Universidad de la República
Uruguay

nib
núcleo de ingeniería biomédica

ELECTRICIDAD, ELECTRÓNICA E INSTRUMENTACIÓN BIOMÉDICA CON SEGURIDAD

Clase 3 – Electrónica: componentes y señales
25 de marzo de 2025

Prof. Franco Simini, MSc. Natalia Garay, Ing. Isabel Morales,
Br. Alejandra Rial

Núcleo de Ingeniería Biomédica de las Facultades de Medicina e Ingeniería
HC piso 15 sala 2

Contenido de la clase

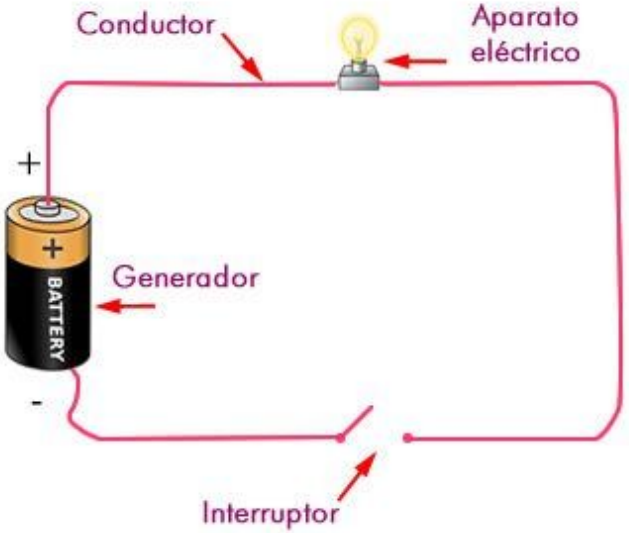
- Repaso
- Electricidad y electrónica
- Señales
- Serie de Fourier y espectro

nib
núcleo de ingeniería biomédica

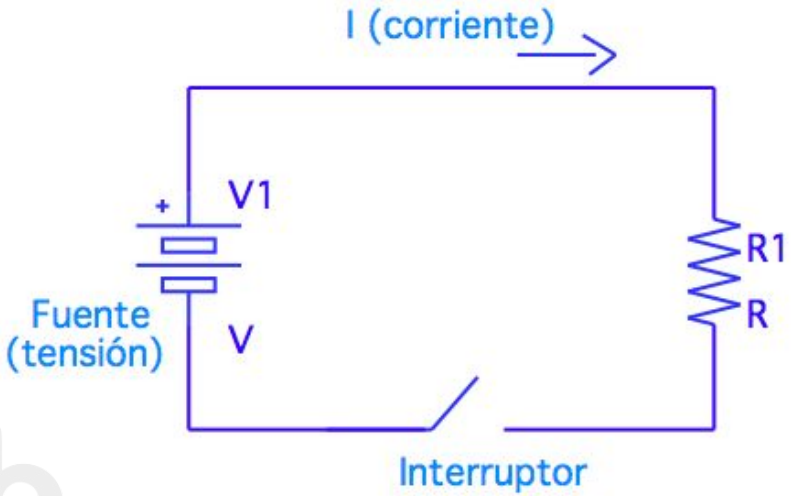
Electricidad y electrónica

Repaso de Electricidad

Conjunto de fenómenos físicos relacionados con la presencia y flujo de cargas eléctricas.

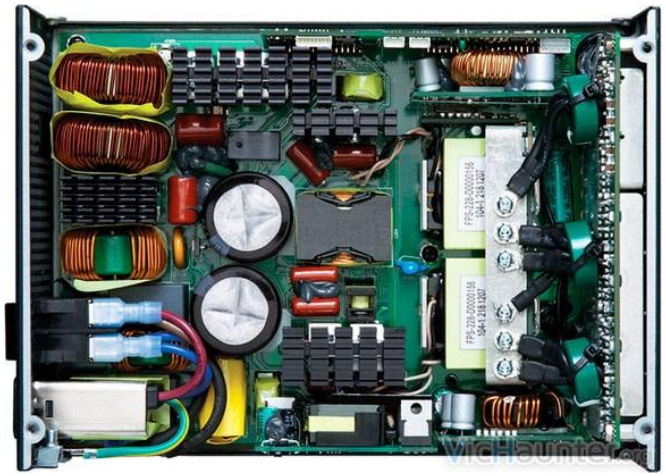


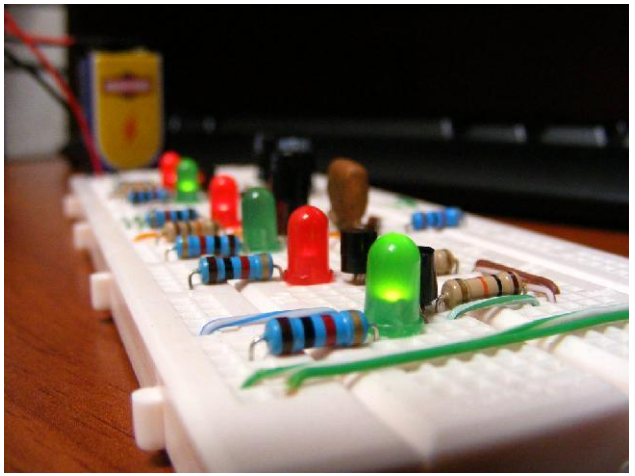
- **Circuito eléctrico:**
  Camino cerrado por el cual circulan cargas eléctricas.



núcleo de ingeniería biomédica

- **Electrónica:**
  Es una rama de la física y la ingeniería que estudia sistemas que se basan en la conducción y control de corriente eléctrica





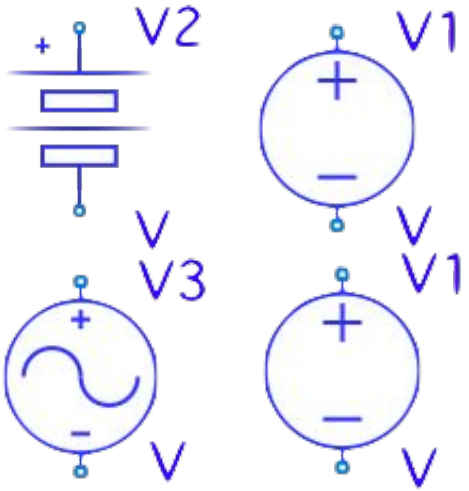
Juan José Montero Rodríguez
<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>
via Wikimedia Commons

Electrónica se basa en los semiconductores

Repaso de alimentación:

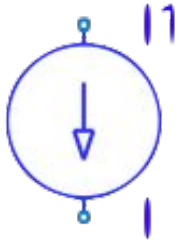
Es el componente encargado de energizar al circuito eléctrico. Distintos tipos de alimentación:

- fuente de tensión continua (baterías)
- fuente de tensión alterna
- fuente de corriente continua
- fuente de corriente alterna



Símbolos para fuentes de tensión continua

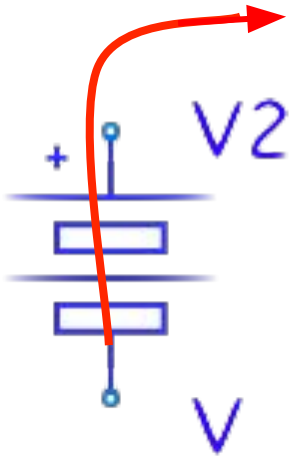
Símbolos para fuentes de tensión alterna

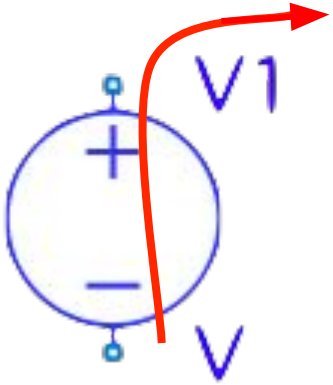


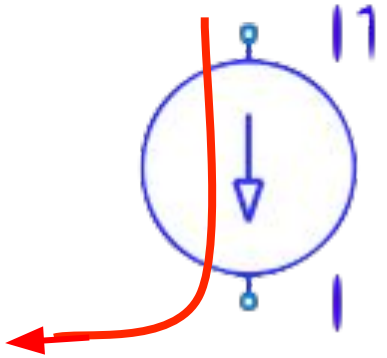
Símbolos para fuentes de corriente (contínua o alterna)

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Sentido convencional de la corriente







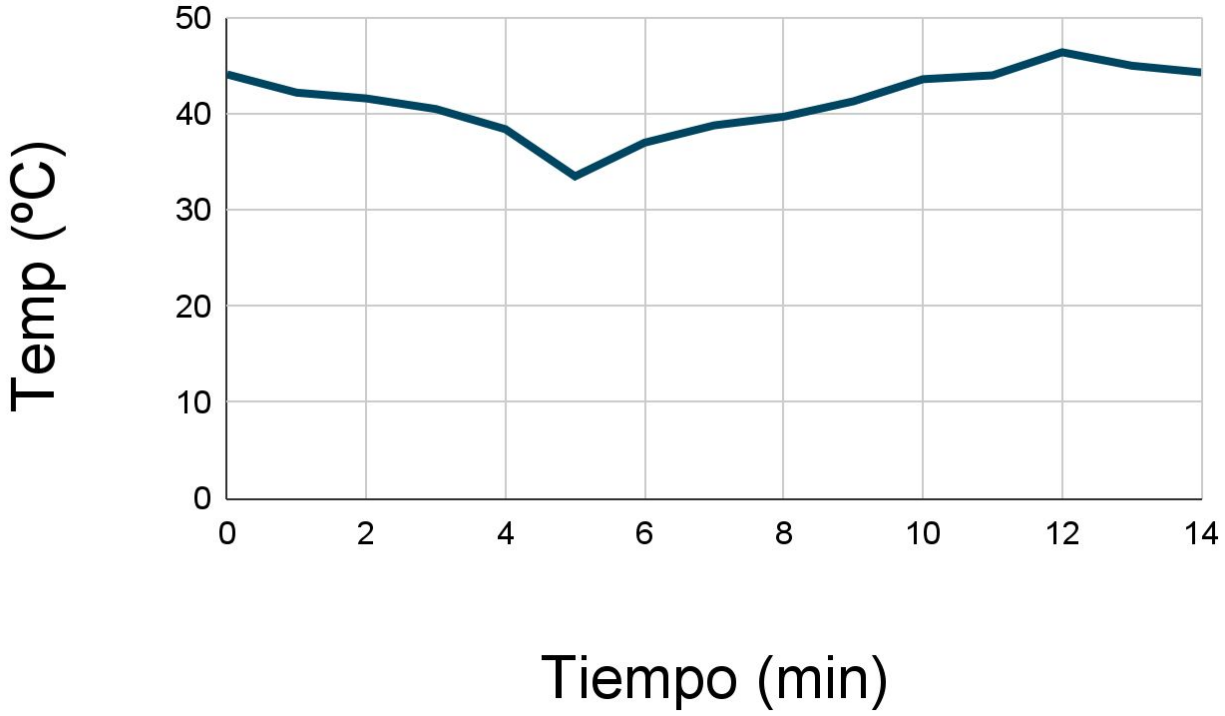
del + al - POR EL CIRCUITO

o sea, del - al + POR LA FUENTE

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Señales

Señal: Cualquier tipo de magnitud expresada en función del tiempo. Ej: temperatura del agua en una caldera:

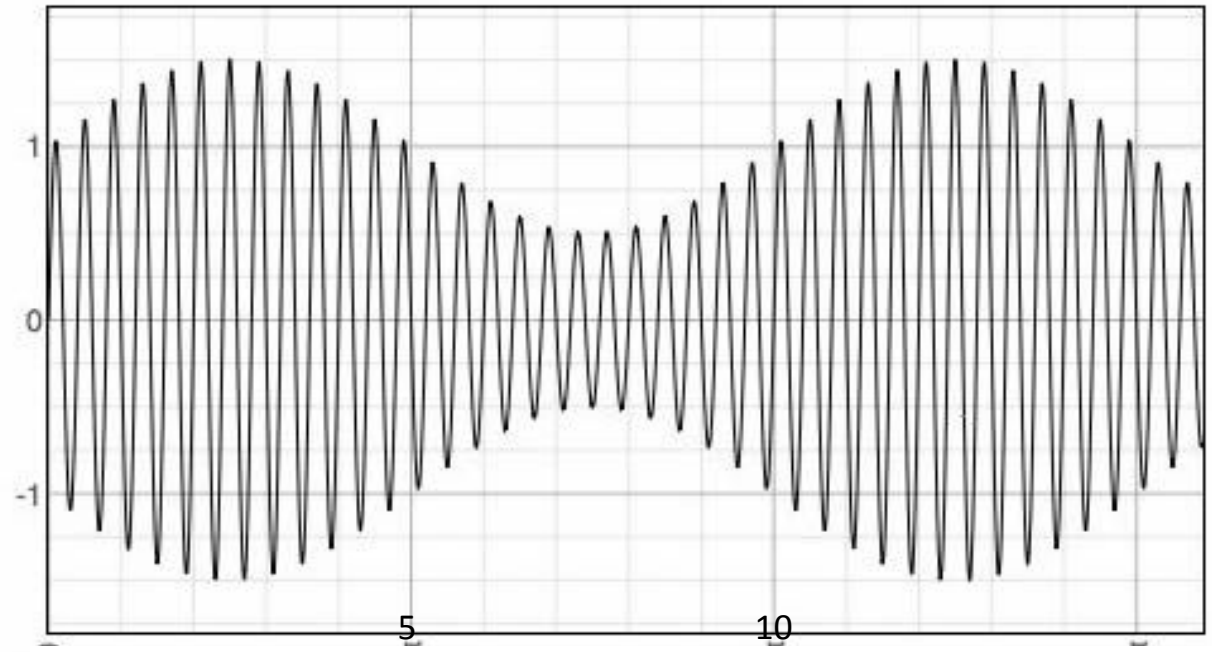


EEG, ECG, EOG, altura de un niño, mes a mes, etc

núcleo de ingeniería biomédica

En electrónica, las señales son tensiones, corrientes, energía almacenada, etc..

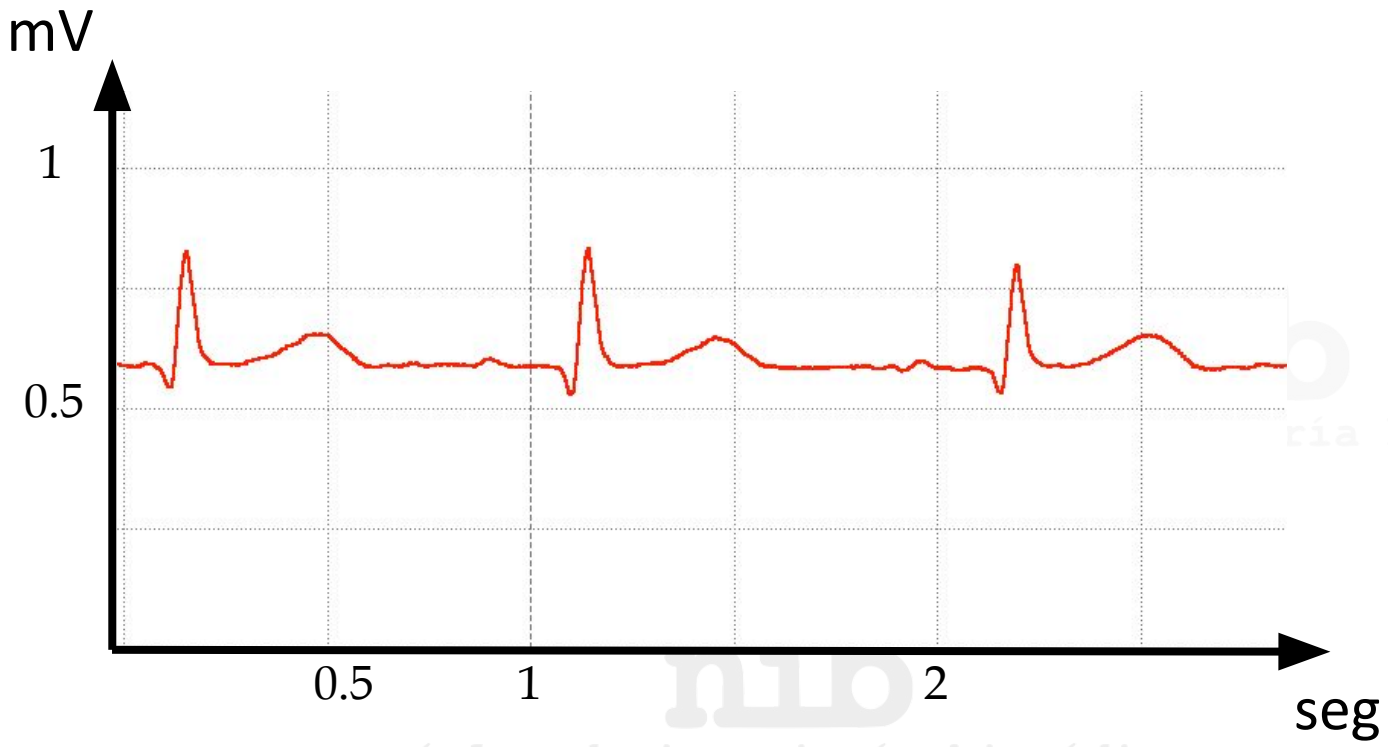
Todas las señales están relacionadas a un punto de circuito (I) o un par de puntos (V).



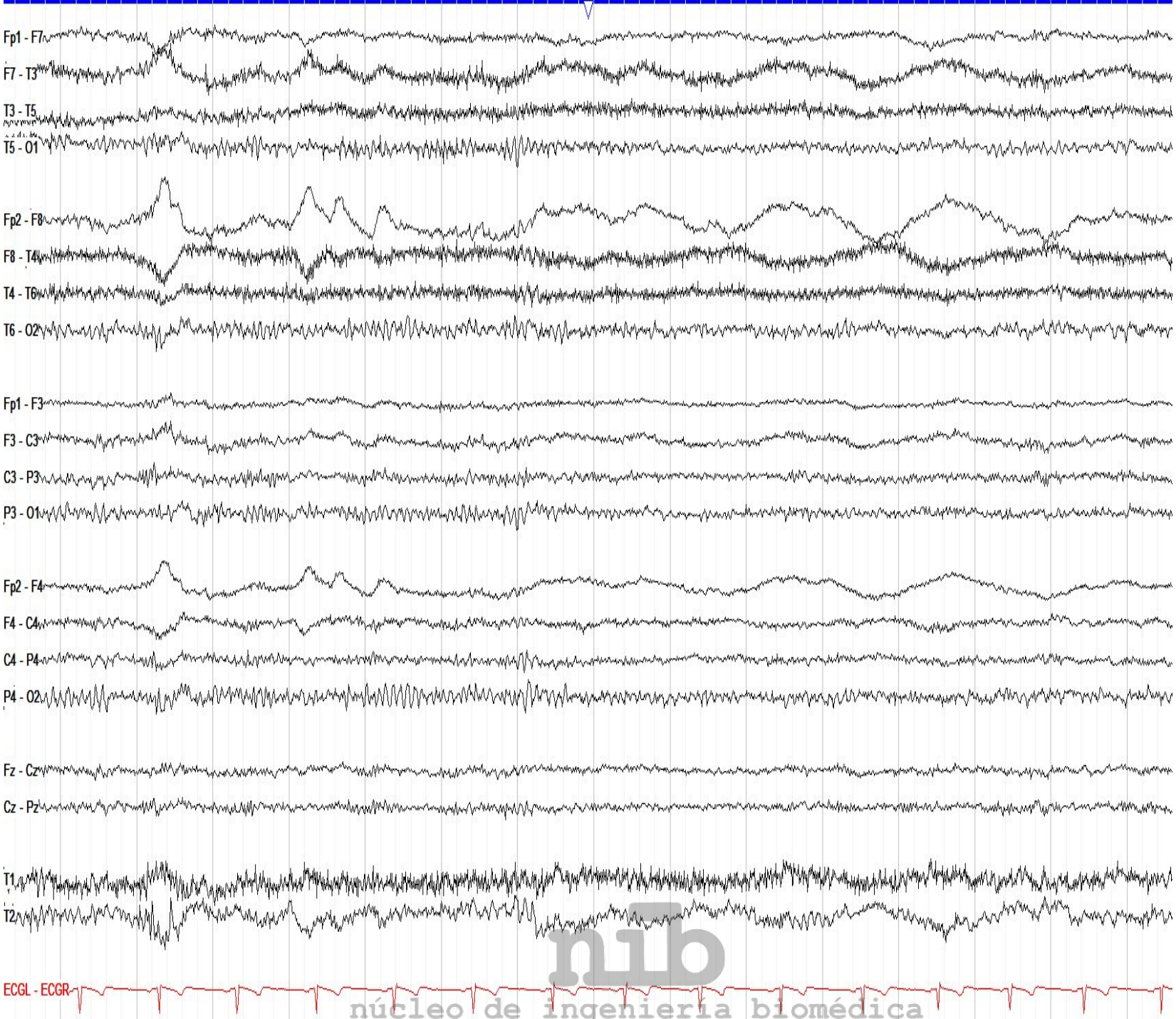
núcleo de ingeniería biomédica

EEG, ECG, EOG, etc, son transformadas de corrientes iónicas a tensiones o corrientes electrónicas.

