



Universidad de la República  
Uruguay



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

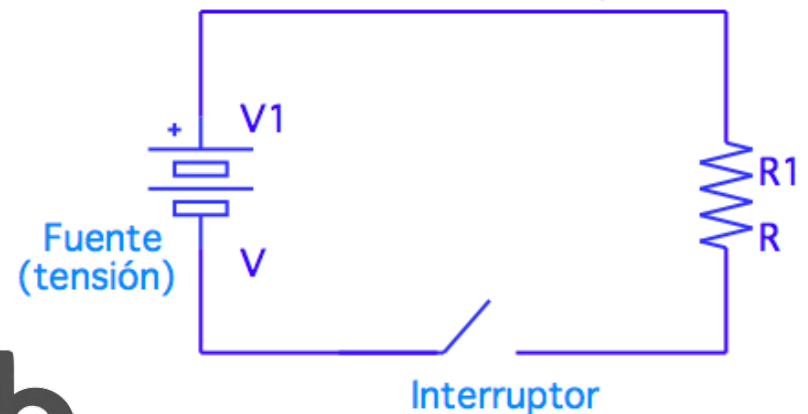
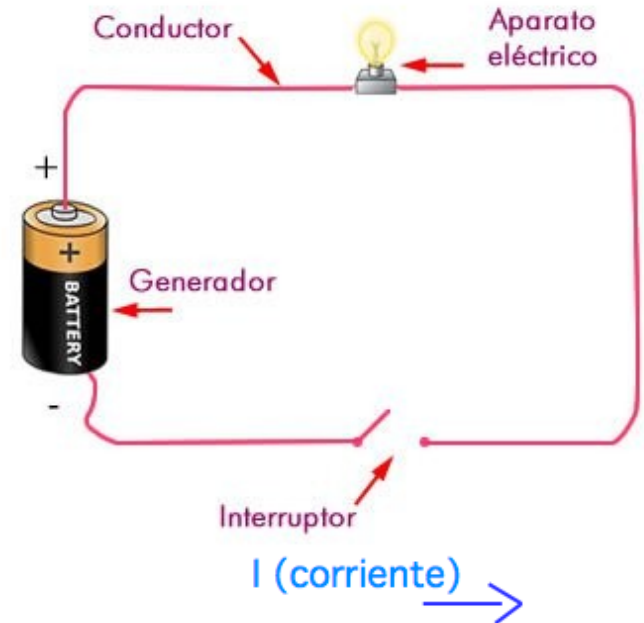


# Electricidad y electrónica

## Repaso de Electricidad

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

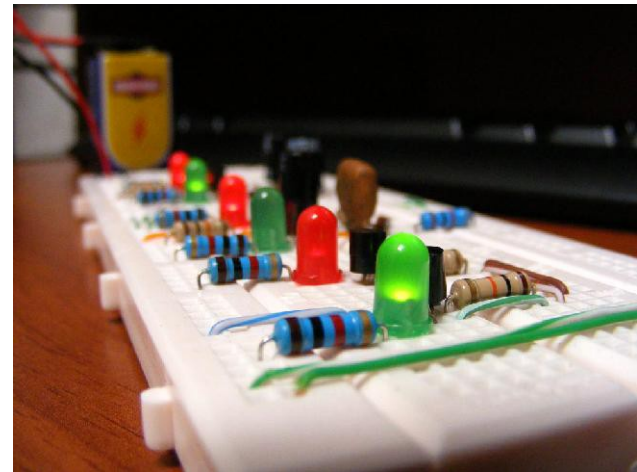
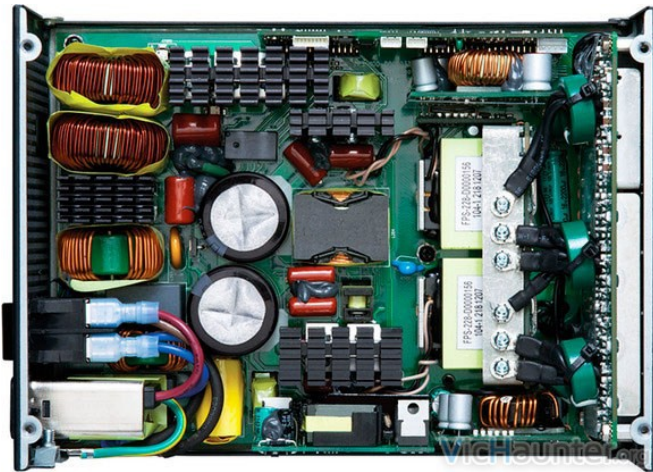
- **Circuito eléctrico:**  
Camino cerrado por el cual circulan cargas eléctricas.



nib

- **Electrónica:**

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



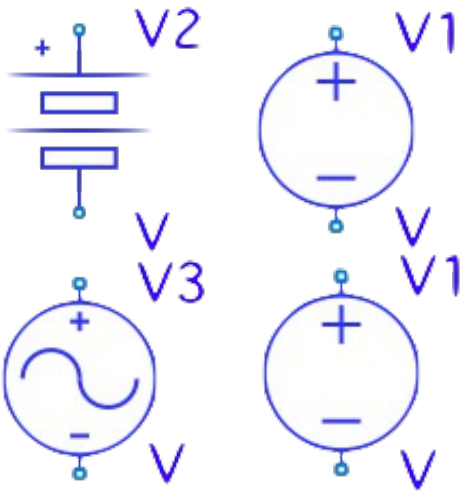
Juan José Montero Rodríguez  
<<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0>>  
via Wikimedia Commons

Electrónica se basa en los semiconductores

# Repaso de alimentación:

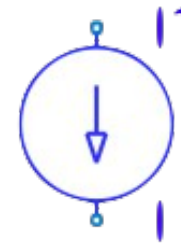
Es el componente encargado de energizar al circuito eléctrico. Distintos tipos de alimentación:

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



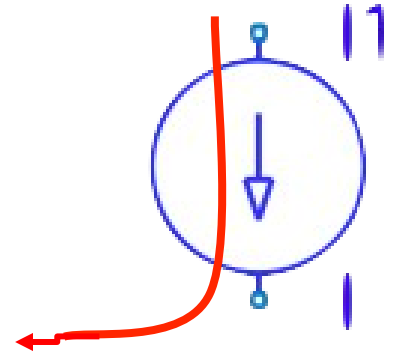
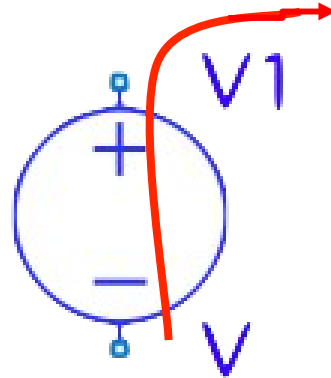
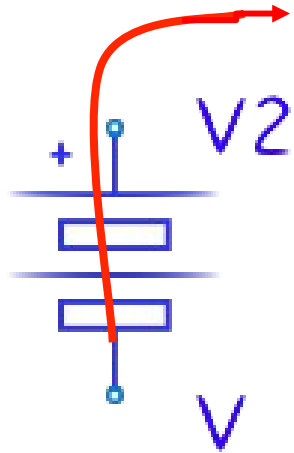
Símbolos para fuentes de tensión continua

Símbolos para fuentes de tensión alterna



Símbolos para fuentes de corriente (continua o alterna)

