

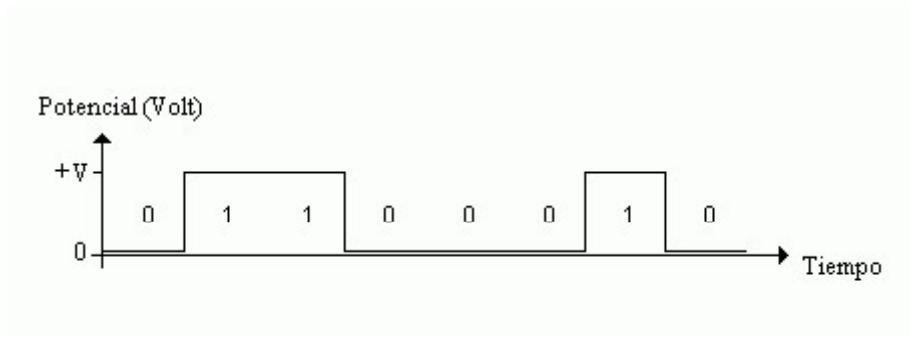
### 3.3 Señalización en banda base

Transmisión de la señal de información directamente al medio físico: transmisión de una señal de pulsos con información binaria.

#### Codificación binaria

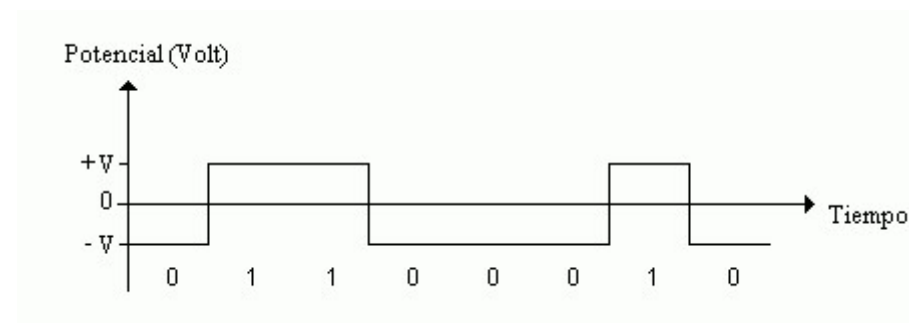
Cada valor lógico de la señal de información tiene asignado un nivel de tensión eléctrica (en general un valor de la magnitud física).

#### CODIFICACIÓN BINARIA SIN RETORNO A CERO



UNIPOLAR

Señal con sensibilidad al ruido (confusión de 1s y 0s). Solución: bipolaridad en niveles de tensión.



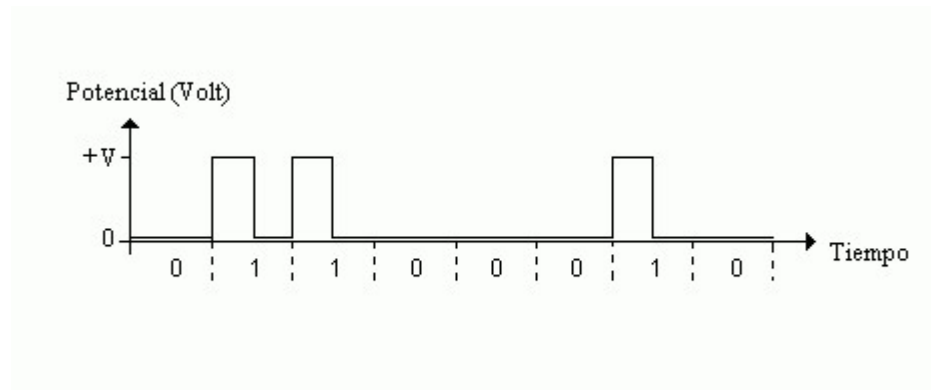
BIPOLAR

Ambas señales tienen problemas de sincronización al transmitir secuencias de 1s o 0s seguidas.

### 3.3 Señalización en banda base

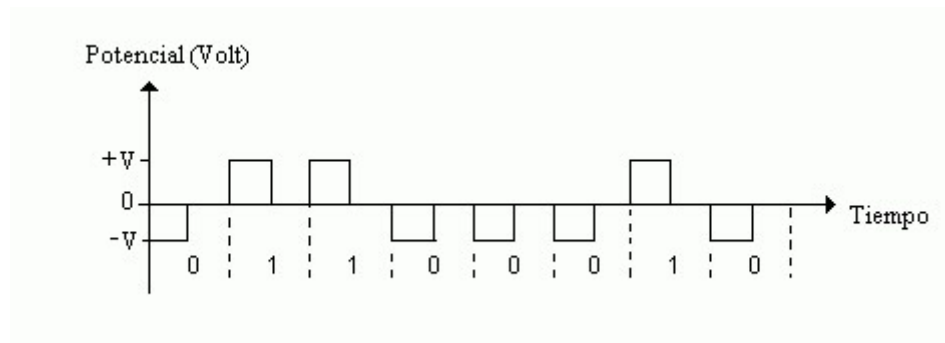
#### Codificación binaria

##### CODIFICACIÓN BINARIA CON RETORNO A CERO



UNIPOLAR

Señal con problemas de sincronización al transmitir secuencias de 0s seguidas.



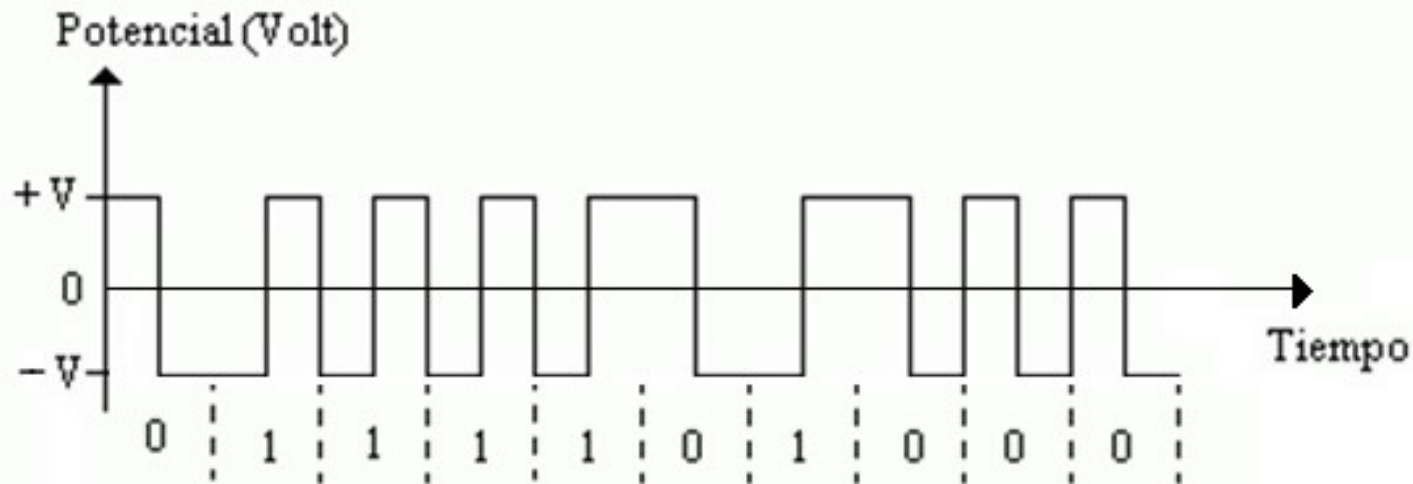
BIPOLAR

Señal compleja de interpretar por niveles de tensión. Alternativa: detección de cambios en los valores de tensión.

