



Universidad Tecnológica Nacional  
Facultad Regional Haedo  
Departamento de Ingeniería Electrónica

# *SISTEMAS DE COMUNICACIONES*

**Modulación de pulsos**

# Modulaciones de pulso

Modulación  
de  
Pulsos

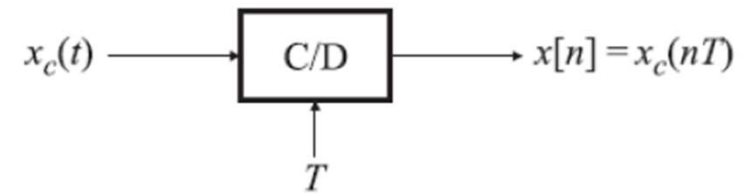
**PAM:** La amplitud del pulso es proporcional a la modulante.

**PWM:** El ancho del pulso es proporcional a la modulante.

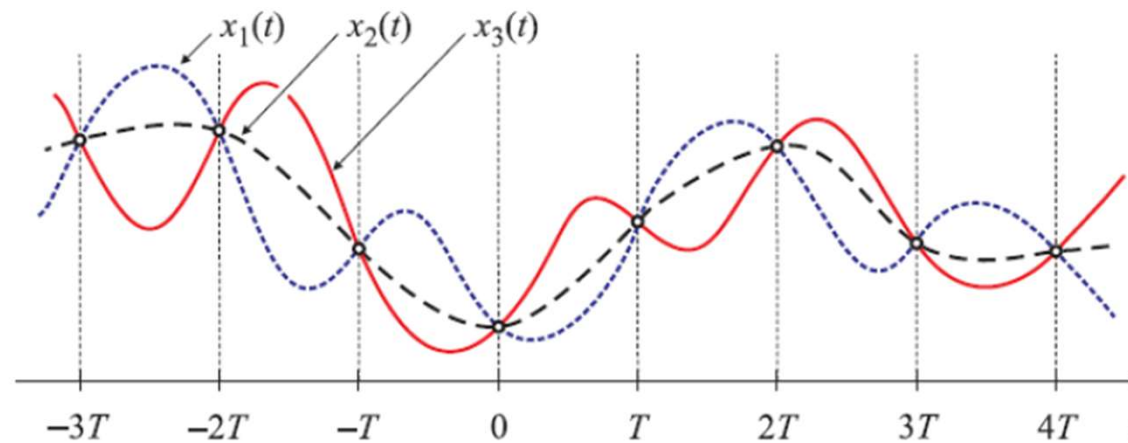
**PPM:** La posición del pulso es proporcional a la modulante.

**PCM:** La de la modulante se codifica en bits dentro del pulso.

# Continua a Discreta



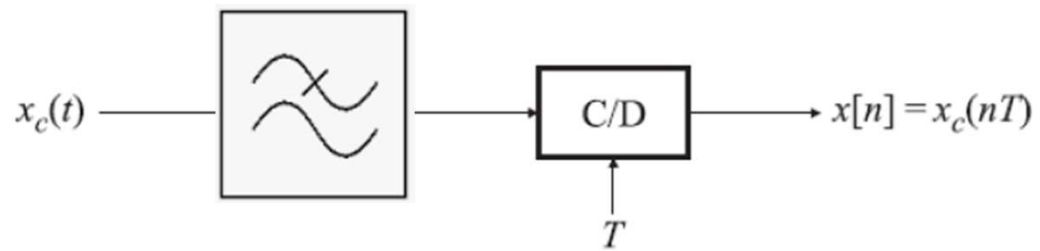
# Indeterminación



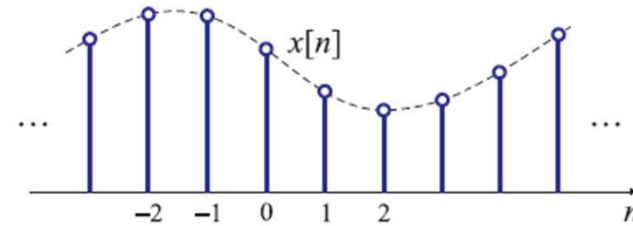
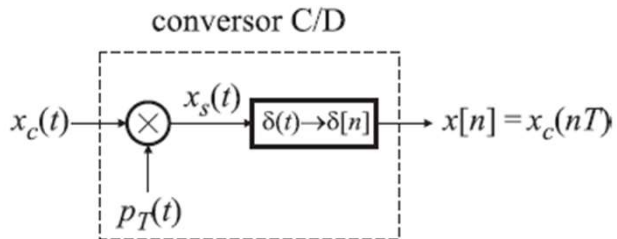
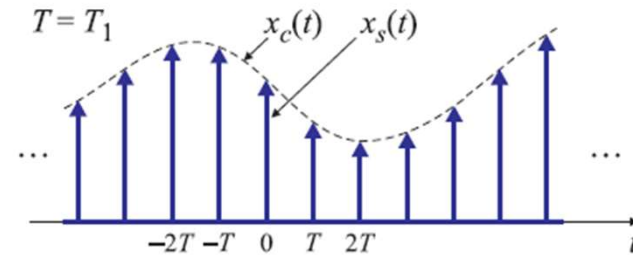
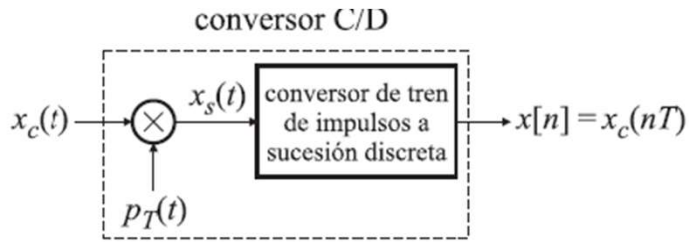
! Tres señales de tiempo continuo que toman idénticos valores en los enteros múltiplos de  $T$ .

