

# P2: Análisis de señales mediante DFT

# Análisis de Fourier mediante DFT

P2

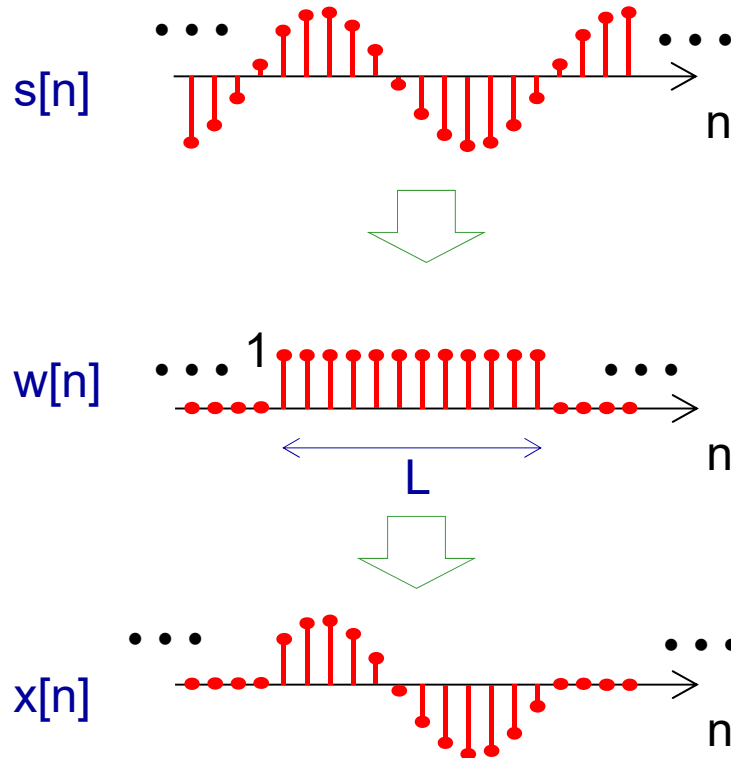
- ❑ La transformada de Fourier proporciona una función de variable real
  - No es adecuada para un tratamiento numérico en un ordenador
- ❑ La transformada discreta de Fourier (DFT) proporciona una representación muestreada del dominio frecuencial

$$X[k] = DFT_N \{x[n]\} = \sum_{n=0}^{N-1} x[n] e^{-j2\pi \frac{k}{N}n} \quad 0 \leq k \leq N-1$$

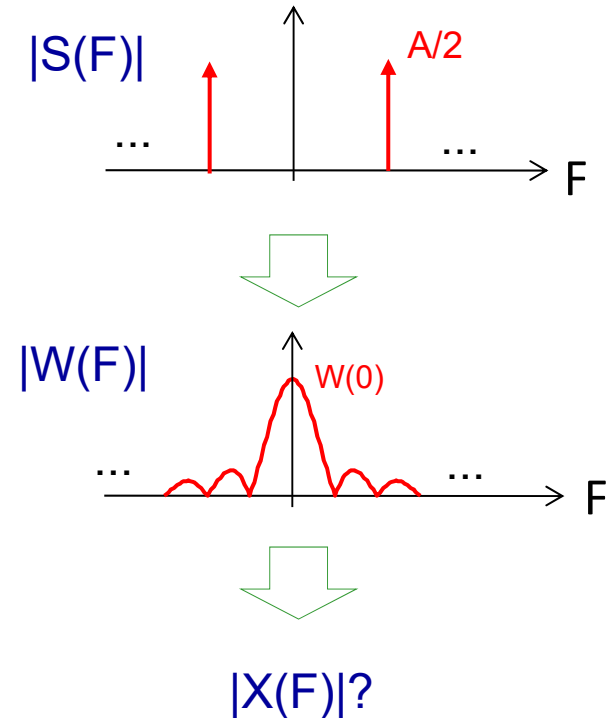
- Cuando se calcula la DFT de tamaño  $N$  de una señal, hay un **enventanado implícito en el intervalo  $[0, N-1]$**
- ❑ Práctica 2: Análisis de señales mediante DFT
  - Parte 1: DFT y ventanas
  - Parte 2: Señales de voz

# TF de una señal enventanada

P2



$$x[n] = s[n] \cdot w[n] = \begin{cases} s[n] & 0 \leq n \leq L-1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$



