



Laboratorio de Sistemas de Comunicaciones



Práctica 2

Análisis espectral de una señal senoidal

Nombre del alumno	
Martínez Vázquez Diego	
Profesora	
Ing. Norma Reyes Cruz	
Materia	
Laboratorio de Sistemas de Comunicaciones	
Grupo: 1	Fecha de elaboración: 28/02/2022

Objetivo:

1. Analizar
2. Aplicar el Principio de superposición en el análisis espectral.
3. Conocer la utilidad de los dB y los dBm.

Lista de experimentos

1. Análisis de la señal senoidal en frecuencia.
2. Utilizar el principio de superposición.
3. Medición de la amplitud de la señal en decibels.

Software

- Multisim

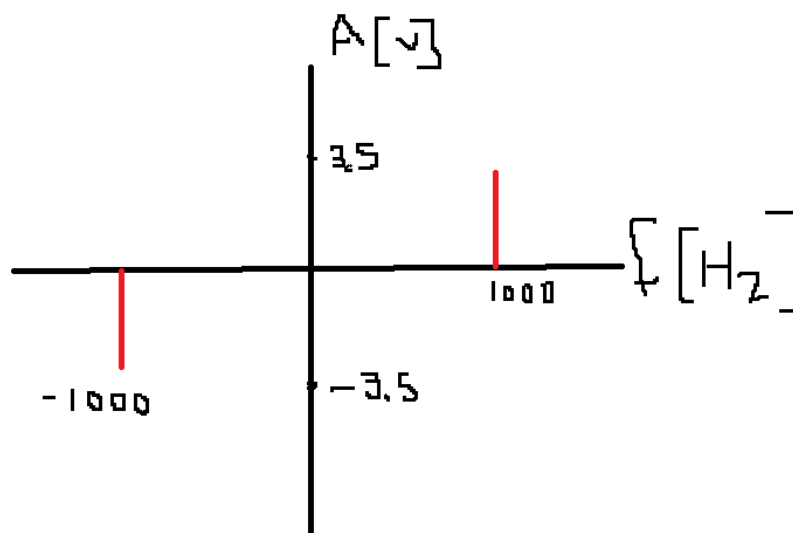
Cuestionario Previo

1. Investigue y grafique los espectros bilaterales, de amplitud y fase, de una señal senoidal de amplitud 7 volts RMS y 1kHz.

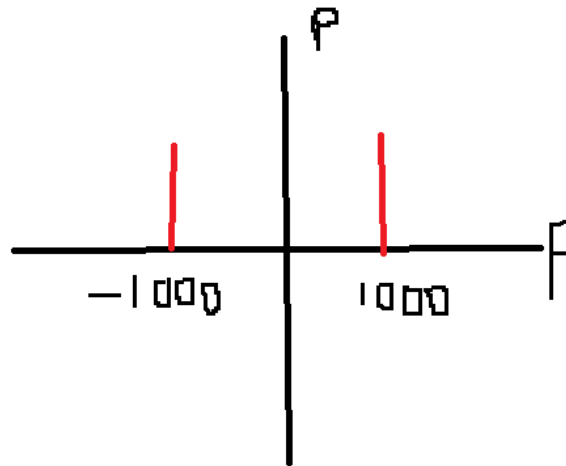
Los espacios bilaterales son aquellos que se representan en términos de series de Fourier de forma compleja. Debido a la forma compleja, se separa en términos de magnitud y fase, siendo:

$C_0 = |C_n| \angle \theta$ en donde $|f_n|$ es el espectro de magnitud y θ_n es el espectro de fase.

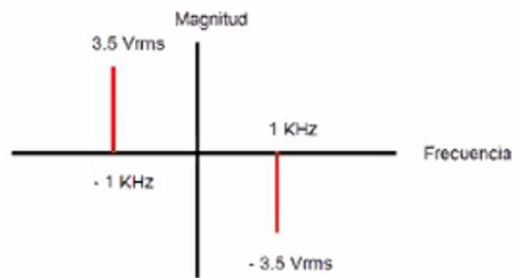
Espectro de fase



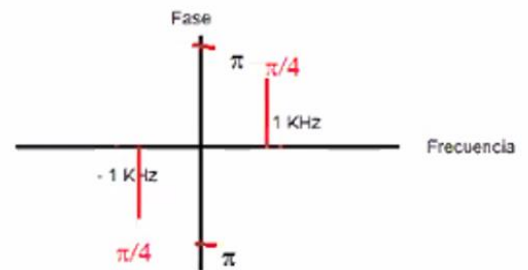
Espectro de magnitud



2. Realice el punto anterior para una señal cosenoidal de la misma amplitud y frecuencia



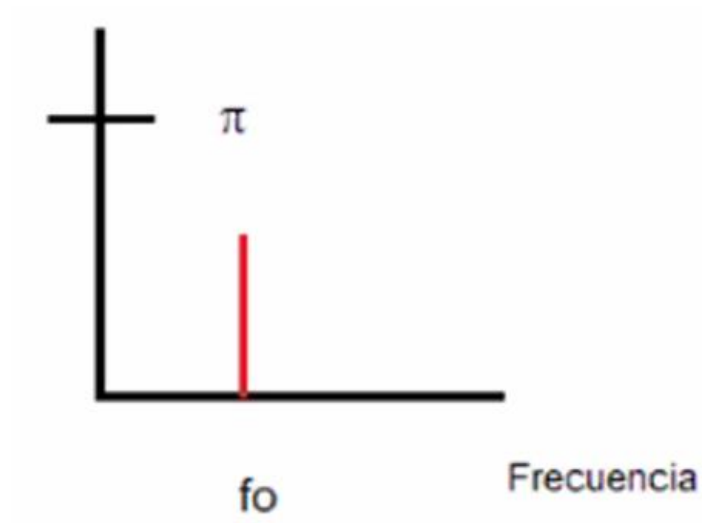
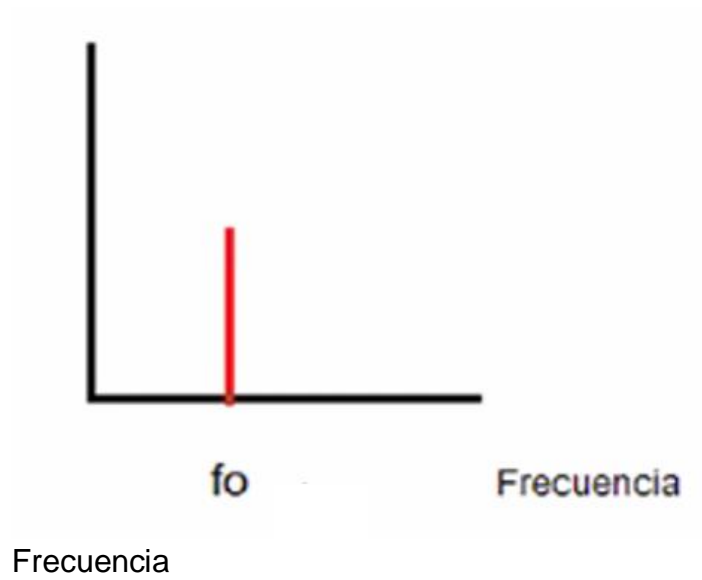
Espectro de Magnitud



Espectro de Fase

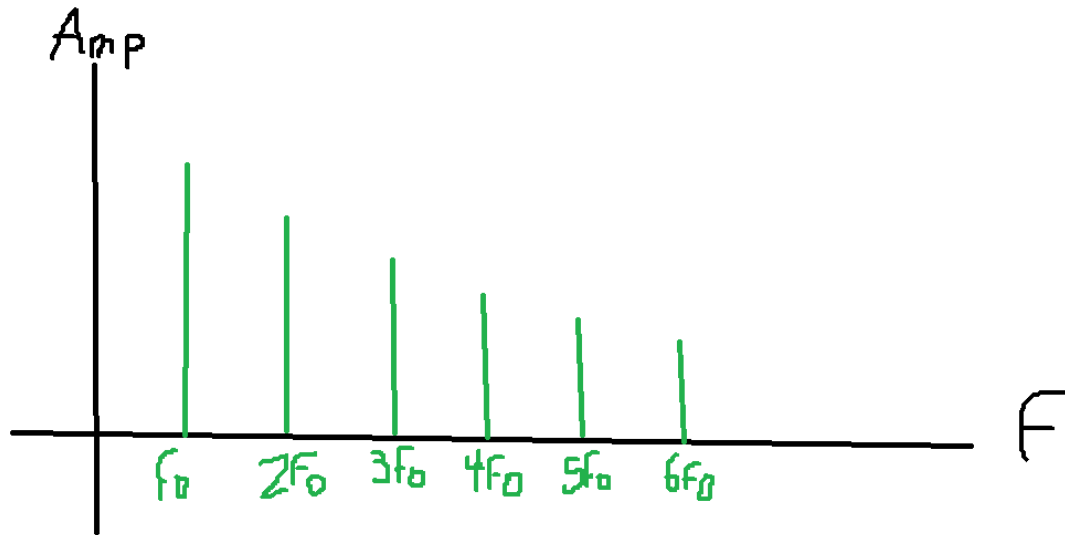
3. Grafique el espectro unilateral de magnitud y fase de una señal senoidal

Magnitud



4. Investigue y anote qué son las frecuencias armónicas.

Son frecuencias múltiplos enteros de una frecuencia fundamental.



5. ¿Tiene armónicas una señal senoidal? Justifique matemáticamente su respuesta.

No tiene, demostraremos utilizando la transformada de Fourier.

$$f(t) = \text{sen}(\omega_0 t)$$

$$\int_{-\infty}^{\infty} \left(\frac{e^{i\omega_0 t} - e^{-i\omega_0 t}}{2i} \right) e^{-i\omega t} dt = \frac{1}{2i} \int_{-\infty}^{\infty} (e^{-i(\omega - \omega_0)t} - e^{-i(\omega + \omega_0)t}) dt$$

$$f(\omega) = i\pi [\delta(\omega + \omega_0) - \delta(\omega - \omega_0)]$$

6. Al sumar dos o más señales periódicas, ¿La suma de éstas es periódica?, de ser afirmativo, ¿cuál es su periodo? , justifique matemáticamente su respuesta.

