



Practica 5. Modulaciones Digitales y de pulsos

David Josué Díaz Ortiz – 22024269

Leandro José Garzón Nieto – 2194232

Parte A

Punto 1:

Considere como entrada tres formas de onda distintas, caracterizarlas en el dominio de tiempo y frecuencia. Debe establecer los parámetros de ancho de pulso, ciclo útil y la relación de frecuencia entre los trenes de pulsos y la señal de mensaje. Se recomienda encontrar la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal cuadrada sea 100 ($\text{samp_rate}/f_s = 100$) de tal forma que cada valor de retardo por cada muestra se asocie a un porcentaje del ciclo útil.

- **Forma de onda triangular**

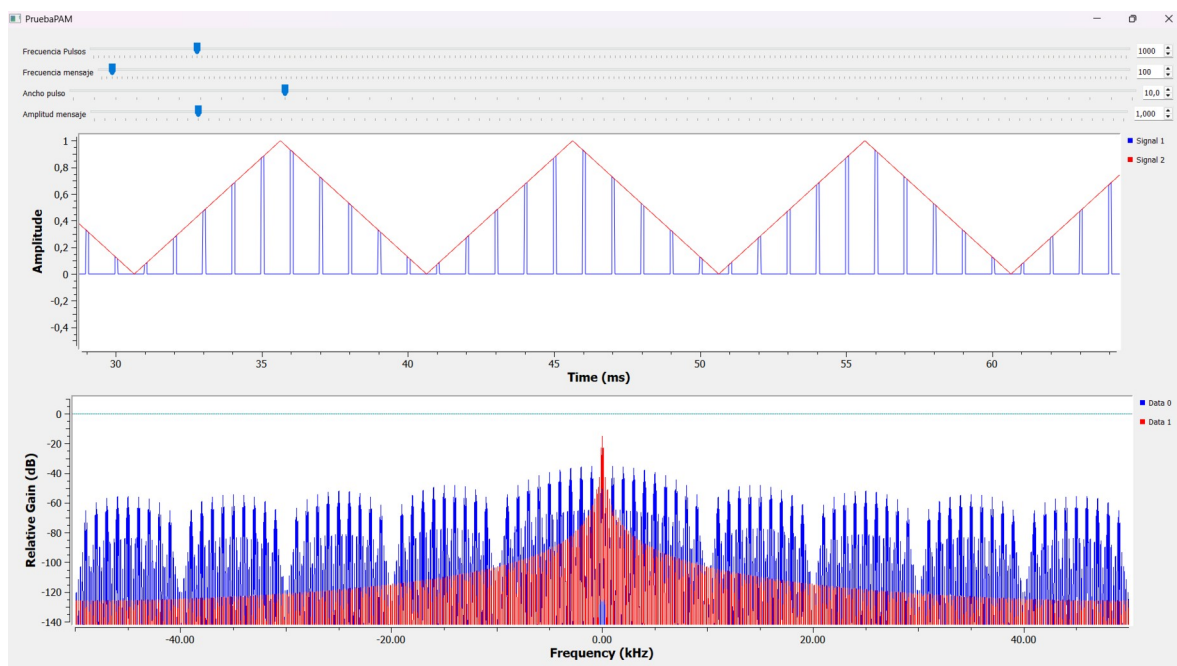


Figura 1. Señal triangular.

Dominio tiempo:

ancho de pulso = 10, ciclo útil = 10%, tiempo de pulso = 0.1 ms,

frecuencia de muestreo = 1KHz

Dominio frecuencia:

ancho de banda = 20KHz, potencia = -34.75 dB



- Forma de onda diente de sierra

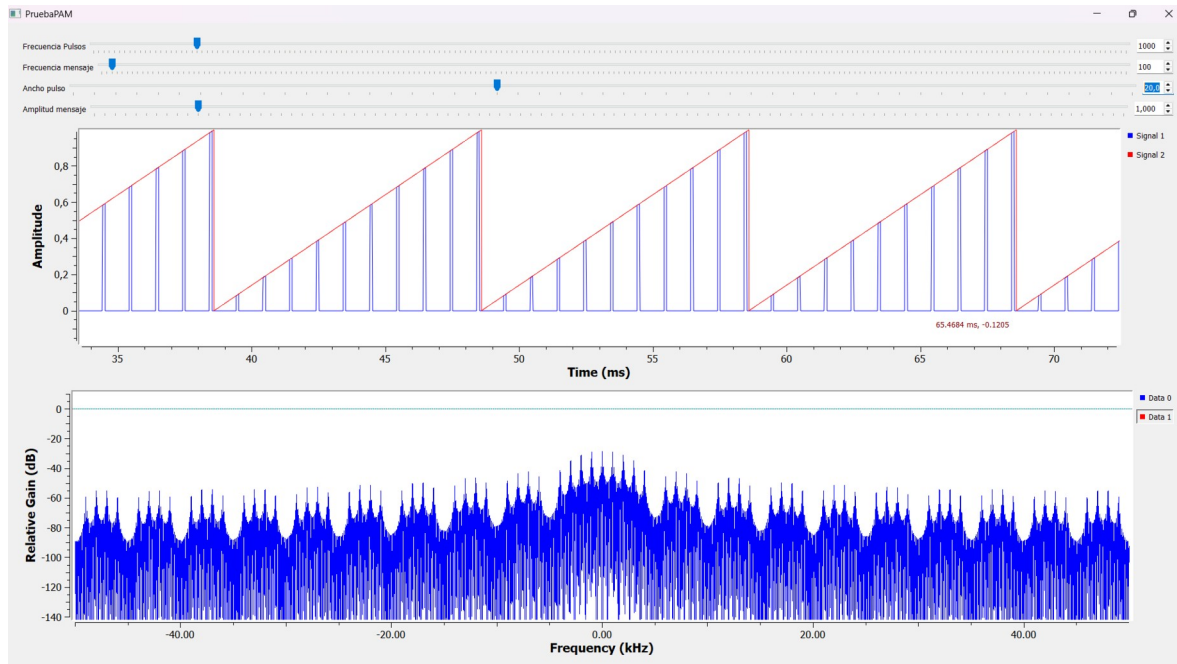


Figura 2. Señal diente de sierra.

Dominio tiempo:

ancho de pulso = 20, ciclo útil = 20%, tiempo de pulso = 0.1 ms,
frecuencia de muestreo = 1KHz

Dominio frecuencia:

ancho de banda = 10KHz, potencia = -29.36 dB



- **Forma de onda cuadrada**

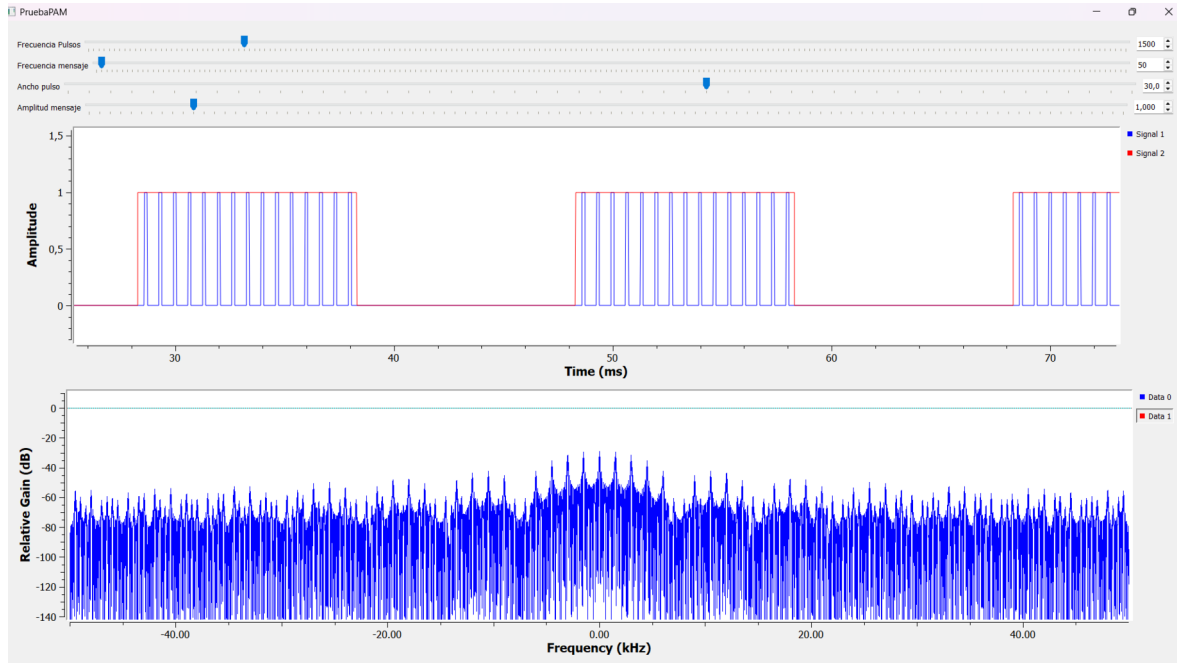


Figura 3. Señal cuadrada.

Dominio tiempo:

ancho de pulso = 30, ciclo útil = 30%, tiempo de pulso = 0.2 ms,
frecuencia de muestreo = 1.5KHz

Dominio frecuencia:

ancho de banda = 15KHz, potencia = -28.95 dB

Observación:

Al aumentar el ciclo útil en el dominio del tiempo, se evidencia una disminución en el ancho de banda de la señal en el dominio de la frecuencia. Por otro lado, al incrementar la frecuencia de la señal de mensaje, se reduce el ancho temporal de las tres formas de onda.



Punto 2:

Describe en un párrafo el proceso para multiplexar hasta 4 canales que se muestran en la imagen anterior. (escriba los valores de sincronía D1,...D4). Muestre la evidencia de la solución a través de una captura de pantalla.

Para realizar la multiplexación de hasta cuatro señales, como se muestra en la imagen del diagrama en GNU Radio, se utiliza una técnica de modulación PAM (modulación por amplitud de pulsos). Cada señal (cosenoidal, triangular, cuadrada y de diente de sierra) se combina con un tren de pulsos, y para evitar que las señales se superpongan en el tiempo, se les aplican retardos diferentes. En este caso, se usaron los valores de retardo $D1 = 20$, $D2 = 40$ y $D3 = 60$, dejando la primera señal sin retardo ($D0 = 0$). Así, cada canal queda bien separado en el tiempo, permitiendo su multiplexación sin interferencia. Finalmente, las señales moduladas y retardadas se suman y se visualizan juntas, formando una única señal multiplexada. A continuación se muestra una captura de pantalla como evidencia del proceso.

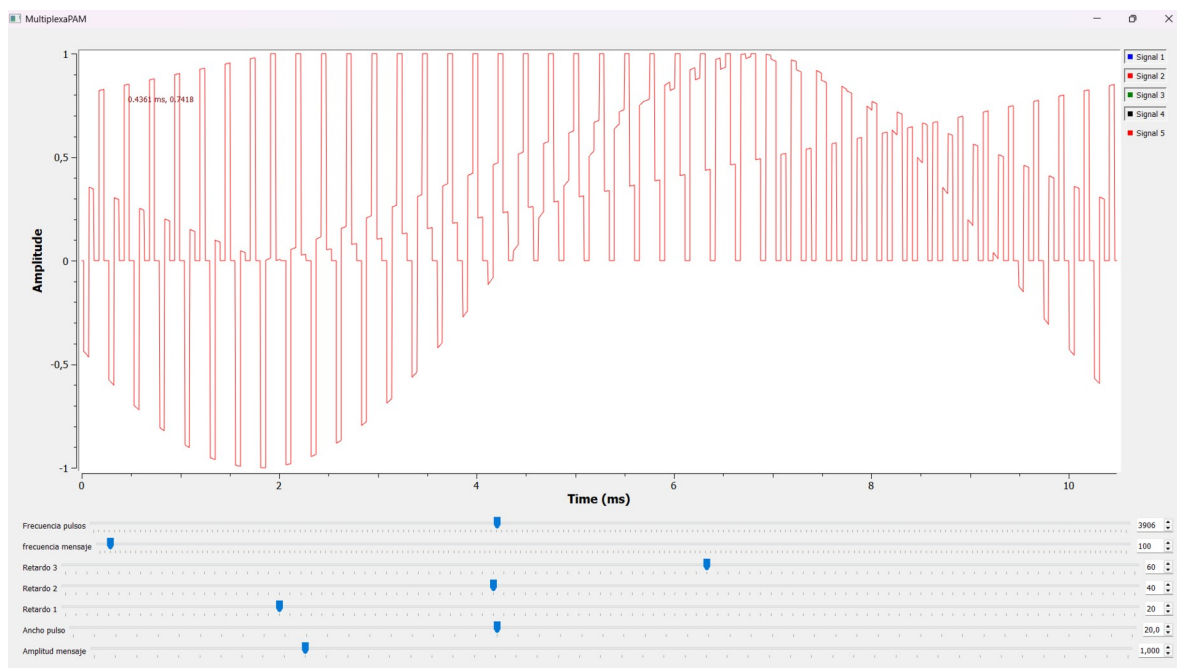


Figura 4. Señal multiplexada.



PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Inserte un nuevo canal de audio y muestre el comportamiento al multiplexar los 5 canales (escriba los valores de sincronía D1,...D5). Muestre la evidencia de la solución a través de una captura de pantalla.

Se agregaron los bloques necesarios para incluir un quinto canal, esta vez utilizando una señal de audio como entrada. Para lograr una correcta multiplexación de los cinco canales, se incorporó el bloque de retardo correspondiente a D4 y se asignó un nuevo retardo D5 al canal de audio. Los valores de sincronía utilizados fueron: D1 = 20, D2 = 40, D3 = 60, D4 = 80 y D5 = 0, asegurando así que cada canal tenga su espacio en el tiempo sin solaparse. A continuación, se muestran dos gráficas que evidencian el resultado del proceso de multiplexación con los cinco canales.

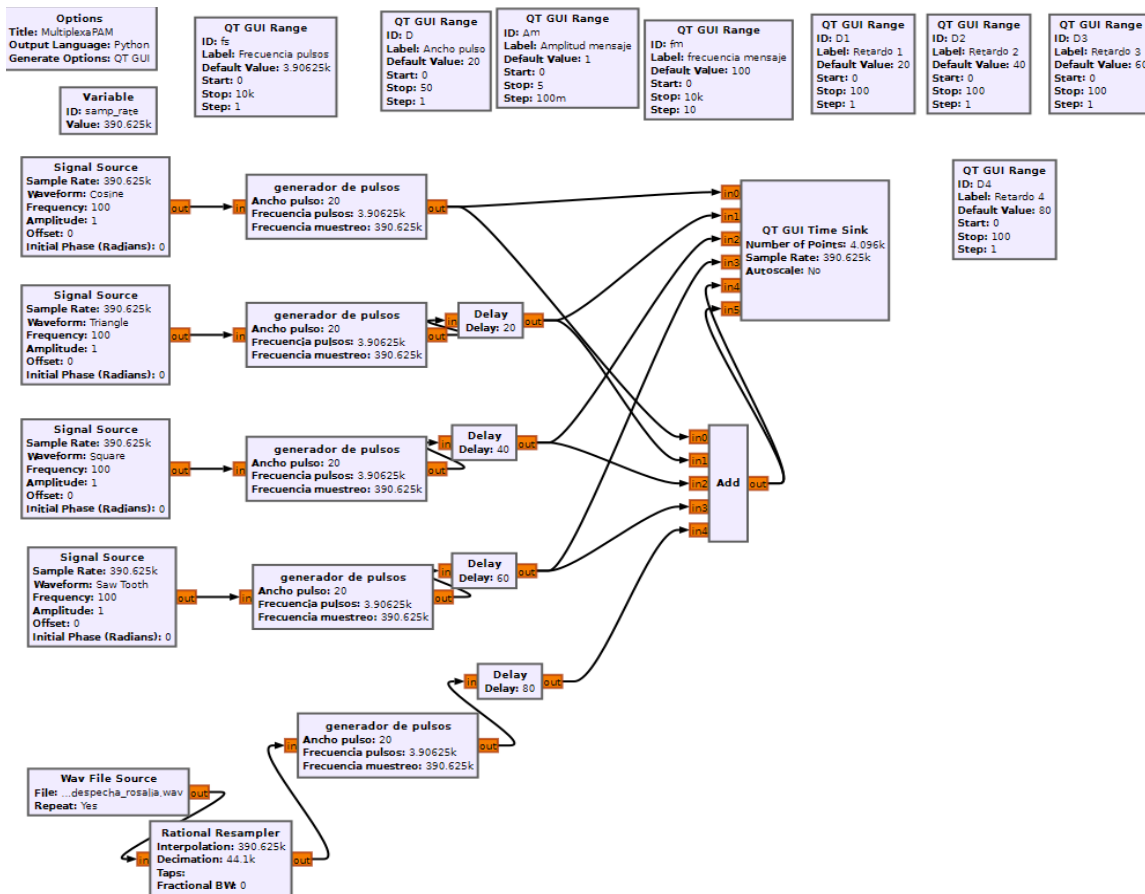


Figura 5. Diagrama de bloques GNU Radio.

