



## SEGUNDO PROYECTO

### “MANUAL DE USUARIO DE LIBRERÍA EN PYTHON PARA EL ACONDICIONAMIENTO Y ANÁLISIS DE SEÑALES CEREBRALES”

Bioseñales y Sistemas.

Brayan Andres Hoyos Madera <sup>1</sup>

Lorena Cárdenas Chizabas <sup>2</sup>

*Bioingeniería, Facultad de ingeniería, Universidad de Antioquia Sede Medellín*

#### Objetivos

- Implementar una estrategia que permita extraer información neuronal de una señal EEG contaminada por ruido
- Traducir fórmulas a programas Python

#### Manual de Usuario

El electroencefalograma (EEG) es un método de monitoreo electrofisiológico para registrar la actividad eléctrica del cerebro. Cada función cerebral tanto consciente como inconsciente es el resultado de la comunicación eléctrica entre las neuronas del cerebro. Debido a que no es posible registrar de manera individual y no invasiva la actividad eléctrica de cada neurona, se utilizan electrodos conectados sobre el cuello cabelludo que registran las fluctuaciones de voltaje que realizan una población de neuronas; estas fluctuaciones de voltaje se logran obtener y caracterizarse por medio de análisis espectral y análisis temporal de la señal adquirida.

El diagnóstico médico de un EEG sin procesamiento se hace tedioso debido a que la señal adquirida se encuentra contaminada principalmente por artefactos electromagnéticos y fisiológicos. Debido a esto se hace necesario un tratamiento previo de los datos desarrollado por medio de algoritmos de programación; este tratamiento se desarrolla en el presente manual basado en el artículo “Improved rejection of artifacts from EEG data using high-order statistics and independent component analysis” en el lenguaje de Python.

En el desarrollo de la librería se hace uso de las siguientes librerías bases de Python:



```
1 import os
2 import sys
3 import numpy as np
4 from scipy.io import loadmat
5 from scipy import signal
6 from scipy.stats import kurtosis
7 import matplotlib.pyplot as plt
8 import LinearFIR as filtro
```

*Figura 1. Librerías utilizadas*

Para iniciar la ejecución del código se usa la siguiente línea de código.

```
data, filtered, time = loadSignal("Electrobisturi_3min.txt", 250, ',', 6, (1,2,3,4,5,6,7,8), plot =True)
```

*Figura 2. Implementación para cargar los datos, filtrar y plottear los resultados.*

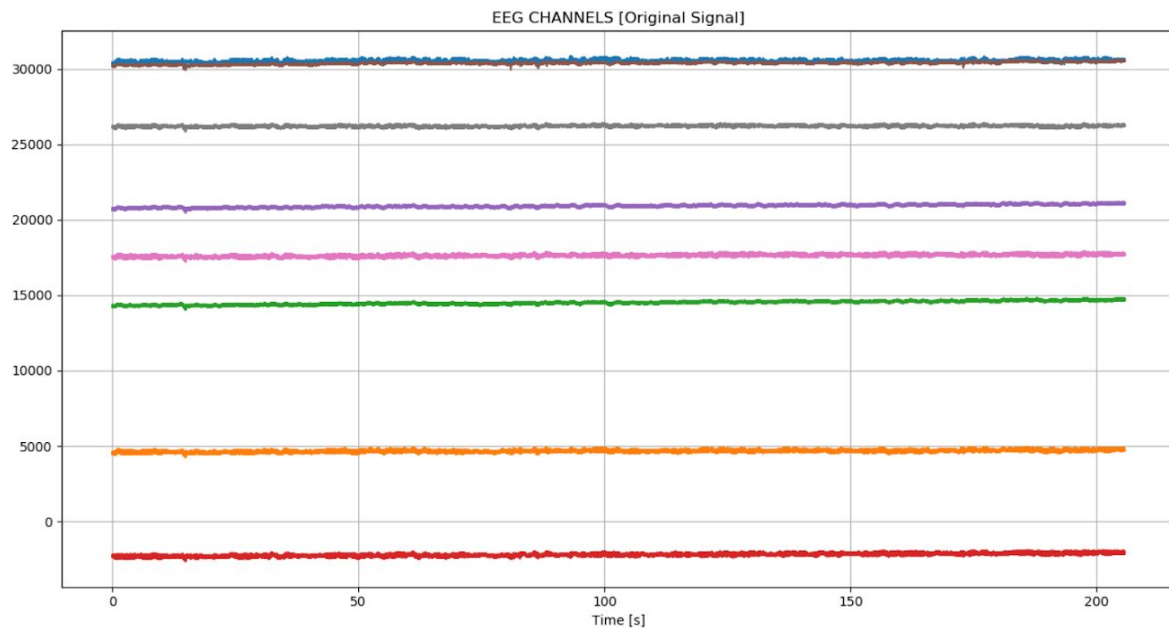
Se llama a la función “loadSignal” quien internamente hace los llamados respectivos a las clases que permiten obtener las salidas del sistema. Como parámetros de ejecución se deben ingresar:

- **Ruta del archivo:** dirección en el sistema en el cual se encuentra el archivo en formato “.txt” se desea cargar.
- **Frecuencia de muestreo (fs):** la frecuencia a la cual se muestreo la señal.
- **Delimiter:** es el carácter por el cual se encuentran separados los datos en el archivo.
- **Skiprows:** las líneas iniciales del archivo que desee ignorar.
- **Usecols:** las columnas del archivo que desea obtener. El código está diseñado para cargar señales EEG con mínimo 2 canales.
- **Plot:** si se ingresa “True” se mostrará el gráfico de la señal original y el gráfico de la señal una vez filtrada, si por el contrario se ingresa “False”, éstas gráficas no serán mostradas.