# Sentido convencional de la corriente

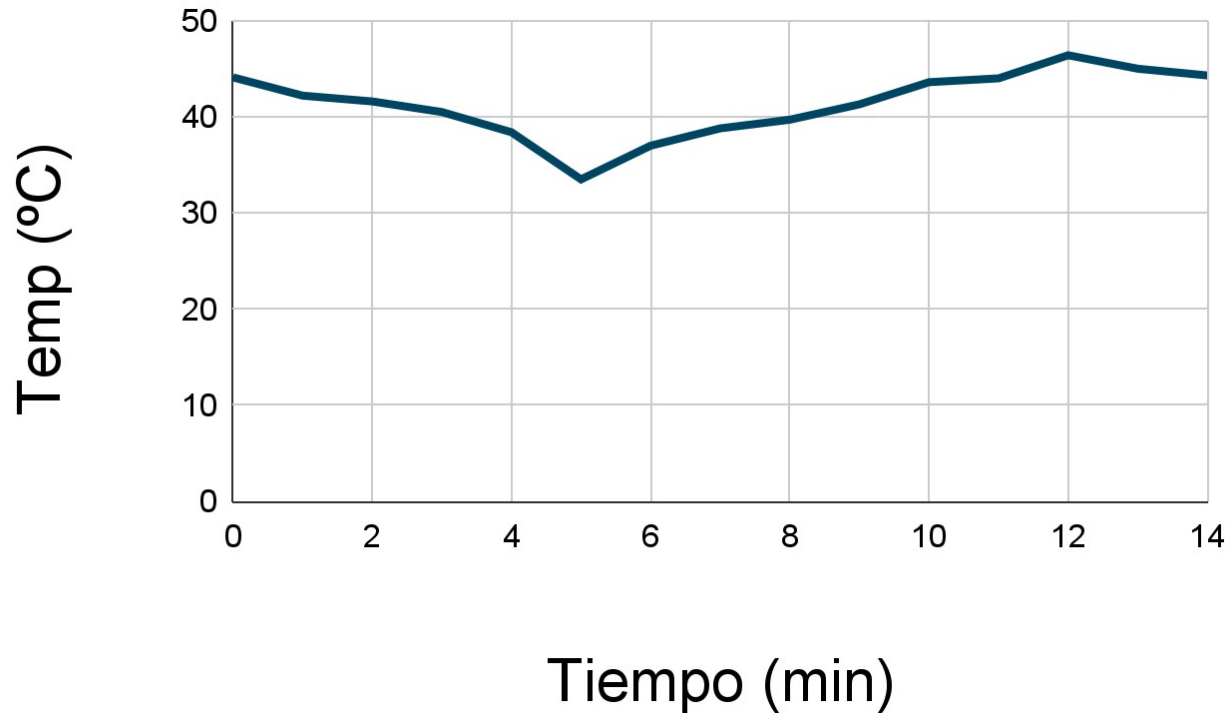


**del + al - POR EL CIRCUITO**

**o sea, del - al + POR LA FUENTE**

# Señales

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

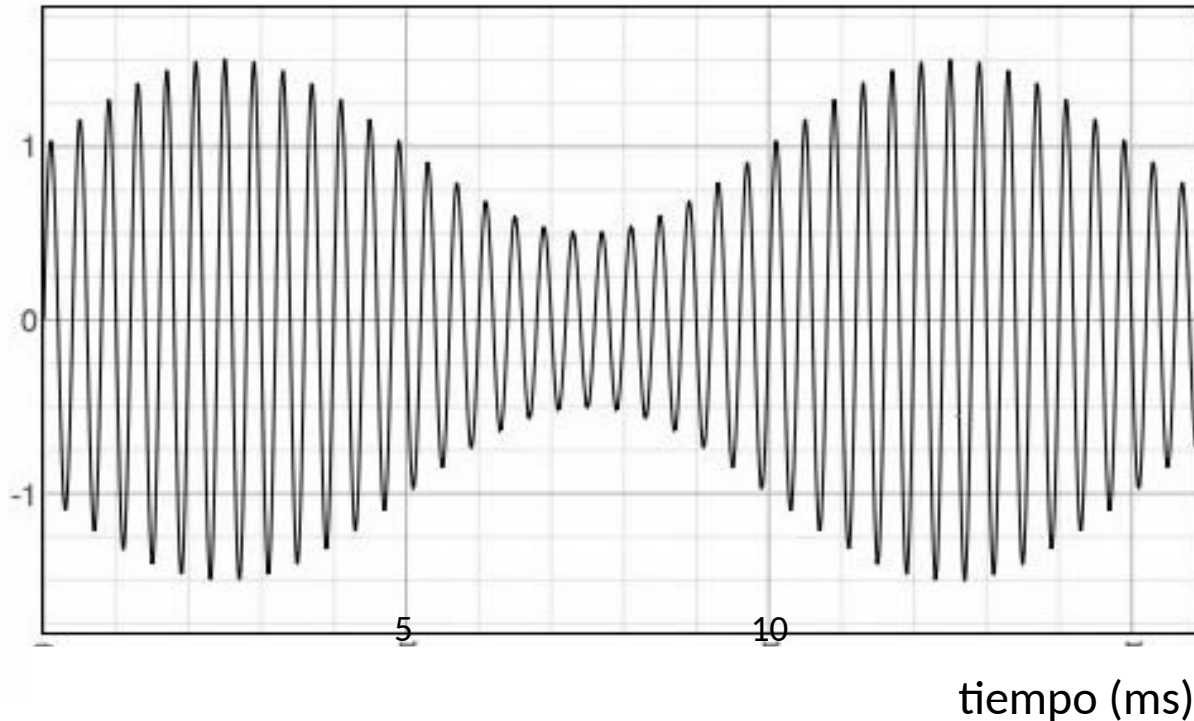


EEG, ECG, EOG, altura de un niño, mes a mes, etc

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).

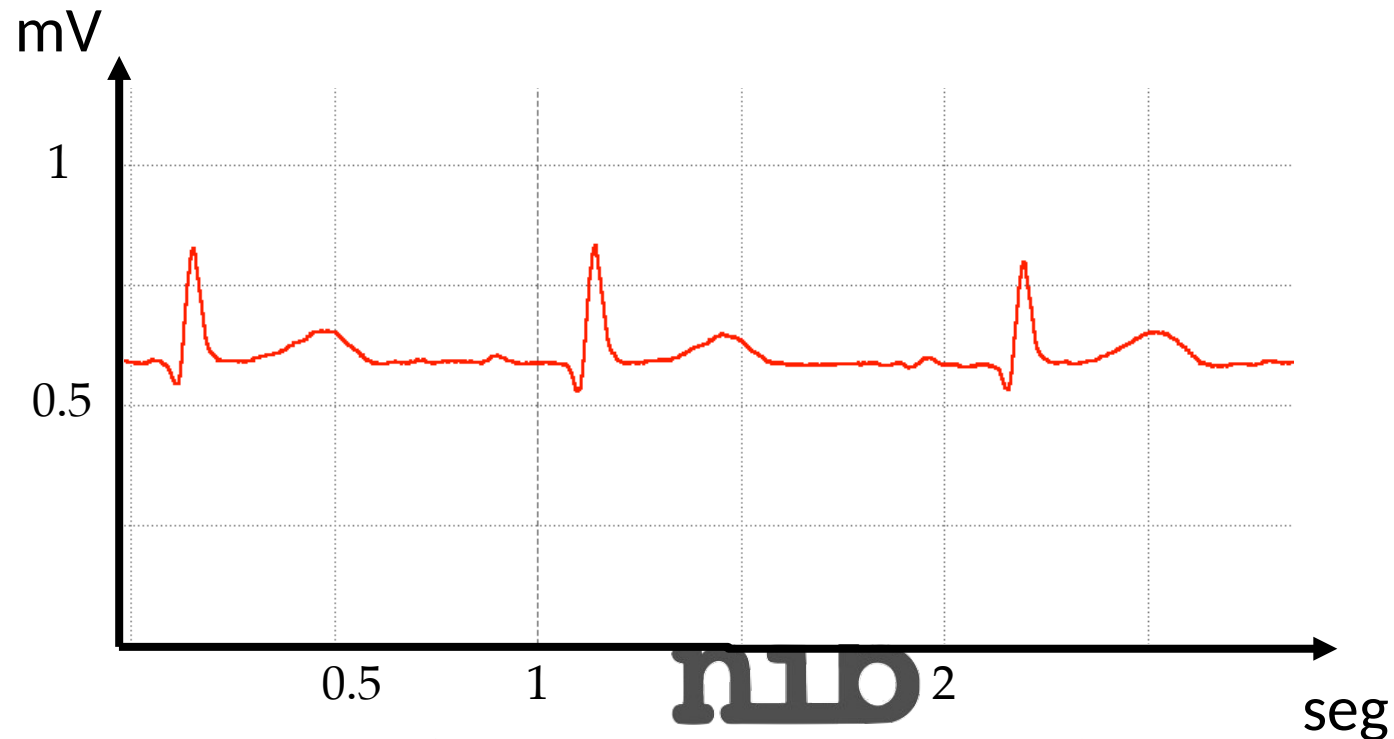
Amplitud  
de la señal  
(V)

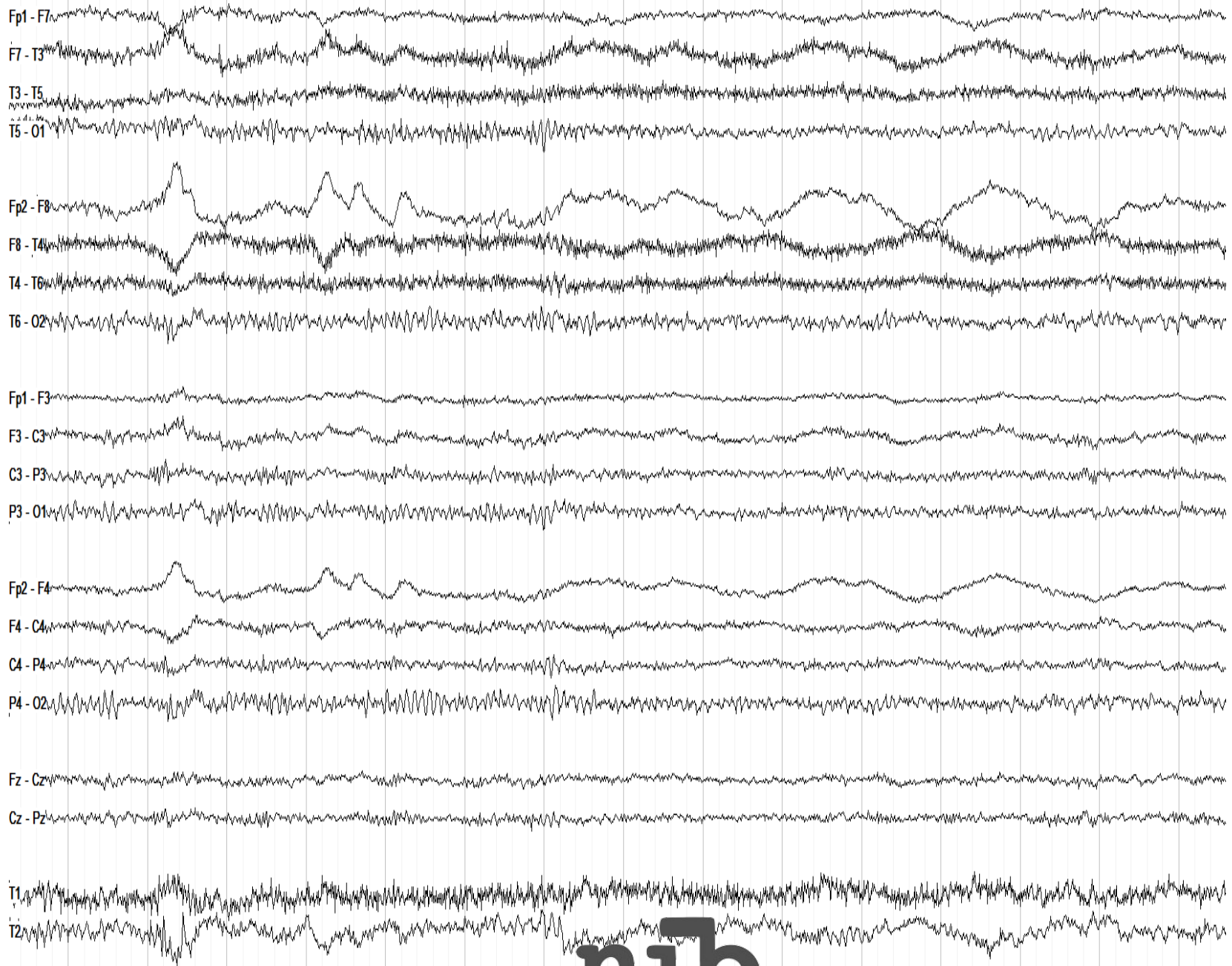




EEG, ECG, EOG, etc, son transformadas de corrientes iónicas a tensiones o corrientes electrónicas.