### 3.3 Señalización en banda base

#### Codificación Manchester

Cada valor lógico de la señal de información tiene asignado un tipo de transición en el cambio del valor de la tensión eléctrica (cambio en el valor de la magnitud física).



Señal con tolerancia al ruido y fácil de implementar electrónicamente para la lectura y transmisión de datos. Empleada en las primeras redes Ethernet.

### 3.4 Señalización en banda modulada

La señal de información a transmitir sufre un proceso de adaptación antes de su transmisión al medio físico.

Existen tres tipos de señales en la transmisión en banda modulada:

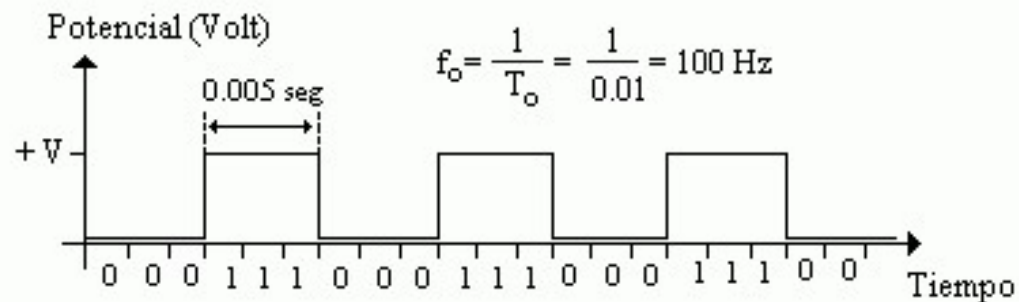
- Señal moduladora: señal de información a transmitir.
- Señal portadora: señal con unas características que permite su transmisión por el medio físico.
- Señal modulada: señal portadora transmitida en el medio modificada en función de las características de la señal moduladora.

### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación

Incorporación de la información de una señal **moduladora** en una señal **portadora** que puede ser transmitida de forma adecuada por un medio físico.

Ejemplo: Transmisión de una señal de pulsos por la red telefónica conmutada (RTC).



Componentes frecuenciales de la señal (armónicos): 100 Hz, 200 Hz, 300 Hz, 400 Hz...

Ancho de banda de RTC: 400 Hz - 4400 Hz  $\longrightarrow$  ¡¡¡ LA SEÑAL NO PUEDE SER TRANSMITIDA !!!

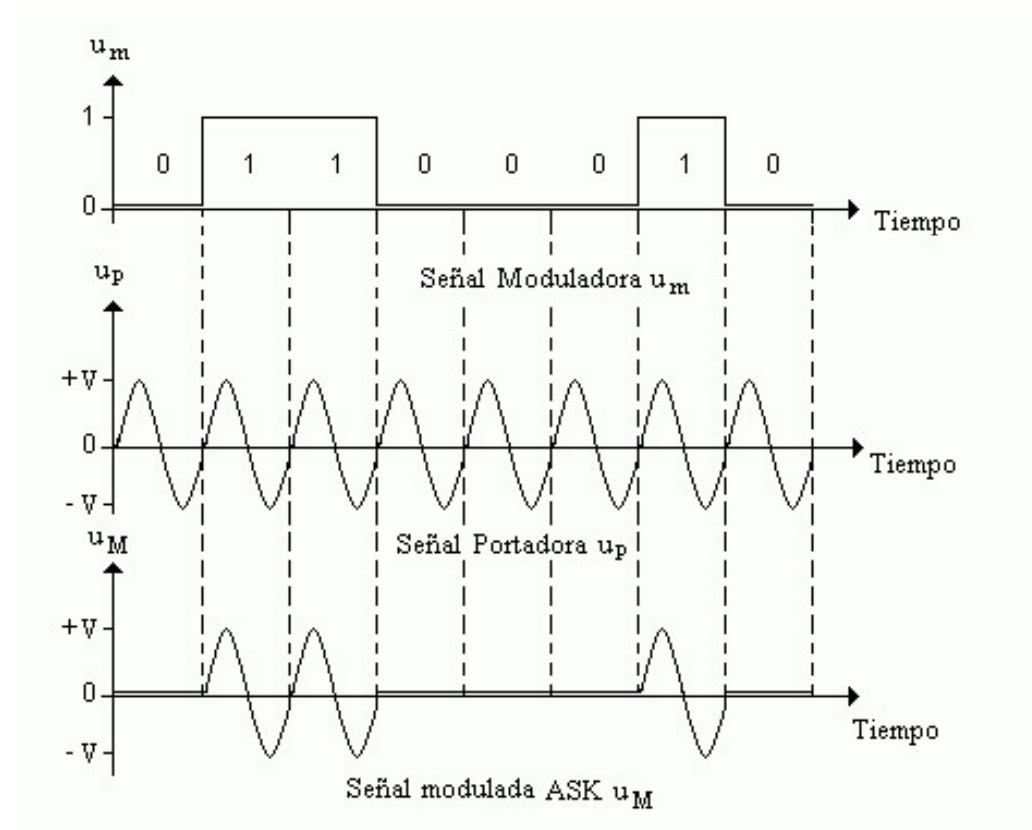
### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