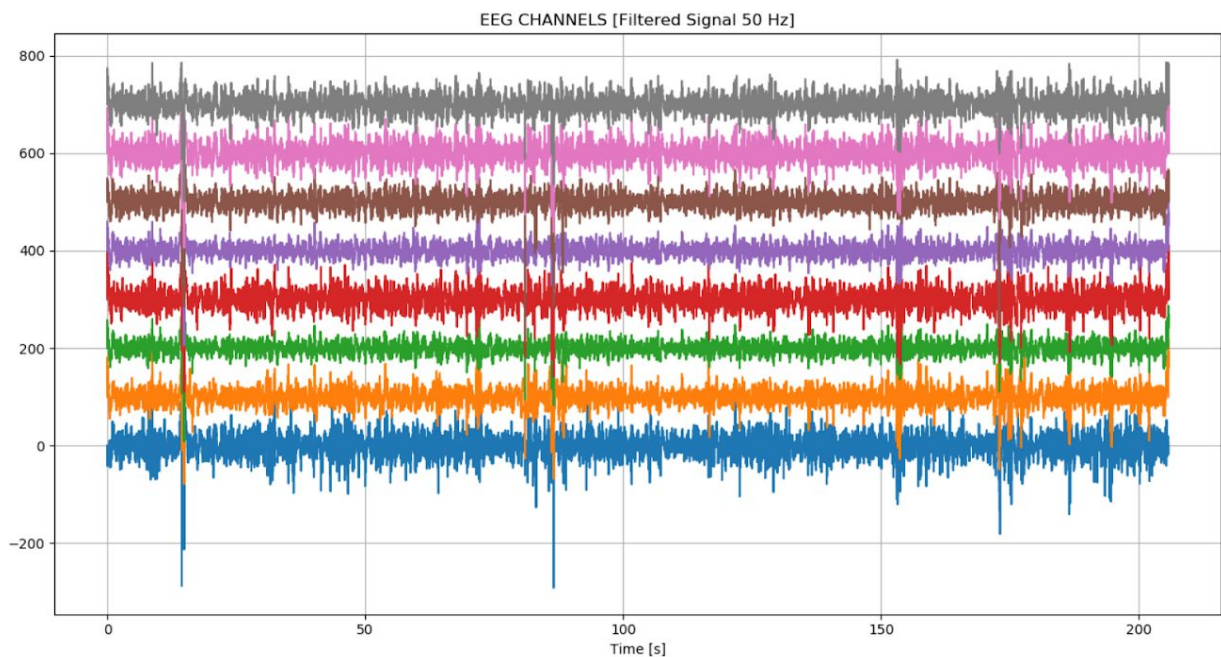
Una vez ejecutado esta instrucción se tendrán las siguientes devoluciones:

- **Data:** los datos de la señal original. las dimensiones de este será un array bidimensional con un número de filas igual al número de datos y columnas igual al número de canales de la señal.
- **Filtered:** matriz bidimensional que contiene los valores de la señal filtrada.
- **time:** Vector de tiempo de la señal.

El en caso que el usuario decida visualizar la gráfica de los datos haciendo el argumento “plot” igual a “True”, obtendrá las siguientes imágenes.



*Figura 3. Plotting de los 8 Canales de la señal EEG.*



*Figura 4. Plotting 8 Canales ECG filtrado con filtro pasa-bandas (1-50Hz).*

*Nota: Con el fin de comprobar que la señal realmente se filtró se recomienda realizar el método de densidad espectral de potencia de welch a la señal antes y después de filtrar y comparar.*

Como segundo paso:

```
524 #Realizar cada uno de los metodos de rechazo para cada una de las epocas
525 signal1, t1, DCLevel1 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "extreme", (75, -75), True, 'Rejection to Extrem Values')
526 signal2, t2, DCLevel2 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "linear", (5, -5), True, 'Rejection to Linear Trends')
527 signal3, t3, DCLevel3 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "improbability", (1, -1), True, 'Rejection to Kurtosis Method')
528 signal4, t4, DCLevel4 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "espectral", (300, -3), True, 'Rejection to Spectral pattern')
```

*Figura 5. Implementación de los métodos de rechazo individualmente.*

Se llama a la función “rejectionArtifacts” quien internamente hace los llamados respectivos a las clases que permiten obtener las salidas del sistema. Como parámetros de ejecución se deben ingresar:

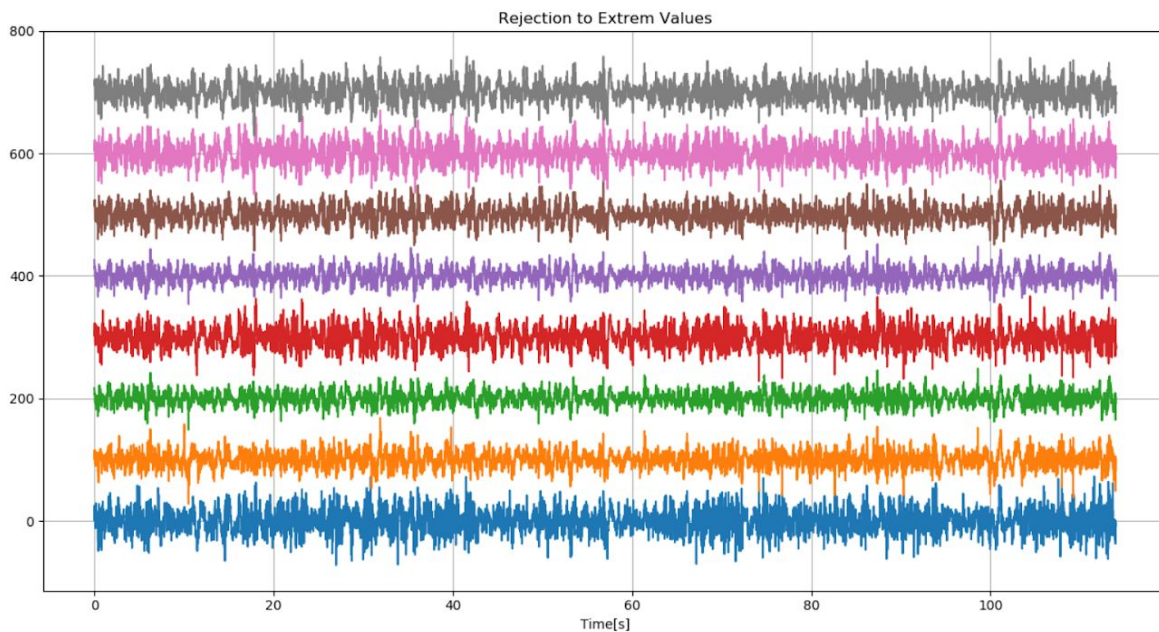
- **Data:** Señal original filtrada con un filtro pasa bandas con frecuencia de corte minima de 1Hz y con frecuencia de corte máxima de 50Hz. Las dimensiones de este será un array bidimensional con un número de filas igual al número de datos y columnas igual al número de canales de la señal.
- **Time:** Vector de tiempo. Las dimensiones de este será un array bidimensional con un número de filas igual al número de datos y columnas igual al número de canales de la señal.
- **Fs:** Frecuencia de muestreo de la señal adquirida.
- **Epocs:** Número de segundos en que se quiere cada cuantos segundos quiere dividir cada canal.
- **Type:** Método de rechazo de artefactos que se desea aplicar.
  - extreme = Rechazo por valores extremos.
  - linear = Rechazo por tendencias lineales.
  - improbability = Rechazo por datos improbable.
  - espectral = rechazo por patrones espectrales.
- **Umbral:** Es un tupla o lista con los umbrales en que se aplicará el método.
  - (max, min)
- **Plot :** Valor booleano que permite mostrar las gráficas de los procesos ejecutados. Si se ingresa “True” se mostrará el gráfico, si por el contrario se ingresa “False”, la gráfica no será mostrada.
- **Title:** Título del gráfico.

Una vez ejecutado esta instrucción se tendrán las siguientes devoluciones:

- **Signal:** arreglo tridimensional con los datos de la señal segmentada por épocas (particiones\*muestras\*canales)

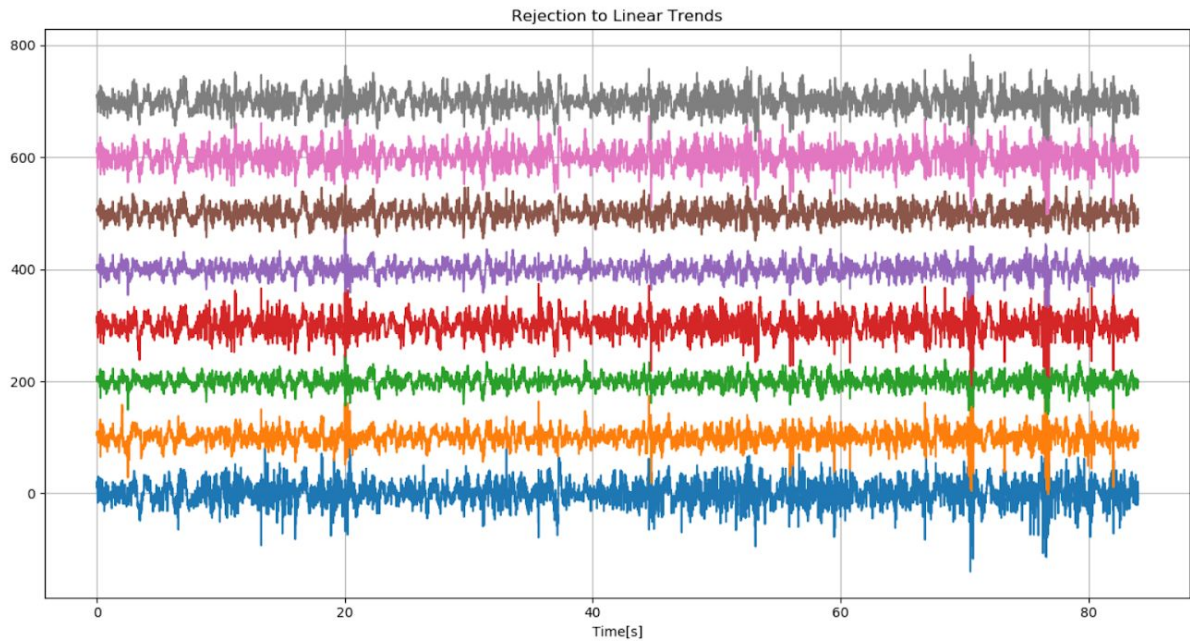
- **t:** arreglo bidimensional con los datos del vector de tiempo segmentado (particiones\*muestras)
- **DCLevel:** arreglo con valores que difieren a intervalos de 100. su longitud es igual al número de canales que posea la señal analizada. Su uso se debe a que al momento de ser filtrada la señal, todos los valores de los canales quedan con nivel DC cero, por tal motivo es necesario sumarle un valor DC con el objetivo de que al graficarse, estas no se superpongan.