*Los iones provocan movimiento de electrones en los conductores externos*

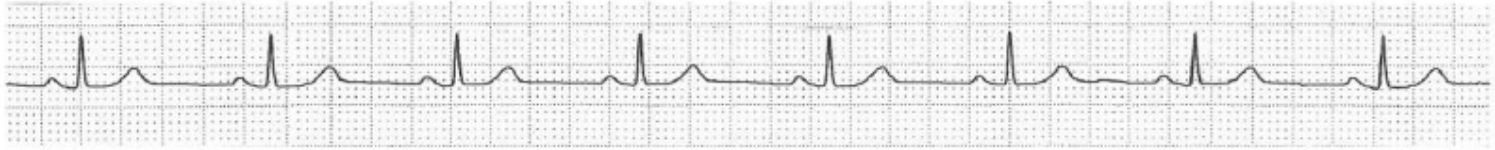




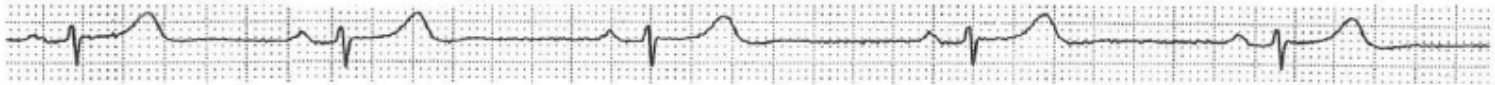


EEG patológico: Descargas epileptiformes

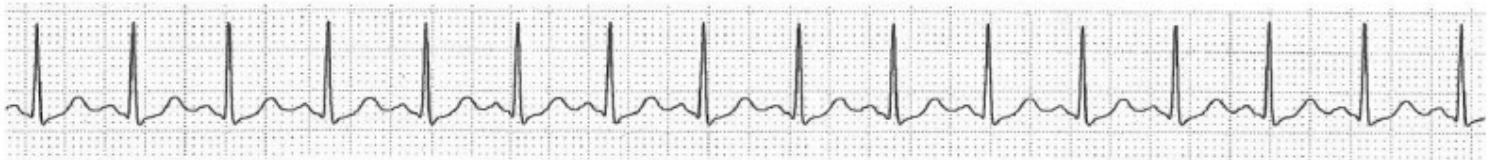
a. Normal sinus rhythm.



b. Sinus bradycardia.



c. Sinus tachycardia.



d. Sinus arrhythmia.



e. Sinus node reentrant tachycardia.



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:

- $\pi$  ( $\pi$ ) = 3,14159 es una constante.
- la presión arterial es una variable que se expresa como señal que varía en el tiempo.

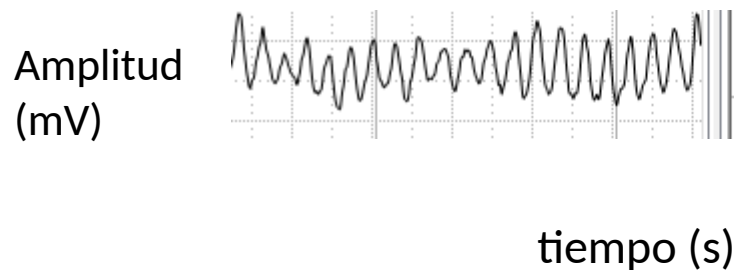
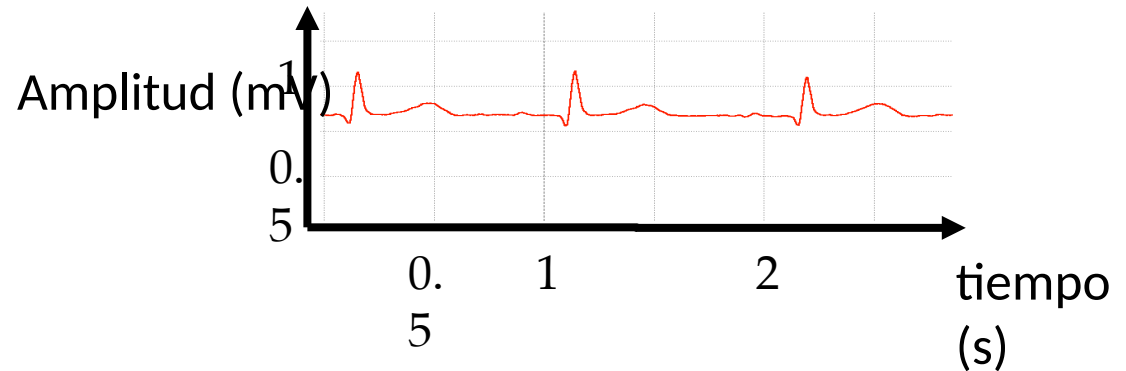
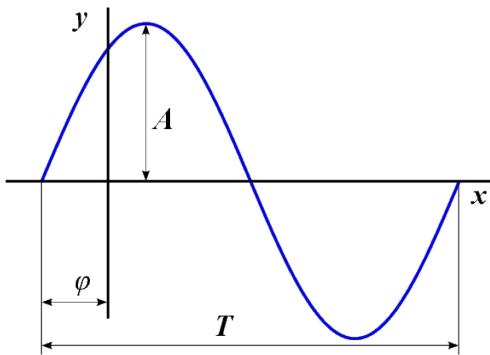


**Una señal periódica** es una señal que repite sus valores con regularidad

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 senoide 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 en Ampère (I) o en Watt (W), etc.

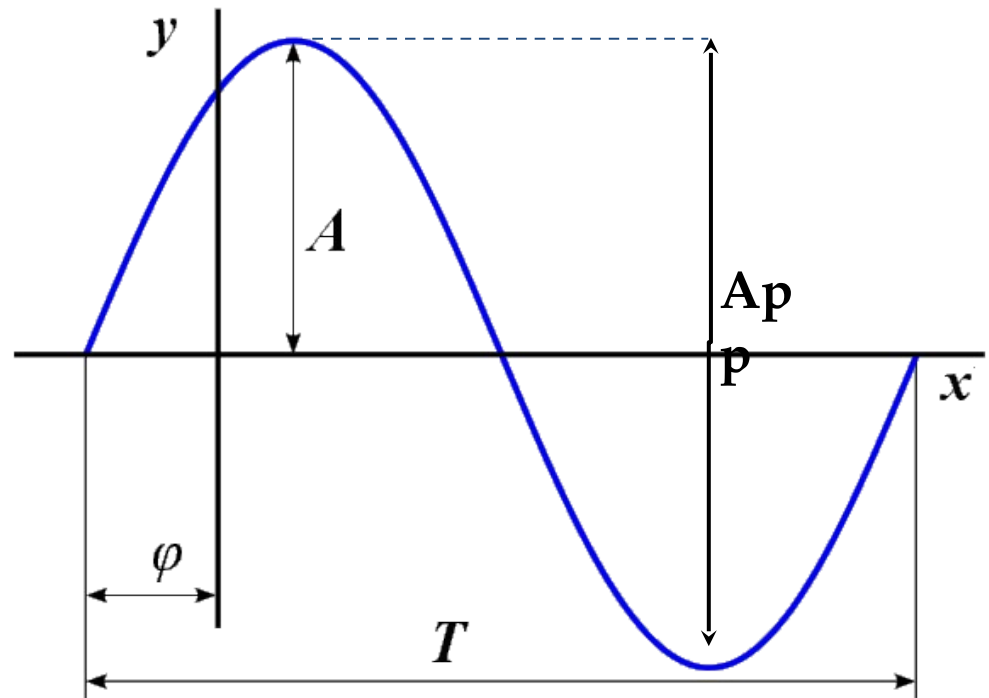


# Definiciones

## Amplitud: $A$

Valor máximo que alcanza una señal.

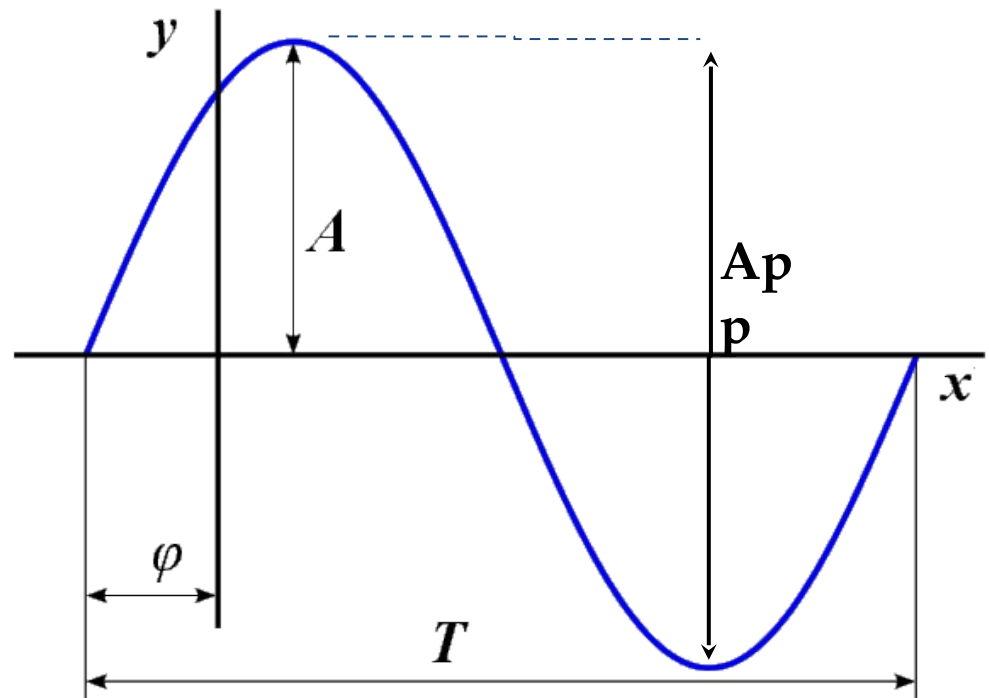
Ej: Señal de amplitud de  $2V$ . Quiere decir que su valor máximo es  $2V$ .  $A = 2V$



# Amplitud pico-pico: $A_{pp}$

Valor entre el máximo y el mínimo de una señal.

