

**PRÁCTICA NO. 1:**  
**“FILTROS DE BUTTERWORTH: PASA BAJAS”**

Axel Arriola Fonseca  
Filtros Electrónicos  
Ingeniería MEcatrónica  
Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla  
Puebla. Pue. a 20 de Septiembre de 2020

## Objetivo:

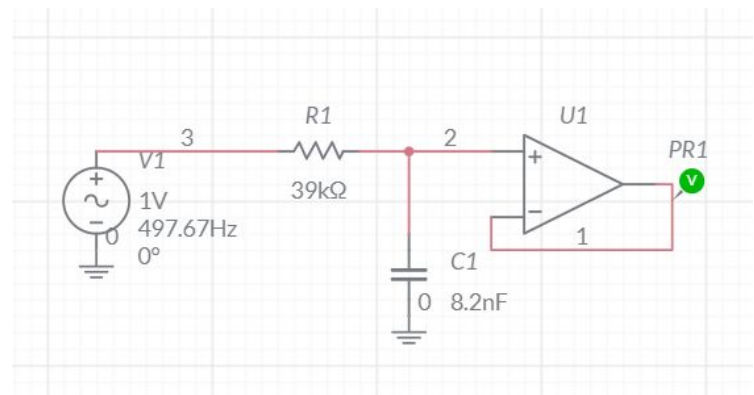
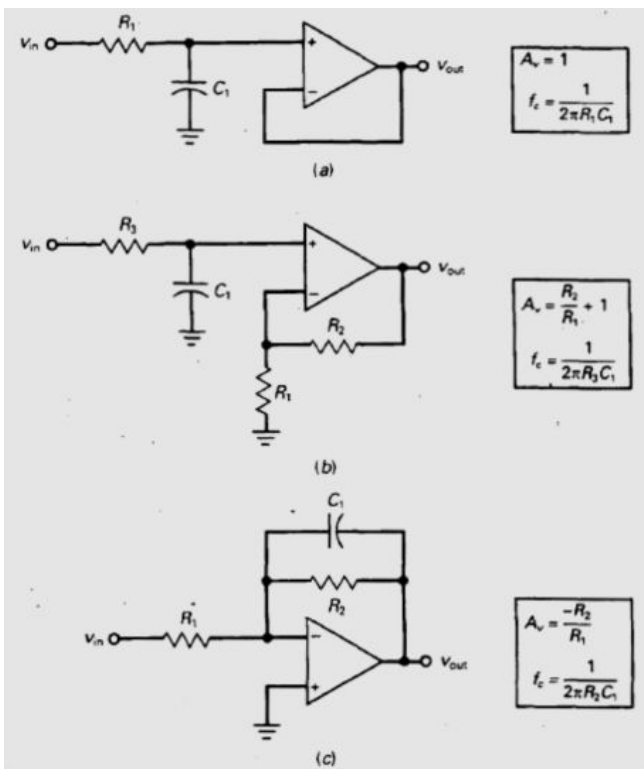
En esta práctica se simularon los circuitos de Butterworth pasa-bajas propuestos en clase y sus valores de Resistencia y Capacitores propuestos. Con ayuda del software Multisim Online, además de obtener las gráficas correspondientes.

## Cálculos:

Para cada circuito se propusieron valores comerciales. Primero se propuso el valor de Resistencia comercial y por medio de la fórmula mostrada a continuación, se obtuvo el valor del capacitor, redondeando al valor más cercano comercial. Y se modificó ligeramente la frecuencia en el circuito. Por ejemplo para el primer circuito tenemos:

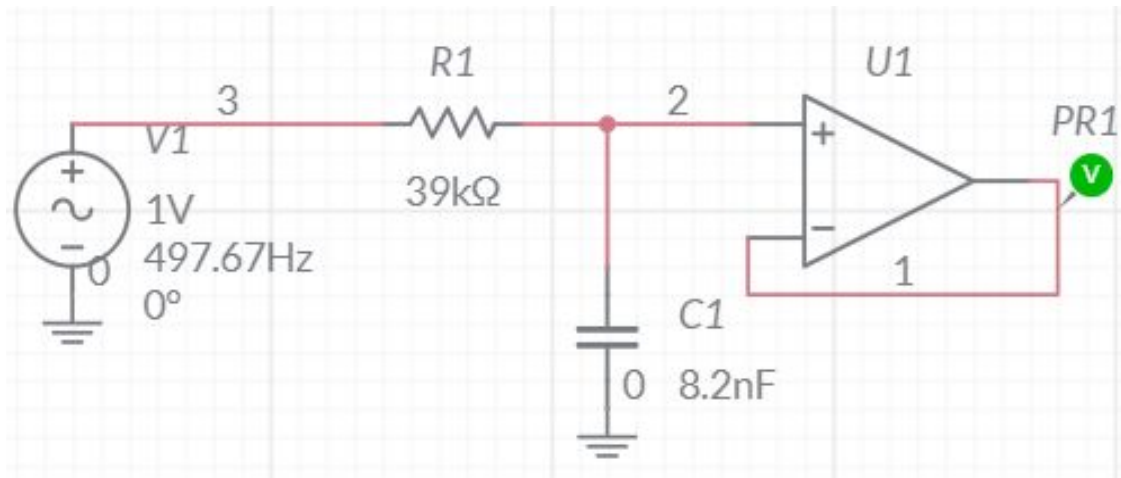
$$f_c = \frac{1}{2\pi R_1 C_1} \quad f_c = 500 \text{ Hz} \quad A (\text{Ganancia}) = 1 \quad C_1 = ? \quad R_1 = ?$$

Entonces se propuso el valor de  $R_1 = 39 \text{ k}\Omega$  y así se obtuvo el valor de  $C_1 = 8.2 \text{ nF}$ . Sin embargo, por los decimales al aplicar la forma de regreso, se obtiene una frecuencia de  $497.67 \text{ Hz}$ . Y lo mismo para los 3 ejercicios.



