

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA  
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA  
INGENIERÍA CIVIL ELECTRÓNICA



UNIVERSIDAD TECNICA  
FEDERICO SANTA MARIA

## **Tarea 1: Pre-procesamiento del EEG.**

Integrantes : Ignacio Espejo M.  
Sebastián Opazo B.  
Kevin Pizarro A.  
Profesora : Monica Otero F.  
Curso : IPD477 - Bioingeniería Electrónica

# 1. Pregunta 1

Para el desarrollo de este punto, se escogen ventanas de tiempo de 0,5[s], 1,5[s] y 3[s] para así obtener la FFT de la señal, donde en el *eje\_x* se encuentra la frecuencia en [Hz] y en el *eje\_y* la potencia (PSD).

## 1.1. Análisis mediante FFT

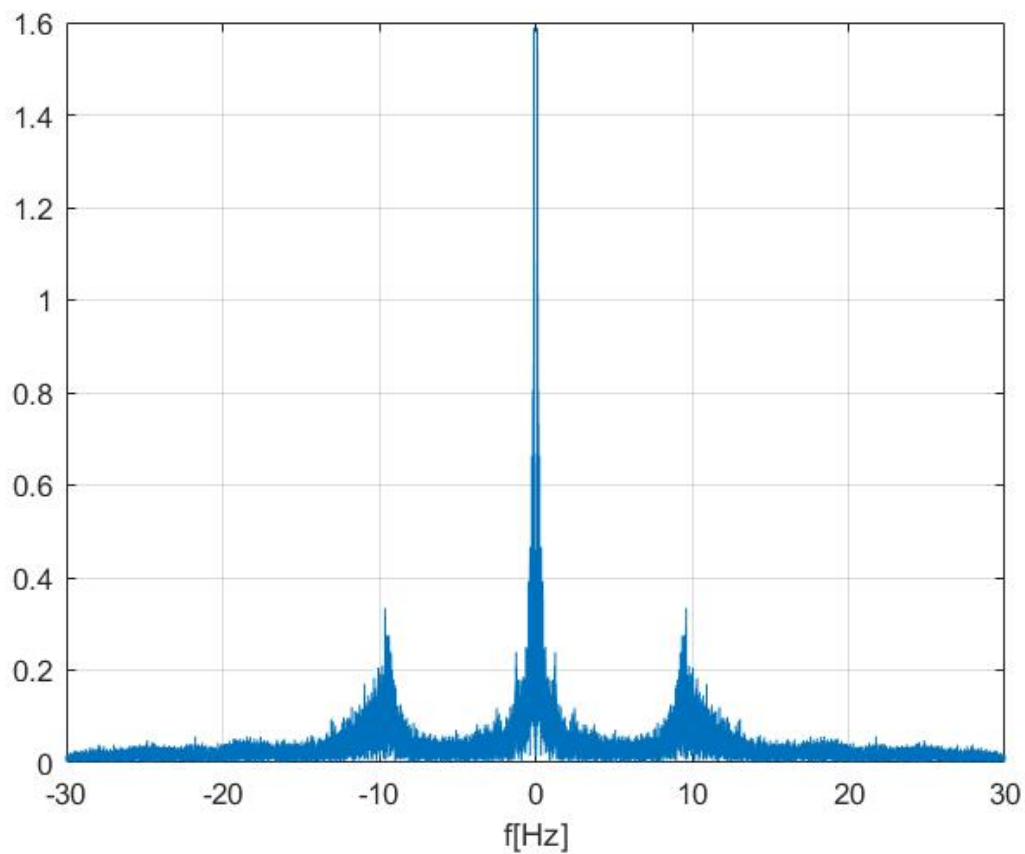


Figura 1: FFT de los datos EEG en reposo

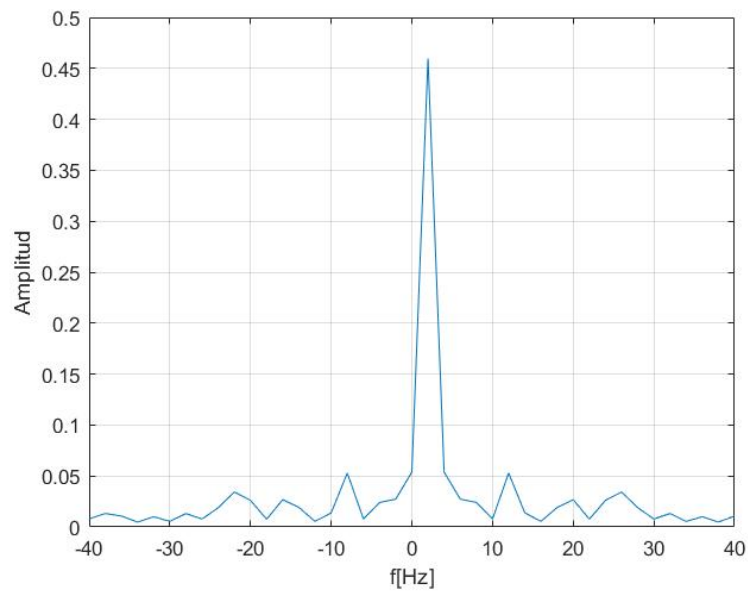


