

Tecnología de las Comunicaciones I

TP Obligatorio 1

Comisión: **2K**

Grupo: **7**

Integrantes del Grupo:

Agustin Ariel Di Paolantonio

Daiana Gisele Campott

Gerardo Rodolfo Tordoya

Hernan Cortes

Leticia Gabriela Lenschen

Nota: Previo a la realización de este TP leer el Apunte “**Tres Teoremas**” Semeria – López. Conteste solamente en los lugares dedicados a tal fin, luego **suba con formato PDF** a la plataforma ULTRA.

- Los textos respóndalos en WORD (**en COLOR AZUL**)
- Los gráficos son a MANO, pueden ser dibujados en hoja aparte y luego pegar una foto.
- Las capturas de pegan en los lugares indicados **ÚNICAMENTE**

- 1- ¿Qué dice el teorema de **Fourier**? De un ejemplo de uso cotidiano destacando la aplicación del Teorema, no utilice fórmulas, no utilice copiar /pegar. Solo texto no dibujos. **Use Color azul**

El teorema de Fourier plantea que toda señal periódica, que sea continua en el segmento a-b (o sea acotada) y que además tenga una finita cantidad de valores máximos y mínimos dentro de un periodo, como así también de discontinuidades, puede ser representada como la sumatoria de infinita de senos y cosenos.

También describe una diferenciación entre la frecuencia de la onda primaria (fundamental) y su componentes que se van agregando en la sumatoria, los cuales se llaman Términos. A estos últimos se los conoce también como armónicos y en base a lo comentado se deduce que son frecuencias que dependen de la fundamental y que por ende tienen menor preponderancia que la primera, siendo la serie de Fourier la fórmula que permite ponderar, en su amplitud, en la sumatoria de las mismas el peso específico que cada una de ellas irá teniendo.

Nos permite pasar de una serie temporal compleja a una suma de ondas.

Y también podemos dibujar esto en un mapa de frecuencias. Utilizando la frecuencia como medida para diferenciar las diferentes ondas.

Un ejemplo típico es la composición de una onda Cuadrada la cual está compuesta por infinitas ondas sinusoidales de frecuencias impares a la fundamental.

En el uso cotidiano encontramos que el teorema de Fourier es usado como base de codificación de casi cualquier archivo de audio digital.

Está ok. Tomen en cuenta que todo lo que dicen deben poder explicarlo

**UAI****Universidad
Abierta
Interamericana**

2. ¿Qué dice el Teorema de **Nyquist** para el muestreo? ¿Para que se puede utilizar en Telecomunicaciones? **Use Color azul**

Nyquist demostró que toda señal limitada en banda se puede recuperar completamente muestreándola, como mínimo, al doble de su máxima frecuencia. De esta manera, en lugar de enviar toda la señal por un medio de comunicación, bastará con enviar solamente 2 muestras de la misma por cada período (ciclo) para que un filtro pasa bajos pueda recuperar el total de la señal original del otro lado del canal de comunicación. A esta señal de muestreo se la denomina "Frecuencia de Nyquist".

Supongamos una señal "real" del mundo físico, una señal de audio o una electromagnética. En general, estas señales "reales" son variaciones en la medición de una magnitud. Si se quiere almacenar digitalmente esta señal analógica "real", no cabe. Necesitaría memoria infinita para almacenar su infinito grado de detalle. Así que de alguna forma tengo que simplificarla. Y simplificar, casi siempre, supone perder información. La forma más sencilla e intuitiva de digitalizar nuestra señal "real" es muestrearla, es decir, tomar mediciones a intervalos regulares y almacenarlos. Esta lista de números, es nuestra señal digital.

3. ¿Qué dice el Teorema de **Shannon**? De un caso de uso cotidiano en que se vea que se cumple el teorema. No ponga fórmulas. **Use Color azul**

El teorema de Shannon establece la capacidad de un canal para transmitir información teniendo en cuenta el ancho de banda de canal, la capacidad máxima de transmisión del mismo pero teniendo en cuenta el factor de ruido que puede afectar a un canal, para lo cual establece dentro de su fórmula la relación entre señal y ruido.

Un ejemplo de esto podría ser el cálculo de un cable coaxial teniendo en cuenta su ancho de banda 2000 hz, y una relación señal ruido de 2000 la capacidad del canal será de 21950 bps.

4. ¿Qué mide el **bit**? ¿Qué relación tiene con la probabilidad de ocurrencia de un evento? **Use Color azul**

El bit (unidad de información que, en el contexto de la teoría de la información, mide la incertidumbre en un evento) se define como la cantidad de información necesaria para distinguir entre dos posibles resultados equiprobables. Es decir, si un evento tiene dos resultados igualmente probables, se requiere un bit de información para describir cuál de los dos ocurrió. Por ejemplo, lanzar una moneda equilibrada tiene dos resultados posibles: cara o cruz. Por lo tanto, la información necesaria para describir el resultado de un lanzamiento de moneda es de 1 bit.

La relación entre el bit y la probabilidad de ocurrencia de un evento se basa en el concepto de entropía. La entropía es una medida de la incertidumbre o aleatoriedad en un conjunto de datos, y se mide en bits. Cuanto mayor sea la probabilidad de ocurrencia de un evento, menor será la incertidumbre asociada y, por lo tanto, menor será la cantidad de información requerida para describir ese evento. Por el contrario, si un evento tiene baja probabilidad de ocurrencia, se necesita más información para describirlo, lo que se refleja en una mayor cantidad de bits.



5. ¿Qué es entropía en el ambiente de las telecomunicaciones? ¿Qué mide la **entropía** de una fuente de señales? **Use Color azul**

Técnicamente, la entropía se calcula como la cantidad promedio de información necesaria para representar cada símbolo en una fuente de información. Se mide en bits y se relaciona con la probabilidad de ocurrencia de los diferentes símbolos en la fuente. Cuanto mayor sea la entropía, mayor será la incertidumbre y la cantidad de información necesaria para representar los datos.

En el contexto de las redes de comunicación, la entropía es utilizada para analizar la eficiencia de los algoritmos de compresión de datos. Si una fuente de información tiene alta entropía, significa que contiene una gran cantidad de información aleatoria y es más difícil de comprimir. Por otro lado, si la entropía es baja, significa que hay una regularidad en los datos y es posible comprimirlos de manera más eficiente.

6. Defina Ruido Térmico. ¿Es evitable? ¿Por qué? **Use Color azul**

El ruido térmico es un tipo de ruido aleatorio generado por la agitación térmica de los electrones en un conductor o en un dispositivo electrónico. Este ruido está presente en todos los componentes electrónicos y circuitos, y se manifiesta como una señal eléctrica no deseada que se mezcla con la señal útil en un sistema de comunicación.

El ruido térmico es inevitable debido a la naturaleza misma de la agitación térmica en los materiales conductores. A medida que los electrones se mueven aleatoriamente debido a la temperatura, generan fluctuaciones de voltaje y corriente que se suman a la señal original. Este ruido tiene una distribución de amplitud uniforme en un amplio rango de frecuencias, lo que significa que su energía está distribuida en todo el espectro.

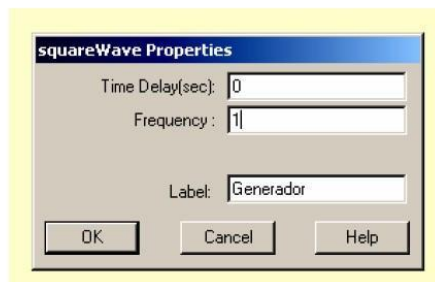
Comenzaremos ahora a trabajar con el **Simulador VisSim Comm**, es decir la versión adaptada para telecomunicaciones.

Cuando se solicite captura de gráficos estos deben ser fácilmente legibles, eso significa que los gráficos deben tener una escala que permita su rápida lectura e interpretación. Recuerde que lo importante NO ES hacer mecánicamente el TP sino la interpretación que Ud. da a los resultados obtenidos

7) Con Simulador VisSim. Abra el VisSim 5.0 comm, con hoja en blanco y agregue un generador de onda cuadrada y dos graficadores (plot)

a) Configuración inicial

Inserte un generador de onda cuadrada
Block - Signal Producer -
squareWave
Abra el generador con un doble click
Time Delay : 0
Frecuencia : 1





Reconocida internacionalmente por la acreditadora CQAIE (Washington, USA)

UAI Universidad Abierta
Interamericana

Plot Properties

Options | Labels | **Axis** | Appearance | Traces

Y Upper Bound: 1.1
Y Lower Bound: -0.1
X Upper Bound: 4
X Lower Bound: 0
Time Scaling: None
Sub Plot Count: 1

Axis Divisions:
☐ Fixed Tick Count
X Divisions: 0
Y Divisions: 0

Retrace Options:
☐ Retrace Enabled
Start Time: 0
End Time: 10
Interval: 1

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Inserte un graficador
block - signal consumer – plot

Abra el Graficador
En la solapa Axis Y
Upper bound 1.1
Y Lower Bound -0.1

Note que se eligen los límites del eje Y de forma tal que el grafico no quede apoyado sobre el eje de las Xs

Plot Properties

Options | Labels | **Axis** | Appearance | Traces

Y Upper Bound: 0.2
Y Lower Bound: 0
X Upper Bound: 10
X Lower Bound: 0
Time Scaling: None
Sub Plot Count: 1

Axis Divisions:
☐ Fixed Tick Count
X Divisions: 0
Y Divisions: 0

Retrace Options:
☐ Retrace Enabled
Start Time: 0
End Time: 10
Interval: 1

Aceptar Cancelar Aplicar Ayuda

Inserte otro graficador pero esta vez configúrelo como **“frequency Domain”**

“Y Upper bound”=0.2 “X Upper Bound ”= 10.

“Y Lower bound ”= 0”
“Y Lower Bound ”0

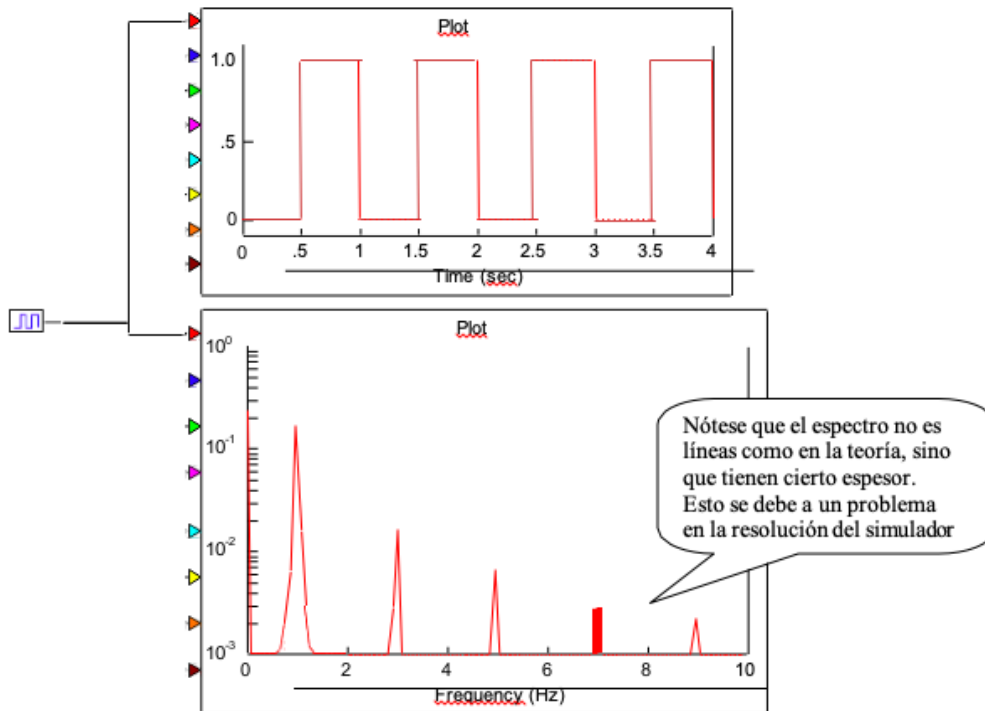
Conéctelo también al generador de onda cuadrada. Hágalo correr con F5. Deberá obtener un gráfico similar que se presenta a continuación.



