

Departamento de Computación, FCEyN, UBA

# Procesamiento del Habla

Agustín Gravano

1er Cuatrimestre 2017

# Acústica

¿Qué es el sonido?



# Sonido

- Fluctuaciones de presión en el aire causadas por fuentes como instrumentos musicales, bocinas de autos, voces, etc.
  - 1) Las ondas se propagan por el aire y llegan al oído.
  - 2) El sistema auditivo las traduce a impulsos neuronales.
  - 3) El cerebro los interpreta como sonido.

# Propagación del Sonido: Analogías



Analogía más adecuada:





# Sonidos

- Sonidos periódicos
  - Ondas periódicas simples
  - Ondas periódicas complejas (o compuestas)
- Sonidos aperiódicos
  - Ruido blanco, sonido transitorio.

# Ondas Periódicas Simples

- Ondas senoidales.
- **Ciclo**: Cada repetición del patrón senoidal.
- **Período** (T): Duración del ciclo.
- **Frecuencia** (f): Cantidad de ciclos por segundo.
  - En otras palabras: Cantidad de veces que el patrón senoidal se repite por segundo.
  - Se mide en hertz (Hz).
  - $1 \text{ Hz} = 1 \text{ ciclo por segundo}$ .
  - $f = 1/T$
- Ej:  $T=0.01\text{s}$ ,  $f=100\text{Hz}$

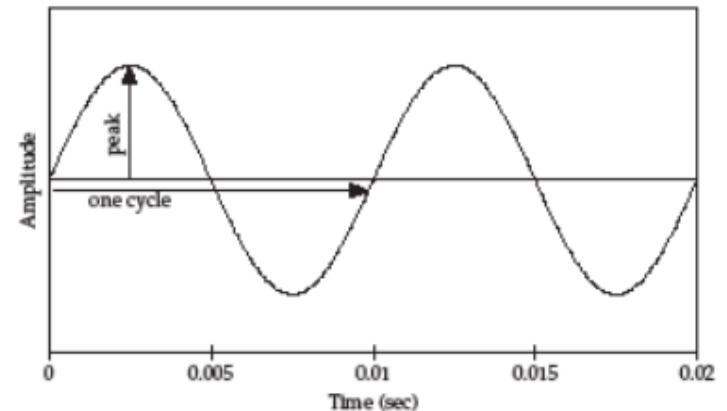


Figure 1.3 A 100 Hz sine wave with the duration of one cycle (the period) and the peak amplitude labeled.

# Ondas Periódicas Simples

- **Amplitud:** Desviación máxima de fluctuación de la presión por sobre la presión atmosférica normal.
- **Fase:** Timing de la forma de onda relativo a algún punto de referencia.

Ejercicio en Python:  
**`ej1-acustica.py`**

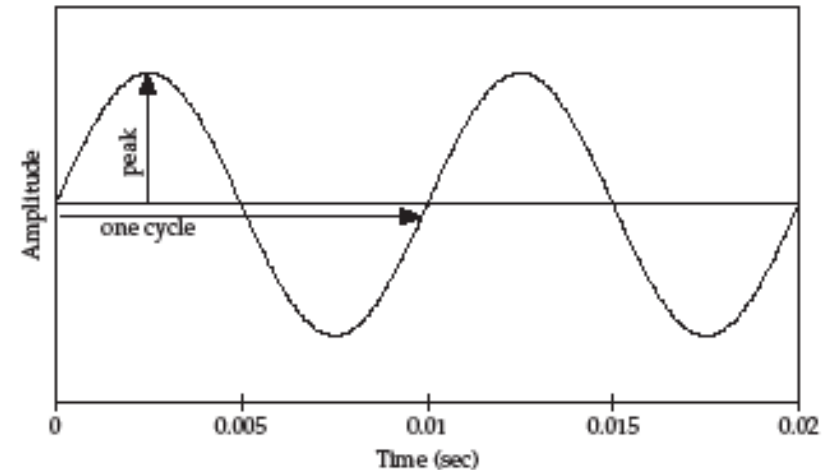


Figure 1.3 A 100 Hz sine wave with the duration of one cycle (the period) and the peak amplitude labeled.

