

INSTITUTO TECNOLÓGICO AUTÓNOMO DE MÉXICO, ITAM
Laboratorio de Procesamiento Digital de Señales

Práctica No. 6
Diseño de Filtros FIR

Nombre del equipo: Chicken and Beer

Integrantes del equipo: Andrés Saucedo, Lorena Barrera.

Introducción

El término FIR es un acrónimo en inglés para “Finite Impulse Response”. Esta herramienta se utiliza a nivel digital y actúa como un filtro, de forma de que si la señal es un tren de impulsos su salida tendrá un número infinito de muestras. Para obtener esto, la salida del filtro solo depende de las variables de salida y no se incluyen las entradas del pasado. Su comportamiento está dado por una ecuación en el dominio de muestras o “ n ”.

$$y_n = \sum_{k=0}^{N-1} b_k x_{n-k}$$

Sabemos que FIR se utiliza en el diseño de filtros y existen cuatro métodos: el método ventana; muestra de frecuencia; rizado constante y mínimo cuadrado. En nuestro caso utilizaremos el método ventana. Dicho método ventana analiza una señal con ayuda de una “ventana”, es decir, una señal acotada en un intervalo menor a la señal analizada. Existen diferentes métodos que determinan la forma y el tamaño de la ventana, nosotros usaremos: Rectangular, Barlett y Hamming.

Desarrollo

Con ayuda de Matlab y la herramienta “*Filter Designer*”, la cual nos ayuda al diseño de filtros FIR e IIR. En esta ocasión usaremos los filtro FIR generamos 3 filtros: Rectangular, Barlett y Hamming, con el motivo de conocer sus diferencias, es decir, como se forma la ventana de cada método.

Posteriormente, con ayuda del mismo software, construimos un paso-bajas utilizando el método Rectangular. La ventana tiene que tener una longitud de 31 y una frecuencia de corte de 10800 Hz, pero con dos frecuencias de muestreo: 24000 Hz y 48000 Hz.

Para el tercer ejercicio diseñaremos una filtro paso-baja tipo Bartlett con longitud 9 y 10, una frecuencia de corte de 5 kHz y una frecuencia de muestreo de 20 kHz. El objetivo es ver en qué influye el tamaño de la ventana al filtrar una señal.

Por último, utilizaremos el método Hamming de longitud 14 y frecuencia de corte de 4000 Hz y una frecuencia de corte de 1000 Hz, pero una pasa-baja y la otra pasa-altas. Posteriormente, haremos el diseño de paso-bandas y rechaza-bandas con una frecuencia de corte de 800 Hz y 1200 Hz.

Resultados

Después de crear los filtros, analizamos las distintas ventanas que existen:

Ventana Rectangular:

Los diagramas de Bode muestran que el Filtro 1.1 es un pasa-bajas que tarda hasta los 10kHz para empezar a bajar (Figura 1). Es por eso que deja pasar la mayor parte del audio sin cambiar drásticamente la señal. Por otro lado, el Filtro 1.2 tarda un poco más en bajar, pero la caída es más brusca haciendo que se creen ripples (Figura 2).

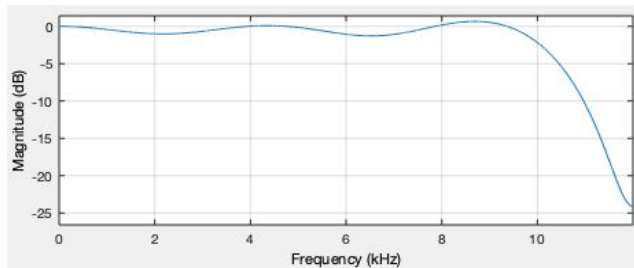


Figura 1. Diagrama de Bode
Filtro 1.1.

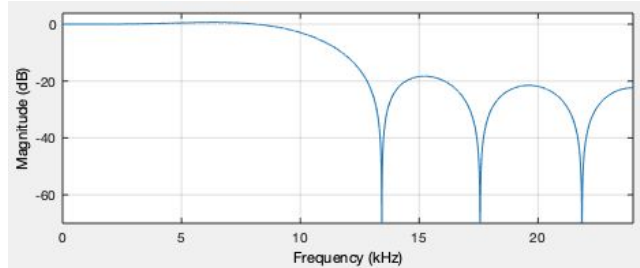


Figura 2. Diagrama de Bode
Filtro 1.2.

