

Laboratorio de Comunicaciones

Universidad Industrial de Santander

Práctica 5 Modulaciones digitales y de pulsos

Integrantes

OSCAR DANIEL CASTELLANOS MARIÑO - 2205024

JUAN CAMILO GONZALEZ LEAL - 2184682

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones
Universidad Industrial de Santander

Fecha

2025

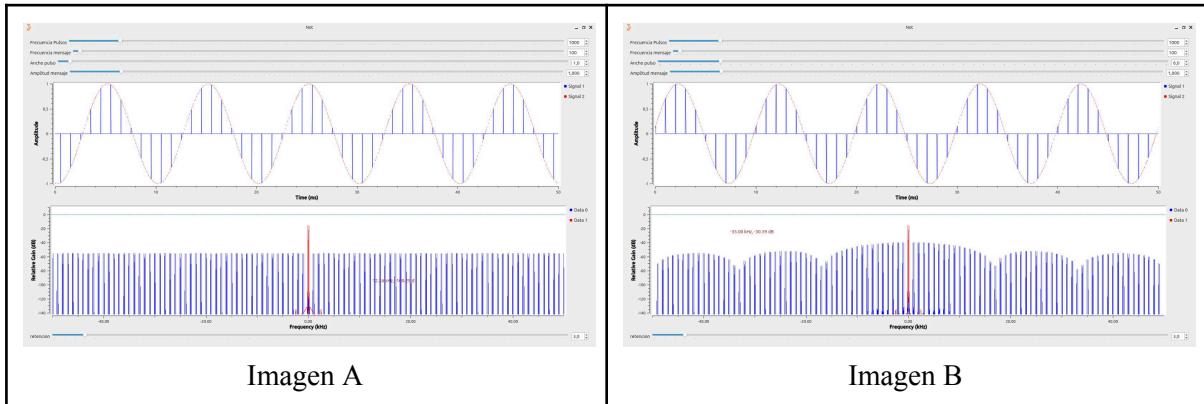
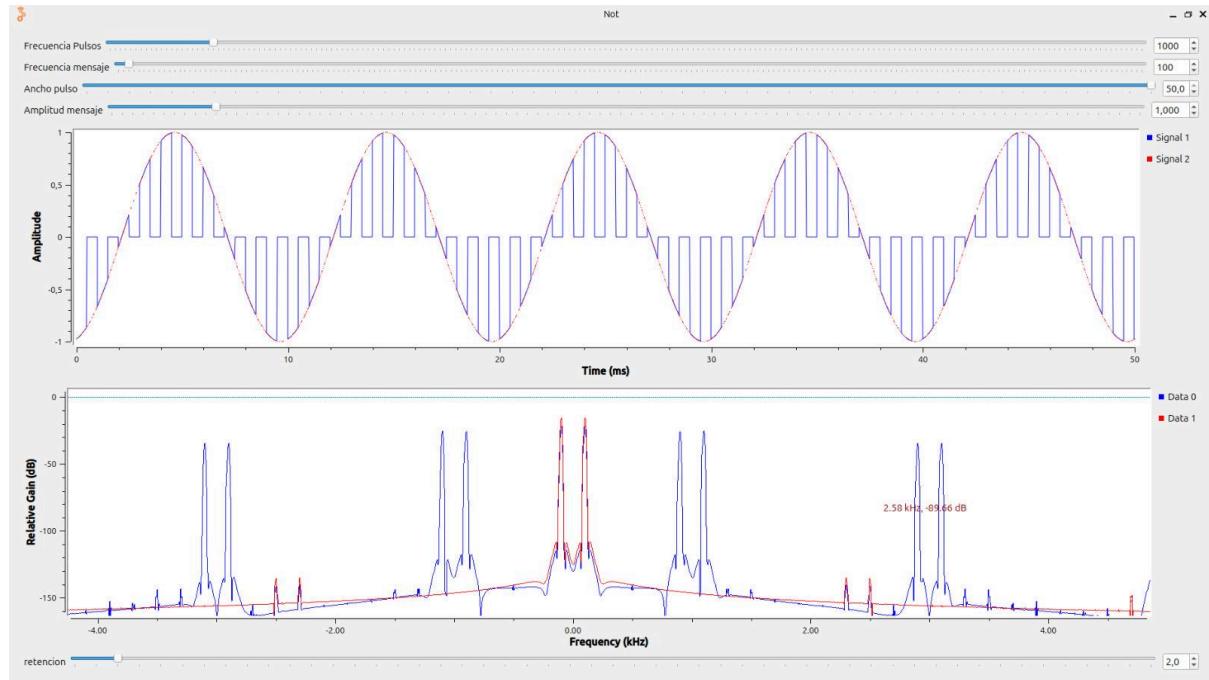
Parte A

Modulación PAM

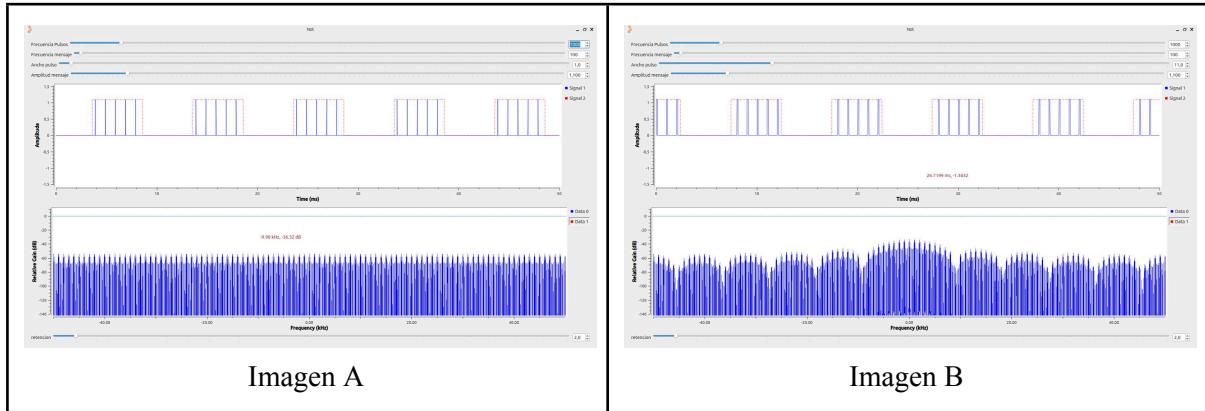
- Punto 1: Considere como entrada tres formas de onda distintas, caracterizarlas en el dominio de tiempo y frecuencia. Debe establecer los parámetros de ancho de pulso, ciclo útil y la relación de frecuencia entre los trenes de pulsos y la señal de mensaje. Se recomienda encontrar la relación entre la frecuencia de muestreo y la frecuencia de la señal cuadrada sea 100 ($\text{samp_rate}/\text{fs} = 100$) de tal forma que cada valor de retardo por cada muestra se asocie a un porcentaje del ciclo útil.

Teniendo en cuenta lo anterior se trabajó con un `samp_rate` de 100k y un `fs` correspondiente de 1k para así de esta manera poder cumplir con la proporción.

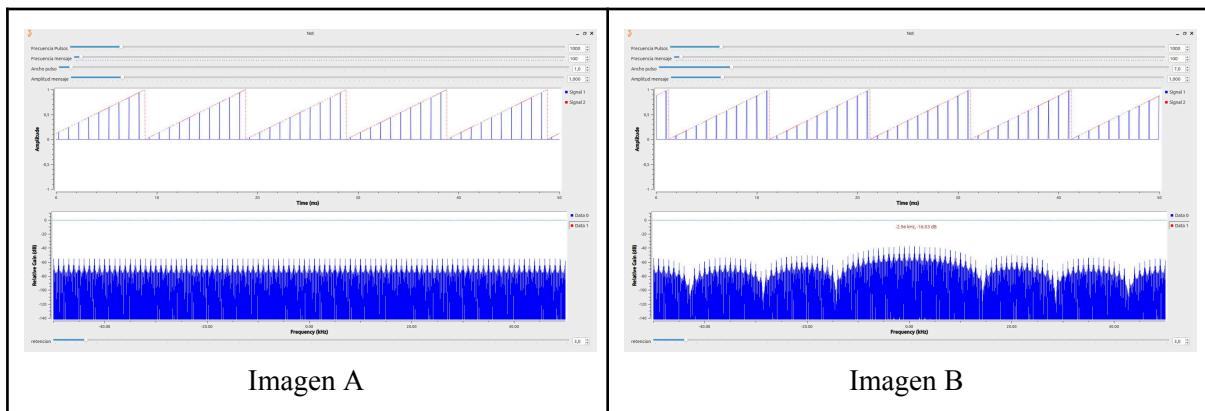
Natural sampling



En las imágenes anteriores podemos observar un cambio en el ancho del pulso o ciclo útil del mismo, se puede apreciar que en el dominio de la frecuencia a medida que se disminuye el ciclo útil a su vez aumenta el ancho de banda necesario para poder transmitir la información, en la Imagen B tenemos un ancho de banda de aproximadamente 36 kHz con un ciclo útil de 6% y para la imagen A se tiene un ciclo útil del 1% por lo cual su ancho de banda excede los 100 kHz