Los iones provocan movimiento de electrones en los conductores externos



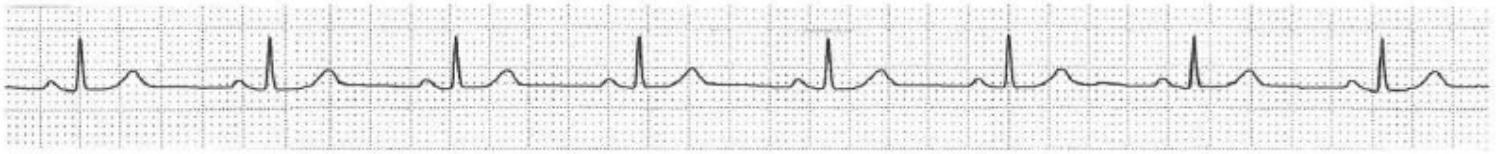
núcleo de ingeniería biomédica



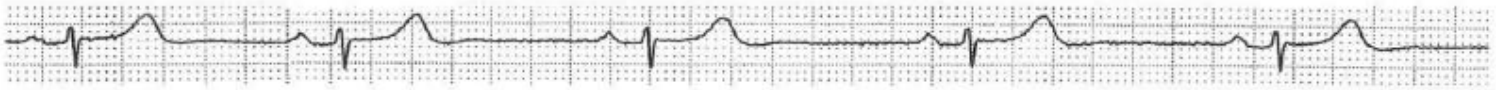
nib
núcleo de ingeniería biomédica

EEG patológico: Descargas epileptiformes

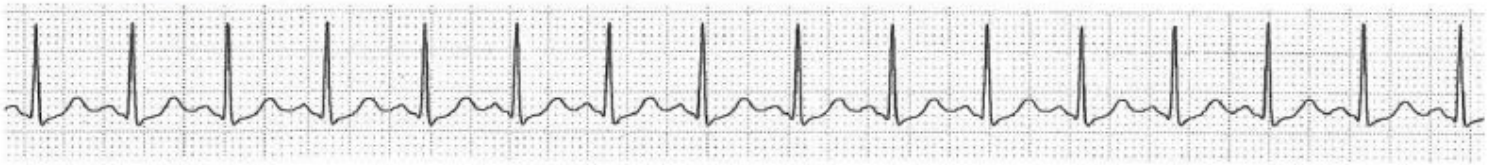
a. **Normal sinus rhythm.**



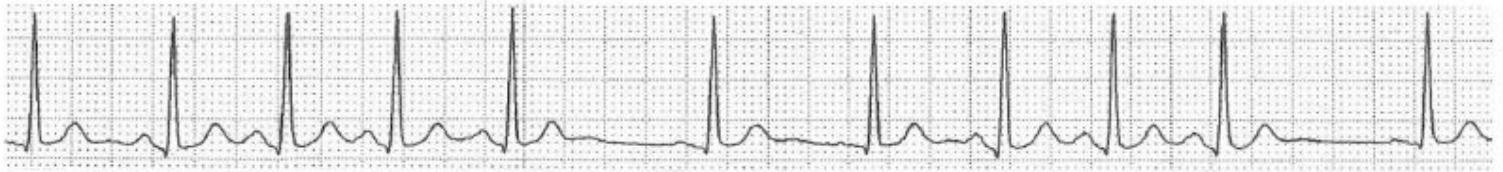
b. **Sinus bradycardia.**



c. **Sinus tachycardia.**



d. **Sinus arrhythmia.**



e. **Sinus node reentrant tachycardia.**

nib
núcleo de ingeniería biomédica

En suma:

- Una señal es definida como una magnitud que varía en el tiempo.

- La señal tiene un nombre, una unidad y un rango de tiempo.

- Se grafica con rótulos en los ejes x (tiempo) y eje y (la variable de la señal)

Variable no es una constante.

Por ejemplo:

- pi (π) = 3,14159 es una constante.

- la presión arterial es una variable que se expresa como señal que varía en el tiempo.

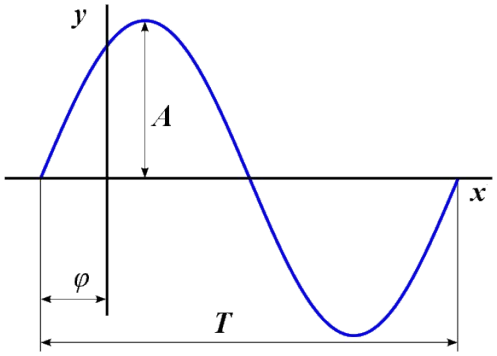
nib
núcleo de ingeniería biomédica

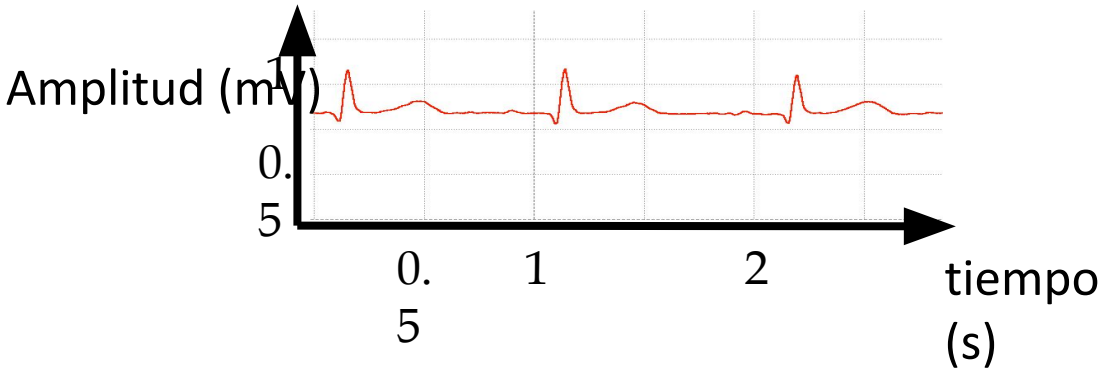
Una señal periódica es una señal que repite sus valores con regularidad

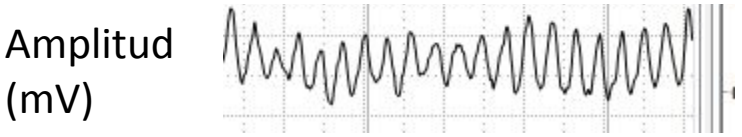
La regularidad está dada por el PERÍODO medido en segundos (s)

Ejemplos de señales periódicas o casi periódicas:

- La tensión de la UTE
- ECG (no perfectamente periódico por la VFC)
- EEG (ondas alfa, patrones patológicos como las PLEDS (Periodic Lateralized Epileptiform Discharges), complejos de POL (Punta onda lenta), etc.







La sinusoide es una señal periódica muy especial

Se puede representar con una función matemática llamada justamente SINUSOIDE

$$y = \sin(x)$$

que puede tener una **Amplitud**

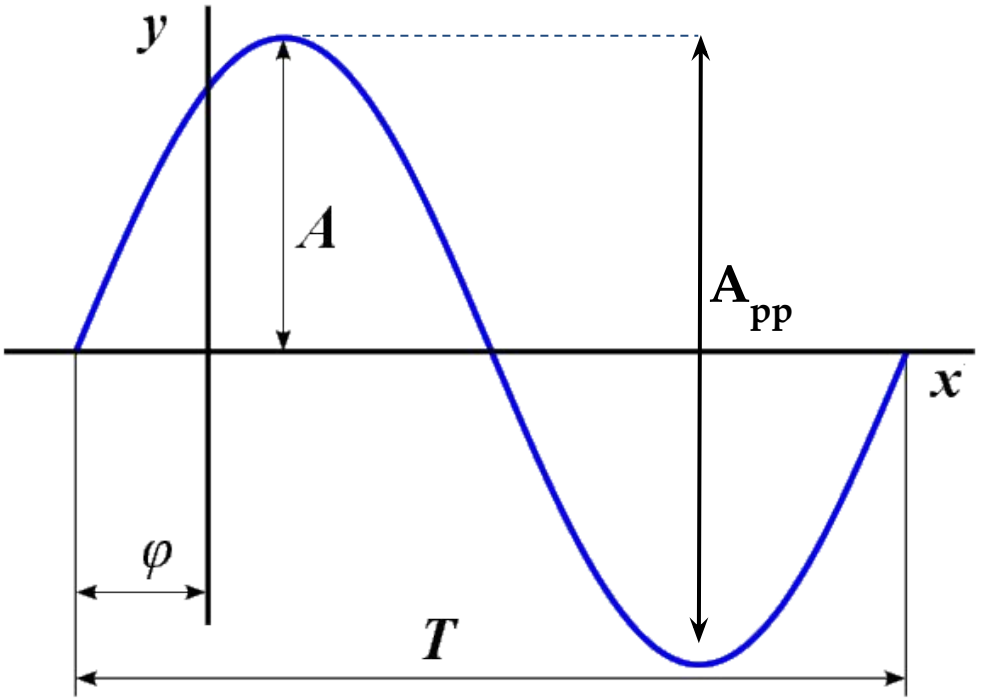
$$y = A \sin(x)$$

medido en Volt (V) o medido en Ampère (I) o en Watt (W), etc.

Definiciones

Amplitud: A

Valor máximo que alcanza una señal.
Ej: Señal de amplitud de 2V. Quiere decir que su valor máximo es 2V. **A = 2V**



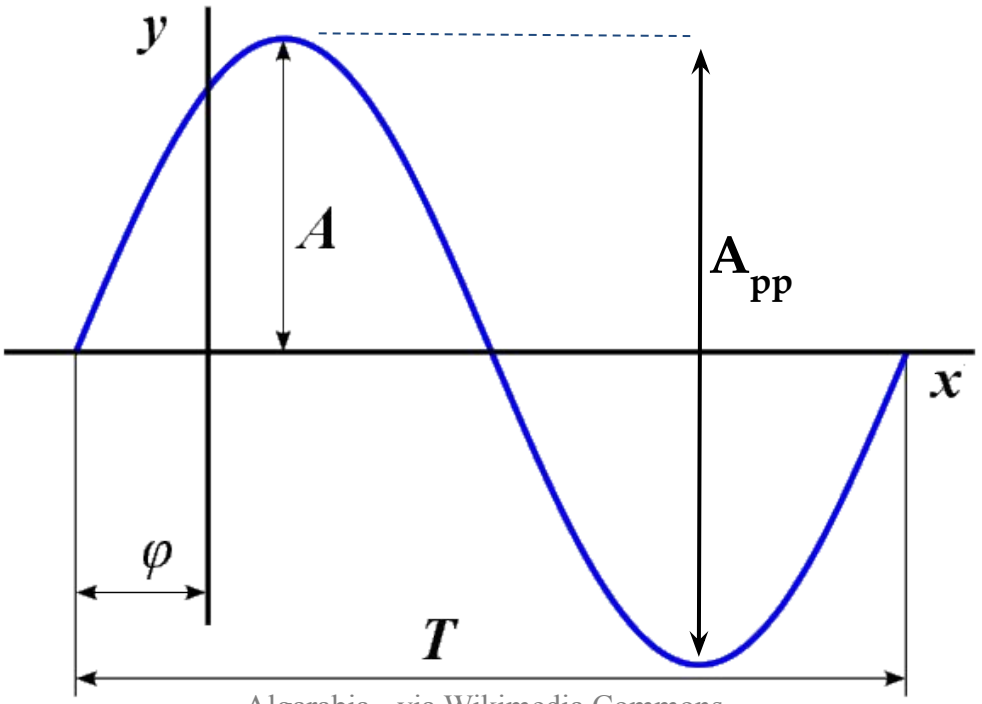
Algarabia - via Wikimedia Commons
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Alg_sinusoide.png

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Amplitud pico-pico: A_{pp}

Valor entre el máximo y el mínimo de una señal.