Figura 2: Espectro de potencia promedio con ventana de 0.5 segundos

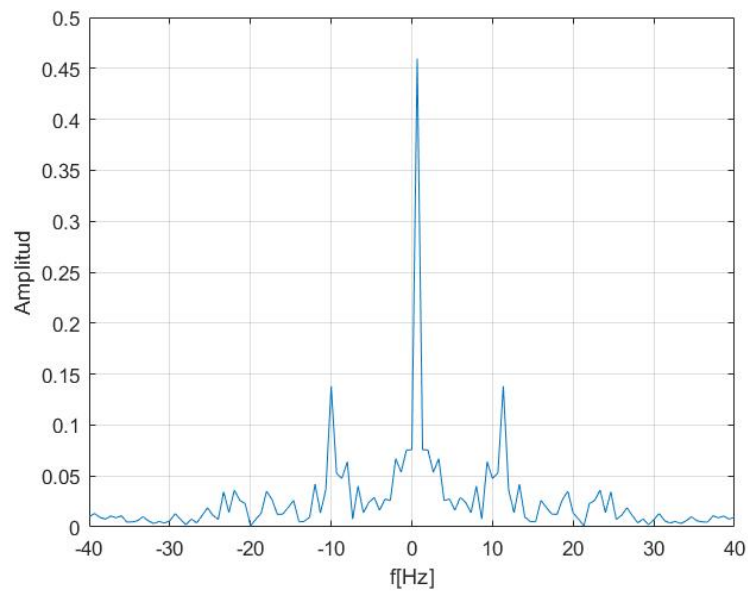


Figura 3: Espectro de potencia promedio con ventana de 1.5 segundos

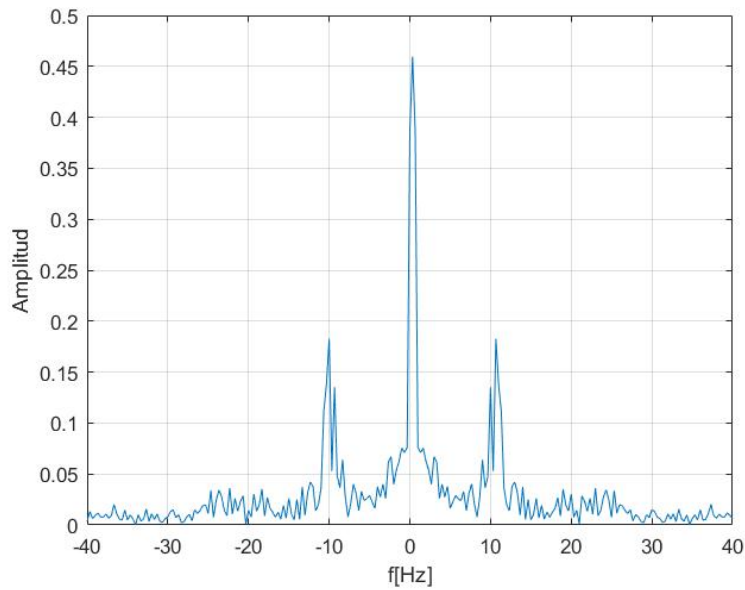


Figura 4: Espectro de potencia promedio con ventana de 3 segundos

## 1.2. Análisis mediante la Transformada Wavelet

Una herramienta que es de gran ayuda a la hora de analizar en frecuencia una señal es la Transformada Wavelet. Mediante la función `cwt()`, que implementa la Transformada Wavelet en una dimensión, entrega información simultánea respecto a la magnitud, la frecuencia y el tiempo de una señal. A continuación se presentan los resultados para la señal original, además de para el promedio de las señales a distintas ventanas de tiempo al igual que con la Transformada de Fourier del punto anterior.