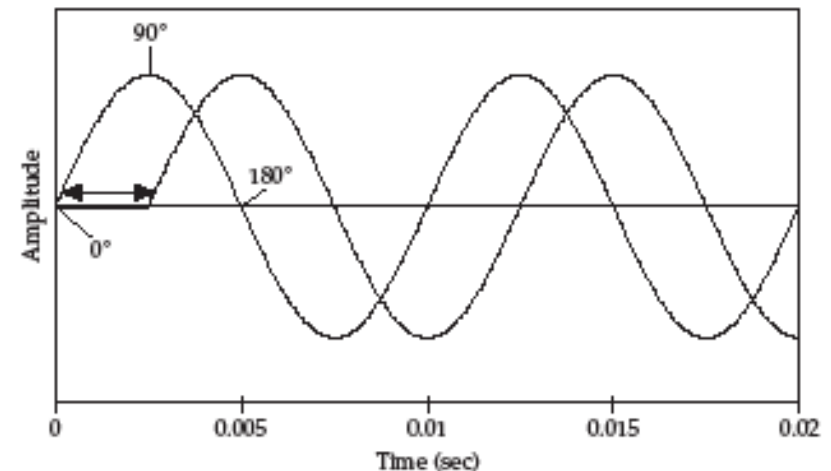


Figure 1.4 Two sine waves with identical frequency and amplitude, but 90° out of phase.



# Ondas Periódicas Complejas

- **Ondas periódicas complejas:** Ondas cíclicas formadas por múltiples ondas senoidales.
  - Ej: onda formada por senoidales de 100 y 1000Hz.

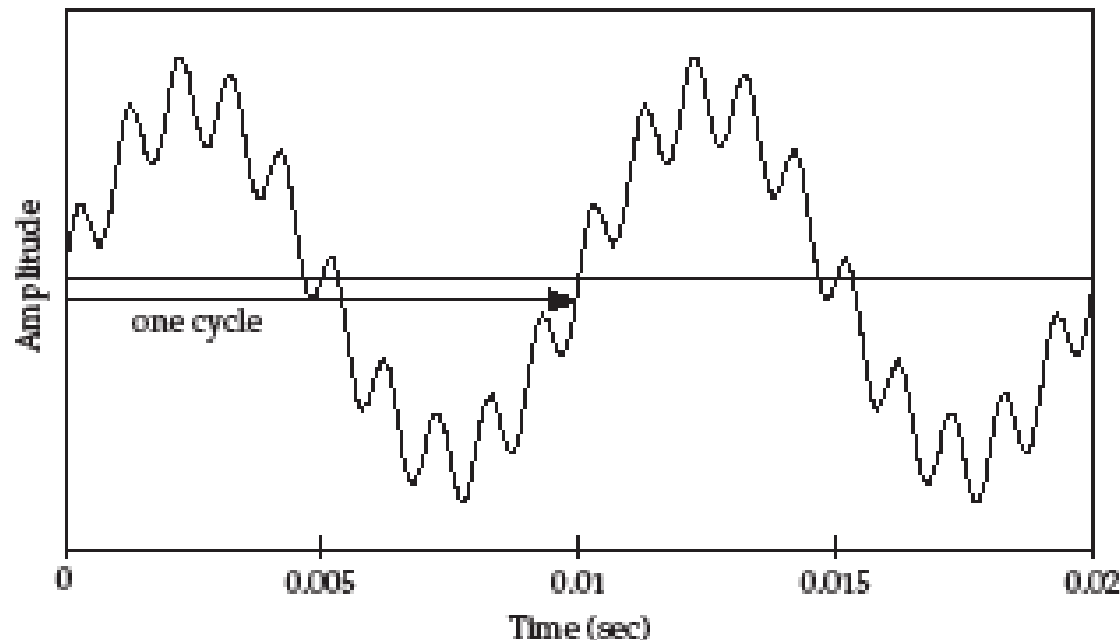


Figure 1.5 A complex periodic wave composed of a 100 Hz sine wave and a 1,000 Hz sine wave. One cycle of the fundamental frequency ( $F_0$ ) is labeled.