**Señal moduladora:** DIGITAL (Señal de pulsos con información binaria)

**Señal portadora:** ANALÓGICA (Señales periódicas senoidales)

#### 1. Modulación por cambio en amplitud (ASK - Amplitude shift keying)

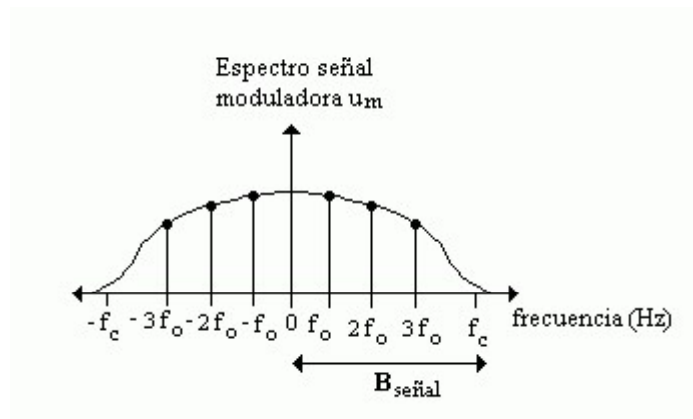


### 3.4 Señalización en banda modulada

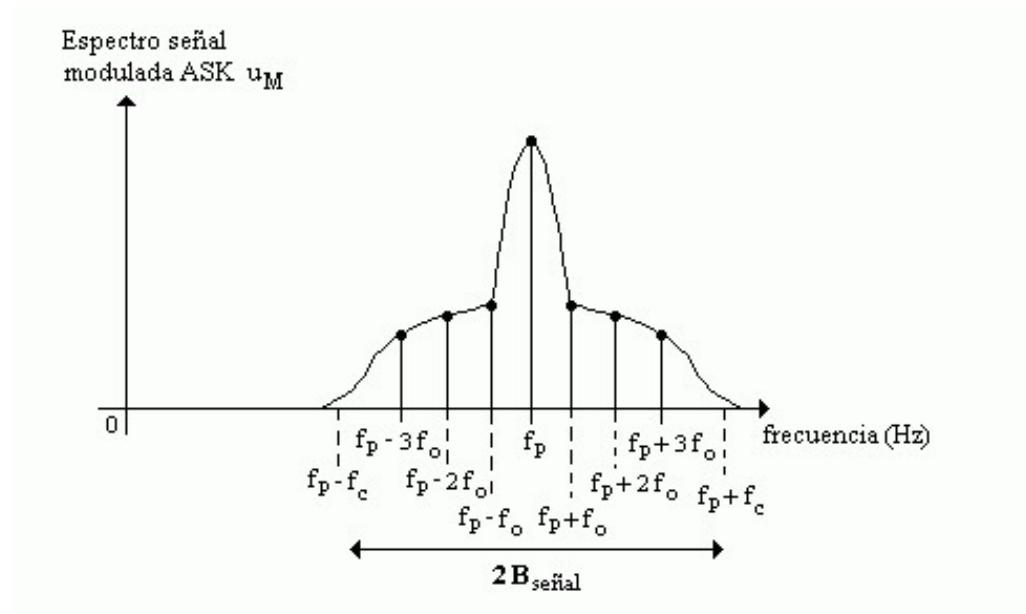
#### Modulación analógica

#### 1. Modulación por cambio en amplitud (ASK - Amplitude shift keying)

##### Espectro de potencia de la señal moduladora y modulada



Las componentes  $f_0, 2f_0, 3f_0$  ( $B_{\text{señal}}$ ) son las más importantes y no están en el rango del ancho de banda del medio físico.



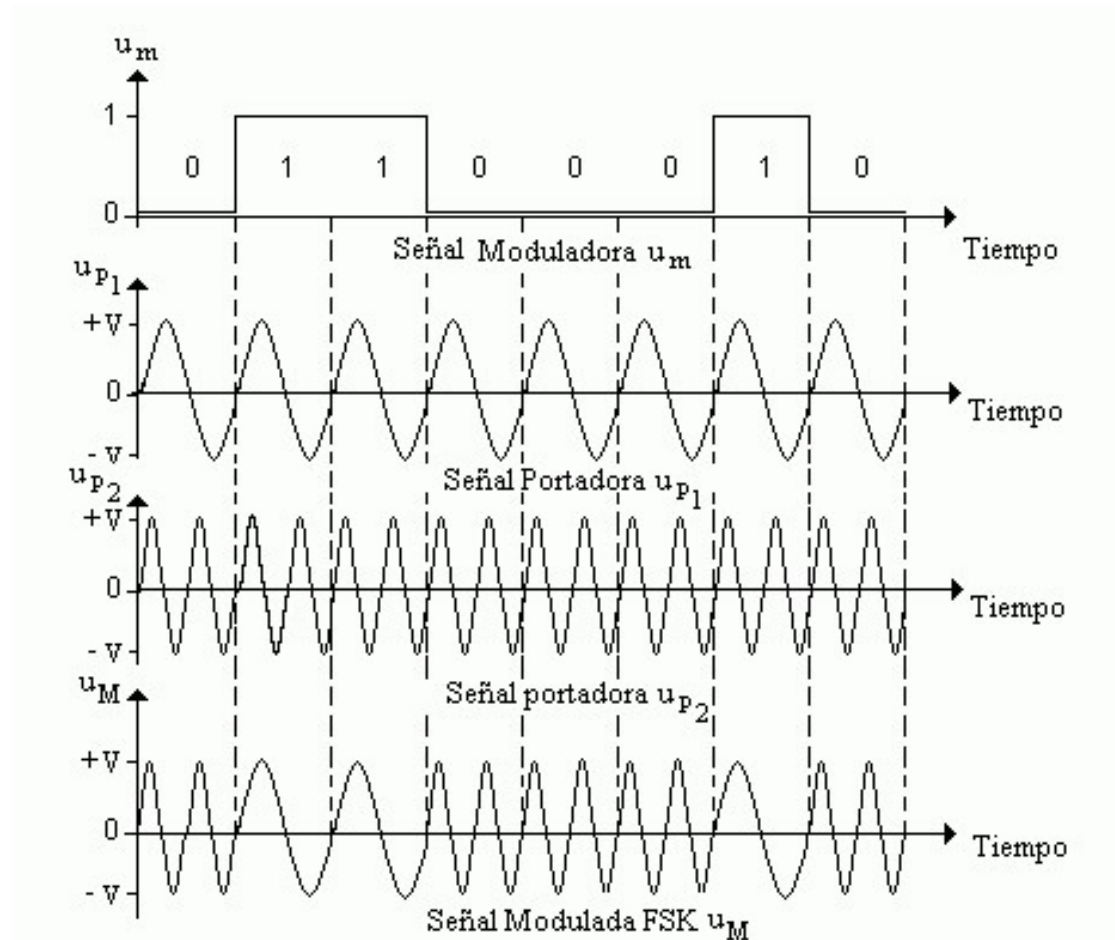
La modulación desplaza los valores de las componentes  $f_0, 2f_0, 3f_0$  a unos valores diferentes:  $f_p + f_0$ ,  $f_p + 2f_0$ ,  $f_p + 3f_0$ .

$f_p$  (frecuencia de la señal portadora) se elige para que esté en un valor de frecuencia dentro del ancho de banda del medio físico (las componentes de la señal se transmiten).

### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

#### 2. Modulación por cambio en frecuencia (FSK - Frequency shift keying)



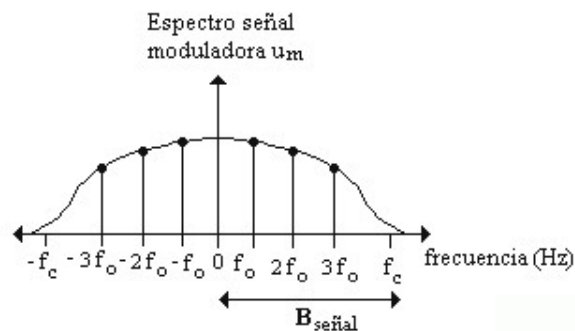


### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

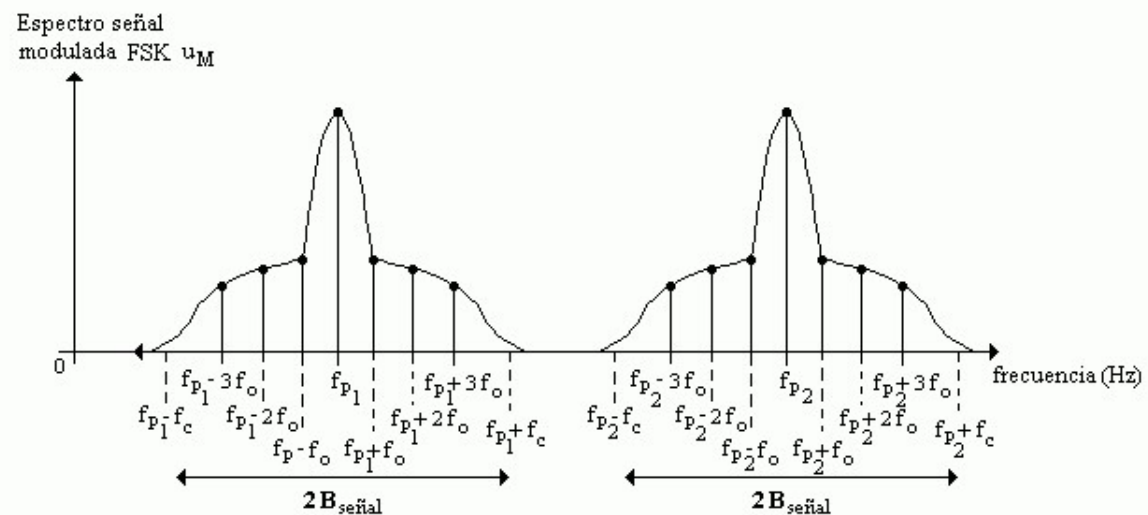
#### 2. Modulación por cambio en frecuencia (FSK - Frequency shift keying)

##### Espectro de potencia de la señal moduladora y modulada



A mayor velocidad de transmisión, mayor valor de frecuencia de las componentes  $f_o, 2f_o, 3f_o$

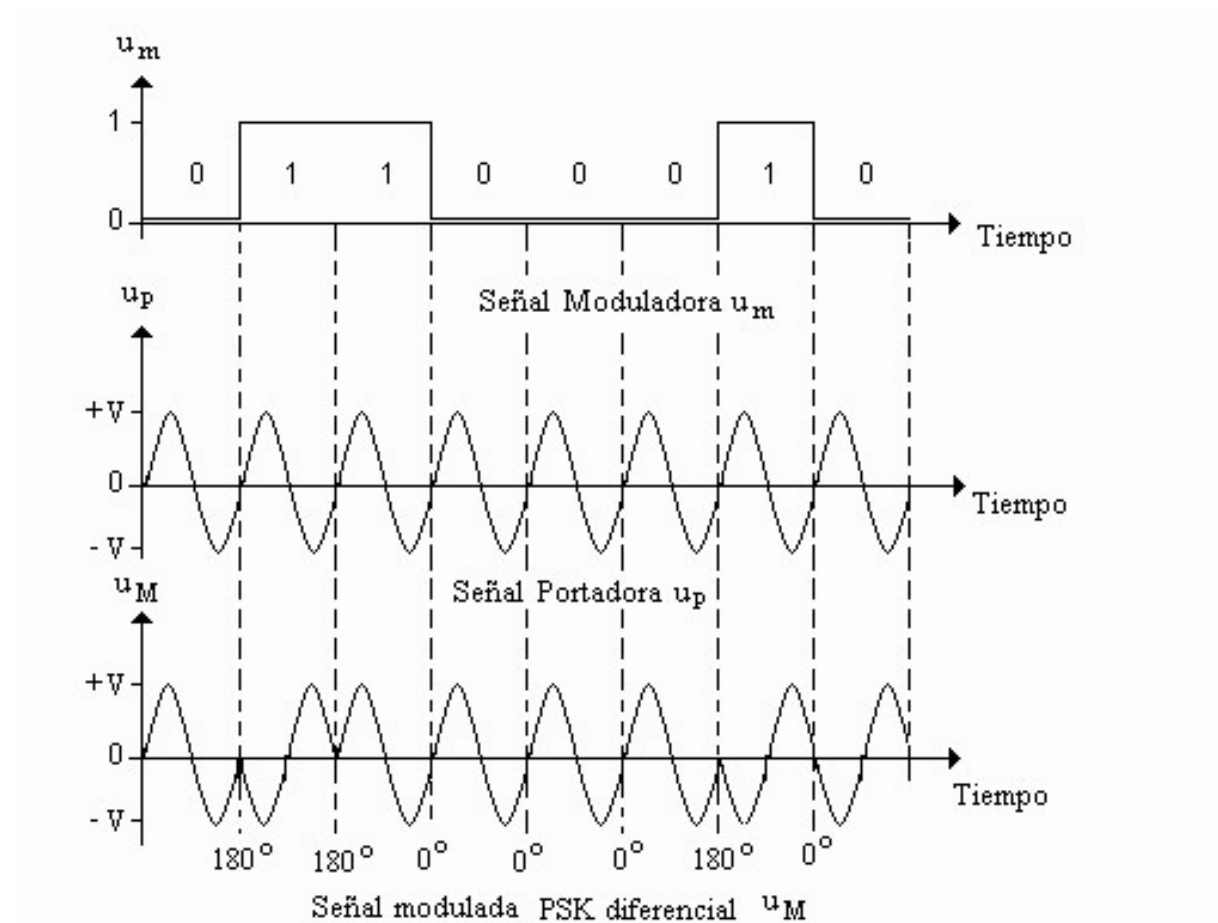
Con la modulación FSK es necesario un medio físico con mayor ancho de banda, por lo que la velocidad máxima de transmisión que se puede conseguir con FSK es menor que con ASK.



### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

#### 3. Modulación por cambio en fase (PSK - Phase shift keying)

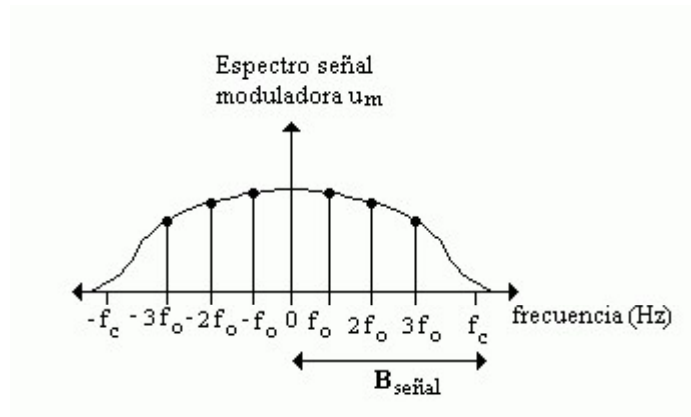


### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

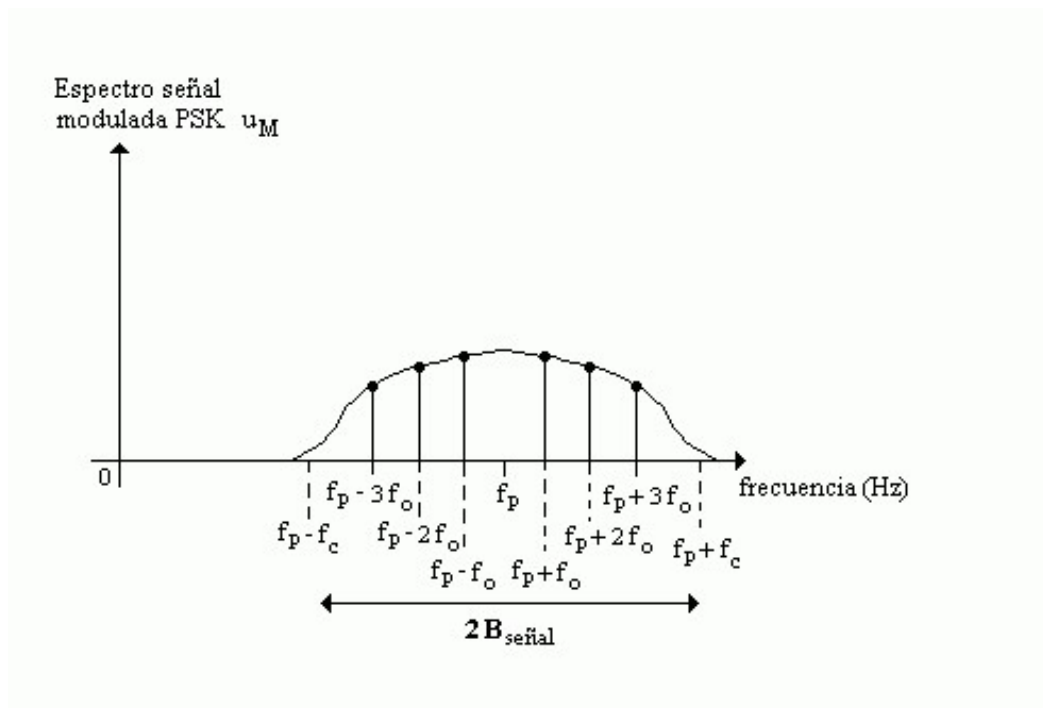
### 3. Modulación por cambio en fase (PSK - Phase shift keying)

#### Espectro de potencia de la señal moduladora y modulada



El ruido reduce la amplitud de las componentes frecuenciales de una señal.

La modulación PSK es menos sensible al ruido al no existir una componente  $f_p$  de gran amplitud.