Ej: señal varía entre 2V y -2V tiene $\mathbf{A_{pp} = 4V}$



Algarabia - via Wikimedia Commons
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Alg_sinusoide.png

nib
núcleo de ingeniería biomédica

- **Período:**
  Tiempo que tarda la señal en volver a su valor con el mismo crecimiento (creciente o decreciente).
  Si la señal no se repite, no existe período T.

  Unidad: segundo

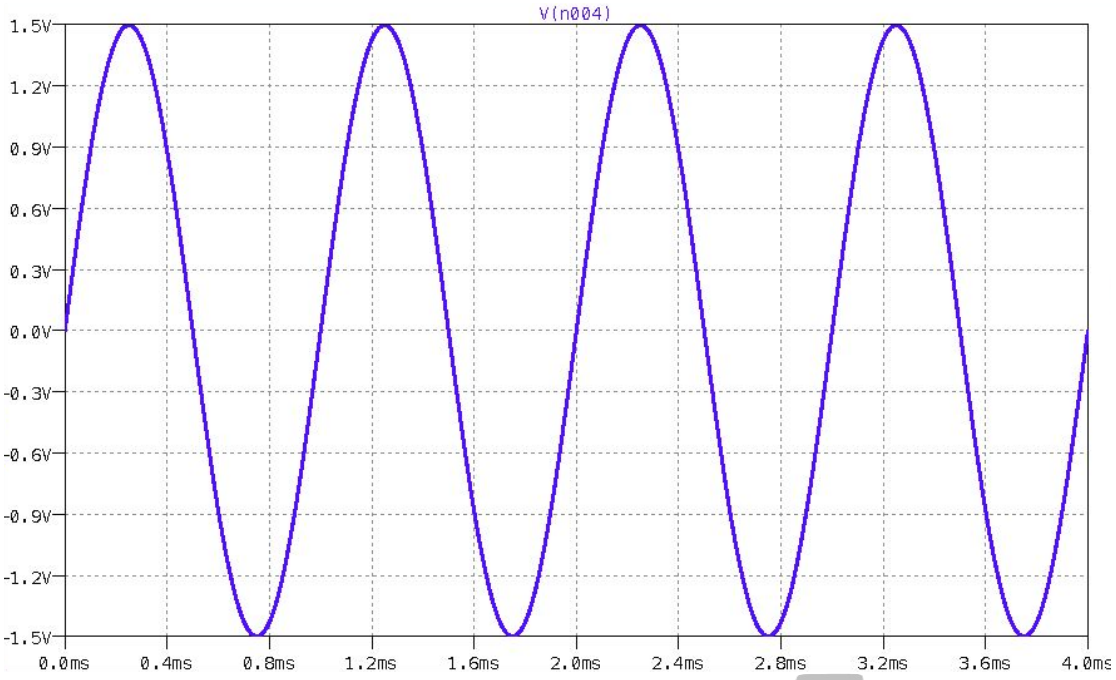
- **Frecuencia:**
  Cantidad de veces que una señal repite su forma en un segundo. Se representa con la letra f.

$$f = 1/T$$

  Unidad: Hertz (Hz)

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Pero no todo es así de lindo como la sinusoide pura

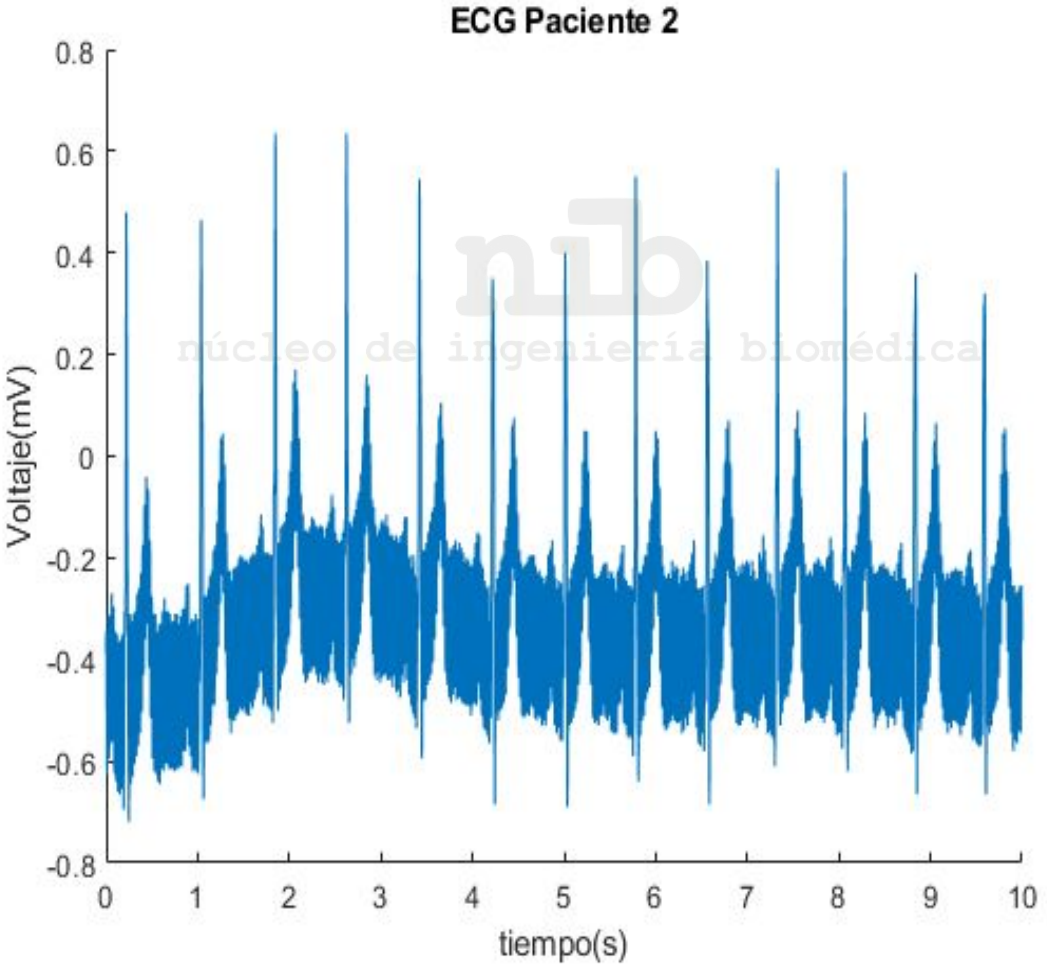


Nota: una señal elemental es una sinusoide pura, definida por su f, A y φ.

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Ruido eléctrico:
toda señal eléctrica no deseada que se superpone a las señales de interés.

Ejemplo: interferencia de la red eléctrica de UTE (50Hz).

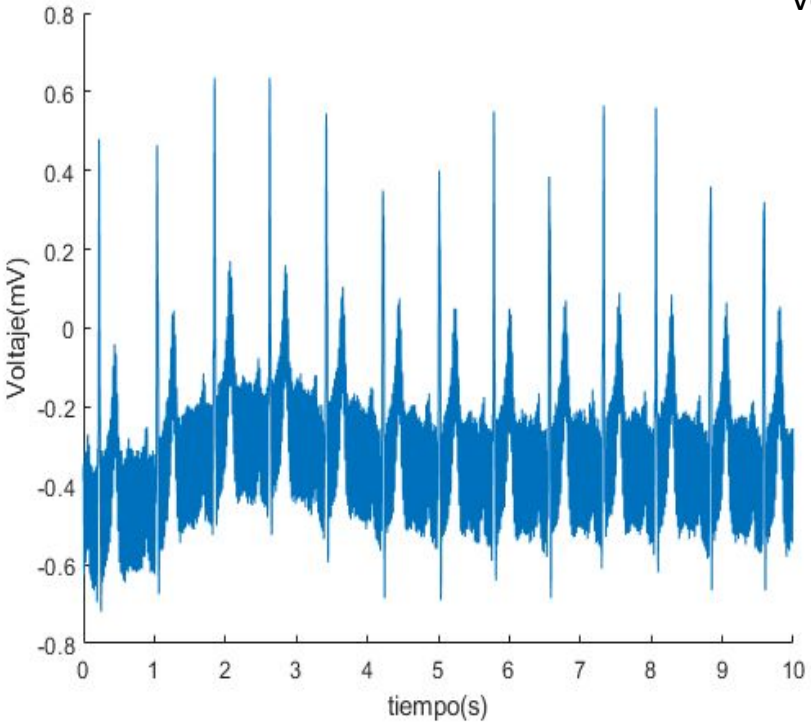


Señal extraída del informe de la práctica 2 de Ingeniería Biomédica, año 2020

núcleo de ingeniería biomédica

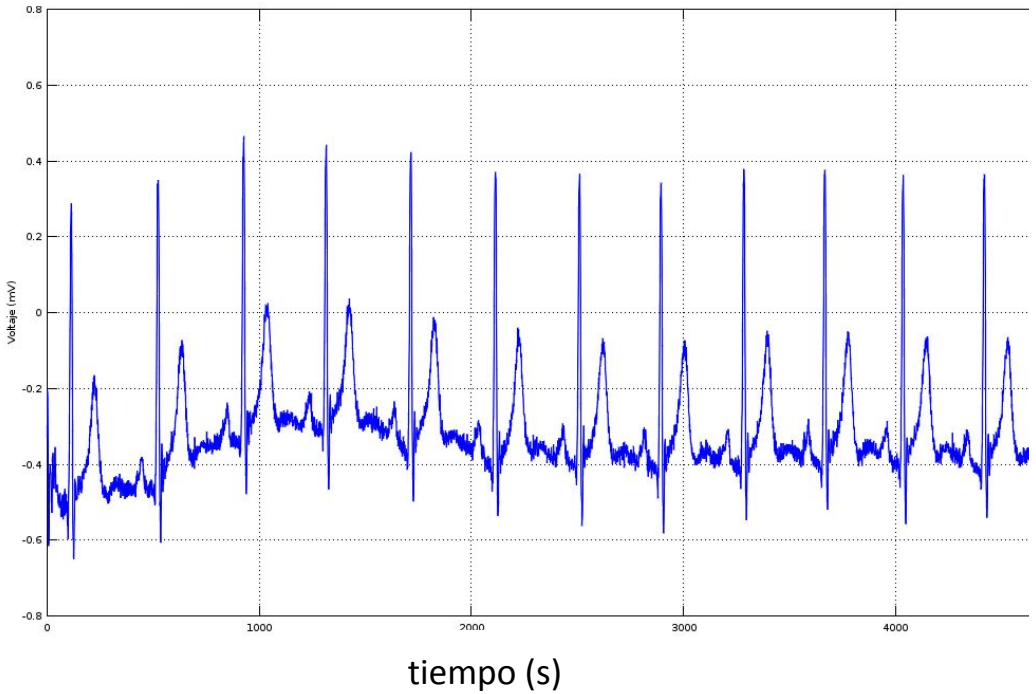
ECG con y sin ruido

ECG Paciente 2



Voltaje (mV)