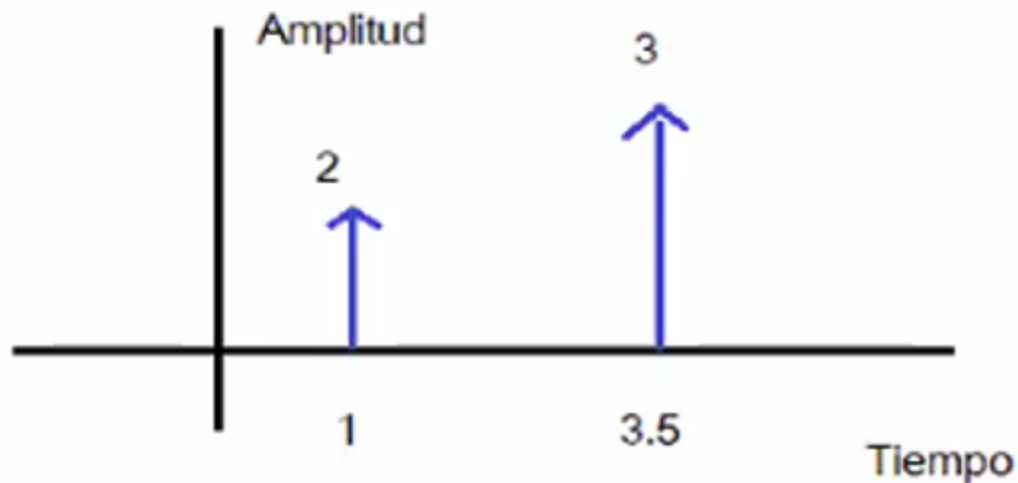
Cualquier señal $x(t)$ que sea igual a la suma de dos señales periódicas $x_1(t)$ y $x_2(t)$, con periodos fundamentales T_1 y T_2 respectivamente, será periódica si se cumple esta relación:

$$\frac{T_1}{T_2} = \frac{m}{n} \rightarrow T = nT_1 - mT_2 \text{ m, n sean enteros.}$$

7. Investigue y anote el principio de superposición y cuál es su utilidad.

Si dos ondas o más y que son del mismo tipo se interceptan en algún punto, el desplazamiento resultante en ese punto es igual a la suma de los desplazamientos. Esto debido a cada onda que es individual. Se enuncia como “La respuesta de un sistema lineal a un conjunto de excitaciones aplicadas simultáneamente es igual a la suma de las respuestas cuando cada excitación se aplica aisladamente”.

8. Grafique las señales $y(t) = 2\delta(t-1) + 3\delta(t-3.5)$ y $x(t) = 2\delta(t-5) + 3\delta(t-5)$.



9. Investigue y anote qué son: a) Decibeles, b) Nepers, c) dBm, d) dBr.

Decibels : Es la unidad de medida relativa de la intensidad de un sonido

Nepers: Es la unidad de medida relativa empleada frecuentemente en el campo de las telecomunicaciones, mediante ella se puede expresar relaciones entre voltajes o intensidades.

dBm: Es la unidad de medida de relación o razón de potencia expresada en decibelios (dB) relativa a un milivatio (mW). Se utiliza en redes de radio, microondas y fibra óptica como una medida conveniente de la potencia absoluta a causa de su capacidad para expresar tanto valores muy grandes como muy pequeñas en forma corta.

dBr: Se utilizan para comparar un patrón de una señal en transmisión con las que se van a transmitir.

$$G = 10 \log \frac{P_{out}}{P_{in}} = \text{dB}$$

Neper

$$\text{Neper} = \ln \frac{P_{in}}{P_{out}} = \text{Neper}$$

$$G = 10 \log \frac{P_{out}}{1mWatt} = \text{dBm}$$

10. ¿Cómo se puede expresar un voltaje en dB?

$$G = 20 \log \frac{V_{out}}{V_{in}} = \text{dB} = \text{dBV}$$

Referencias

<https://senalessite.files.wordpress.com/2017/03/series-de-fourier-analisis-de-espectros-3-2015-2.pdf>

Sosa Medina, Katherine. Diseño y Construcción de un medidor digital de energía trifásico. Escuela Politécnica Nacional. Facultad de Ingeniería Eléctrica. Quito 1993. <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/10500/1/T68.pdf>

Carlson, Bruce A, Crilly Paul B. Communication Systems An Introduction to Signals and Noise in Electrical Communication. McGraw-Hill Professional, 2005

https://research.iaun.ac.ir/pd/naghsh/pdfs/UploadFile_9495.pdf

Ptolomeo UNAM Sistemas de comunicaciones

<http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/bitstream/handle/132.248.52.100/861/A6.pdf?sequence=6#:~:text=4%20Un%20canal%20de%20comunicaciones,o%20un a%20combinaci%C3%B3n%20de%20ambos.&text=donde%20%2C%20es%20la %20distancia%20de,canal%20de%20entrada%20y%20salida>.

Desarrollo

1. Realice la simulación del circuito mostrado en la Figura 2.1. Anote el espectro de magnitud obtenido, y compárelo con el teórico del cuestionario previo, anote sus observaciones.

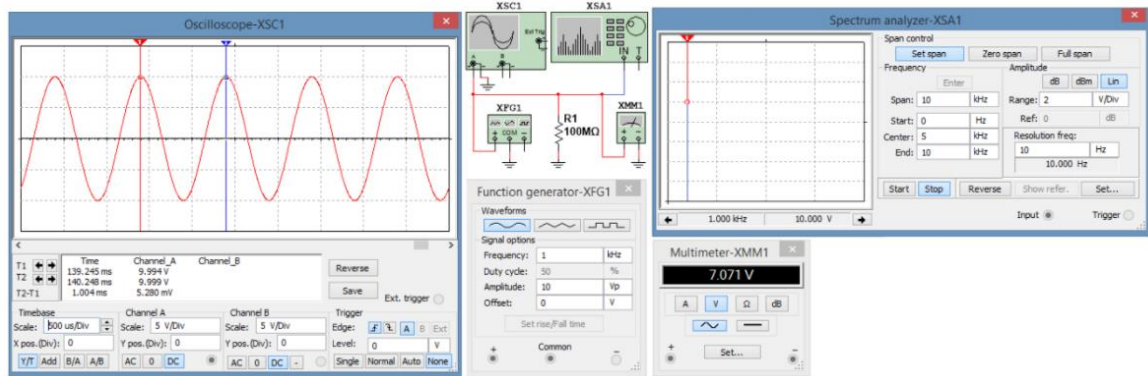
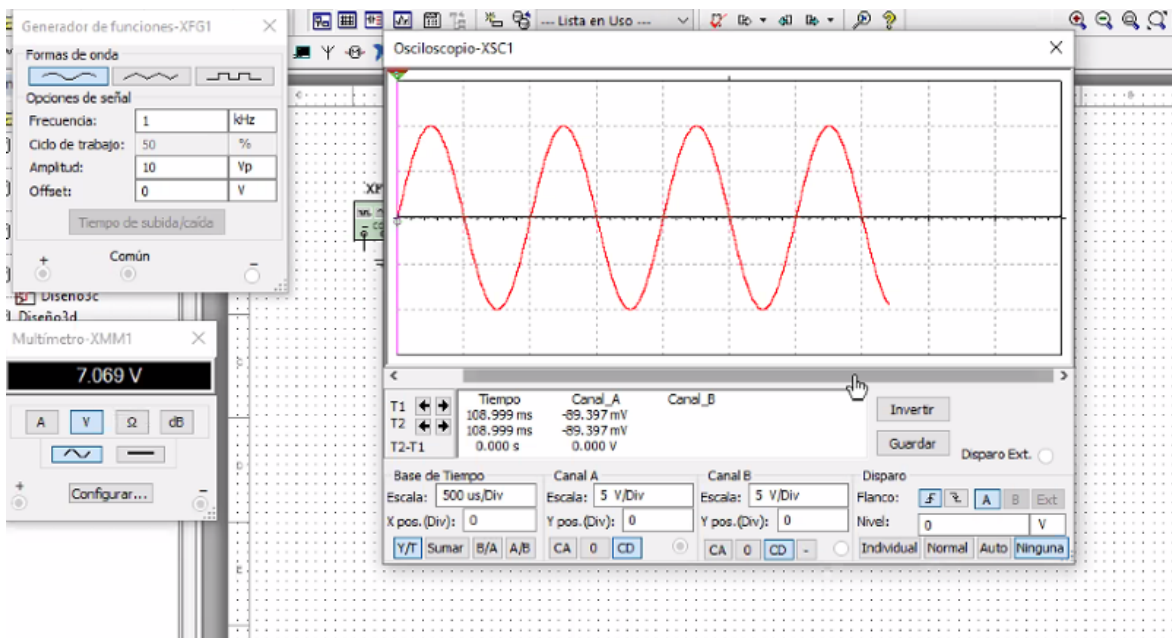
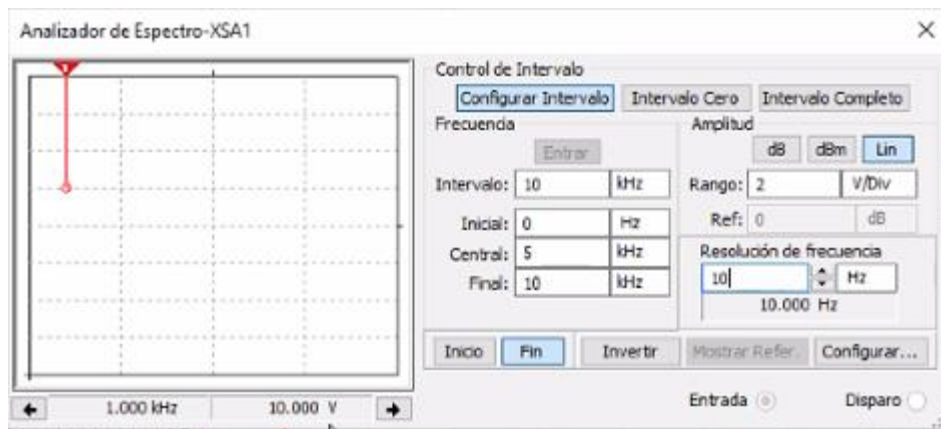
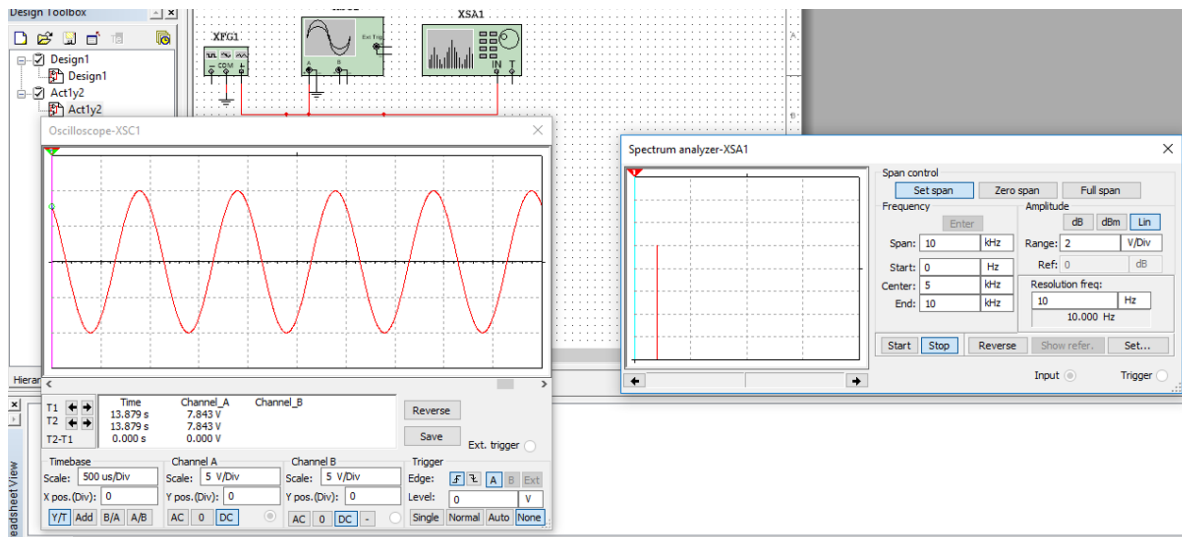