# Ondas Periódicas Complejas

Ejemplo: onda compleja formada por 4 senoidales

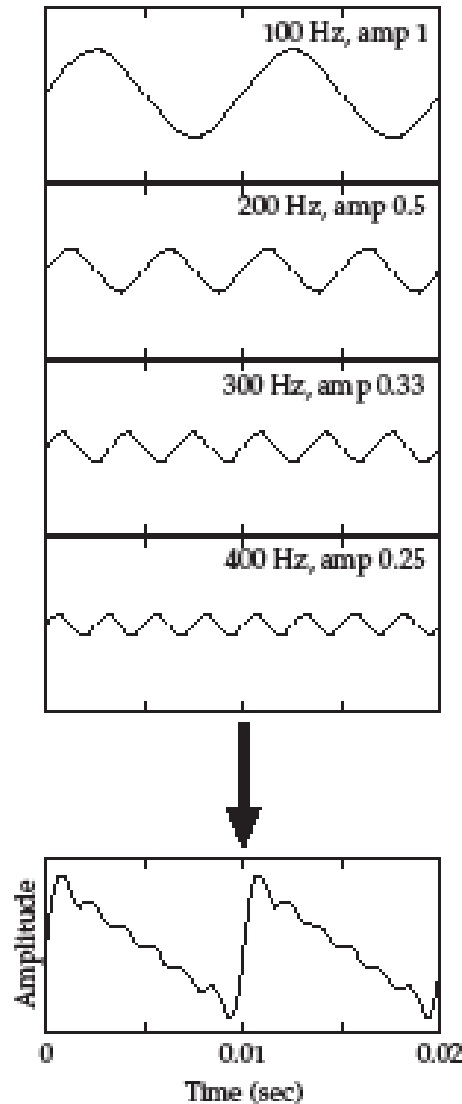


Figure 1.6 A complex periodic wave that approximates the "sawtooth" wave shape, and the four lowest sine waves of the set that were combined to produce the complex wave.

# Sonidos Aperiódicos

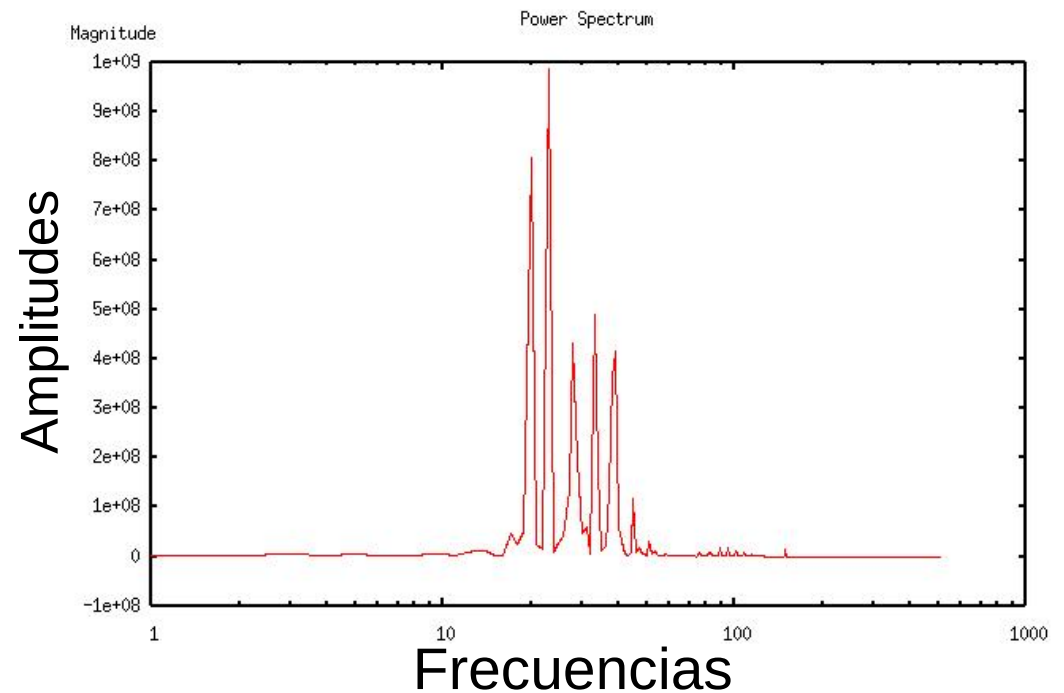
No tienen un patrón que se repita regularmente.

Ejemplos:

- **Ruido blanco:** Fluctuación aleatoria de presión.
  - Espectro plano: igual amplitud para todas las frecuencias.
  - Estática de radio, viento entre los árboles, [s], [f].
- **Ondas transitorias:** Fluctuaciones súbitas de presión que no se sostienen ni se repiten.
  - Portazos, disparos, mouse clicks, [p], [t].