En las gráficas de ambos filtros se puede notar la diferencia que hay al cambiar la frecuencia de muestreo. En la Figura 4, donde la frecuencia es mayor, la función sinc() está más definida porque tiene más datos. Por otro lado, la Figura 3 que tiene menor frecuencia es más puntiaguda en los picos de la función.

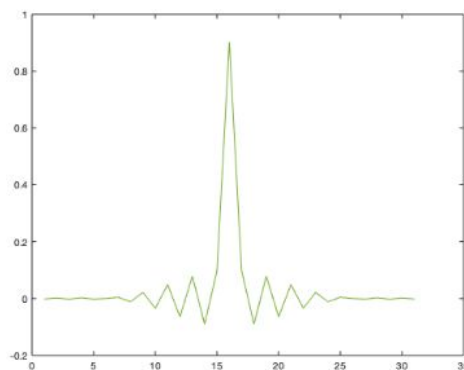


Figura 3. Gráfica del Filtro 1.1
con longitud 31.

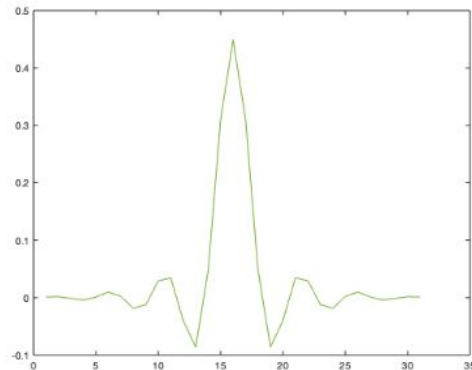


Figura 4. Gráfica del Filtro 1.2
con longitud 31.

De los diagramas de polos y ceros, y la respuesta al escalón nos damos cuenta que el Filtro 1.1 no converge a ningún valor, sino al infinito. Y en la respuesta al escalón tiene pocas muestras con algunos ripples suaves (Figura 5 y 6). Para el Filtro 1.2, aunque tenga puntos en los que sí converge la función, también tiene puntos que tienden al infinito. También para este filtro hay una buena respuesta al escalón porque está más definida.

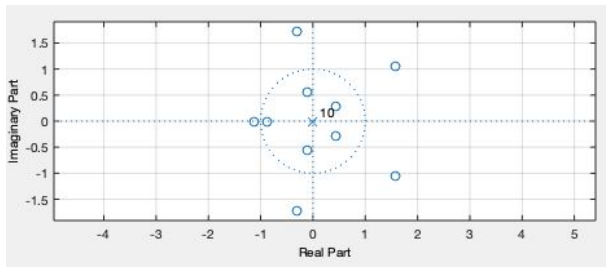


Figura 5. Diagrama de polos y ceros del Filtro 1.1.

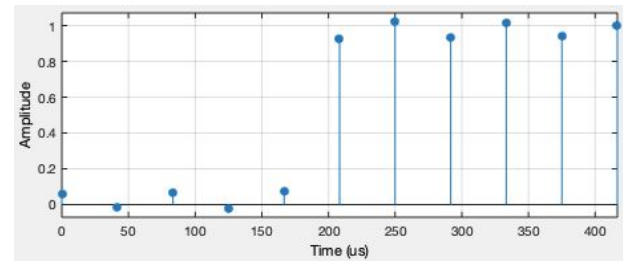


Figura 6. Respuesta al escalón para el Filtro 1.1.

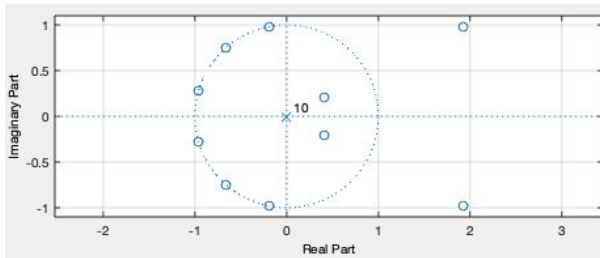


Figura 7. Diagrama de polos y ceros del Filtro 1.2.

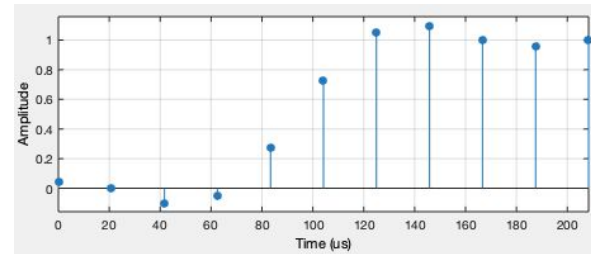


Figura 8. Respuesta al escalón para el Filtro 1.2.