Figura 2.1

Medición realizada en Multisim





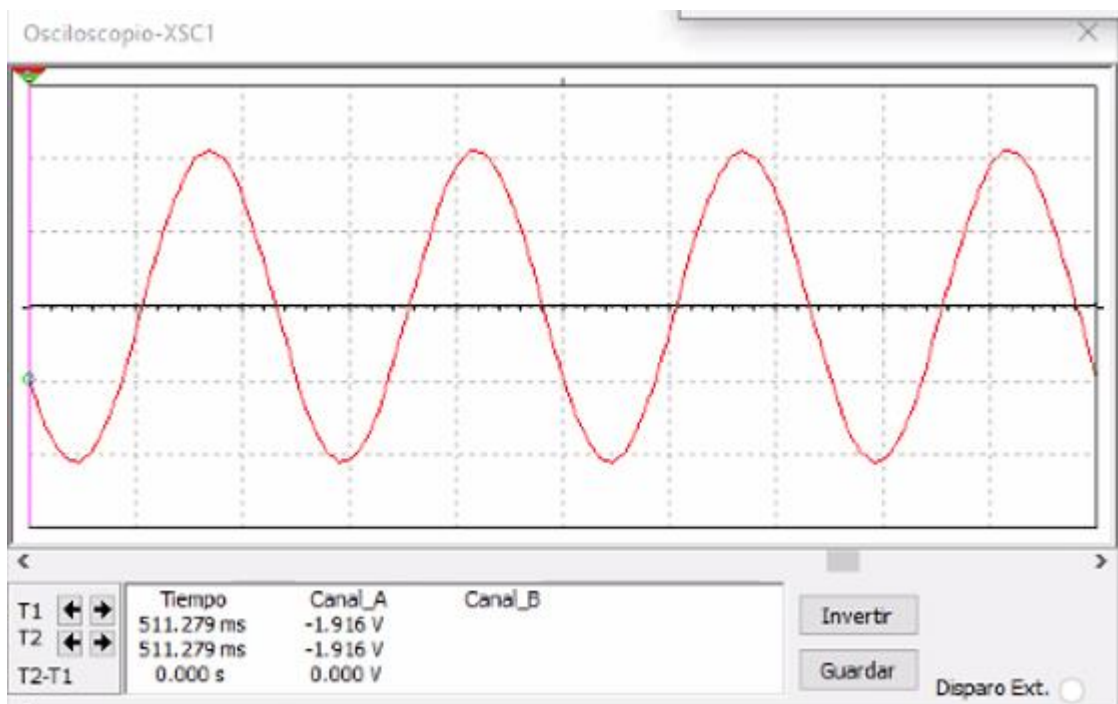
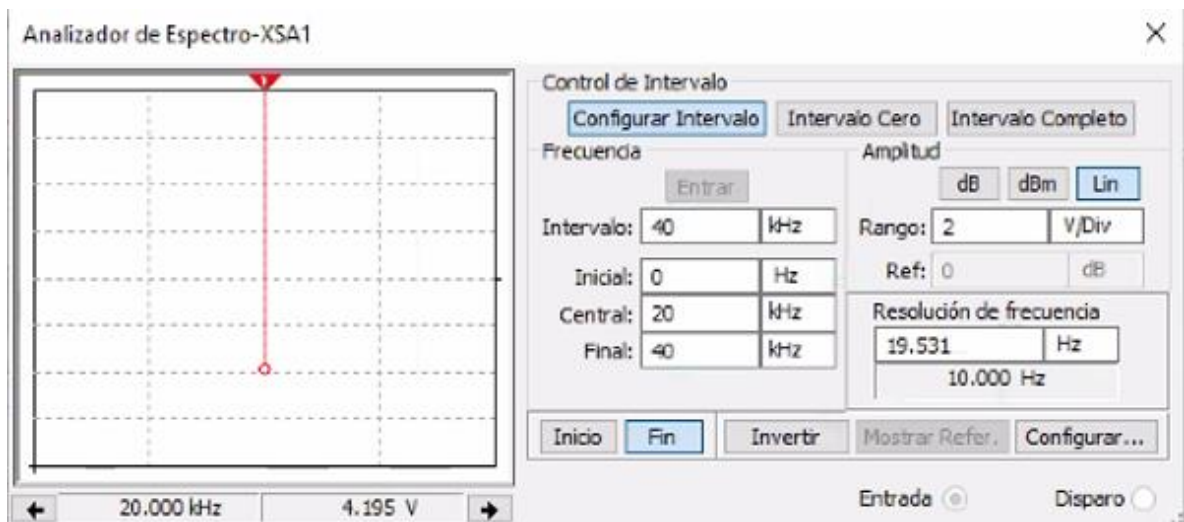
En un espectro unilateral a una frecuencia de 1kHz se observa un voltaje pico de 10 V

2. Modifique el voltaje de la señal senoidal a 3 VRMS y la frecuencia a 20 kHz. Anote el espectro.

$$V_{rms} = V_p / \sqrt{2}$$

$$V_p = V_{rms} \sqrt{2} = 3\sqrt{2} = 4.24$$

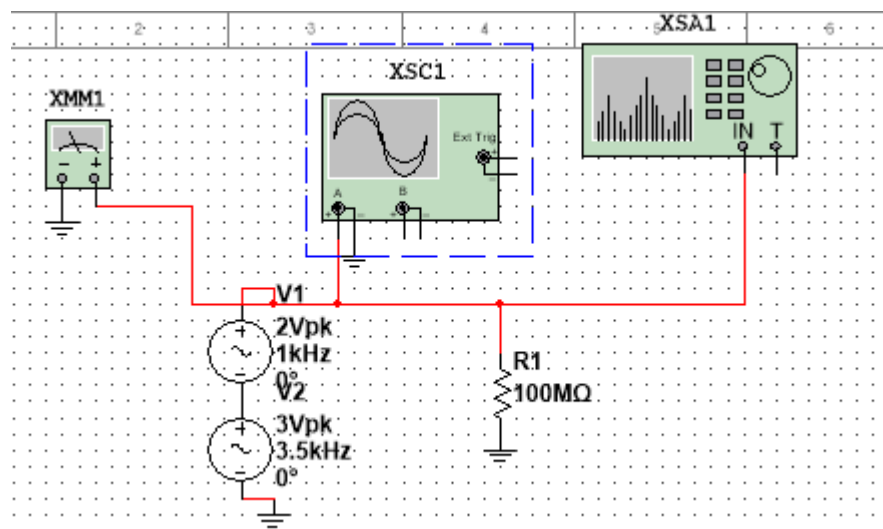
$$F.C. = V_p / V_{RMS} \rightarrow V_p = (F.C.) * (V_{RMS}) = \sqrt{2} * 3 = 4.2426 [V]$$

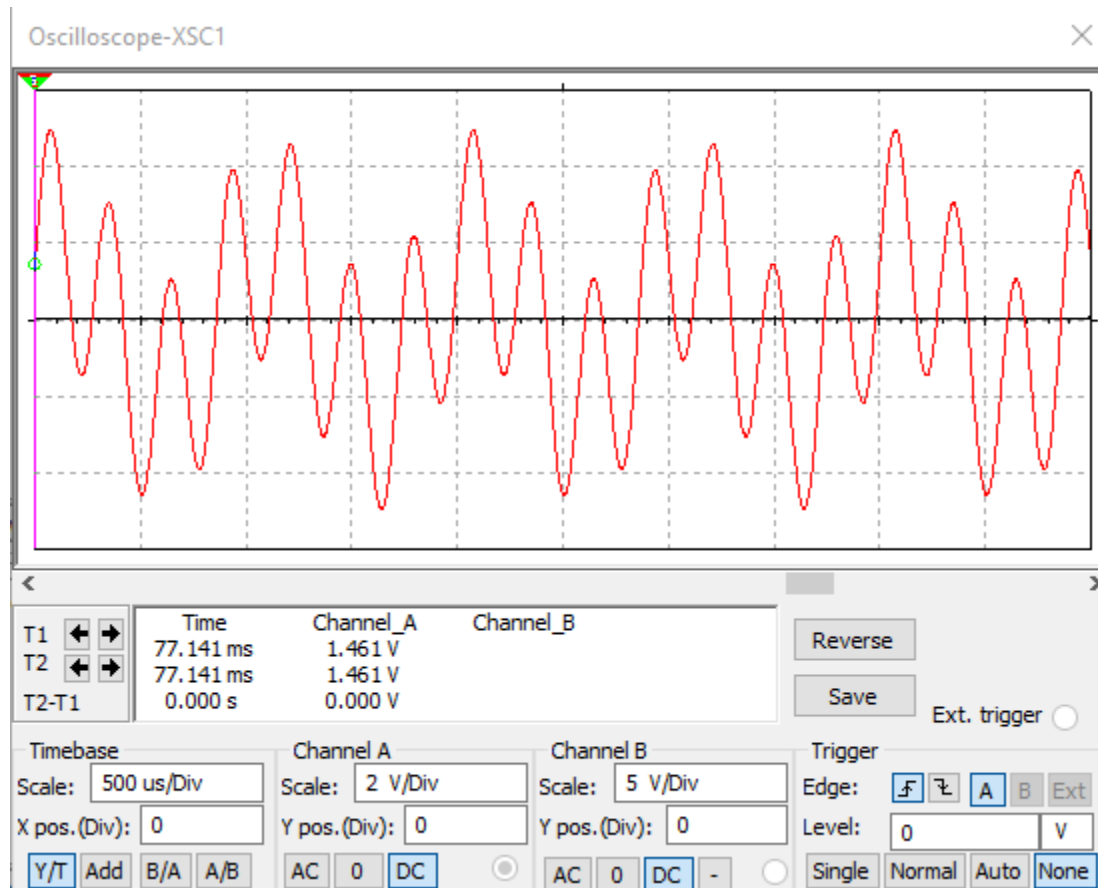
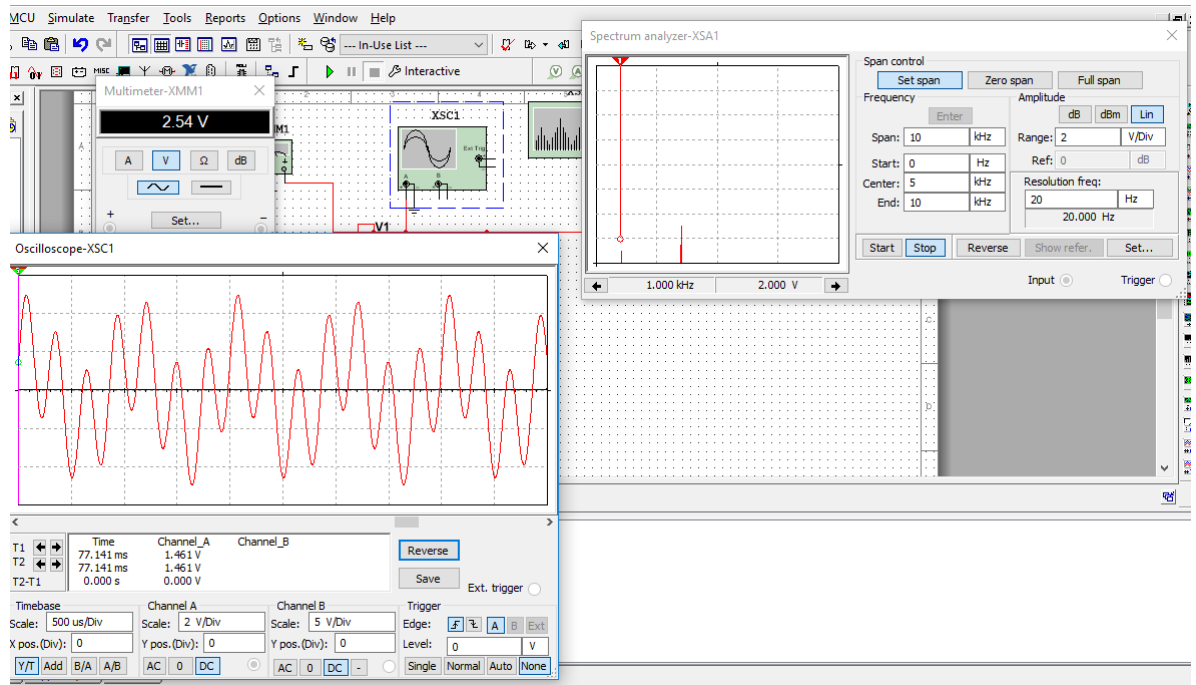