# Análisis de Fourier

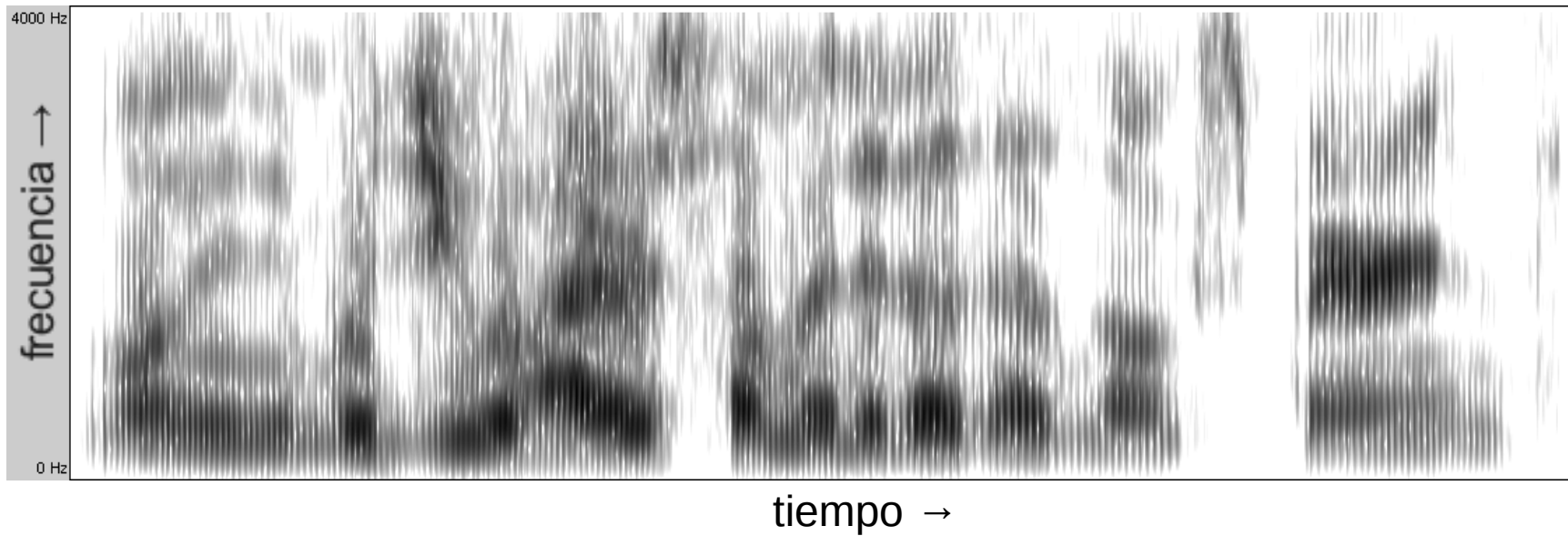
- Cualquier función puede descomponerse en una suma de ondas senoidales.
- **Espectro energético:**