El en caso que el usuario decida visualizar las gráficas de todos los métodos utilizando el argumento “plot” igual a “True”, se obtendrán las siguientes imágenes.

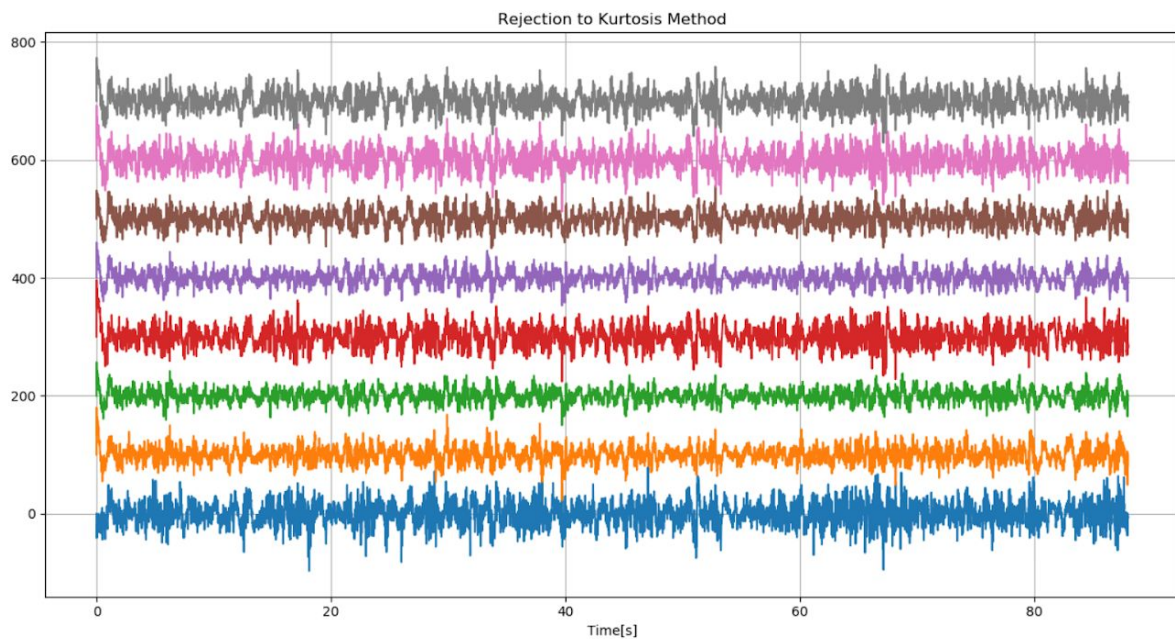


*Figura 6. Método de rechazo por valores extremos para los 8 canales y 1 época de la señal.*

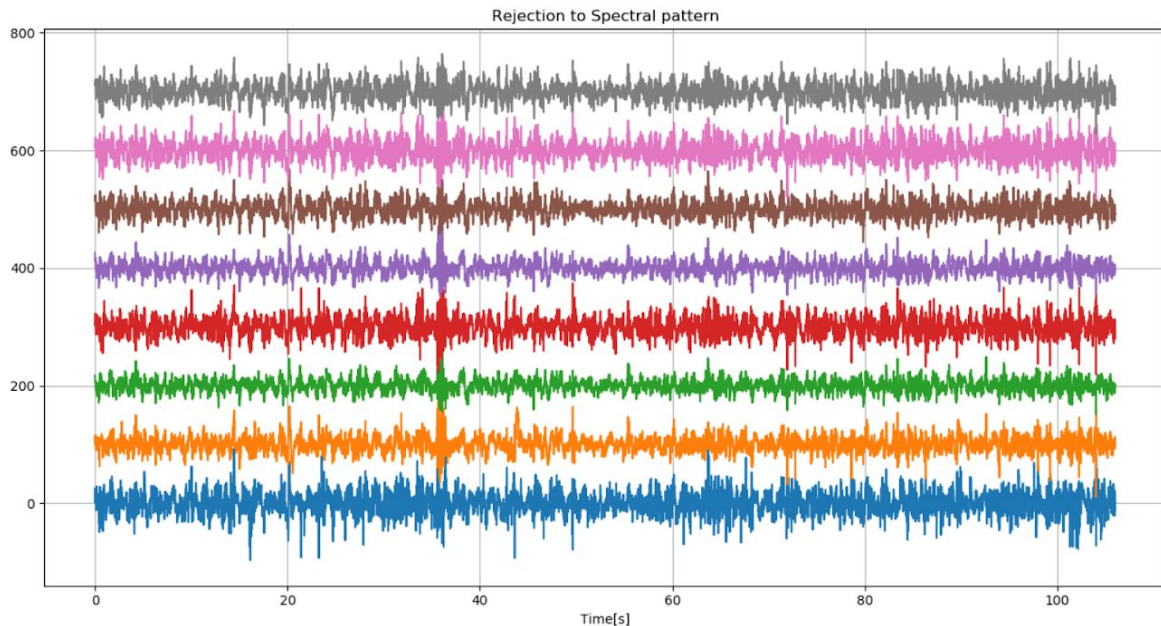




*Figura 7. Método de rechazo por regresión lineal para los 8 canales y 1 época de la señal.*



*Figura 8. Método de rechazo por probabilidad utilizando el método de Kurtosis para los 8 canales y 1 época de la señal.*



*Figura 9. Método de rechazo espectral utilizando el método de welch para los 8 canales y 1 época de la señal.*

*Nota: Se recomienda evaluar de manera visual y mediante la impresión de datos los valores utilizados como umbrales debido a que estos pueden variar dependiendo de las épocas y se la señal adquirida. De igual manera se recomienda utilizar umbrales que realicen el rechazo de datos atípicos sin interferir en la información de la señal, es decir, no elimine datos importantes.*