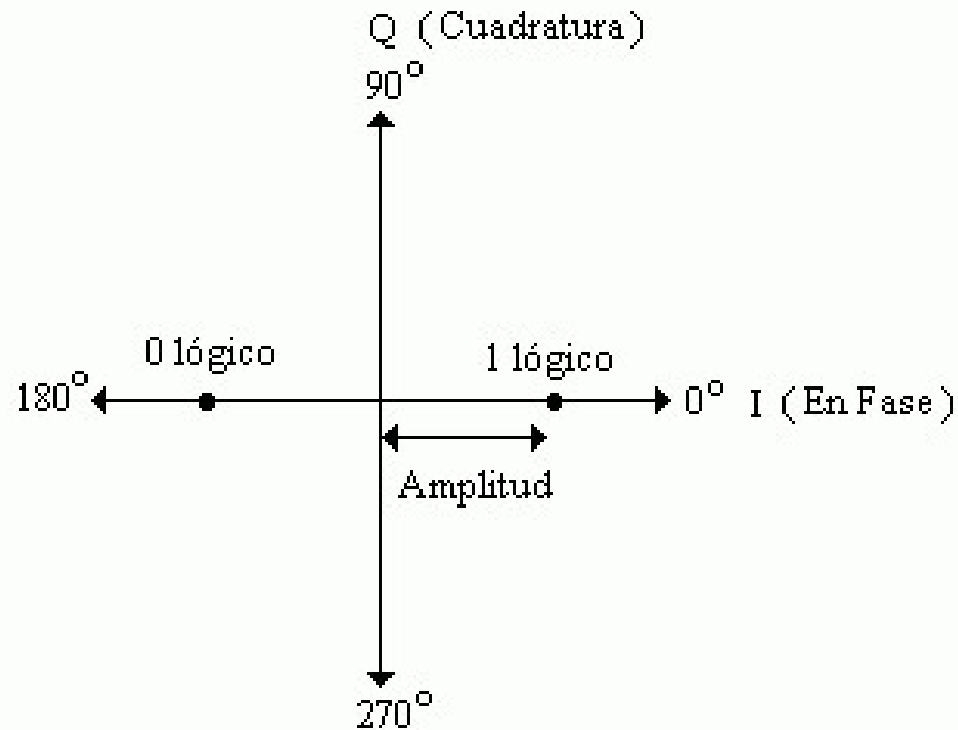


### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

#### 4. Métodos de modulación de múltiples niveles

##### Diagrama de fase

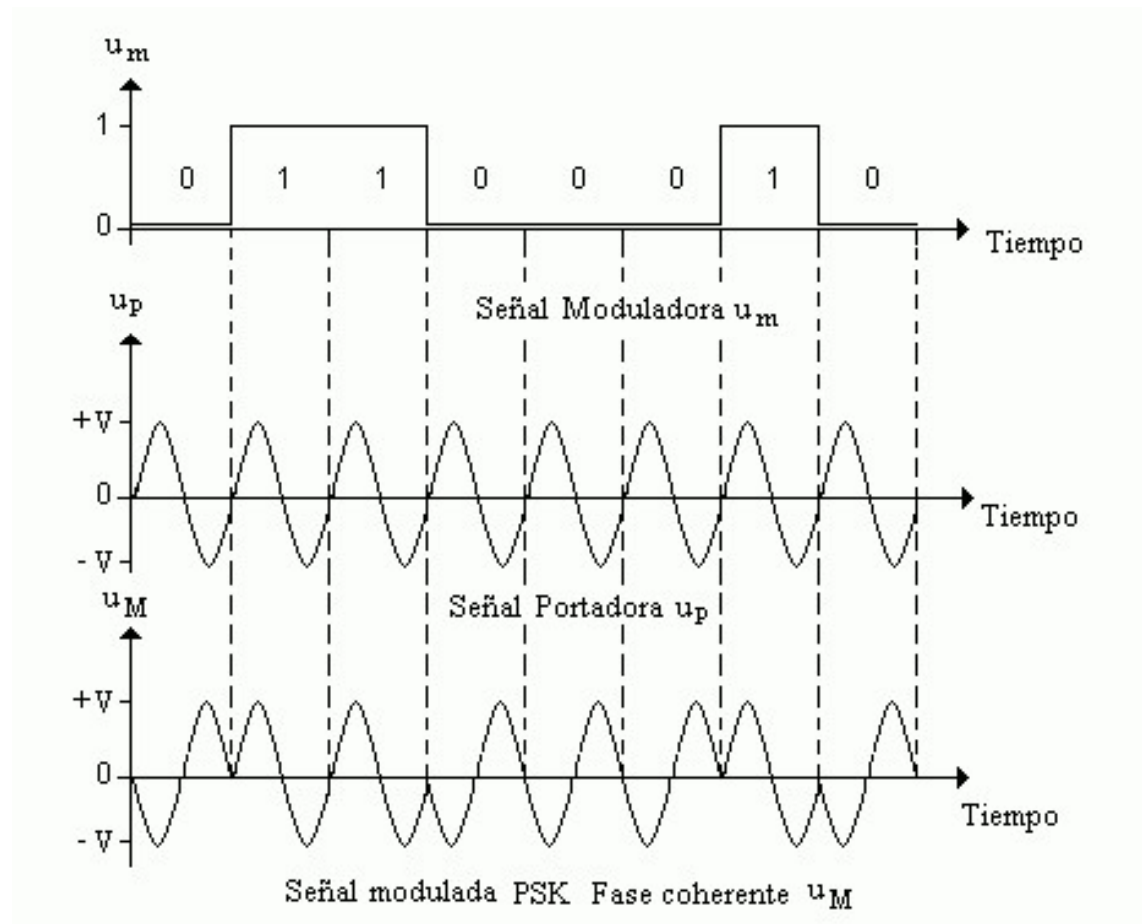


### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

#### 4. Métodos de modulación de múltiples niveles

##### Modulación PSK de fase coherente

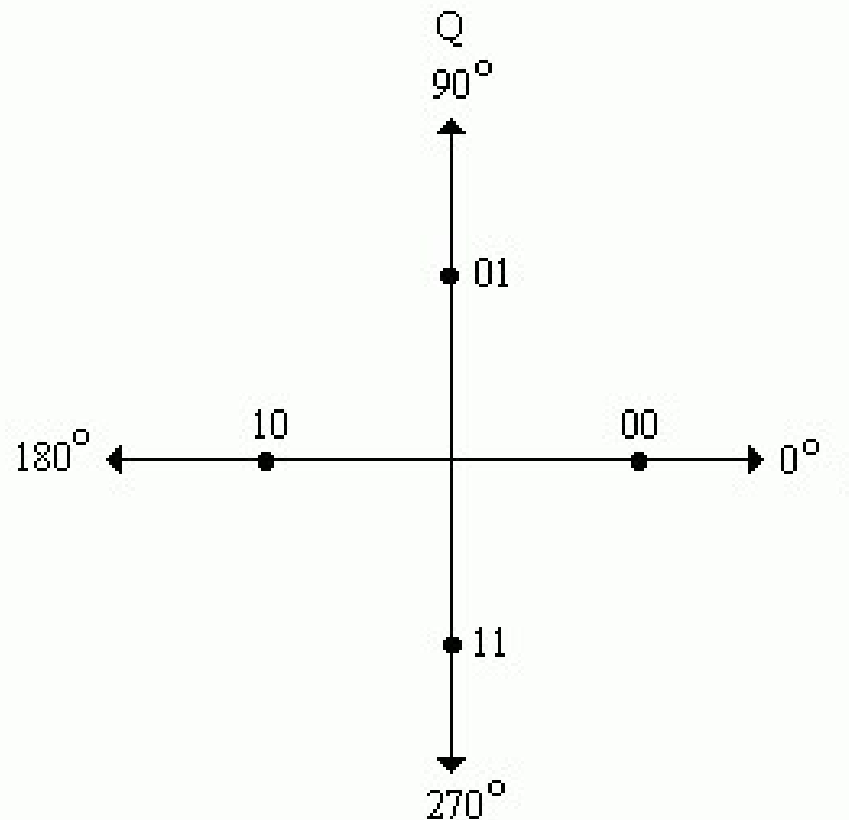


### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

#### 4. Métodos de modulación de múltiples niveles

Diagrama de fase de la modulación QPSK

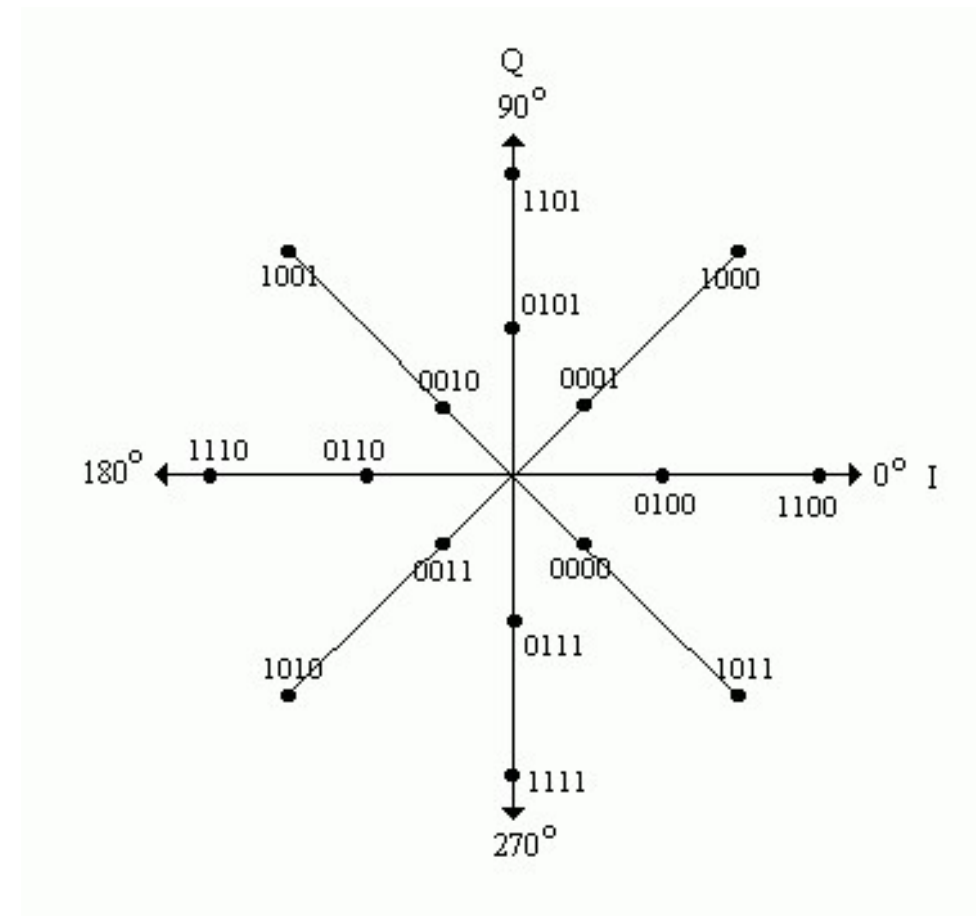


### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación analógica

#### 4. Métodos de modulación de múltiples niveles

##### Diagrama de fase de la modulación QAM



### 3.4 Señalización en banda modulada

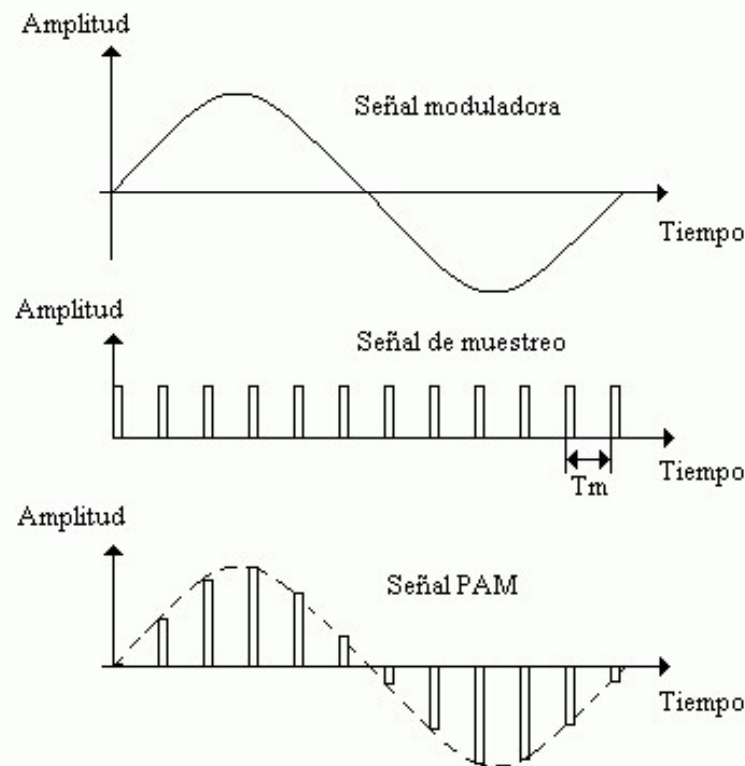
#### Modulación digital

**Señal moduladora:** ANALÓGICA (Señales periódicas senoidales)

**Señal portadora:** DIGITAL (Señal de pulsos)

Ejemplo: Transmisión de voz empleando señales de pulsos (RDSI)