Finalmente al aplicar estos filtros a una señal, podemos ver en la gráfica cómo sí recorta una parte de las frecuencias altas a comparación de la original, pero en el audio no logra distinguirse un gran cambio.

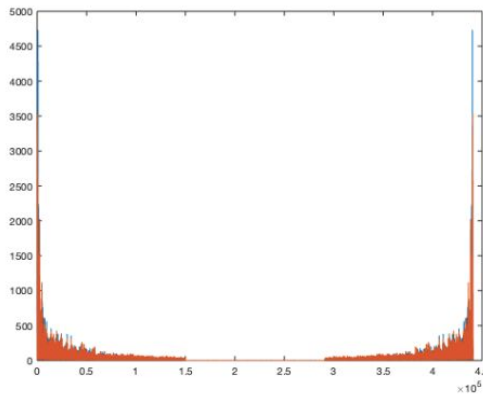


Figura 9. Audio original.

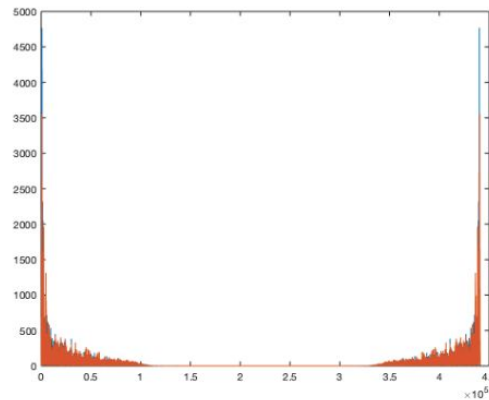


Figura 10. Audio con el Filtro 1.1.

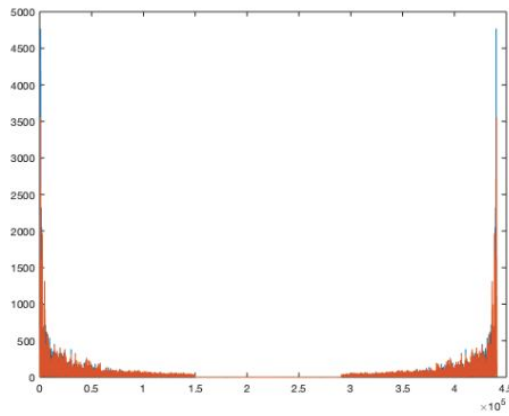


Figura 11. Audio con el filtro 1.2.

Ventana Bartlett:

El diagrama de Bode muestra que el Filtro 2 es un pasa-bajas que baja a buen tiempo, sin embargo nunca lo hace por completo. Al igual que los filtros 1.1 y 1.2, este filtro deja pasar mucho del audio sin filtrar.

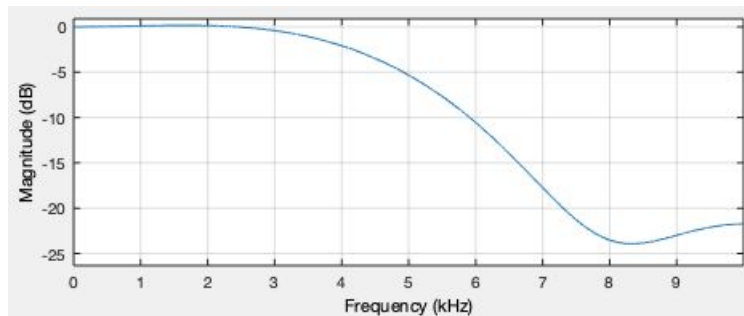


Figura 12. Diagrama de Bode
Filtro 2.

En las gráficas de ambos filtros se puede notar la diferencia que hay al cambiar la longitud de la ventana. En la Figura 13 debido a que los ejes son más chicos, no se logra apreciar la forma de la función y las curvas son muy toscas. Por otro lado, la Figura 14 se aprecia más la curvatura de la función por la ampliación de datos.

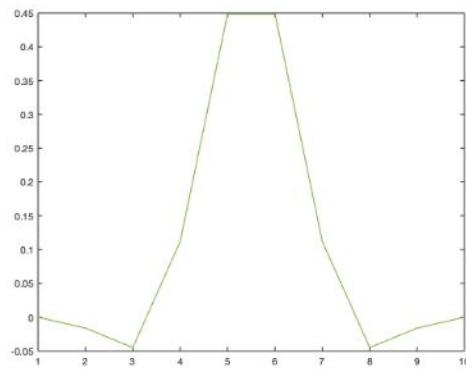


Figura 13. Gráfica del Filtro 2 con longitud 9.