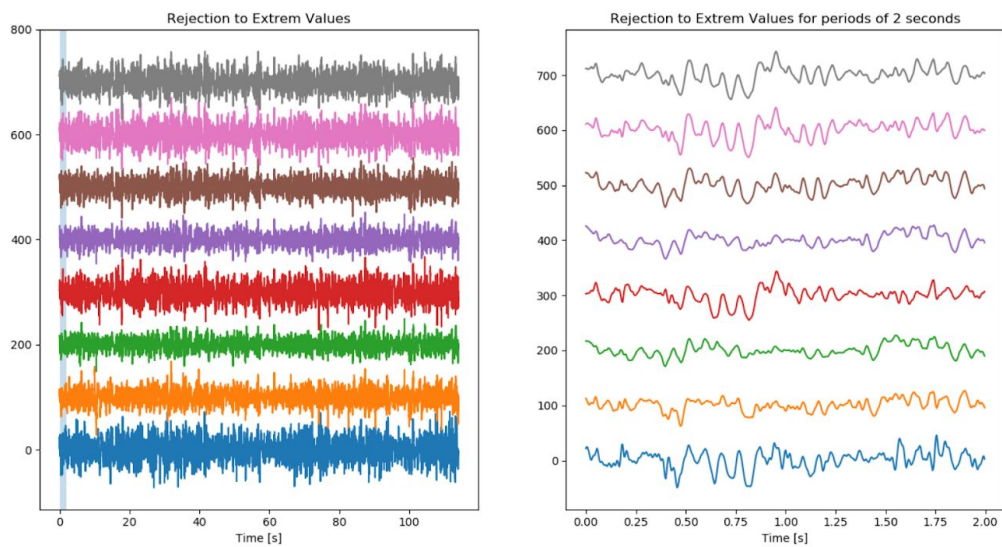
La clase “PlotView” permite al usuario analizar una señal de una manera didáctica. haciendo uso del método “multiView” es posible deslizarse a lo largo de la señal haciendo uno de los botones “left” y “right” del teclado, mostrando en la imagen de la derecha los datos presentes en la intersección entre la barra vertical y la señal.

```
530 #Se realizar la visualizacion de todas las epocas de un mismo canal
531 x = PlotView(signal1+DCLevel1, 250, t1, 2, "Rejection to Extrem Values")
532 # x = PlotView(signal2+DCLevel2, 250, t2, 2, "Rejection to Linear Trends")
533 # x = PlotView(signal3+DCLevel3, 250, t3, 2, "Rejection to Kurtosis Method")
534 # x = PlotView(signal4+DCLevel4, 250, t4, 2, "Rejection to Spectral pattern")
535 x.multiView()
```

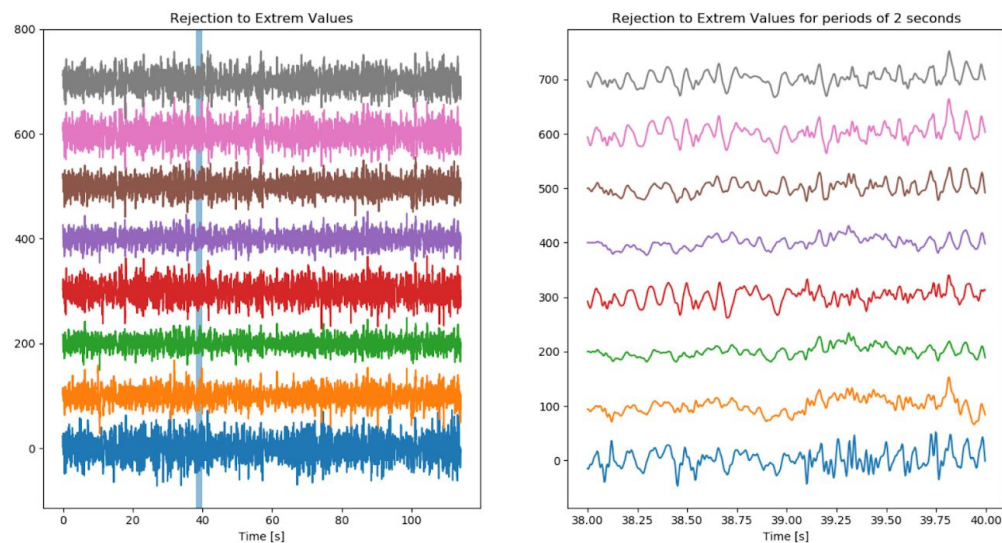
*Figura 10. Implementación de Multi Plotting para cada uno de los rechazos.*



En la siguientes imágenes se muestra la ejecución del método “multiView” en distintos momentos.



*Figura 11.a. Multi Plotting de todos los canales y todas las épocas para el rechazo por valores*



*Figura 11.b. Multi Plotting de todos los canales y todas las épocas para el rechazo por valores extremos*





A manera de comprobación de su funcionamiento y efectividad se realiza 3 diferentes estrategias de procesamiento de la señal:

1. Primer estrategia: En la primer estrategia se utilizan los métodos en el orden descrito en el artículo base de la librería. De manera que se realiza los siguientes pasos:
  - Filtrado de la señal: Se realiza un filtro pasa bandas con frecuencia de corte mínima de 1Hz y frecuencia máxima de 50Hz.
  - Segmentación de la señal por épocas: Debido a que las señales EEG contienen demasiados datos se debe realizar un particionamiento de la señal por segundos de adquisición, en todos los casos se utilizaron 2 segundos de la señal.
  - Método de rechazo por valores extremos: Este método compara cada uno de los valores máximos y mínimos presentes en cada uno de los segmentos de la señales con los valores ingresados como umbral. Si el valor máximo o mínimo excede los umbrales, este segmento es rechazado. Como retorno devuelve un arreglo de ceros y unos el cual es un vector de rechazo. Los valores en cero corresponden a los segmentos que deben ser rechazados.
  - Método de rechazo por regresión lineal: Este método calcula la recta que mejor se ajusta a cada uno de los segmentos de la señal. Una vez calculados compara la pendiente de cada uno de los segmentos con las pendientes umbrales ingresados por el usuario, si estos están por fuera de rango, estos segmentos son rechazados. Como retorno devuelve un arreglo de ceros y unos el cual es un vector de rechazo. Los valores en cero corresponden a los segmentos que deben ser rechazados.
  - Método de rechazo utilizando el método de Curtosis: Este método calcula la curtosis de cada segmento de la señal y los compara con los valores umbrales ingresados. Como tal, la curtosis de una variable es una característica de forma de su distribución de frecuencias/probabilidad. De acuerdo a su resultado se observa que una curtosis grande implica una mayor concentración de valores de la variable tanto muy cerca de la media de la distribución (pico) como muy lejos de ella (colas), al tiempo que existe una relativamente menor frecuencia de valores intermedios. Esto explica una forma de la distribución de frecuencias/probabilidad con colas más gruesas, con un centro más apuntado y una menor proporción de valores intermedios entre el pico y colas. Como resultado se obtiene que si los valores están por fuera del rango ingresado, estos valores son rechazados.

- Método de rechazo utilizando el método de welch (densidad de potencia): Este método hace uso de las potencias arrojadas por el periodograma de Welch calculado ca cada uno de los segmentos de la señal. Una vez calculado el periodograma, se saca el valor medio de esta y se le resta al mismo periodograma. El resultado se compara con los umbrales ingresados y son rechazados si están por fuera del rango. Como retorno devuelve un arreglo de ceros y unos el cual es un vector de rechazo. Los valores en cero corresponden a los segmentos que deben ser rechazados.
- Se grafica la densidad espectral: Se obtiene la gráfica de densidad espectral en la que se pueden observar cada una de las bandas del EEG a su frecuencia descrita en la literatura. Como hallazgo se obtienen tendencias similares de la gráfica al efectuar cada uno de los métodos propuestos.

```
537● #METODOS DE FILTRADO
538 #Primer metodo de filtrado
539 signal1, t1, DCLevel1 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "extreme", (75,-75),False,None)
540 signal2, t2, DCLevel2 = rejectionArtifacts(signal1, t1, 250, 2, "linear", (5, -5),False,None)
541 signal3, t3, DCLevel3 = rejectionArtifacts(signal2, t2, 250, 2, "improbability", (1, -1),False,None)
542 signal4, t4, DCLevel4 = rejectionArtifacts(signal3, t3, 250, 2, "espectral",(200, -2),False,None)
543
544● #DENSIDAD ESPECTRAL
545 #Densidad Espectral Primer metodo
546 EEGSpectral(signal4, 0, 250, len(signal4[:,0])/8)
```

Figura 12. Implementación de la primer estrategia de procesamiento de la señal.

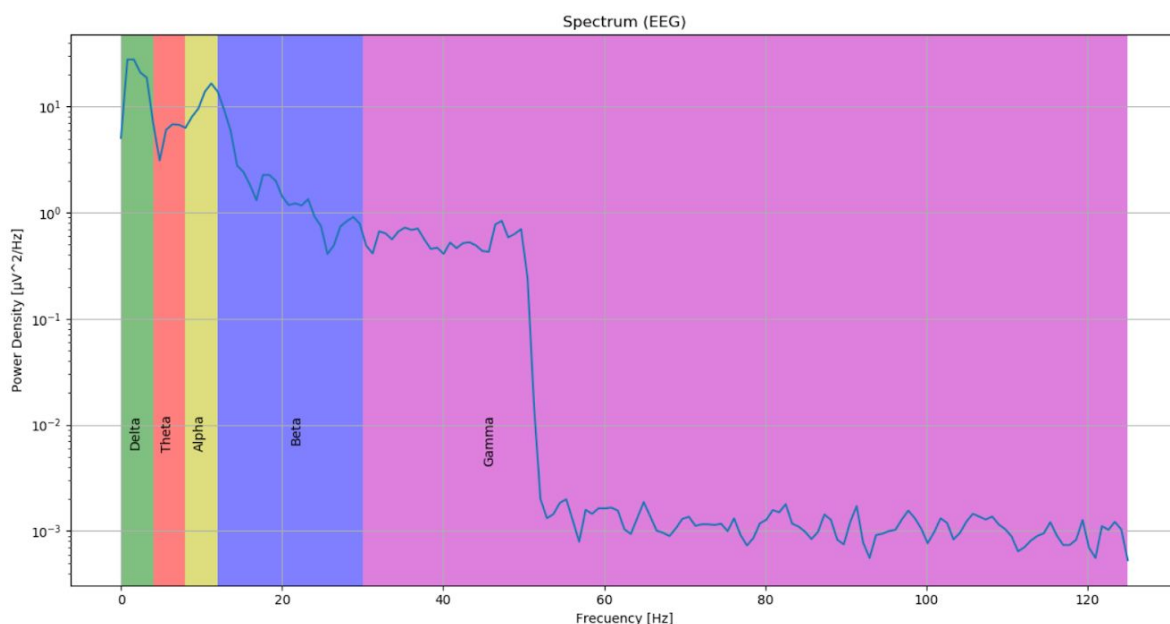


Figura 13. Densidad espectral de potencia para el primer canal utilizando la primer estrategia de procesamiento.

