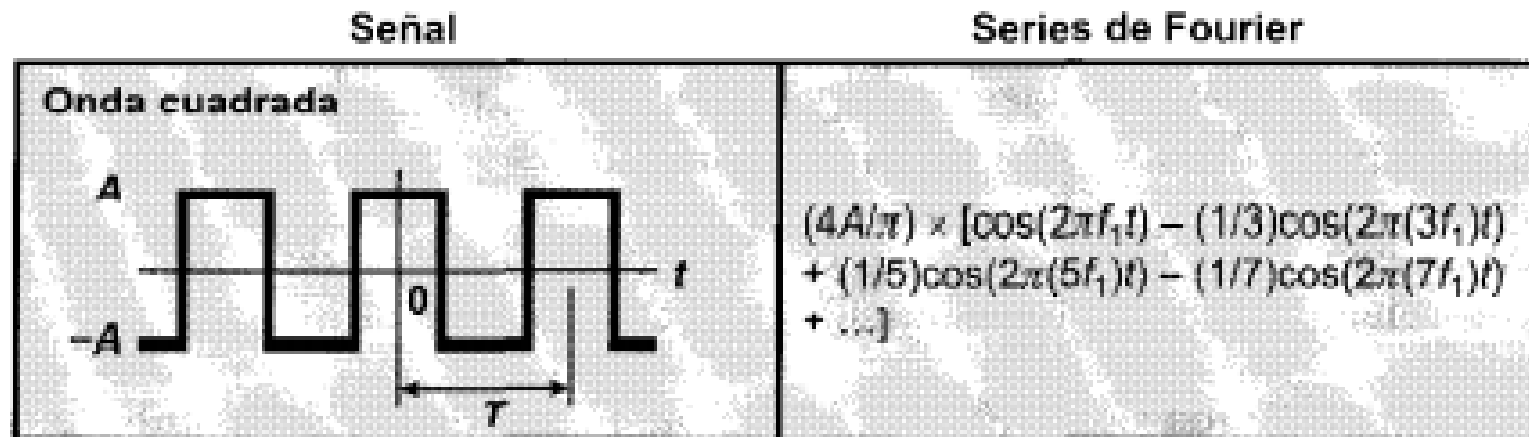


3.1 Fundamentos de capa física

Ancho de banda (B) *def.*

- Intervalo de frecuencias positivas donde la respuesta del sistema es relativamente plana (las señales pueden pasar sin distorsión).
- + Es el rango de frecuencias alrededor de la frecuencia fundamental donde se concentra la mayor parte de la energía de la señal.
- + Se mide en Hercios [Hz].



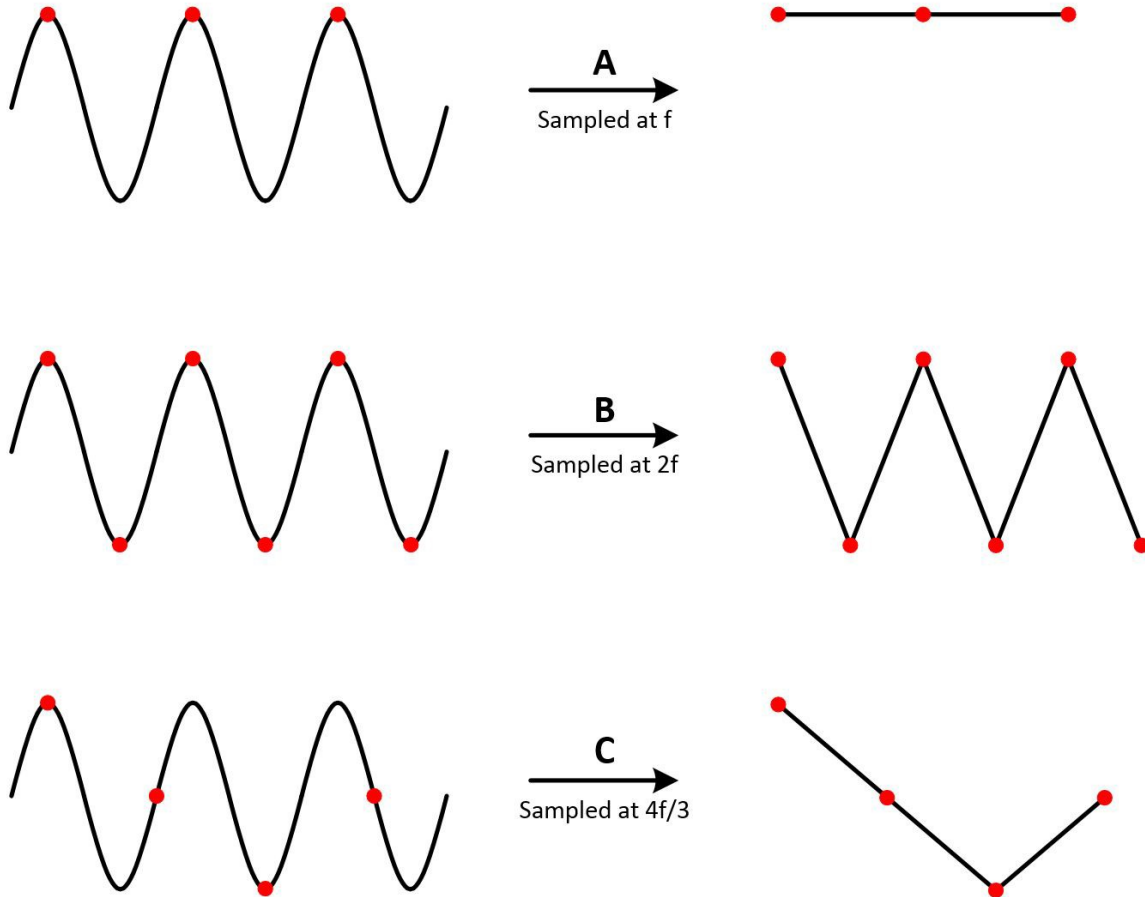
Relación Señal Ruido ($\frac{S}{N}$) Def.