## Gráficas y Resultados:

1.-  $A=1$   $f_c=497.67 \text{ Hz}$



Para este caso se puede observar el filtro pasa-bajas Butterworth con frecuencia de corte aproximada de 500 Hz. A continuación se aprecia un diagrama de Bode de la frecuencia de salida (eje x) y el voltaje de salida (izquierda, eje y). La línea de arriba representa la caída de frecuencia y la de abajo representa la caída de fase de la onda de salida.

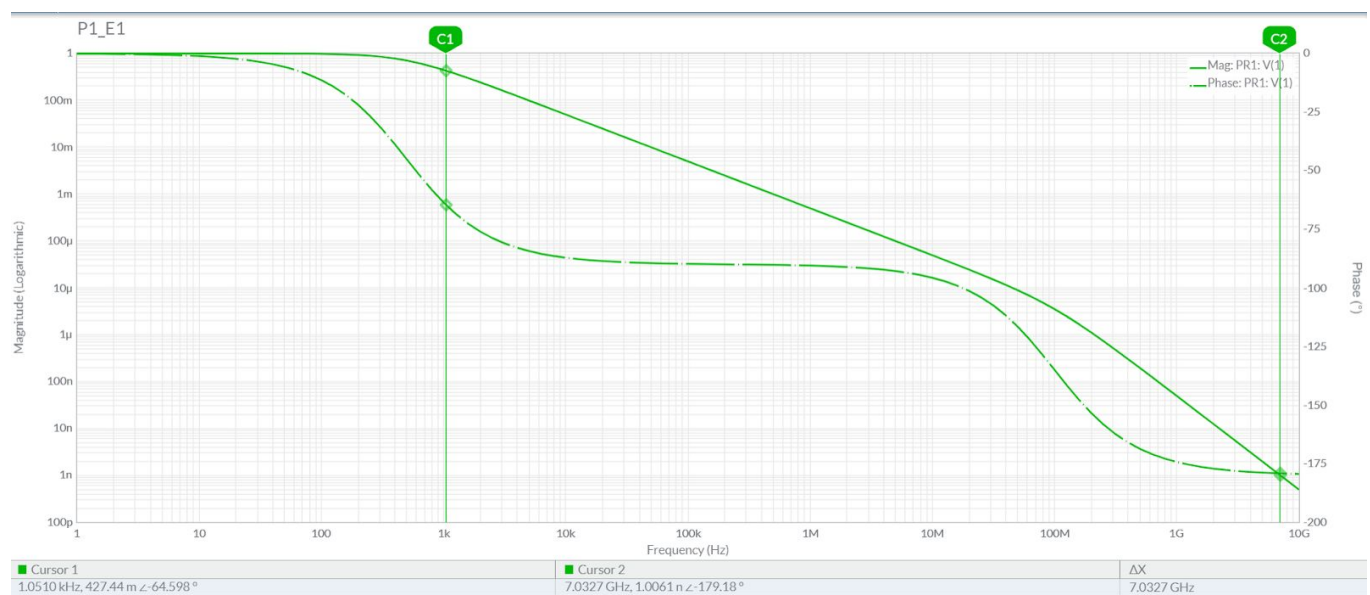
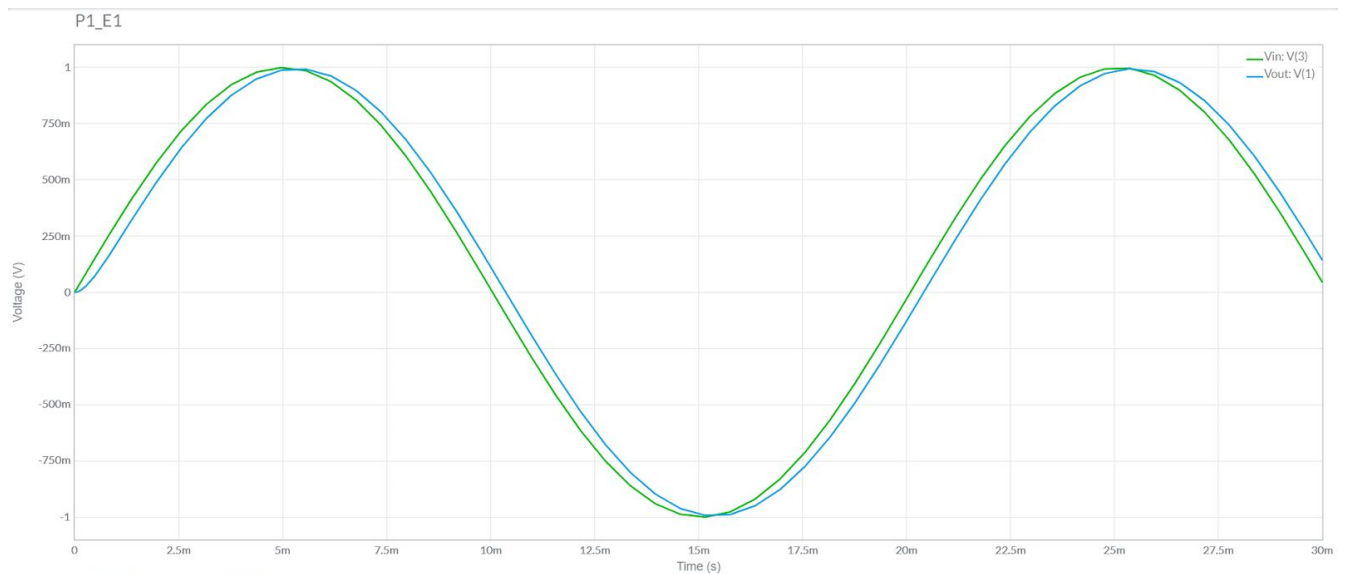


fig 1.1 “Diagrama de Bode Filtro 1 (Salida)”