*Tabla 1. Valores de los picos máximos de cada una de las bandas de EEG*

<i>Banda EEG</i>	<i>Valor de Densidad de Potencia (Pxx)</i>	<i>Valor de Frecuencia (Hz)</i>
<i>Delta</i>	1.37	21.68
<i>Theta</i>	4.45	8.80
<i>Alpha</i>	11.07	17.03
<i>Beta</i>	12.00	12.19
<i>Gamma</i>	47.11	0.837

2. Segunda estrategia: En la segunda estrategia se utilizan solo dos métodos. De manera que se realiza los siguientes pasos:
  - Filtrado de la señal: Se realiza un filtro pasa bandas con frecuencia de corte mínima de 1Hz y frecuencia máxima de 50Hz.
  - Segmentación de la señal por épocas: Debido a que las señales EEG contienen demasiados datos se debe realizar un particionamiento de la señal por segundos de adquisición, en todos los casos se utilizaron 2 segundos de la señal.
  - Método de rechazo por valores extremos: Este método compara cada uno de los valores máximos y mínimos presentes en cada uno de los segmentos de la señales con los valores ingresados como umbral. Si el valor máximo o mínimo excede los umbrales, este segmento es rechazado. Como retorno devuelve un arreglo de ceros y unos el cual es un vector de rechazo. Los valores en cero corresponden a los segmentos que deben ser rechazados.
  - Método de rechazo utilizando el método de welch (densidad de potencia): Este método hace uso de las potencias arrojadas por el periodograma de Welch calculado en cada uno de los segmentos de la señal. Una vez calculado el periodograma, se saca el valor medio de esta y se le resta al mismo periodograma. El resultado se compara con los umbrales ingresados y son rechazados si están por fuera del rango. Como retorno devuelve un arreglo de ceros y unos el cual es un vector de rechazo. Los valores en cero corresponden a los segmentos que deben ser rechazados.

```

548 #Segundo metodo de filtrado
549 signal1, t1, DCLevel1 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "extreme", (100,-100),False,None)
550 signal4, t4, DCLevel4 = rejectionArtifacts(signal1, t1, 250, 2, "espectral",(200, -2),False,None)
551
552 #Densidad Espectral Segundo metodo
553 EEGSpectral(signal4, 0, 250, len(signal4[:,0])/8)

```

Figura 14. Implementación de la segunda estrategia de procesamiento de la señal.

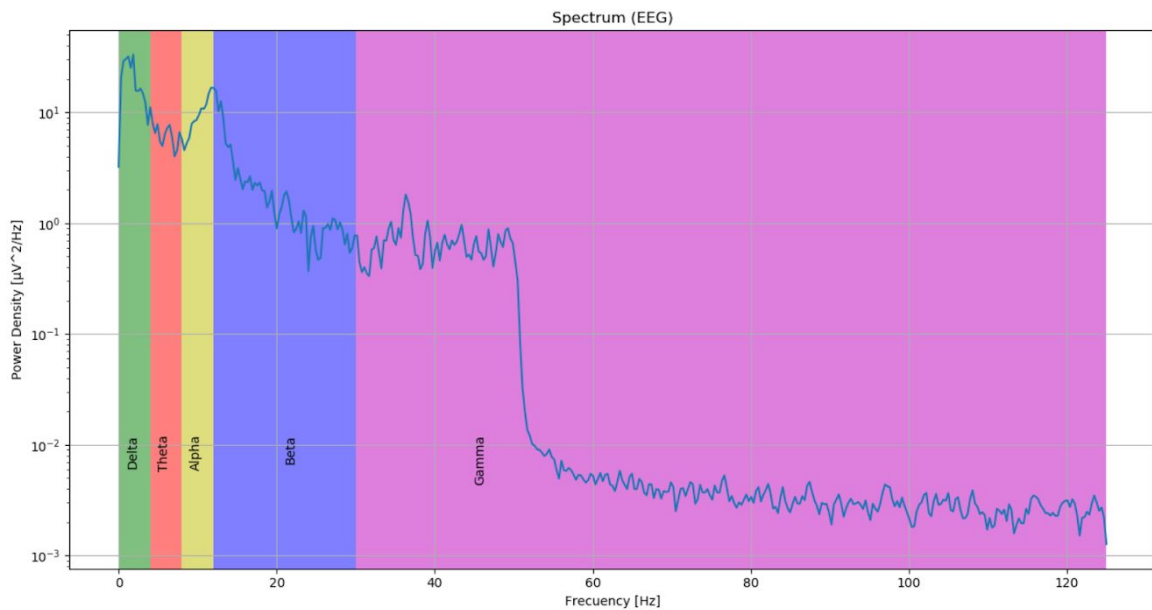


Figura 15. Densidad espectral de potencia para el primer canal utilizando la segunda estrategia de procesamiento.