La ambigüedad inherente al proceso de muestreo es una característica fundamental en el procesamiento de señales. Afortunadamente es posible remover esta ambigüedad **restringiendo la clase de señales** aplicadas al muestreador

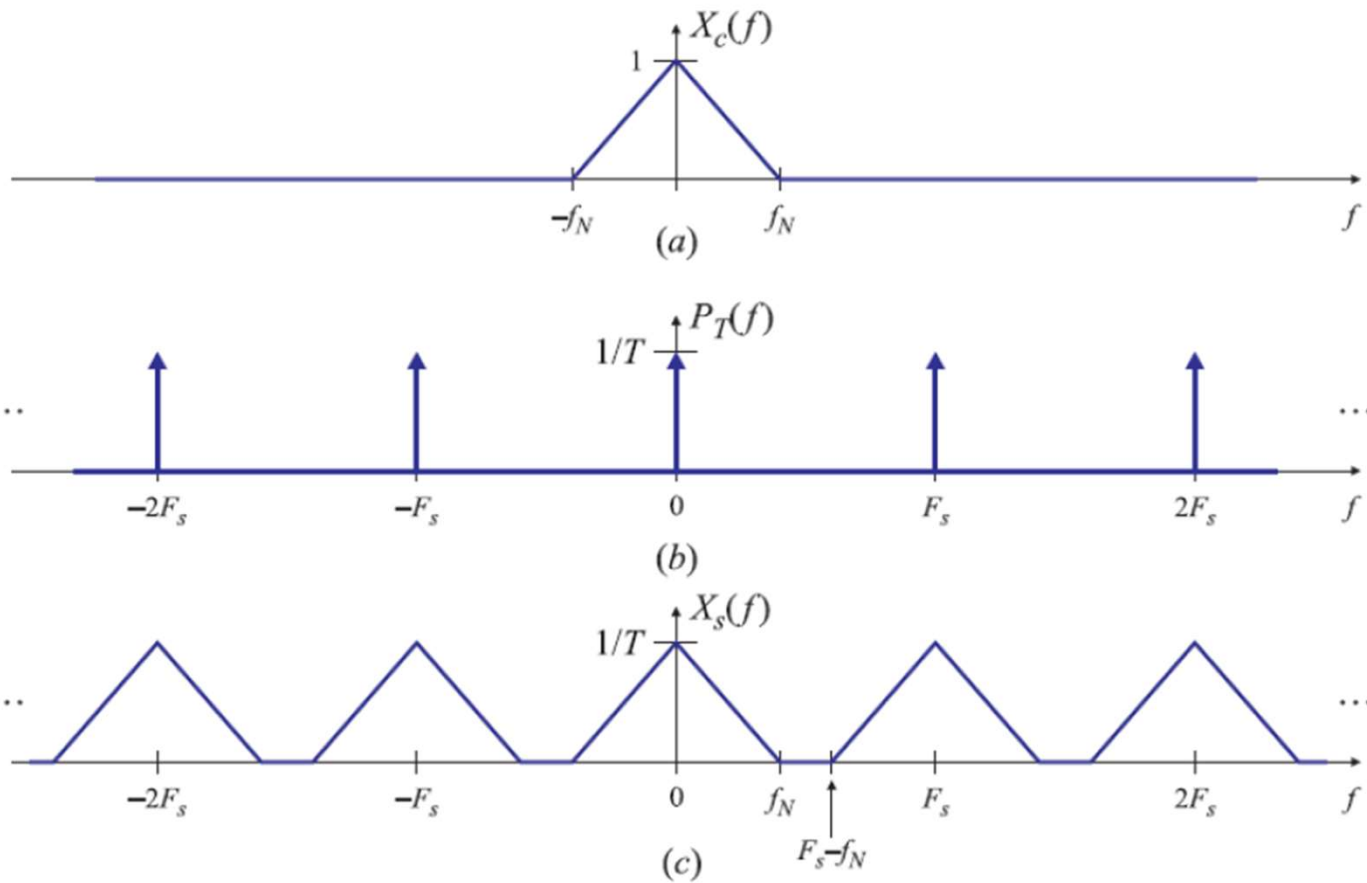
## Continua a Discreta (2)