**DFT de tamaño  $N$  :** Si  $L \leq N$ ,

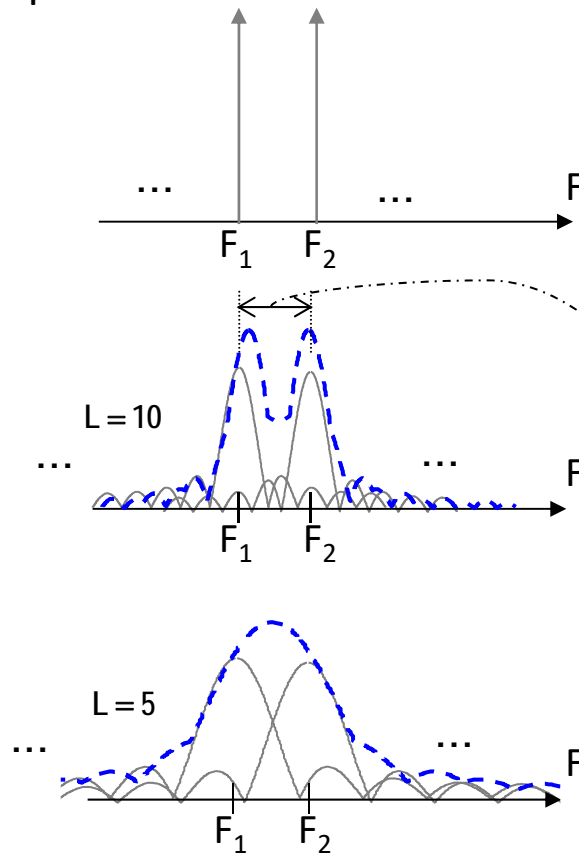
$$DFT_N\{x[n]\} = X(F) \Big|_{F=\frac{k}{N}}; \quad k = 0, \dots, N-1$$

- $k = \frac{N}{2} \Rightarrow F = 0.5$
- $k = N \Rightarrow F = 1$

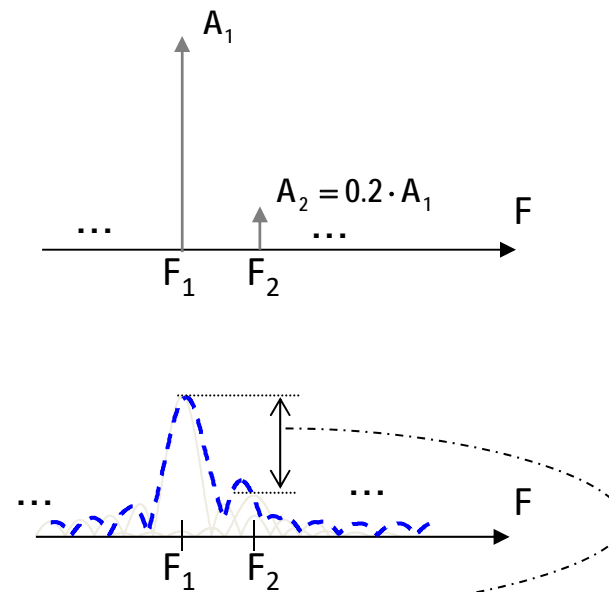
# Enventanado (1)

P2

- **Resolución** en frecuencia: capacidad de detectar componentes espectrales de amplitud similar próximas en frecuencia



- **Sensibilidad** en amplitud: capacidad de detectar componentes espectrales de amplitud muy dispar



Para distinguir dos tonos:

$$\frac{A_1}{A_2} < \frac{A_p}{A_s}$$

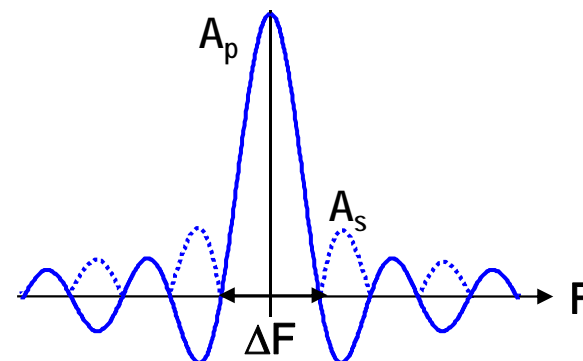
$$|F_1 - F_2| > \Delta F$$

# Enventanado (2)

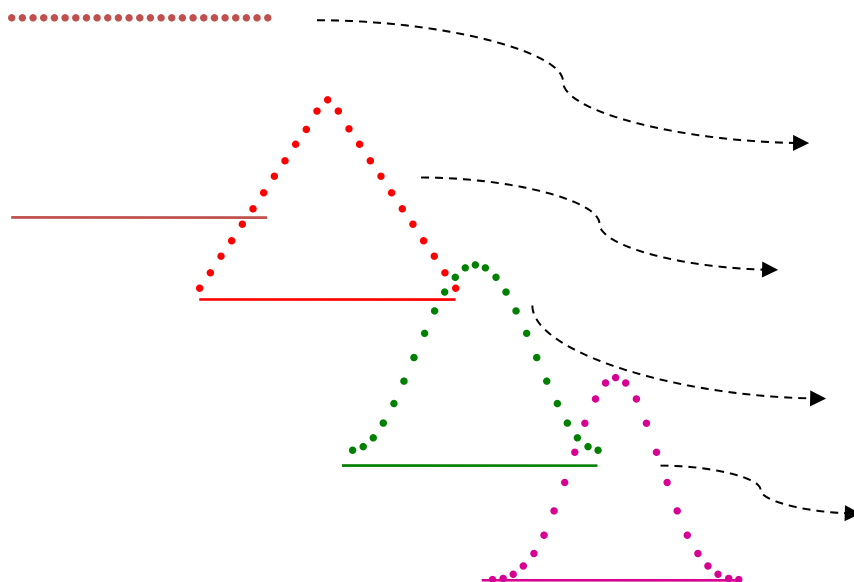
P2

## □ La ventana rectangular

- ▣ presenta buena resolución, si  $L \gg 1$
- ▣ su sensibilidad es constante ( $\sim 13$  dB) e independiente de  $L$ .



## □ Ventanas con diferentes compromisos resolución/sensibilidad



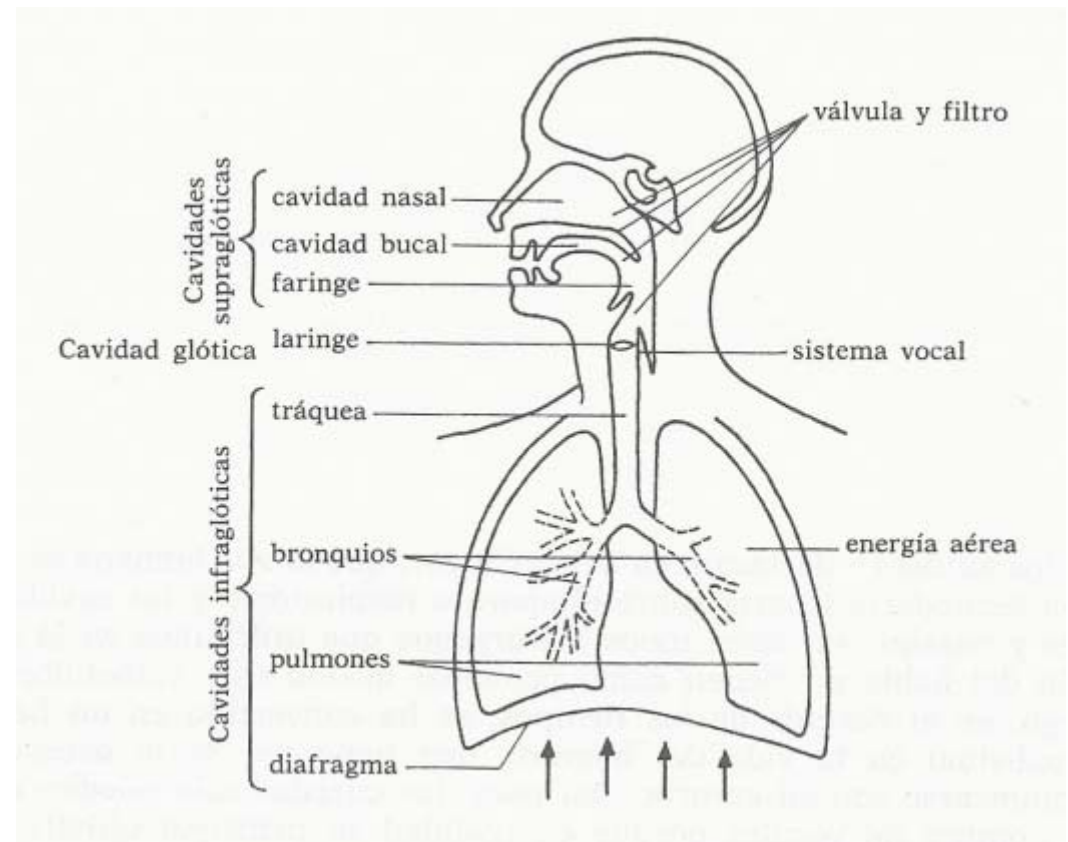
Window	$\Delta F$	$\alpha_{ps}$ dB
Rectangular	$2/L$	13
Barlett (triangular)	$4/L$	26
Hamming	$4/L$	41
Blackman	$6/L$	57

# Naturaleza de la señal de voz

P2

La voz es una **señal acústica** que se transmite mediante **ondas de sonido** utilizando la vibración de las moléculas del aire