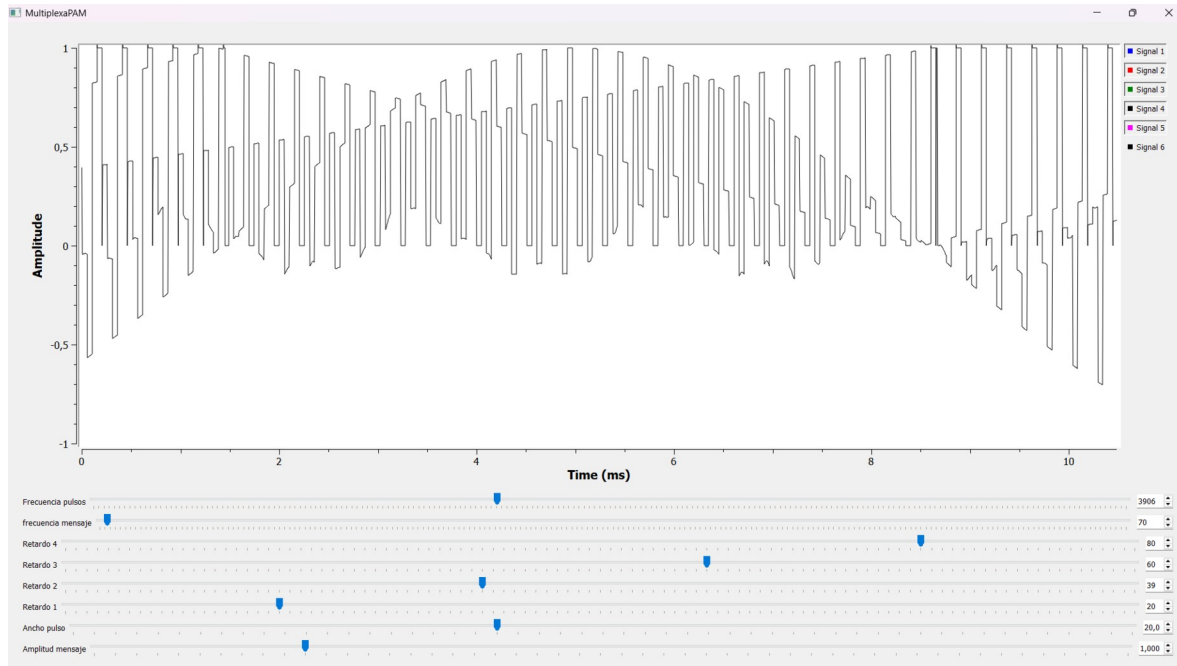


Figura 6. Señal multiplexada.

Punto 3:

- Determine las condiciones para recuperar cada canal (variable D4) (adjunte evidencia)
- Conecte el USRP al computador y mida las señales en el osciloscopio (recuerde que para generar desde el USRP debe hacer un montaje adicional) (adjunte evidencia)
- Conecte el USRP al computador y mida las señales en el analizador de espectro (adjunte evidencia)
- Determine las condiciones de frecuencia de corte del filtro pasabajas que permiten recuperar cualquiera de las señales de referencia.

Para recuperar cada canal, se debe tener en cuenta el valor específico del retardo asignado a cada señal. Dependiendo del retardo, se selecciona el canal correspondiente en el bloque de recepción. En la imagen se evidencia la correcta recuperación del canal asociado al retardo $D4 = 60$, lo cual indica que se ha sincronizado adecuadamente con el tiempo de muestreo de dicha señal dentro del proceso de multiplexación.



Figura 8. Diagrama de bloques GNU Radio.