En la Imagen B tenemos un ancho de banda de aproximadamente 19 kHz con un ciclo útil de 11% y para la imagen A se tiene un ciclo útil del 1% por lo cual su ancho de banda excede los 100 kHz

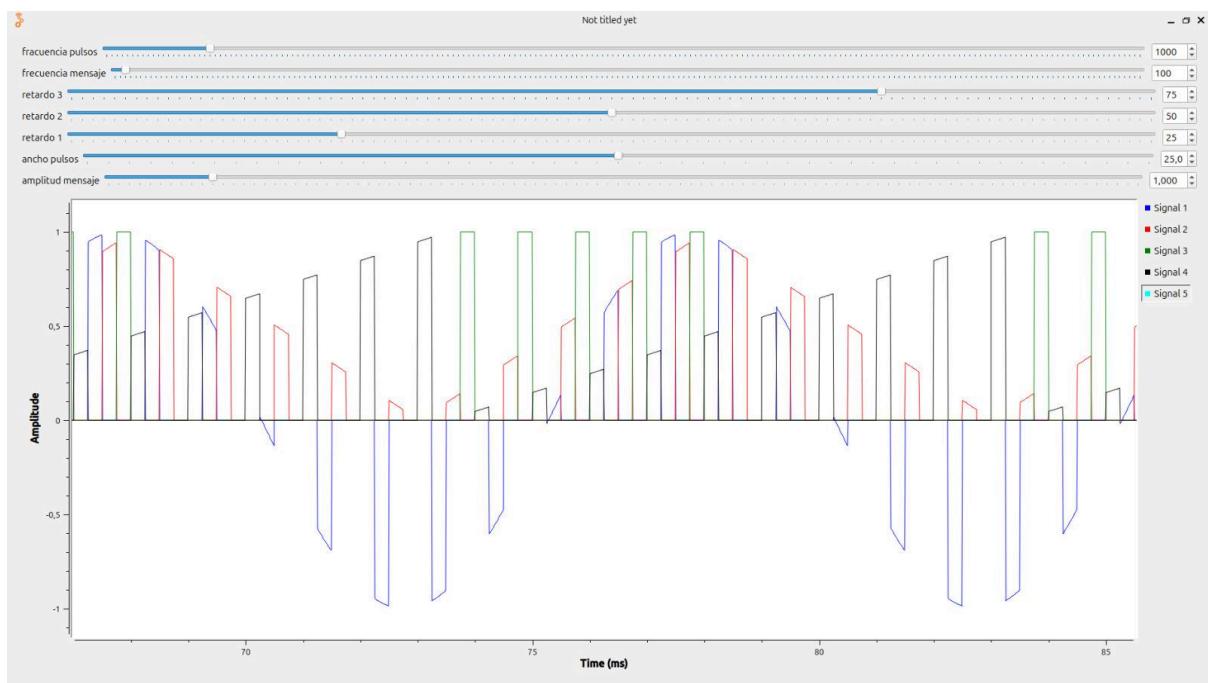


En la Imagen B tenemos un ancho de banda de aproximadamente 29.6 kHz con un ciclo útil de 7% y para la imagen A se tiene un ciclo útil del 1% por lo cual su ancho de banda excede los 100 kHz

- Punto 2: Describa 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.

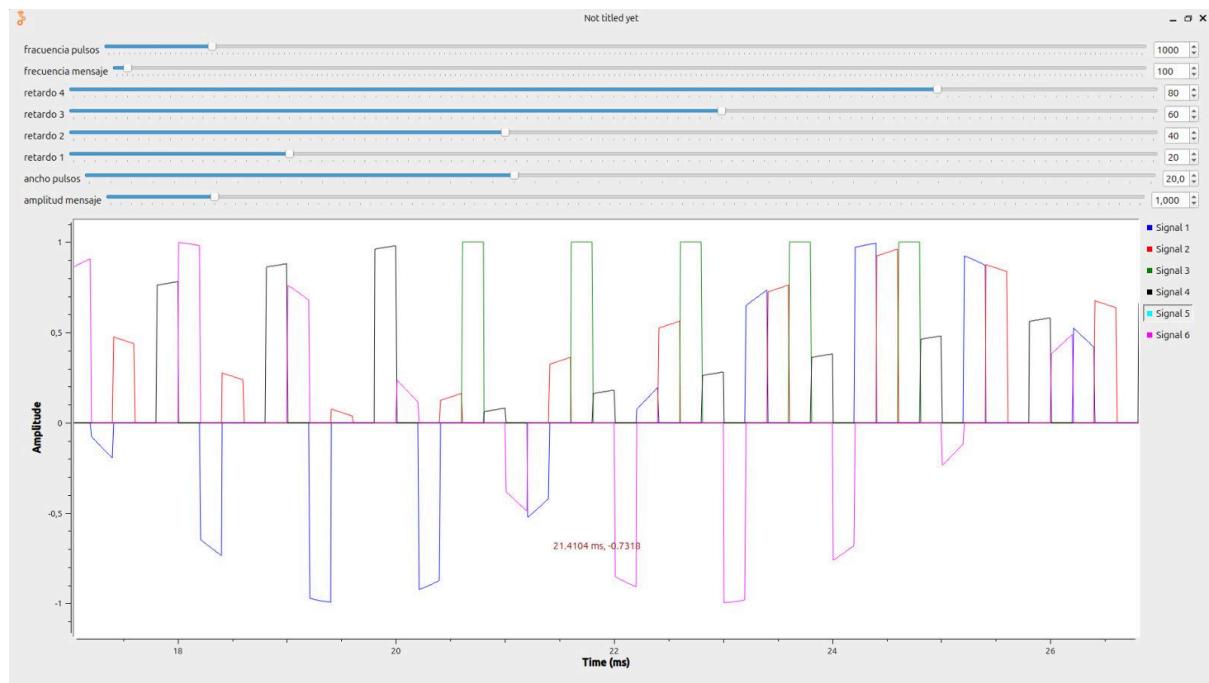
Una vez se tiene la cantidad de canales a multiplexar lo que hay que tener en cuenta primeramente es relación de samp_rate/fs=100, con esto se procede a dar un mismo valor de ciclo útil a cada canal para que se corresponda al 100% total, en este caso tenemos 4 canales a los cuales les debe corresponder un 25% del ciclo útil, seguidamente se deben agregar los delay que corresponden al ancho del pulso teniendo en cuenta el valor anterior.

Canal	Ciclo útil	Delay
1	25%	0
2	25%	25
3	25%	50
4	25%	75



- 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.