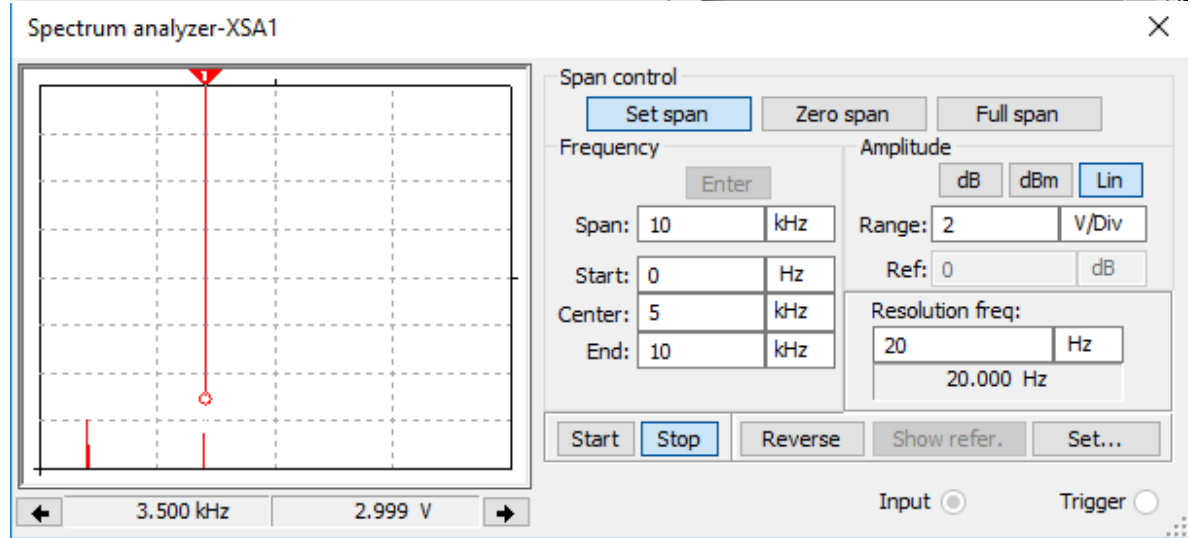
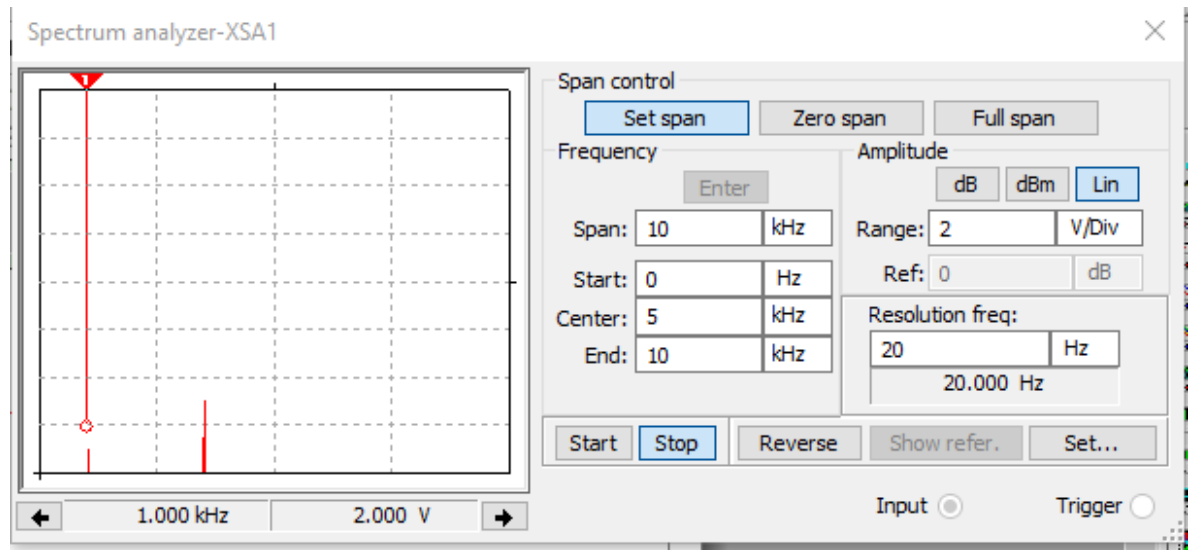


3. ¿Cumple el espectro con el principio de superposición? Utilizando dos fuentes de AC del grupo realice un experimento que justifique su respuesta. Anote el circuito, el espectro obtenido y si cumple o no con el principio de Superposición.