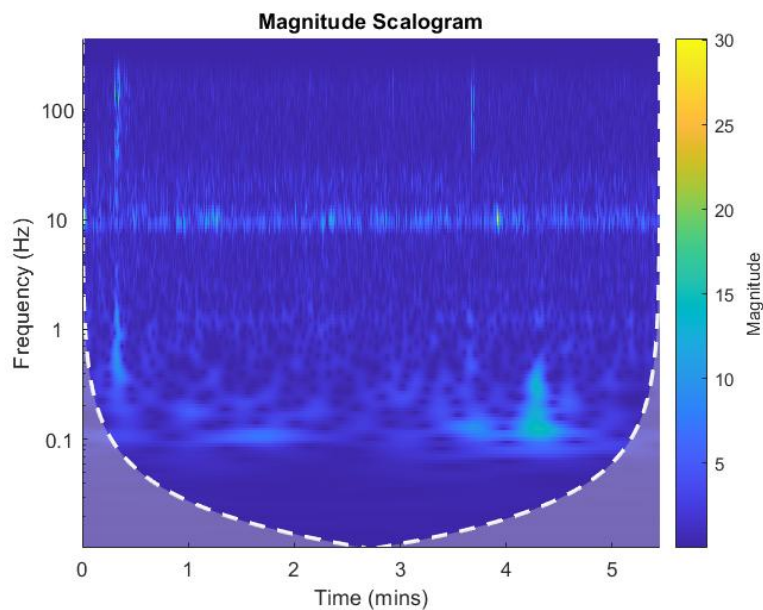


Figura 5: Espectro de potencia usando CWT EEG en reposo

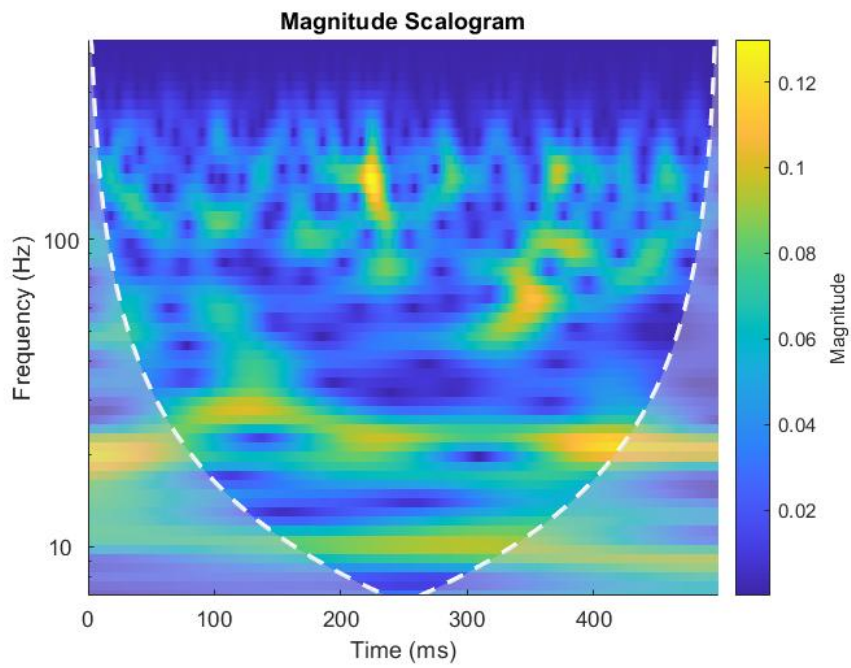


Figura 6: Espectro de potencia promedio usando CWT con ventana de 0.5[s]

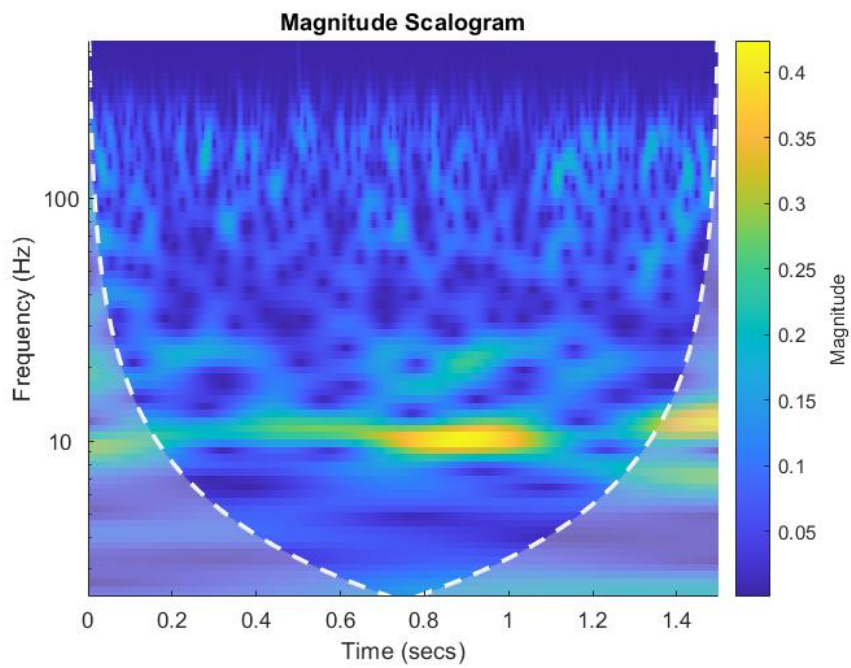


Figura 7: Espectro de potencia promedio usando CWT con ventana de 1.5[s]

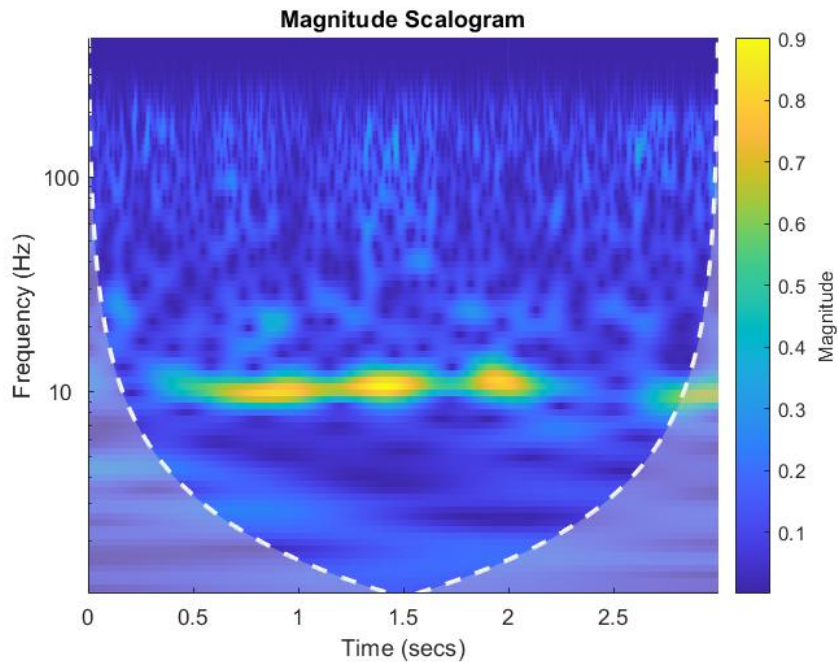


Figura 8: Espectro de potencia promedio usando CWT con ventana de 3[s]

### 1.3. Análisis

Al analizar los resultados obtenidos es posible percatarse que al tener ventanas de tiempo muy reducidas no se tiene la suficiente información sobre la potencia/energía en cada frecuencia. A medida que aumenta el tamaño de la ventana aumenta la resolución de la señal, por lo que finalmente es posible extraer información más detallada respecto a la magnitud o potencia en cada valor de frecuencia.