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



Algarabia - via Wikimedia Commons

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Alg\\_sinusoid.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/1/13/Alg_sinusoid.png)

nib

- **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:**

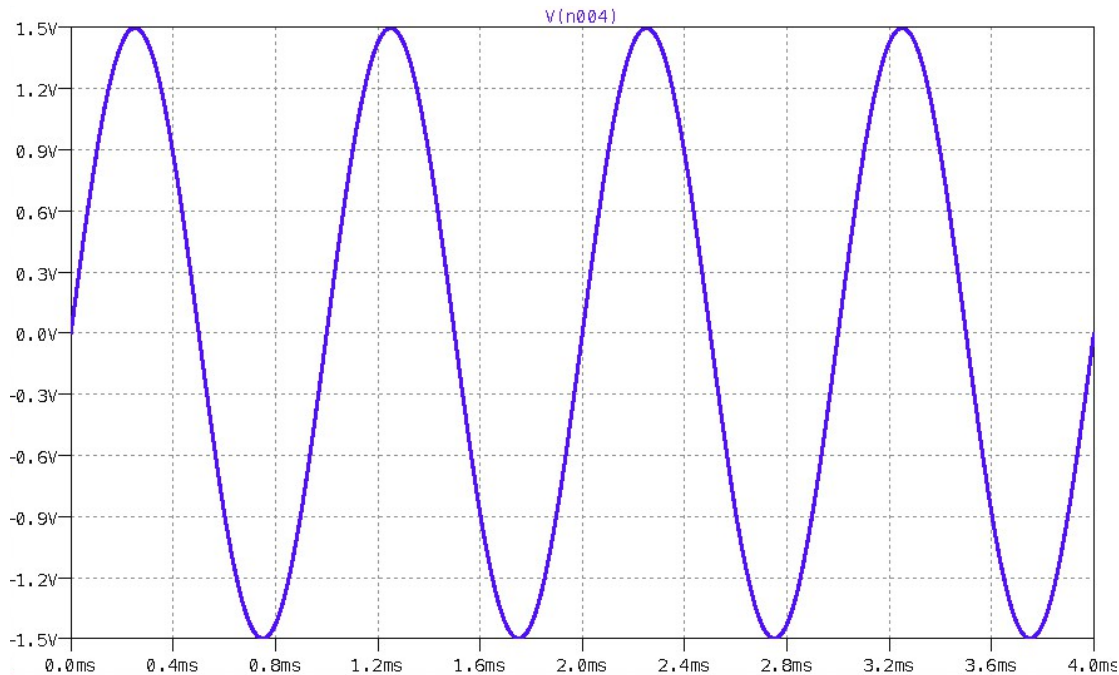
Cantidad de veces que una señal repite su forma en un segundo. Se representa con la letra f.

$$f = 1/T$$

Unidad: Hertz (Hz)



# Pero no todo es así de lindo como la senoide pura



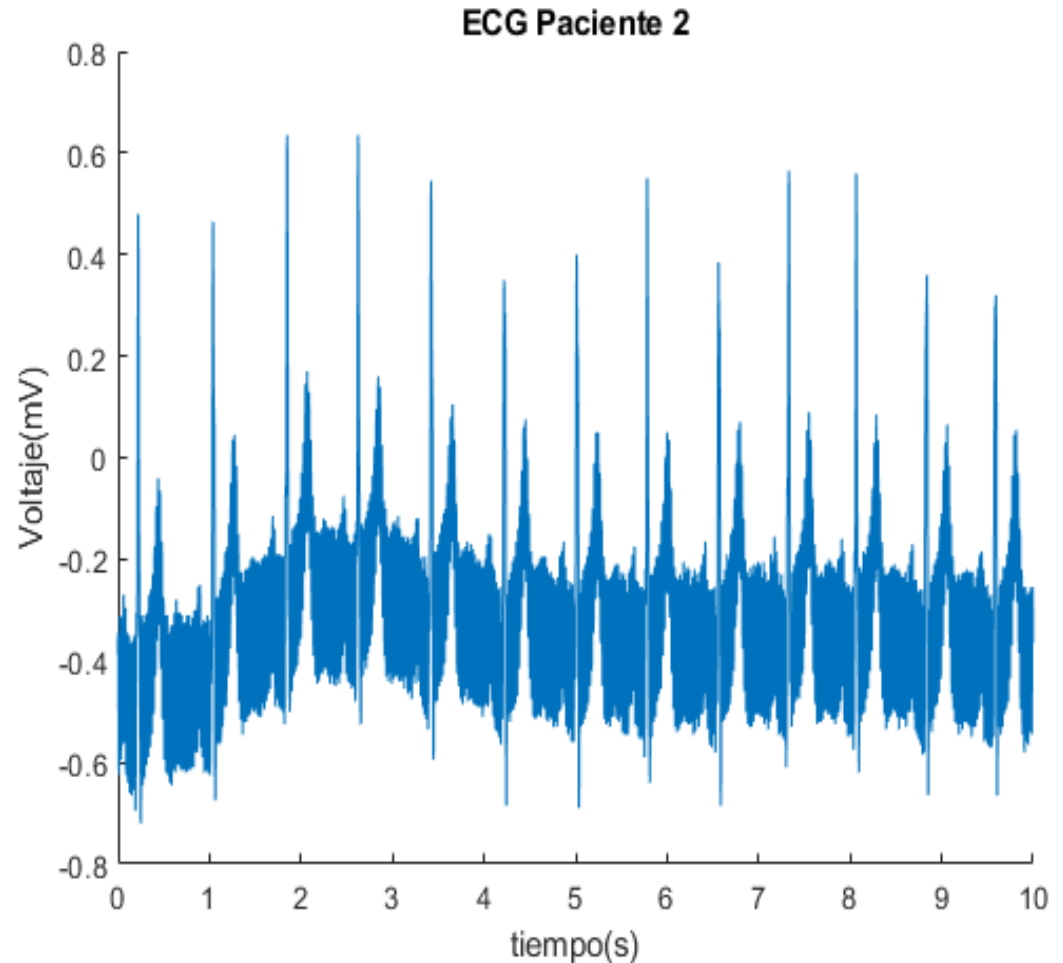
Nota: una señal elemental es una senoide pura, definida por su  $f$ ,  $A$  y  $\phi$ .



## Ruido eléctrico:

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

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



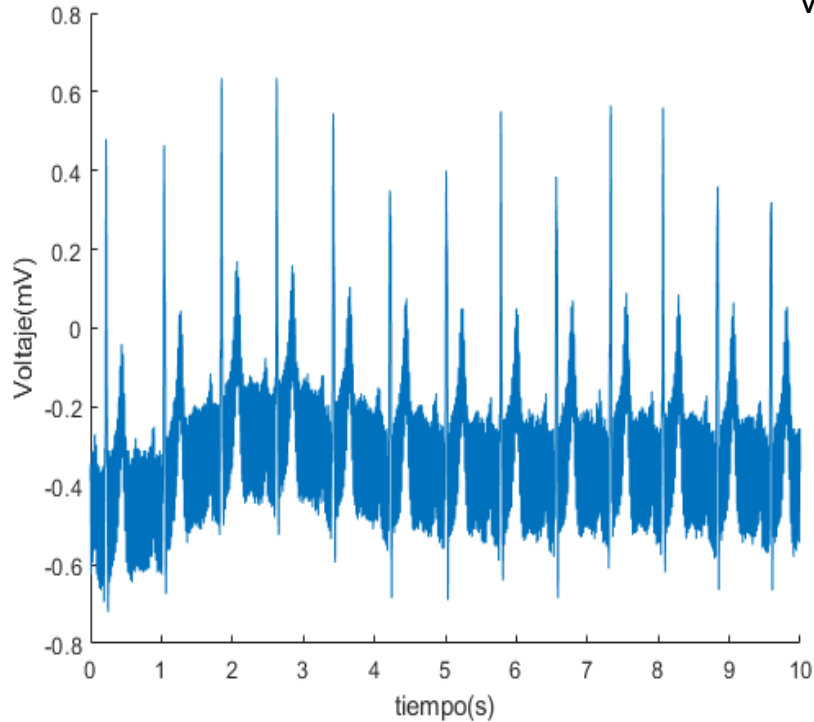
Señal extraída del informe de la práctica 2 de Ingeniería Biomédica, año 2020