Reconocida internacionalmente por la acreditadora CQAIE (Washington, USA)

UAI

Universidad Abierta
Interamericana



8) Sobre el gráfico de Forma de Onda y Espectro anteriores,

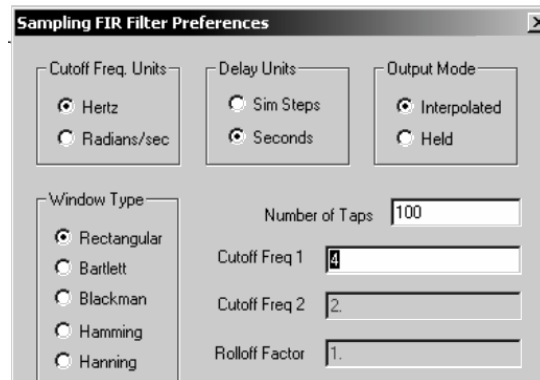
- a) Lea el período de la señal en el gráfico en **función del tiempo**. **T (periodo) = 1 seg**
- b) Calcule de **Frecuencia de la señal** ($1 / T$) = **1 Hz**
- c) Complete la siguiente tabla. Mida la amplitud de las componentes con una regla sobre la pantalla de la PC. **Use Color azul**

Frec (Hz)	Amplitud Teórica (%)	Amplitud Medida (cm)	Amplitud Medida (%)
1	1	6	100
3	1/3	3.4	56.66
5	1/5	2.4	40
7	1/7	1.4	23.33
	Suponiendo amplitud 1 para la frecuencia 1	Amplitud medida en cm sobre la pantalla	Suponiendo amplitud 1 para la frecuencia 1

Importante: recuerde que la primera armónica se conoce como frecuencia fundamental.

c) Inserte un filtro de 4KHz

Comm - Filters - Sampling FIR



- Configúrelo como se indica en la figura anterior (Con frecuencia de corte 4 Hz, con 100 taps y como "lowpass filter").

¿Que significa que un filtro pasabajo tenga una frecuencia de corte de 4 Hz? Use Color azul

Lo que significa es que dejará pasar frecuencias que se encuentren por debajo de ese umbral. O sea que todo lo que supere a los 4 Hz no le dará paso, caso contrario lo que sea de 4 hz para abajo.

- Inserte dos graficadores como en el caso anterior (uno para función del tiempo y otro en función de la frecuencia) a la salida del filtro, tal como se indica.

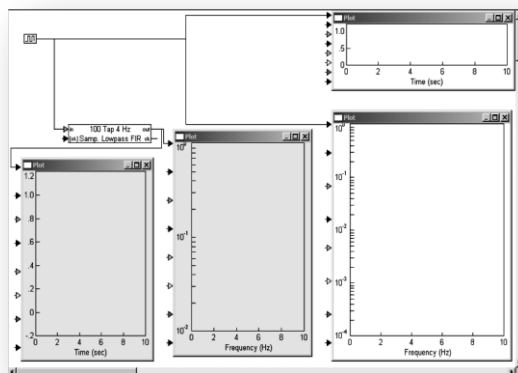


Figura SOLO para orientar en la ubicación de los componentes, no tomar en cuenta las escala. Del filtro solo conecte la entrada IN y la salida OUT

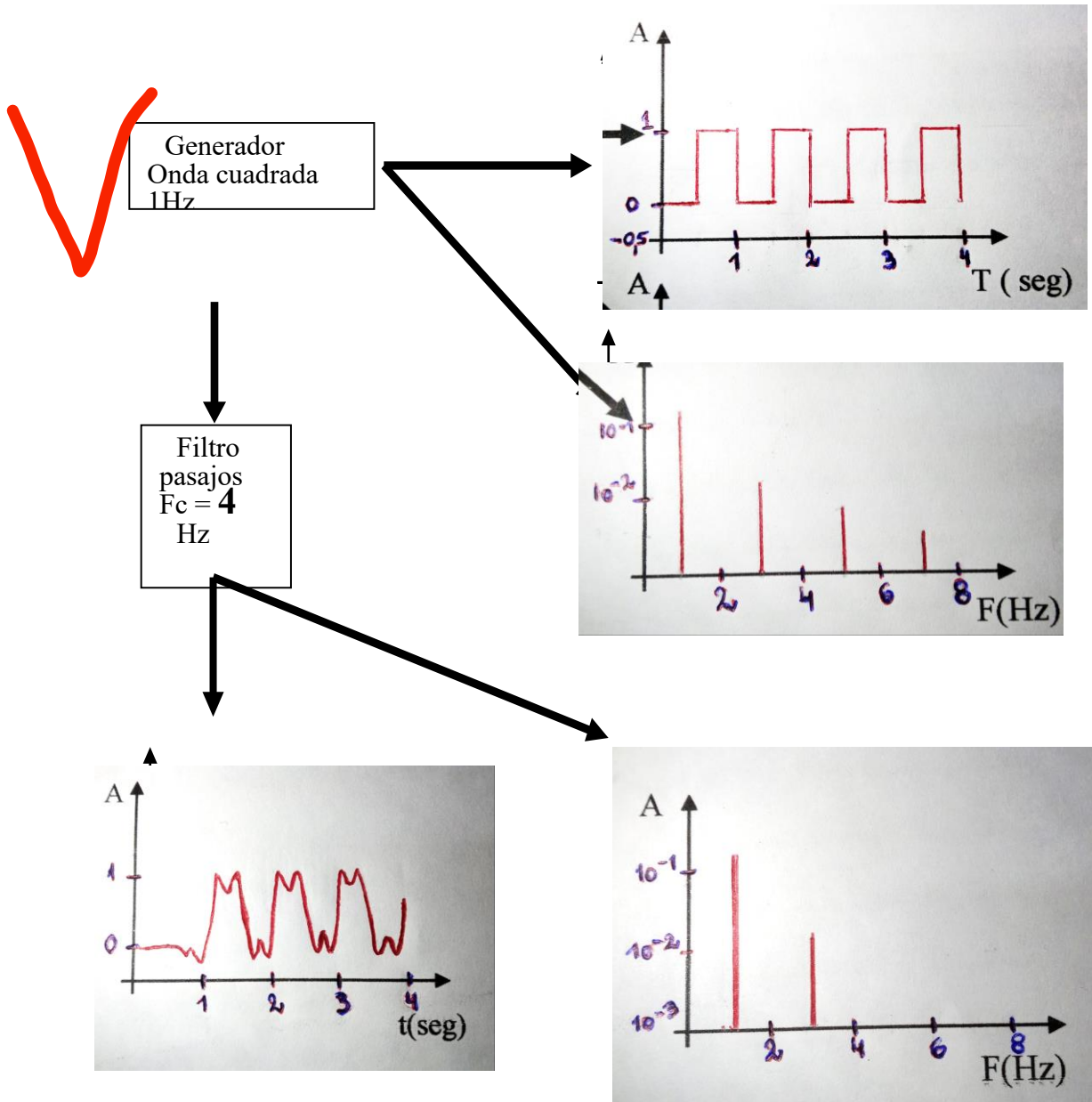
- **Importante:** Tenga cuidado al configurar los límites de los ejes en los diagramas de forma tal de obtener formas entendibles, es decir de fácil visualización.
- Inicie la simulación con **F5** y complete la pantalla, dibujando A MANO sobre la figura de

más abajo:

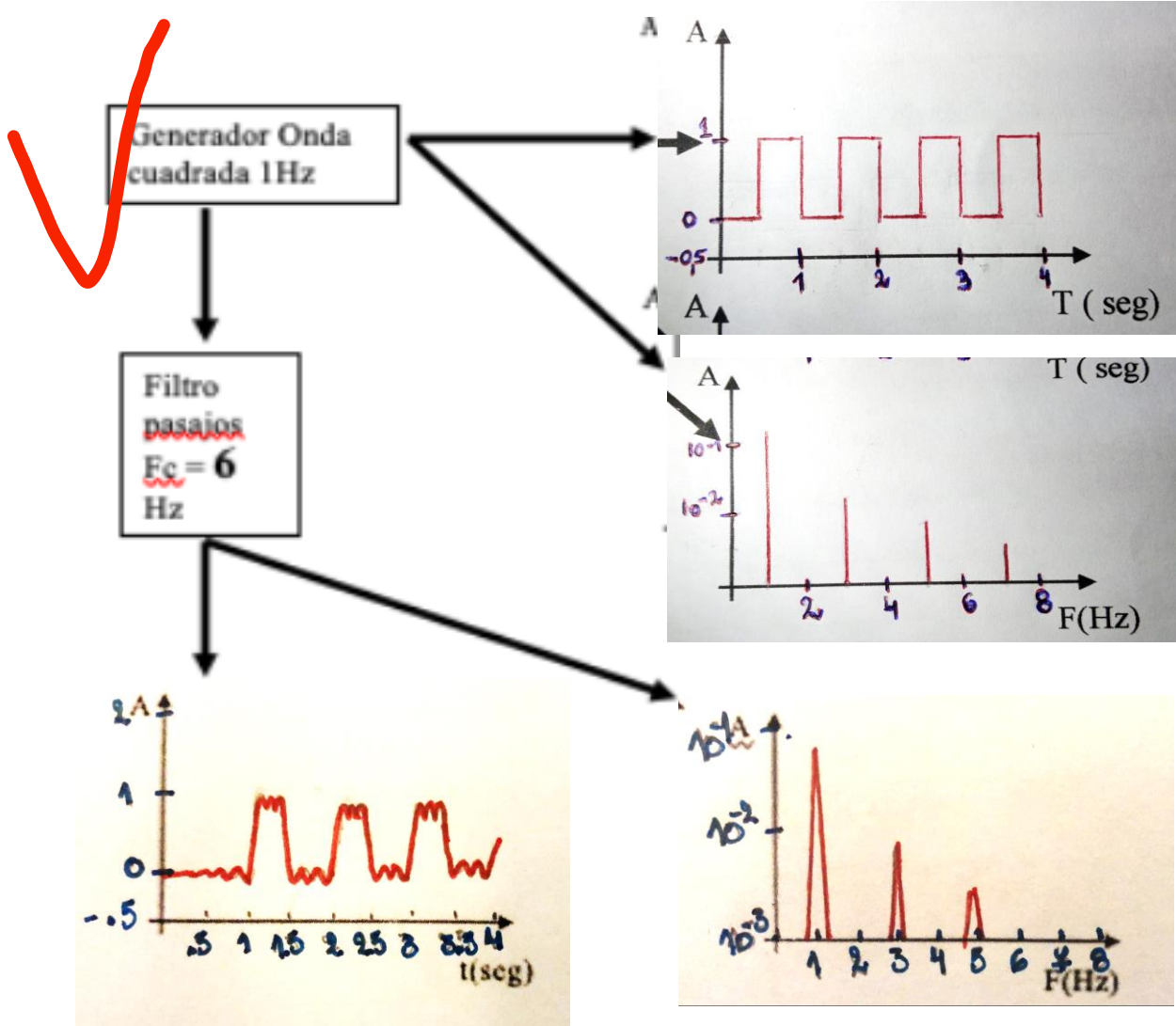
De lo que obtenga de este dibujo deberá luego sacar conclusiones. Por tanto:

- Sea muy prolijo (No se aceptarán dibujos que no permitan interpretar los resultados)
- Dibuje lo que vea lo más exactamente posible
- Elija escalas que le permitan entender lo que está ocurriendo Intente
- prever lo que se graficará y compruebe luego el resultado

Dibuje A MANO sobre el PDF o pegue una foto sobre el WORD. No olvide indicar escalas.