Al igual que los gráficos de espectro de potencia usando la transformada de Fourier, al usar la CWT aumenta la resolución vista en el gráfico a medida que la ventana de tiempo aumenta. Sin embargo, se puede apreciar que en todos los gráficos persiste el hecho que hay mayor amplitud de la señal alrededor de los 10[Hz] a lo largo de toda la medición, lo cual es normal considerando que el registro se encuentra en reposo. Además de esto, es posible percatarse a partir de la figura 5 que existe actividad a baja frecuencia en gran parte de la medición, principalmente cerca de Time=0.3[mins] y en Time=4.2[min]. Sin embargo, esto no debe relacionarse a la actividad en reposo del EEG, sino que a una fuente de ruido.

## 2. Pregunta 2

A partir de los datos en los archivos ERP\_data y SSVEP\_data se generan los siguientes gráficos que muestran las formas de onda del potencial evocado auditivo cortical (ERP\_data) y del potencial evocado visual de estado estable (registro SSVEP\_data), mediante la promediación de la señal en el dominio del tiempo.

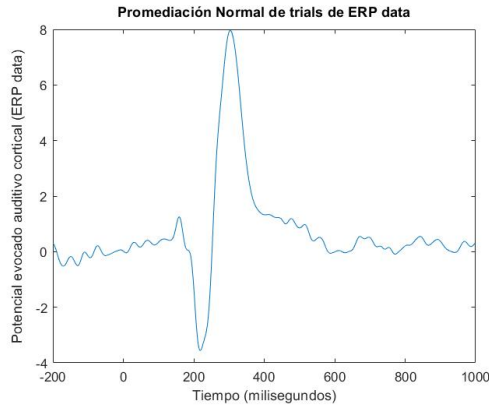


Figura 9: Promediación Clásica de trials de ERP\_data.

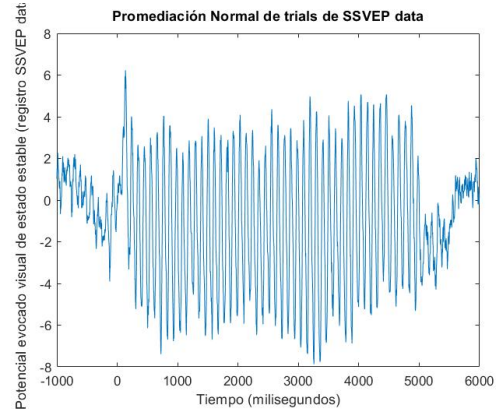


Figura 10: Promediación Clásica de trials de SSVEP\_data

En la figura 9 se observa claramente la señal sinusoidal con una frecuencia cercana a 5[Hz] dentro del periodo 189[ms] y 396[ms], mientras que el resto corresponde a ruido. Para la figura 10 ocurre algo similar, se observa una sinusoidal modulada dentro del periodo de 78[s] y 5102[s]. En ambos casos al inicio de la sinusoidal se observa un transiente que corresponde a un pequeño peak seguido por la señal sinusoidal en su estado estable.

### 2.1.

Se realiza una promediación ordenada a los datos de REP\_data considerando solo 1 *epoch*, es decir, se ordenan los *trials* en orden ascendente de varianza y luego se seleccionan aquellos *trials* con la menor varianza, para realizar la promediación. En este caso se seleccionaron los *trials* pertenecientes al 25 % del total con menor varianza y se obtuvo el siguiente gráfico:

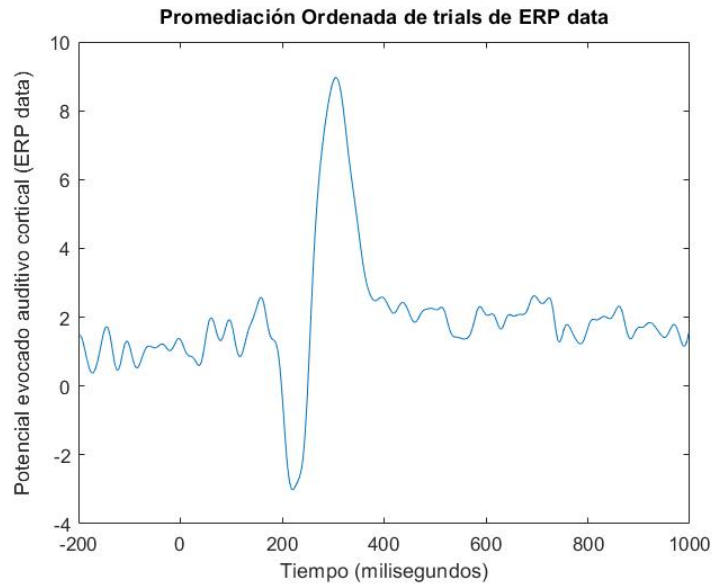


Figura 11: Promediación Ordenada de trials de ERP\_data

A simple vista no se puede observar una mejora considerable con comparación a la promediación clásica, por lo que se comparan los *signal to noise ratio*(SNR) de ambos. Para el calculo del SNR, se considera el tramo de  $189,5[ms] \leq 396,5[ms]$  como la señal y el resto como ruido, basándonos en lo que se puede observar en la figura 9. Entonces utilizando la formula:

$$SNR = \frac{E[S^2]}{E[N^2]} \quad (1)$$

Donde S corresponde a la señal y N corresponde al ruido, se obtiene que:

- SNR promediación clásica = 72.58
- SNR promediación ordenada = 8.67

Al obtenerse un mayor SNR con la promediación clásica en comparación a la ordenada, se puede decir que en este caso la promediación clásica es el mejor método para disminuir el ruido.