núcleo de ingeniería biomédica

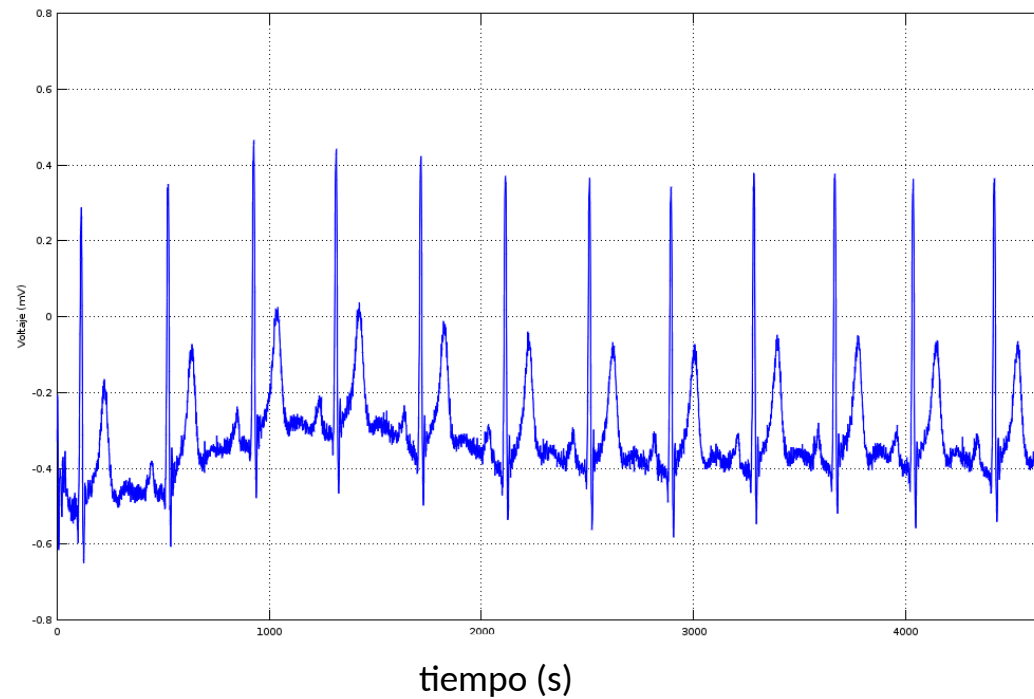
# ECG con y sin ruido

ECG Paciente 2

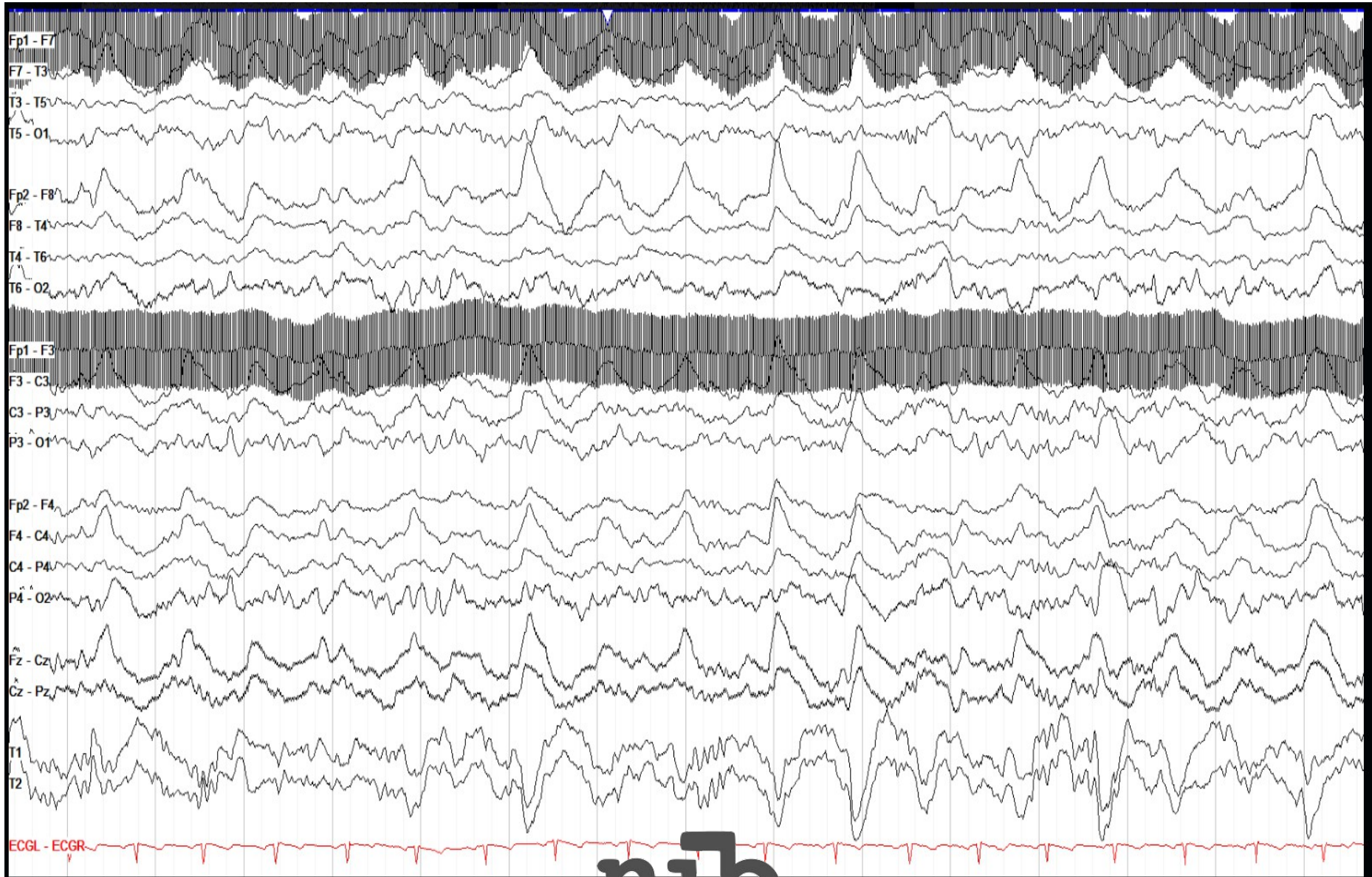


Voltaje (mV)

ECG Paciente 2 post filtrado



# 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

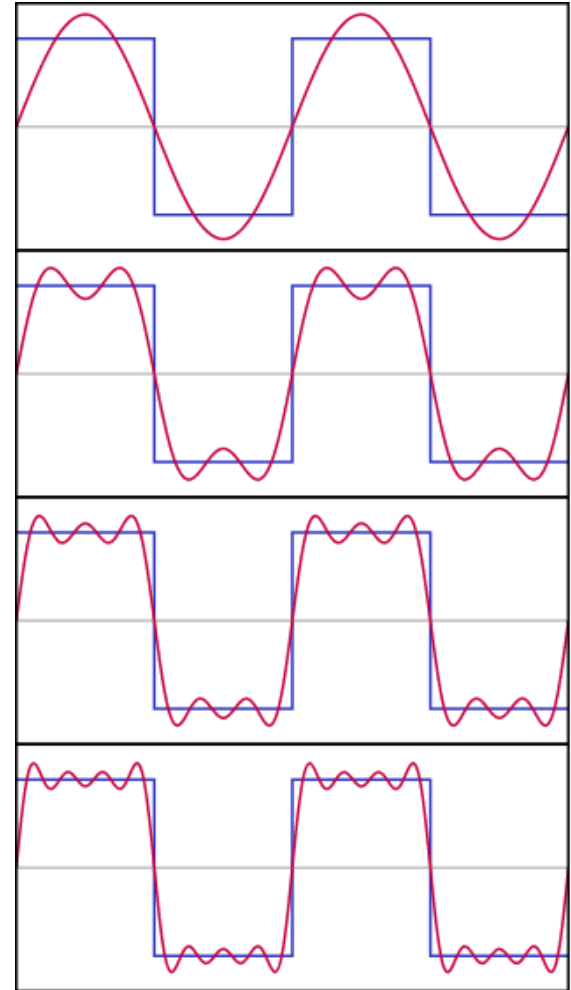
# Serie de Fourier

## 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 senoide.



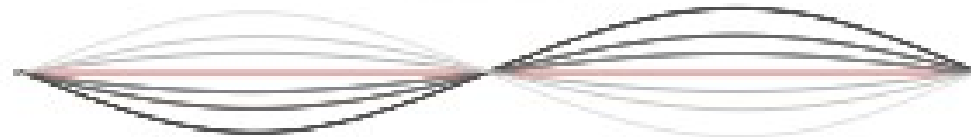
# Armónicos de las notas de una guitarra