Canal	Ciclo útil	Delay
1	20%	0
2	20%	20
3	20%	40
4	20%	60
5	20%	80

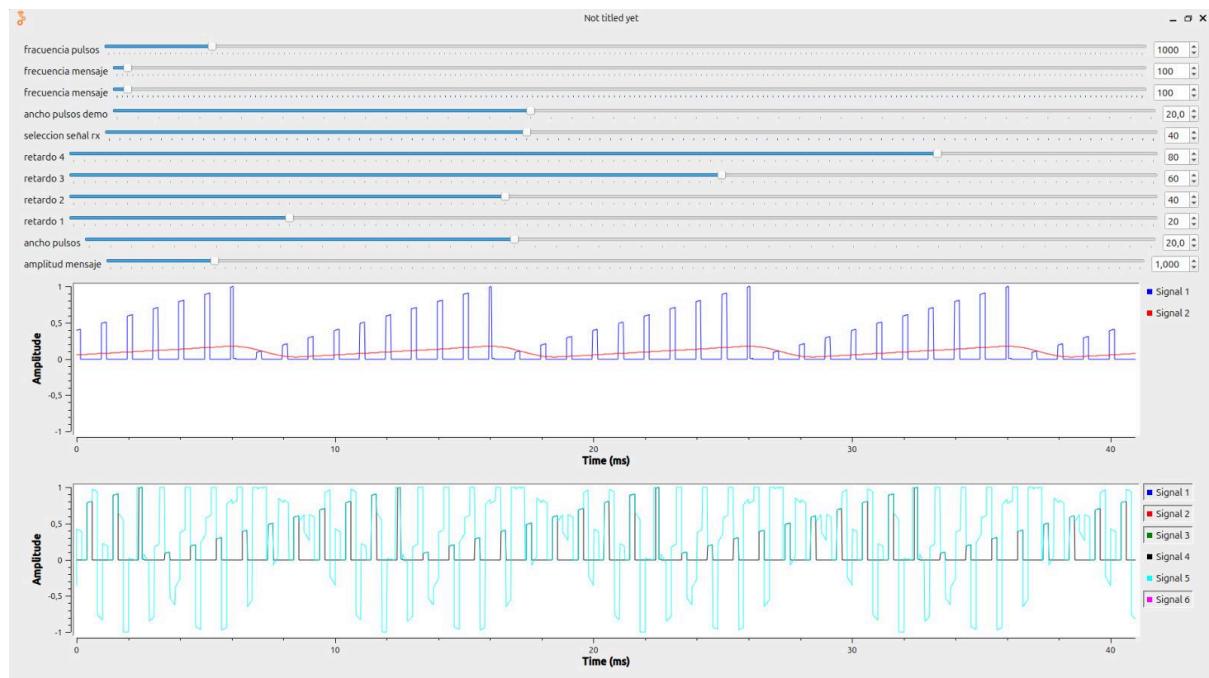


Actividad 3

1. Determine las condiciones para recuperar cada canal (variable D4) (adjunte evidencia)

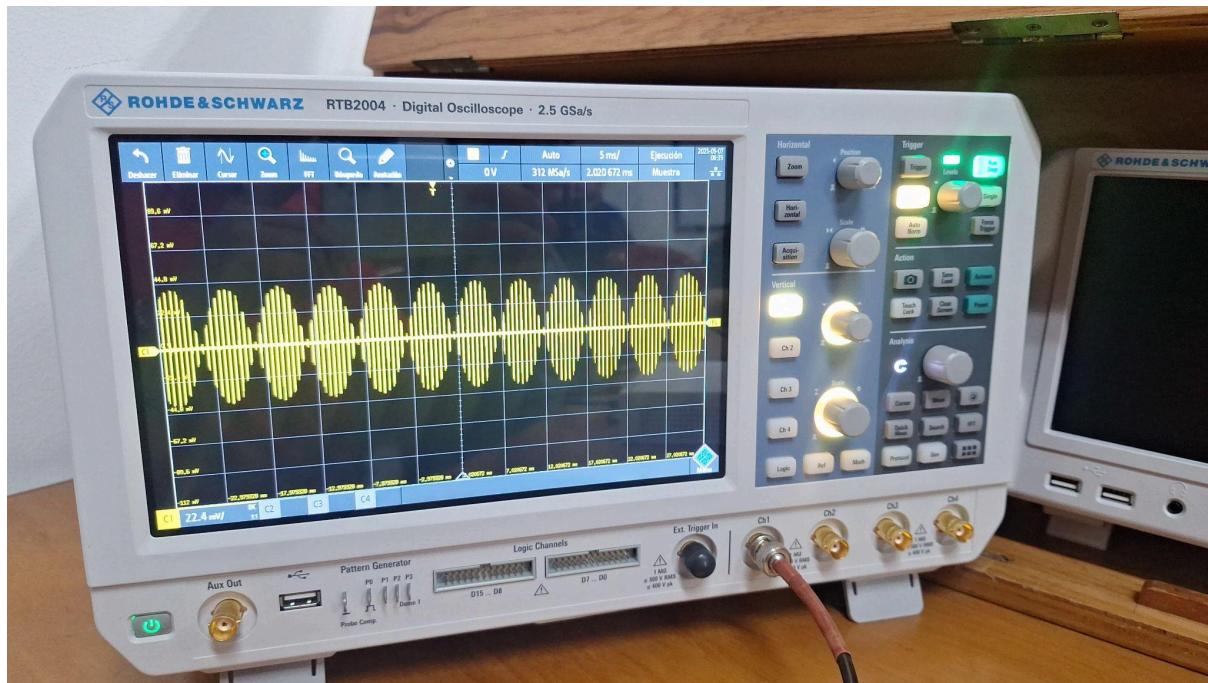
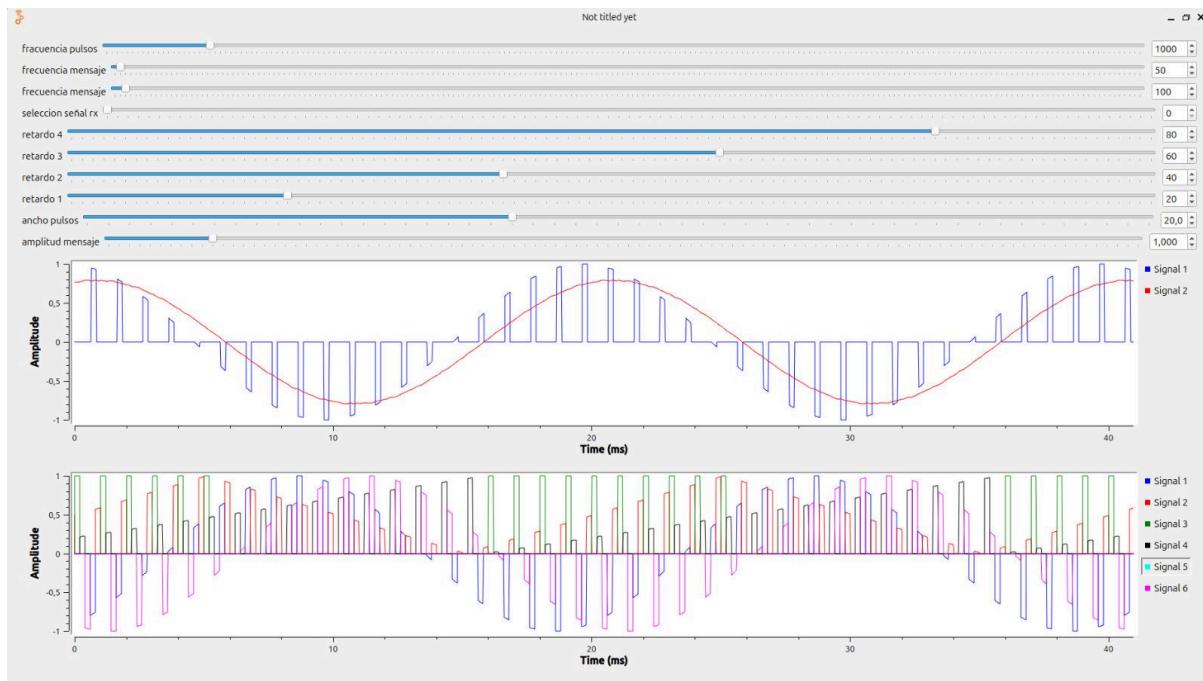
Se debe poder obtener la señal multiplexada a la cual se le va a aplicar un delay en función de cual canal se desee recuperar, seguidamente se aplica un tren de pulsos con igual ciclo útil que los canales para que se esta manera se pueda recuperar.

Se tienen 5 canales, de los cuales se quiere recuperar el 4to canal que inicialmente se hizo la multiplexación con 60 de delay, pero para recuperarla se debe aplicar 40 de delay ya que lo que se hace es retrasar la señal.