# Muestreo

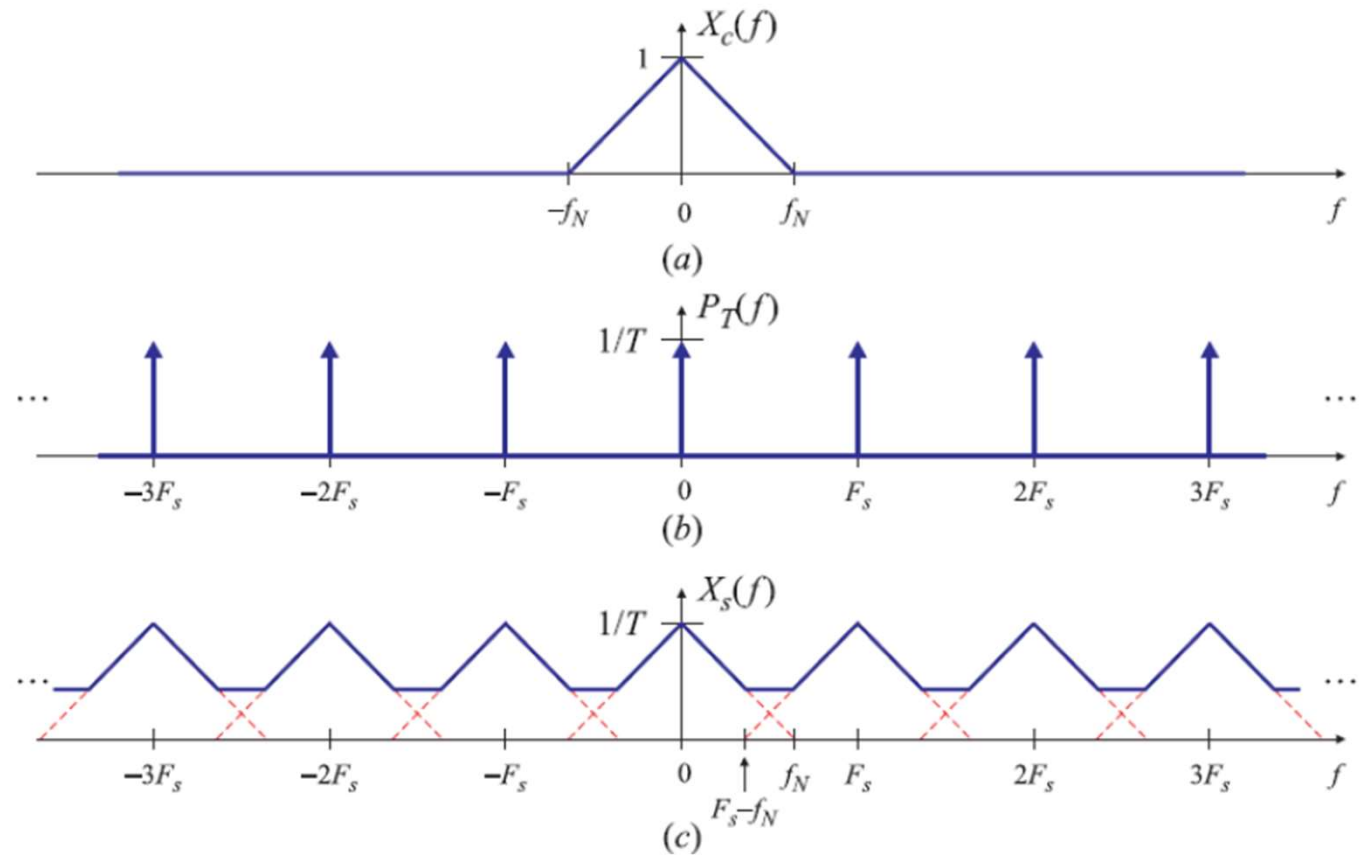


# Espectro de muestreo ideal



# Aliasing

Si la desigualdad  $F_s > 2f_N$  no se satisface, es decir, si  $F_s < 2f_N$  las réplicas desplazadas de  $X_c(f)$  se superponen como se representa





# Teorema del muestreo

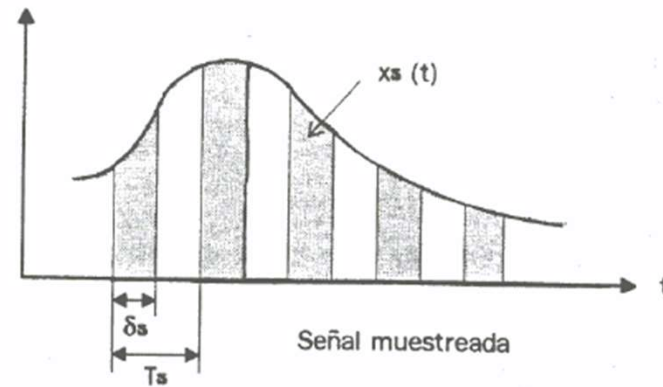
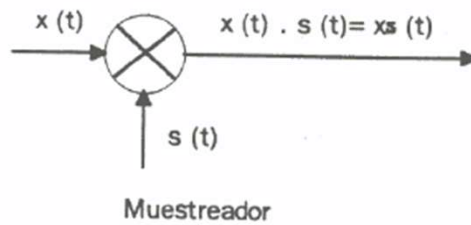
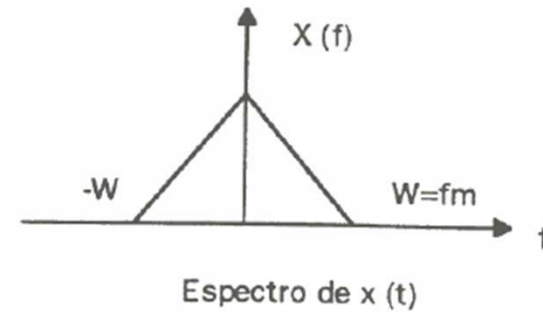
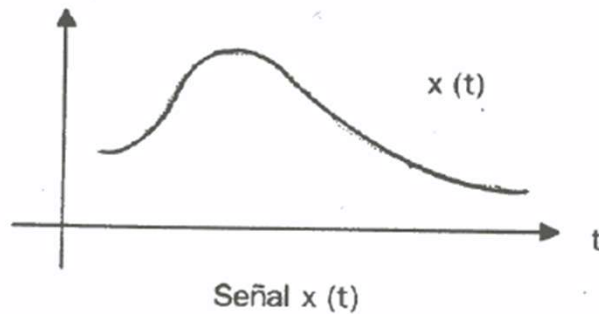
Sea  $x_c(t)$  una señal de banda limitada, cuya transformada de Fourier satisface  $X_c(f) = 0$  para  $|f| > f_N$ ; Entonces  $x_c(t)$  puede determinarse de manera única a partir de sus muestras

$$x[n] = x_c(nT), n \in \mathbb{N}, \text{ si } F_s = 1/T > 2 f_N.$$

La frecuencia  $f_N$  se conoce como frecuencia de Nyquist, y la frecuencia  $2 f_N$  que debe ser menor que la frecuencia de muestreo  $F_s$  se denomina tasa de Nyquist. Si la señal muestreada satisface las hipótesis del teorema del muestreo, como ocurre con el espectro de la Fig. 5.3, es posible recuperar el espectro original filtrando la señal  $x_s(t)$  con un filtro pasabajos de ancho de banda adecuado.

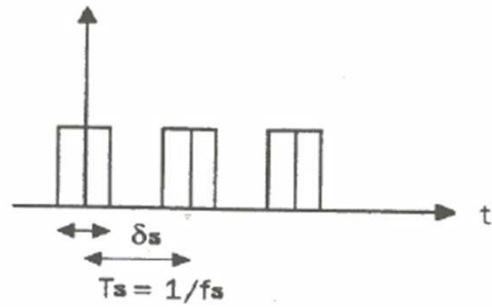
# Modulación PAM

Si a  $x(t)$  se la multiplica por un tren de pulsos rectangulares se obtiene la señal muestreada  $x_s(t)$ .

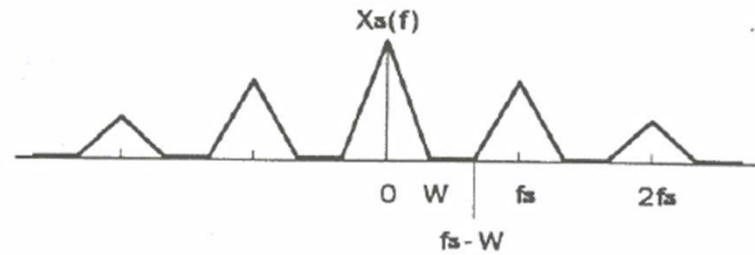


# Modulación PAM

...