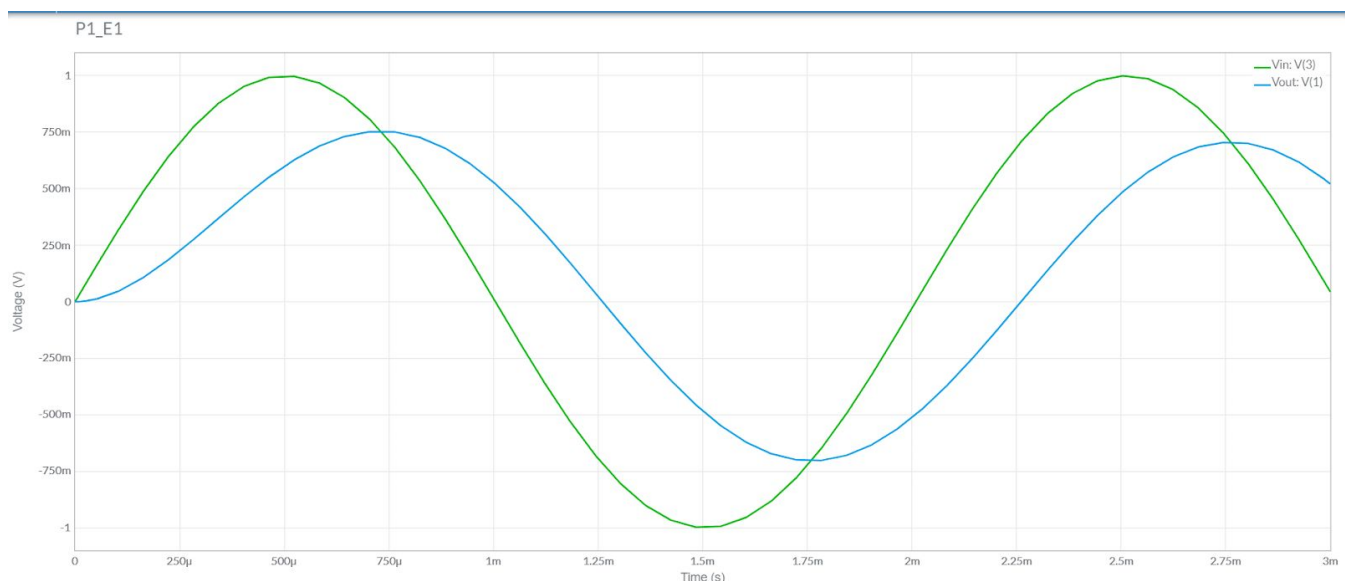
A continuación se muestran las gráficas del voltaje de entrada (verde) y voltaje de salida (azul) en función del tiempo (eje x) y voltaje (eje y). Se graficó para diferentes frecuencias; una década antes de la frecuencia de corte (50 Hz), en la frecuencia de corte (500 Hz) y una década después de la frecuencia de corte (5 kHz).

Al tener ganancia de 1,  $V_{in}$  es prácticamente igual a  $V_o$  antes de la  $f_c$ ,



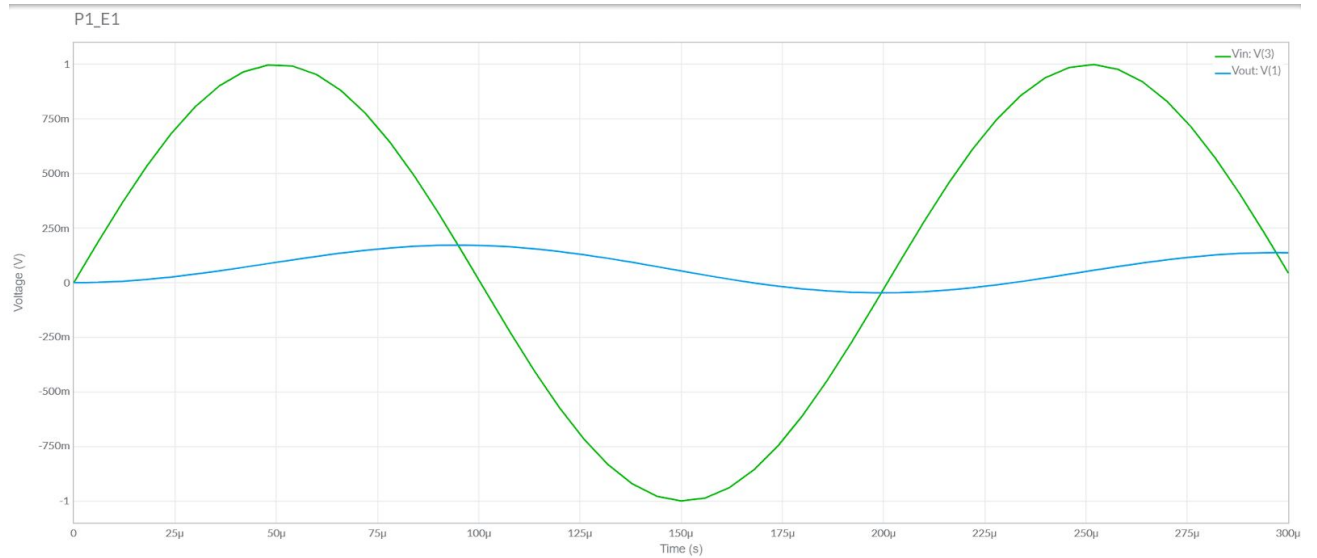
**fig 1.2 “Gráfica Voltaje/Tiempo 50 Hz”**