## 2.2.

Se realiza una promediación ponderada a los datos de SSVEP\_data considerando solo 1 *epoch*. Se obtuvo el siguiente gráfico:



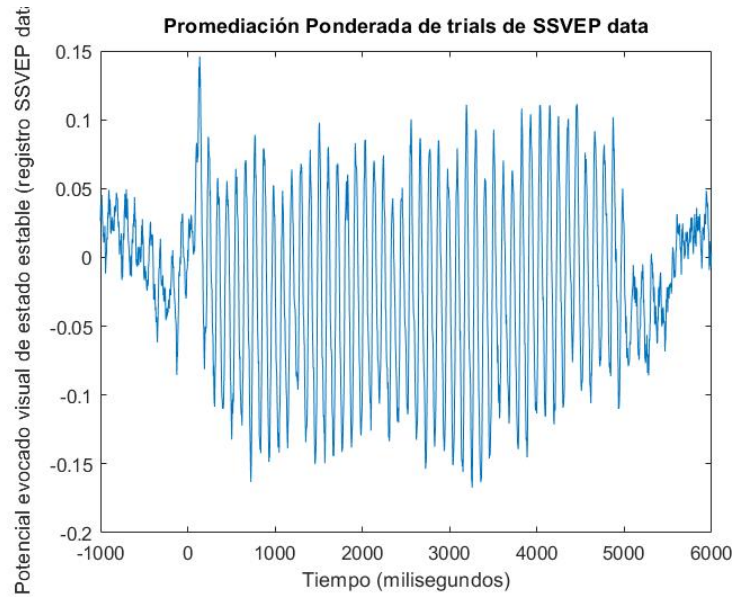


Figura 12: Promediación Ponderada de trials de SSVEP\_data

De manera similar a la sección anterior, se realiza el calculo del SNR de la promediación clásica y la ponderada, para poder comparar ambos métodos. Para el calculo del SNR, se considera el tramo de  $78,13[ms] \leq 5102[ms]$  como la señal y el resto como ruido, basándonos en lo que se puede observar en la figura 10. Al calcular se obtienen los siguientes SNR:

- SNR promediación clásica = 6.17
- SNR promediación ponderada = 6.51

El SNR obtenido de la promediación ponderada es ligeramente mayor al de la promediación clásica, por lo que en este caso la promediación ponderada es el mejor método para disminuir el ruido.

### 2.3.

Se realiza la representación espectral de las respuestas contenidas en los registros ERP\_data y SSVEP\_data, empleando FFT mediante la funcion `fft()` de Matlab sobre la promediación clásica del registro correspondiente, considerando que la frecuencia de muestreo en ERP\_data y SSVEP\_data son 512[Hz] y 216[Hz] respectivamente. Los graficos obtenidos son los siguientes:

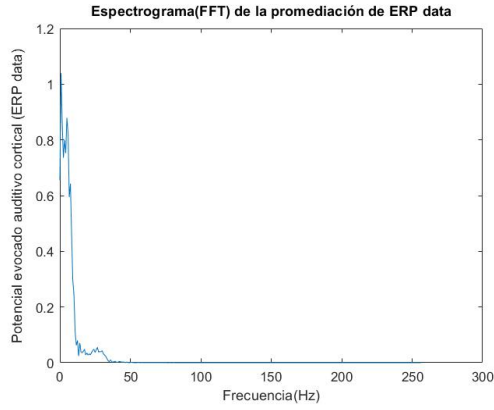


Figura 13: FFT de Promediación Clásica de trials de ERP\_data.

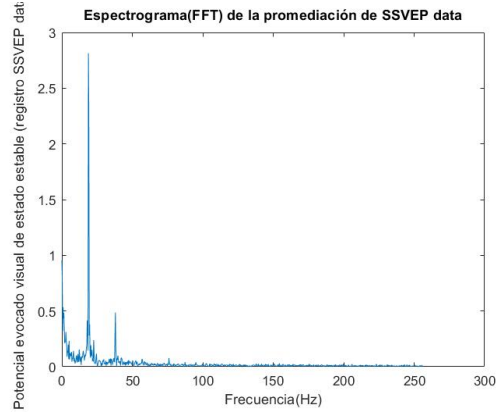


Figura 14: FFT de Promediación Clásica de trials de SSVEP\_data

En la figura 9 se puede observar que la señal corresponde a una sinusoidal con frecuencia cercana a 5[Hz], lo cual se ve reflejado en los peaks en baja frecuencia dentro del espectrograma, junto con el nivel de ruido. Mientras que en la figura 10 se observa que la señal es una sinusoidal modulada, lo cual se refleja en los dos peaks dentro del espectrograma. Además, de manera similar a la sección 1.2 se utiliza la transformada de wavelets para obtener otra representación tiempo-frecuencia. Los gráficos obtenidos son los siguientes:

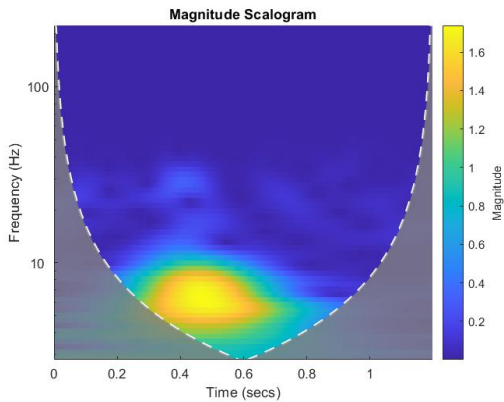


Figura 15: Transformada de Wavelets de Promediación Clásica de trials de ERP\_data.