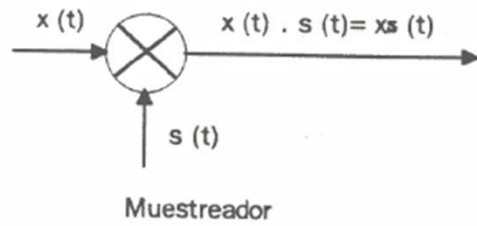
Fución Sampling



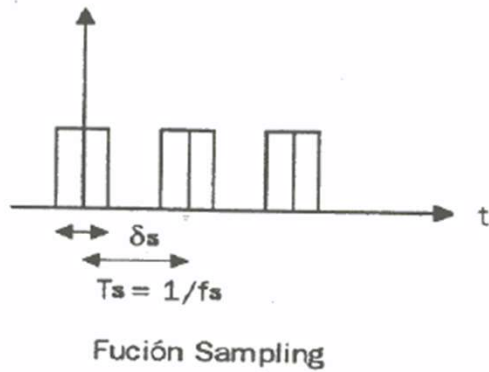
Espectro de una señal muestreada

# Modulación PAM

## Natural Vs S&H

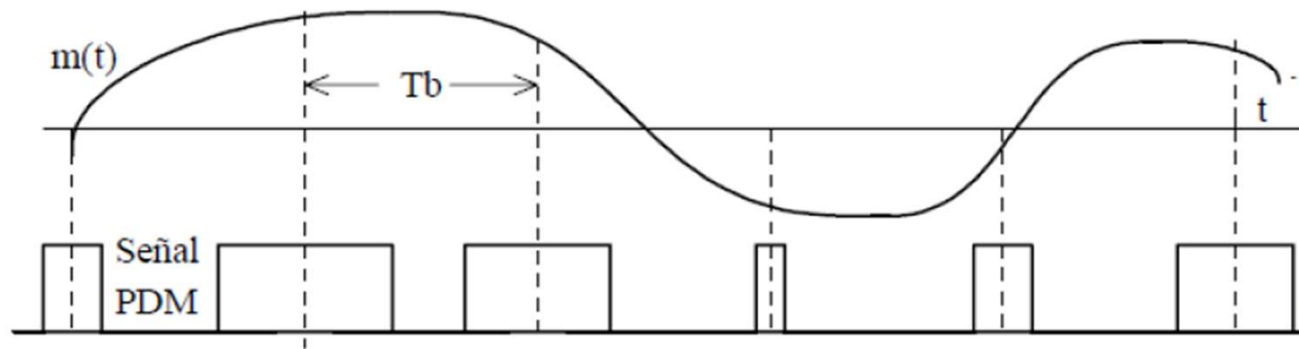


S&H



# Modulación PWM (ó PDM)

## Definición

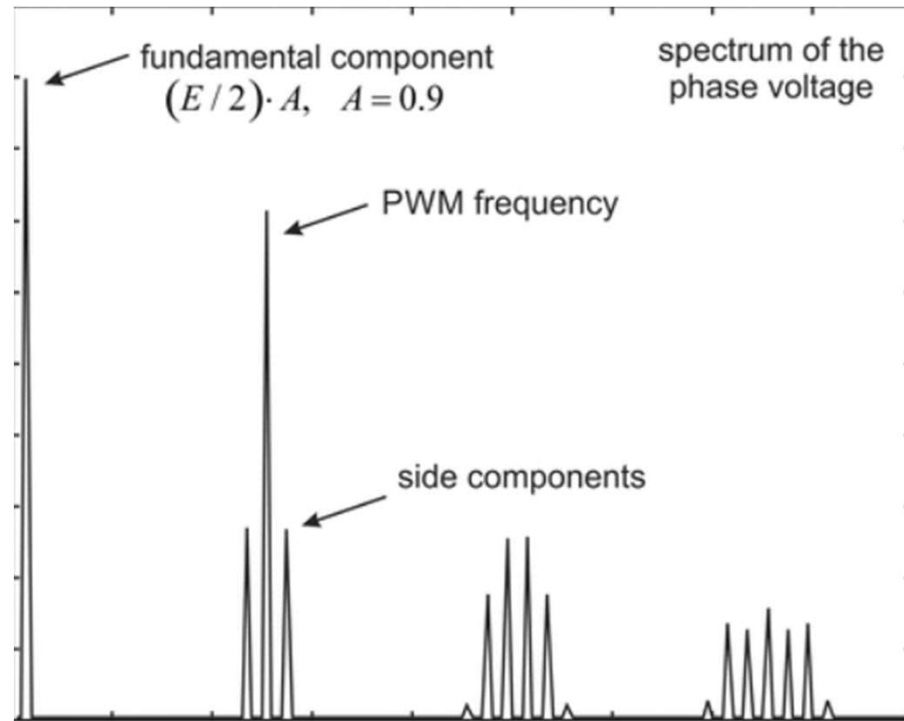


Modulación de la Duración de Impulsos **PDM**