$$\lambda_1 = 2 L$$



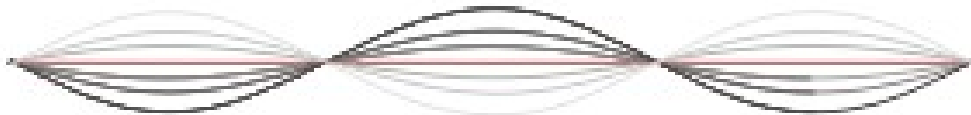
*fundamental*  
*1er. armónico*

$$\lambda_2 = L$$



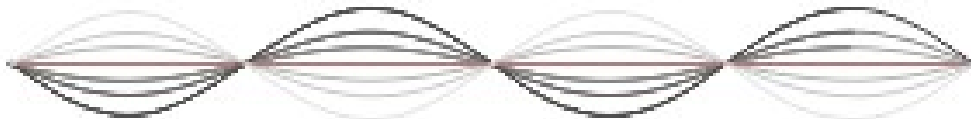
*2do. armónico*

$$\lambda_3 = (2/3) L$$



*3er. armónico*

$$\lambda_4 = (1/2) L$$



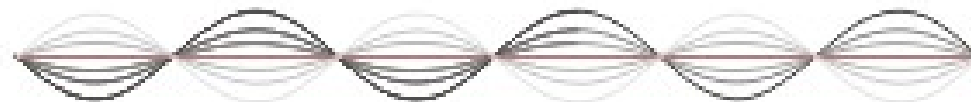
*4to. armónico*

$$\lambda_5 = (2/5) L$$



*5to. armónico*

$$\lambda_6 = (1/3) L$$



*6to. armónico*

$$\lambda_7 = (2/7) L$$



*7mo. armónico*

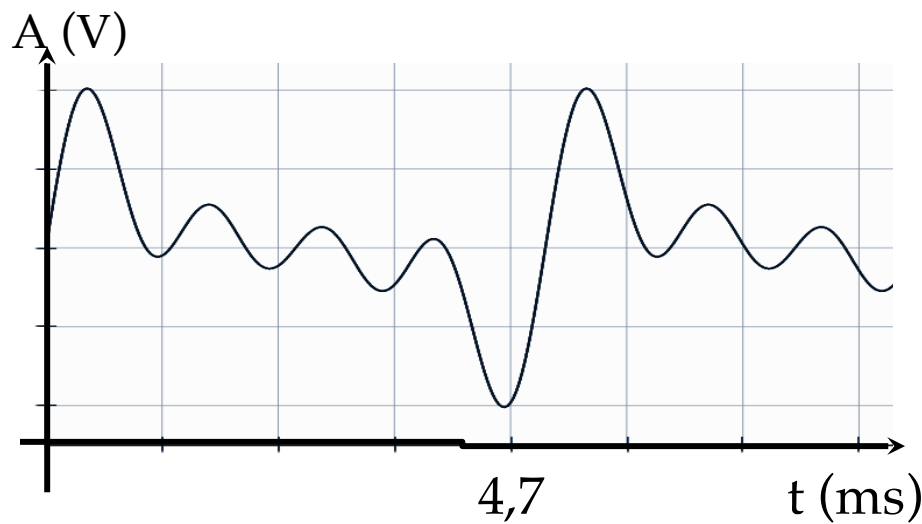
**nib**

núcleo de ingeniería biomédica

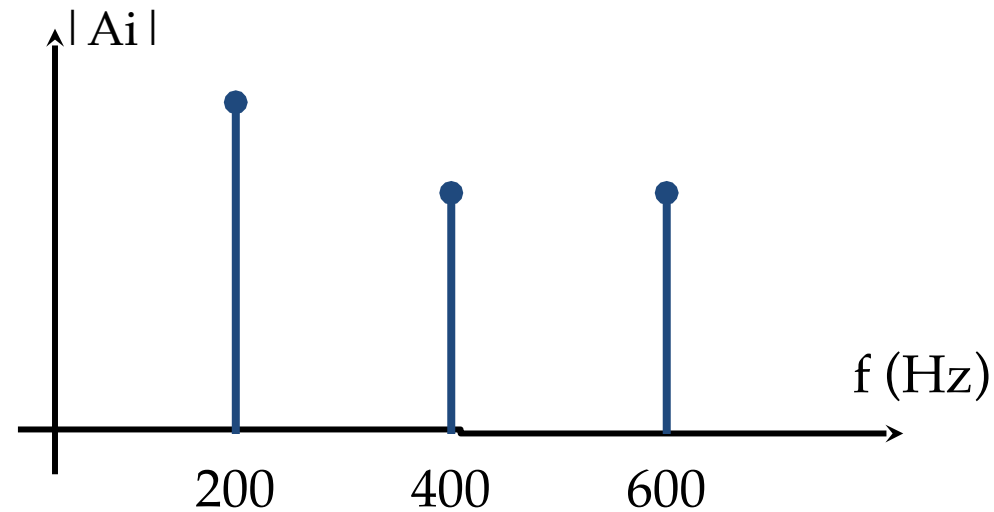
# Espectro de frecuencias

(también llamado: “espectro de Fourier”)

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



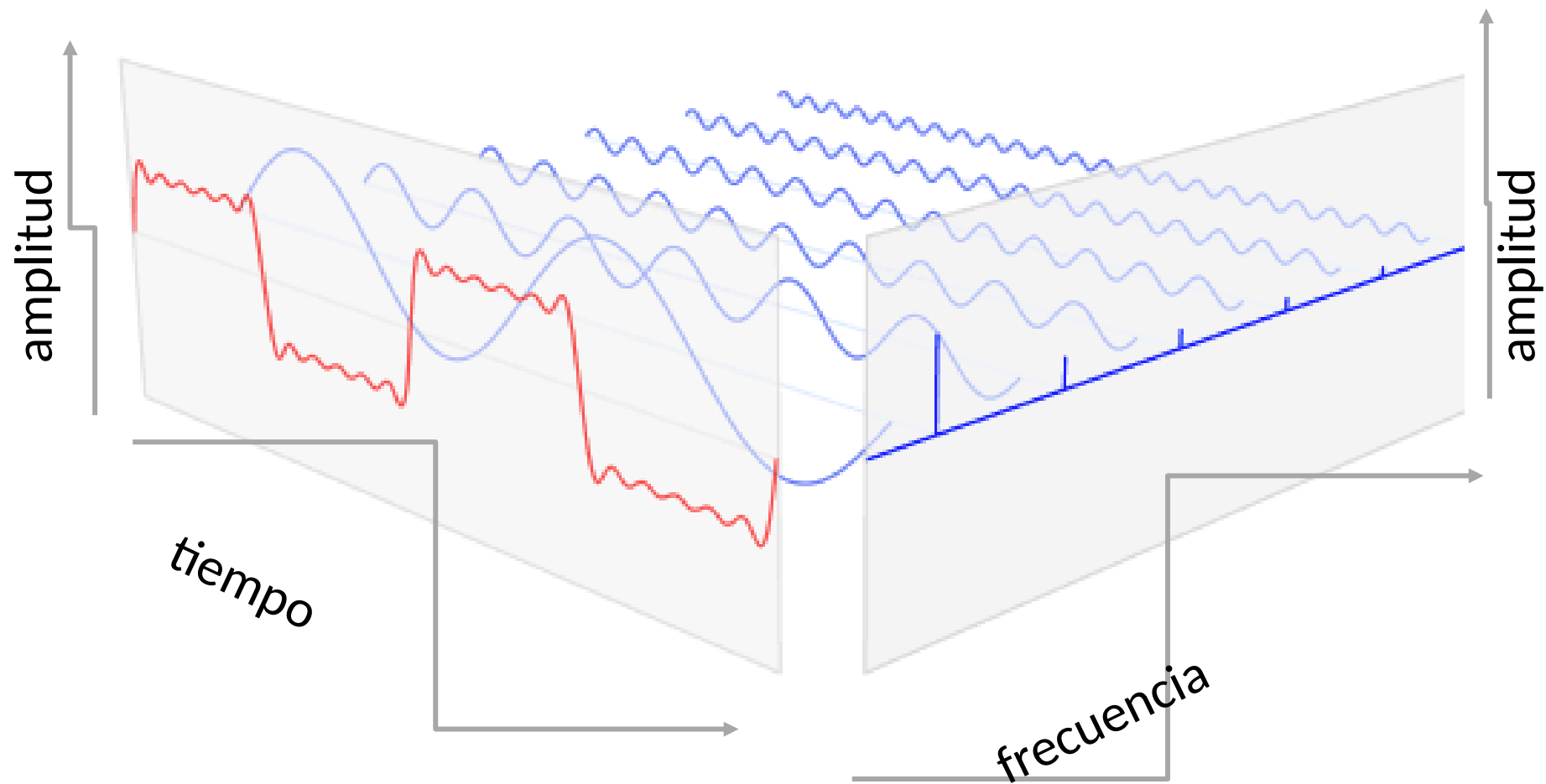
**Señal**



**Espectro**

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

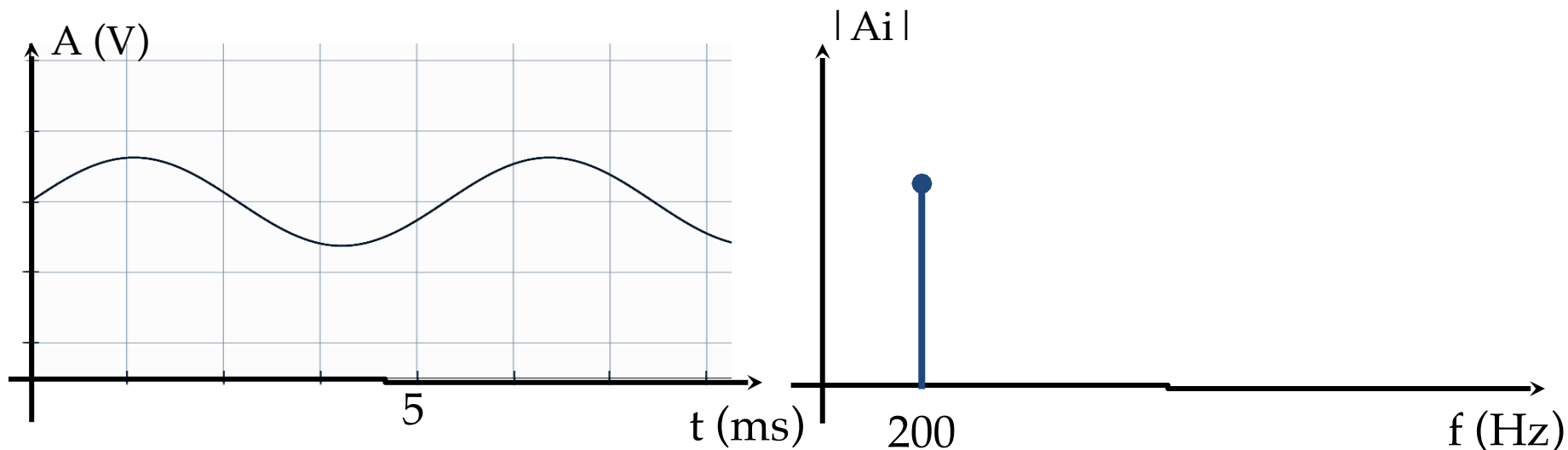




# Representación espectral de una senoide simple

- Señal elemental:

Senoide pura definida por su amplitud, frecuencia y fase.