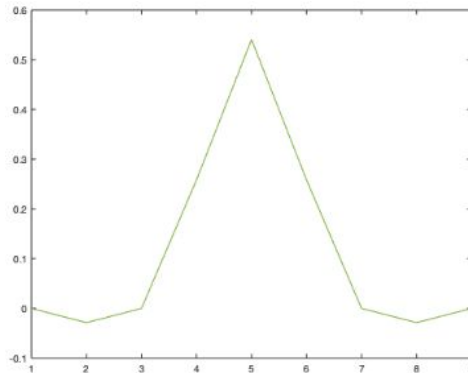


Figura 14. Gráfica del Filtro 2 con longitud 10.

Del diagrama de polos y ceros nos damos cuenta que el Filtro 2 no converge a ningún valor, sino al infinito. Y en la respuesta al escalón es buena con un ripple muy suave.

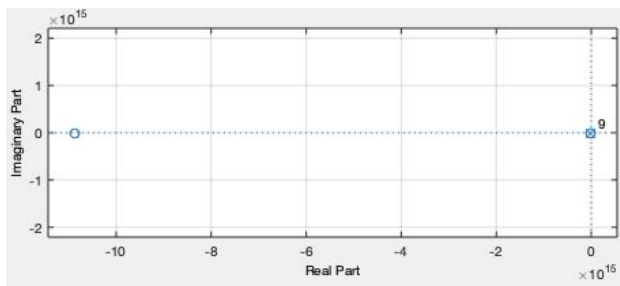


Figura 15. Diagrama de polos y ceros del Filtro 1.1.

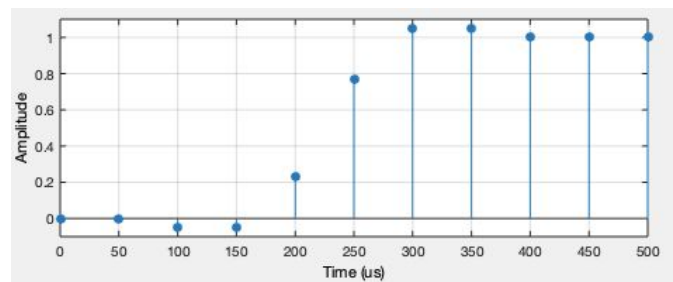


Figura 16. Respuesta al escalón del Filtro 2.

Finalmente al aplicar estos filtros a una señal, podemos ver en la Figura 18 y 19 cómo se suavizan las frecuencias altas, pero nuevamente en el audio no se nota una gran diferencia.

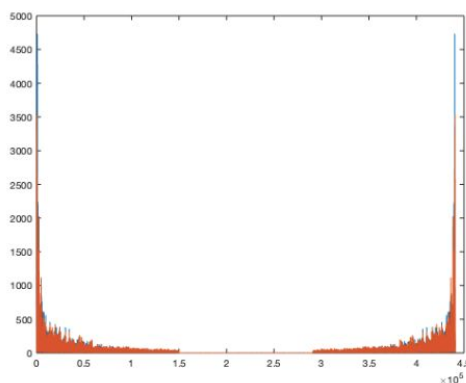


Figura 17. Audio original.

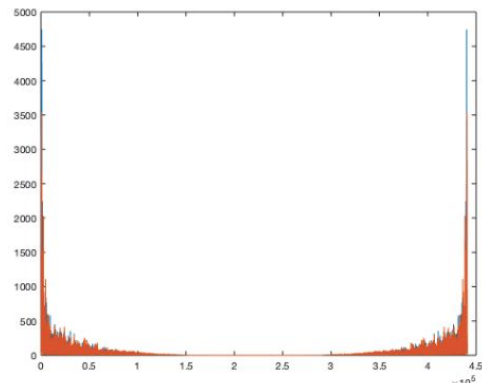


Figura 18. Audio con el Filtro 2.1.

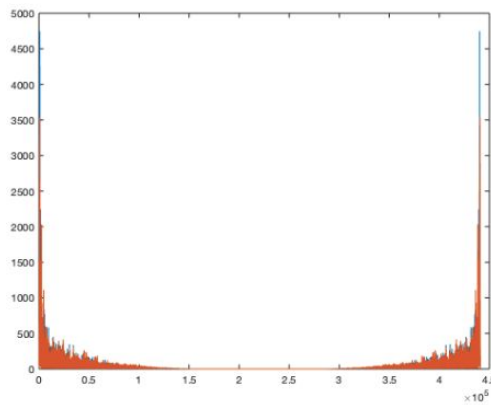


Figura 19. Audio con el Filtro 2.2.