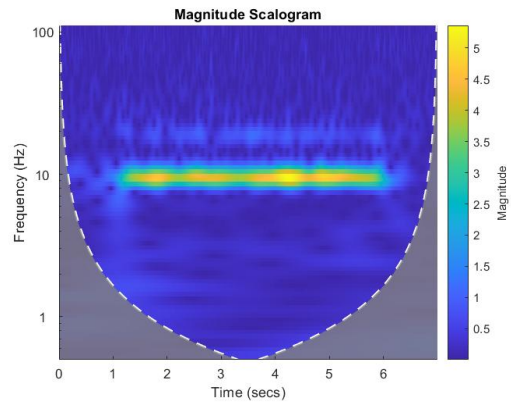


Figura 16: Transformada de Wavelets de Promediación Clásica de trials de SSVEP\_data

La figura 15 muestra nuevamente la mayor amplitud en las frecuencias cercanas a 5[Hz], específicamente dentro del periodo de tiempo que fue visible la señal, es decir entre 189[ms] y 396[ms]. Similarmente, para la figura 16 se observan dos líneas de color amarillo, lo cual representa las sinusoidales que sumadas, resultan en la sinusoidal modulada que puede ser observada dentro del periodo cercano entre 78[s] y 5102[s].

## Pregunta 3

### Promediación clásica

En un comienzo se grafican los canales desde el 62 al 68, los últimos 4 son del electrooculograma (EOG), para poder saber su morfología antes de realizar cualquier procesamiento. Notamos de los registros PO8, PO4 y O2 que hay presencia de los artefactos según la comparación con los registros EXG1, EXG2, EXG3 y EXG4.

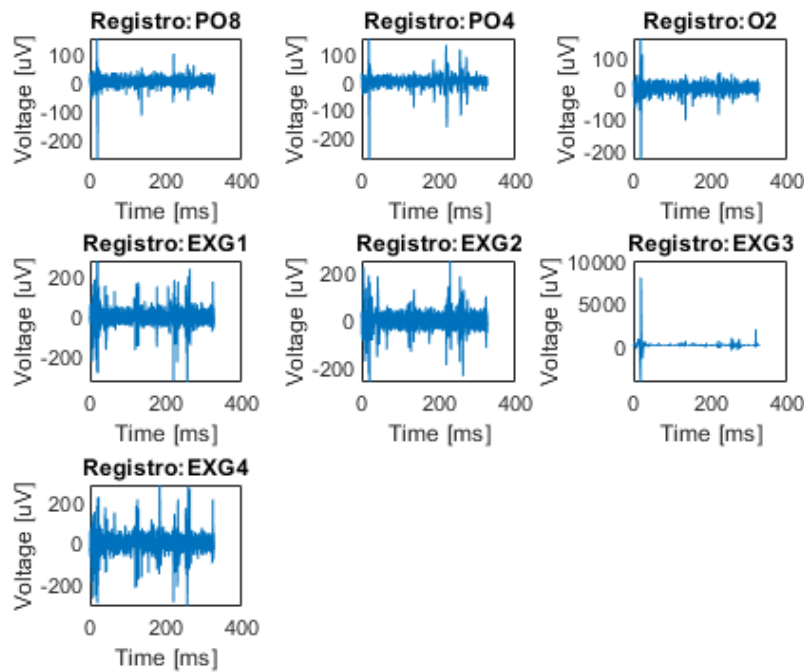


Figura 17: Registros de EEG para los canales 62 al 64 y los externos del EOG sin procesamiento.

Luego se realiza la promediación clásica utilizando ventanas de 1 [min] sin solapamiento. Considerando que se tiene un sampling rate de 1024 [Hz] es decir se tienen datos cada 0.9765625 [ms], con 334848 puntos finalmente se tienen 327 [s] de registro. Luego tendremos 6 ventanas, la última de ellas de sólo 27 [s].

Al usar la promediación clásica se pueden tener los resultados según lo que se ve en las figuras (18) y (19). Se reduce la magnitud del efecto de los artefactos de blinking, donde el peak que está cercano a los 20 [ms] pero no así los demás artefactos.

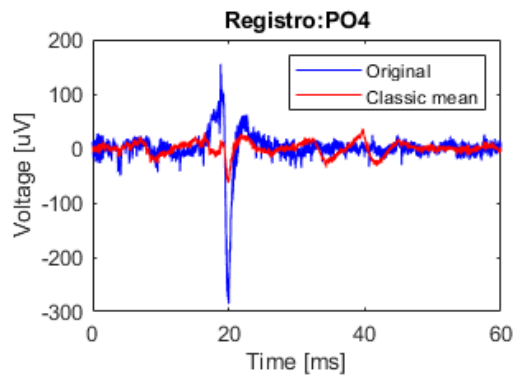


Figura 18: Gráficos de comparación usando la promediación clásica para registro PO4.

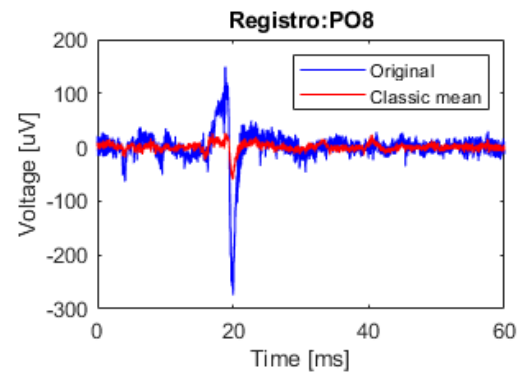


Figura 19: Gráficos de comparación usando la promediación clásica para registro PO8.

## Eliminar artefactos por movimientos oculares

Para eliminar los artefactos por movimientos oculares, parpadeo y movimientos horizontales, se utiliza ICA (Independent Component Analysis) con 30 componentes. Luego, al tener el registro del electrooculograma se procede a automatizar el proceso calculando la correlación entre los componentes y los registros, se eliminan los 2 componentes que tengan mayor correlación. Finalmente, con los componentes eliminados, se procede a reconstruir las señales. Este flujo se resume con el siguiente diagrama.