Tabla 2. Valores de los picos máximos de cada una de las bandas de EEG

Banda EEG	Valor de Densidad de Potencia (Pxx)	Valor de Frecuencia (Hz)
Delta	1.83	33.24
Theta	4.03	9.16
Alpha	11.65	16.80
Beta	12.00	15.45
Gamma	36.25	1.86



3. Tercer estrategia: En la segunda estrategia se utilizan solo dos métodos. De manera que se realiza los siguientes pasos:

- Filtrado de la señal: Se realiza un filtro pasa bandas con frecuencia de corte mínima de 1Hz y frecuencia máxima de 50Hz.
- Segmentación de la señal por épocas: Debido a que las señales EEG contienen demasiados datos se debe realizar un particionamiento de la señal por segundos de adquisición, en todos los casos se utilizaron 2 segundos de la señal.
- Método de rechazo utilizando el método de Curtosis: Este método calcula la curtosis de cada segmento de la señal y los compara con los valores umbrales ingresados. Como tal, la curtosis de una variable es una característica de forma de su distribución de frecuencias/probabilidad. De acuerdo a su resultado se observa que una curtosis grande implica una mayor concentración de valores de la variable tanto muy cerca de la media de la distribución (pico) como muy lejos de ella (colas), al tiempo que existe una relativamente menor frecuencia de valores intermedios. Esto explica una forma de la distribución de frecuencias/probabilidad con colas más gruesas, con un centro más apuntado y una menor proporción de valores intermedios entre el pico y colas. Como resultado se obtiene que si los valores están por fuera del rango ingresado, estos valores son rechazados.
- Método de rechazo por regresión lineal: Este método calcula la recta que mejor se ajusta a cada uno de los segmentos de la señal. Una vez calculados compara la pendiente de cada uno de los segmentos con las pendientes umbrales ingresados por el usuario, si estos están por fuera de rango, estos segmentos son rechazados. Como retorno devuelve un arreglo de ceros y unos el cual es un vector de rechazo. Los valores en cero corresponden a los segmentos que deben ser rechazados.

```
555 #Tercer metodo de filtrado
556 signal3, t3, DClevel3 = rejectionArtifacts(filtered, time, 250, 2, "improbability", (1, -1), False, None)
557 signal2, t2, DClevel2 = rejectionArtifacts(signal3, t3, 250, 2, "linear", (4, -4), False, None)
558
559 #Densidad Espectral Tercer metodo
560 EEGSpectral(signal2, 0, 250, len(signal2[:,0])/8)
```

*Figura 16. Implementación de la tercera estrategia de procesamiento de la señal.*

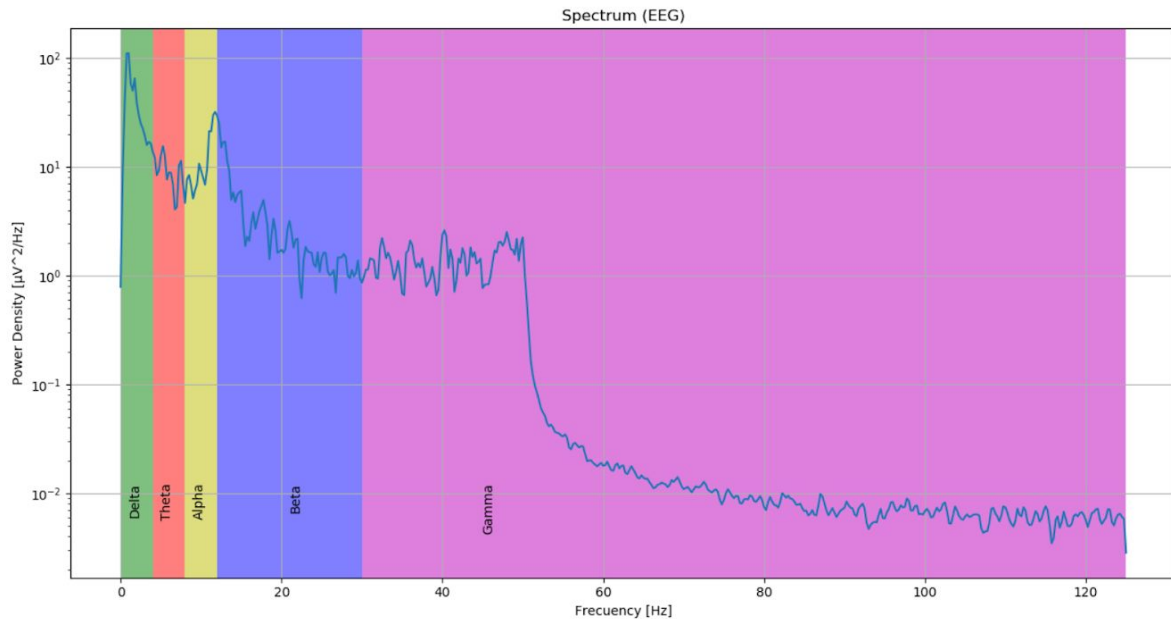


Figura 17. Densidad espectral de potencia para el primer canal utilizando la tercera estrategia de procesamiento.

Tabla 3. Valores de los picos máximos de cada una de las bandas de EEG

Banda EEG	Valor de Densidad de Potencia (Pxx)	Valor de Frecuencia (Hz)
Delta	0.79	110.48
Theta	5.10	15.94
Alpha	11.66	30.67
Beta	12.20	26.37
Gamma	40.23	2.60

*Nota: Se comprobó que no es de relevancia el orden en que se apliquen los rechazos si sus variables de umbrales se dejan fijas el resultado será siempre el mismo. Sin embargo si se aplican diferentes combinaciones de métodos y se varía sus umbrales ubicándolos en los valores justos se obtienen resultados similares (observados en las gráficas y en las tablas) que aplicando todos los métodos juntos.*

*Nota: Al utilizar el código para los diferentes archivos de texto enviados por el tutor se observan que es posible obtener densidad espectrales similares a las presentadas en la primera gráfica del artículo “Relationships between Electroencephalographic Spectral*



*Peaks Across Frequency Bands” se ha comprobado que es posible eliminar las interferencias causadas por todos los artefactos incluidos el electrobisturí utilizando los valores adecuado de umbrales para los métodos. Sin embargo se deja al usuario decidir acerca de los valores de umbrales adecuados.*