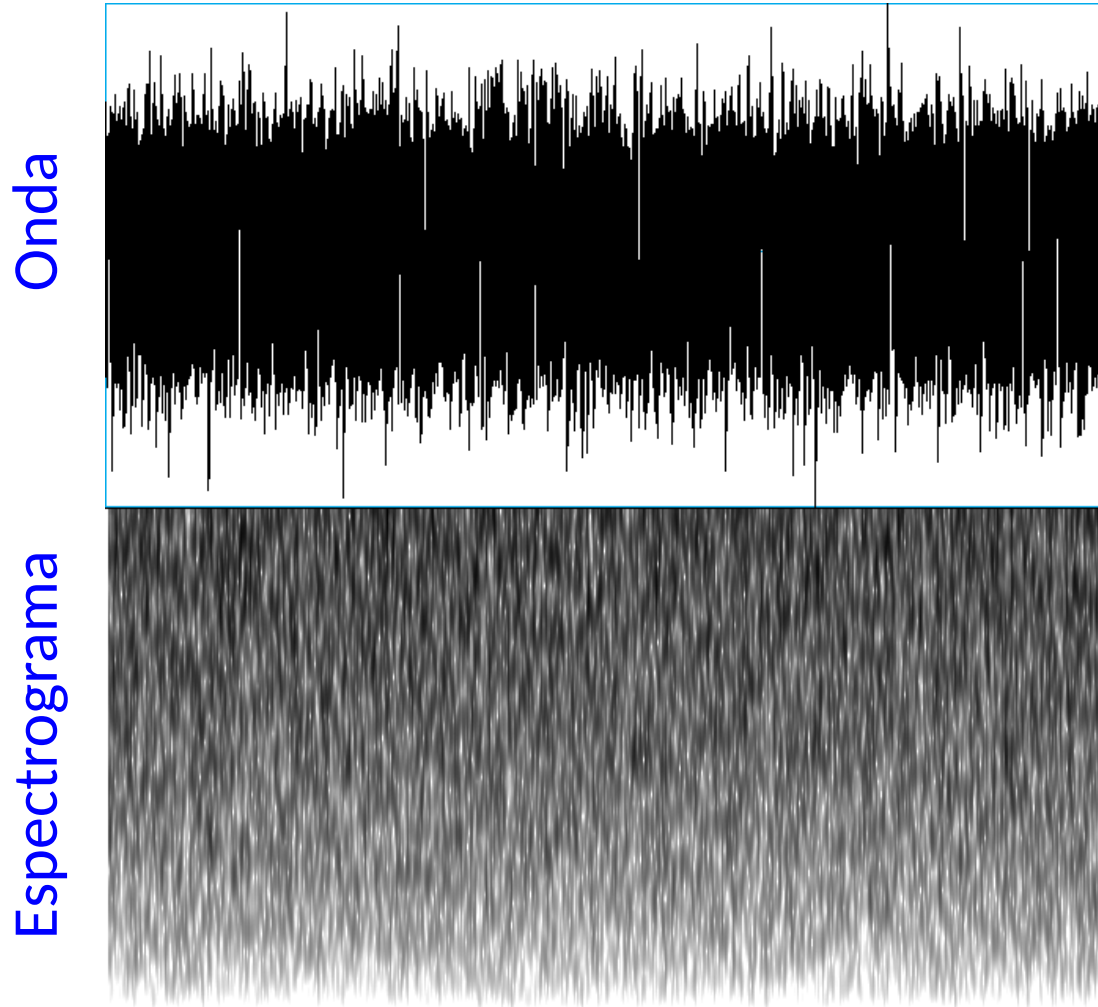
- Fast Fourier Transform (FFT)
  - Algoritmo eficiente para computar el espectro de una señal a partir de un número de muestras.

# Visualizaciones

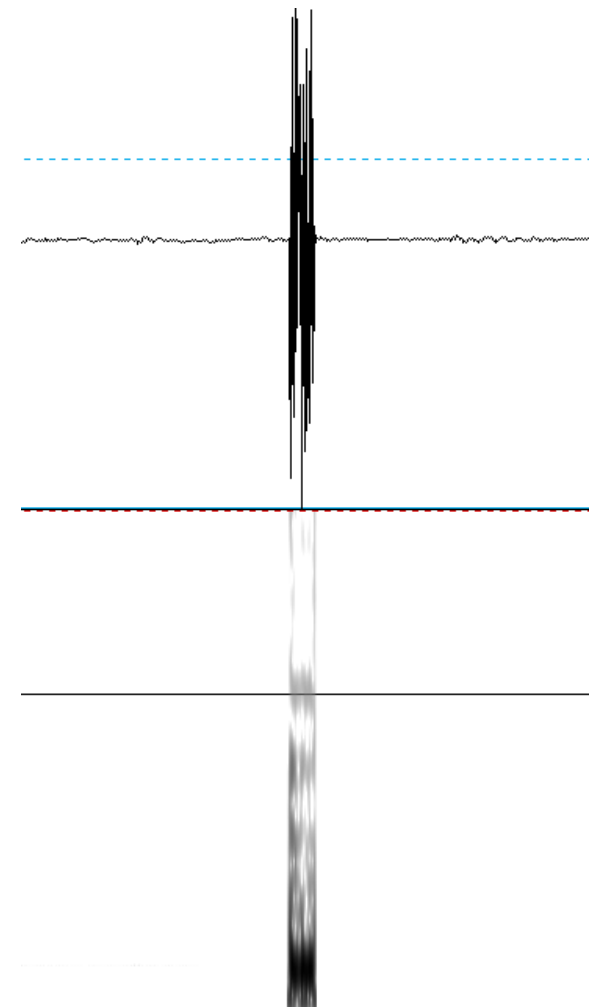
- Al agregar una dimensión temporal al espectro energético, obtenemos un **espectrograma**.