- Fases producción voz:
  - ▣ Compresión pulmones
  - ▣ Vibración cuerdas vocales
    - sonidos sonoros
  - ▣ Cavidad oral
    - Oclusiones
    - Resonancias
  - ▣ Cavidad nasal
    - Resonancias
  - ▣ Radiación exterior



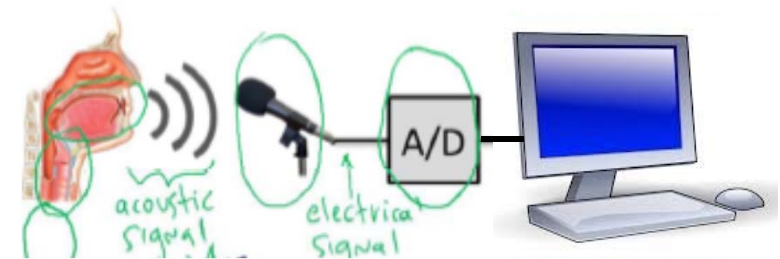
# Señal analógica vs digital

P2

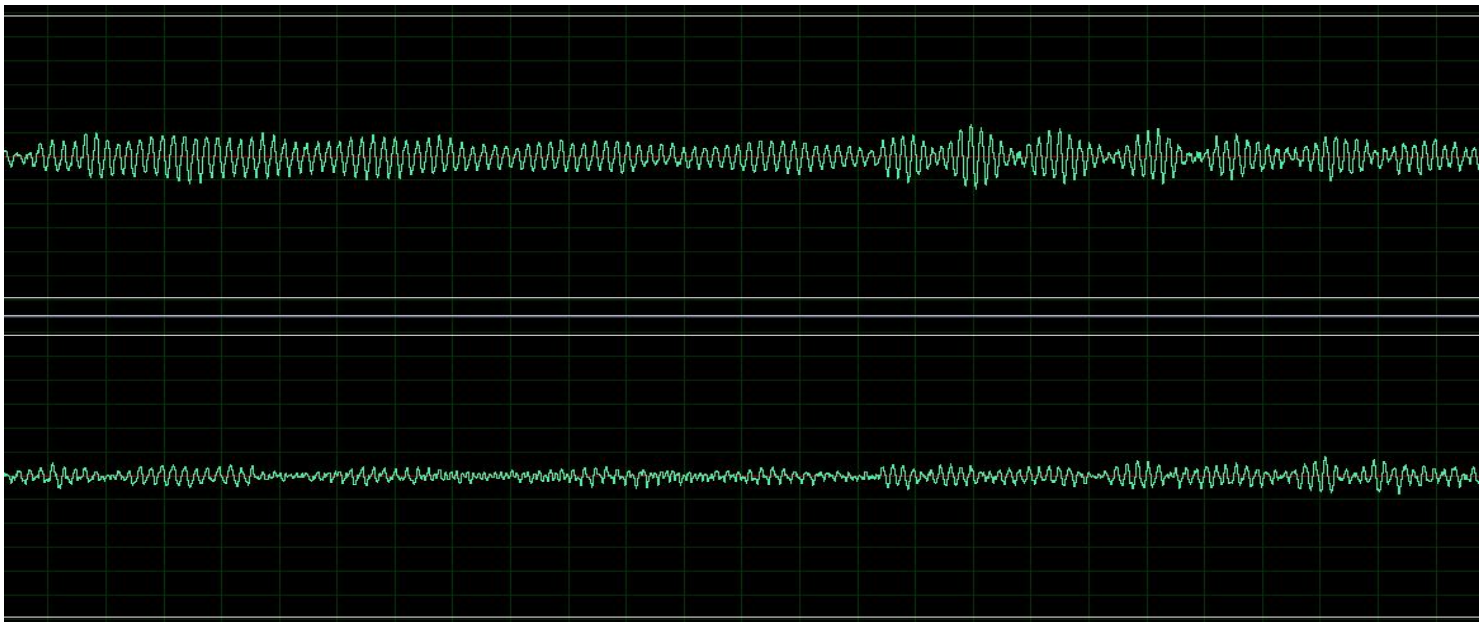
- Un transductor (micrófono) convierte la energía acústica en energía eléctrica:

señal acústica  $\rightarrow$  señal eléctrica

- $x_a(t)$ : función 1D de variable real donde  $t$  representa el tiempo (seg) y  $x_a$  la amplitud relacionada con la presión sonora

