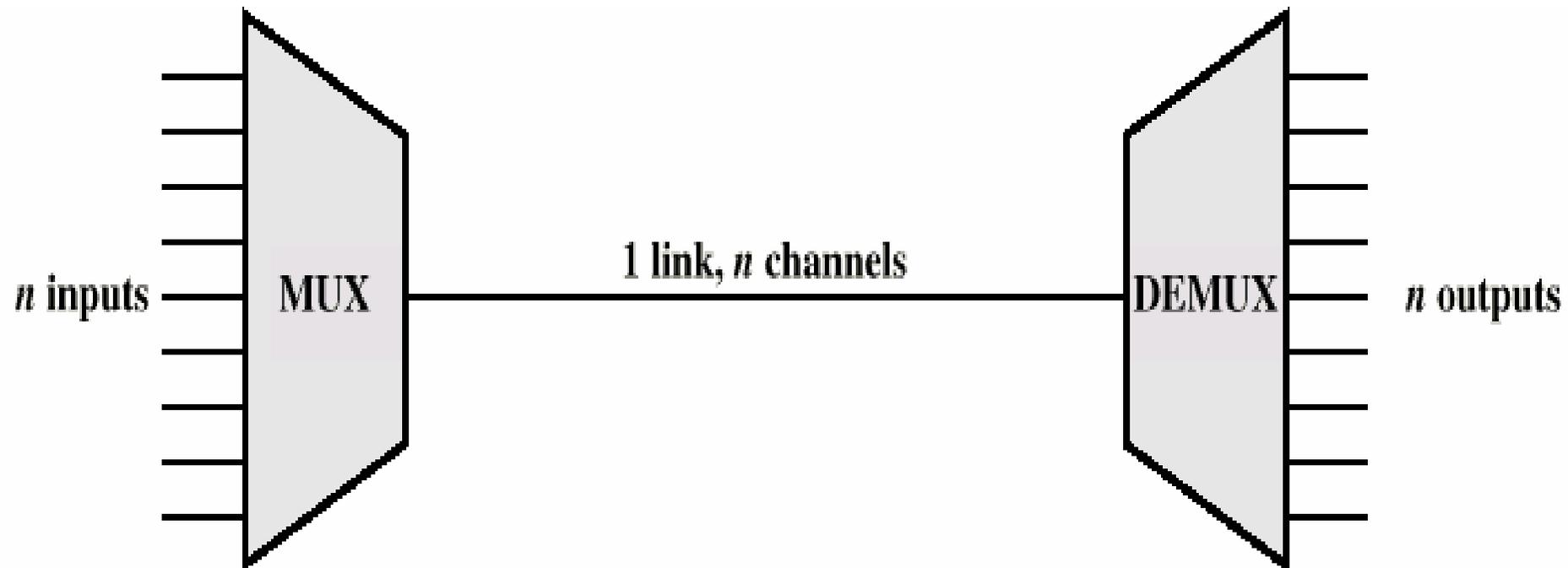
- La Multiplexación es la combinación de dos o más canales de información en un solo medio de transmisión usando un dispositivo llamado multiplexor.
- Es decir viene a ser un procedimiento por el cual diferentes canales pueden compartir un mismo medio de transmisión de información.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Objetivo de la Multiplexación

- Es compartir la capacidad de transmisión de datos sobre un mismo enlace para aumentar la eficiencia (sobre todo en líneas de grandes distancias).
- Minimizar la cantidad de líneas físicas requeridas y maximizar el uso del ancho de banda de los medios



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

La Multiplexación o multicanalización es la transmisión de información, de más de una fuente a más de un destino, por el mismo medio de transmisión.

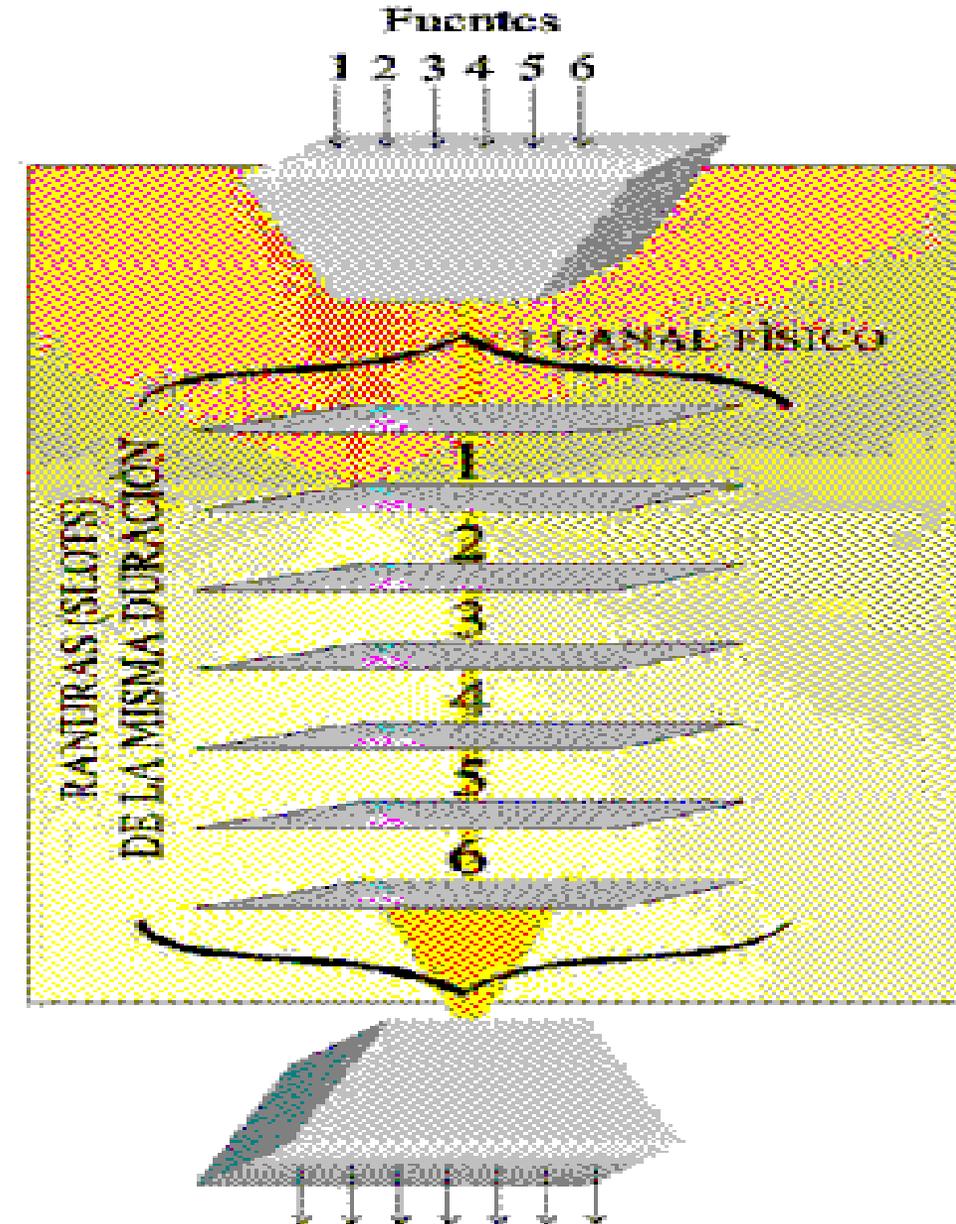
Los principales métodos de realizar este proceso son:

- La multiplexación de división de frecuencia (FDM: Frequency Division Multiplexing),
- La multiplexación por división de código (CDM: Coded Division Multiplexing),
- La multiplexación por división de longitud de onda (WDM: Wavelength Division Multiplexing), y
- La multiplexación por división de tiempo (TDM: Time Division Multiplexing).