- Expresa la cantidad en que una señal de información excede el nivel de ruido.

$$\frac{S}{N} = \frac{\text{potencia señal } w}{\text{potencia ruido } w}$$

$$\left(\frac{S}{N}\right)_{db} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N}\right)$$

Teorema de muestreo



- Si la frecuencia más alta contenida en una señal analógica es $F_{\max} = B$ y la señal es muestreada con una frecuencia $F_s > 2B$, entonces la señal puede ser recuperada a partir de las muestras.

Capacidad de canal (C)

- Es la máxima velocidad a la cual los datos pueden ser transmitidos sobre un canal de comunicación con cierta fidelidad. Se mide en bits por segundo (bps).
- Según Nyquist: $C = 2B \log_2(v)$; $v = \text{\#señales empleadas para la transmisión}$
- Según Shannon: $C = B \log_2(1 + \frac{S}{N})$

Capacidad de canal (C)

- Según Nyquist: $C = 2B \log_2(v)$; v = #señales empleadas para la transmisión

Ej. ¿Cuál es la capacidad para un canal que opera en el rango de frecuencias entre 400 Hz y 700 Hz con una relación señal-ruido de 3dB?

$$B = 700 - 400 = 300 \text{ Hz.}$$

$$3_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$\frac{3_{dB}}{10} = \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$10^{\frac{3_{dB}}{10}} = 10^{\log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)}$$

$$10^{\frac{3_{dB}}{10}} = \frac{S}{N}$$

$$\frac{S}{N} = \mathbf{1.99}$$

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

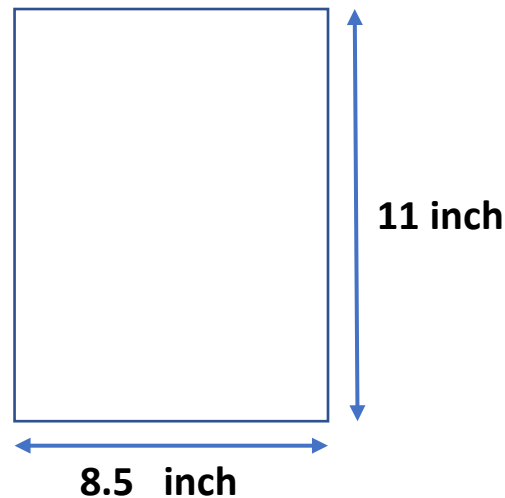
$$C = 300 \log_2 (1 + 1.99)$$

$$C = 300 \log_2 (2.99)$$

$$\mathbf{C = 474.80 \text{ bps}}$$

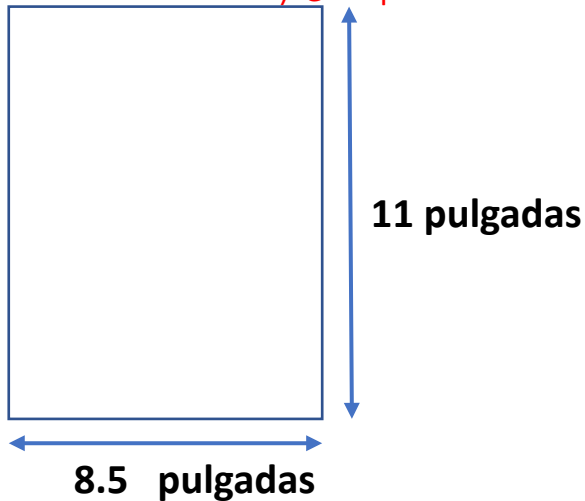
Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

- A) ¿Es posible realizar la transmisión en menos de 1 minuto?
- B) ¿Cuál es el tiempo mínimo para transmitir la hoja?
- C) ¿Cuántas señales se necesitan para transmitir lo más rápido posible?
- D) ¿Es correcta la respuesta del inciso B?



Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

A) ¿Es posible realizar la transmisión en menos de 1 minuto?



- Área de la hoja = $(11) \times (8.5) = 93.5 \text{ pulgadas}^2$

- Si hay 300 puntos en 1 pulgada $\rightarrow (300) \times (300) = 90,000 \text{ dpi}^2$

$$\frac{90,000 \text{ puntos}}{1 \text{ pulgada}^2} = \frac{?}{93.5 \text{ pulgada}^2}$$

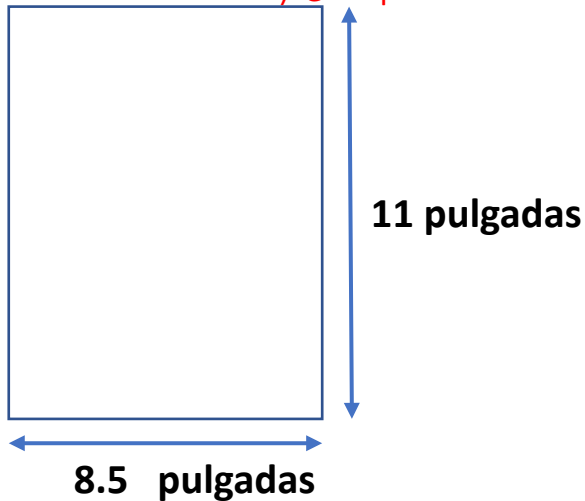
? = 8,415,000 puntos en 1 hoja

- Para codificar 2 colores (B/N) se requiere $\log_2(2) = 1 \text{ bit} \therefore 1 \text{ bit} \times \text{punto}$

$\rightarrow 8,415,000 \text{ bits para transmitir}$

Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

A) ¿Es posible realizar la transmisión en menos de 1 minuto?



8,415,000 bits para transmitir

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$24_{dB} = 10 \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$\frac{24_{dB}}{10} = \log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)$$

$$10^{\frac{24_{dB}}{10}} = 10^{\log_{10} \left(\frac{S}{N} \right)}$$

$$10^{\frac{24_{dB}}{10}} = \frac{S}{N}$$

$$\frac{S}{N} = 251.18$$

$$C = B \log_2 \left(1 + \frac{S}{N} \right)$$

$$C = 4,000 \log_2 (1 + 251.18)$$

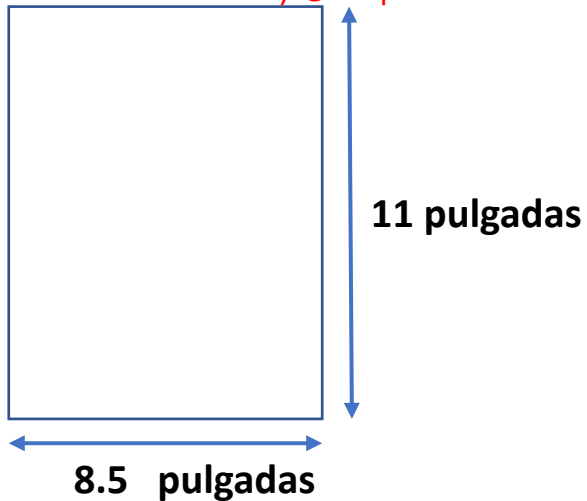
$$C = 4,000 \log_2 (252.18)$$

$$C = 31,913.43 \text{ bps}$$

$$C = 31.91 \text{ kbps}$$

Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

A) ¿Es posible realizar la transmisión en menos de 1 minuto?



8,415,000 bits para transmitir

$$C = 31,913.43 \text{ bps}$$

$$C = 31.91 \text{ kbps}$$

$$\frac{31,919.43_{bits}}{1s} = \frac{8,415,000_{bits}}{t}$$

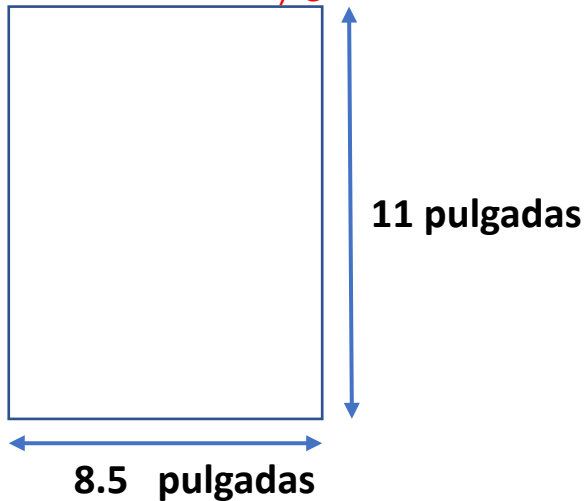
$$t = \frac{8,415,000}{31,919.43} = 263.68 \text{ s} = 4.39 \text{ minutos}$$