En la  $f_c$ ,  $V_o$  empieza a desfasarse y a tener un filtro pasa-baja en la frecuencia,  $V_{opico}=0.75V$



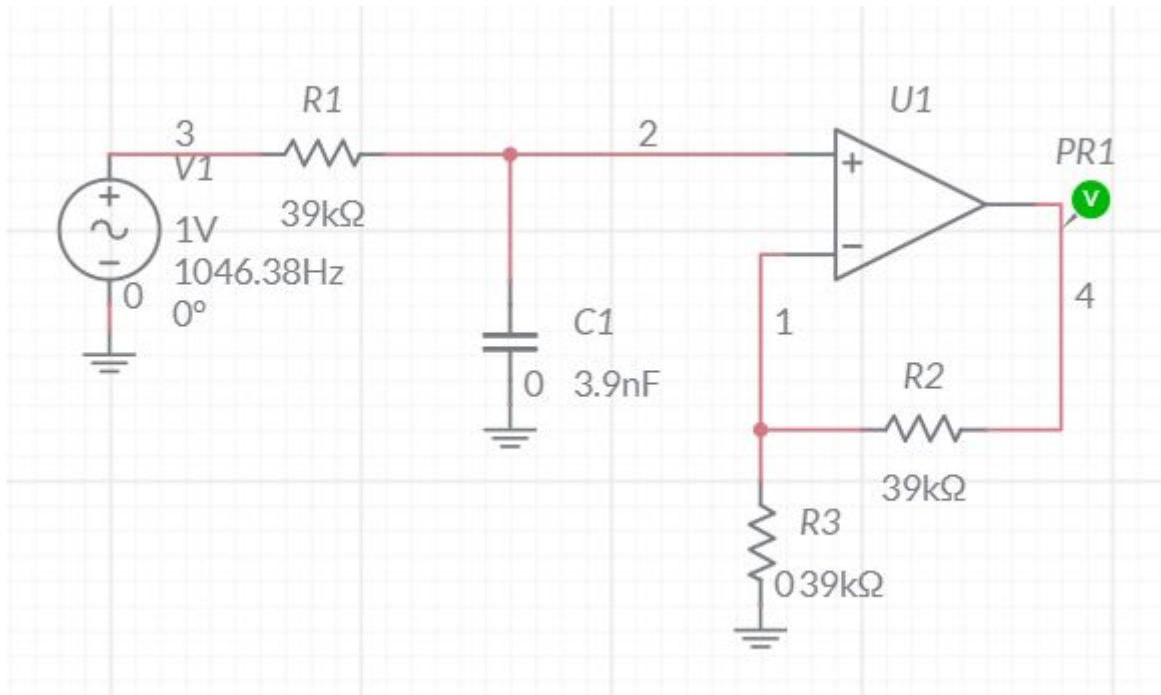
**fig 1.3 “Gráfica Voltaje/Tiempo 500 Hz ( $f_c$ )”**

Después de la frecuencia de corte se puede ver perfectamente el filtro,  $V_{pico}=0.2V$