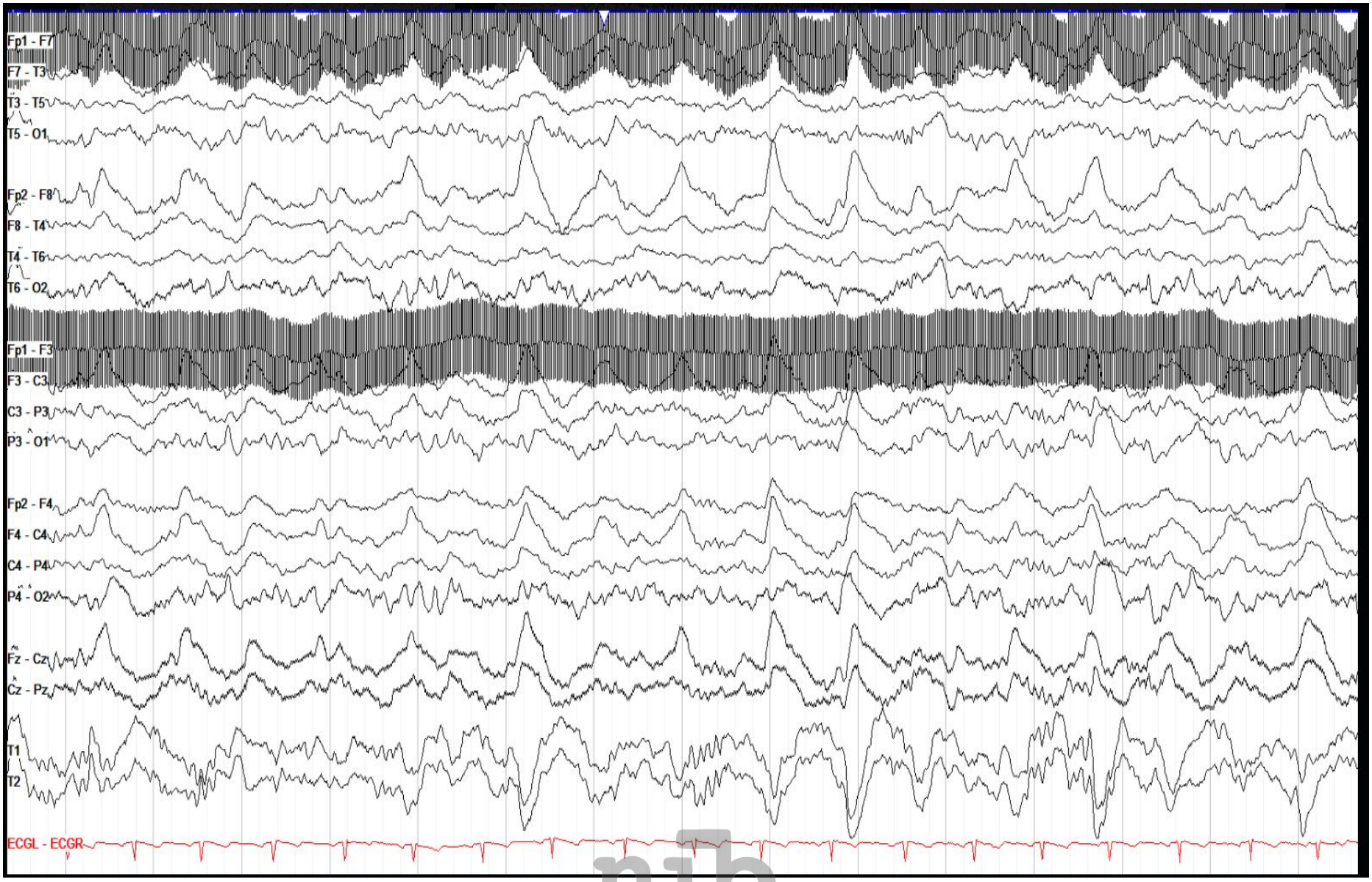
ECG Paciente 2 post filtrado



tiempo (s)

nib
núcleo de ingeniería biomédica

EEG con 4 canales ruidosos



nib
núcleo de ingeniería biomédica

Serie de Fourier: composición de una señal en señales elementales

Como una torta con ingredientes: azúcar, harina, huevos…,

una señal **periódica** puede ser construída a partir de señales elementales (ingredientes)

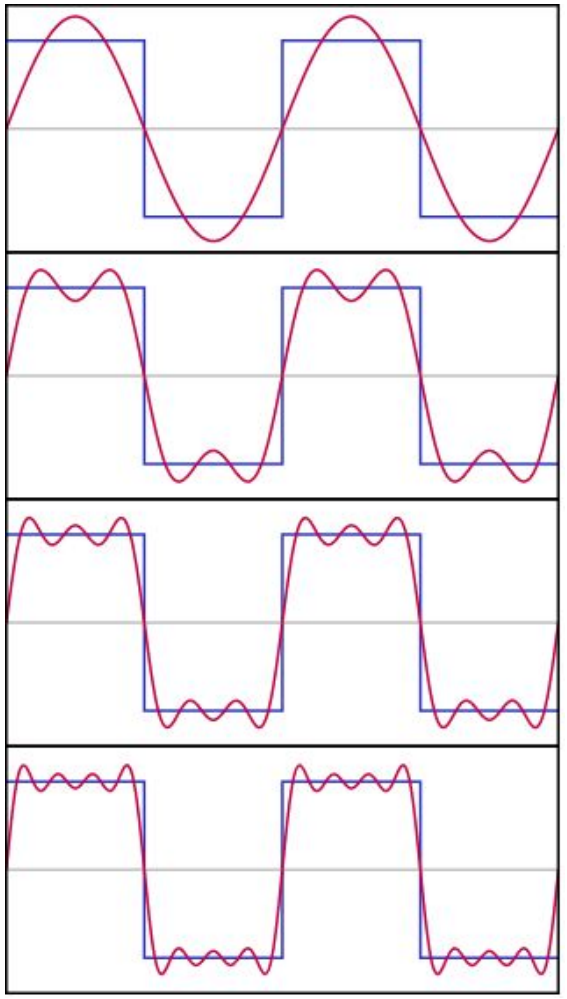
nib
núcleo de ingeniería biomédica

Serie de Fourier

Serie de Fourier:
Toda señal periódica puede ser expresada como suma de señales elementales, cada una con su frecuencia, amplitud y fase.

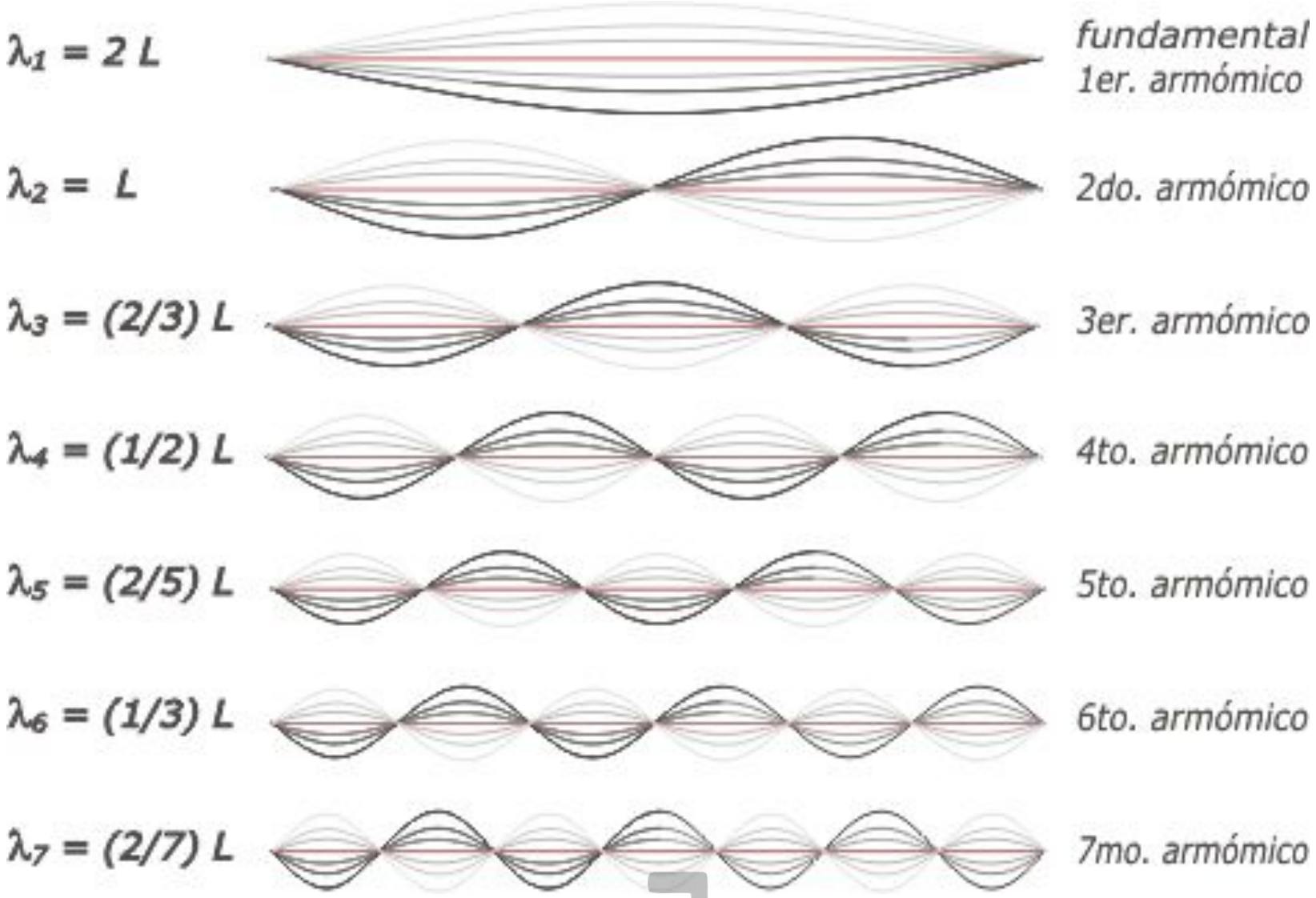
Esta señal "onda cuadrada" (oc) es suma de sinusoides de frecuencia creciente.