- Señales en el osciloscopio y analizador:

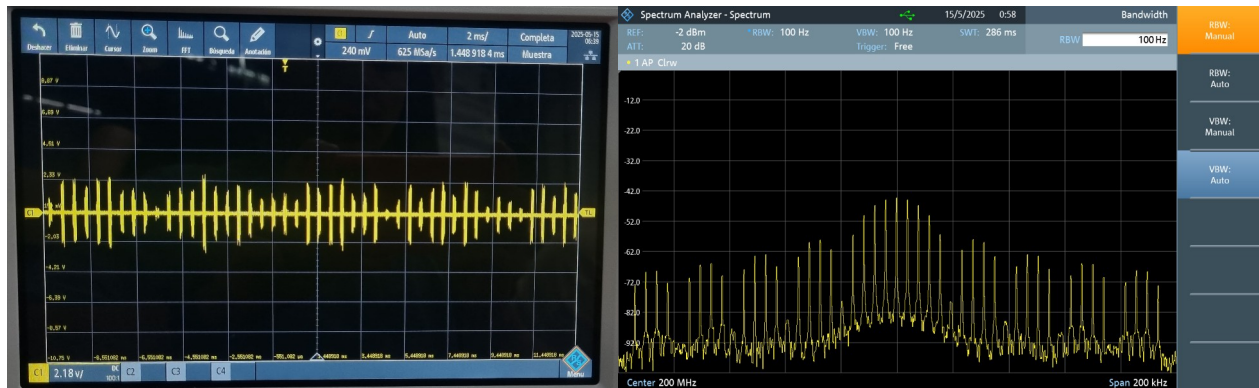


Figura 9. Señal de audio de-modulado en el osciloscopio y analizador de espectros.

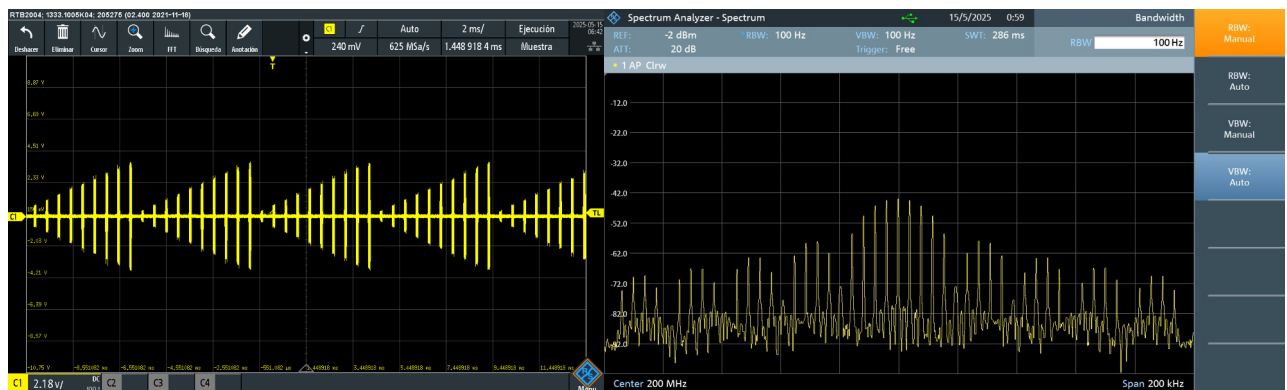


Figura 10. Señal diente de sierra en el osciloscopio y analizador de espectros.