#### Modulación por código de pulsos (PCM - Pulse code modulation)

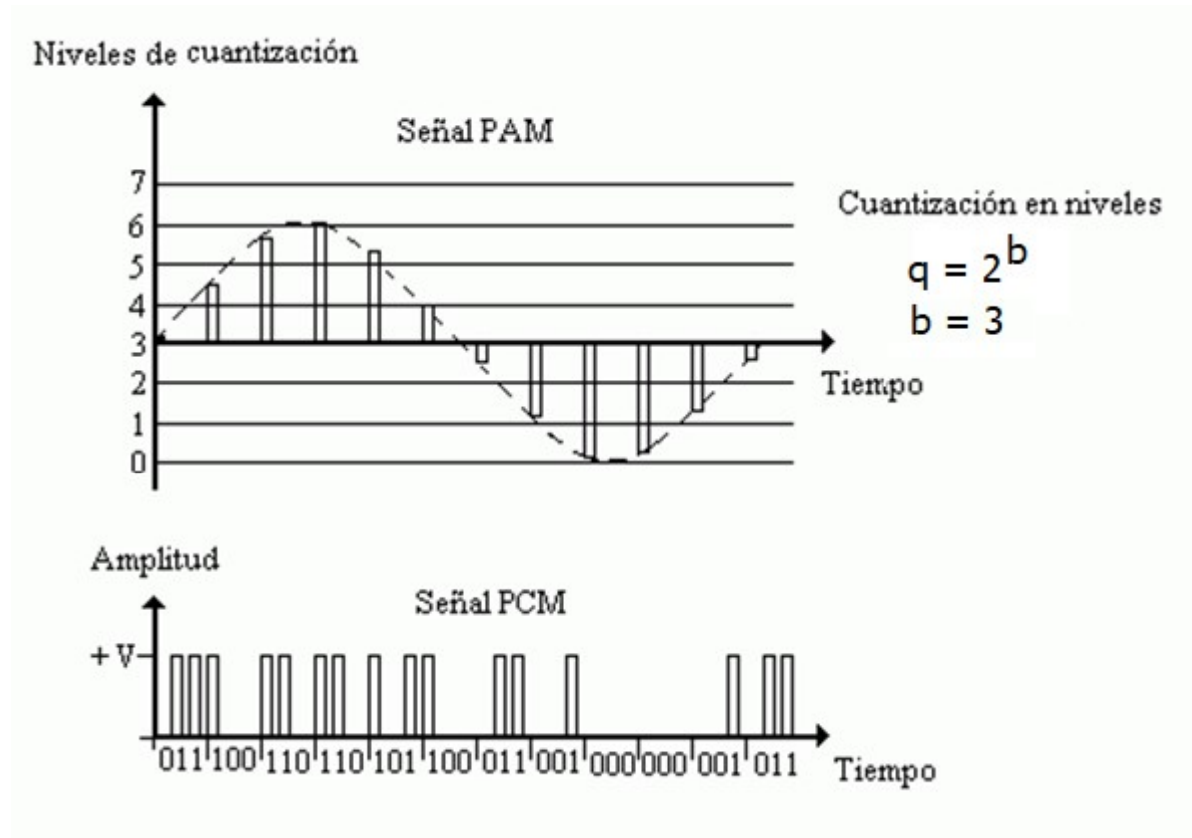


$$f_m = 2B_{señal}$$



### 3.4 Señalización en banda modulada

#### Modulación digital



$q$  = número de niveles de cuantización

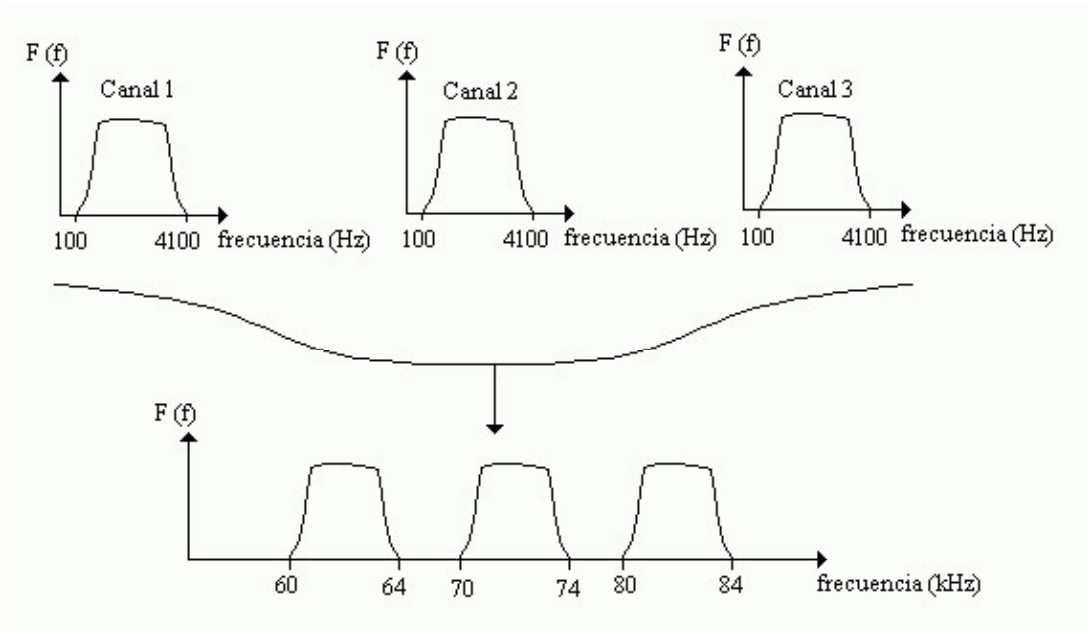
$b$  = número de bits de codificación para los niveles  $q$

$$V_{t-digital} = \frac{b}{T_{m-señal}} = b \cdot f_{m-señal} = b \cdot 2 \cdot B_{señal} \text{ bps}$$

## 3.5 Multiplexión

### Multiplexión por división de frecuencias (FDM)

Reparto de un medio físico entre varias fuentes de información asignando una zona del ancho de banda a cada fuente.



$$B_{medio} = c \cdot (B_{canal} + \Delta B) \text{ Hz} \quad c = \text{número de canales a multiplexar}$$

La multiplexión FDM emplea la modulación para compartir el medio físico de transmisión.