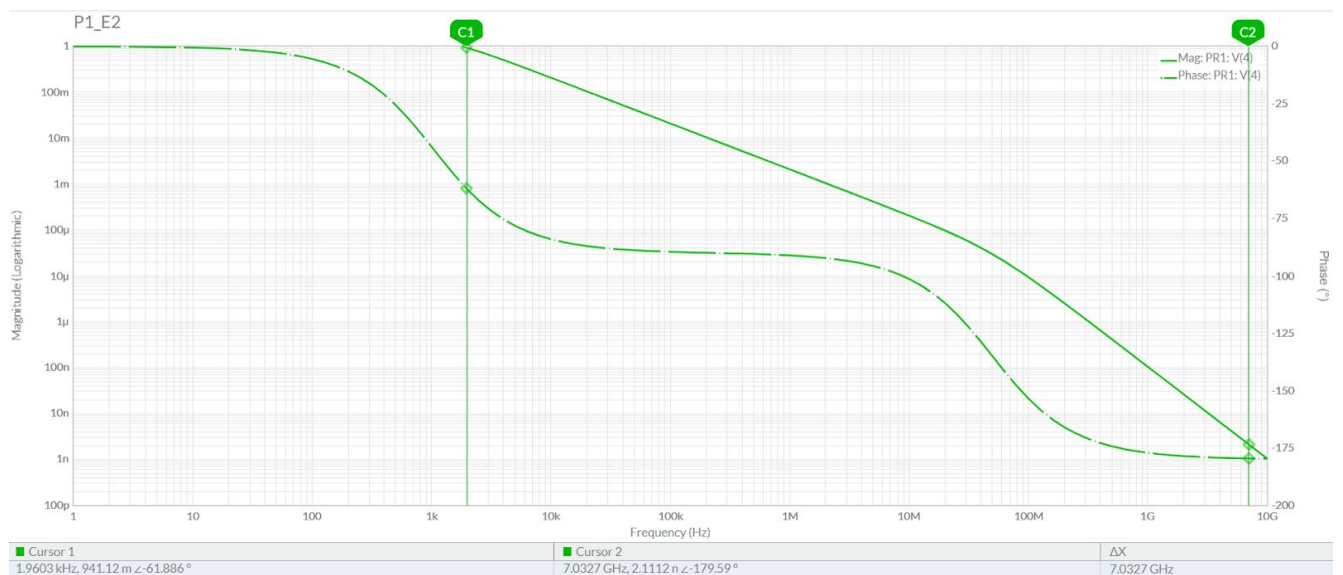


**fig 1.4 “Gráfica Voltaje/Tiempo 5 kHz”**

2.-  $A=2$        $R1=R2$        $f_c=1046.38 \text{ Hz}$



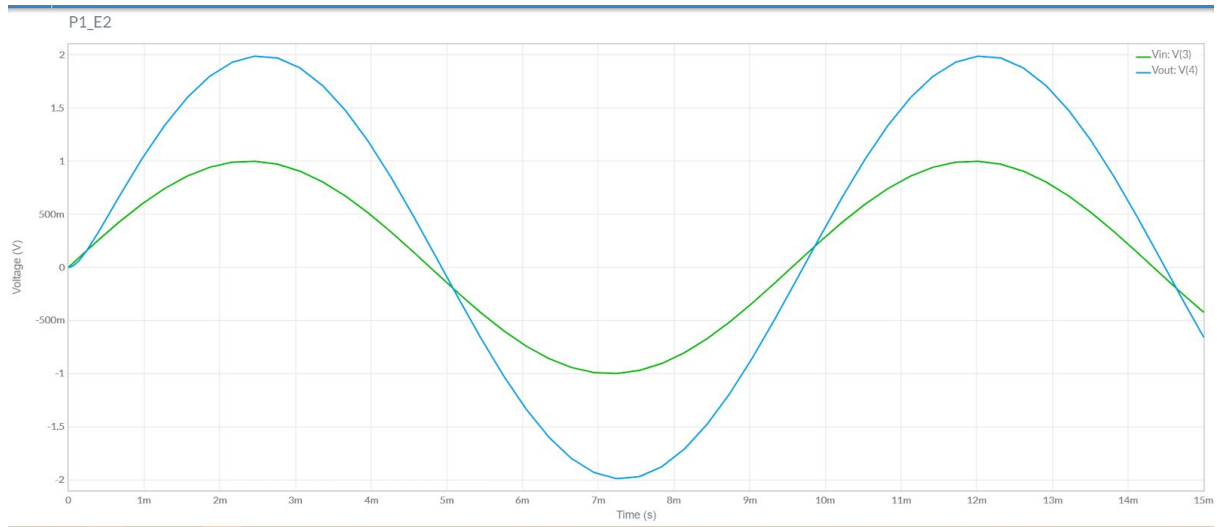
Para este caso se puede observar el filtro pasa-bajas Butterworth con frecuencia de corte aproximada de 1 kHz. A continuación se aprecia un diagrama de Bode de la frecuencia de salida (eje x) y el voltaje de salida (izquierda, eje y). La línea de arriba representa la caída de frecuencia y la de abajo representa la caída de fase de la onda de salida.



**fig 2.1 “Diagrama de Bode Filtro 2 (Salida)”**

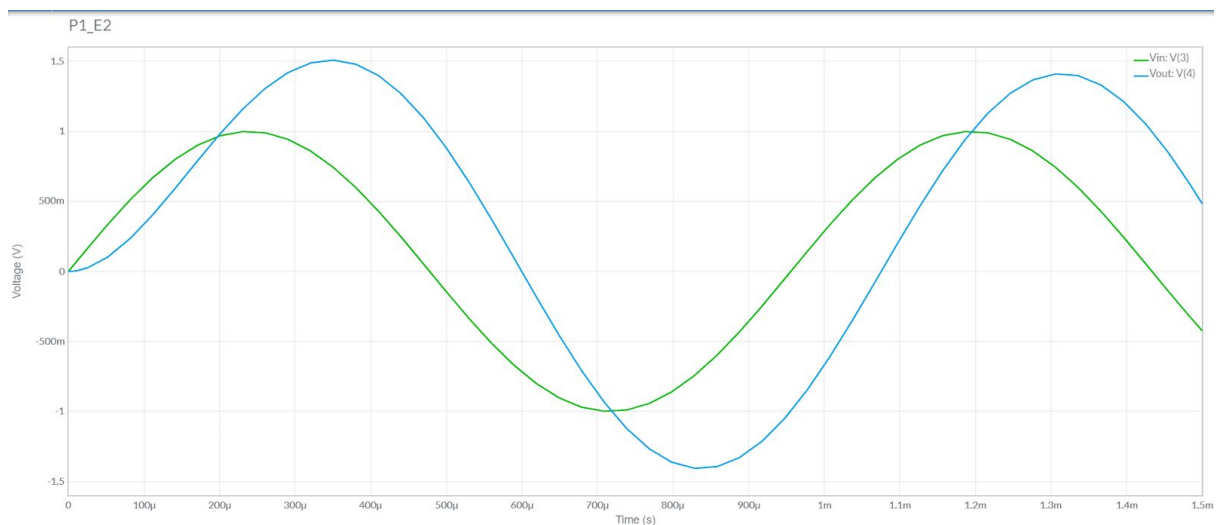
A continuación se muestran las gráficas del voltaje de entrada (verde) y voltaje de salida (azul) en función del tiempo (eje x) y voltaje (eje y). Se graficó para diferentes frecuencias; una década antes de la frecuencia de corte (100 Hz), en la frecuencia de corte (1 kHz) y una década después de la frecuencia de corte (10 kHz).