Cambie la frecuencia de corte del filtro por **6 Hz** y repita el punto anterior.



a) Compare los gráficos de **forma de onda** para filtrado en 4 y en 6 Hz. ¿Qué observa? ¿Por qué ocurre?

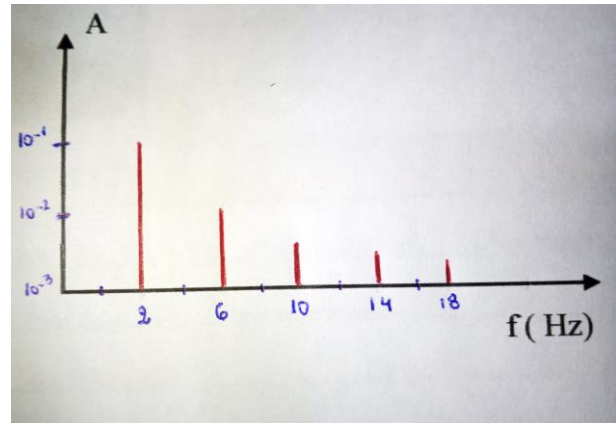
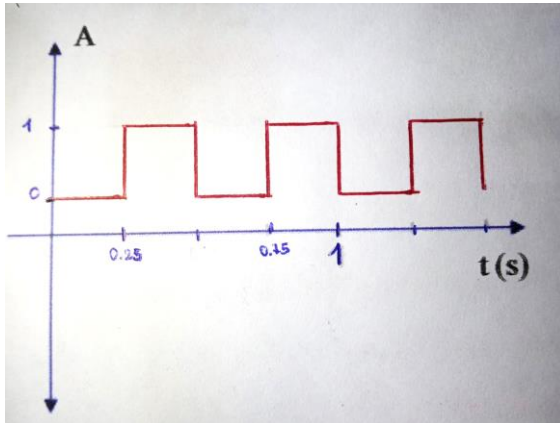
Lo que se observa como diferencias entre ambos resultados provenientes de cada filtro es que en el filtro pasabajos con corte de frecuencia en 4 Hz hay menos cantidad de armónicos que en el del filtro pasabajos con corte de frecuencia en 6 Hz. Esto se puede ver claramente en el gráfico el cual tiene dominio de frecuencias.

Por otra parte en el gráfico de dominio temporal se observa claramente que la forma de onda deja de parecerse a una onda cuadrada y tiende a lo que se denomina: "muela". Esto sucede porque el filtro con corte de frecuencia más grande, deja pasar mayor cantidad de armónicos y por ende cambia la composición espectral.

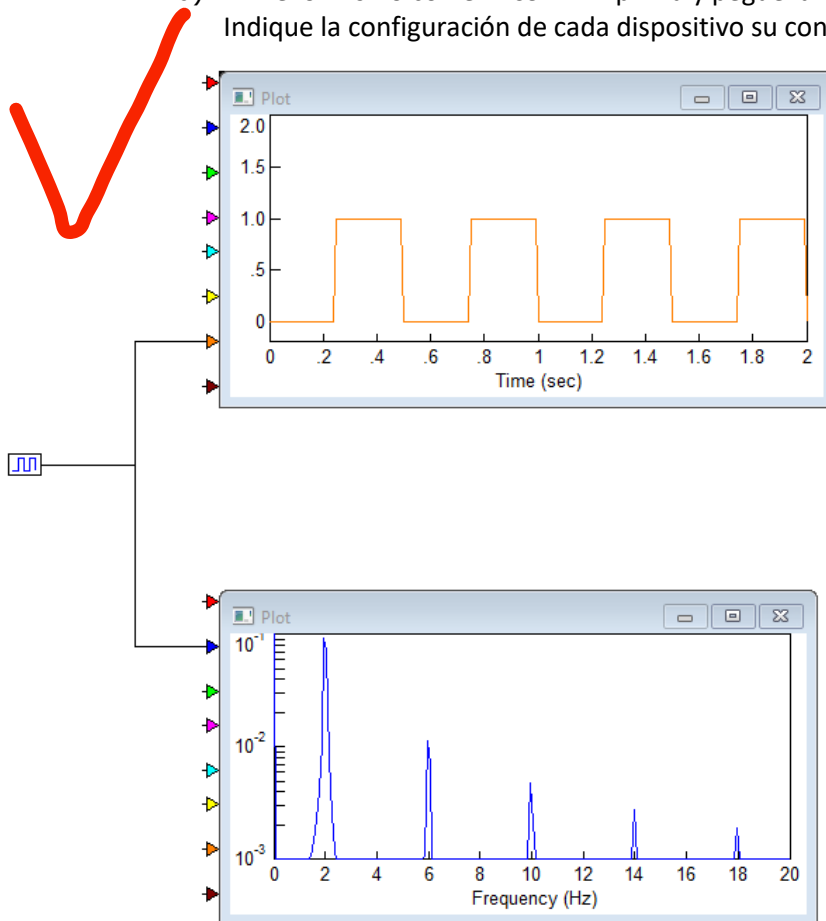
Ejercitación y Problemas

- a) Dibuje A MANO una onda cuadrada de **2 Hz**, Tanto en función del tiempo como de la frecuencia. Indique escalas en los ejes.

NOTA: Sea muy prolijo en los dibujos



- b) Arme lo mismo con el **VisSim**. imprima y pegue la maqueta a simular y los gráficos obtenidos. Indique la configuración de cada dispositivo su configuración.



Y Upper Bound: 2
Y Lower Bound: -0.2

X Upper Bound: 2
X Lower Bound: 0

Y Upper Bound: 0.1
Y Lower Bound: 0

X Upper Bound: 20
X Lower Bound: 0

c) Compare y explique las diferencias con la teoría si las hubiere.

En este caso no se presentan diferencias con la teoría. Podemos observar claramente como hay dos ciclos de la forma de onda resultante por segundo tanto en lo dibujado a mano como así también en el gráfico de la simulación. Por otra parte también coincide la composición espectral en ambos casos.

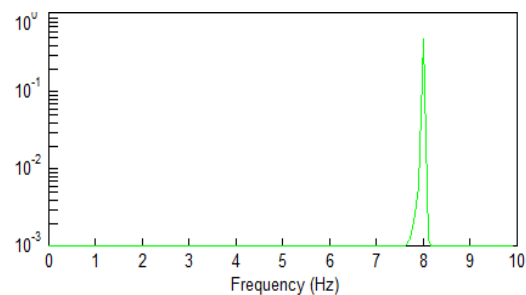
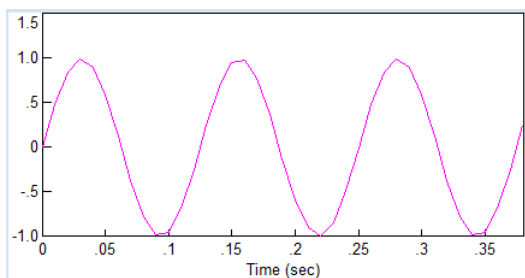
d) Dibuje A MANO 3 ciclos de una onda seno, tanto en función del tiempo como de la frecuencia. $F = 8 \text{ Hz}$; $A = 1 \text{ Volt pico a pico}$



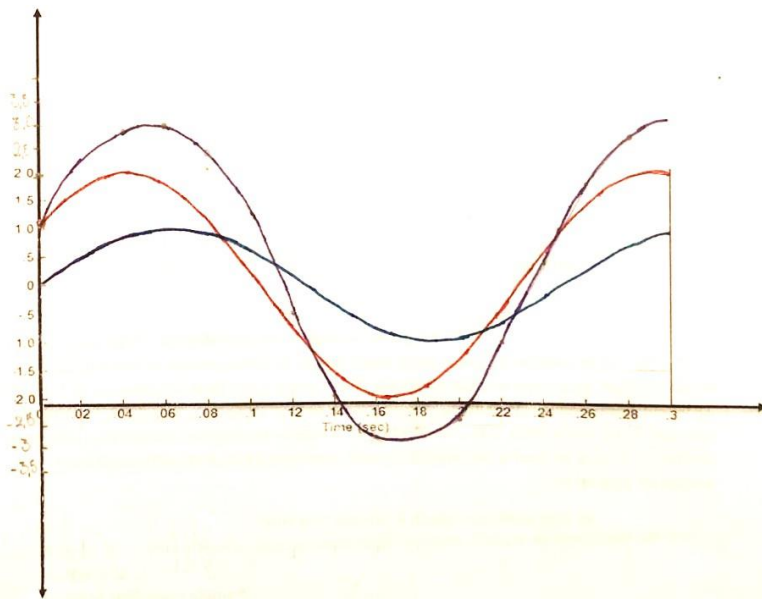
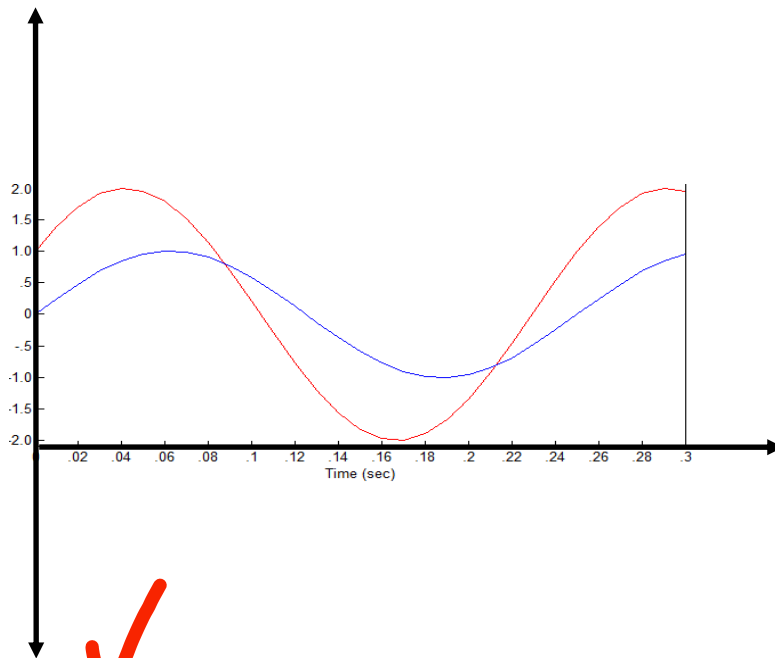
Está ok pero para más claridad es bueno indicar los valores en el cruce por cero



e) Repita el punto anterior con el simulador VisSim. Pegue el resultado en los recuadros.