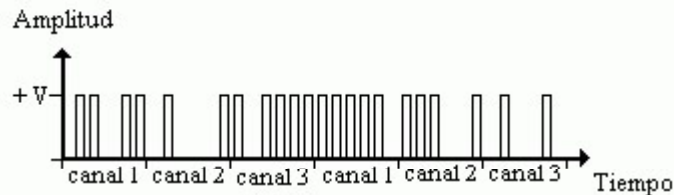
## 3.5 Multiplexión

### Multiplexión por división en el tiempo (TDM)

Reparto de un medio físico entre varias fuentes de información asignando un tiempo de uso del medio a cada fuente. **Solo es posible con señales digitales (pulsos).**

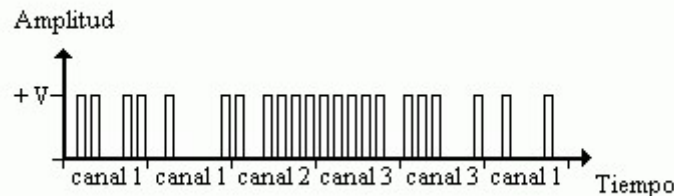
#### 1. TDM síncrona

Cada fuente tiene asignada una misma posición temporal periódica en el uso del medio de transmisión.



#### 2. TDM estadística

Cada fuente no tiene asignada una misma posición temporal periódica en el uso del medio de transmisión.



## 3.5 Multiplexión

### Multiplexión por división en el tiempo (TDM)

#### Ejemplo de TDM síncrona: multiplexión de canales digitales de voz en RDSI

Digitalización PCM de un canal de voz (4000 Hz) empleando 256 niveles de amplitud para la señal de voz.

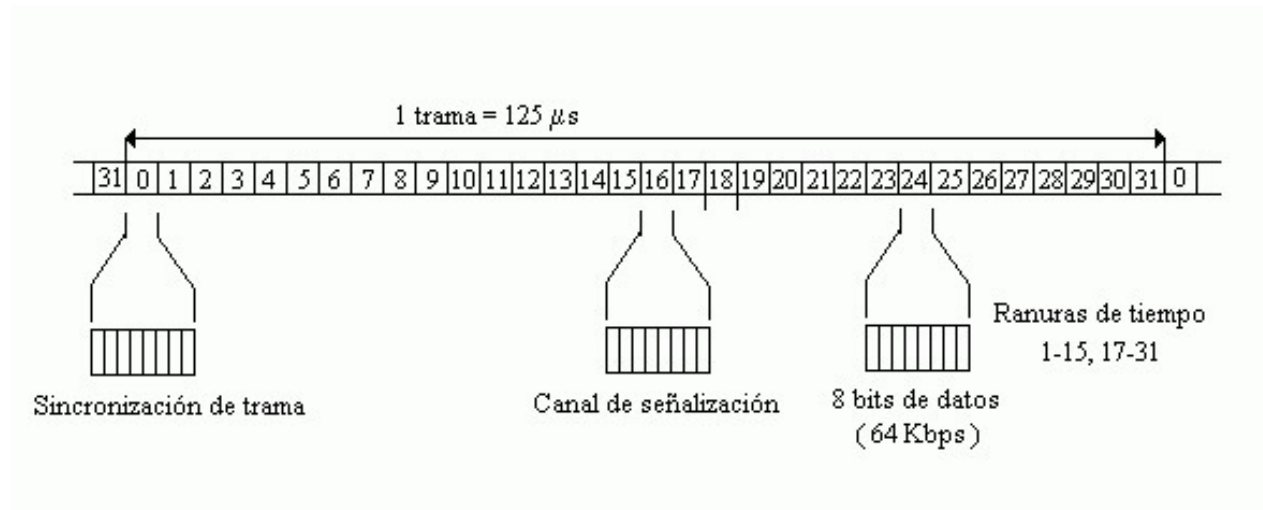
$$f_m = 2B_{voz} = 2 \cdot 4000 = 8000 \text{ Hz}$$

$$T_m = \frac{1}{f_m} = 125 \mu\text{seg}$$



$$V_{t \text{ canal de voz}} = \frac{8}{T_m} = \frac{8}{125 \mu\text{seg}} = 64000 \text{ bps}$$

#### Normativa Europa



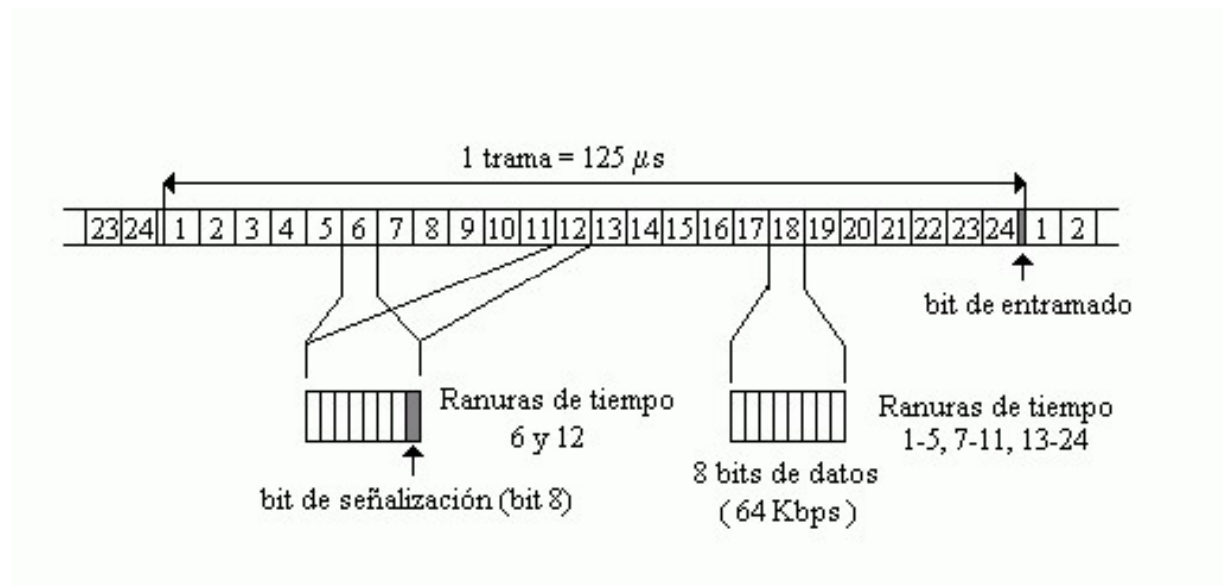
$$V_{t \text{ canal multiplexado}} = \frac{32 \cdot 8}{125 \mu\text{sec}} = 2.048 \text{ Mbps}$$

### 3.5 Multiplexión

#### Multiplexión por división en el tiempo (TDM)

Ejemplo de TDM síncrona: multiplexión de canales digitales de voz en RDSI

##### Normativa EEUU-Japón



$$V_{t \text{ canal multiplexado}} = \frac{24 \cdot 8 + 1}{125 \mu \text{sec}} = 1.544 \text{ Mbps}$$