Circuito







Señales

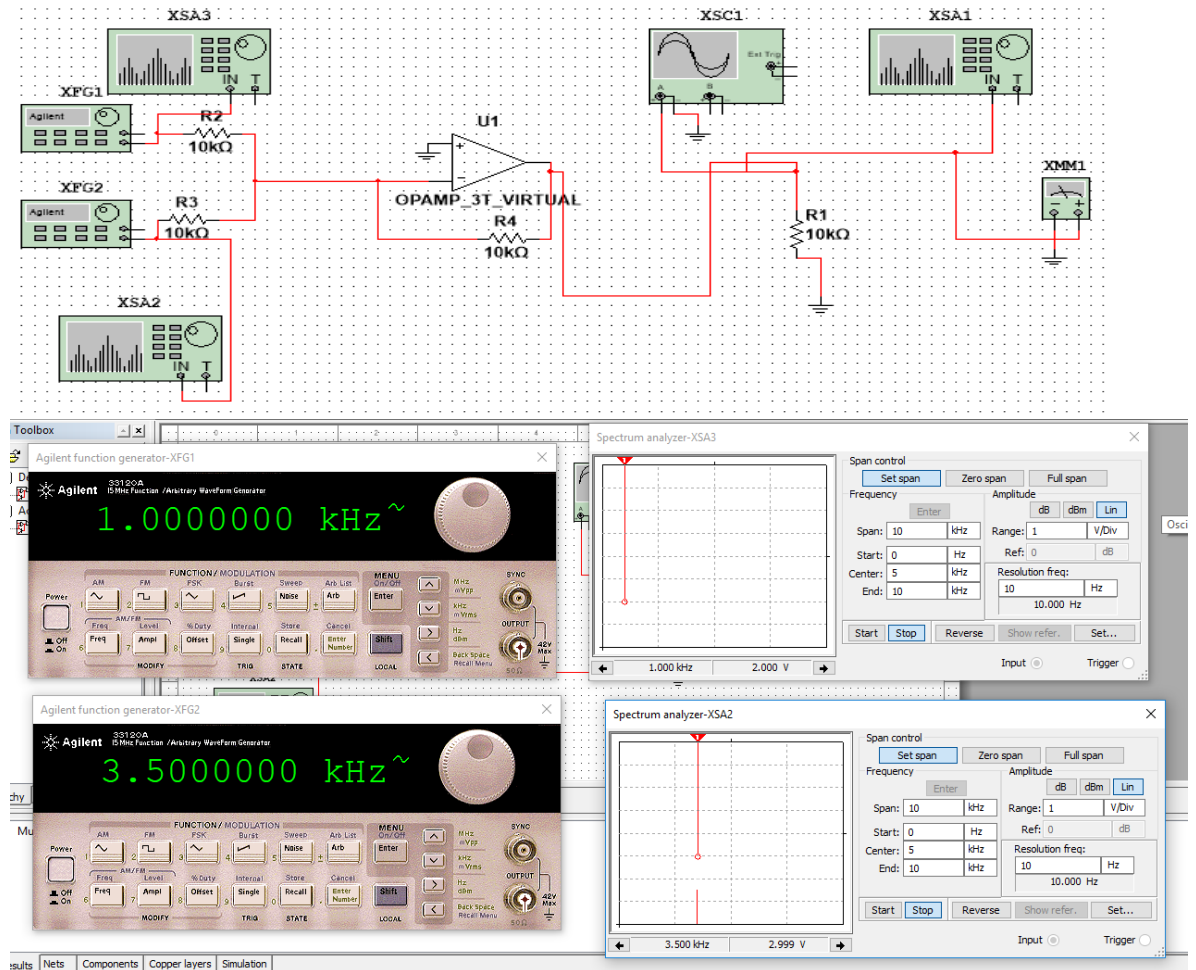
$$S1 = 2\sin(2\pi \cdot 1\text{kHz})$$

$$S2 = 3\sin(2\pi \cdot 3.5\text{kHz})$$

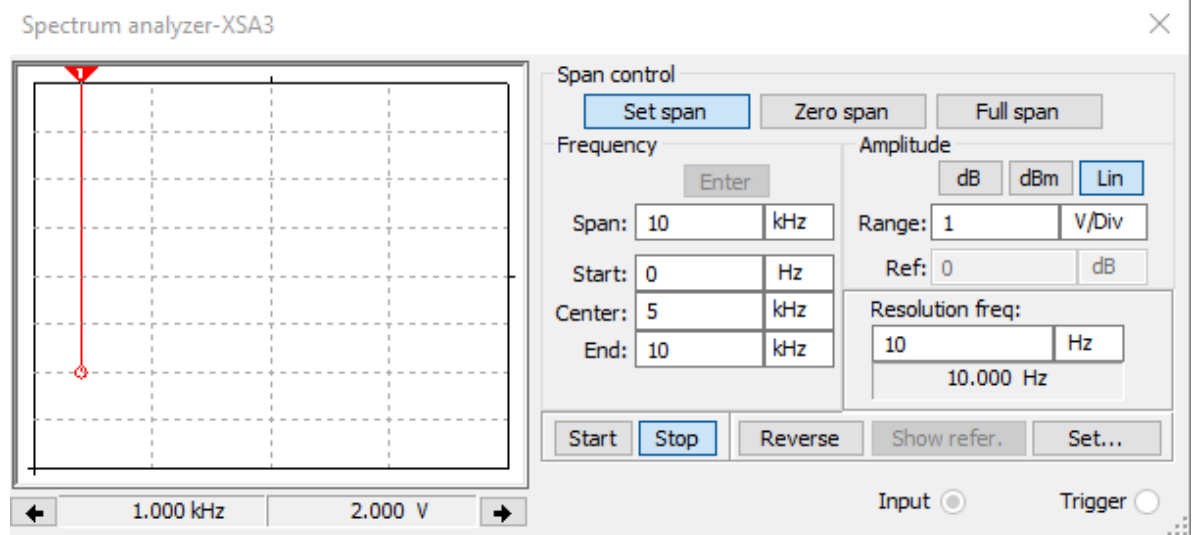
Si cumple $S1 + S2$ nos da como resultado la señal que se observa en el oscilograma.

4. Realice el punto anterior utilizando dos generadores de funciones para generar las señales, considere que los dos generadores están referenciados internamente a tierra física (algunos generadores no están referenciados internamente a tierra, por lo que se recomienda siempre verificar para garantizar un uso correcto). Incluya circuito, y espectro de magnitud.

Circuito



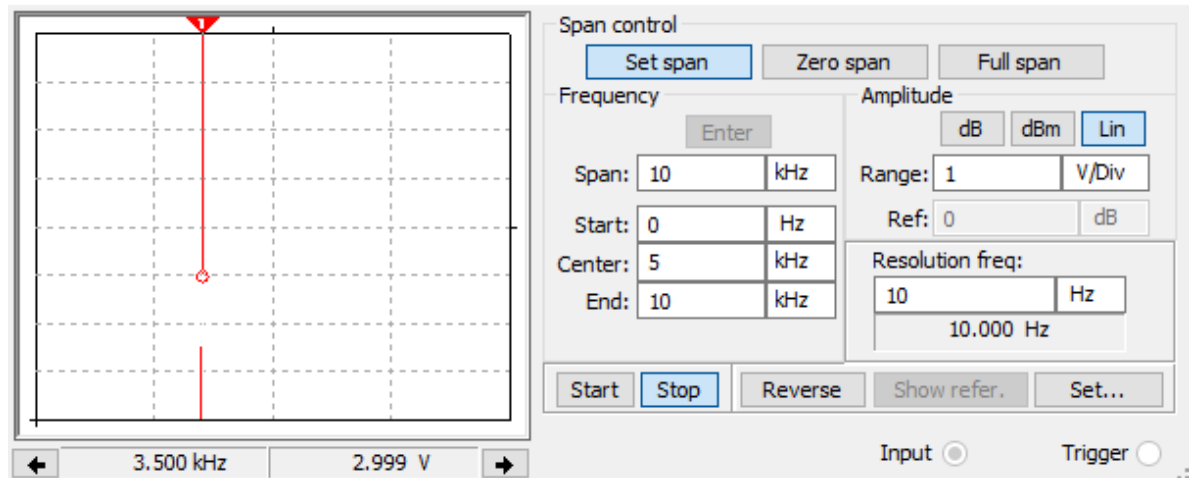
Señal 1



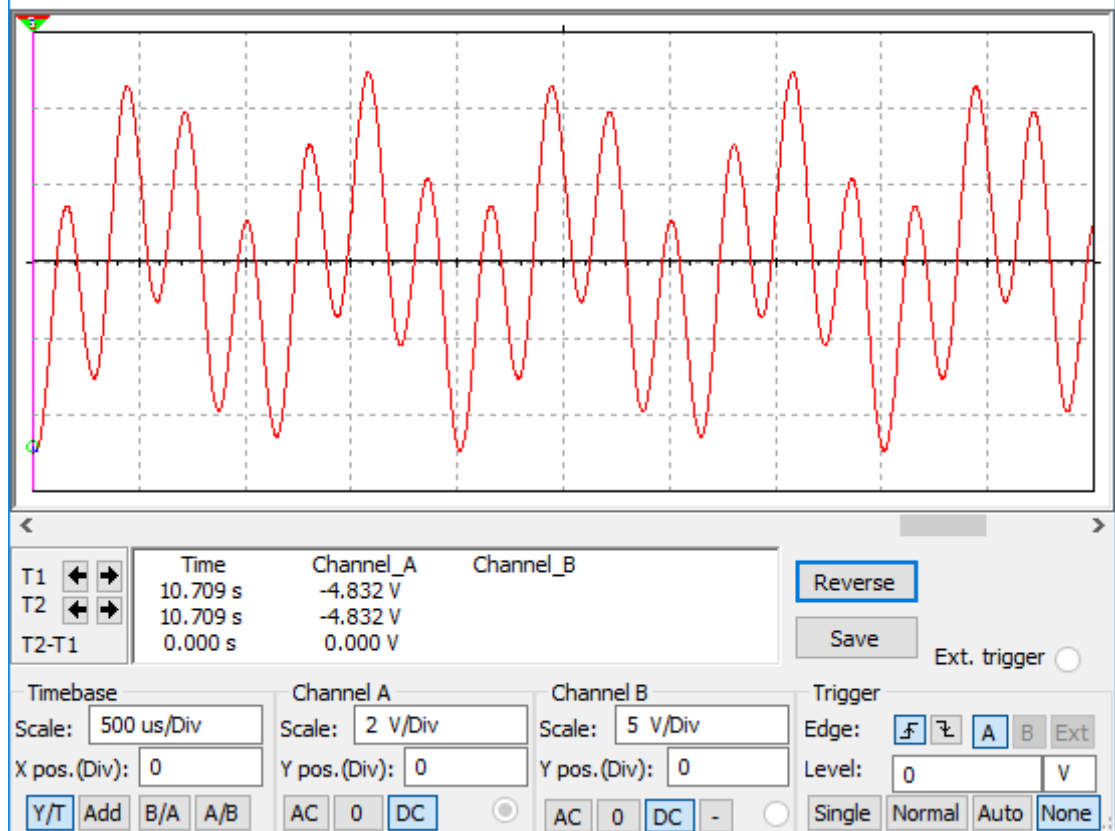
Señal 2

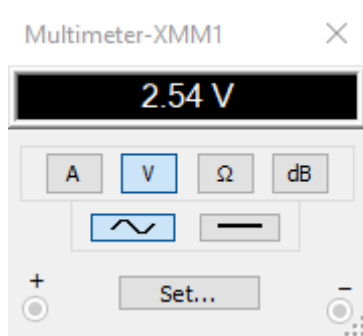


Spectrum analyzer-XSA2



Oscilloscope-XSC1





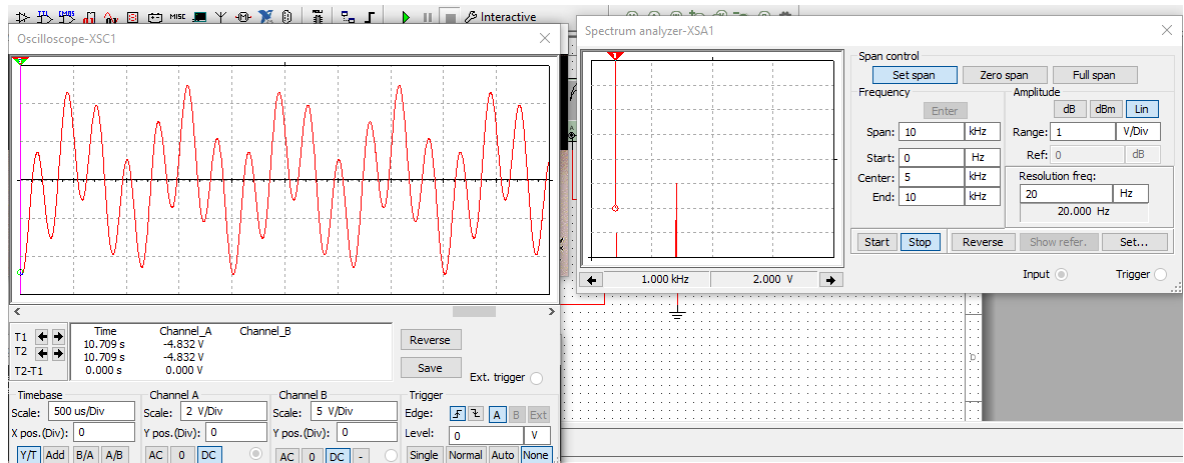
5. Justifique matemáticamente la respuesta del punto 4 y comparé con sus resultados.