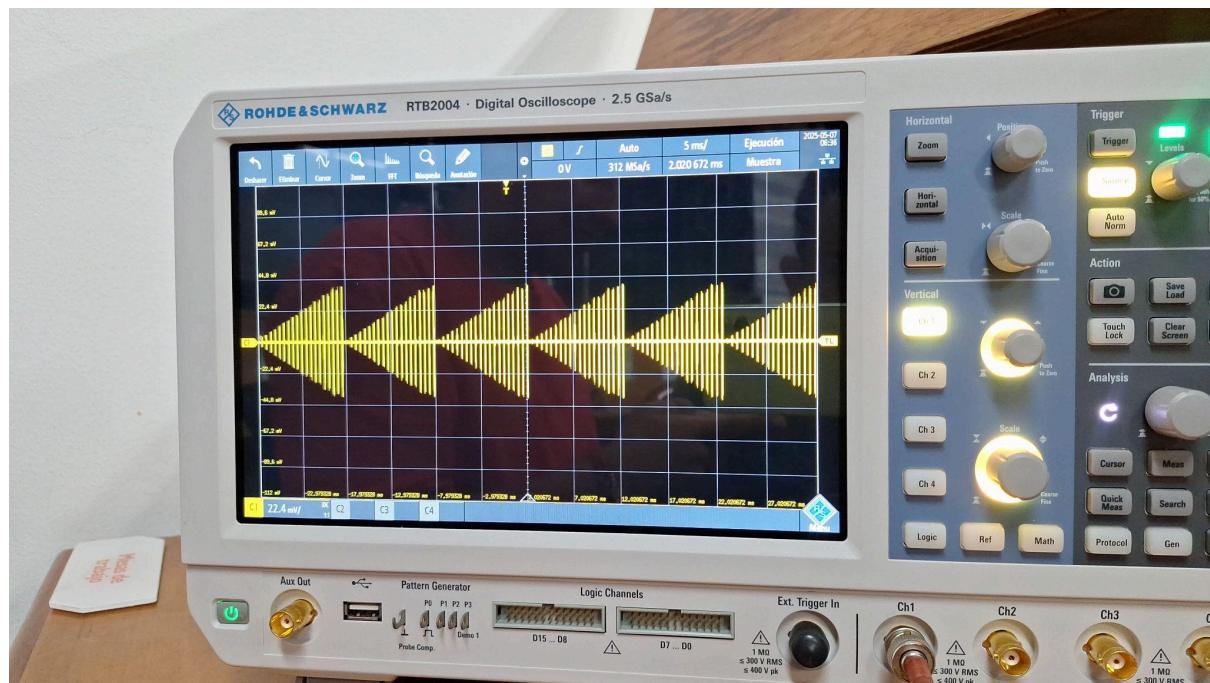
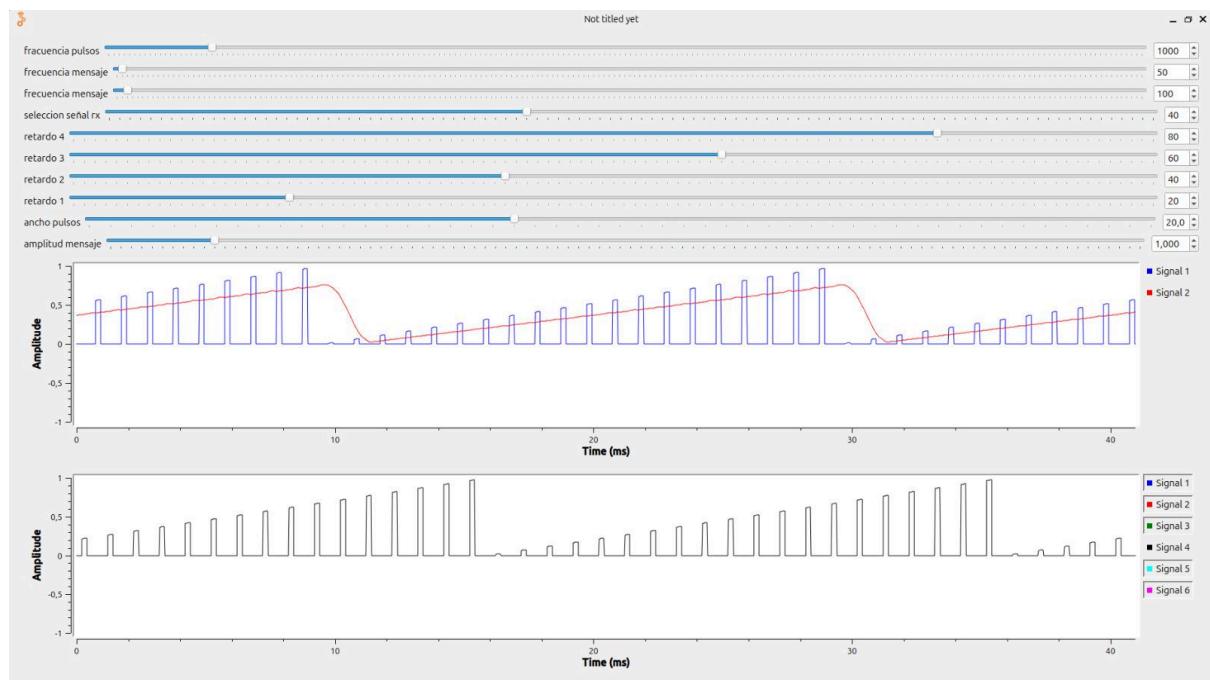
2. Conecte el USRP al computador y mida las señales en el osciloscopio y analizador de espectro.

Se deseó recuperar el primer canal para lo cual se tienen las siguientes evidencias.



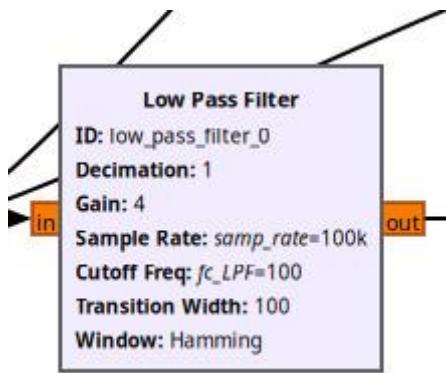


Se desea recuperar el 4to canal aplicando un delay de 40

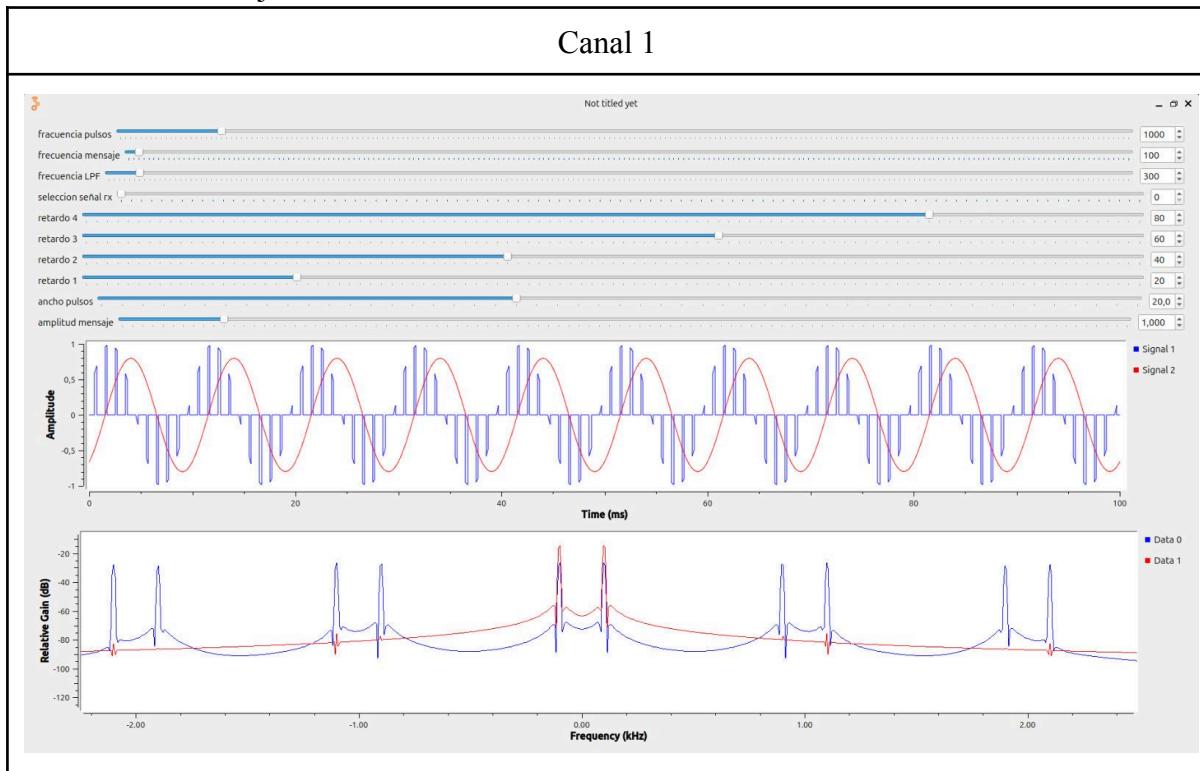


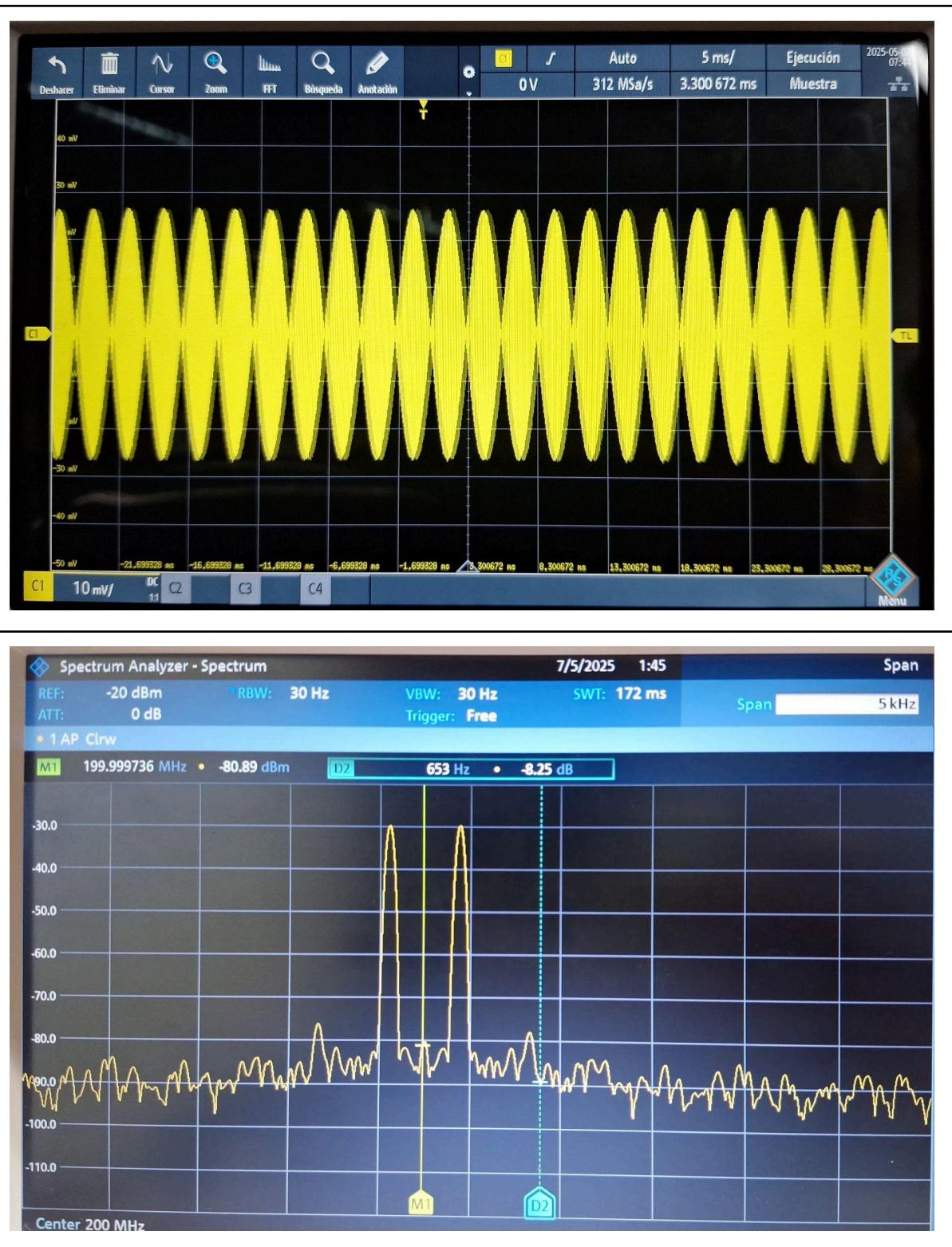
3. Determine las condiciones de frecuencia de corte del filtro pasabajas que permiten recuperar cualquiera de las señales de referencia.