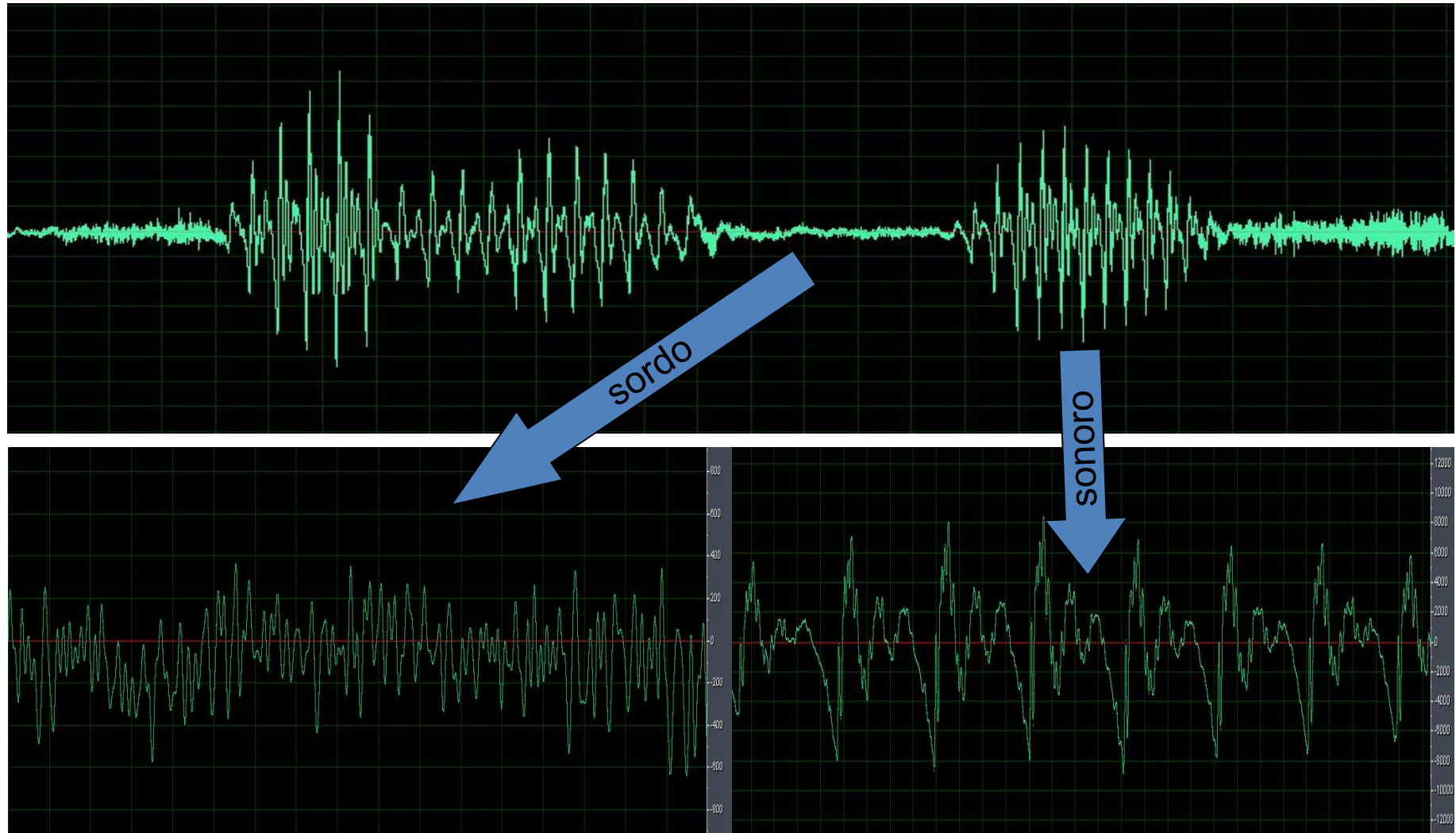


- Conversión A/D:  $x[n]$



# Señal de voz

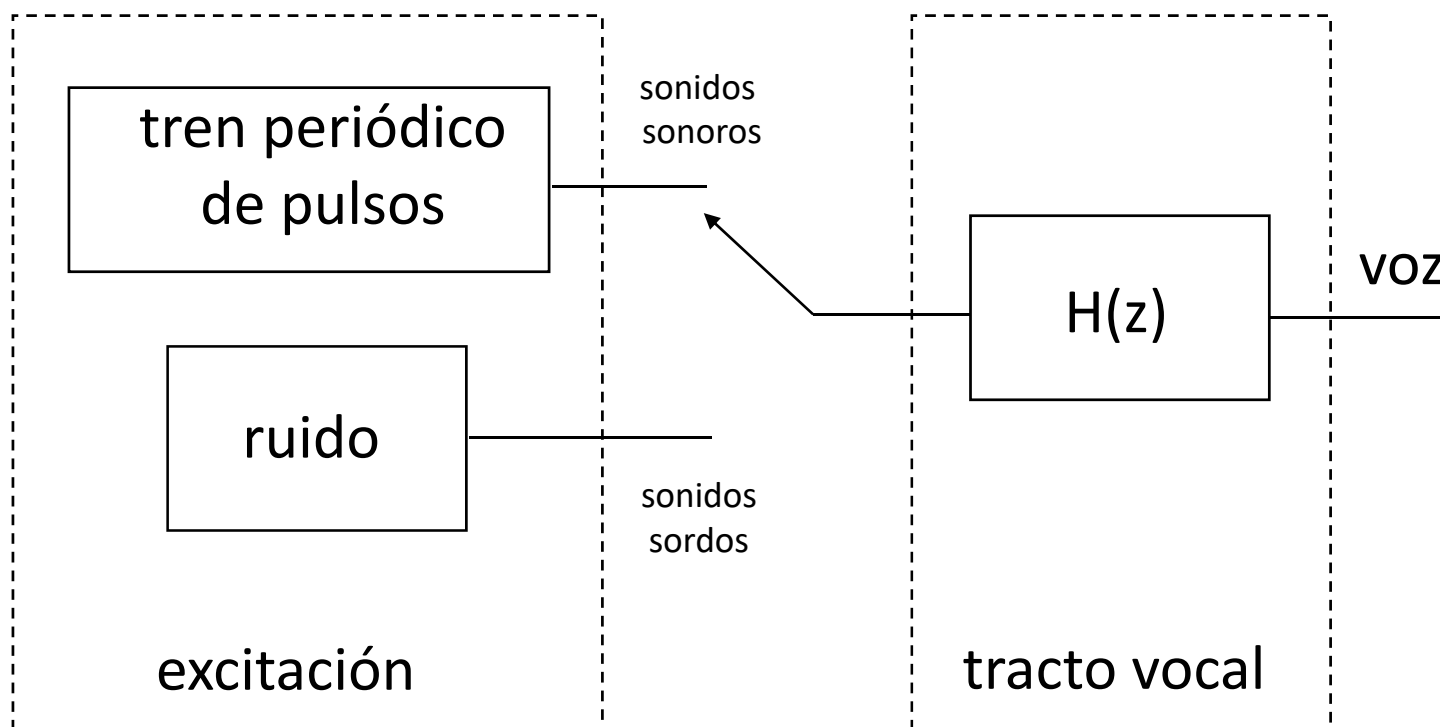
P2





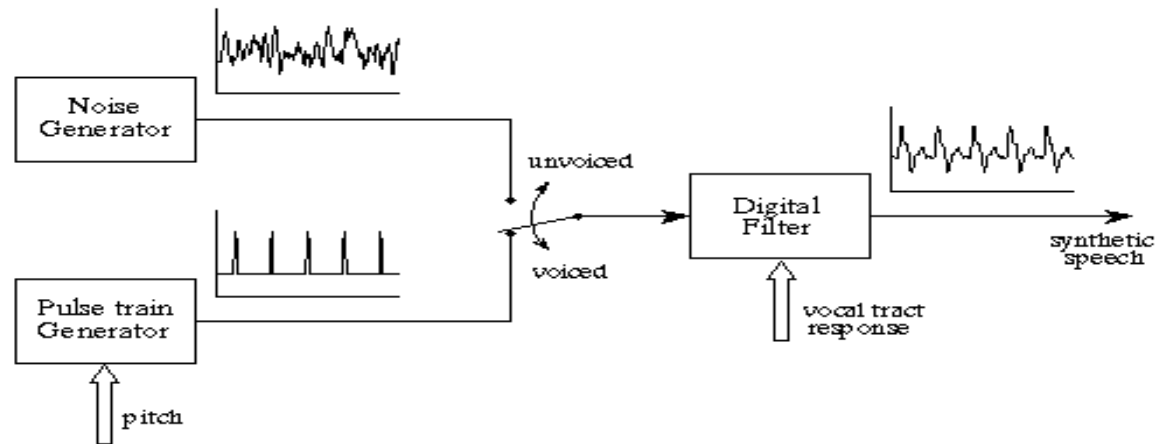
# Modelo de producción de la voz

P2



# Análisis del modelo

P2



$$t[n] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} \delta[n - iP] = \frac{1}{P} \sum_{k=0}^{P-1} e^{j2\pi \frac{k}{P} n}$$

$$T(F) = \frac{1}{P} \sum_{k=0}^{P-1} \delta\left(F - \frac{k}{P}\right) \quad \text{para } 0 \leq F < 1$$

$$x[n] = t[n] * h[n] = \sum_{i=-\infty}^{\infty} h[n - iP]$$

$$X(F) = T(F)H(F) = \frac{1}{P} \sum_{k=0}^{P-1} H\left(\frac{k}{P}\right) \delta\left(F - \frac{k}{P}\right) \quad \text{para } 0 \leq F < 1$$