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

- La **multiplexación por división de tiempo** es una técnica para compartir un canal de transmisión entre varios usuarios.
- Consiste en asignar a cada usuario, durante unas determinadas "ranuras de tiempo", la totalidad del ancho de banda disponible.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Características del TDM

- Consiste en ocupar un canal de transmisión a partir de distintas fuentes, mejor aprovechamiento del medio de transmisión.
- El ancho de banda total del medio de transmisión es asignado a cada canal durante una fracción del tiempo total (intervalo de tiempo).

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Ventajas de TDM

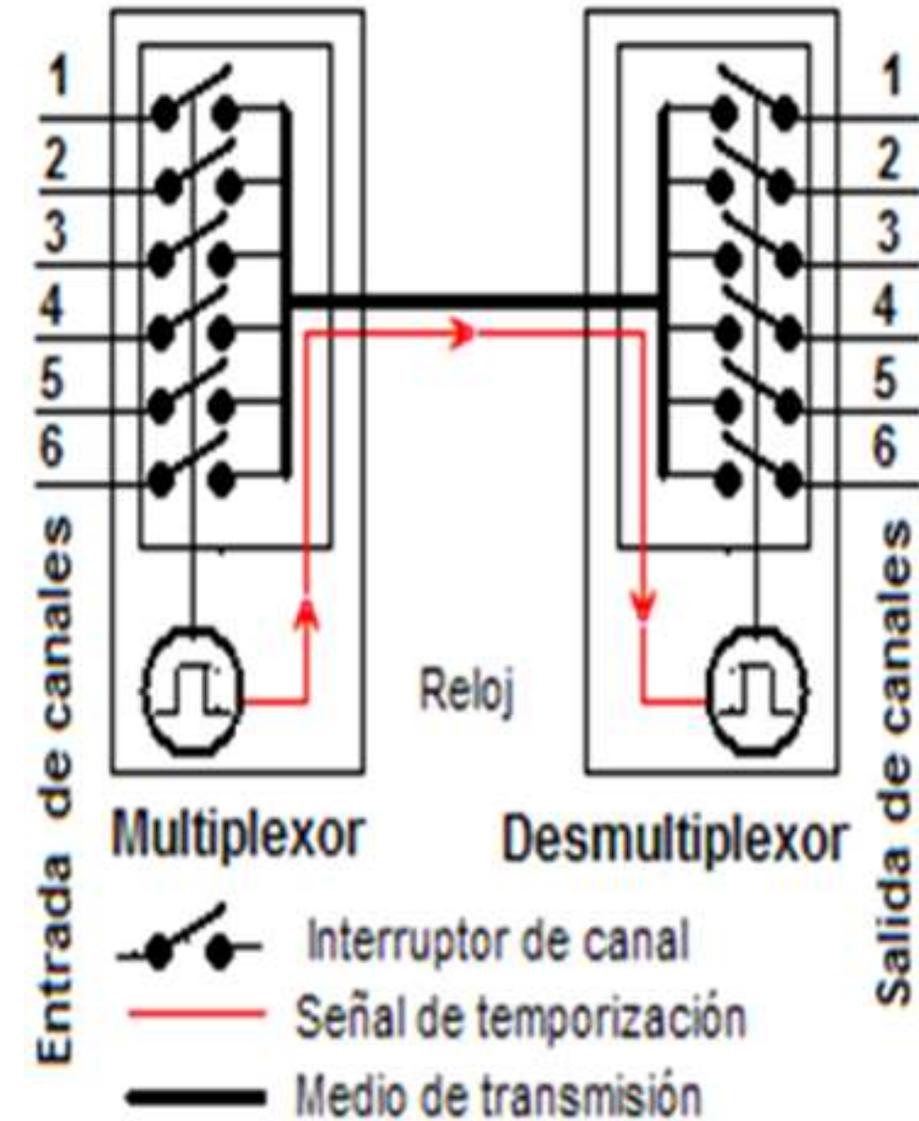
- ❖ El uso de la capacidad es alto.
- ❖ Cada uno para ampliar el número de usuarios en un sistema en un coste bajo.

## Desventajas de TDM

- ❖ La sensibilidad frente a otro problema de usuario es alta.
- ❖ El coste inicial es alto.
- ❖ La complejidad técnica.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

Esquema de cómo se realiza la Multiplexación – Desmultiplexación

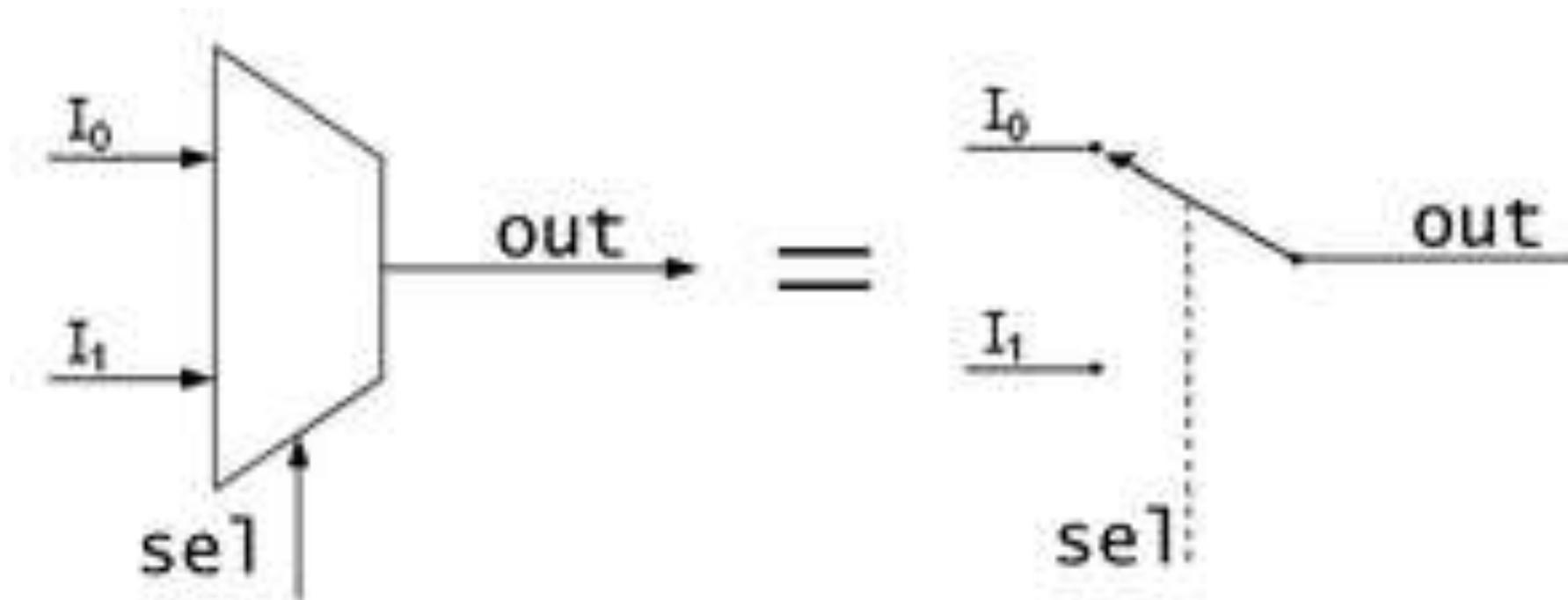


- Las entradas de 6 canales llegan a los interruptores de canal controlados por una señal de reloj, de manera que cada canal es conectado al medio de Tx durante un tiempo determinado por la duración de los impulsos del reloj.
- El Desmultiplexor realiza la función inversa: conecta al medio de Tx, secuencialmente con la salida de cada uno de los 5 canales mediante interruptores controlados por el reloj del D.
- El reloj del extremo receptor funciona de forma sincronizada con el del Multiplexor mediante señales de temporización que son transmitidas a través del propio medio de Tx.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Que es un Multiplexor