Ventana Hamming:

El diagrama de Bode del Filtro 3.1 muestra que es un pasa-bajas que va bajando lentamente (Figura 20). Para el Filtro 3.2, es lo contrario, se nota que es un pasa altas que va subiendo rápido y se estabiliza (Figura 21). Por otro lado, el Filtro 3.3. es un pasa-banda que deja pasar todo lo que está en medio de la señal (Figura 22). Y por último, el Filtro 3.4 que es un rechaza-bandas que sólo deja pasar los extremos de la señal (Figura 23).

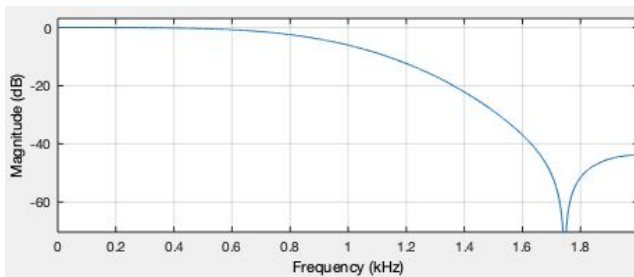


Figura 20. Diagrama de Bode Filtro 3.1.

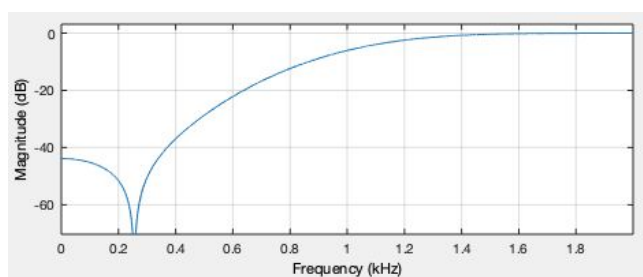


Figura 21. Diagrama de Bode Filtro 3.2.

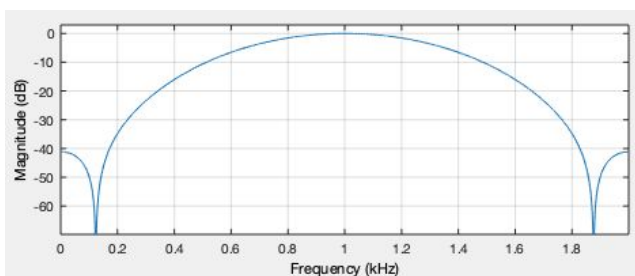


Figura 22. Diagrama de Bode Filtro 3.3.

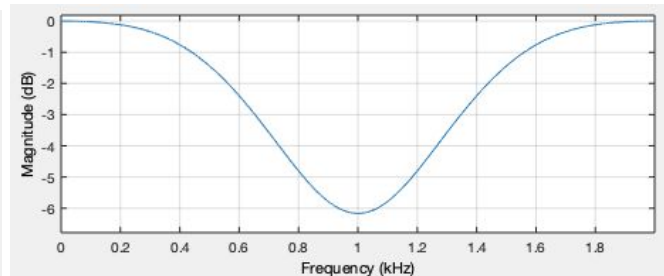


Figura 23. Diagrama de Bode Filtro 3.4.

En las gráficas de los filtros se ve la diferencia que hay en cada diseño. En la Figura 24 los datos apenas y son suficientes para representar la forma de la función sinc(). En la gráfica del filtro 3.2 (Figura 25) los datos no son suficientes por lo que se distorsiona la función. En el tercer filtro, el pasa-banda, la función se ve alterada, pero la función se aprecia bien. Por último, el rechaza-banda (Figura 27) tiene suficientes datos para representar una buena función sinc().

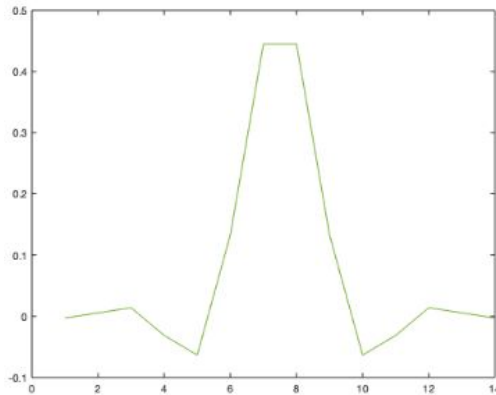


Figura 24. Gráfica del Filtro 3.1 con longitud 14.