- f) Dado el siguiente gráfico dibuje A MANO el resultado de la suma de las dos señales. Continúe el eje Y como lo considere necesario

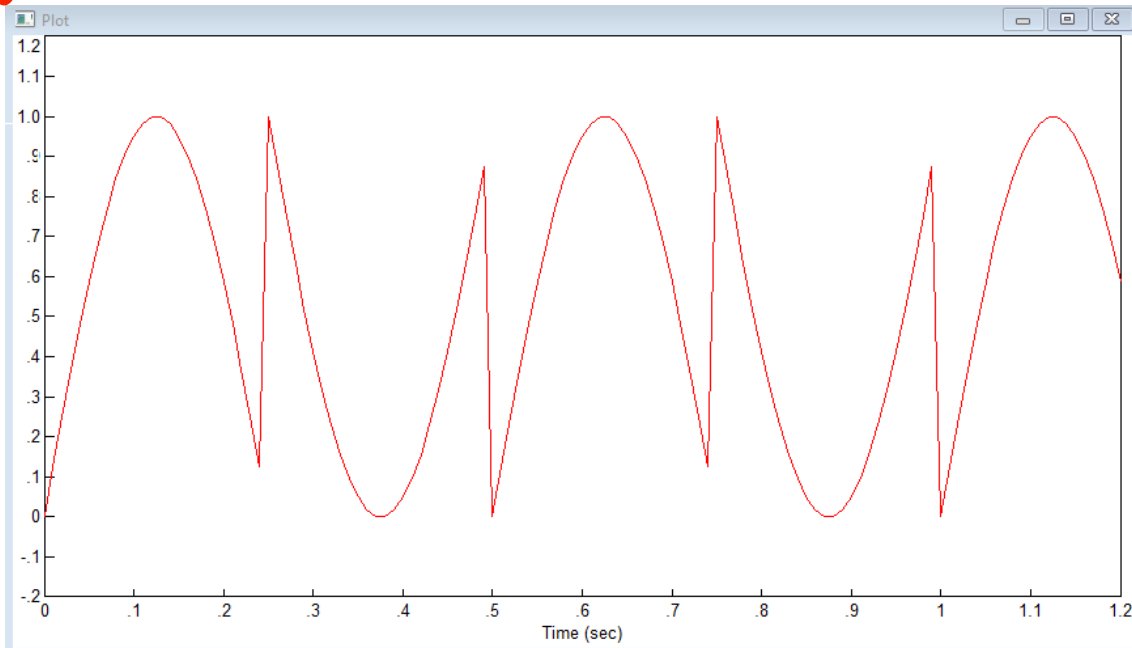


Indique

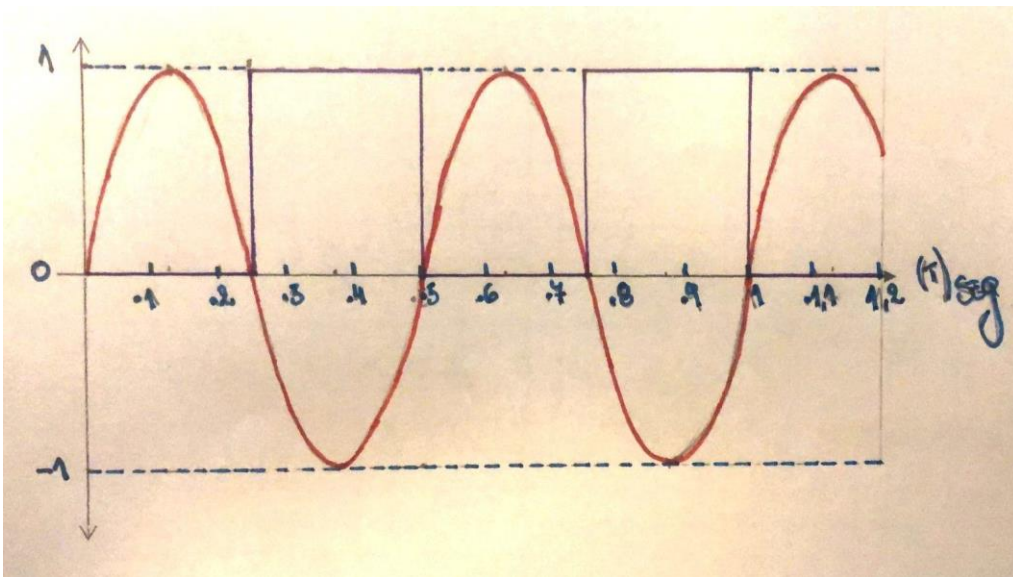
- b) Frecuencia de señal azul: 4 Hz
- c) Frecuencia de señal roja: 4 Hz
- d) Fase en segundos entre señal azul y roja: 0.02 seg

g) Indique cuales son las dos señales que sumadas dan el resultado de la figura siguiente

- Señal 1: Sinusoide de 2 Hz
- Señal 2: Onda Cuadrada RZ de 2 Hz

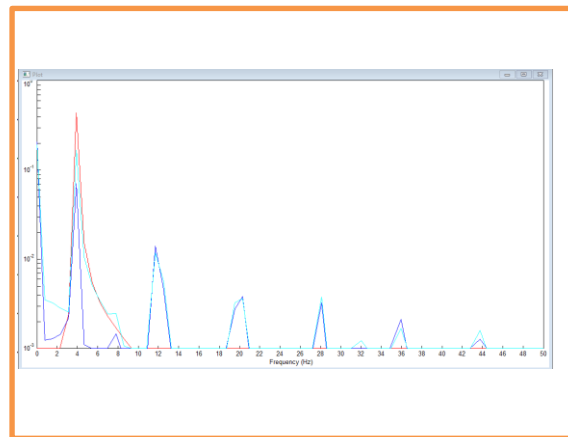
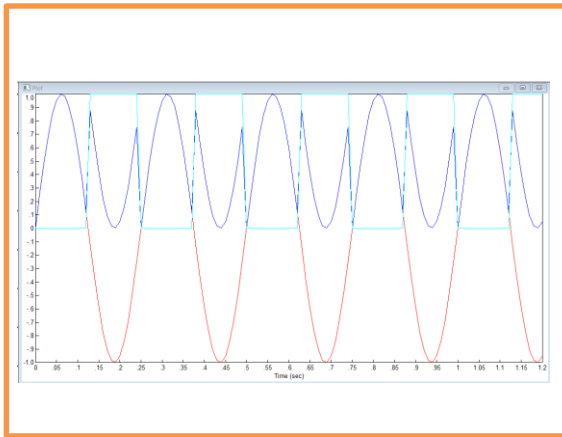


Dibújela A MANO la señal 1 y la señal 2 en el siguiente grafico indicando escalas.



h) Repita el punto anterior con VisSim

- Forma de onda, en un mismo gráfico, de las dos señales y de la suma.
- Espectro correspondiente



Explique el gráfico de espectro

Lo que sucede en las representaciones anteriores es que se puede observar claramente que al tener una onda cuadrada RZ en la misma frecuencia que la senoide, al sumarlas la resultante es una onda que no tiene valores negativos, pero sin embargo respeta forma de la original en cierta manera. La principal observación sobre lo recién comentado se debe a que la onda cuadrada coincide en parte de ciclo (de manera exacta con la de la senoide) en su ciclo positivo (o sea valor constante de uno) en el momento en que la senoide entra en su curva de valores negativos. Como consecuencia de lo recién descrito, podemos ver como en la resultante es como si se pasara el ciclo negativo de la senoide a valores positivos equivalentes siendo abruptos los momentos en los cuales la onda cuadrada entra o sale al valor de 1.

Por otra parte, cuando hacemos el análisis de la composición espectral se denota que la resultante tiene algunos armónicos en su composición, si bien no son la misma cantidad de armónicos que presenta la onda cuadrada, tanto es únicamente la fundamental como sucede en la senoide.

Antes de hacer este punto se recomienda ver el video

11) Muestreo

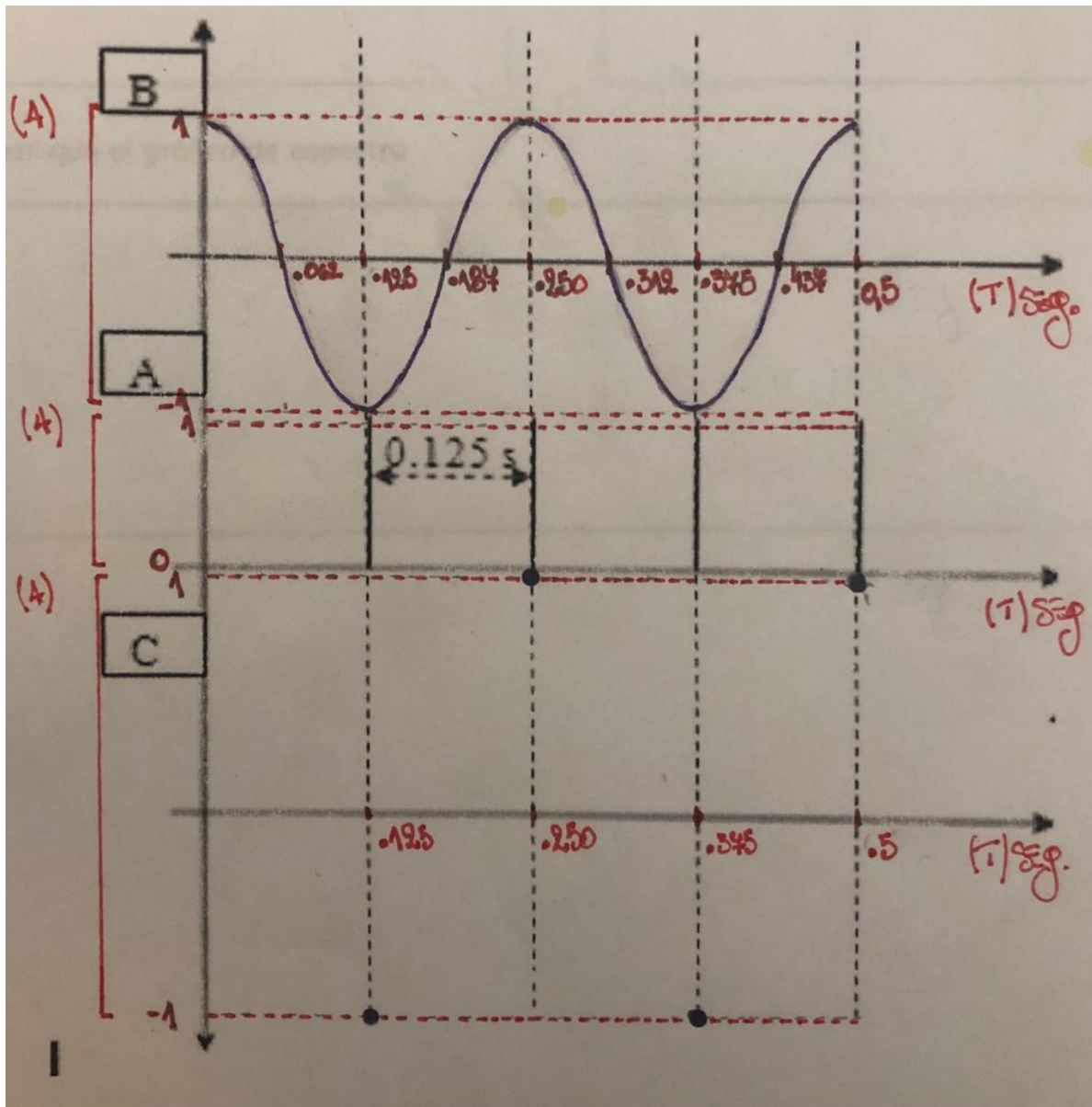
Según el Teorema de muestreo de Nyquist toda señal limitada en banda se puede recuperar completamente muestreándola al doble de su máxima frecuencia. Por ejemplo: una señal de 4Hz se deberá muestrear al menos a 8Hz para poder recuperarla.