La f fundamental de la oc coincide con la f de la mayor sinusoide.



By Jim.belk - via Wikimedia Commons
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/2/2c/Fourier_Series.svg

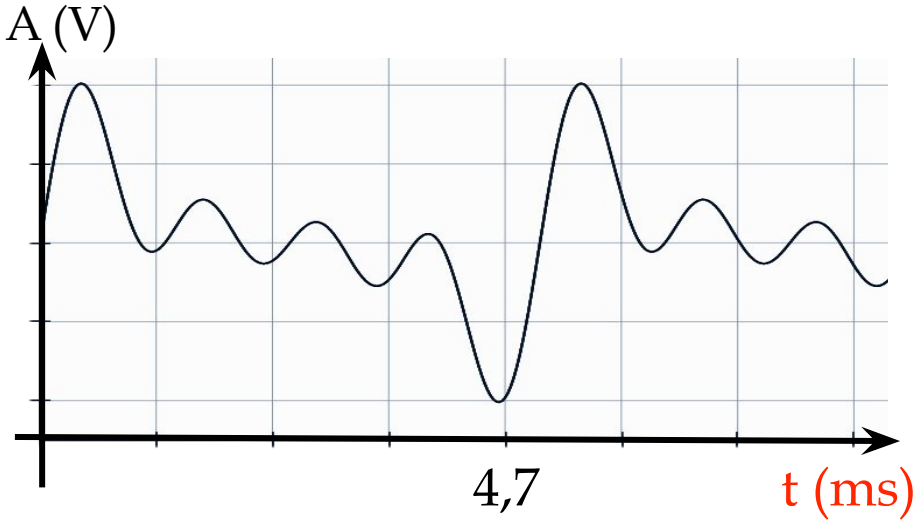
Armónicos de las notas de una guitarra



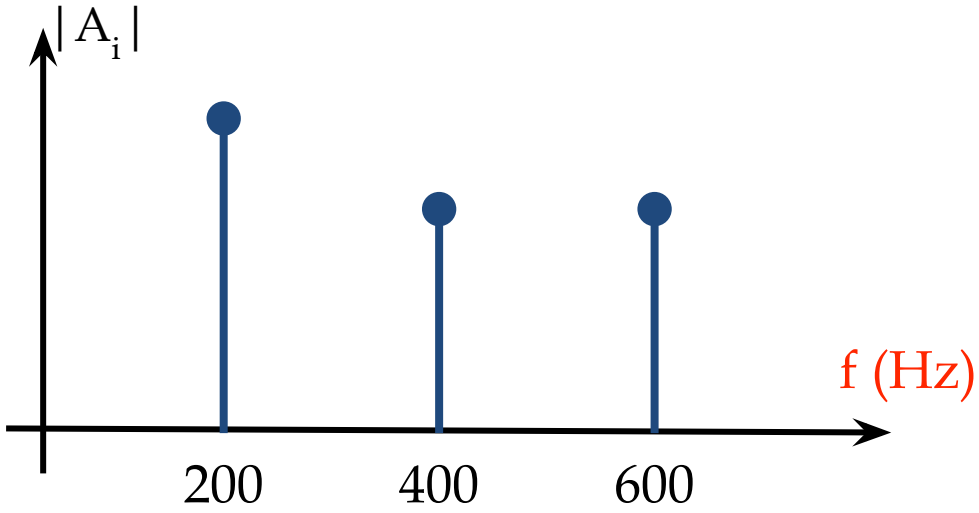
nib
núcleo de ingeniería biomédica

Espectro de frecuencias
(también llamado:“espectro de Fourier”)

Es la gráfica con las amplitudes de las señales elementales que componen la señal compleja.



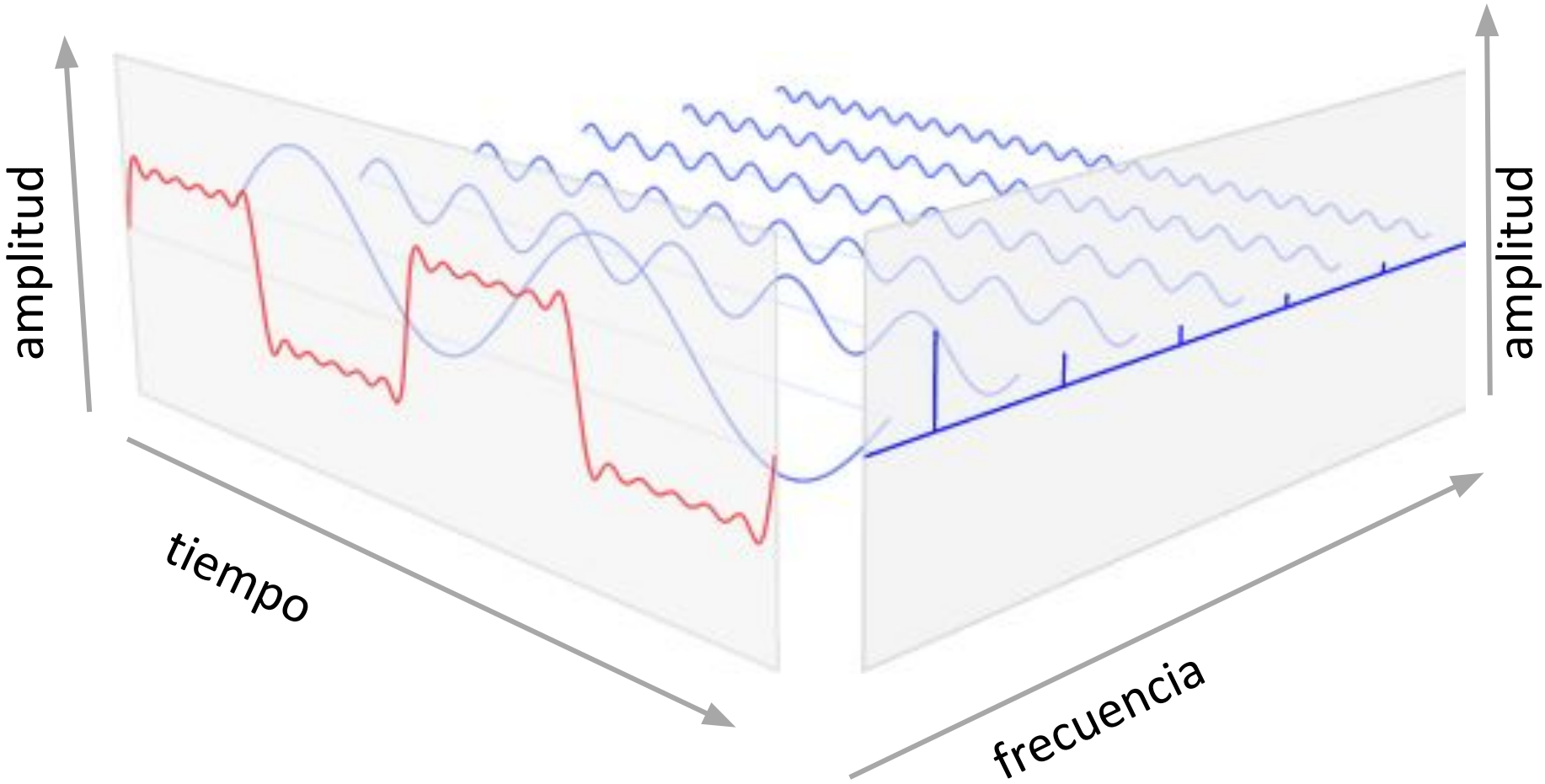
Señal



Espectro

(fundamental, 2do armónico, 3er armónico, etc.)

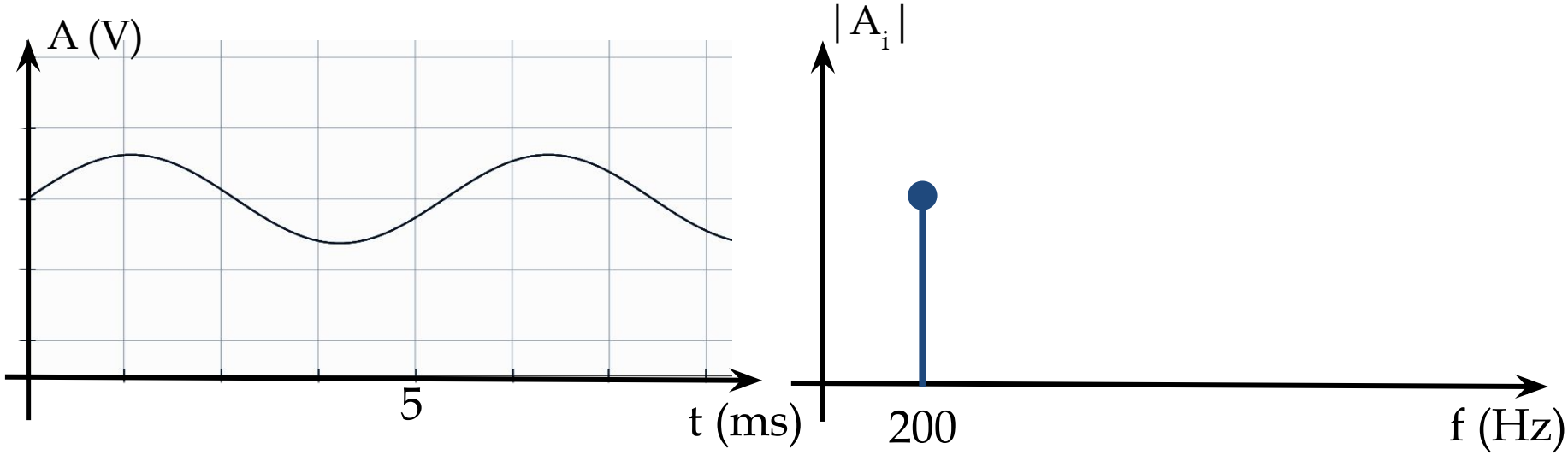
núcleo de ingeniería biomédica


amplitud
tiempo
frecuencia
amplitud

Representación espectral de una sinusoide simple

- **Señal elemental:**

  Sinusoide pura definida por su amplitud, frecuencia y fase.