- Es un dispositivo que puede recibir varias entradas y transmitir las por un medio de transmisión compartido; es decir, divide el medio de transmisión en múltiples canales, para que varios nodos puedan comunicarse al mismo tiempo.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

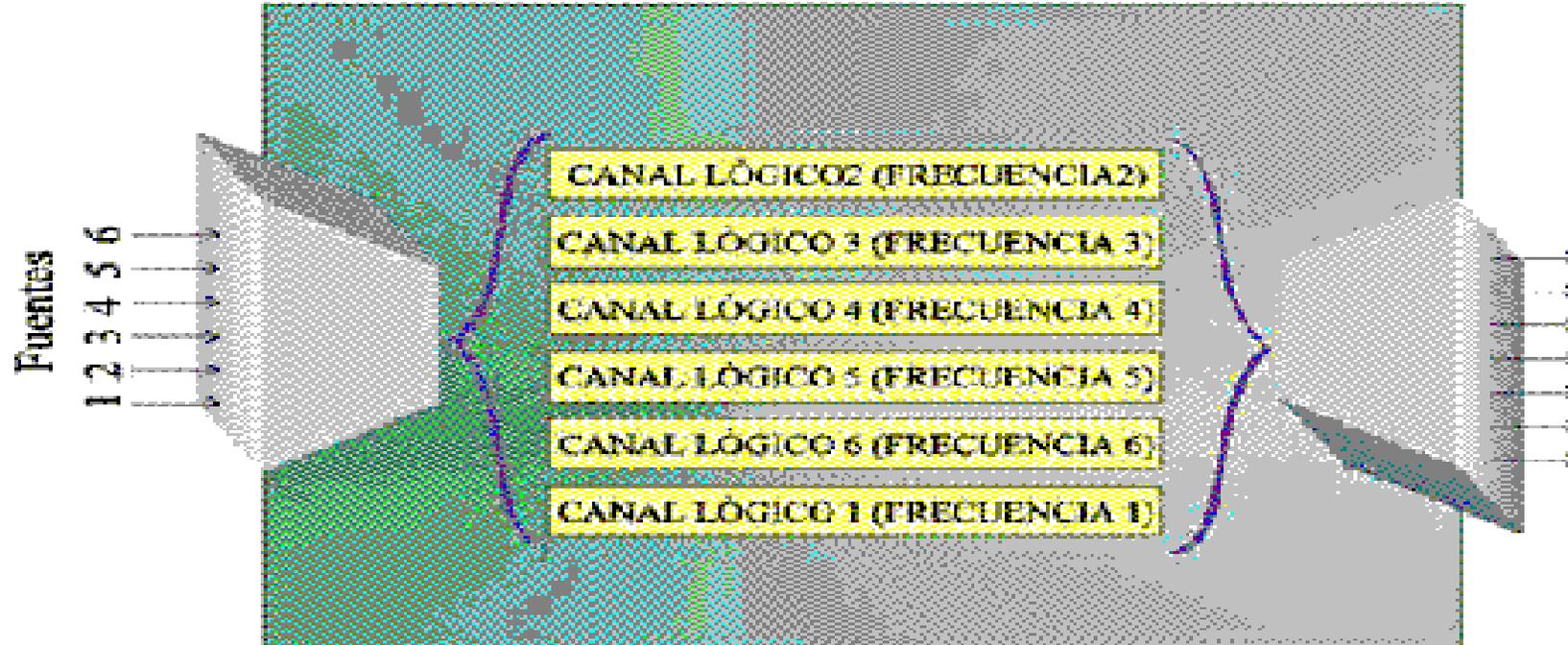
La función de un multiplexor da lugar a diversas aplicaciones:

- Selector de entradas.
- Serializador: Convierte datos de paralelo a serial.
- Transmisión multiplexada: En una misma línea de conexión, transmite diferentes datos de distinta procedencia.
- Realización de funciones lógicas: Utilizando inversores y conectando a 0 ó 1 las entradas se puede diseñar funciones de un modo más compacto, que utilizando puertas lógicas.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## División de frecuencia (FDM)

- Esta técnica que consiste en dividir mediante filtros el espectro de frecuencias del canal de transmisión y desplazar la señal a transmitir dentro del margen del espectro correspondiente mediante modulaciones, de tal forma que cada usuario tiene posesión exclusiva de su banda de frecuencias.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Para optimizar la utilización del medio de transmisión, se ha desarrollado la multiplexación, que es un conjunto de técnicas que permite la transmisión simultánea de múltiples señales a través de un único enlace.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Características del FDM

- El ancho de banda del medio debe ser mayor que el ancho de banda de la señal transmitida.
- Capacidad de transmisión de varias señales a la vez.
- La señal lógica transmitida a través del medio es analógica.
- La señal recibida puede ser analógica o digital.
- Para la comunicación análoga el ruido tiene menos efecto.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## VENTAJAS DE FDM

- El sistema de FDM apoya el flujo de dúplex total de información que es requerido por la mayor parte de la aplicación.
- El problema del ruido para la comunicación análoga tiene menos el efecto.
- Aquí el usuario puede ser añadido al sistema por simplemente añadiendo otro par de modulador de transmisor y modulador receptor.