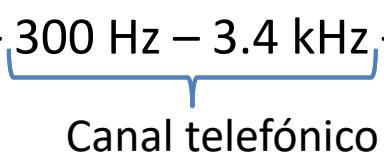
Efecto de la ventana:

$$x_L[n] = x[n]v_L[n]$$

$$X_L(F) = X(F) \otimes V_L(F) = V_L(F) * \frac{1}{P} \sum_{k=0}^{P-1} H\left(\frac{k}{P}\right) \delta\left(F - \frac{k}{P}\right) = \frac{1}{P} \sum_{k=0}^{P-1} H\left(\frac{k}{P}\right) V_L\left(F - \frac{k}{P}\right) \quad \forall F$$

# Pitch y formantes (1)

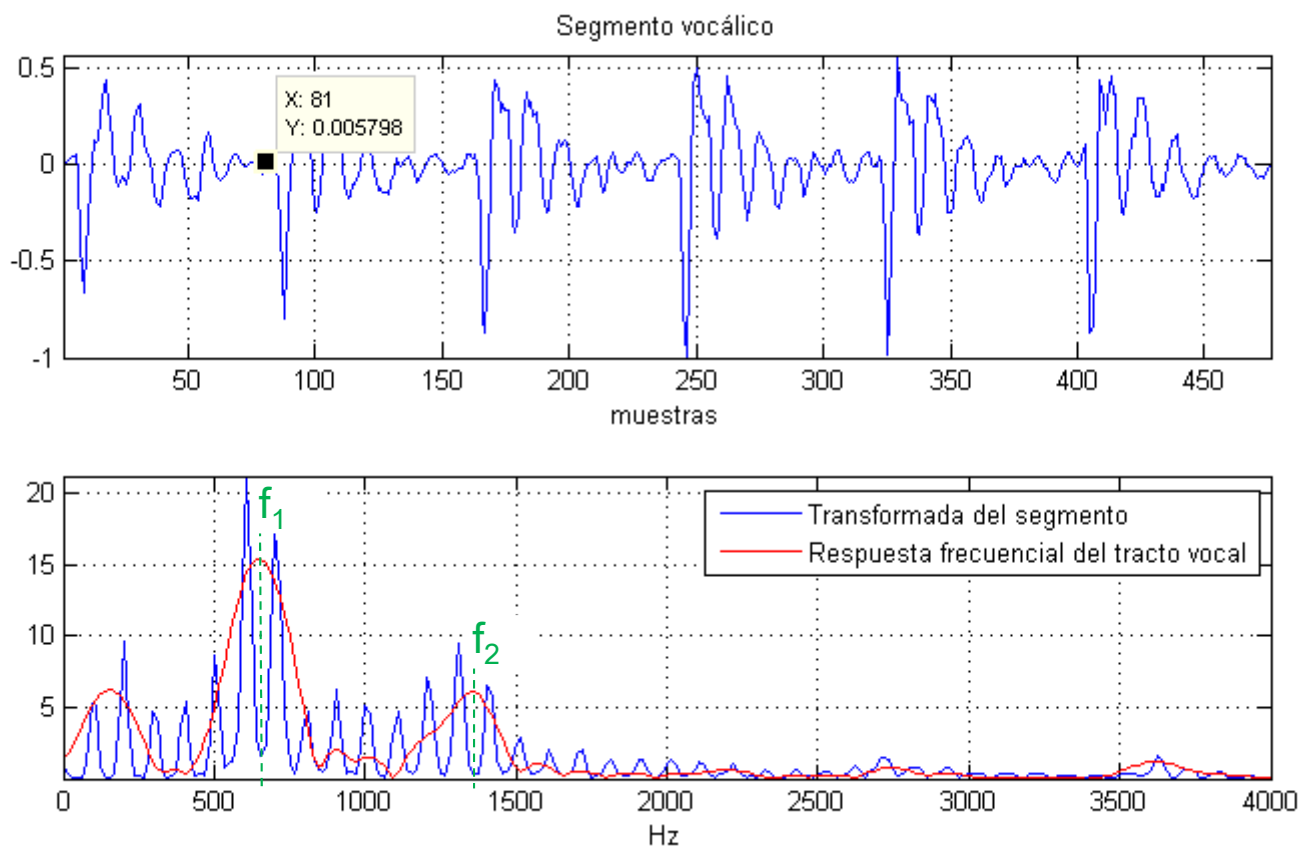
P2

- Ancho de banda
  - ▣ 20 Hz – 300 Hz – 3.4 kHz – 6Khz (naturalidad, inteligibilidad)  
  
Canal telefónico
- Tono o Frecuencia fundamental (pitch)
  - ▣ Frecuencia de vibración de las cuerdas vocales
  - ▣ 80–160 Hz (hombres), 180–360 Hz (mujeres) y 250–500 Hz (niños)
- Formantes
  - ▣ Resonancias del tracto vocal
  - ▣ Aproximadamente una por kHz de ancho de banda
  - ▣ Caracterizan los sonidos: los dos primeros en frecuencia son los más relevantes.