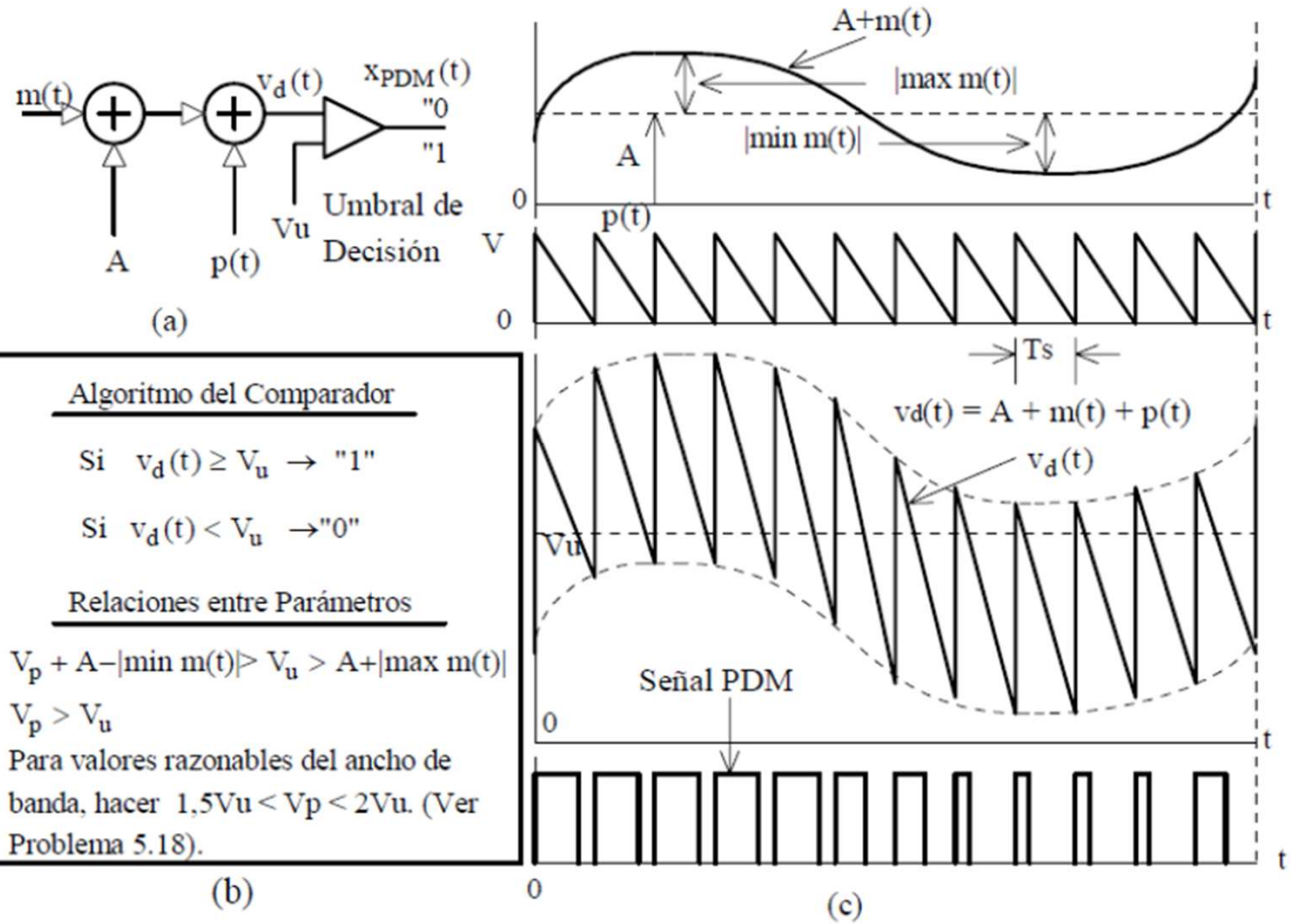
o **PWM**

# Modulación PWM

## Espectro

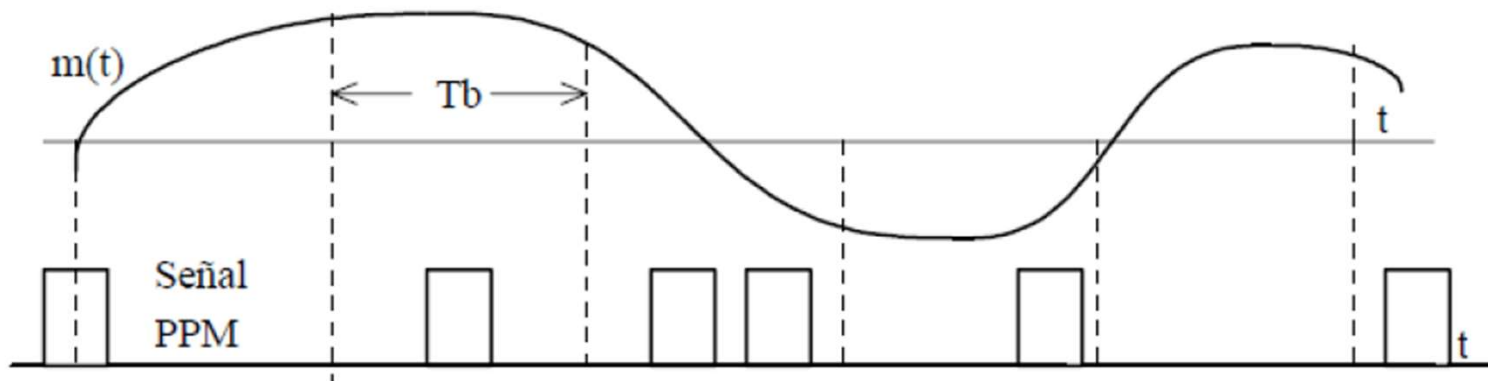


# Generación PWM



# Modulación PPM

## Definición

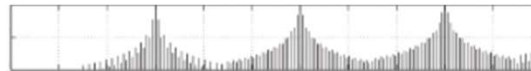
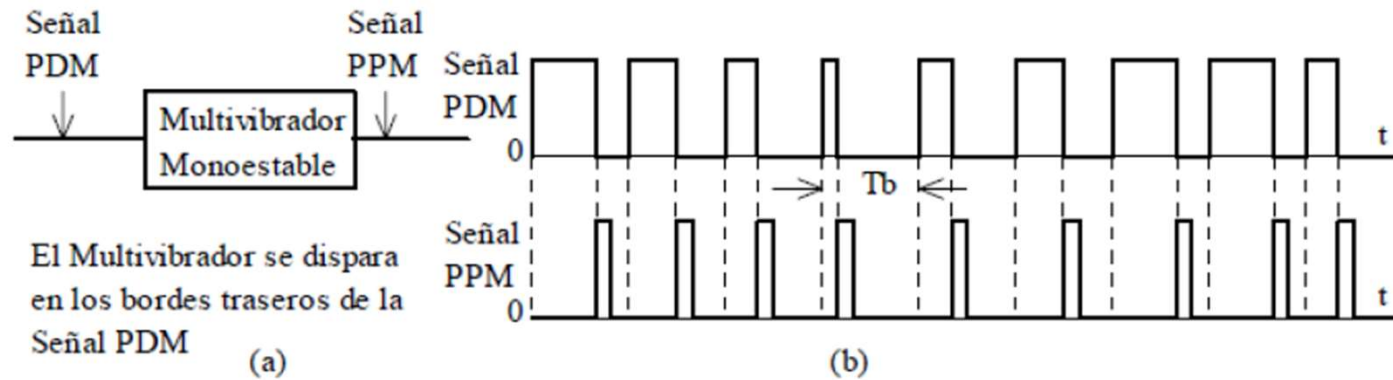


Modulación por Posición de Impulsos PPM.