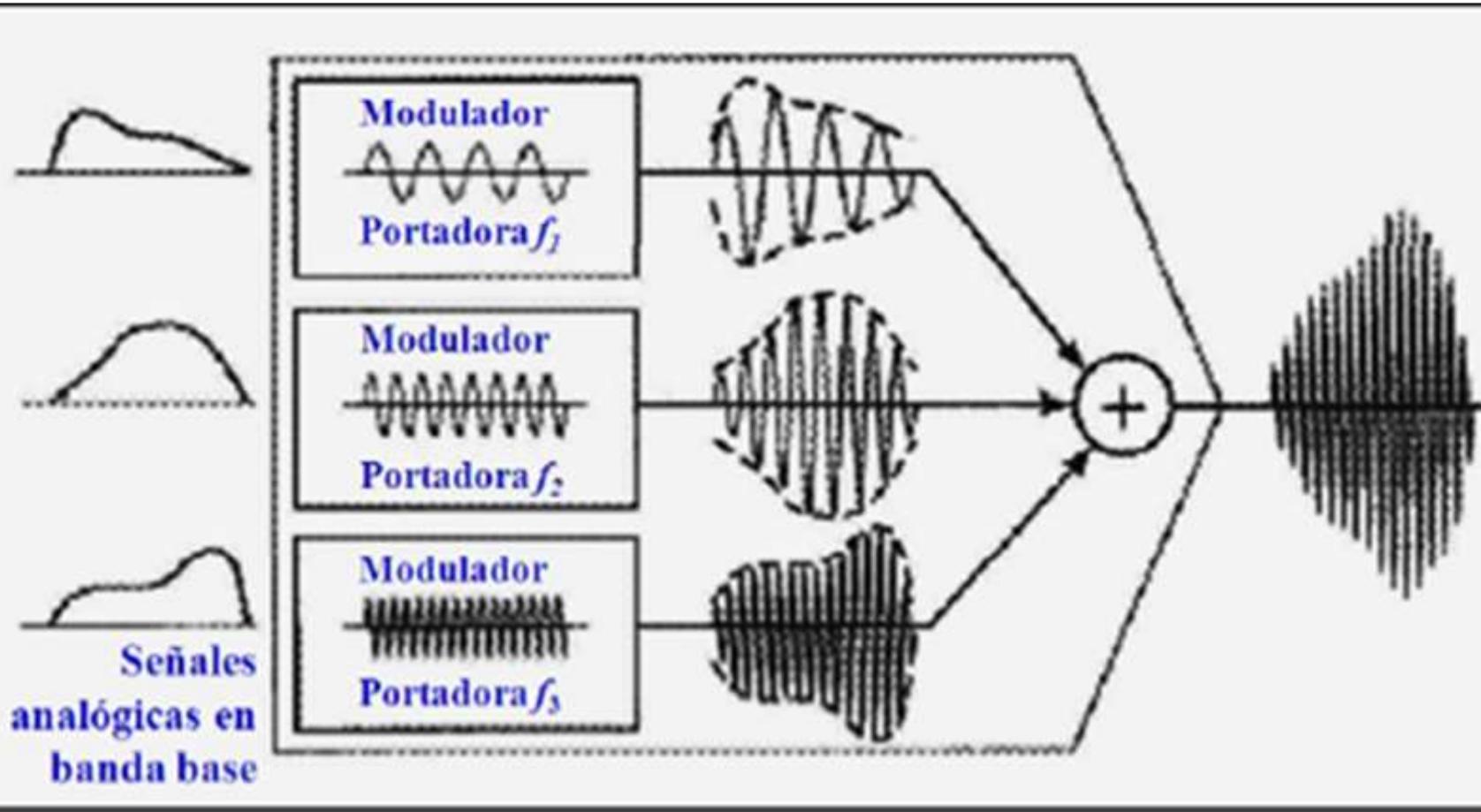
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## DESVENTAJAS DE FDM

- En el sistema FDM, el coste inicial es alto. Este puede incluir el cable entre los dos finales y los conectores asociados para el cable.
- En el sistema FDM, un problema para un usuario puede afectar a veces a otros.
- En el sistema FDM, cada usuario requiere una frecuencia de portador precisa.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

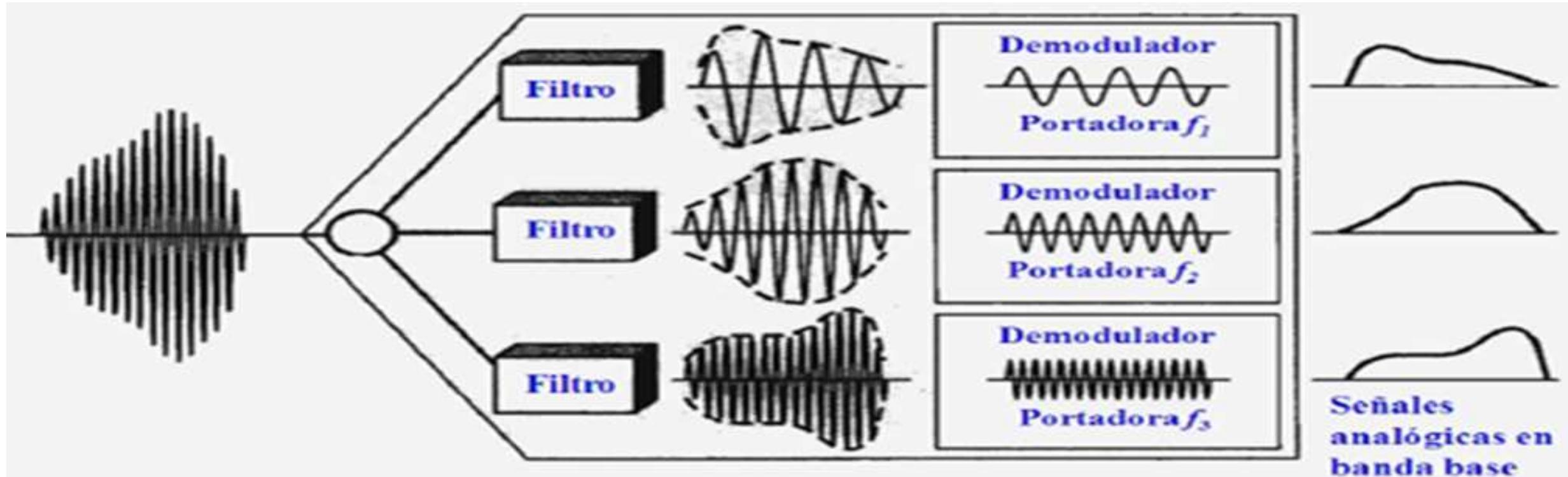
## Proceso de Multiplexación



- Cada fuente genera una señal con un rango de frecuencia similar. Dentro del MUX, estas señales similares se modulan sobre distintas frecuencias portadoras ( $f_1$ ,  $f_2$ ,  $f_3$ , etc.)
- Las señales moduladas se combinan en un única señal compuesta que se envía sobre un enlace.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Proceso de Desmultiplexación