B) ¿Cuál es el tiempo mínimo para transmitir la hoja?

$$t = 263.68 \text{ s} = 4.39 \text{ minutos}$$

Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

C) ¿Cuántas señales se necesitan para transmitir lo más rápido posible?



$$C = 31,913.43 \text{ bps}$$

$$C = 2B \log_2(v)$$

$$31,913.43 = 2(4,000) \log_2(v)$$

$$\frac{31,913.43}{8,000} = \log_2(v)$$

$$2^{\frac{31,913.43}{8,000}} = 2^{\log_2(v)}$$

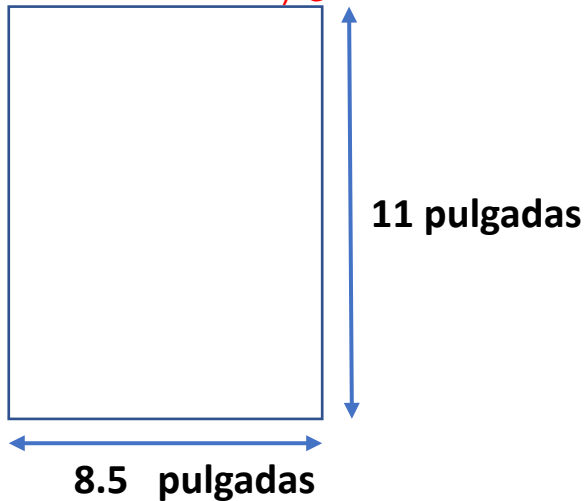
$$v = 15.87 \text{ señales}$$

15.87 no es número entero

15.87 \approx 16 ???

Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

D) ¿Es correcta la respuesta del inciso B?



$$C = 2B \log_2(v)$$

$$C = 2(4,000) \log_2(16)$$

$$C = (8,000) 4$$

$$C = 32kbps \neq 31,913.43 bps$$

$$v = 16 \text{ señales}$$

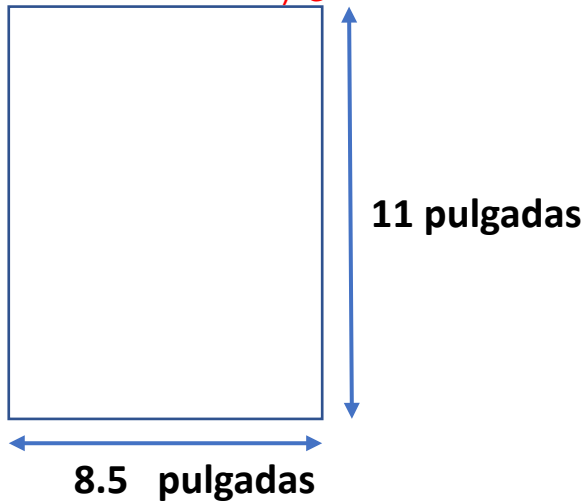


Debemos tomar un $v < 16$ entero y tal que $\log_2(v)$ sea entero

$$\therefore v = 8 \text{ señales}$$

Ej. Se desea construir un fax que sea capaz de transmitir una hoja tamaño carta con una resolución de 300 dpi en blanco y negro empleando una línea telefónica, con un ancho de banda de 4kHz y una relación señal-ruido de 24dB.

D) ¿Es correcta la respuesta del inciso B?



$$C = 2B \log_2(v)$$

$$C = 2(4,000) \log_2(8)$$

$$C = (8,000) 3$$

$$C = 24kbps \rightarrow \text{capacidad real}$$

$$v = 8 \text{ señales}$$

$$\frac{24,000_{bits}}{1s} = \frac{8,415,000_{bits}}{t}$$

$$t = \frac{8,415,000}{24,000} = 350.62 s = 5.84 \text{ minutos}$$

Códigos de línea

- El código de línea es la manera como se codifican los bits en el medio de transmisión.

Algunos códigos de línea

NRZ-L (Non Return to Zero-Level)
1: + V, 0: -V
Ej.: RS-232

NRZI (Non-Return to Zero Inverted)
1: transición, 0: no transición
Ej.: 100BASE-FX

AMI (Alternate Mark Inversion)
1: $\pm V$, 0: 0 V
Ej.: PDH (Enlaces WAN)

MLT-3 (Multi-Level Transmit 3)
1: transición, 0: no transición
Ej.: 100BASE-TX

Manchester
1: bajo-alto, 0: alto-bajo
Ej.: Ethernet 10 Mbps

Manchester Diferencial
1: transición, 0: no transición
Ej.: Token Ring