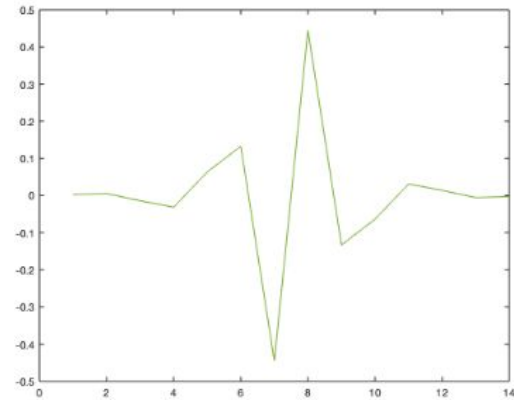


Figura 25. Gráfica del Filtro 3.2 con longitud 14.

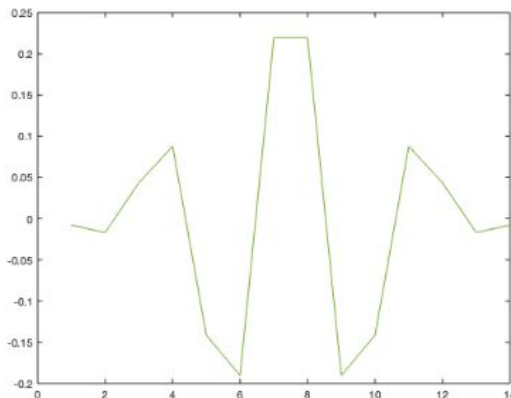


Figura 26. Gráfica del Filtro 3.3 con longitud 14.

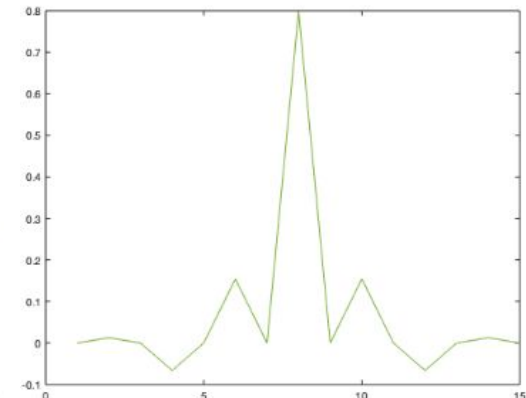


Figura 27. Gráfica del Filtro 3.4 con longitud 14.

De los diagramas de polos y ceros podemos decir que sólo el Filtro 3.3 y 3.4 convergen a algún valor, mientras el Filtro 3.1 y 3.2 se van al infinito. Con las respuestas del escalón notamos que sólo el Filtro 3.1 y 3.4 tienen un comportamiento esperado.

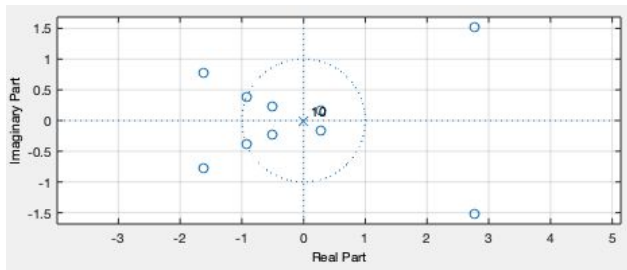


Figura 28. Diagrama de polos y ceros del Filtro 3.1.

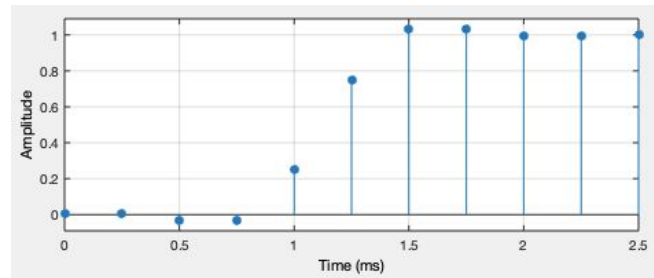


Figura 29. Respuesta al escalón para el Filtro 3.1.

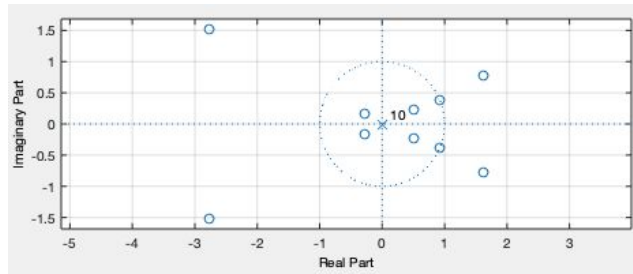


Figura 30. Diagrama de polos y ceros del Filtro 3.2.