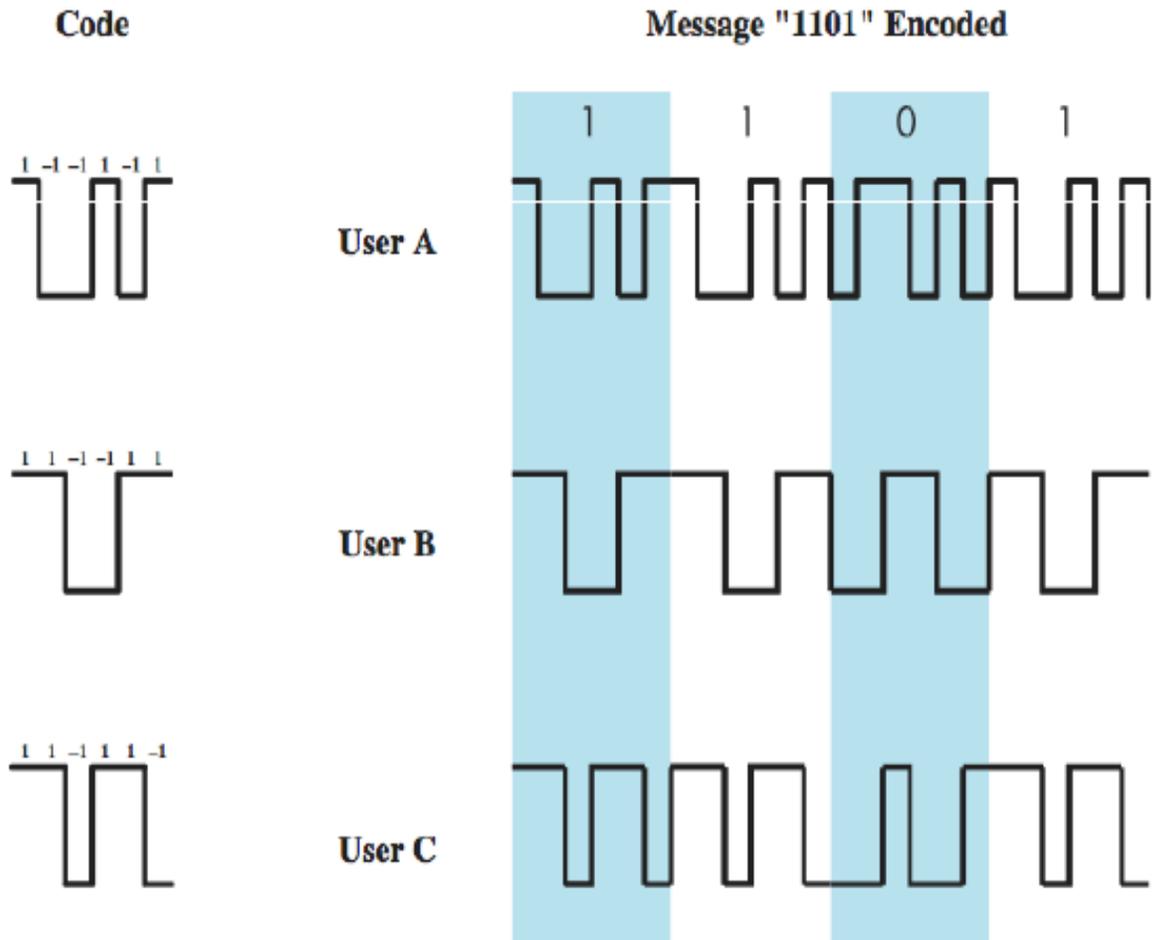
- El DEMUX usa filtros para descomponer la señal multiplexada en las señales que la constituyen.
- Las señales individuales se pasan después a un demodulador que las separa de sus portadoras y las pasa a la línea de salida

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

La multiplexación por División en Código o CDM

- **La multiplexación por división de código, acceso múltiple por división de código o CDMA**
- Es un término genérico para varios métodos de multiplexación o control de acceso al medio basado en la tecnología de espectro expandido.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

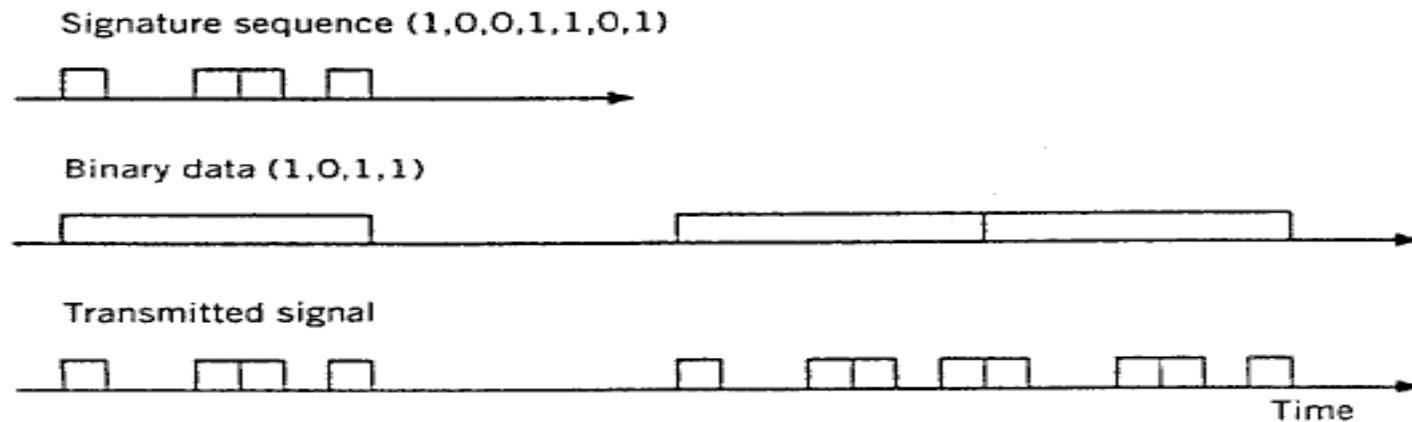


- CDMA emplea una tecnología de espectro expandido y un esquema especial de codificación, por el que a cada transmisor se le asigna un código único, escogido de forma que sea ortogonal respecto al del resto
- En CDMA, la señal se emite con un ancho de banda mucho mayor que el precisado por los datos a transmitir; por este motivo, la división por código es una técnica de acceso múltiple de espectro expandido.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