Se tuvo en cuenta el "Transition width", con 300 en la de corte y 100 TW nos da un total de 400

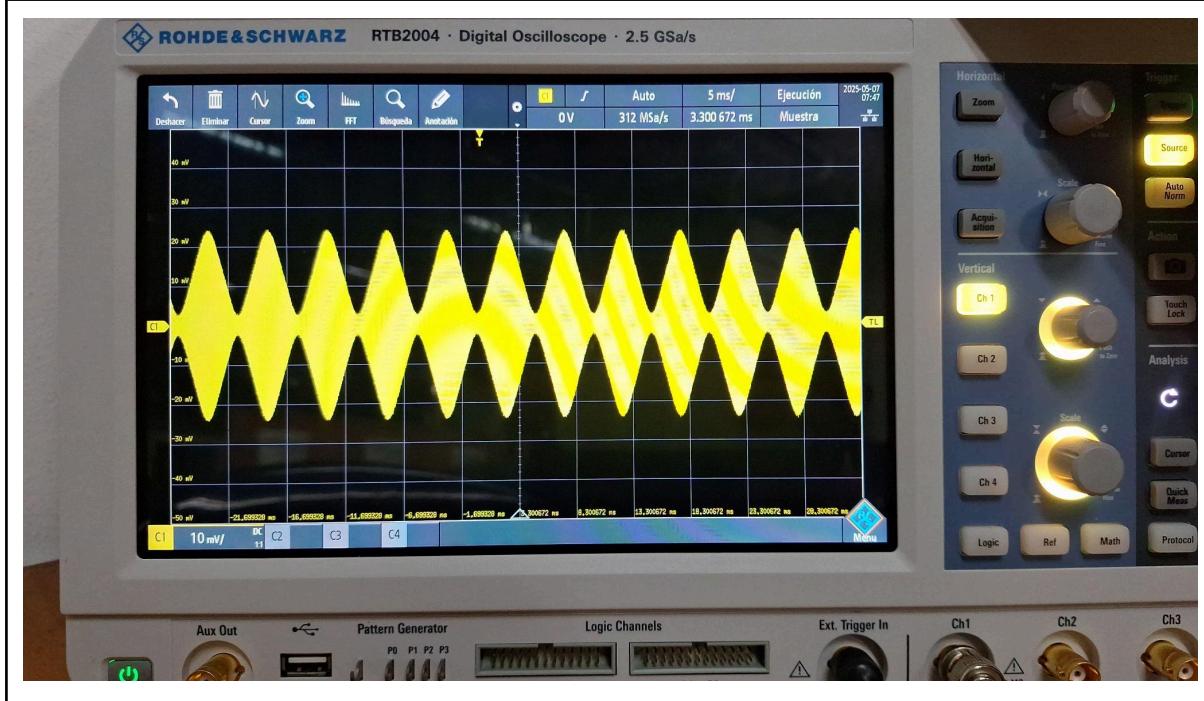
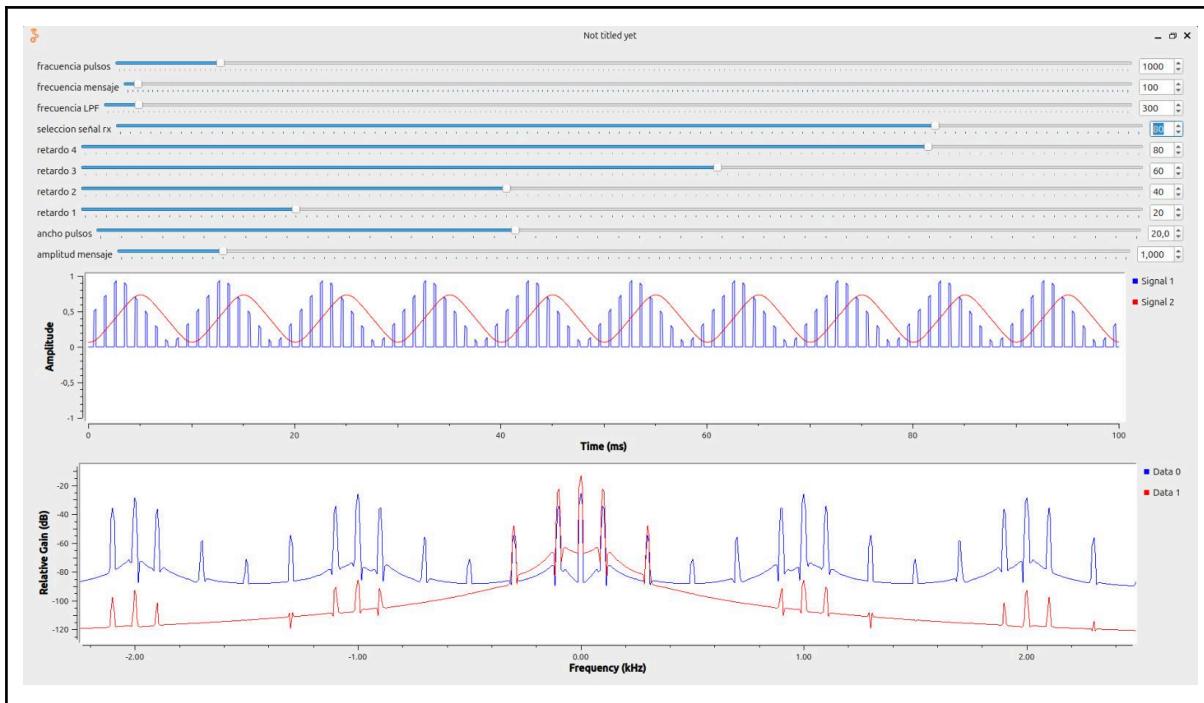