# Pitch y formantes (2)

P2

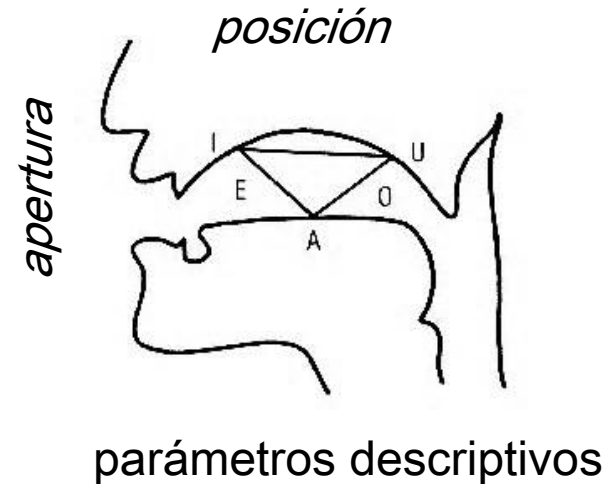
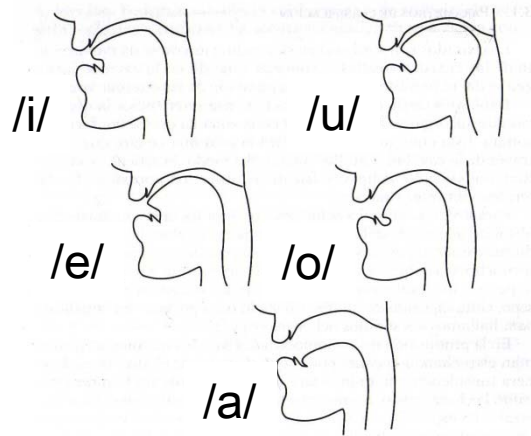
- Representación temporal y frecuencial de un segmento de señal vocálica.



# Triángulo vocálico

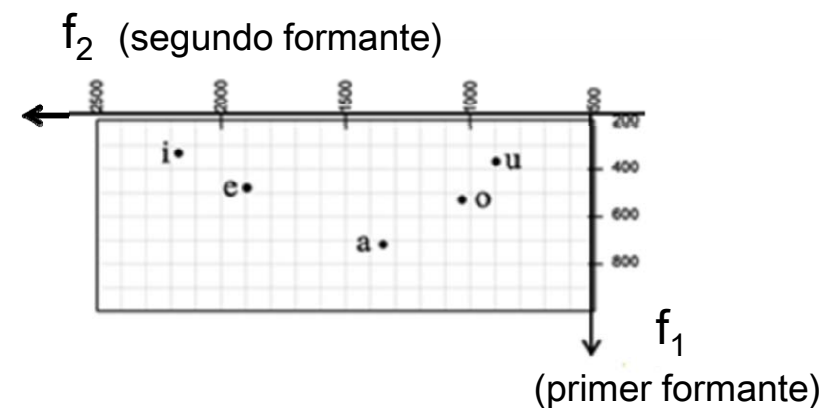
P2

## □ Articulación de las vocales



## □ Triángulo de las vocales

	anterior	central	posterior
cerrada	/i/		/u/
media	/e/		/o/
abierta		/a/	

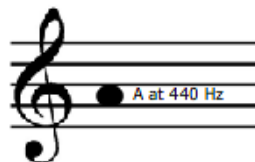
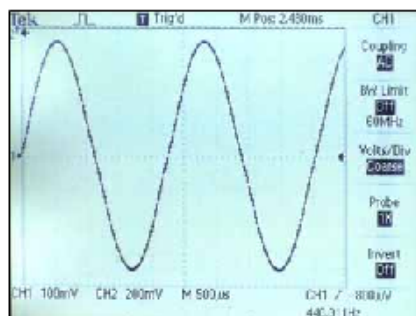


# La señal de música

P2

## □ Tono, volumen, timbre

Sound properties - Frequency (largely) determines pitch



Sound properties - Amplitude affects loudness