Dibuje sobre los ejes dados:

En los ejes A se tiene un tren de pulsos de muestreo de amplitud 1 con un periodo de 0,125 seg, es decir 8 pulsos por segundo (8Hz). Ya dibujados.

En los ejes B se pide dibujar a mano una onda seno que pueda, según Nyquist ser muestreada por el tren de pulsos anterior, esto es de al menos 4 Hz. MUY IMPORTANTE: cuidar que el cruce por cero no sea coincidente con el tren de pulsos.

En los ejes C: Se pide dibujar a mano el producto $A \times B$. Note que solo habrá salida durante el tren de pulsos, por ello se debe cuidar que el cruce por cero de la onda seno no coincida con los pulsos, de lo contrario no se tendrá salida nunca.



Imprima y pegue los resultados indicando de que se trata.

Importante: cuidado en que los pulsos no coincidan con el cruce por cero de la señal de 4Hz.

Salida de **tren de pulsos**. **Forma de onda**
multiplicador. **Forma de Onda**

Salida de **onda seno**. **Forma de onda** Salida del

Grafico A

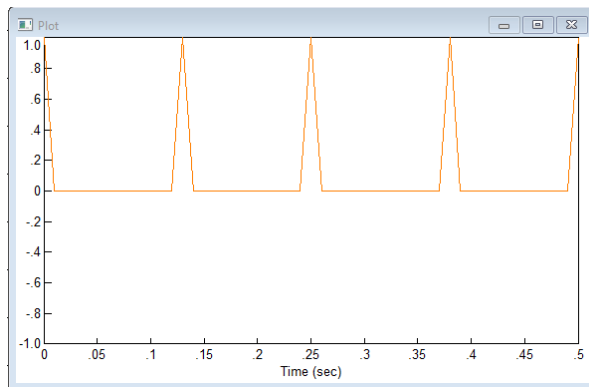


Grafico B

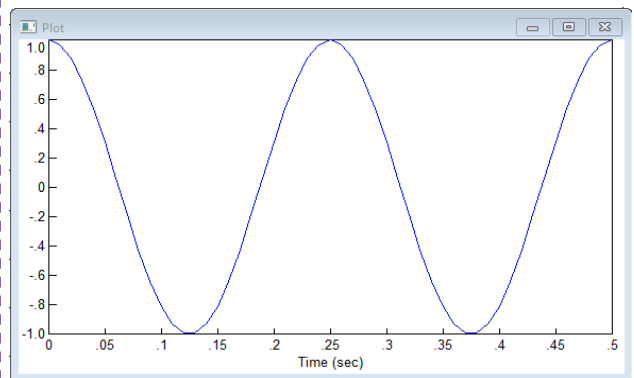
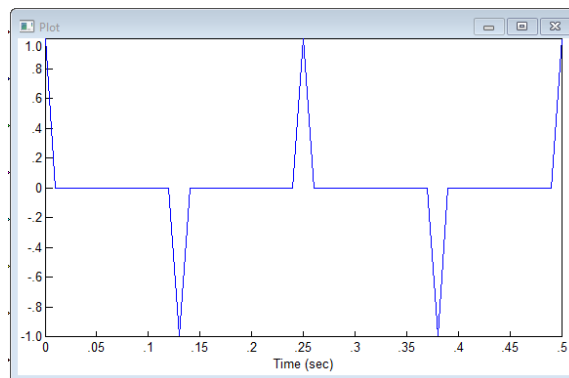


Grafico C



Salida de **tren de pulsos**. **Espectro**

Salida de **onda seno**. **Espectro**

Grafico A

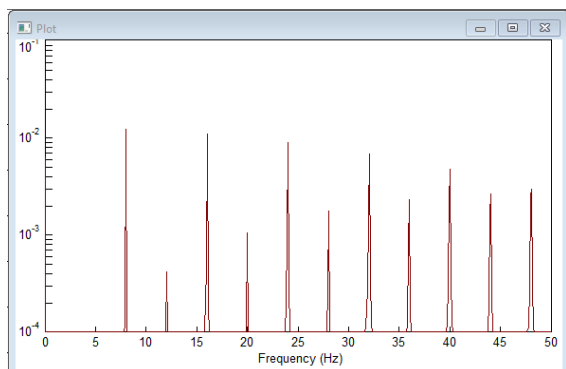
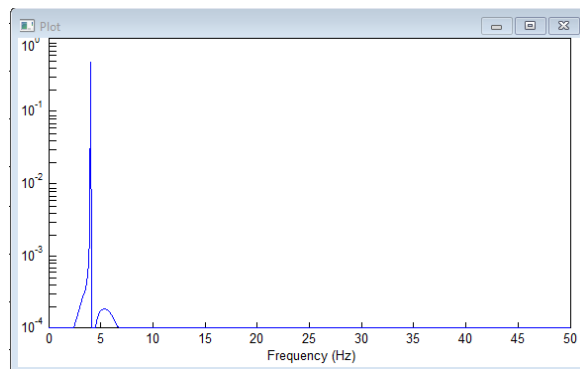
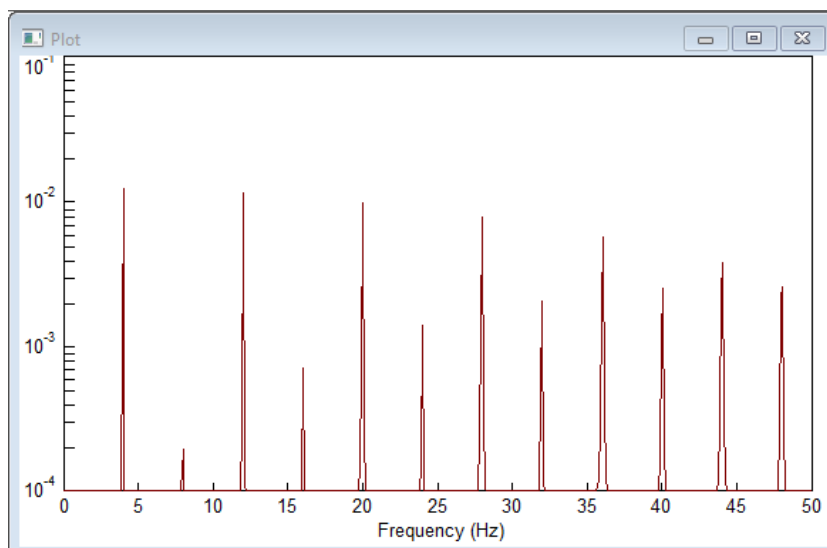


Grafico B



Salida del **multiplicador**. Espectro

Grafico C



Corresponde ahora analizar la **salida del filtro**. Analizando los gráficos C (entrada del filtro) proponga cómo será su salida. Compruébelo con el simulador. Pegue los gráficos superponiendo el **grafico B** de la señal a muestrear con la señal recuperada en la **salida D**

Grafico B + D (tiempo)

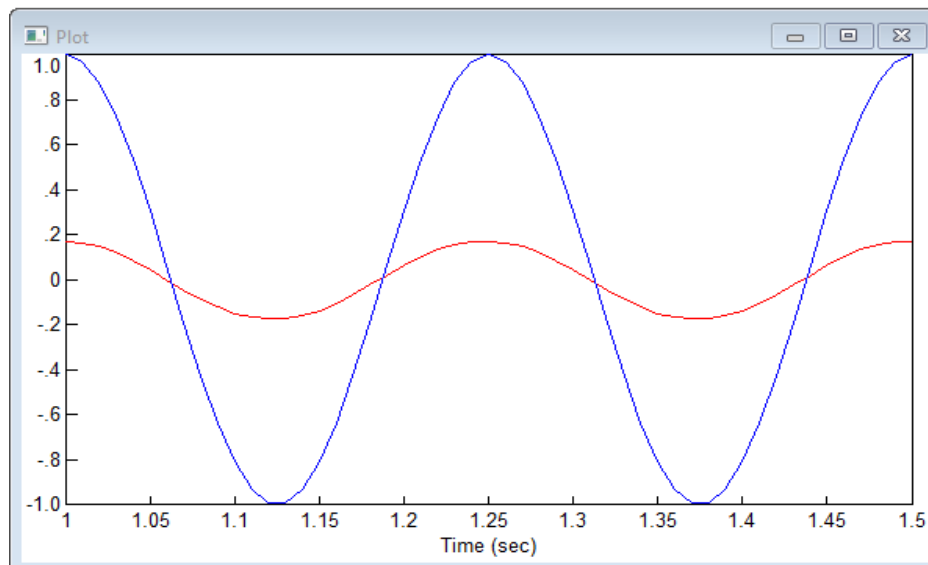
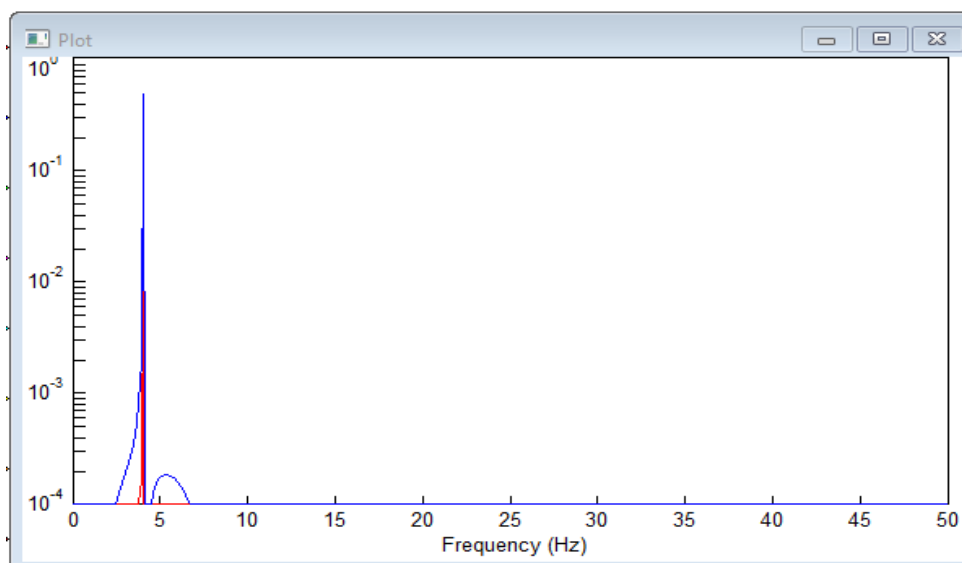


Grafico B + D (frecuencia)



Explique el porqué de los resultados obtenidos.