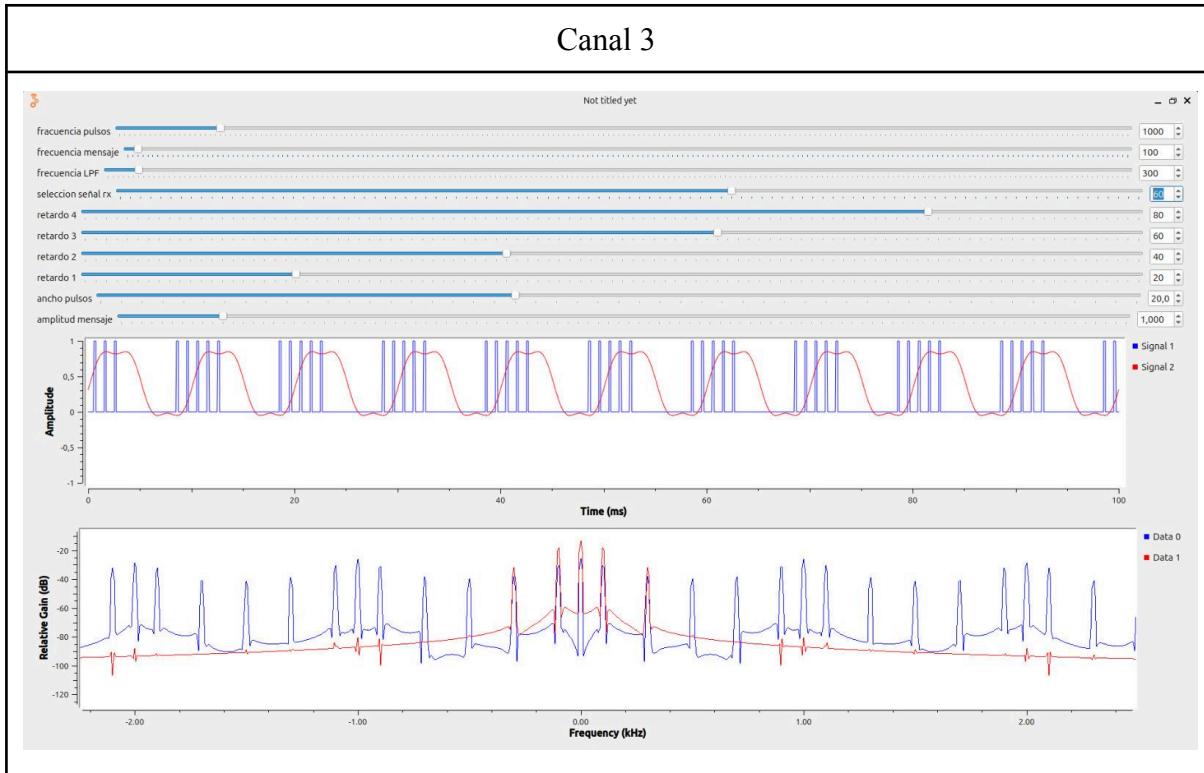
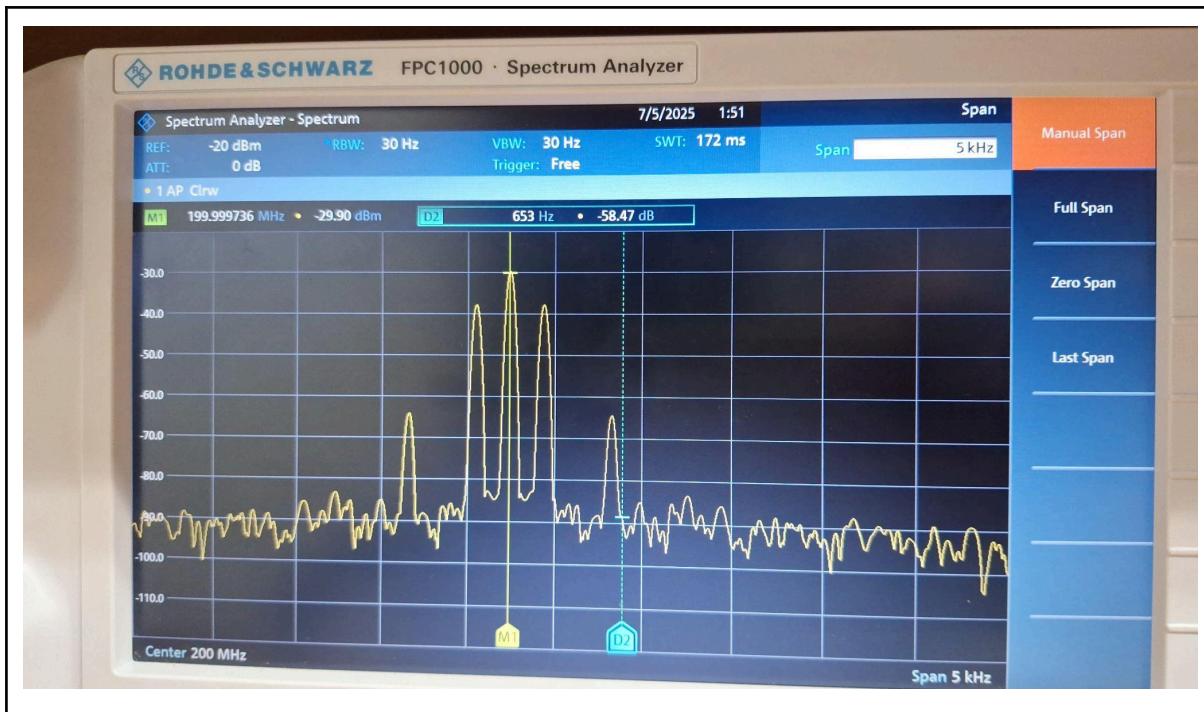
Para la visualización en el GNU-Radio de la señal que nos deja el LPF, se ve representada por la señal de color Rojo

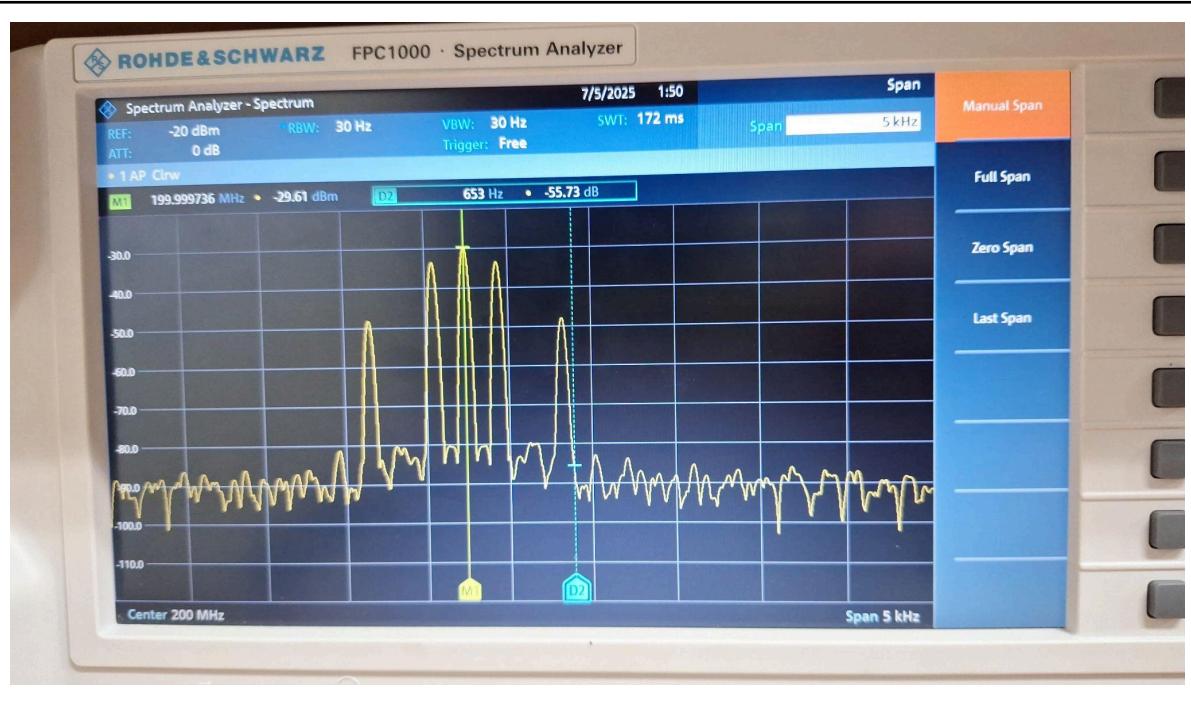
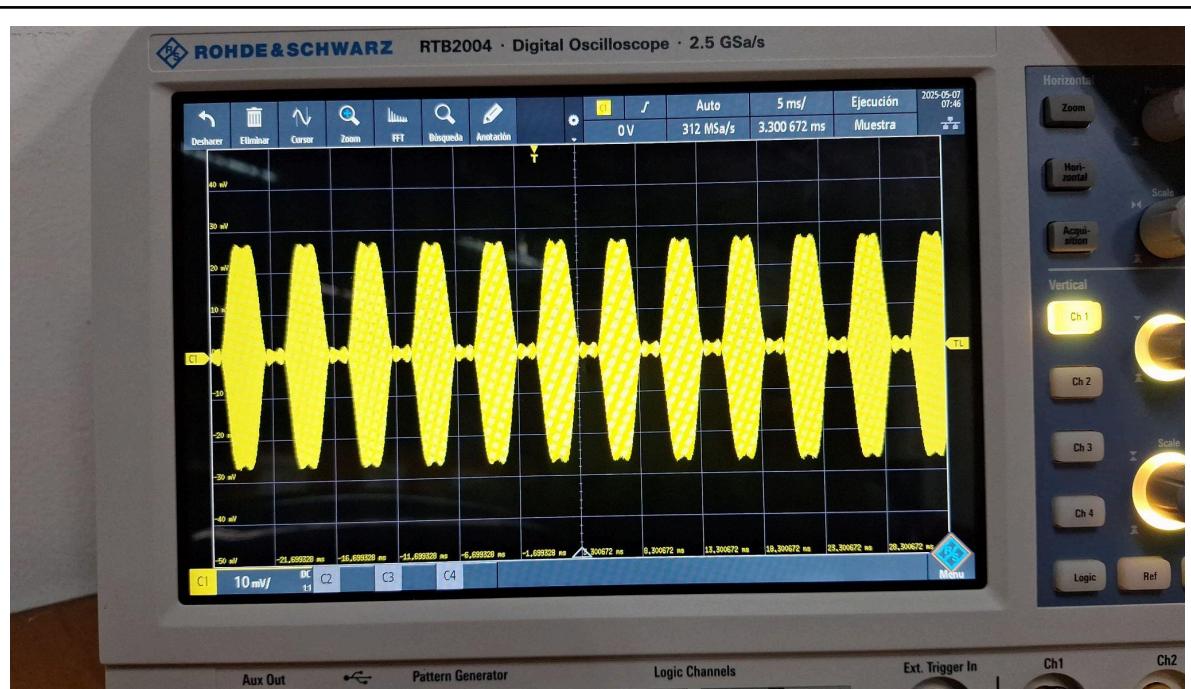