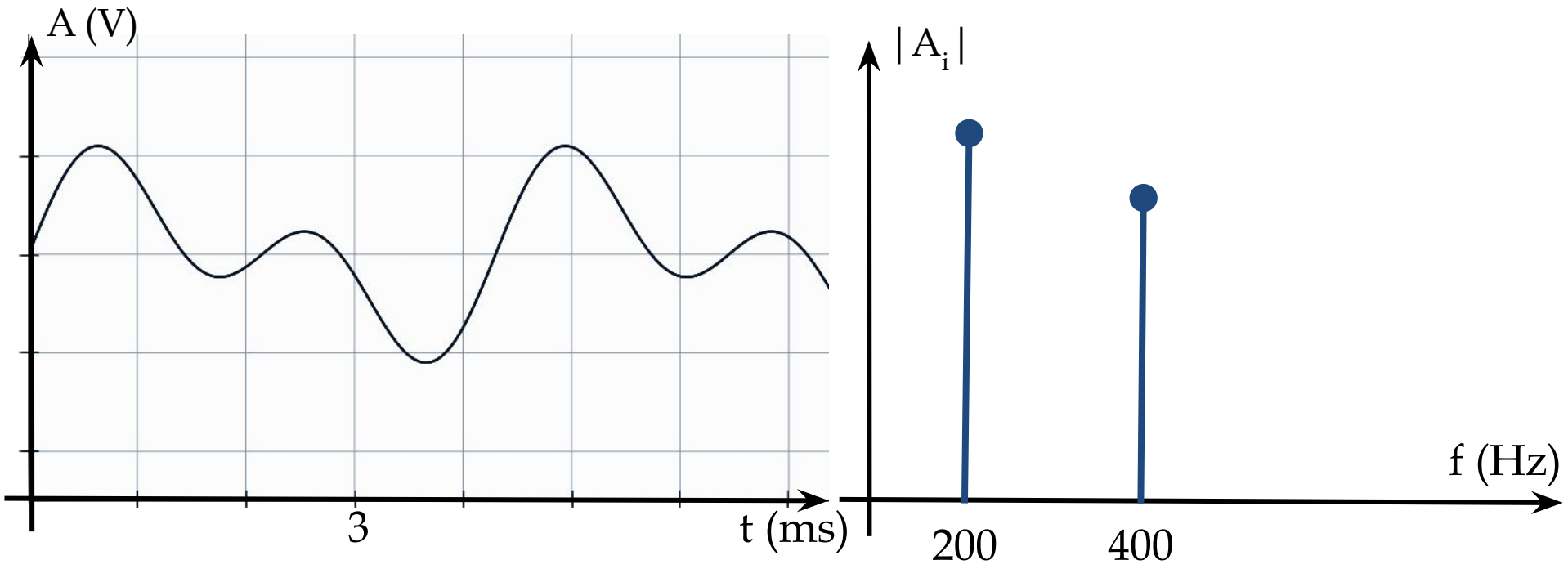
- **Armónicos:**

  Múltiplos de la frecuencia fundamental.

  Ej: frec. fund. de 100Hz, 2do armónico en 200Hz, 3er armónico en 300Hz, etc.

núcleo de ingeniería biomédica

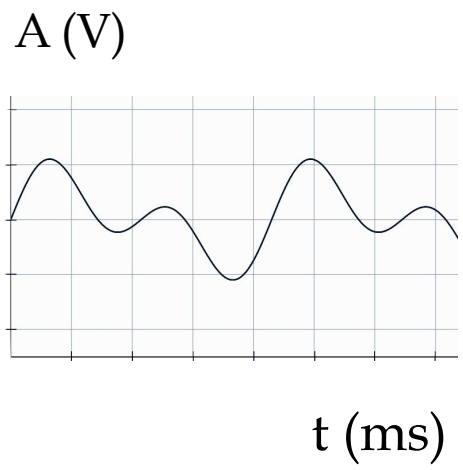
Señal con frecuencia fundamental 200Hz y 1er armónico (400Hz)

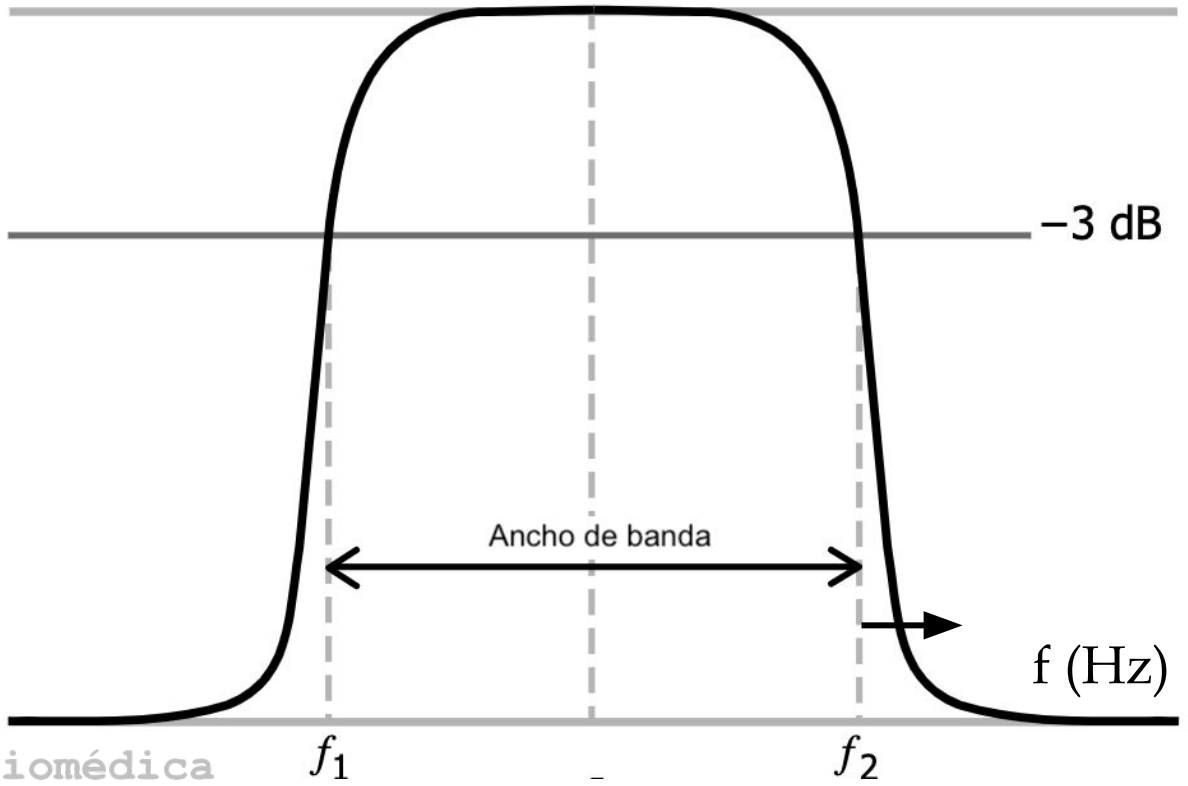


nib
núcleo de ingeniería biomédica

Ancho de banda de una señal:

Es el rango de frecuencias en el que se encuentran los componentes elementales de la señal. Se mide en Hertz (Hz). Aquí está la mayor parte de la potencia de una señal. Ancho comprendido entre frecuencia máxima y mínima: **BW = f2 - f1**





nib
núcleo de ingeniería biomédica

Pregunta 1

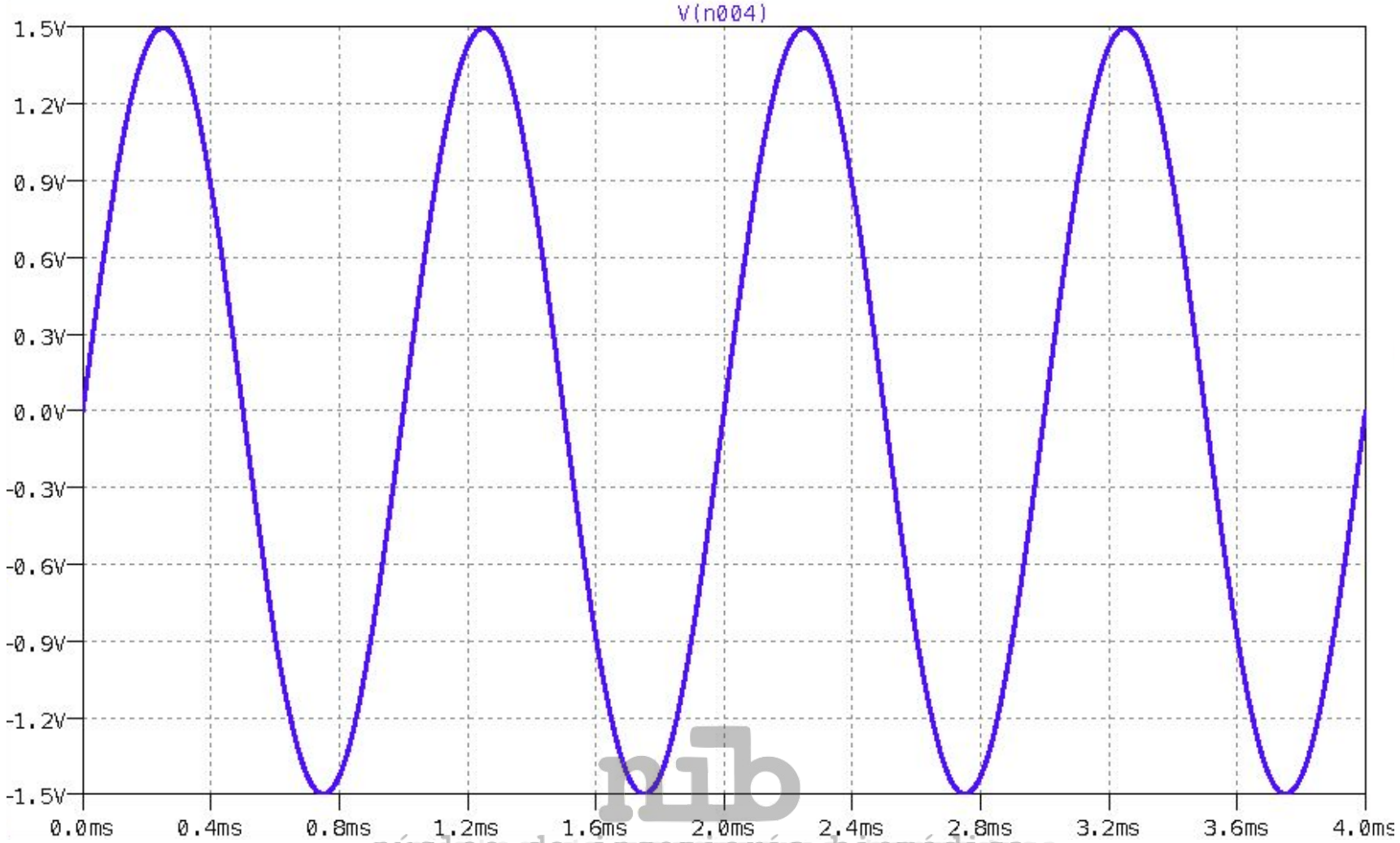
La representación de una señal es una gráfica que involucra:

A. La magnitud de interés en función del tiempo
B. El tiempo en función de la magnitud de interés.
C. El dibujo preciso del aumento del valor de la variable de interés.
D. La evolución aproximada de una variable muy usada en medicina.