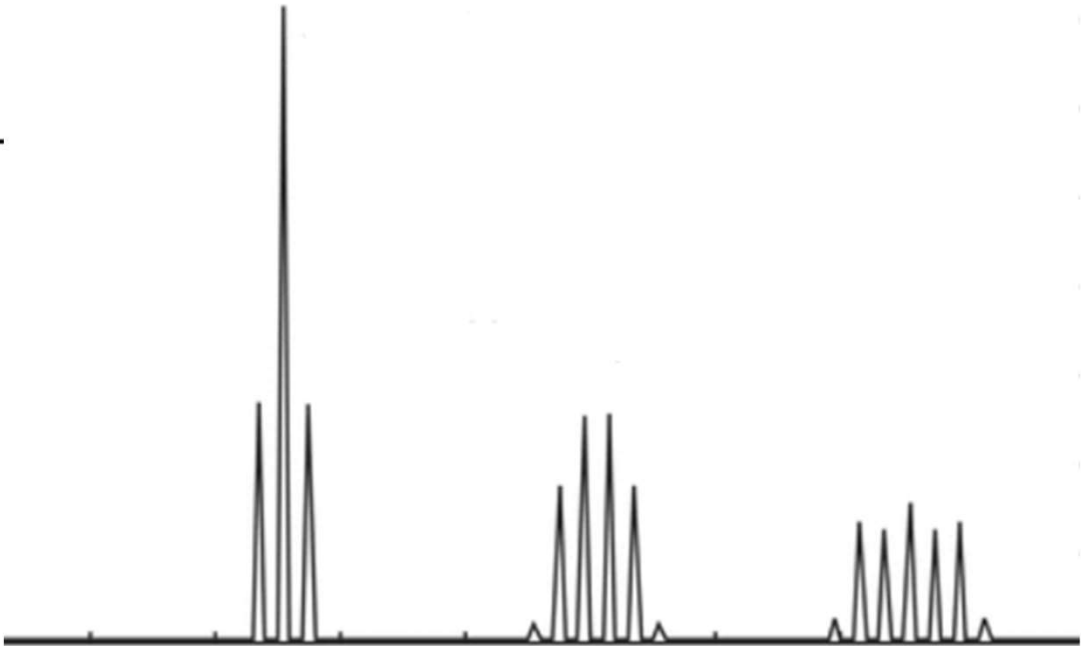
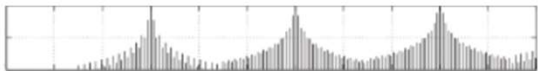
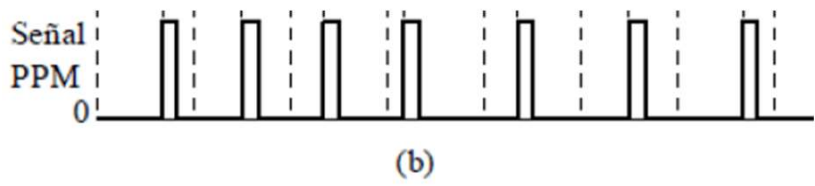
# Modulación PPM

## Generación



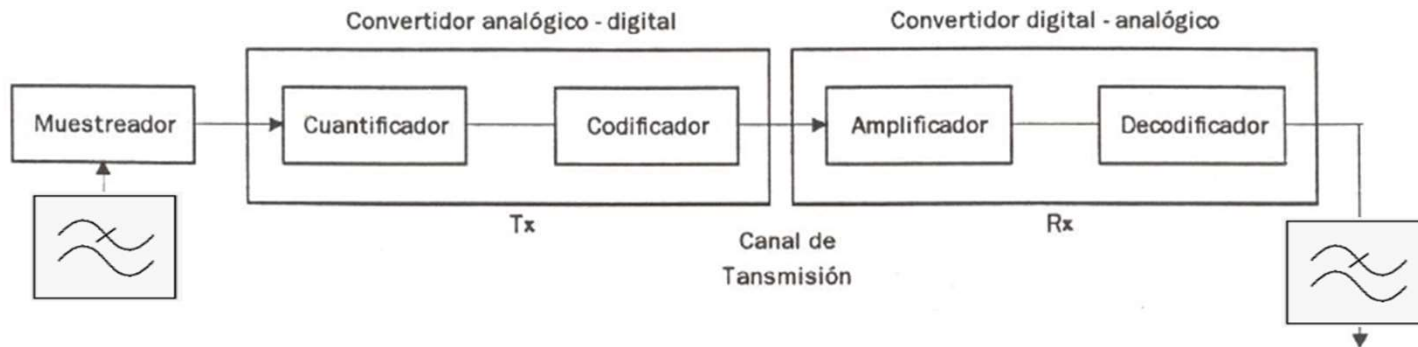
# PPM

Espectro



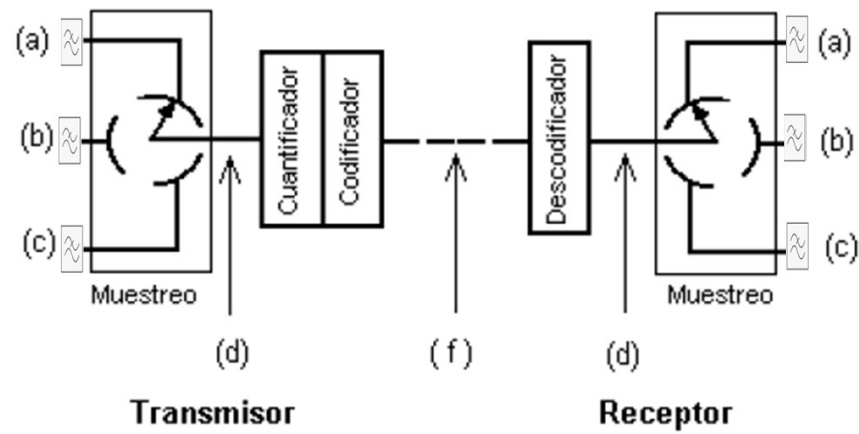
# Modulación PCM (MIC)