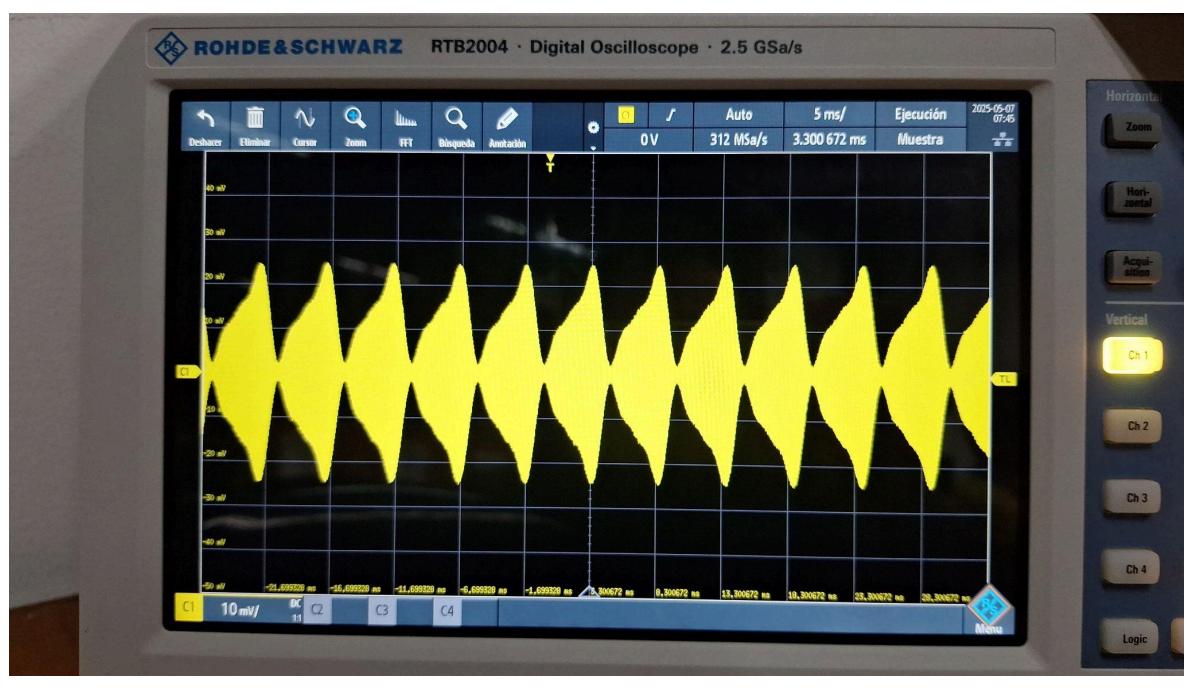
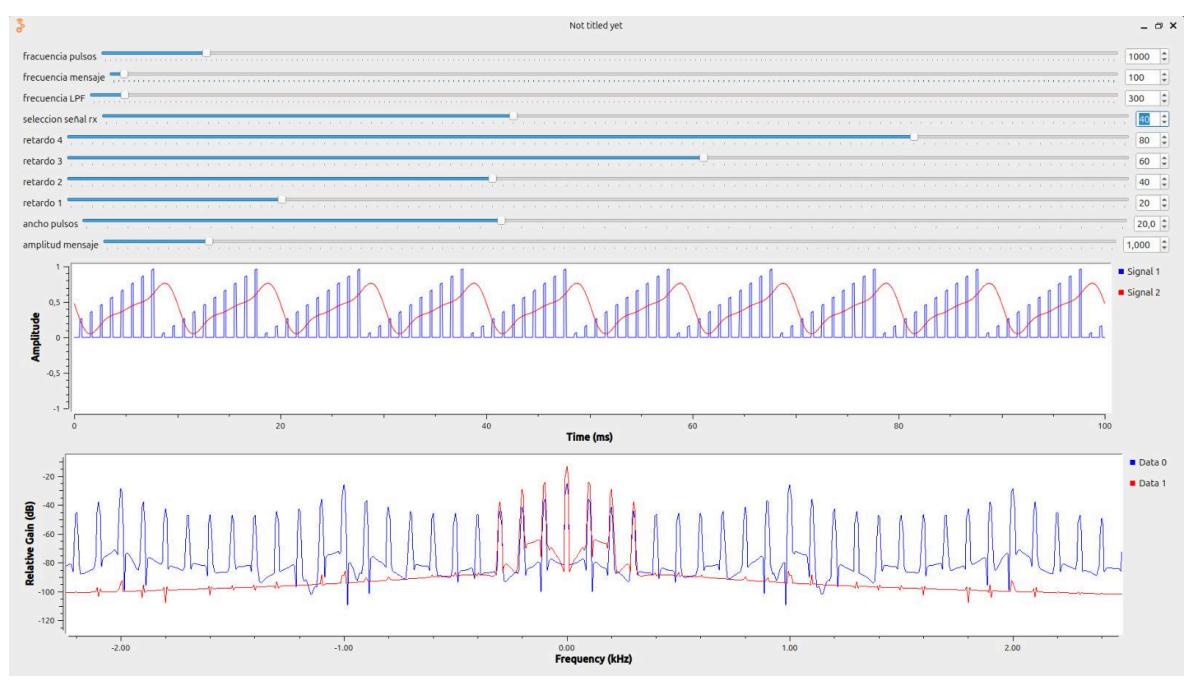
Canal 2

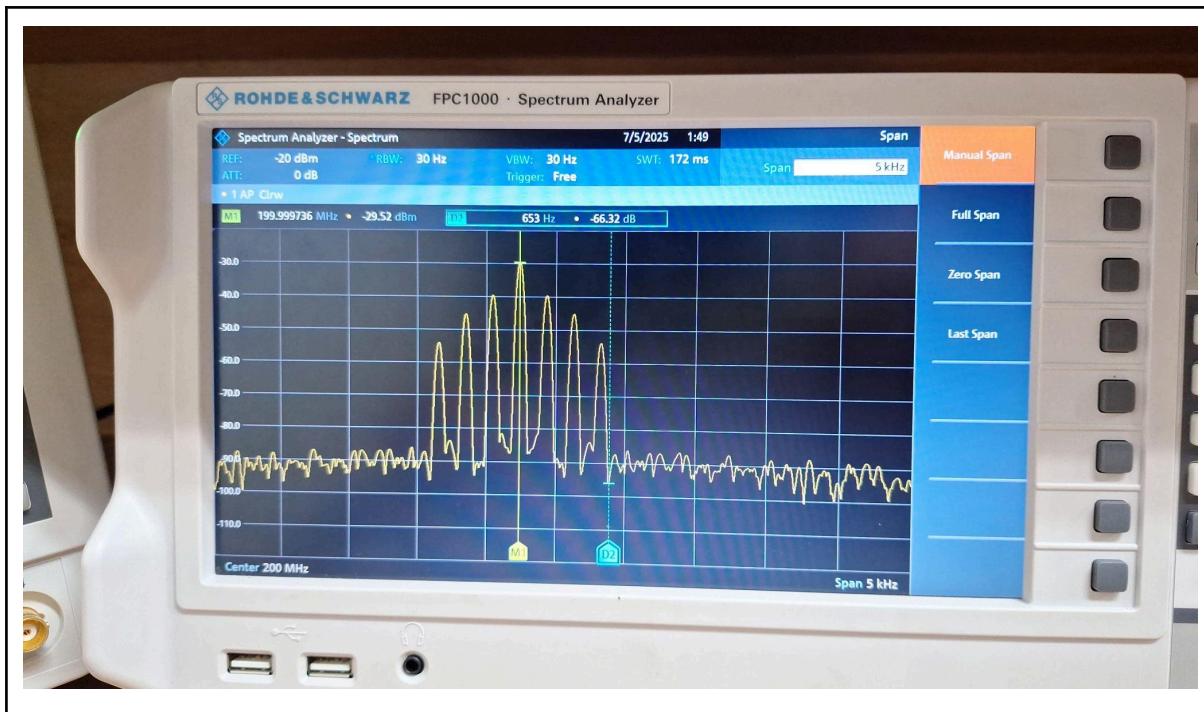






Canal 4





Practica 5 parte A-Cuantización uniforme

1. ¿Cómo afecta la resolución del cuantificador a la calidad de la señal después de la cuantización?