$$S1 = 2\sin(2\pi 1000t)$$

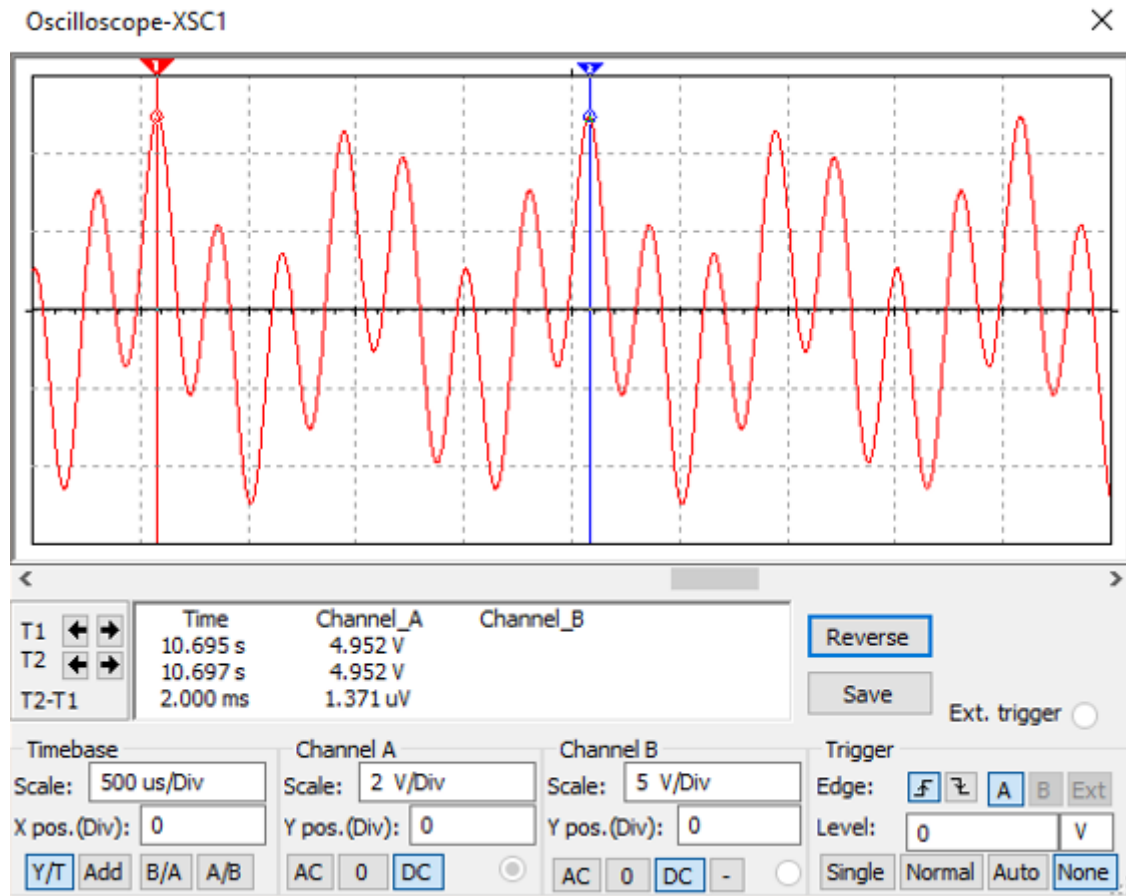
$$S2 = 3\sin(2\pi 3500t)$$

$$Sout = s1 + s2 = 2 \sin (2\pi 1000t) + 3 \sin (2\pi 3500t)$$

6. La suma de las dos señales senoidales observadas ¿es una señal periódica? De ser afirmativa su respuesta ¿cuál es la frecuencia de la señal? Incluya su oscilograma incluyendo el período de la señal, si es que lo hay.



La señal resultante es periódica, ya que la señal 1 y señal 2 son periódicas, entonces la señal resultante será periódica.

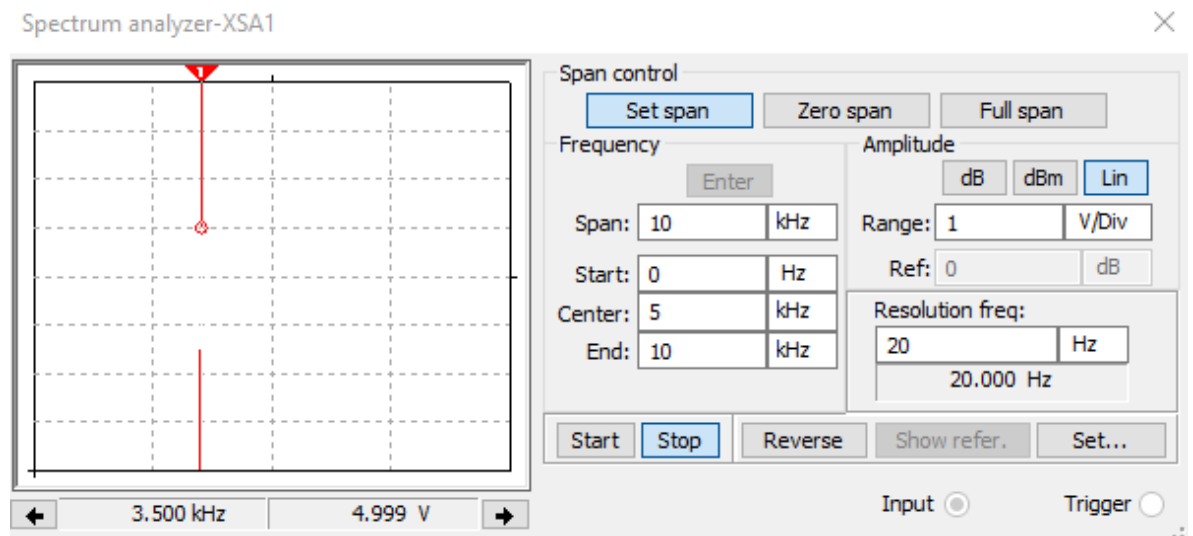
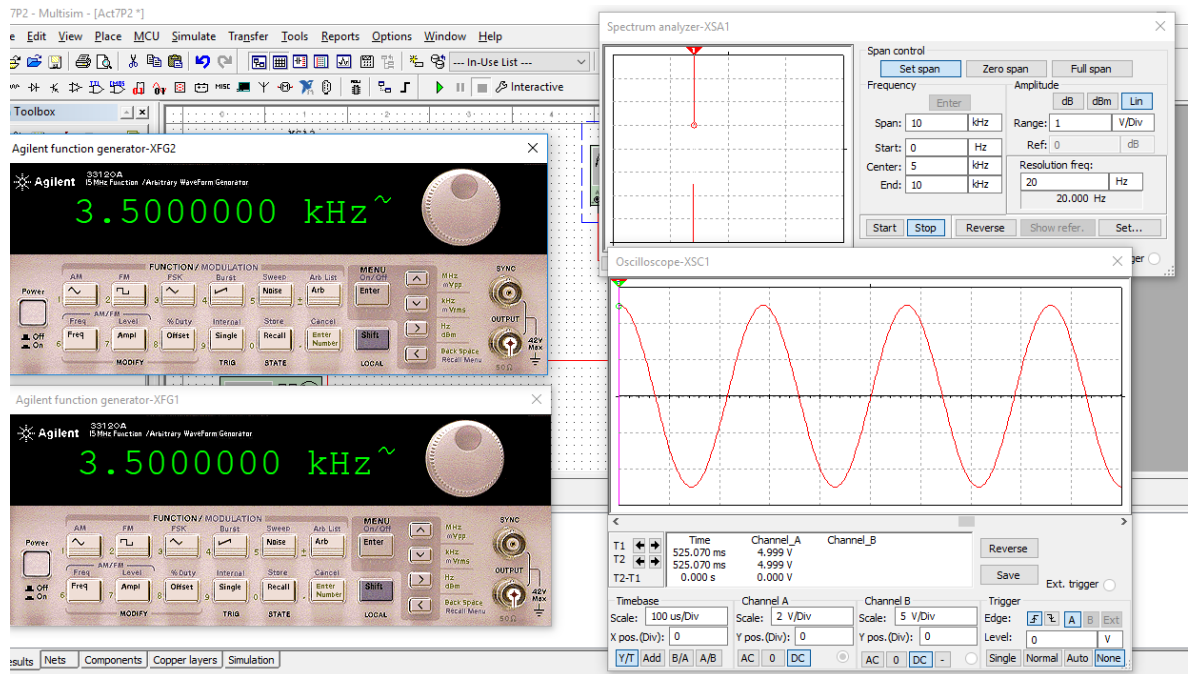


La diferencia nos da un tiempo de 2ms, por lo tanto el periodo es $t_2 - t_1 = 2\text{ms}$. Entonces la señal resultante también es periódica.

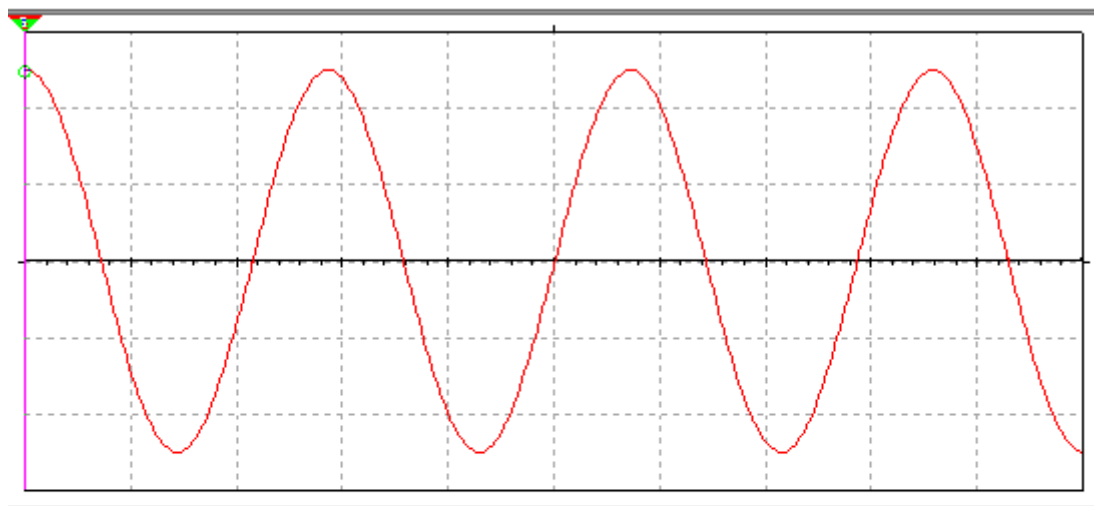
$$T = 2\text{ms}$$

$$f = 1/T = 500 \text{ Hz}$$

7. Sin modificar las amplitudes de las señales, configure a 3.5 kHz las dos señales, observe el espectro y anote sus observaciones.



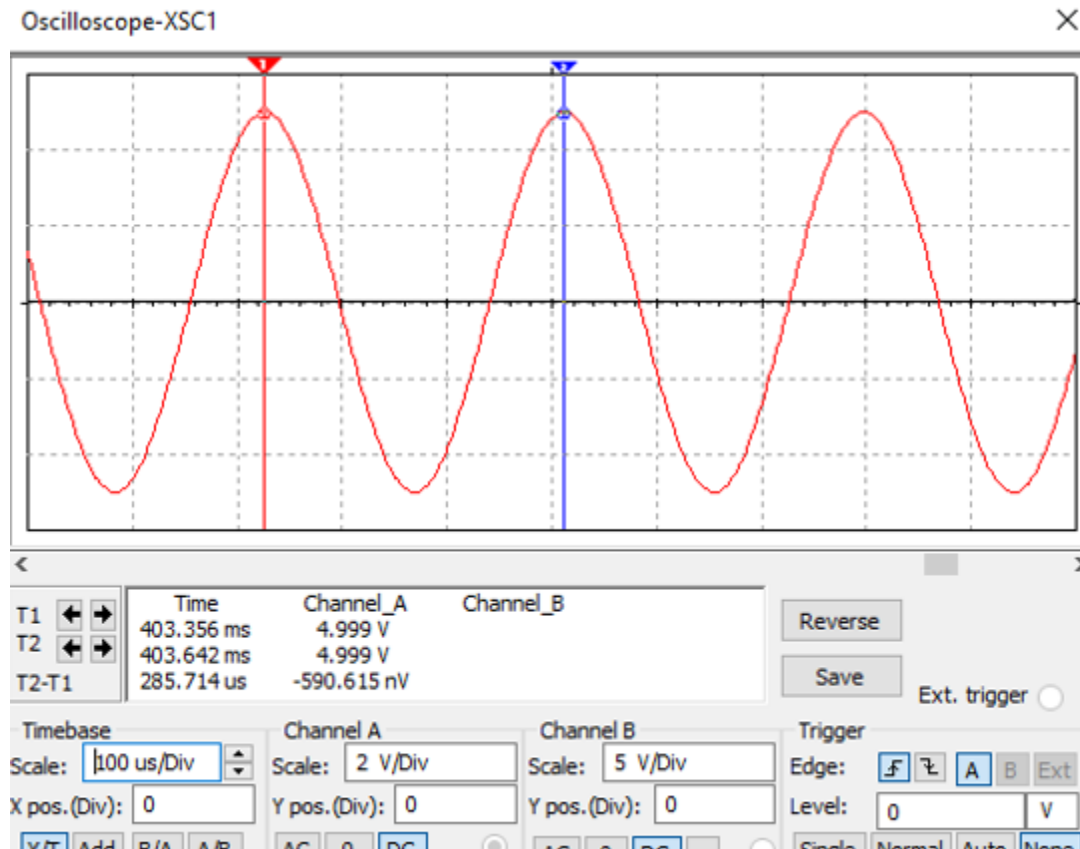
Oscilloscope-XSC1



	Time	Channel_A	Channel_B
T1	525.070 ms	4.999 V	
T2	525.070 ms	4.999 V	
T2-T1	0.000 s	0.000 V	

