1. Frecuencias características según la etapa del cuadro epiléptico (“Sano”, “Interictal”, “Convulsión”).

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Banda** | **Rango [Hz]** | **Estado típico** | **Características** |
| Delta | 0.5 – 4 | Sueño profundo o coma / crisis | Muy presente en convulsiones |
| Theta | 4 – 8 | Somnolencia / Interictal | Incremento en disfunción cortical |
| Alpha | 8 – 13 | Relajación / Estado sano | Marcado en pacientes sanos |
| Beta | 13 – 30 | Actividad mental activa | Aumenta en interictal, disminuye en crisis |
| Gamma | 30 – 50 | Procesamiento cognitivo complejo | Suele disminuir durante la convulsión |

2. Filtro pasa bajos. Su justificación.

Se eligió un filtro pasa bajos con frecuencia de corte en 40 Hz, por los siguientes motivos:

* La mayoría de las bandas relevantes para el análisis de epilepsia están por debajo de 40 Hz (Delta a Gamma).
* Por encima de 40 Hz, las señales suelen estar contaminadas con ruido muscular, artefactos eléctricos, etc.
* Esta frecuencia de corte permite preservar el contenido informativo y limpiar la señal.

El filtro aplicado fue Butterworth de orden 5, que presenta una respuesta suave y sin mucha distorsión de fase gracias al uso de **“filtfilt”**.

Butterworth es un tipo de filtro pasa banda que se caracteriza por una respuesta en frecuencia suave y sin ondulaciones en la banda pasante, lo que l o hace útil cuando se quiere preservar la forma de la señal sin introducir distorsiones abruptas.

Cuando se aplica mediante la función filtfilt() en SciPy, el filtrado se realiza en dos pasadas: hacia adelante y hacia atrás, eliminando el desfase que típicamente introduce un filtro causal.

El orden 5 del filtro está relacionado con la pendiente de atenuación. Así y a manera de ejemplo, un filtro Butterworth de orden 5 tiene una transición más abrupta entre la banda pasante y la banda de atenuación que uno de orden 2.

3. Transformada de Fourier.

Se aplicó la FFT a las señales filtradas con el pasabajos. Las diferencias esperadas y observadas son:

Señal 1 – Sano.

* Pico prominente en banda Alpha (8-13 Hz). La actividad eléctrica cerebral rítmica típica.
* Componentes de beta también presentes, que muestran un señal activa y saludable.
* Ruido bajo en frecuencias bajas, lo que indica la ausencia de componente caótico.

Señal 2 – Interictal.

* Disminución de frecuencias Alpha.
* Aumento de componentes en theta (4-8 Hz), lo que indicaría una disfunción leve.
* Menor sincronización de la actividad cerebral, manifestado en un espectro menos definido.

Señal 3 – Convulsión.

* Gran presencia en banda delta (menos a 4 Hz), denotando una actividad eléctrica cerebral lenta y caótica.
* Espectro amplio y desorganizado en dicha actividad.
* Presencia difusa de componentes en todo el rango de 0.5-30 Hz.

4. Densidad espectral de potencia y análisis por bandas.

El análisis de Densidad Espectral de Potencia (PSD), permite ver cómo se distribuye la potencia de una señal a través de las frecuencias. No sólo indica qué frecuencias están presentes, sino cuánta energía tiene cada una.

Por ejemplo, si una vibración tiene un pico fuerte en 30 Hz, el PSD muestra que la mayor parte de la energía está concentrada ahí, lo cual puede indicar una resonancia, una frecuencia de fallo, etc.

PSD vs. FFT

* La FFT muestra amplitudes (o magnitudes) en frecuencia.
* El PSD muestra una medida energética más robusta (usualmente en unidades como g2/Hz o V2/Hz). ¿Por qué al cuadrado? Porque la potencia o energía están relacionadas con el cuadrado de la amplitud. ¿Por qué dividido por Hz? Porque muestra cuánta energía hay en cada unidad de frecuencia, siendo útil para diagnosticar fallas en una frecuencia determinada.

La PSD confirmó lo siguiente:

* Señal 1 (“Sano”): potencia predominante en aplha y beta.
* Señal 2 (“Interictal”): mayor proporción en theta, menor en Alpha.
* Señal 3 (“Convulsión”): gran parte de la potencia en delta.

5. Autocorrelación.

* Señal sana: autocorrelación rítmica y decae lentamente: señal periódica y organizada.
* Señal interictal: decaimiento más rápido, patrones menos definidos.
* Señal convulsiva: poca periodicidad, autocorrelación con forma errática.

Esto refleja el grado de sincronización neuronal: más alto en el estado sano, menor durante una crisis.

Bibliografía consultada.

https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4788132.pdf