Tipos de multiplexación División de Código

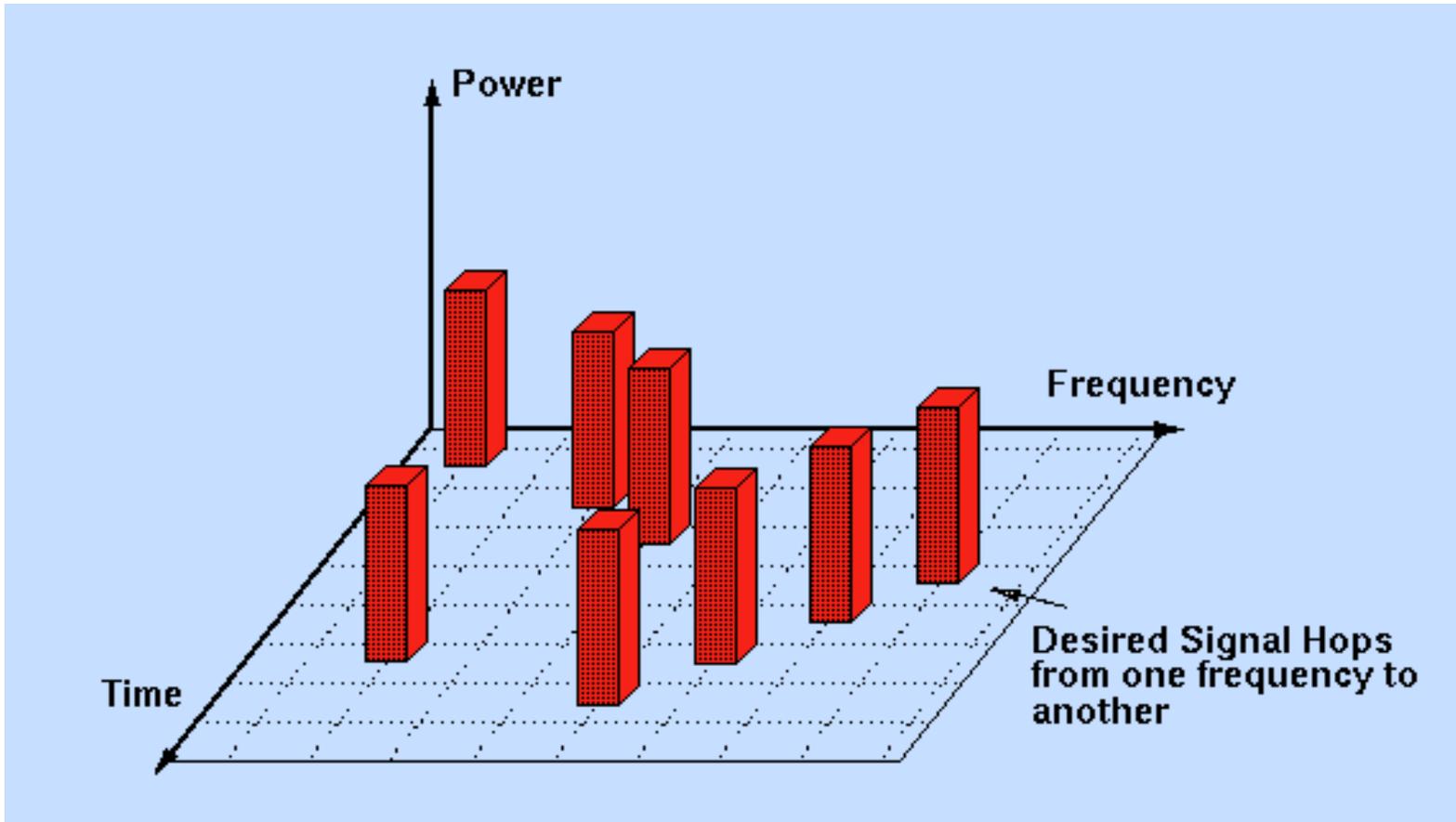
## ESQUEMA CDMA



- Ensanchamiento espectral dado por la clave.
- Las claves las conocen el Rx y Tx.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Espectral



- Esparcimiento espectral se hace con saltos en frecuencia (frequency hopping).
- Los saltos de frecuencia están dados por el código.

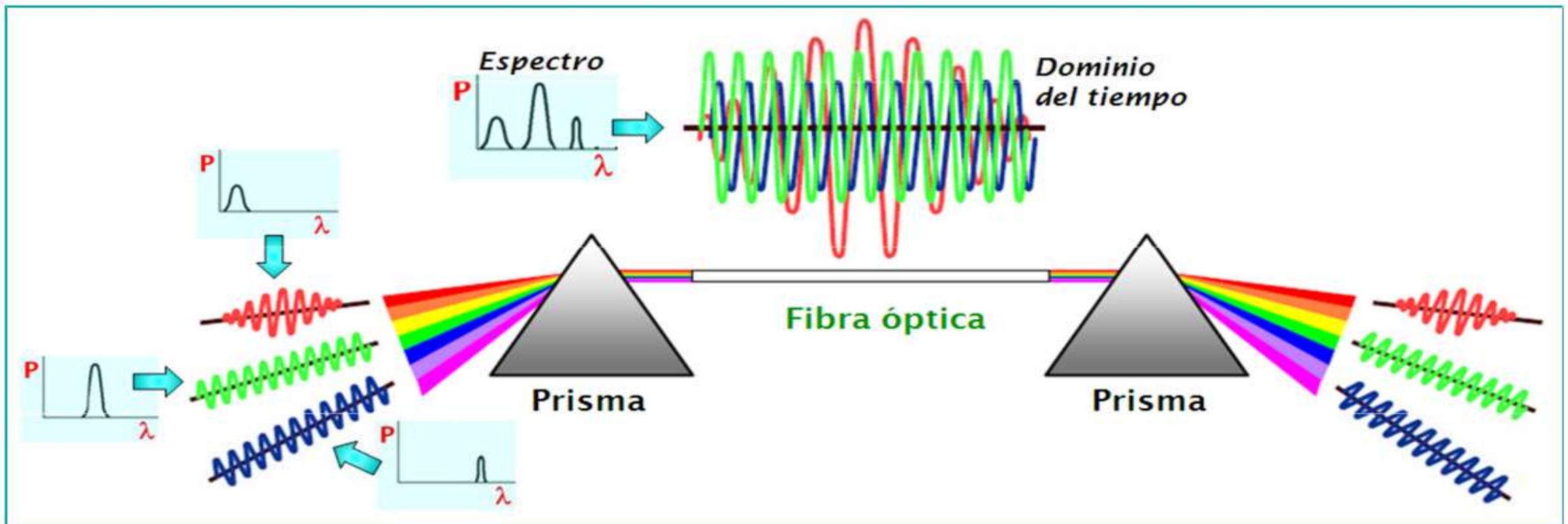
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## División de Onda o División de Longitud (WDM)

- En las comunicaciones de fibra óptica, multiplexación por división de longitud de onda es una tecnología que multiplexa un número de señales portadoras ópticas en una sola fibra óptica mediante el uso de diferentes longitudes de onda de la luz láser.
- Esta técnica permite comunicaciones bidireccionales sobre una hebra de fibra, así como la multiplicación de la capacidad.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Se diseñó para utilizar la capacidad de alta tasa de datos de la fibra.
- Conceptualmente es la misma que FDM, excepto que involucra señales luminosas de frecuencias muy altas.



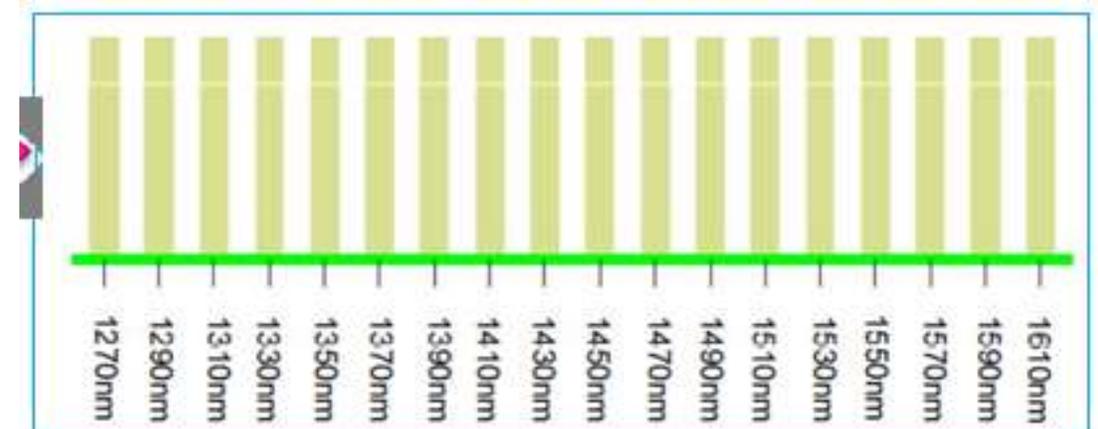
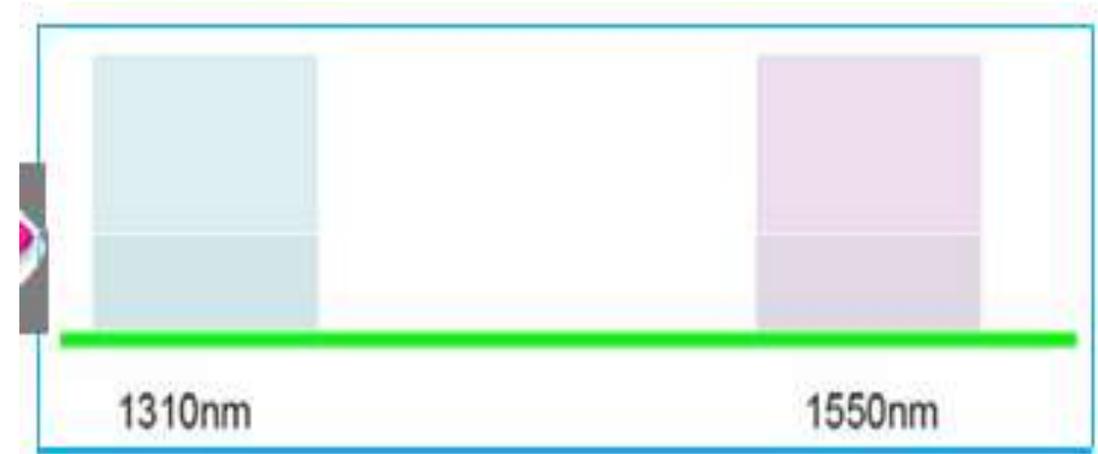
# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- El término multiplexación por división de longitud de onda se aplica comúnmente a una portadora óptica, mientras que la multiplexación por división de frecuencia típicamente se aplica a una portadora de radio.
- Dado que la longitud de onda y la frecuencia están unidas entre sí a través de una simple relación directamente inversa, los dos términos en realidad describen el mismo concepto.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