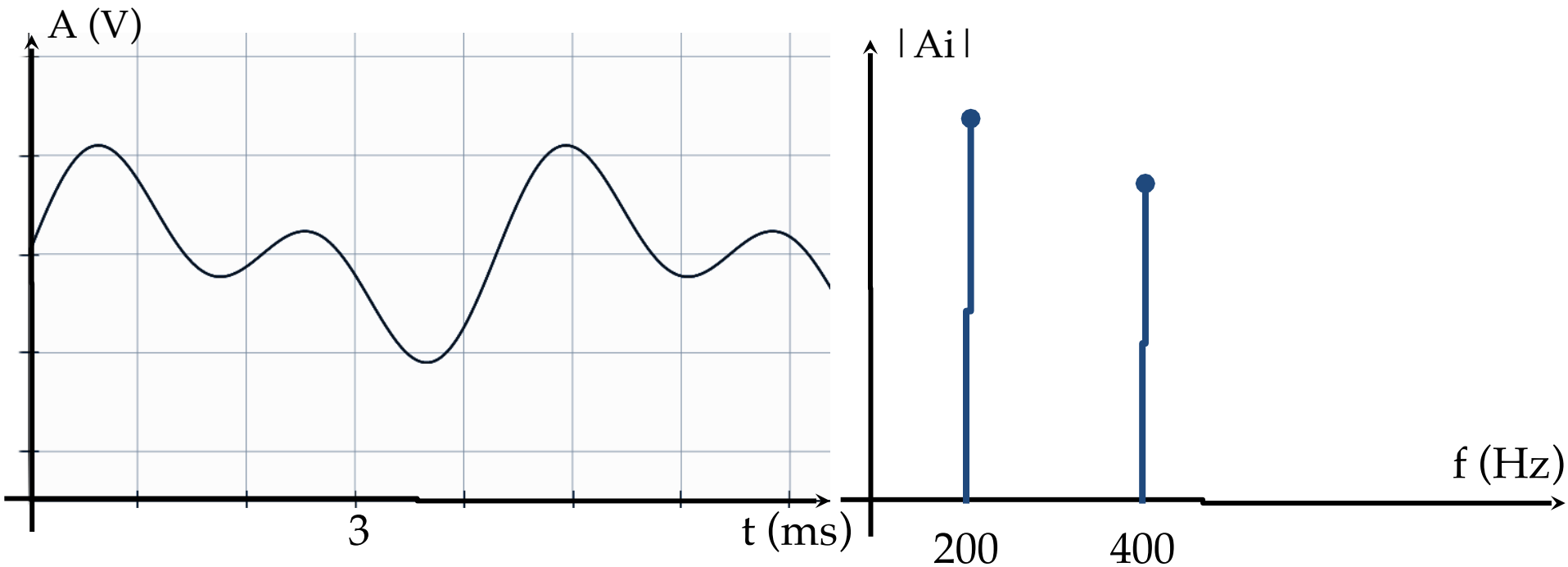


- Armónicos:

Múltiplos de la frecuencia fundamental.

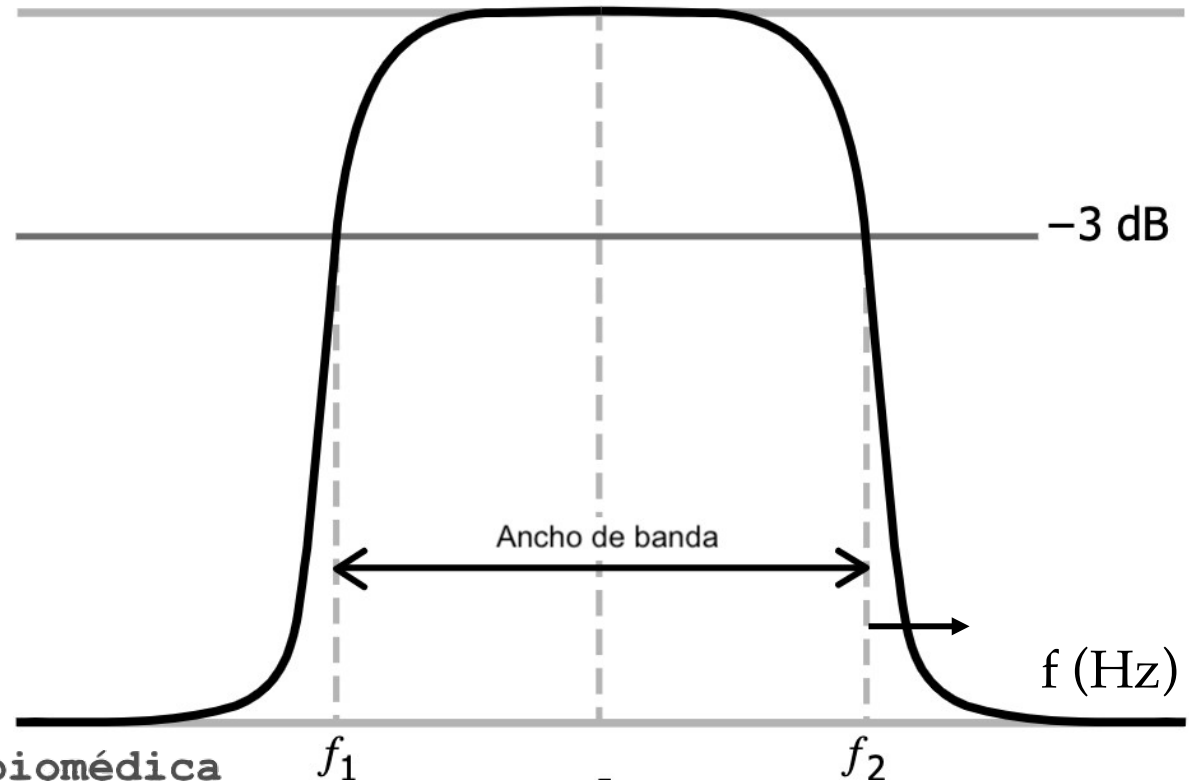
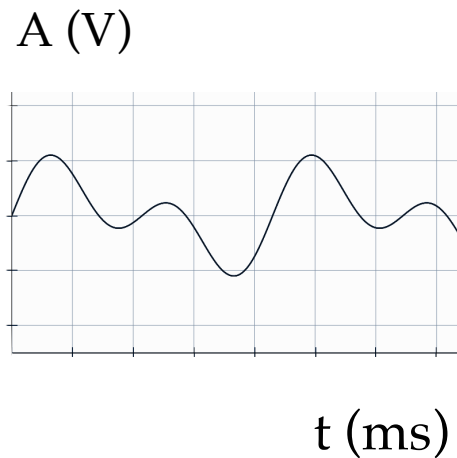
Ej: frec. fund. de 100Hz, 2do armónico en 200Hz, 3er armónico en 300Hz, etc.

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



# 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:  $BW = f_2 - f_1$



nib



## Pregunta 1

La representación de una señal es una gráfica que involucra:

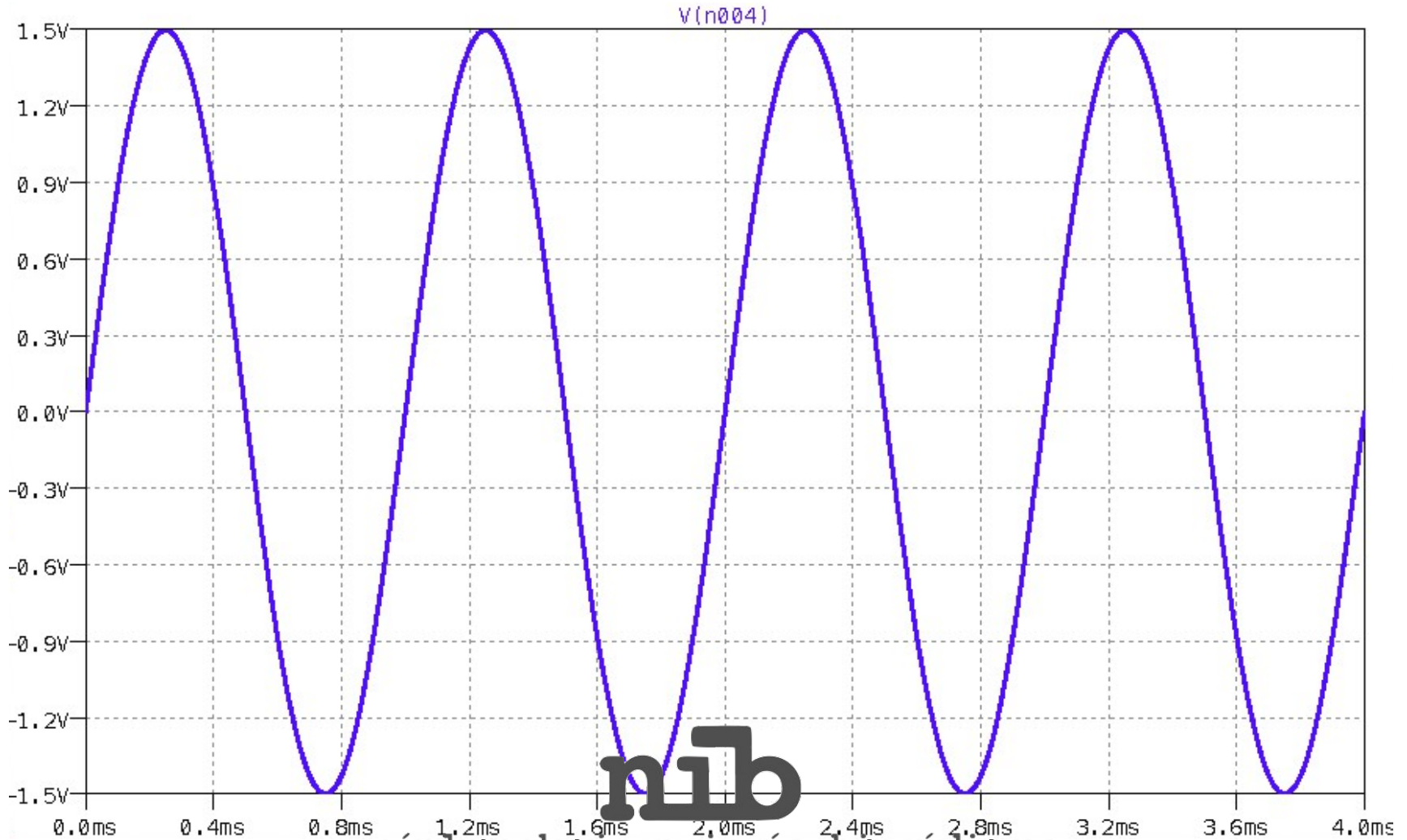
- A. La magnitud de interés en función del tiempo
- B. El tiempo en función de la magnitud de interés.
- C. El dibujo preciso del aumento del valor de la variable de interés.
- D. La evolución aproximada de una variable muy usada en medicina.



# Pregunta 2

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

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



nib

## Pregunta 3

¿Qué representa el espectro de Fourier?