bloques básicos de un sistema PCM



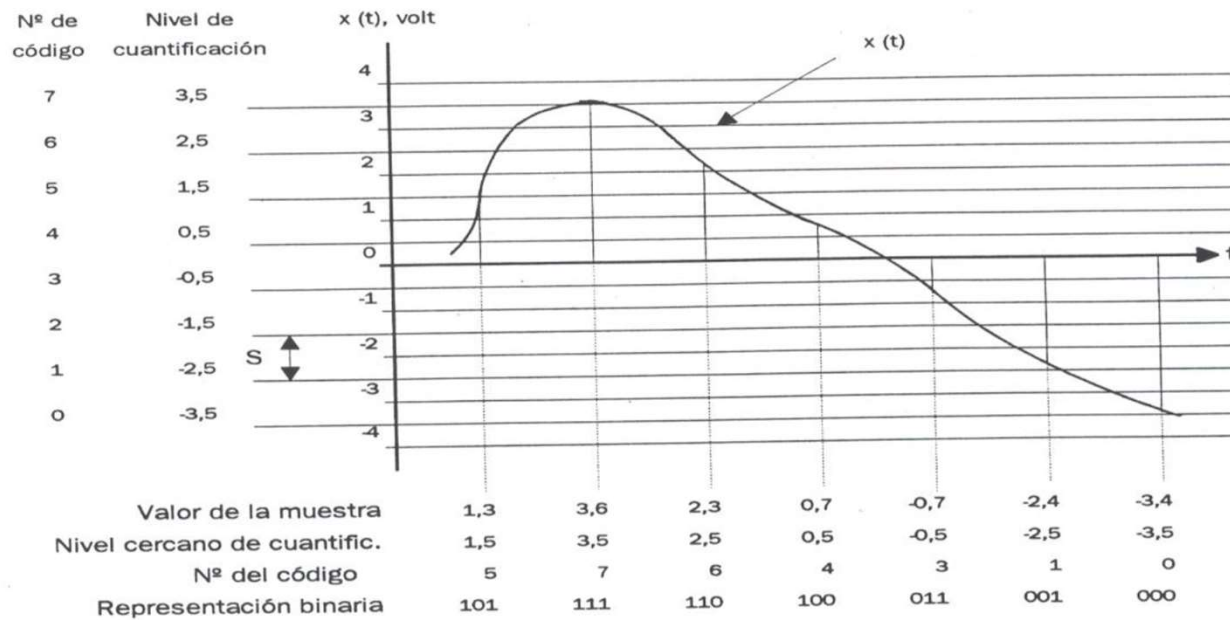
# Modulación PCM

cuando hay más de una señal de entrada



# Modulación PCM (MIC)

## Cuantificación Uniforme

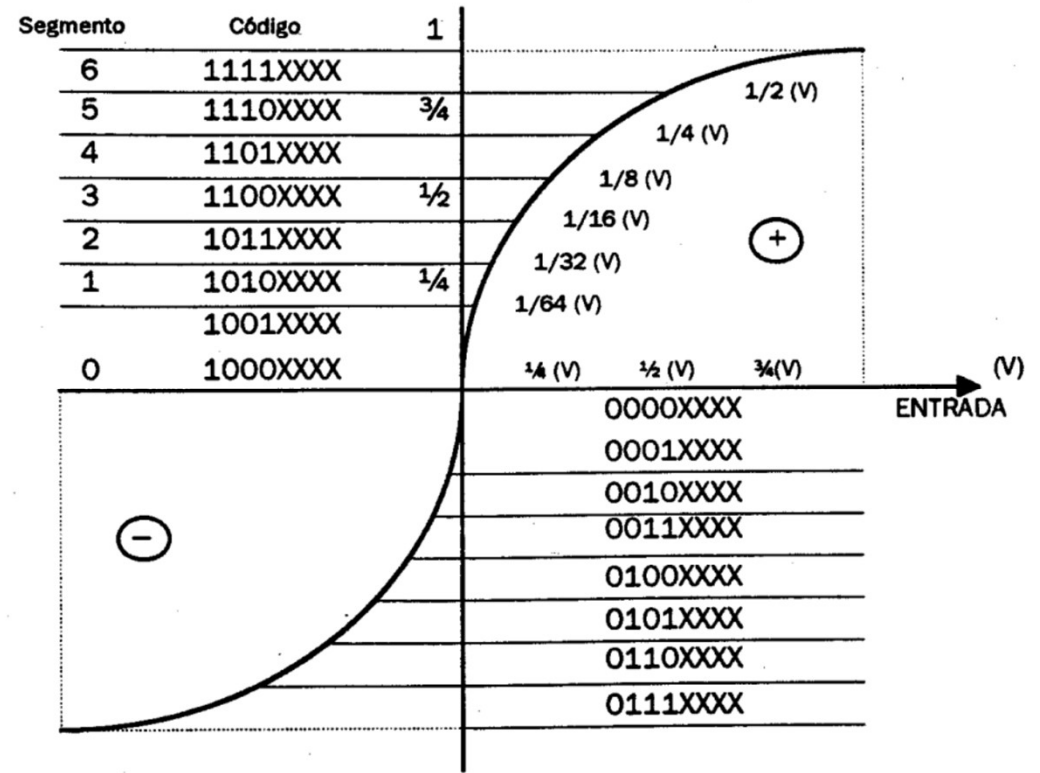


La diferencia entre niveles adyacentes de cuantificación es el paso cuántico  $S$ . El error máximo es  $\pm S/2$ . La relación de potencias de señal a ruido de cuantificación (suponiendo señales distribuidas equiprobables) está dada por:

$$S_o / N_q = M^2 = (2^n)^2$$

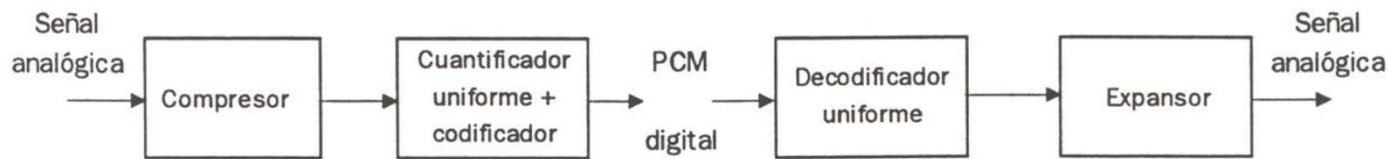
# Modulación PCM (MIC)