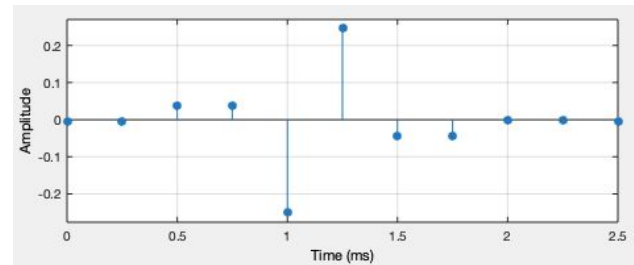


Figura 31. Respuesta al escalón para el Filtro 3.2.

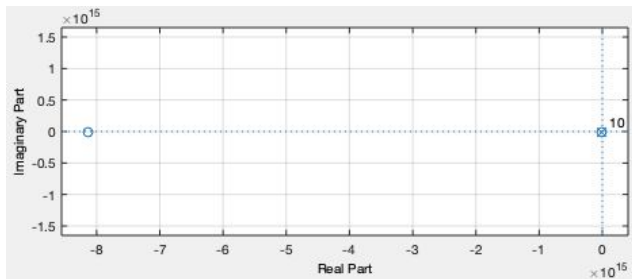


Figura 32. Diagrama de polos y ceros del Filtro 3.3.

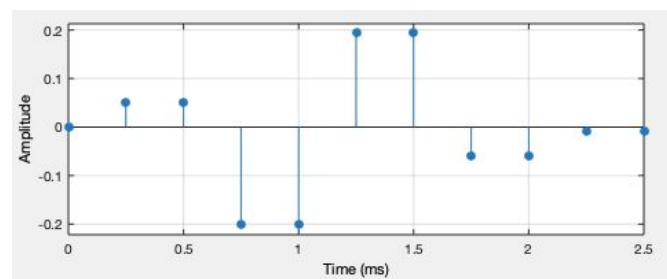


Figura 33. Respuesta al escalón para el Filtro 3.3.

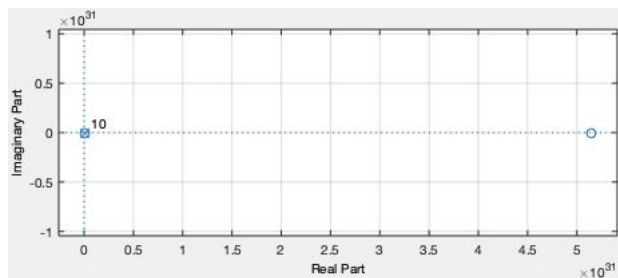


Figura 34. Diagrama de polos y ceros del Filtro 3.4.

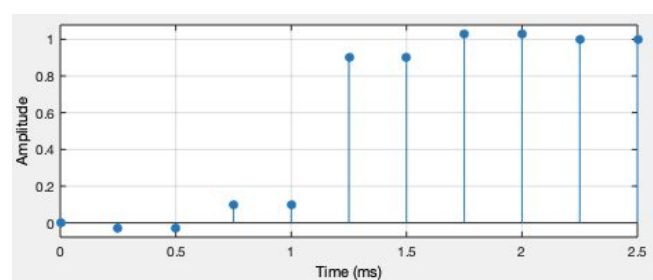


Figura 35. Respuesta al escalón para el Filtro 3.4.

Finalmente al aplicar estos filtros a una señal, podemos ver y escuchar en el Filtro 3.1 (Figura 36) que las frecuencias altas como los platillos se atenúan porque es un paso bajas. El Filtro 3.2 (Figura 37) sólo deja pasar los platillos de la batería por ser frecuencias altas y las bajas las elimina. El Filtro 3.3 (Figura 38) deja pasar un poco de ambas haciendo que se escuche la melodía en un bajo nivel. Finalmente el Filtro 3.4 (Figura 39) deja pasar los extremos, pero no se alcanza a apreciar en el audio.

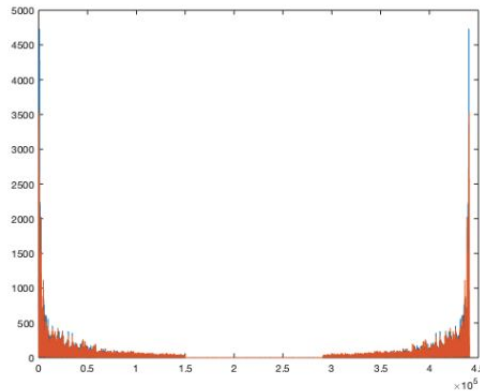


Figura 36. Audio original.