Reverse Save Ext. trigger ☐

Timebase	Channel A	Channel B	Trigger
Scale: 100 us/Div	Scale: 2 V/Div	Scale: 5 V/Div	Edge: <input checked="" type="checkbox"/> F <input type="checkbox"/> L <input checked="" type="checkbox"/> A <input type="checkbox"/> B <input type="checkbox"/> Ext
X pos.(Div): 0	Y pos.(Div): 0	Y pos.(Div): 0	Level: 0 V
<input checked="" type="checkbox"/> Y/T <input type="checkbox"/> Add <input type="checkbox"/> B/A <input type="checkbox"/> A/B	<input type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> 0 <input checked="" type="checkbox"/> DC	<input type="checkbox"/> AC <input type="checkbox"/> 0 <input checked="" type="checkbox"/> DC <input type="checkbox"/> - <input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/> Single <input type="checkbox"/> Normal <input type="checkbox"/> Auto <input checked="" type="checkbox"/> None

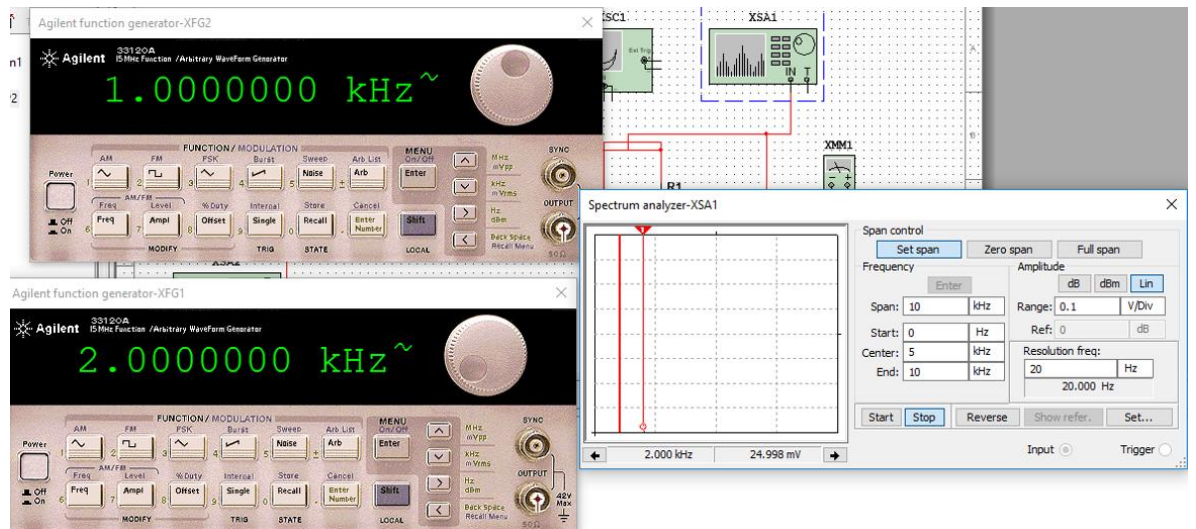
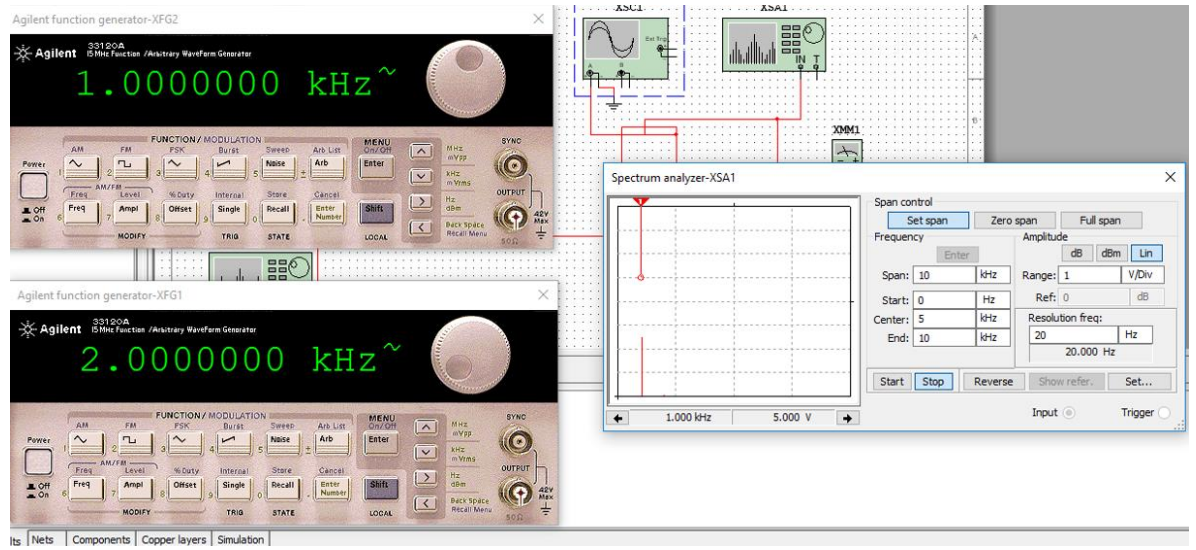


La frecuencia de salida es 3.5 kHz

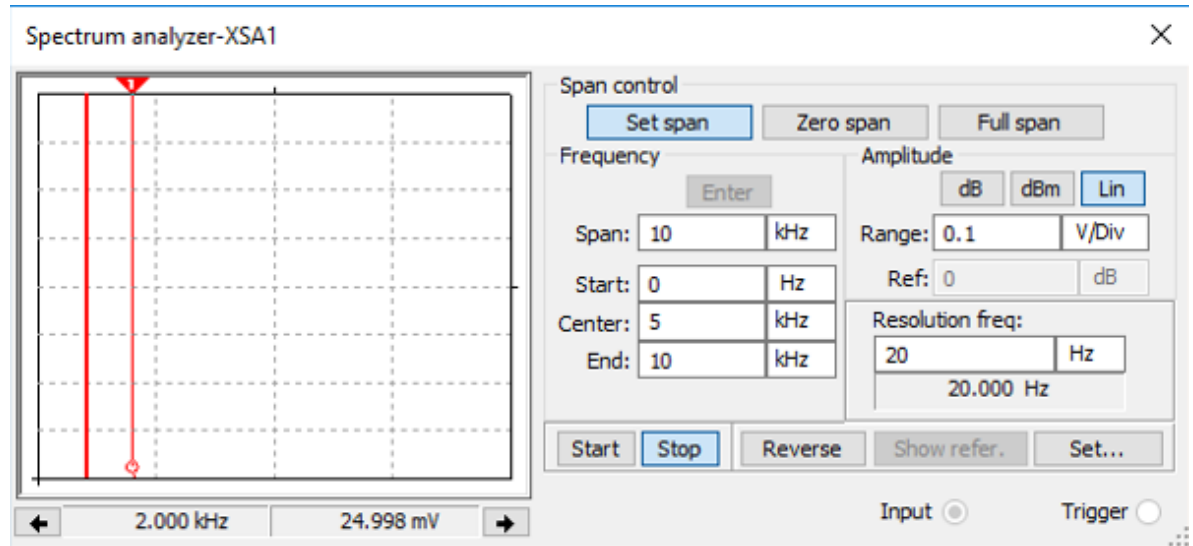
$$T = 285.714 \text{ us}$$

$$f = 1/T = 3500.0035 = 3.5 \text{ kHz}$$

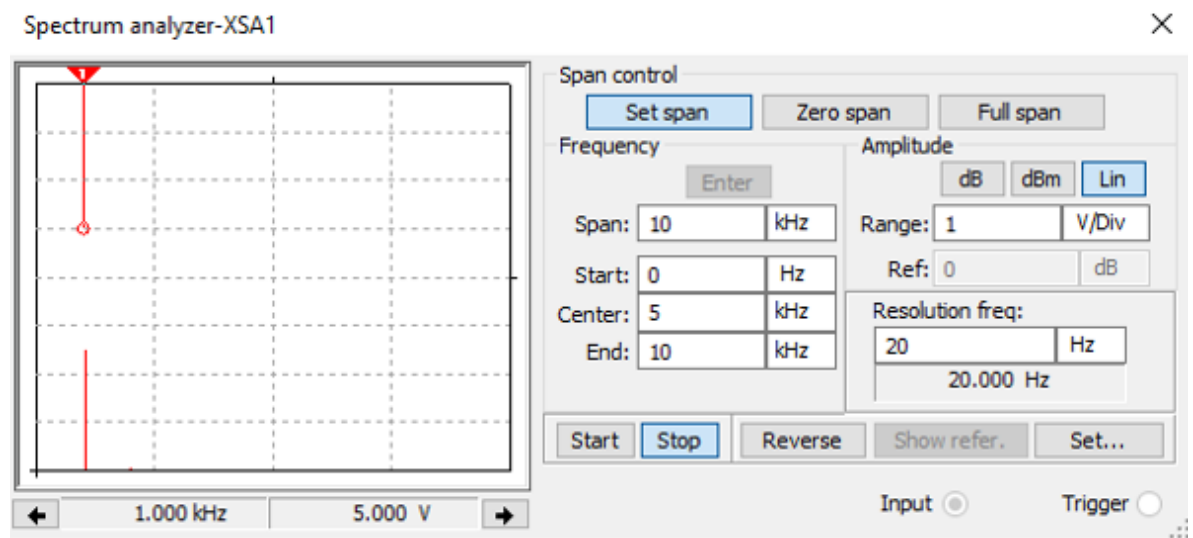
8. Configure los generadores a las siguientes especificaciones: los dos generadores producirán señales senoidales, una a 1k KHz y 10 volts pico-pico, la otra señal senoidal será de 2 kHz y con amplitud de 50 mV pico - pico. Anote su circuito y el espectro. Junto con sus observaciones.