Cuantificación no uniforme

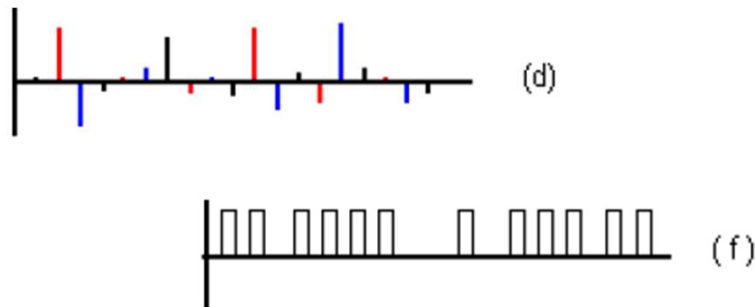
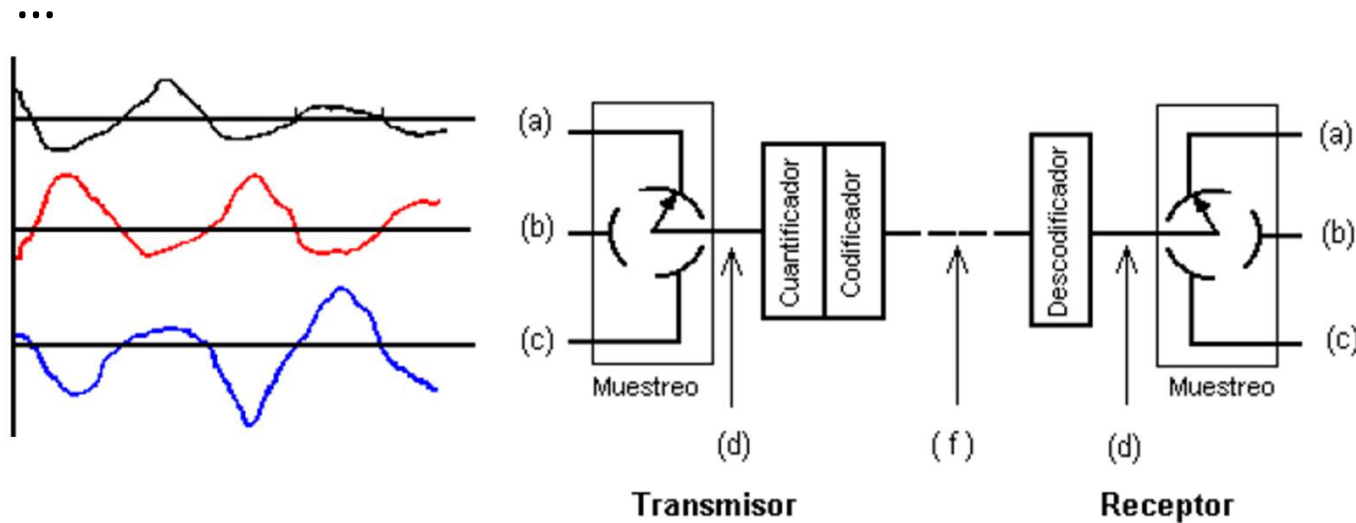


# Modulación PCM (MIC)

## Cuantificación no uniforme



# Multiplexación por División de Tiempo (TDM)

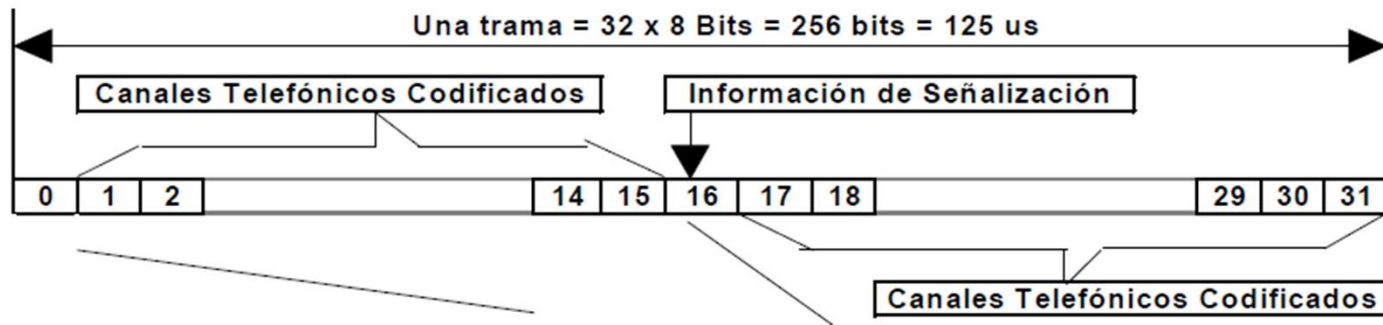


- (a) Señal limitada en banda canal 1
- (b) Señal limitada en banda canal 2
- (c) Señal limitada en banda canal 3
- (d) Señal muestreada (señales PAM)
- (e) Señal de muestreo, recordar que debe ser mayor o igual a  $2f_m$  ( $f_s \geq 2f_m$ )
- (f) Señal codificada



# Trama de 2 Mb/s (E1 en PDH)

ESTRUCTURA DE TRAMA DE 2MB/S - SEGUN RECOMENDACION ITU-T G704



32 intervalos de tiempo  
el canal telefónico tiene un ancho de banda de 4kHz  
es muestreado a una frecuencia de ...  
se repite cada...uSeg  
8 bits /muestra  
cada bit tiene una duración de...  
La tasa de información de la trama es ...

# Multitrama

ESTRUCTURA DE TRAMA DE 2MB/S - SEGUN RECOMENDACION ITU-T G704