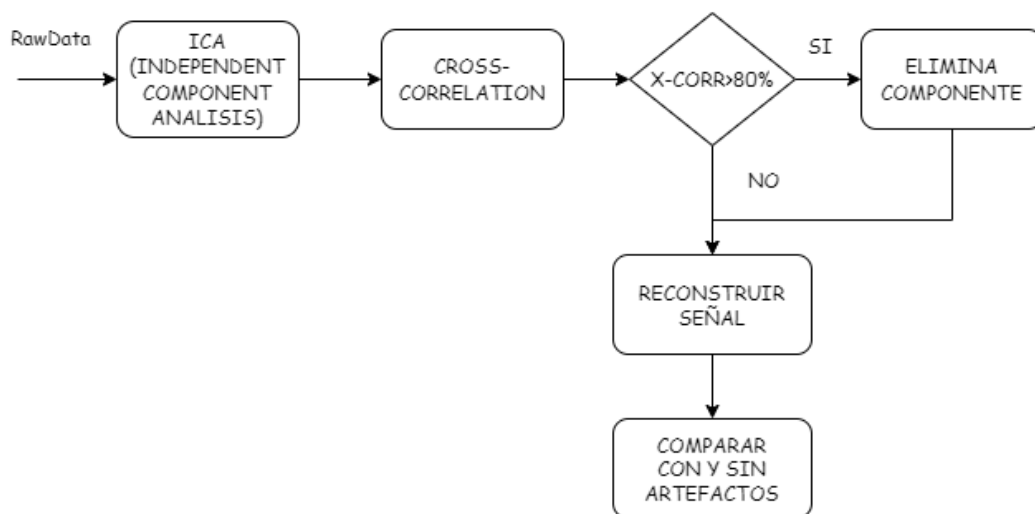


Figura 20: Diagrama de la solución.

Como primer paso se calculan los componentes independientes mediante *jader*, obteniendo así la figura (21).

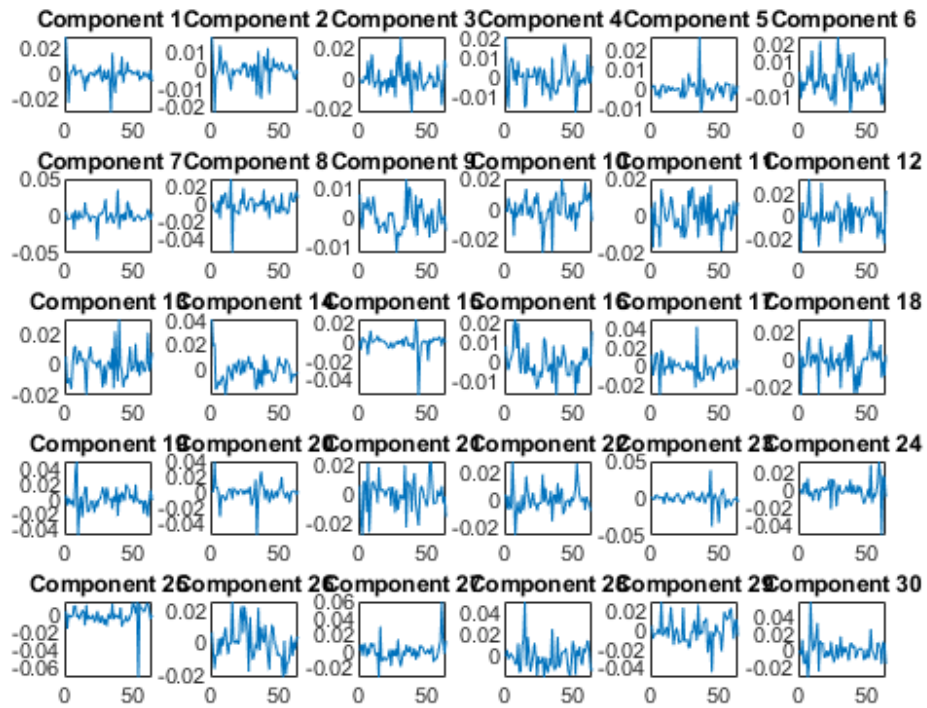


Figura 21: Gráficos de los 30 componentes de ICA.

Notamos de la figura (22) que el blinking ha sido limpiado para la ventana de los primeros 60 segundos. Como anteriormente se calculó la promediación clásica para la señal con artefactos en (23) se compara con la promediación luego de limpiar los artefactos.

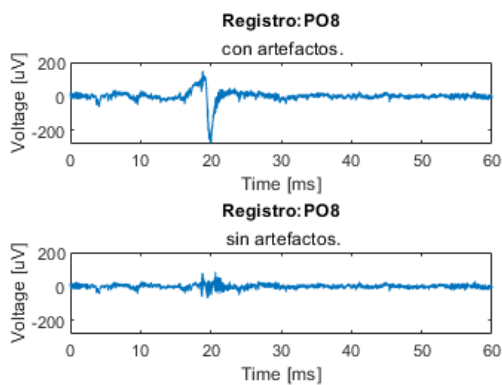


Figura 22: Gráficos de comparación para el registro PO8, con y sin artefactos.