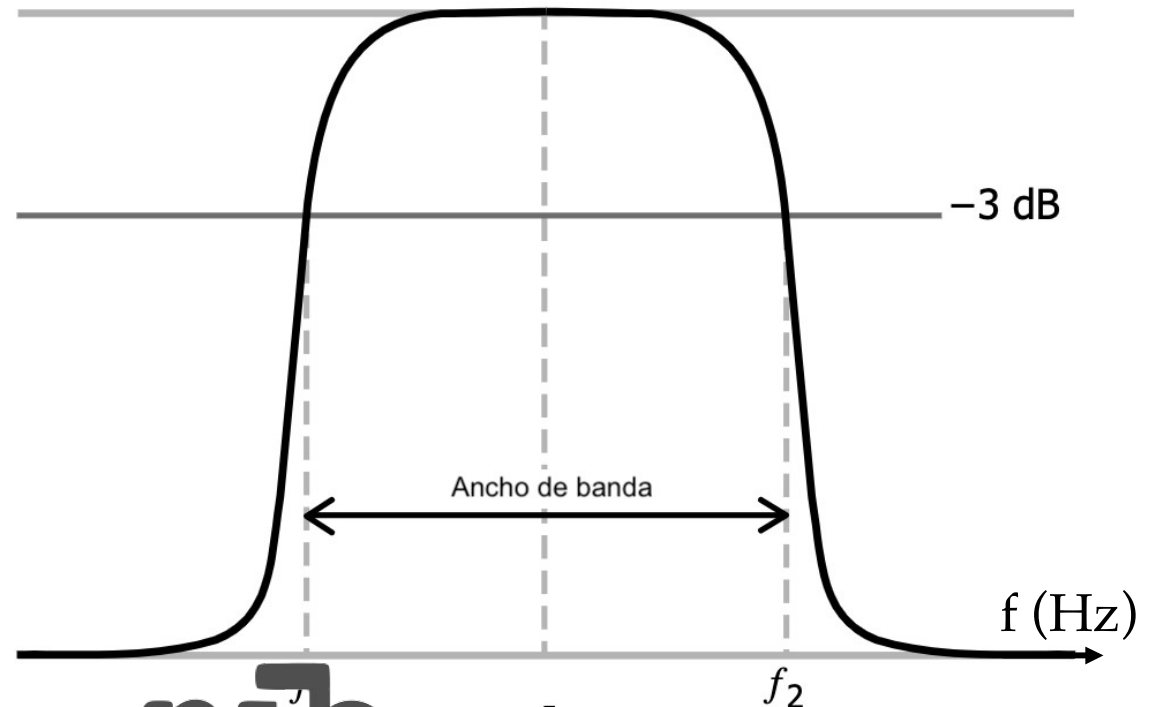
- A. Voltaje de cada componente de una señal compleja de corriente.
- B. Amplitud de los armónicos o componentes de una señal compleja.
- C. Amplitud total de la señal compleja.
- D. Período de la señal compleja.



Pregunta 4

¿Cuánto vale el ancho de banda de la señal con el siguiente espectro, donde  $f_1=100\text{Hz}$  y  $f_2 = 500\text{Hz}$

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



nib

Pregunta 5

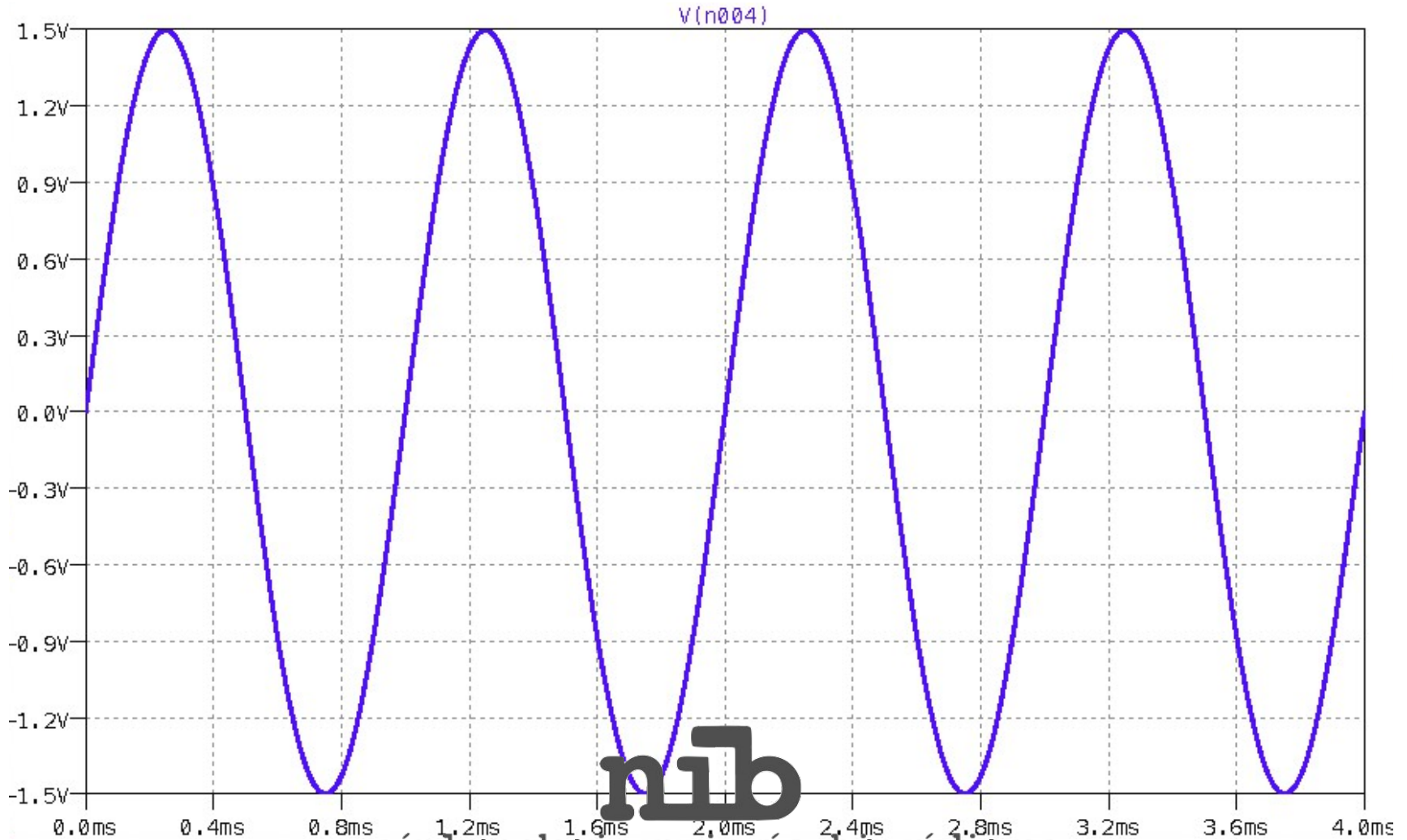
La representación de una señal es una gráfica que involucra:

- 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



nib

## Pregunta 7

¿Qué representa el espectro de Fourier?

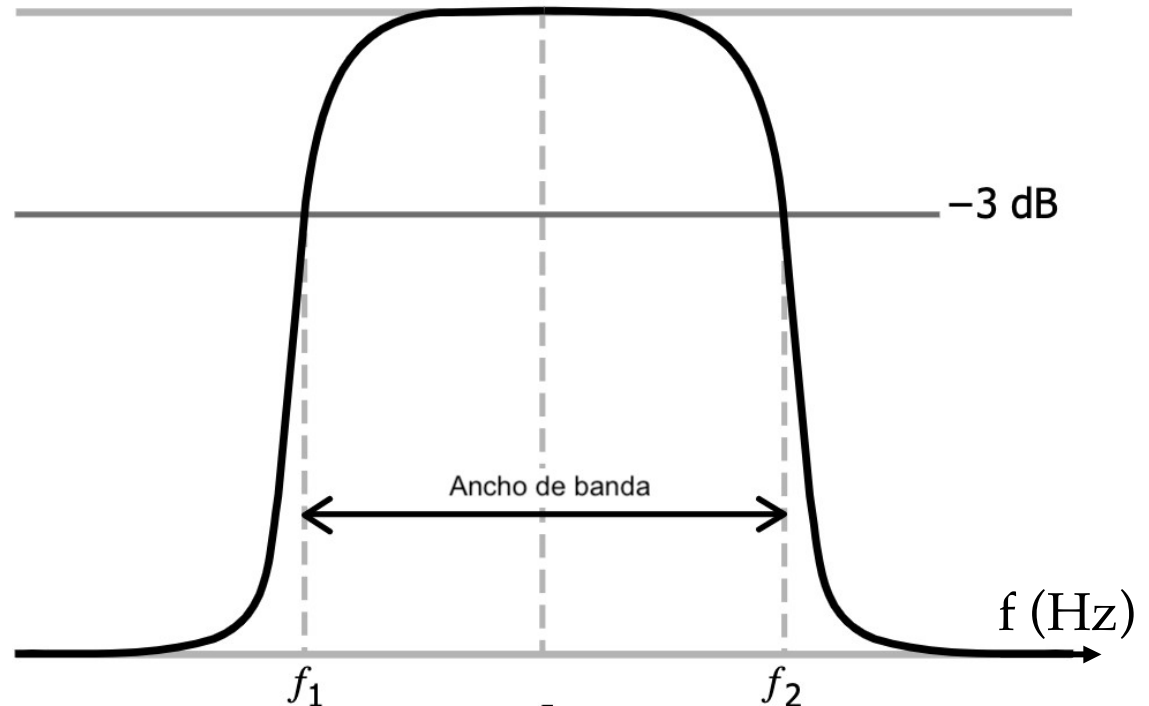
- A. Voltaje de cada componente de una señal compleja de corriente.
- B. Amplitud de los armónicos o componentes de una señal compleja.
- C. Amplitud total de la señal compleja.
- D. Período de la señal compleja.



## Pregunta 8

¿Cuánto vale el ancho de banda de la señal con el siguiente espectro, donde  $f_1=100\text{Hz}$  y  $f_2 = 500\text{Hz}$

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





**Muchas gracias**

**¿Preguntas?**



**nib**

núcleo de ingeniería biomédica