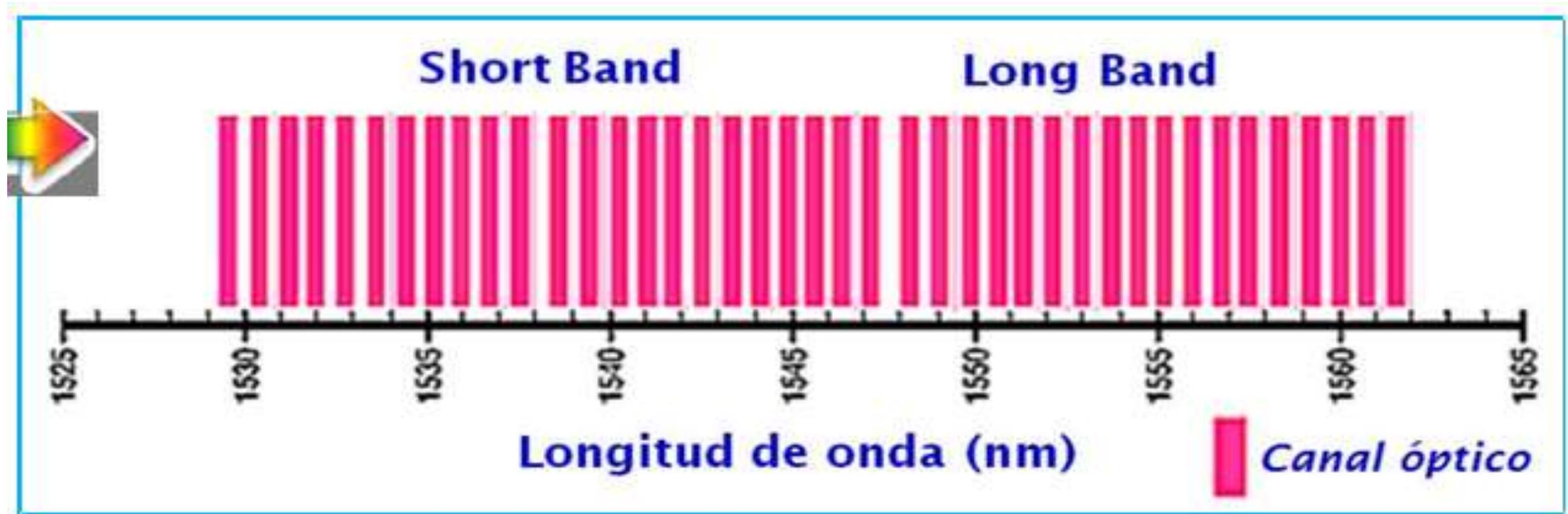
## Tipos de sistemas WDM

- Los primeros sistemas WDM usaron 2 longitudes de onda centradas en las ventanas de 1310 nm y 1550 nm.
- Después fue CWDM (*Coarse WDM*) . La ITU (G.694.2) define una banda óptica de 18 l's, entre 1270 y 1610 nm, espaciadas entre ellas 20 nm.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- Alrededor de 1.400 nm existe una atenuación alta debido al pico de absorción. Se fabrican fibras con este pico de absorción compensado.
- Luego fue DWDM (*Dense WDM*) . La ITU (G.692) define una banda óptica de 20 a 40 l's , entre 1530 y 1570 nm.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

- *Se usan 2 separaciones:*
  - 200 GHz (1.6 nm)
  - 100 GHz (0.8 nm)
- Ya hay disponible sistemas UWDM (*Ultradense WDM*) con separaciones más densas.
  - 50 GHz (0.4 nm)
  - 25 GHz (0.2 nm)

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

La idea es simple:

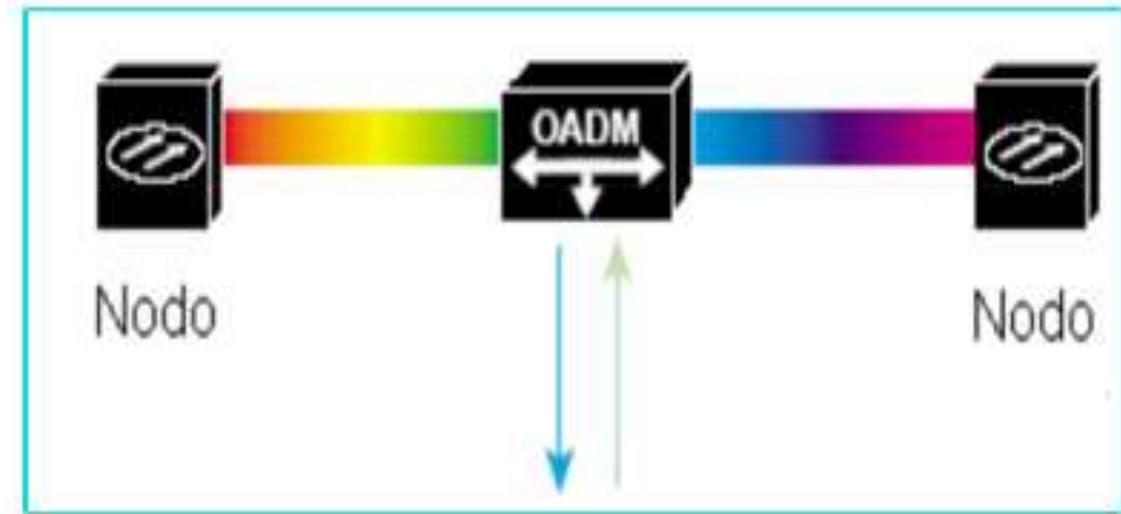
- Se quieren combinar múltiples áces de luz dentro de una única luz en el multiplexor, Hacer a operación inversa en el desmultiplexor.
- Combinar y dividir haces de luz se resuelve fácilmente mediante un prisma. Un prisma curva un rayo de luz basándose en el ángulo de incidencia y la frecuencia.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Topologías para DWDM