De los resultados obtenidos se pueden dar varias explicaciones. Vamos a dividir los comentarios en tres partes a fin de ir describiendo cada grupo solicitado en imágenes.

Primero se ha colocado la onda sinusoidal en una fase de modo tal que no coincida con los pulsos que muestran la señal. Luego vemos como en la onda resultante entre la multiplicación de ambas (la onda sinusoidal y el tren de pulso) vemos que se reflejan únicamente los valores

de la senoide en los momentos que la onda de muestreo emite pulso. Segundo, al ver la composición espectral denotamos que en la resultante entre la multiplicación de la senoide y el tren de pulso hay componentes armónicos como similares a la del tren de pulso(onda cuadrada) pero con su fundamental en la frecuencia de la senoide original, o sea 4 Hz. Tercero, por último en el análisis de la salida del filtro versus la onda original vemos que la forma de onda es idéntica en frecuencia que la señal original, sólo que varía en la amplitud y por último con respecto a la composición espectral, sus componentes armónicos son idénticos. Por todo lo mencionado podemos afirmar que se ha reconstruido la señal original con la única diferencia de la amplitud.

¿Qué pasaría si se muestrea con **menor** o **mayor** velocidad que la de Nyquist?

Para ello deberá repetir los punto anteriores con tasa de muestreo de **6 Hz** (menor que Nyquist) y con tasa de muestreo de **10 Hz** (Mayor que Nyquist).

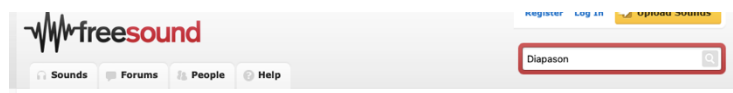
Escriba un informe con sus conclusiones y como la obtuvo a partir de la simulación con VisSim. Pegue los gráficos obtenidos que le permitieron llegar a sus conclusiones para cada uno de los casos anteriores. (Use una hoja adjunta)

*Se agrega la conclusión al final de este documento

12) Interpretación de forma de onda y espectro

Ingresa a la página <https://freesound.org>

Busque Diapasón

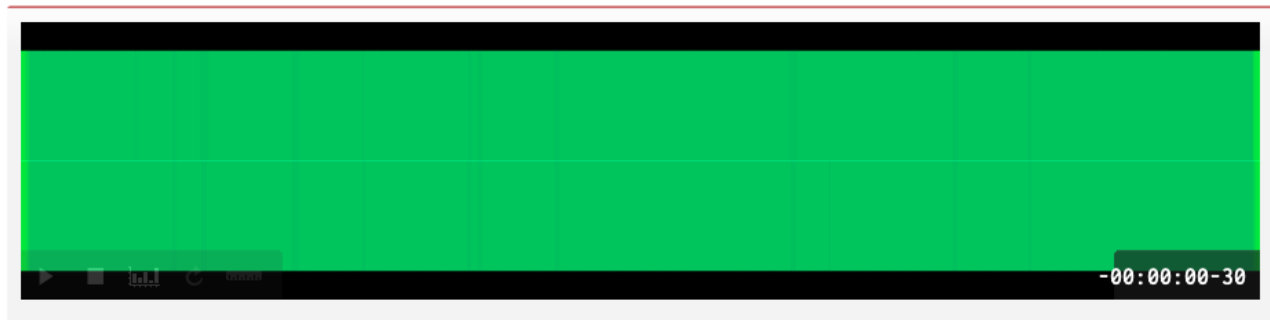


Antes de seguir, ¿Que es un Diapasón 440? ¿Qué tipo de sonido genera?

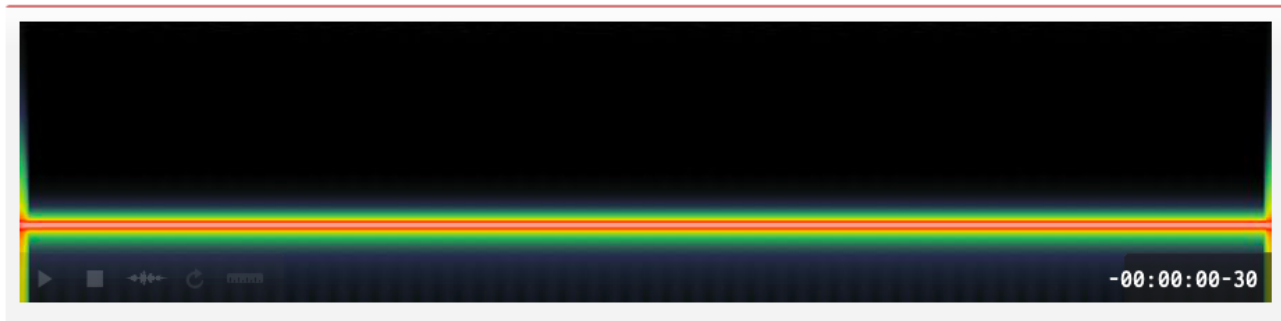
Un diapasón 440 es un pequeño instrumento de metal que produce un tono puro y uniforme de 440 Hz, correspondiente a la nota musical “La”.

Escuche el sonido generado y vea la forma de onda y el espectro que nos da la página.

[NOM Prenom 2018 19 LA440.wav](#)



Y el espectro correspondiente



Saquemos algunas conclusiones siempre tomado en cuenta el sonido que escucha

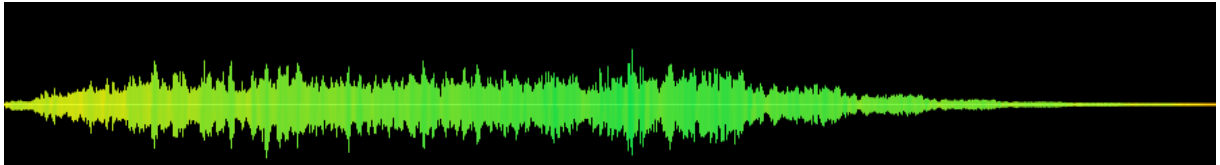
- ¿Varía el volumen? ¿En cuál gráfico se ve? => No
- ¿Varía la frecuencia? ¿en cuál gráfico se ve? => No

No varía su volumen ya que produce un tono constante y uniforme.

En funciona a la frecuencia al estar diseñado para producir una frecuencia constante de 440 Hz no varía su frecuencia

Repita para (Contiene link a la página)

- Flanger Doppler.wav: <https://freesound.org/people/LG/sounds/13555/>

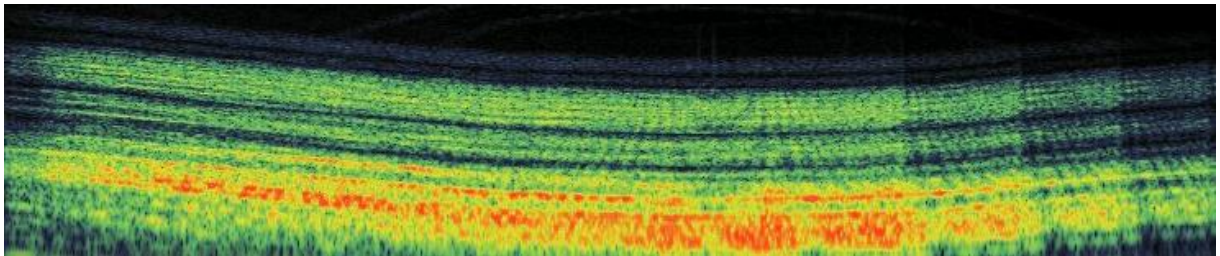


¿Varía el volumen? ¿En cuál gráfico se ve?

Si

¿Varía la frecuencia? ¿en cuál gráfico se ve?

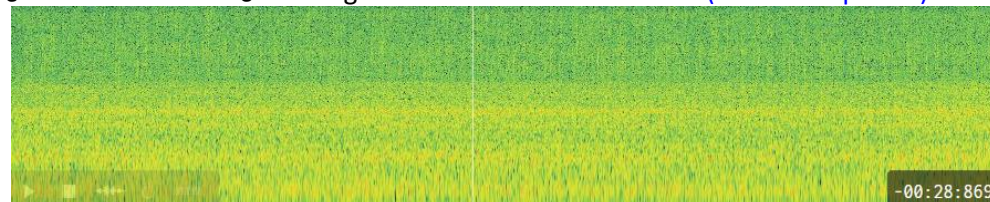
Si



- Heavy Rain Sound - Inu Etc.mp3: <https://freesound.org/people/inuetc/sounds/507902/>

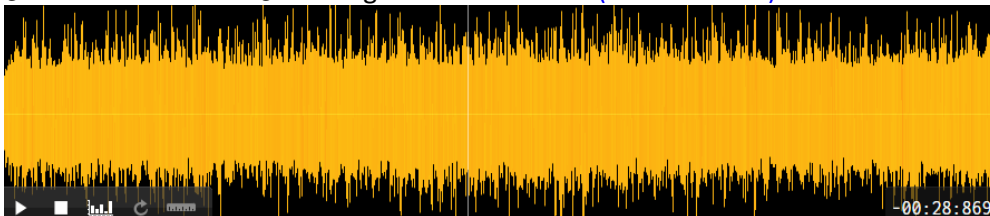
¿Varía el volumen? ¿En cuál gráfico se ve?

No (en el de espectro)

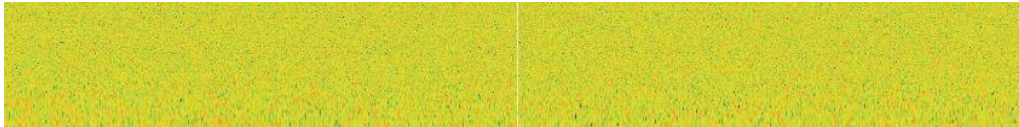
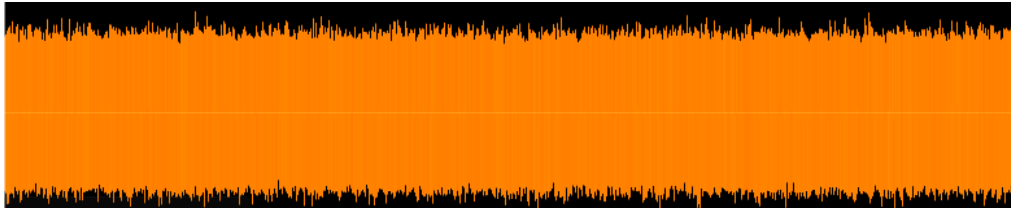


¿Varía la frecuencia? ¿en cuál gráfico se ve?

