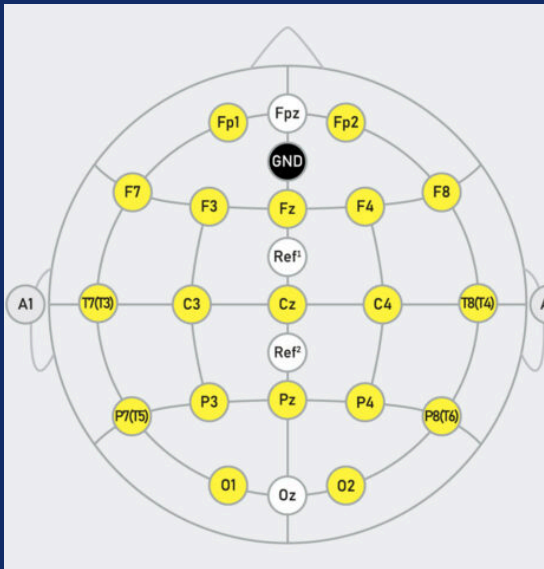


# Pipeline BCI para Imaginación Motora: De EEG a la Clasificación Óptima con Filtros CSP

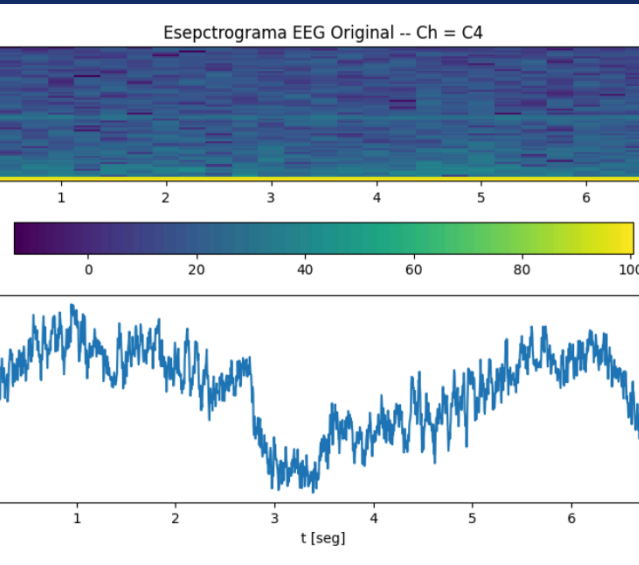


## Entrada y Fundamento

- Señal EEG: Captura de la actividad eléctrica cerebral a través de 64 canales.
- Tarea: Clasificación binaria (Mano Izquierda vs. Mano Derecha) basada en la modulación del ritmo sensoriomotor.
- Reto: La señal es ruidosa y el patrón cerebral varía entre sujetos.

## Preprocesamiento Frecuencial

- Filtros: Uso de Filtros IIR Butterworth (banco de 5 bandas) para descomponer la señal en sus ritmos (Delta, Theta, Alpha, Beta, Gamma).
- Análisis Clave: El foco está en la banda Alpha (8-13 Hz) y Beta (18-26 Hz), donde se observa la Desincronización Relacionada con Eventos (ERD), que es una caída de potencia durante la imaginación motora.
- Validación: Se usa el STFT para validar visualmente la aparición del ERD en el espectrograma.



## Extracción de Características Adaptativa

- Problema Resuelto: Se aborda la inconsistencia espacial del patrón motor (no siempre perfecto en C3/C4).
- Función CSP: Es un filtro supervisado que busca la combinación lineal de todos los canales que:
  - Maximiza la varianza de una clase (ej., Mano Izquierda, amplificando C4).
  - Minimiza la varianza de la otra clase (ej., Mano Derecha, suprimiendo C3).
- Validación Espacial: Las topografías CSP confirman que los filtros amplifican las regiones motoras esperadas (C3 para Mano Derecha, C4 para Mano Izquierda).

## Clasificación y Resultado Final

- Modelo: Clasificador LDA (Análisis Discriminante Lineal).
- Características: Alimentado por las características CSP (varianza logarítmica).
- Evaluación: Uso de Validación Cruzada Estratificada para garantizar la robustez del resultado.
- Rendimiento Final: 60.78% de precisión.
- Conclusión: Este resultado es significativamente efectivo (superior al azar del 50%) y valida la implementación técnica.

