# Pipeline de procesamiento para analizar EEG en busca de ERDS

El siguiente documento explica, de manera breve, los pasos a seguir para procesar la señal de EEG y así analizar la presencia de ERD/ERS en el marco del proyecto titulación de Tecnóloga en Ingeniería Biomédica de PEREYRA Magalí.

## Paso 1: Registro de EEG y eventos importantes

El objetivo de este paso, si bien es obvio, es registrar el EEG mientras la persona voluntaria realiza tareas que nos permitan evocar los patrones que queremos estudiar. Para esto se definió un protocolo experimental y se utilizó el g.Recorder para adquirir y registrar la señal y un software desarrollado por integrantes del Neuro-IA LAB para indicar qué tarea debía realizar la persona voluntaria, como así también el marcado de eventos importantes asociados a dicha tarea, tiempos, entre otros datos relevantes para un adecuado post procesamiento.

Con todo esto se generó una base de datos de 10 personas ejecutando/imaginando que movían su mano derecha o izquierda.

## Paso 2: Filtrado y limpieza de la señal

1. *Acotando la señal en banda*: El siguiente paso es el filtrado de la señal en la banda frecuencial típica de los patrones ERD/ERS que pretendemos estudiar (8-30Hz), eliminando así frecuencias bajas y altas que son irrelevantes. Una buena idea también es aplicar un filtro notch en los 50Hz.
2. *Análisis visual para remoción de canales defectuosos*: Un análisis visual de la señal registrada siempre es recomendable para eliminar canales defectuosos, ruidosos, con mala impedancia, entre otros. De ser necesario, se puede reemplazar el canal o los canales defectuosos utilizando alguna técnica de interpolación.
3. *Análisis visual para remoción de trials defectuosos*: Al igual que antes, se analiza visualmente las señales registradas, trial a trial, para evaluar si hay alguno que deba ser descartado.
4. *Remoción de artefactos*: En muchos casos, sino en todos, siempre tendremos artefactos del tipo EOG, ECG y EMG. Estas señales, espectralmente hablando, comparten información con el EEG y, por lo tanto, no es posible removerlos usando las técnicas anteriormente mencionadas. Para esto, debemos usar técnicas como ICA o proyecciones espaciales (*signal-space projection*, SSP). *En este proyecto usaremos ICA para la remoción de los artefactos mencionados anteriormente.*

### Removiendo artefactos con ICA

En procesamiento de señales, el Análisis de Componentes Independientes (ICA en inglés) es un método estadístico para separar una señal del tipo multivariable en sus subcomponentes aditivos. ICA asume que, como máximo, un subcomponente es Gaussiano y que los subcomponentes son estadísticamente independientes entre sí. Se desea que las fuentes que generan el EEG sean no gaussianas. Las señales cerebrales suelen ser **no-Gaussianas** debido a su naturaleza en donde las fuentes neuronales están asociadas a procesos independientes. Esto último es esencial para un correcto funcionamiento de ICA.

El objetivo de ICA es encontrar una *transformación lineal* que separe las señales mezcladas en sus componentes o fuentes originales. Se puede expresar de la siguiente manera:

Donde,

* es, en nuestro contexto, una matriz que contiene el registro de EEG con canales y muestras.
* es una *Matriz de Mezcla* y que NO se conoce.
* es una *Matriz de Fuentes Independientes* (las señales/fuentes que queremos extraer o conocer).

Lo que trata de hacer ICA, con diferentes algoritmos, es encontrar una matriz de transformación tal que:

La relación entre y está dada por,

En este proyecto aplicaremos el módulo neuroiatools.SignalProcessor.ICA.getICA el cual, en el fondo, utiliza herramientas de MNE. Un ejemplo de implementación puede verse en la carpeta tests dentro del repositorio <https://github.com/lucasbaldezzari/neuroiatools>.

En resumen, los pasos a seguir para aplicar ICA y remover artefactos son:

1. Revisar las fuentes o *sources* para evaluar cuales contienen artefactos del tipo EMG, EOG o ECG.
2. Revisar las componentes para analizar y evaluar si hay otros componentes independientes a remover que no sean fácilmente visibles en el punto a).
3. De ser necesario, revisar las *properties* de las componentes dudosas para intentar determinar si cierta componente debe ser removida.
4. Finalmente, reconstruir la señal de EEG a partir de la matriz de mezcla habiendo eliminado las componentes asociadas a artefactos.

## Paso 3: Segmentar los datos en Épocas

Una vez nos aseguramos que la señal de EEG está *“limpia”* podemos empezar a procesarla para buscar patrones ERDS.

El paso fundamental en esto es segmentar los datos en Épocas. Esto lo podemos hacer, dado que, contamos con los registros de eventos asociados a la tarea que la persona voluntaria debió realizar.

### Análisis tiempo frecuencia

Con los datos segmentados por época podemos aplicar un análisis del tipo tiempo-frecuencia para evaluar la presencia de patrones ERDS en nuestros datos[[1]](#footnote-1).

### Curvas ERDS%

Podemos computar las curvas ERDS% las cuales nos permitirían evaluar si tenemos patrones ERD o ERS en nuestros datos[[2]](#footnote-2).

Lo que buscamos es ver cambios porcentuales en la potencia espectral, midiendo la disminución relativa (ERD) o aumento relativo (ERS) de potencia durante y después de la tarea de mover o imaginar, comparándolo con un período de referencia (habitualmente antes del cue).

### Mapas topográficos

Podemos usar ICA para evaluar cuánto aporta una fuente independiente a cada electrodo. Las columnas de la matriz de mezcla obtenida tras la aplicación de ICA indican la contribución espacial de cada fuente independiente en cada electrodo o sensor, mientras que las filas de la matriz de fuentes , describen la evolución temporal de cada fuente a lo largo del experimento.

Otro método para analizar la presencia de patrones ERDS es utilizar *Common Spatial Pattern*.

*Re*-referenciar (opcional): Se puede re referenciar los electrodos de interés al promedio común o Laplaciano para mejorar la separación espacial.

1. Ejemplo en https://github.com/lucasbaldezzari/neuroiatools/blob/main/tests/test\_tfr.py [↑](#footnote-ref-1)
2. Ejemplo en https://github.com/lucasbaldezzari/neuroiatools/blob/main/tests/test\_erds\_analysis.py [↑](#footnote-ref-2)