### Topología punto a punto

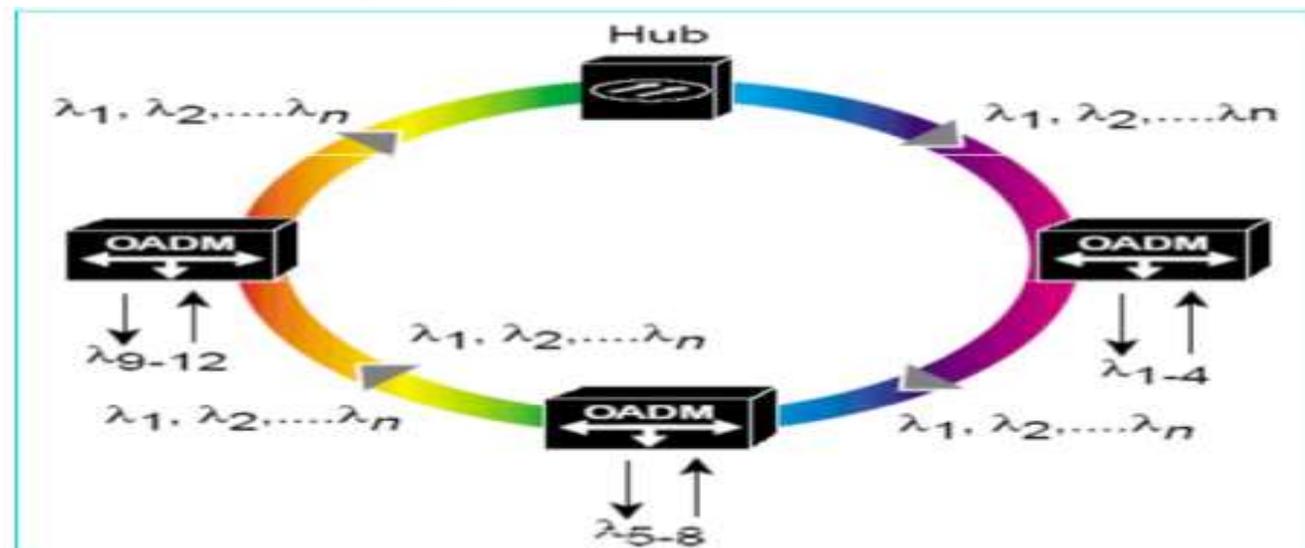
- La fibra y el tráfico son lineales.
- Se usan en redes de transporte WAN y de acceso metropolitano.
- Con o sin multiplexor óptico OADM. Son de alta velocidad; actualmente hasta 160 Gbps.
- Pueden cubrir varios cientos a miles de km, con menos de 10 amplificadores.
- En redes de acceso metropolitano no se necesitan amplificadores.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

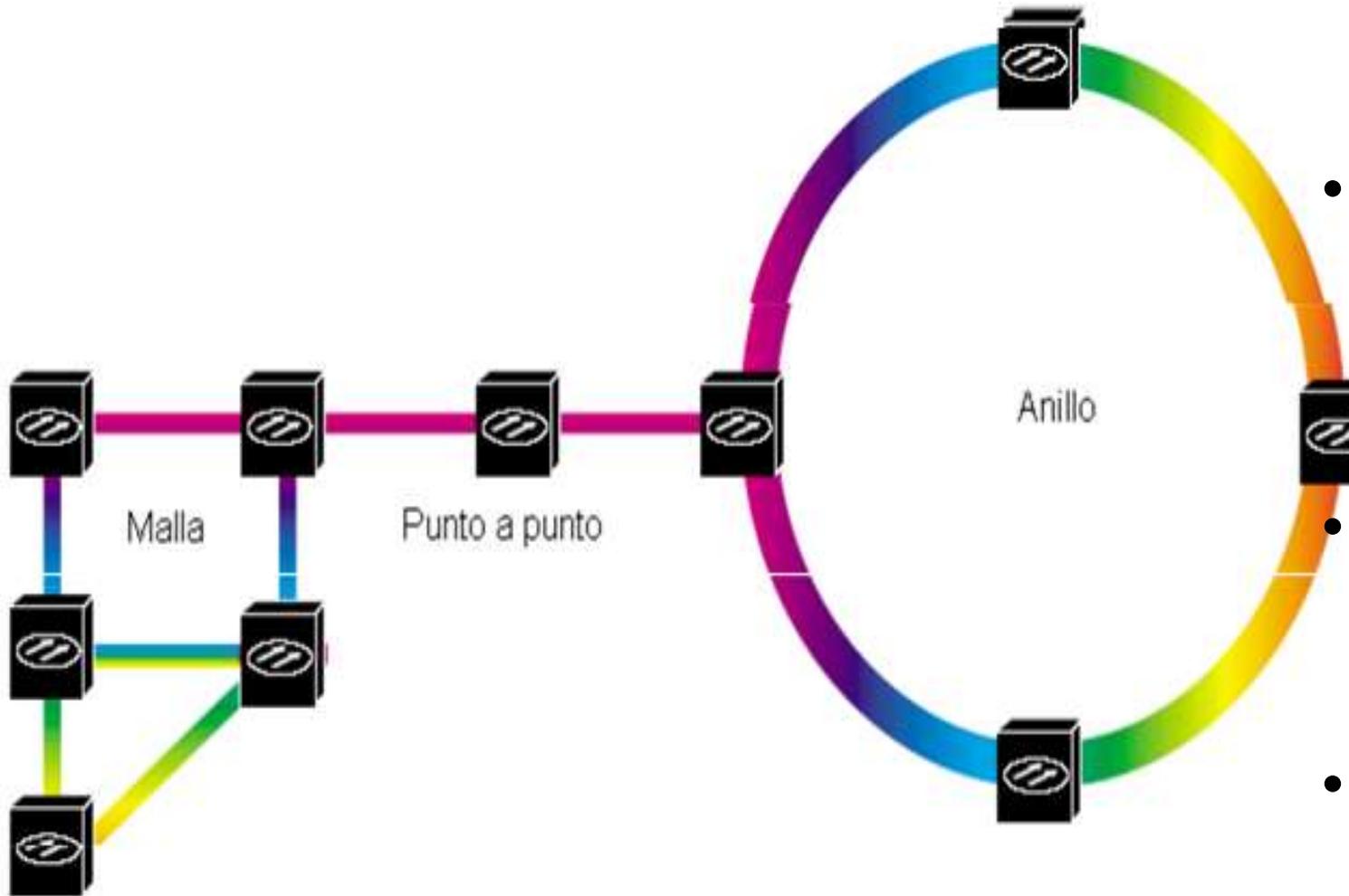
## Topología en anillo

- La fibra se instala en anillo. Los canales de tráfico se transmiten a través de los OADM hasta alcanzar su destino.
- Se usa en redes de acceso metropolitano; es típico que existan menos nodos que canales.
- La velocidad de tráfico está en el rango de 622 Mbps a 10 Gbps por canal, y pueden cubrir decenas de km sin amplificación.
- Las topologías en anillo permiten a los nodos OADM proporcionar el acceso para conectar routers, switches o servidores, agregando o ex trayen o canales en el dominio óptico.



# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Topología en Malla



- Todos los nodos ópticos se interconectan entre sí. Se usan en redes de acceso metropolitano.
- Requiere esquemas de protección con redundancia al sistema, tarjeta o nivel de fibra.
- La arquitectura en malla es el futuro de las arquitecturas en redes ópticas.

# FUNDAMENTOS DE TELECOMUNICACIONES

## Tarea

Realizar el cuadro sinóptico correspondiente a la unidad