Si (en el de onda)



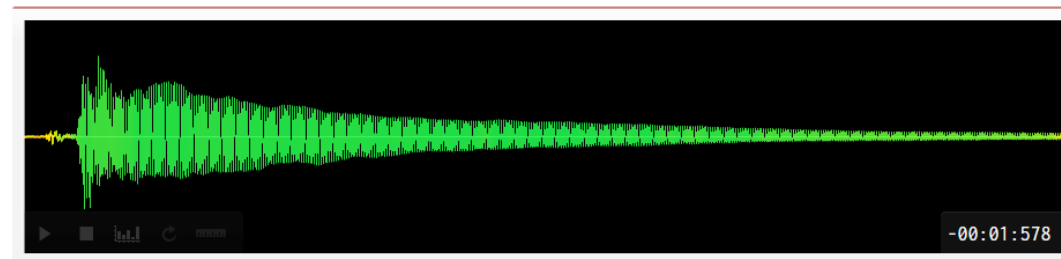
- White noise_ruido blanco: <https://freesound.org/people/JavierSerrat/sounds/494314/>



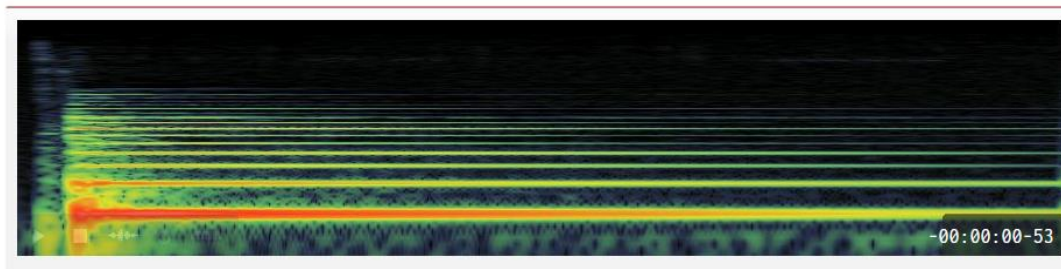
¿Varía el volumen? ¿En cuál gráfico se ve? Si
 ¿Varía la frecuencia? ¿en cuál gráfico se ve? Si

- Do-C.m4a: <https://freesound.org/people/PACWAY/sounds/442980/>

Piano » Do-C.m4a



Piano » Do-C.m4a



- ¿Varía el volumen? ¿En cuál gráfico se ve? => Si, se ve en ambos gráficos
- ¿Varía la frecuencia? ¿en cuál gráfico se ve? => No

Explique la relación que encuentra entre lo que escucha, la forma de onda y el espectro

El espectro de un sonido se refiere a cómo se distribuyen las frecuencias en ese sonido en particular. El espectro de un sonido se puede obtener mediante un análisis llamado “transformada de Fourier” que descompone la señal de sonido en sus componentes frecuenciales. El espectro muestra qué frecuencias están presentes en el sonido y cuánta energía contiene cada una de ellas.

La forma de onda de un sonido puede ser visualizada como una onda sinusoidal simple si el sonido es puro, pero en la mayoría de los casos, los sonidos son más complejos y están compuestos por varias frecuencias y amplitudes diferentes. La forma de onda captura la información sobre la amplitud y la frecuencia del sonido. La forma de onda y el espectro están estrechamente relacionados, ya que la forma de onda determina el contenido frecuencial del sonido y el espectro muestra cómo se distribuyen esas frecuencias.

Criterios de corrección

En la corrección de este Trabajo Práctico, tendremos en cuenta los siguientes criterios:

- La resolución completa del trabajo •
- Respuesta a las preguntas y gráficos solicitados. •

Entrega en tiempo y forma de lo pedido



Utilice estos criterios para anticiparse a los resultados de la evaluación. Adecue su producción a los parámetros señalados.

Si tiene dudas, consulte!

Muestreo de Sinusoide con frecuencia 4 Hz con tren de pulso de 6 Hz

Imagen que superpone la forma de onda de la senoide de 4 Hz a ser muestreada con respecto a la forma de onda del tren de pulso en 6 Hz que se usa para muestrear. Aquí ya se denota que hay una irregularidad entre la periodicidad de ambas.

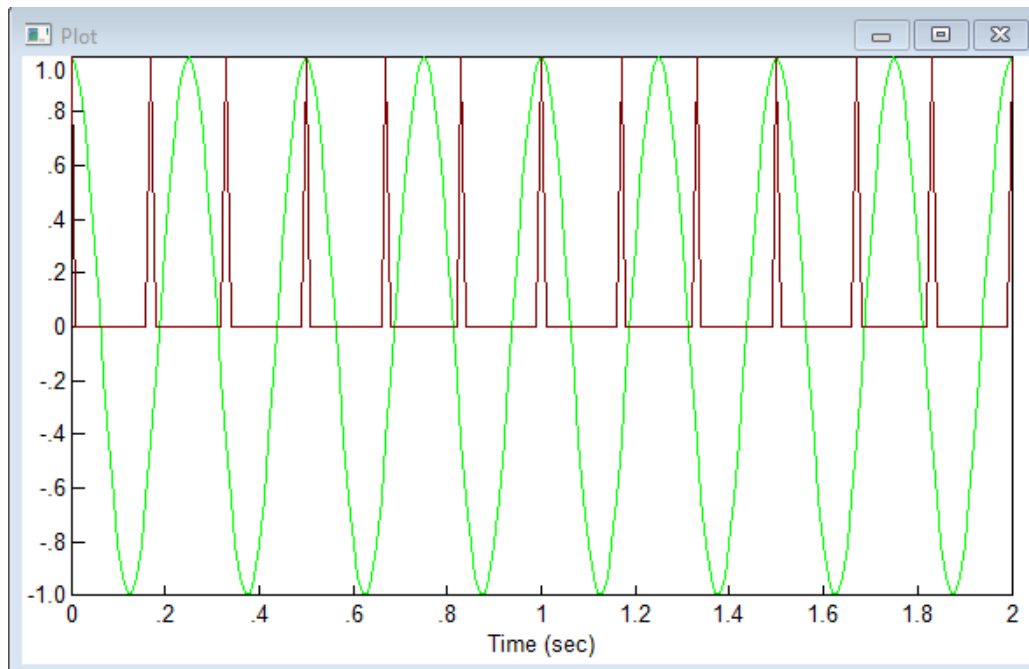
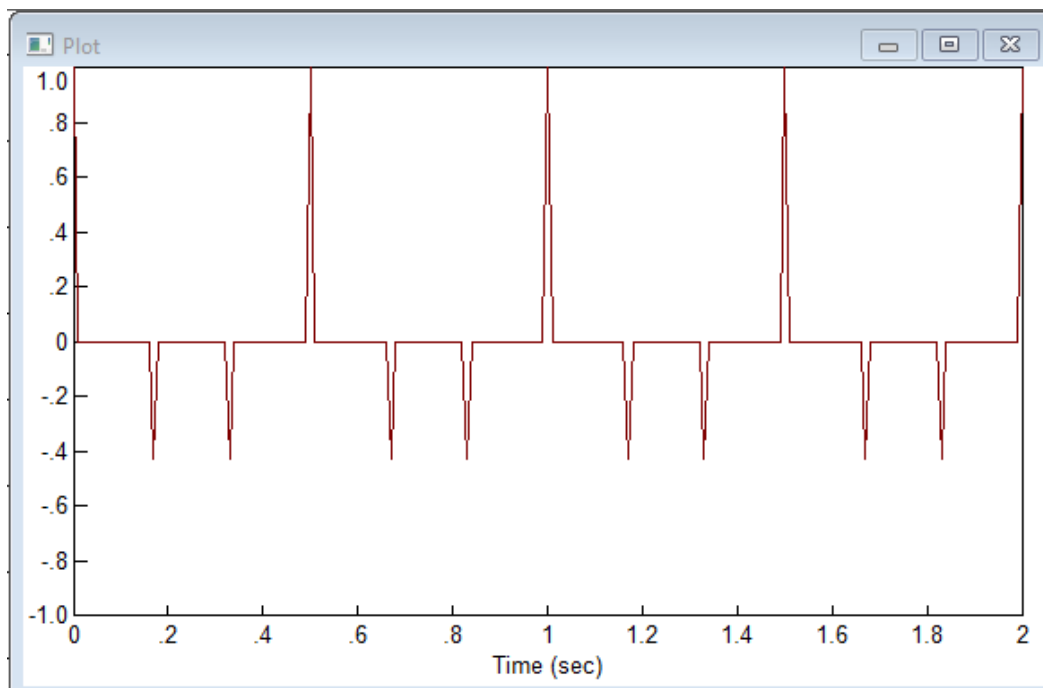
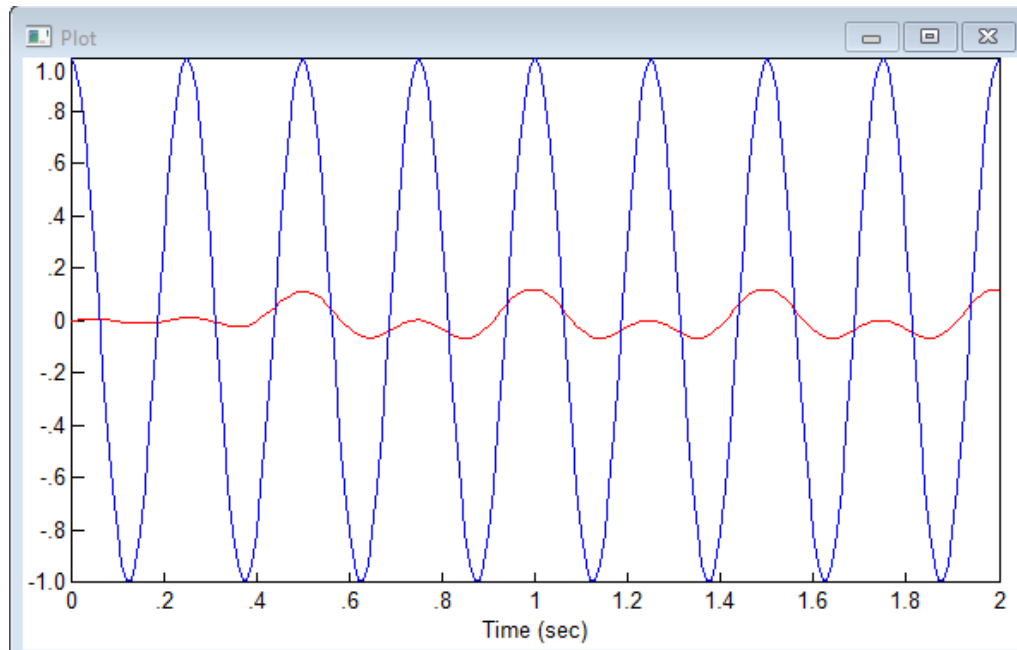


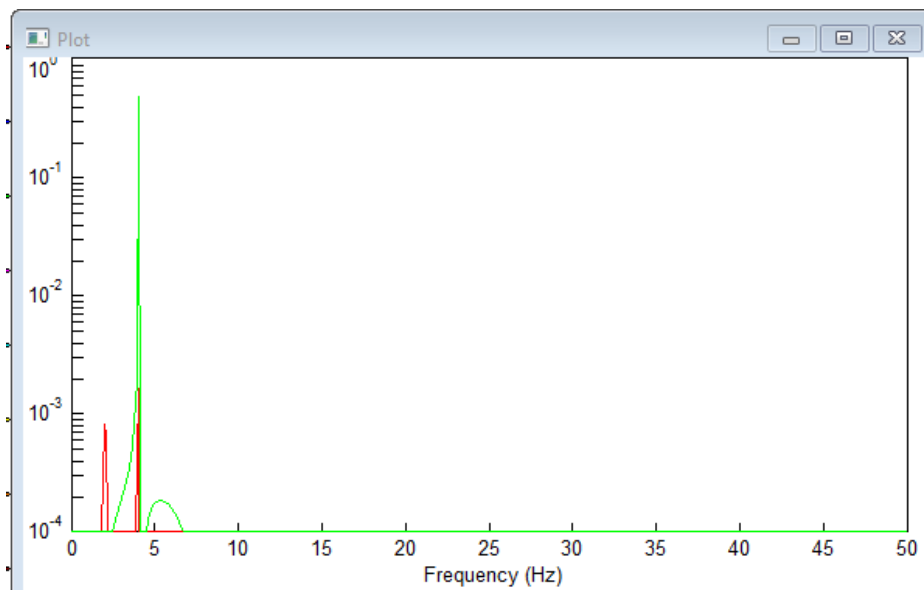
Imagen que marca la forma de onda resultante de la multiplicación entre las señales anteriores. Resultado del muestreo en 6 Hz ante de la reconstrucción.