Al tener una ganancia de 2,  $V_o$  antes de la  $f_c$  se comporta como tal.  $V_{opico}=2V$



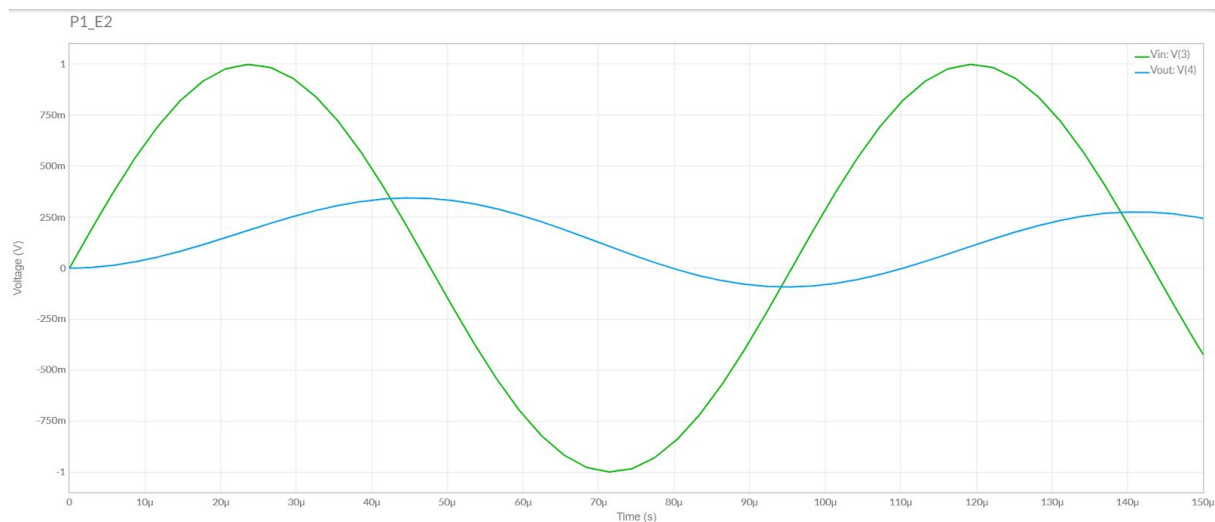
**fig 2.2 “Gráfica Voltaje/Tiempo 100 Hz”**

En la  $f_c$ , empieza la caída de la señal de salida como un filtro pasa-bajas,  $V_{opico}=1.5V$ .



**fig 2.3 “Gráfica Voltaje/Tiempo 1 kHz ( $f_c$ )”**

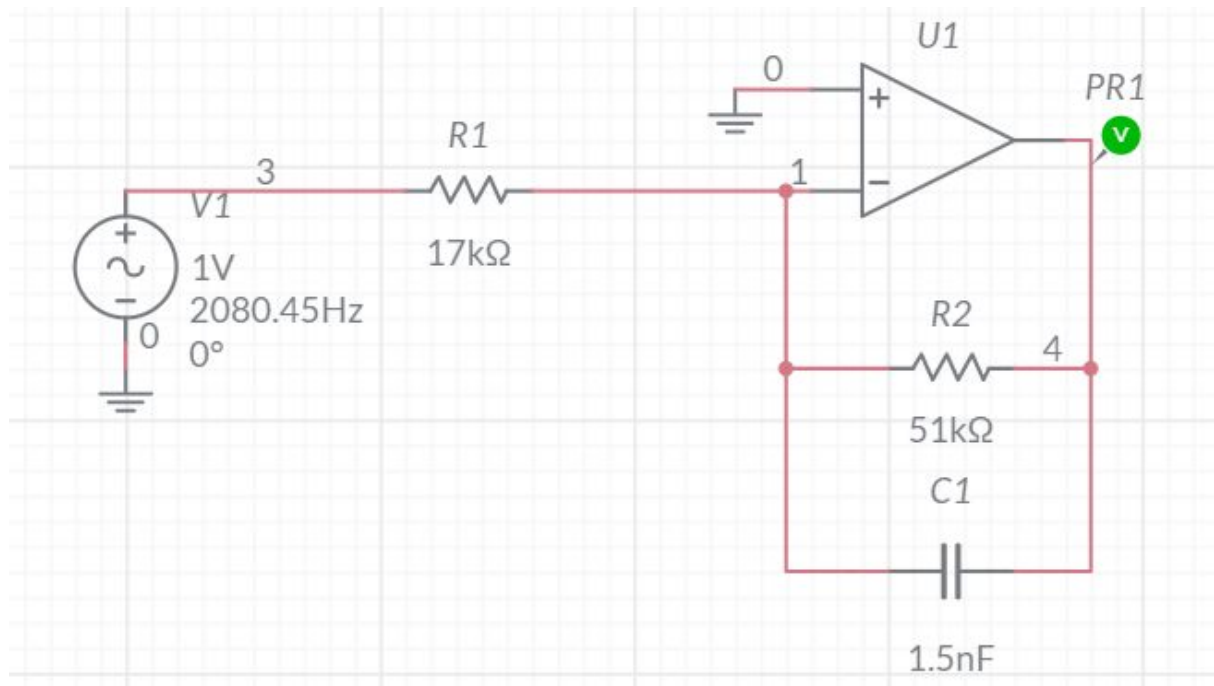
Después de la  $f_c$ , se puede ver la atenuación y estabilidad del filtro,  $V_{opico}=0.27V$



