

# RECONOCIMIENTO DE SEÑALES EEG

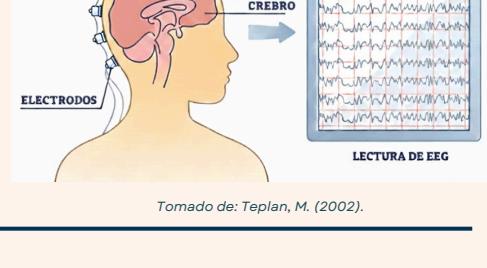
Señales y Sistemas aplicados a Imaginación Motora (MI)

## ¿Qué se quiere resolver?

**Objetivo:** Reconocer patrones de imaginación motora (MI) a partir de señales EEG ruidosas y no estacionarias.

**Desafío:** Convertir señales biológicas en información útil.

**El EEG no se puede clasificar directamente: debe procesarse.**



Tomado de: Teplan, M. (2002).

## Estructura de los datos EEG

En el análisis EEG, los datos se organizan en trials, canales y muestras. Los trials representan repeticiones de un mismo evento, los canales corresponden a los electrodos y las muestras describen la evolución temporal de la señal, permitiendo analizar qué ocurre, dónde ocurre y cómo cambia en el tiempo la actividad cerebral.



Tomado de: Niedermeyer, E., & da Silva, F. (2005).

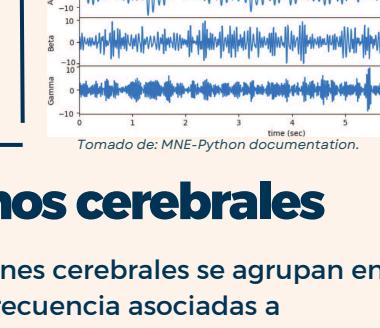
## Modelado de la señal $xc[n], c = 1, \dots, 64$

Cada canal de EEG se modela como una señal en **tiempo discreto**  $xc[n]$ . El sistema completo está conformado por 64 canales, ensayos de 7 s, frecuencia de muestreo: 256 Hz, 1792 muestras por ensayo.

## EEG crudo (Dominio temporal)

Dominio temporal → EEG crudo contiene actividad neuronal mezclada con artefactos fisiológicos: Parpadeos (EOG) Actividad muscular (EMG) Ruido ambiental.

Además de correlaciones espaciales entre canales debido a la conducción de volumen. Esta superposición de procesos impide la clasificación directa y motiva el preprocesamiento. **El EEG contiene información en bandas específicas.**



Tomado de: MNE-Python documentation.

## Procesamiento tiempo-frecuencia de señales EEG

### Filtros digitales

Separan el EEG en bandas de frecuencia relevantes mediante sistemas LTI. Este paso reduce ruido y aisla ritmos cerebrales asociados a procesos cognitivos específicos.

Integra información temporal ypectral para analizar cómo cambian las frecuencias del EEG en el tiempo. Es adecuada para señales no estacionarias como las señales cerebrales.

### Representación tiempo-frecuencia

### Análisis

### STFT (Transformada de Fourier de Tiempo Corto)

Aplica Fourier en ventanas temporales deslizantes, obteniendo análisis espectral local. Permite detectar cambios transitorios con un compromiso entre resolución temporal y frecuencial.

Visualiza la STFT mediante un mapa de energía en tiempo y frecuencia. Facilita la identificación de patrones dinámicos como ERD y ERS corticales.

### Espectrogramas Visualización

## Análisis espacial

Los mapas topográficos permiten visualizar la distribución espacial de la potencia EEG: **Actividad alfa:** Predominante en regiones occipitales.

**Actividad beta:** Concentrada en áreas sensoriomotoras, especialmente en electrodos C3 y C4. Estas distribuciones evidencian la lateralización asociada a la imaginación motora.

## Ritmos cerebrales

Las oscilaciones cerebrales se agrupan en bandas de frecuencia asociadas a distintos estados cognitivos. Mientras delta y theta representan procesos lentos, las bandas alfa (8-13 Hz) y beta (13-32 Hz) están directamente relacionadas con la activación cortical y son las más relevantes para la imaginación motora.



Tomado de: Teplan, M. (2002).

## Análisis por bandas

El análisis por bandas muestra que:

**Delta y theta:** Presentan alta energía pero baja capacidad discriminante.

**Alfa:** Refleja modulaciones asociadas a desincronización y sincronización cortical.

**Beta:** Presenta patrones directamente relacionados con la actividad motora imaginada. Por ello, el rango 8-30 Hz es prioritario en MI.

## Dominios

Temporal → EEG crudo

Frecuencia → FFT /

Bandas

Tiempo-frecuencia →

STFT / Espectrograma

Espacial → CSP



## Common Spatial Patterns (CSP)

Método de filtrado espacial supervisado que proyecta el EEG multicanal en componentes que maximizan la varianza de una clase y minimizan la de la clase opuesta. Las características extraídas, basadas en la varianza logarítmica de estas componentes, permiten una clara separación entre clases de MI.

## Pipeline de procesamiento

El reconocimiento de EEG se implementa como una cadena de sistemas de procesamiento:



## 3. Extracción de información

Se analizan patrones en los dominios temporal y frecuencial mediante técnicas como FFT o STFT.



Tomado de: Heraldo de Aragón. Prótesis robótica controlada por señales cerebrales.

## 1. Captura de la señal

Los electrodos EEG registran la actividad eléctrica cerebral generada durante la imaginación del movimiento.

## 2. Preprocesamiento

La señal se filtra para reducir ruido y aislar bandas relevantes como alfa y beta.

## 4. Reconocimiento

Modelos de clasificación identifican la intención motora del usuario.

## 5. Acción de salida

La intención detectada se convierte en una acción sobre un dispositivo o sistema.

El reconocimiento de señales EEG permite transformar la actividad cerebral en información interpretable sobre los estados e intenciones del usuario. Este enfoque es fundamental para el desarrollo de interfaces cerebro-computador, sistemas de rehabilitación, control de prótesis y aplicaciones en neuroingeniería, ya que posibilita la interacción directa entre el cerebro y sistemas externos a partir del análisis de la actividad neuronal.



UNIVERSIDAD  
NACIONAL  
DE COLOMBIA

Elaborado por:

María de los Ángeles Prieto Ortega y Mariana Zuluaga Yepes