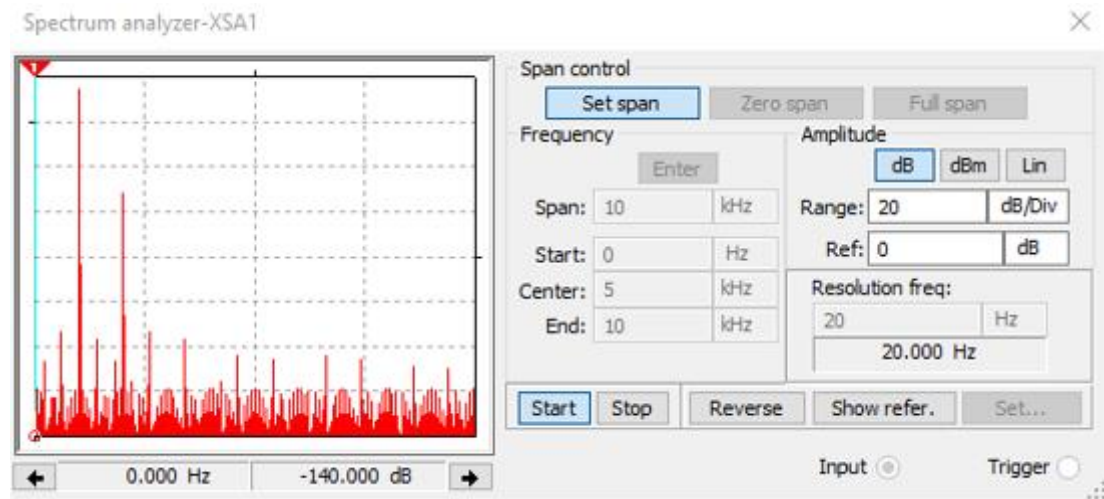
Señal 2



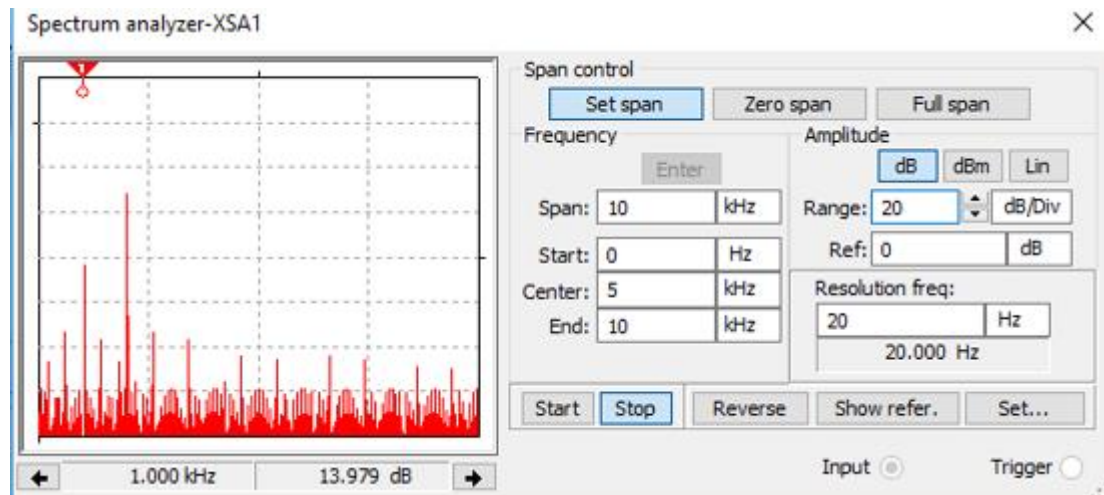
Señal 1



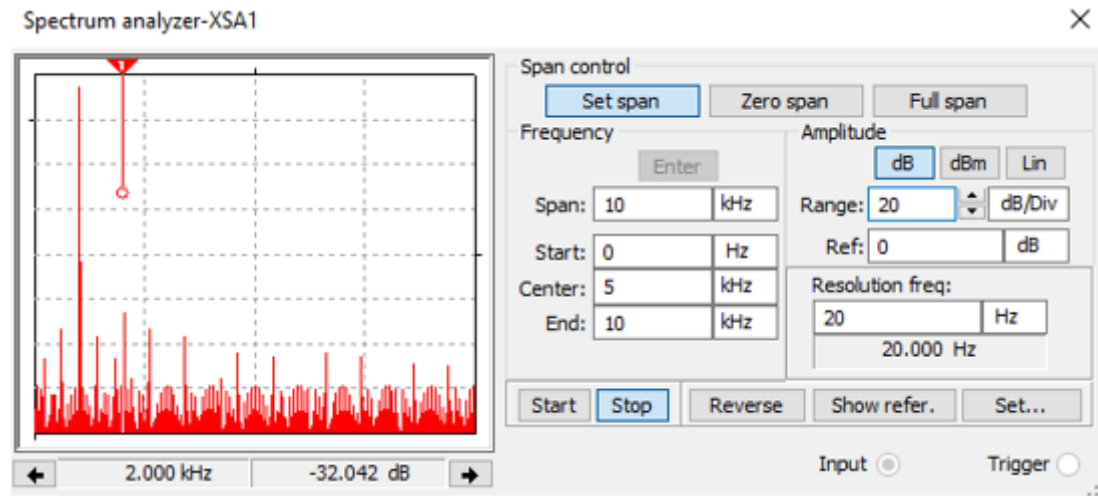
9. Cambie la escala del analizador de espectros a dB y mida la diferencia de amplitud de las dos componentes espectrales en decibels. Utilice una conversión matemática para calcular el valor del voltaje de la señal de 2 kHz, conociendo el voltaje de la señal de 1 KHz. Incluya sus cálculos y comentarios.



Para 1kHz



Para 2kHz



$$V1 = 13.979 \text{ dB}$$

$$V2 = x$$

$$G = 20 \log V2/V1$$

$$-\Delta G = 20 \log V2/V1$$

$$-(13.979 - (-32.042)) = 20 \log V2/V1$$

$$-46.021 = 20 \log V2/5Vp$$

$$-46.021/20 = \log V2/5Vp$$

$$-2.3010 = \log V2 - \log 5$$

$$-2.3010 + \log 5 = \log V2$$

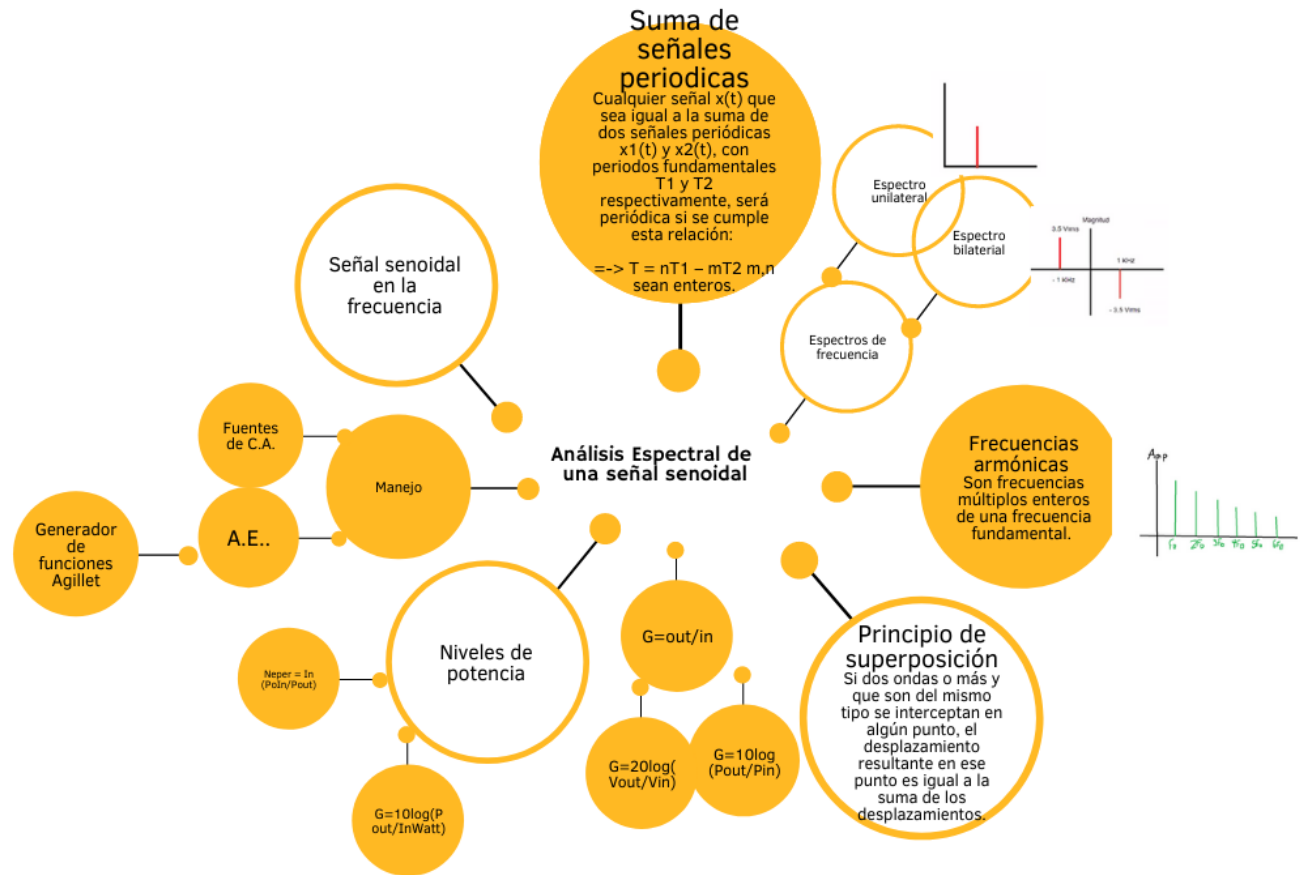
$$\log v2 = -1.602$$

$$V2 = 10^{-1.602} = 24.49 \text{ mV}$$

10. Anote comentarios y conclusiones de la práctica.

Se cumplieron los objetivos establecidos al inicio de la práctica, se analizaron señales senoidales en el dominio de frecuencia, se aplicaron los principios de superposición en el análisis espectral y se conoció la utilidad de los dB y los dBm.

Mapa Mental



Conclusiones

Con el desarrollo de esta práctica, se entendieron las propiedades de la transformada de Fourier y de una manera importante como se trabajó con las herramientas del simulador como los generadores Agilent y con el analizador de espectro. Pudimos ver que la tienen propiedades de linealidad y homogeneidad, vimos como los decibels nos permite ver de forma más clara ver las magnitudes que hay entre señales. Se analizaron señales senoidales en el dominio de frecuencia, se aplicaron los principios de superposición en el análisis espectral y se conoció la utilidad de los dB y los dBm.