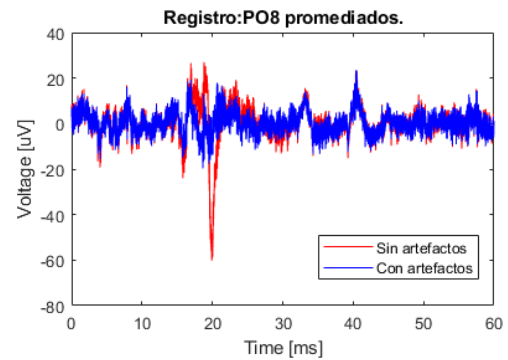


Figura 23: Gráfico de comparación para el registro PO8 usando la promediación clásica, con y sin artefactos.

El gráfico de la figura (22) se obtiene automatizando la eliminación de componentes, calculando la correlación cruzada entre los componentes y los canales del EOG. Si la correlación es mayor al 80 % entonces se elimina dicho componente. Por otro lado, también se hace eliminación manual de los primeros 5 componentes en la figura (24) y eliminación aleatoria en en la figura (25).

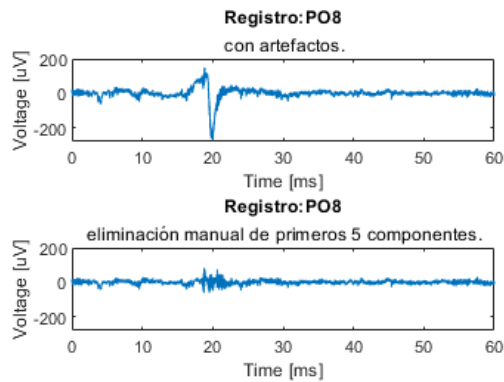


Figura 24: Gráficos de comparación para el registro PO8, con y sin artefactos, eliminación manual de los primeros 5 componentes.

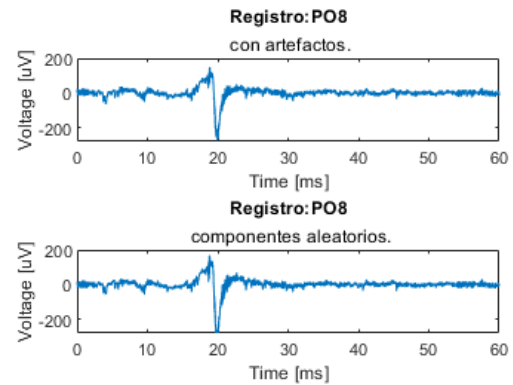


Figura 25: Gráficos de comparación para el registro PO8, con y sin artefactos, eliminación aleatoria de componentes.

## Efectos de la cantidad de componentes en ICA

El efecto de la cantidad de componentes es importante, puesto que si hay 5 de 30 componentes que tienen artefactos y se eliminan menos entonces se seguirá teniendo la presencia de las restantes, si se eliminan de más entonces estaremos eliminando componentes de datos de interés. A continuación se descartan los primeros 5, 10, 15 y 20 componentes para ver su efecto en la respuesta.

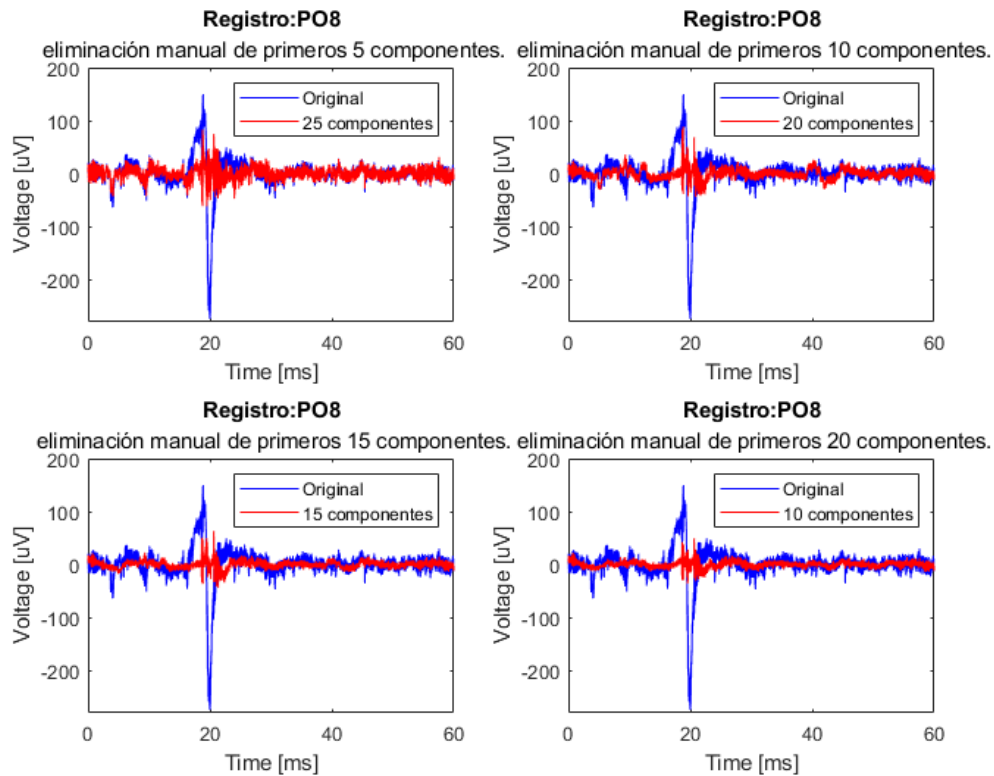


Figura 26: Comparación del efecto de componentes.

Se puede notar que si se eliminan los componentes sin ver la correlación o efectivamente cuales corresponden a los artefactos oculares, entonces se sigue teniendo presencia de ellas y finalmente se han eliminado componentes importantes. También que entre más componentes habrá menos ruido, pero también hay menos señal, muy probablemente se eliminaron datos de interés.