Forma de onda resultante luego de la reconstrucción con el filtro pasa bajos (Roja) en comparación con la forma de onda original en 4 Hz a ser muestreada. acá ya podemos ver que la periodicidad de la resultante es distinta de la original.

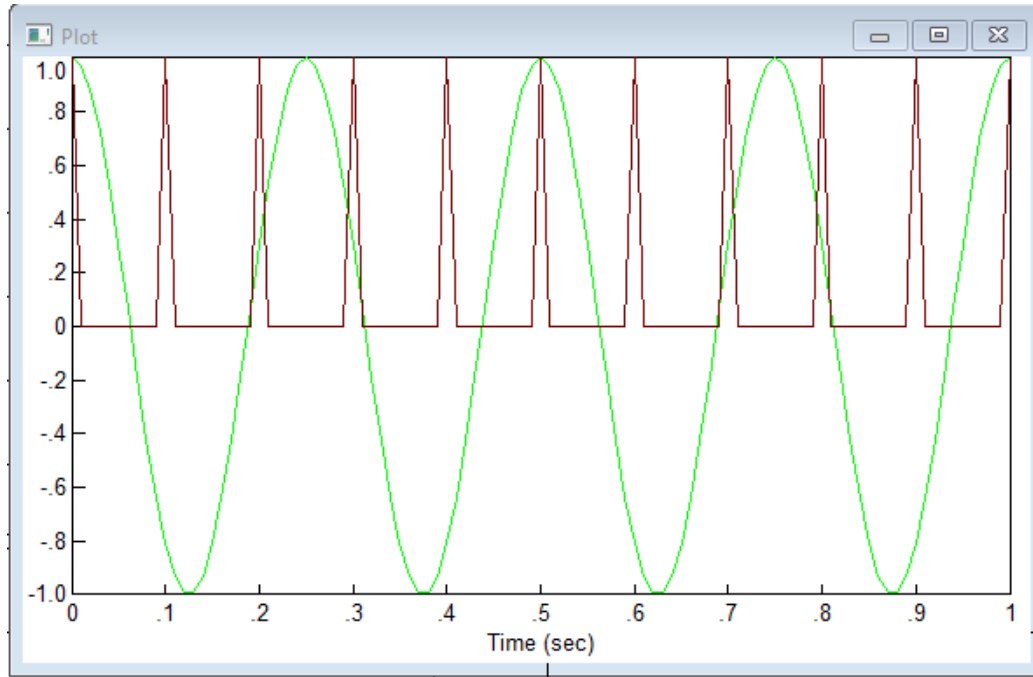


Composición espectral de ambas, resultado del muestreo(Roja) y señal original (verde). Acá también podemos ver como la composición espectral no es la misma, cambiando incluso la fundamental en la onda resultante.

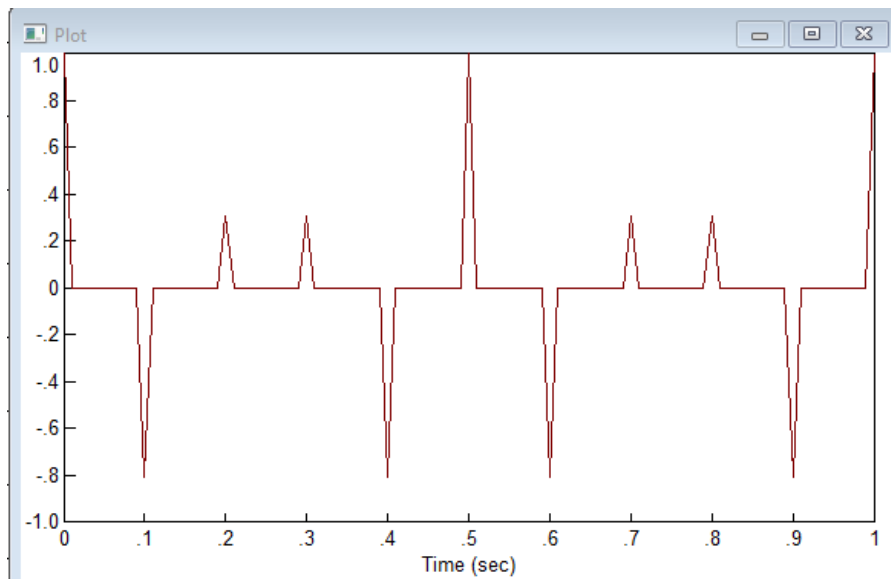


Muestreo de Sinusoide con frecuencia 4 hz con tren de pulso de 10 Hz

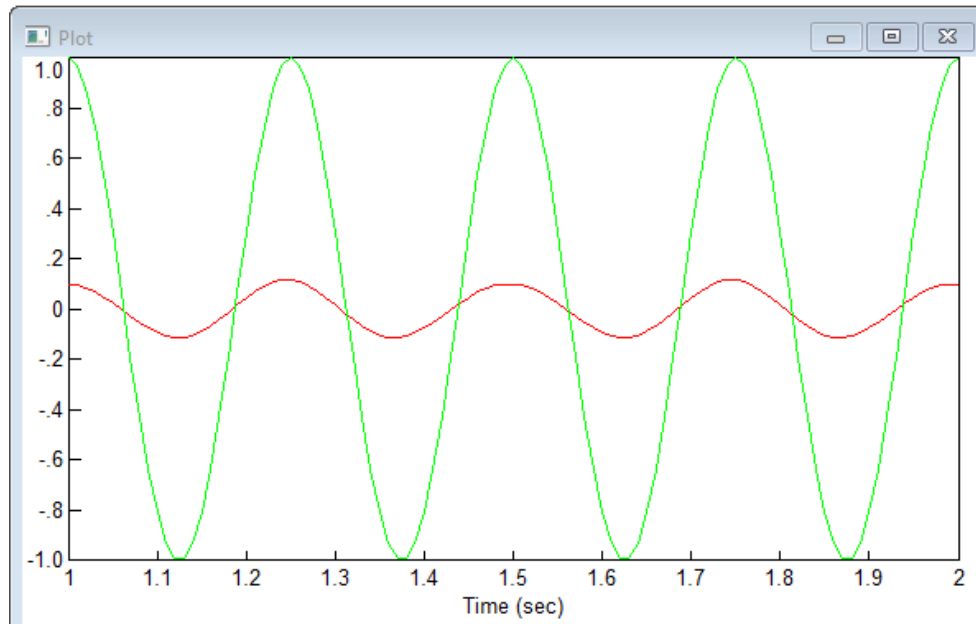
En este caso estamos mostrando ambas señales, sinusoidal de 4 hz (verde) a ser muestreada y la forma de onda del tren de pulso en 10 Hz para muestrear. Aquí también se producen irregularidades entre los periodos de ambas señales.



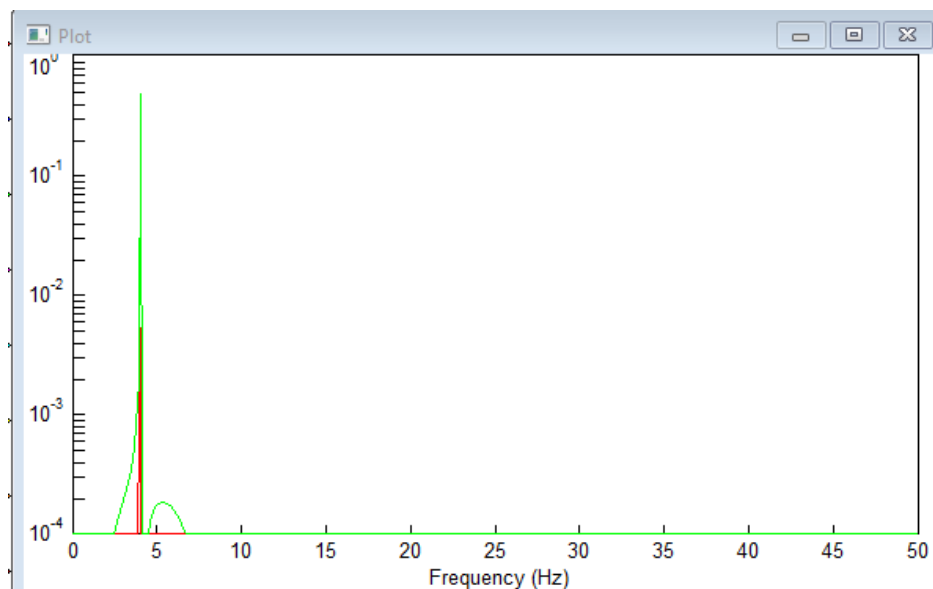
Esta es la forma de onda resultante del muestreo entre el senoide de 4 Hz y el tren de pulso de 10 Hz. Vemos 10 valores que ha tomado la onda original al momento de coincidir con los pulso de la señal de muestreo. en este caso tenemos 10 valores por segundo.



En esta imagen se ve la señal de 4Hz en verde y la resultante después de ser reconstruida por el filtro pasa bajo en donde si bien la amplitud en este caso también varía considerablemente, el periodo de ambas son coincidentes.



Por último vemos en la composición espectral de ambas ondas equivalencia en referencia a su fundamental y en la ausencia de nuevos armónicos. Por lo cual podemos afirmar que si bien la amplitud de la señal ha sufrido variaciones luego del proceso de muestreo en los 10 Hz, la señal se mantiene igual en sus otras dimensiones.



Conclusión:

En base a todo lo recabado de información estamos en posición de afirmar que el teorema de Nyquist se cumplimenta al pie de la letra, siendo que cuando bajamos la tasa del muestreo mínimo necesario planteado (o sea a menos del doble del máximo de la frecuencia) el resultado del muestreo nos dará resultantes diferentes a la señal original no sólo en amplitud sino especialmente en frecuencia.

Siendo el caso contrario de que si nos excedemos del mínimo que propone Nyquist, el muestreo será exitoso y podremos reconstruir acertadamente la señal original coincidiendo con su frecuencia.