**fig 2.4 “Gráfica Voltaje/Tiempo 10 kHz”**



3.-  $A=-3$      $R_2=3R_1$      $f_c=20180.45 \text{ Hz}$



Para este caso se puede observar el filtro pasa-bajas Butterworth con frecuencia de corte aproximada de 2 kHz. A continuación se aprecia un diagrama de bode de la frecuencia de salida (eje x) y el voltaje de salida (izquierda, eje y). La línea de arriba representa la caída de frecuencia y la de abajo representa la caída de fase de la onda de salida.

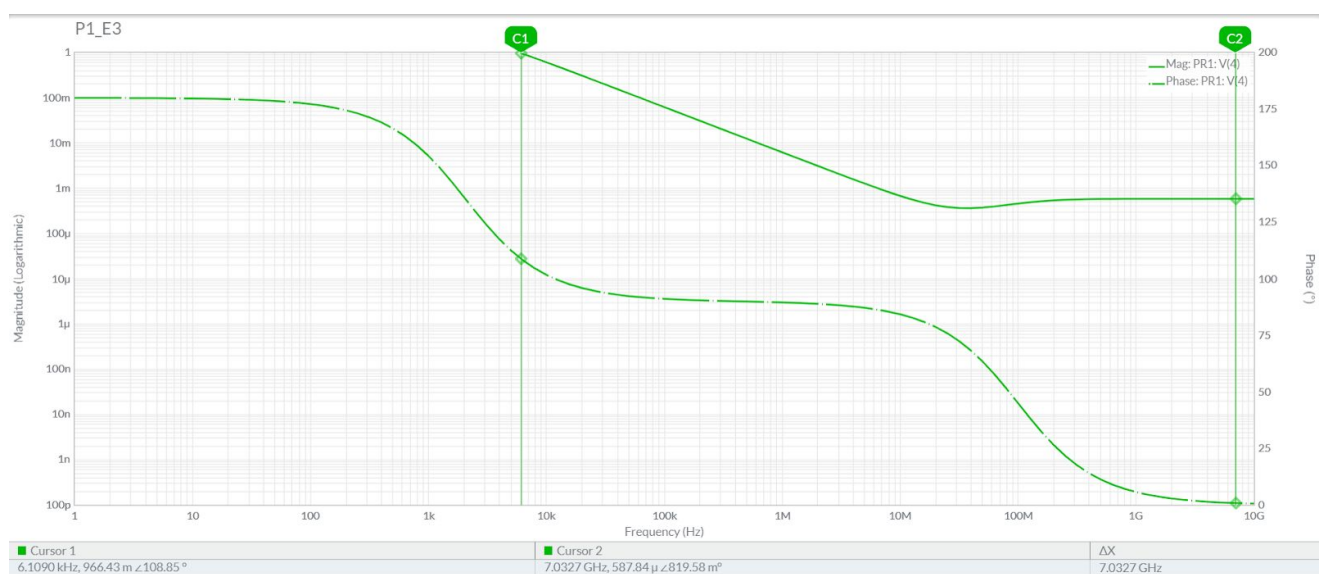
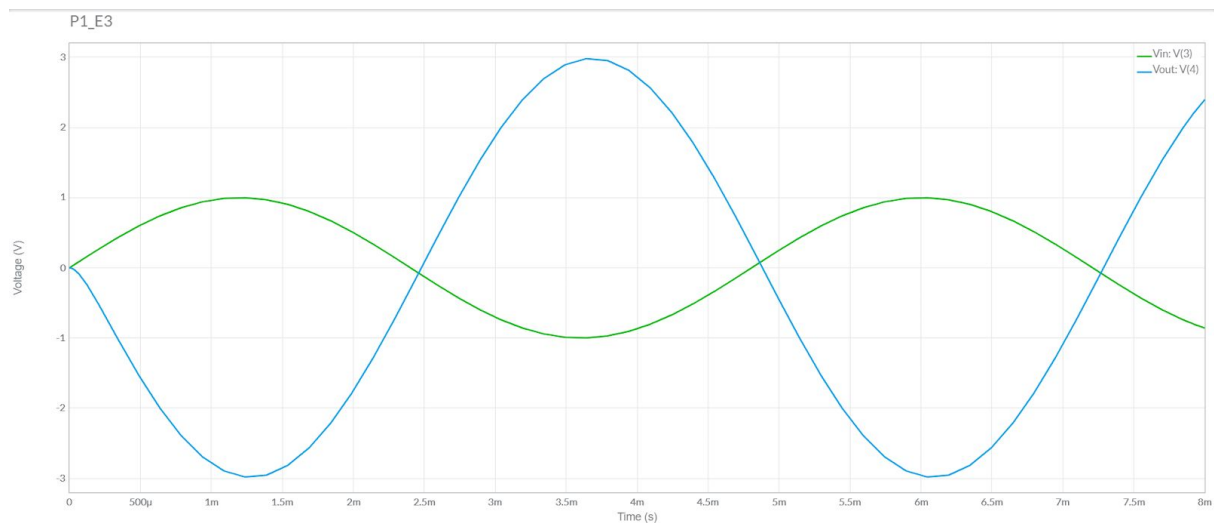


fig 3.1 “Diagrama de Bode Filtro 3 (Salida)”