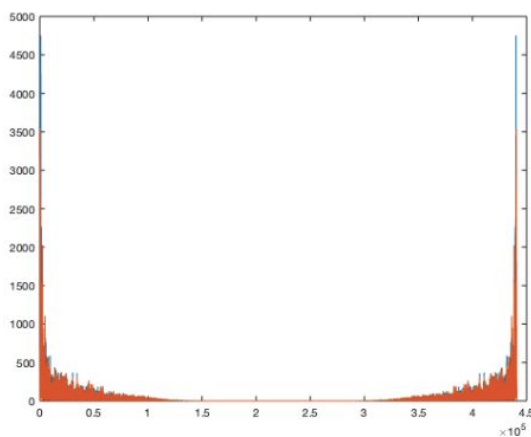


Figura 37. Audio con el Filtro 3.1.

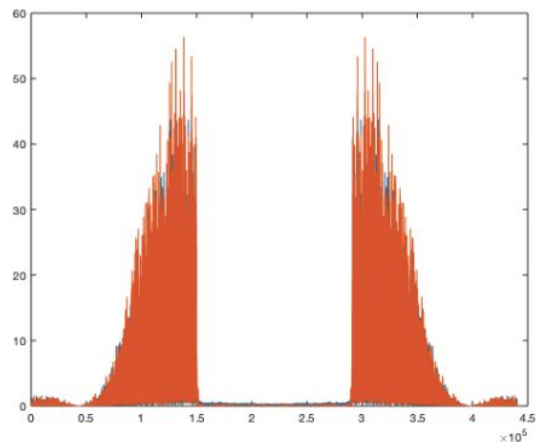


Figura 38. Audio con el Filtro 3.2.

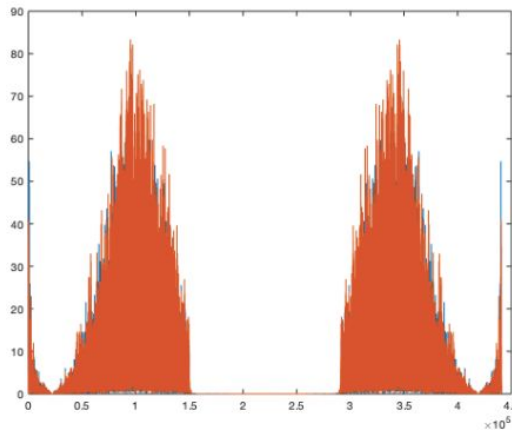


Figura 39. Audio con el Filtro 3.3.

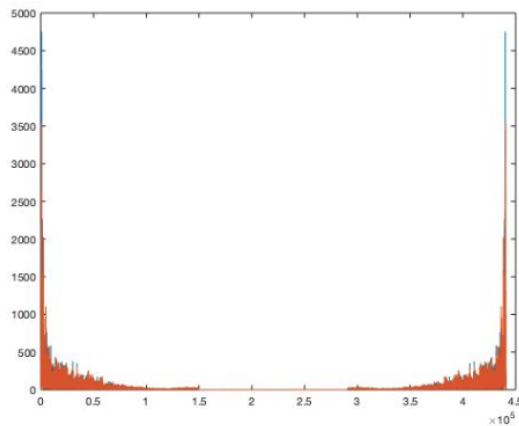


Figura 40. Audio con el Filtro 3.4.

Conclusiones

Los filtros FIR son utilizados actualmente en el diseño de filtros. El tipo de diseño ventana es bueno de entender para identificar en qué casos es mejor utilizar qué tipo de ventana. El análisis de filtros con ayuda de sus diagramas de magnitudes, gráficas de ceros y polos y su comportamiento en el escalón ayuda a que entendamos cómo trabajan y en qué podemos usarlos específicamente.

Referencias

- [1] Olmo M. Producción del sonido de la voz [Online]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Music/voice.html#c1>
- [2] Olmo M. Formantes de vocales [Online]. Disponible en: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbasees/Music/vowel.html#c3>
- [3] Schmidt, A. (2013). FFT: Transformada Rápida de Fourier [Online]. Disponible en: <http://lcr.uns.edu.ar/fvc/NotasDeAplicacion/FVC-Schmidt%20Ana%20Luc%C3%ADa.pdf>