# Sonidos Aperiódicos



Ruido blanco

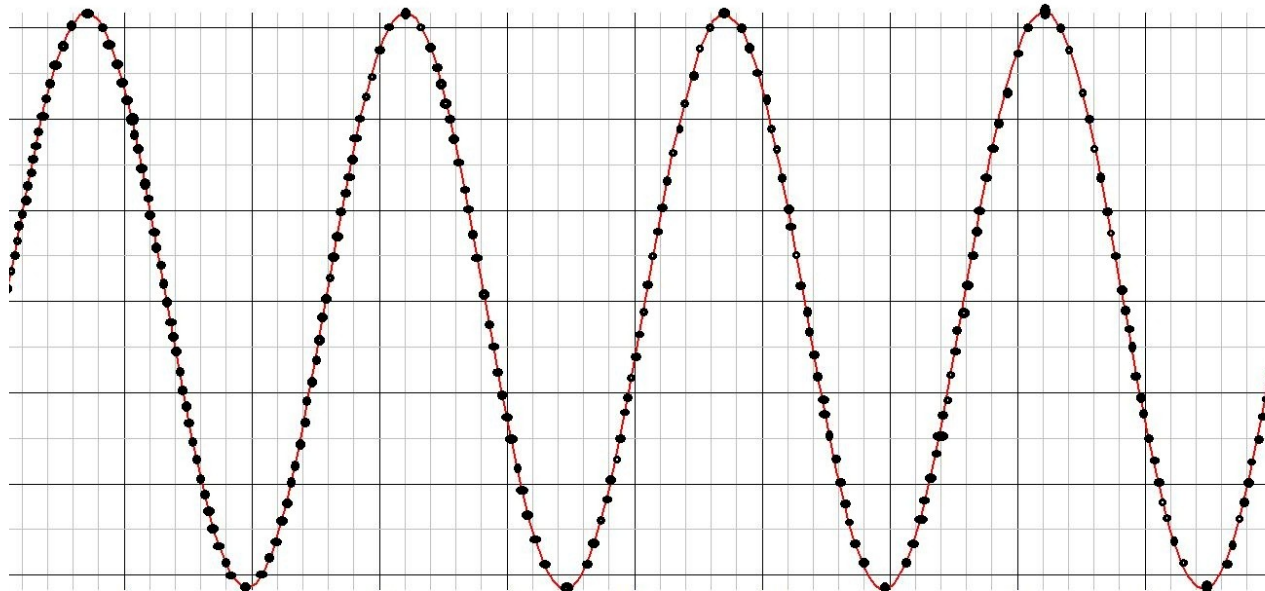


Onda transitoria

Ejercicio en Python: `ej2-acustica.py`

# Procesamiento Digital de Señales

- **Señal analógica (continua)**: La línea de tiempo tiene valores de amplitud con precisión **infinita** en **todos** los puntos.
- **Señal digital (discreta)**: La línea de tiempo tiene sólo una **secuencia** de valores de amplitud con precisión **finita**.



# Procesamiento Digital de Señales

- Un **micrófono** convierte oscilaciones de presión en el aire (sonido) en oscilaciones de voltaje.
  - Los dispositivos analógicos (discos de vinilo, cassettes) las guardan como señales continuas.
  - Los dispositivos digitales (computadoras, CDs) las convierten y guardan como señales discretas.
- Conversión Analógica-Digital (Digitalización)
  - 1) **Muestreo**: Discretización del tiempo.
    - Tasa de muestreo. Ej: 8 kHz (teléfono), 44.1 kHz (CD), 16 kHz.
  - 2) **Cuantización**: Discretización de la amplitud.
    - Precisión de las muestras. Ej: 16 bits.



# Acústica – Resumen

- Sonidos periódicos y aperiódicos.
  - Ondas periódicas simples y complejas.
  - Ruido blanco; ondas transitorias.
  - Análisis de Fourier. FFT. Espectrograma.
- Procesamiento digital de señales.
  - Tasa de muestreo; precisión.
- Herramientas: sox y Python.