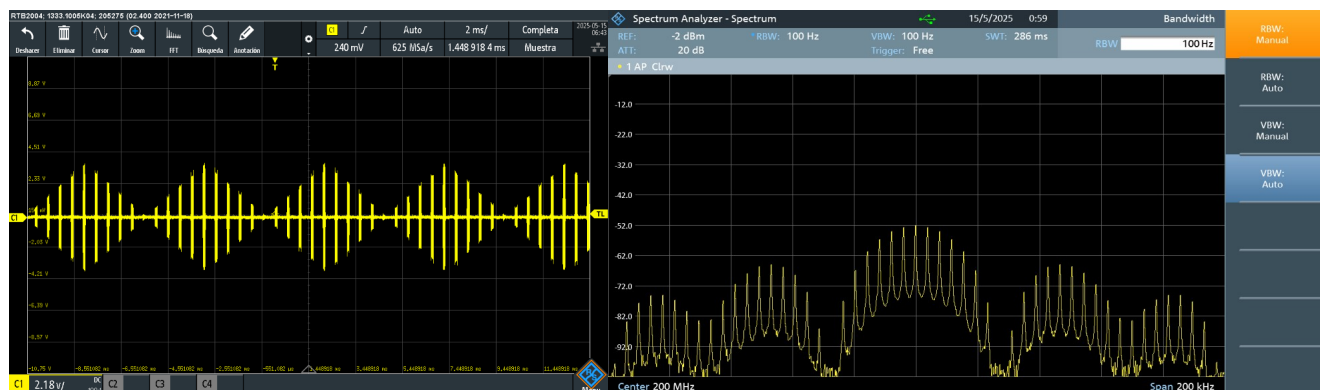


Figura 11. Señal triangular en el osciloscopio y analizador de espectros.



PROGRAMA INGENIERÍA ELECTRÓNICA

- Determine las condiciones de frecuencia de corte del filtro pasabajas que permiten recuperar cualquiera de las señales de referencia.

La frecuencia de corte del filtro pasabajas debe ser mayor que la frecuencia del mensaje, la cual en este caso es de 100 Hz, para permitir una correcta recuperación de la señal original. Sin embargo, también es importante que esta frecuencia no sea demasiado alta, ya que si supera los 3000 Hz, se empieza a introducir distorsión tanto en la señal de pulsos como en la señal demodulada, debido a la presencia de componentes no deseados. En la imagen se observa que se ha fijado una frecuencia de corte de 6000 Hz, lo cual puede generar una distorsión en la reconstrucción de la señal, por lo que es recomendable ajustar este valor a un rango más adecuado, entre 200 Hz y 3000 Hz aproximadamente.

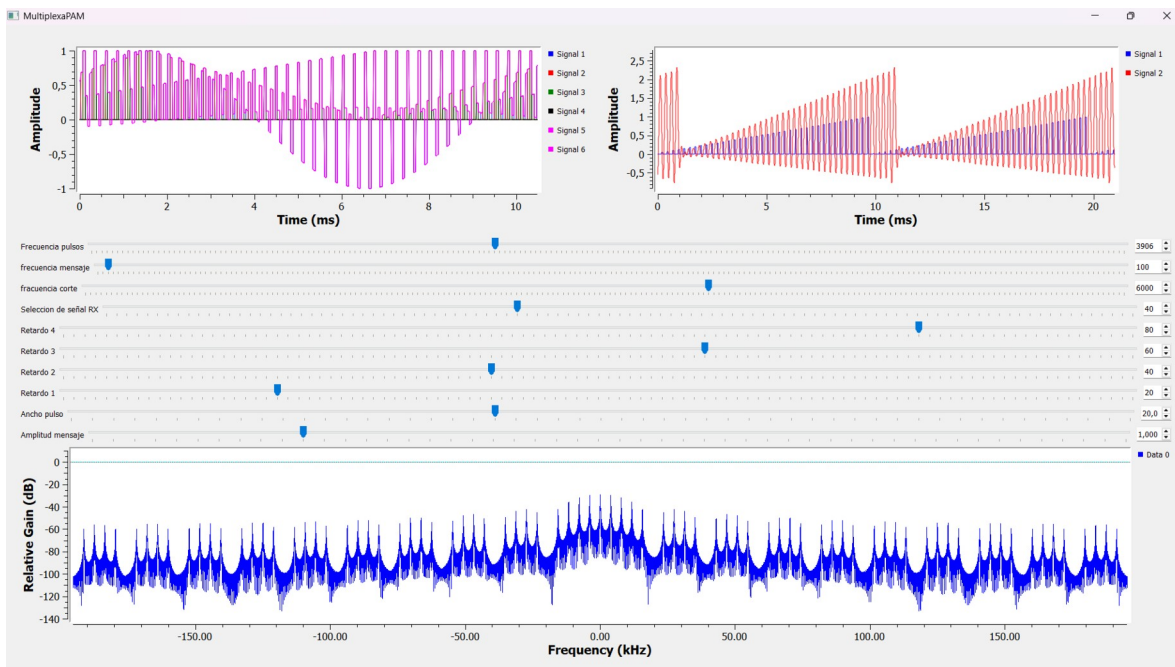


Figura 11. Señal aumentando la frecuencia de corte.