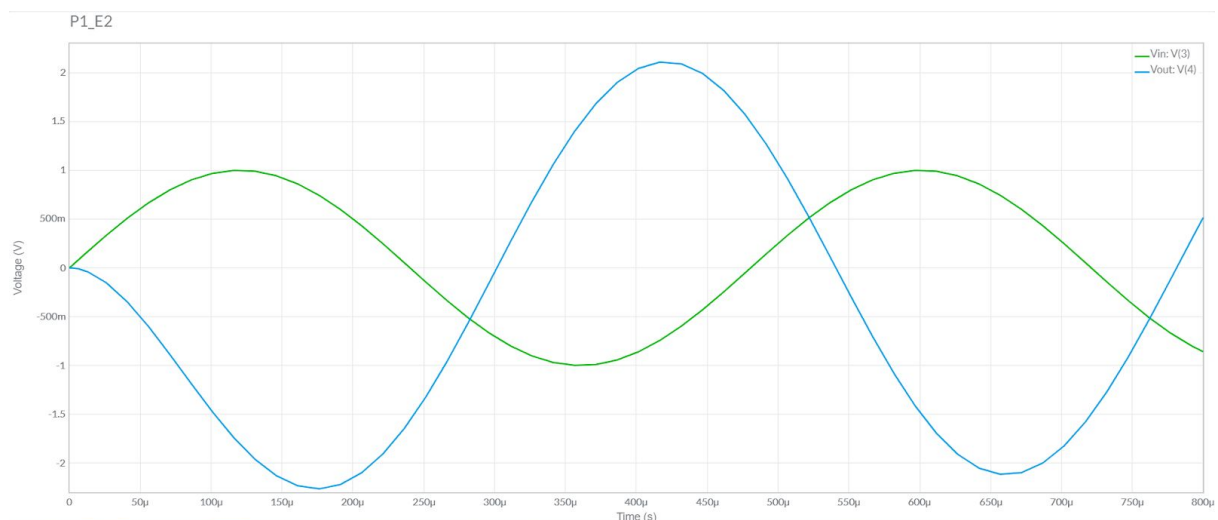
A continuación se muestran las gráficas del voltaje de entrada (verde) y voltaje de salida (azul) en función del tiempo (eje x) y voltaje (eje y). Se graficó para diferentes frecuencias; una década antes de la frecuencia de corte (200 Hz), en la frecuencia de corte (2 kHz) y una década después de la frecuencia de corte (20 kHz).

Al tener ganancia de -3, antes de la fc, la onda de salida se invierte y se multiplica 3 veces,  $V_{opico}=3V$



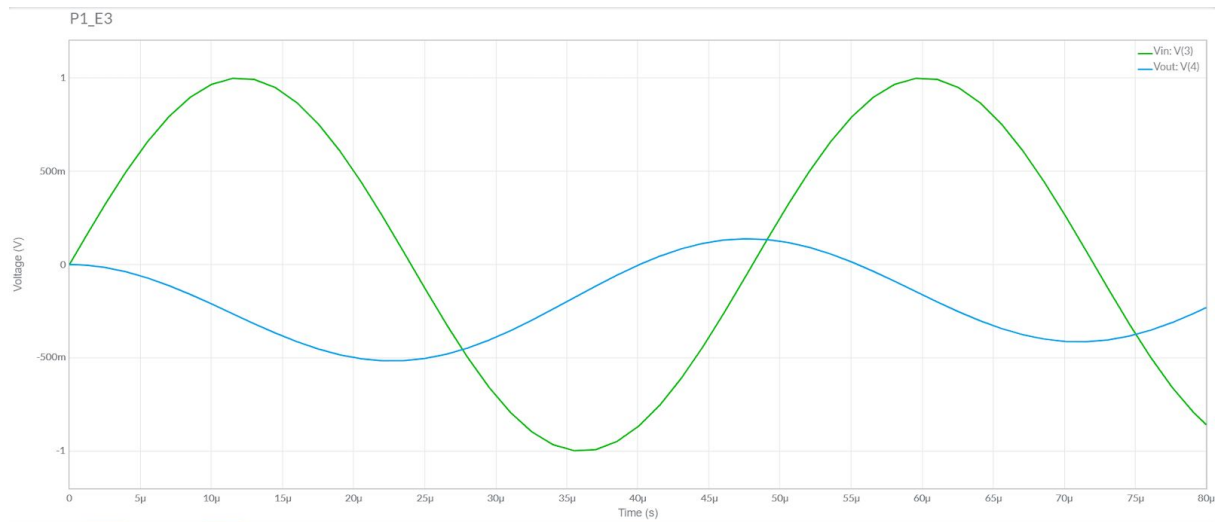
**fig 3.2 “Gráfica Voltaje/Tiempo 200 Hz”**

En la frecuencia de corte se puede ver la caída de la señal de salida del filtro pasa-bajas Butterworth,  $V_{opico}=2.1V$



**fig 3.3 “Gráfica Voltaje/Tiempo 2 kHz”**

Después de la  $f_c$ , se puede ver la estabilidad y el filtro pasa-bajas,  $V_{pico}=0.2V$



**fig 3.4 “Gráfica Voltaje/Tiempo 20 kHz”**