Pregunta 2

¿Cuál es la amplitud de la señal de la figura?

A. 3V B. 1,5V C. 0V D. 0,5V



nib
núcleo de ingeniería biomédica

Pregunta 3

¿Qué representa el espectro de Fourier?

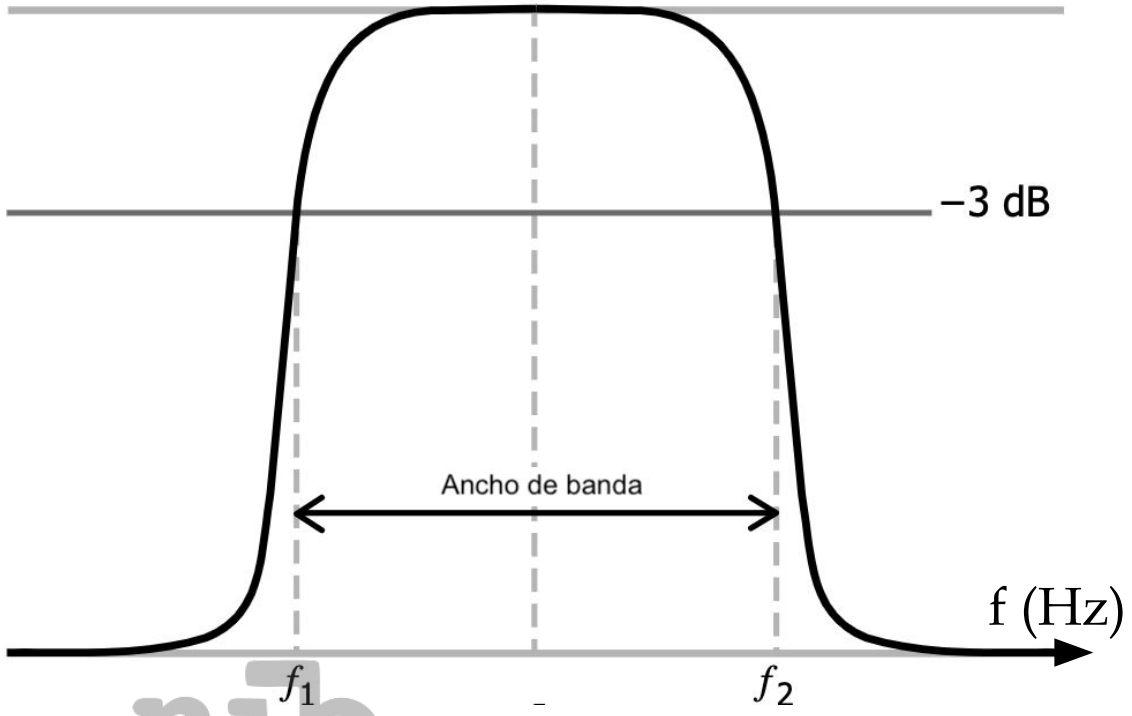
A. Voltaje de cada componente de una señal compleja de corriente.
B. Amplitud de los armónicos o componentes de una señal compleja.
C. Amplitud total de la señal compleja.
D. Período de la señal compleja.

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Pregunta 4

¿Cuánto vale el ancho de banda de la señal con el siguiente espectro, donde f1=100Hz y f2 = 500Hz

A. 500Hz
B. 600Hz
C. 400Hz
D. 100Hz



nib
núcleo de ingeniería biomédica

Pregunta 5

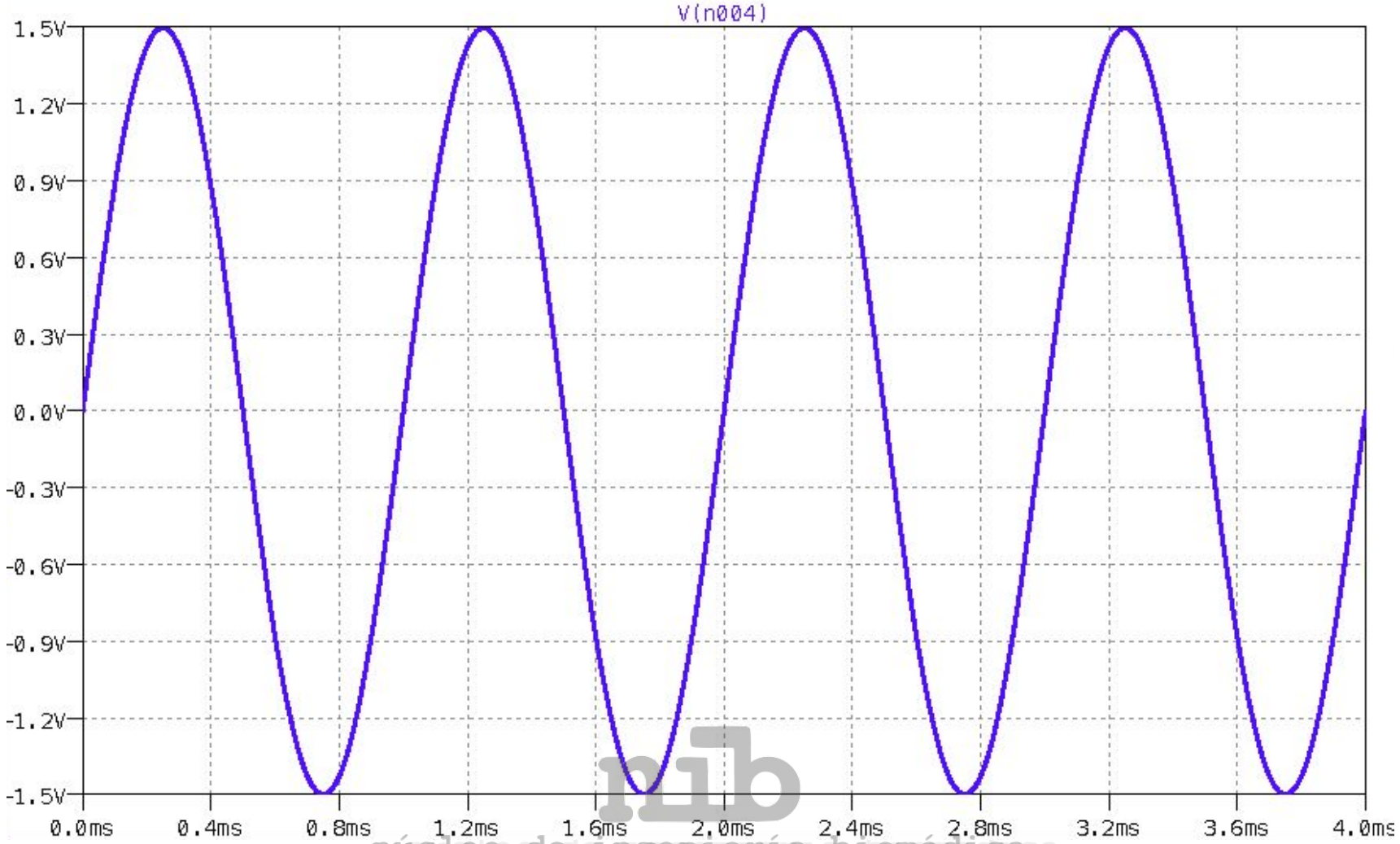
La representación de una señal es una gráfica que involucra:

A. La magnitud de interés en función del tiempo
B. El tiempo en función de la magnitud de interés.
C. El dibujo preciso del aumento del valor de la variable de interés.
D. La evolución aproximada de una variable muy usada en medicina.

Pregunta 6

¿Cuál es la amplitud de la señal de la figura?

A. 3V B. 1,5V C. 0V D. 0,5V



núcleo de ingeniería biomédica

Pregunta 7

¿Qué representa el espectro de Fourier?

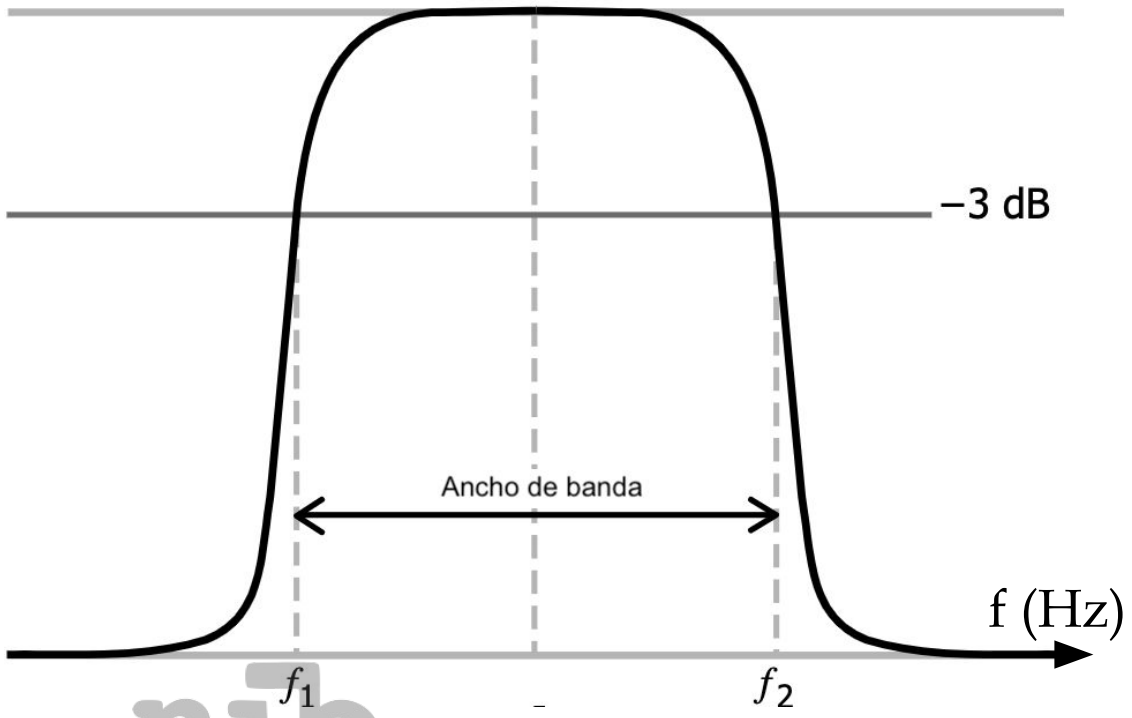
A. Voltaje de cada componente de una señal compleja de corriente.
B. Amplitud de los armónicos o componentes de una señal compleja.
C. Amplitud total de la señal compleja.
D. Período de la señal compleja.

nib
núcleo de ingeniería biomédica

Pregunta 8

¿Cuánto vale el ancho de banda de la señal con el siguiente espectro, donde f1=100Hz y f2 = 500Hz

A. 500Hz
B. 600Hz
C. 400Hz
D. 100Hz



nib
núcleo de ingeniería biomédica

Muchas gracias

¿Preguntas?

nib
núcleo de ingeniería biomédica