afecta directamente, ya que con un nivel bajo de cuantificación o sea un numero bajo de bit tendremos una cuantificación peor a comparación de que lo hicieramos con un nivel alto, con un nivel alto vamos a tener una mejor resolución de la señal y mucho menos ruido

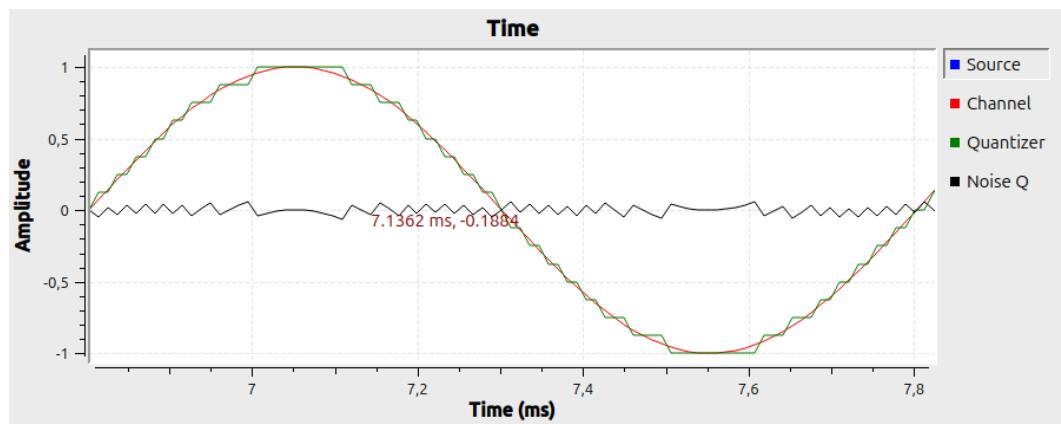


figura #1 nivel bajo de bit

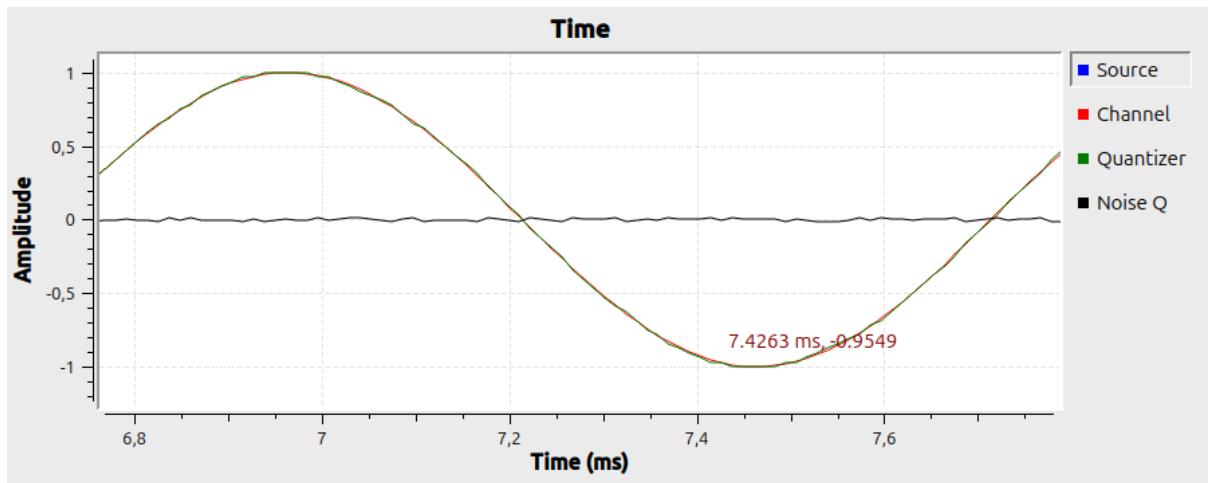


figura #2 nivel alto de bit

observamos como con un nivel alto de cuantizacion (2 niveles mas)tenemos una mejor resolucion de la señal, a comparacion de cuando el nivel es bajo, la señal pierde calidad y introduce ruido en la señal. en este caso que aumentamos 2 niveles de cuantificación observamos como la señal se aprecia mejor y reduce su ruido imrtroducido.

2. ¿Qué impacto tiene el ruido de cuantización en la señal procesada y cómo se puede minimizar?

se aprecia que el ruido afecta la señal directamente deformandola, se puede ver de manera escalonada la señal cuantificada, ya no se ve suave como quisieramos ver. esto se debe al nivel de cuantificación que le estamos dando.

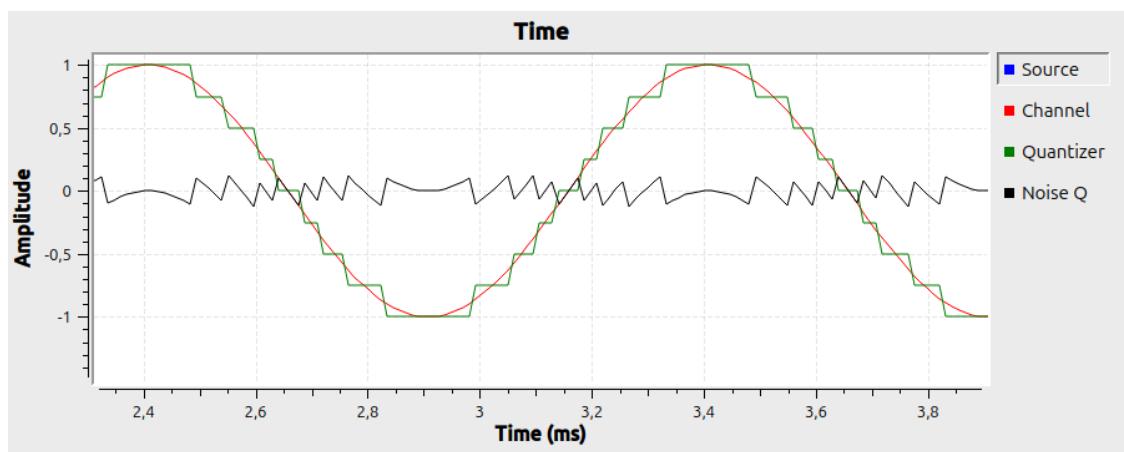


figura #3 Mayor ruido

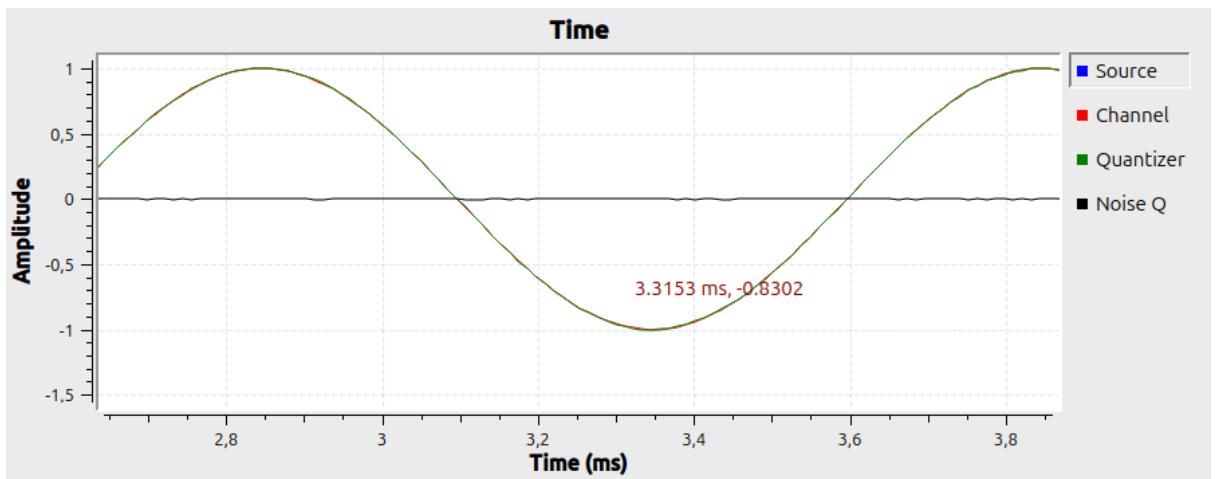


figura #4 Menor ruido

un modo de minimizarlo es aumentando los niveles de cuantificación. de este modo el ruido introducido sera menor y tendremos una mejor señal cuantificada. en la imagen se logra apreciar como la señal ya no se ve escalonada al aumentar sus niveles de cuantificación.

3. ¿Cómo influye el ancho de banda del filtro pasabajas en la calidad de la señal después de la cuantización?
el ancho de banda define cuales son las frecuencias que dejare pasar, esto afecta directamente a la calidad de la señal cuantificada en este caso las que esten por debajo de el las dejara pasar y por encima de el las atenuara.

por ejemplo si el canal introduce ruido en altas frecuencias este filtro las eleminara pero si aumentamos su ancho de banda muy probablemente lo que voy hacer es introducir mas ruido a la señal cuantificada.

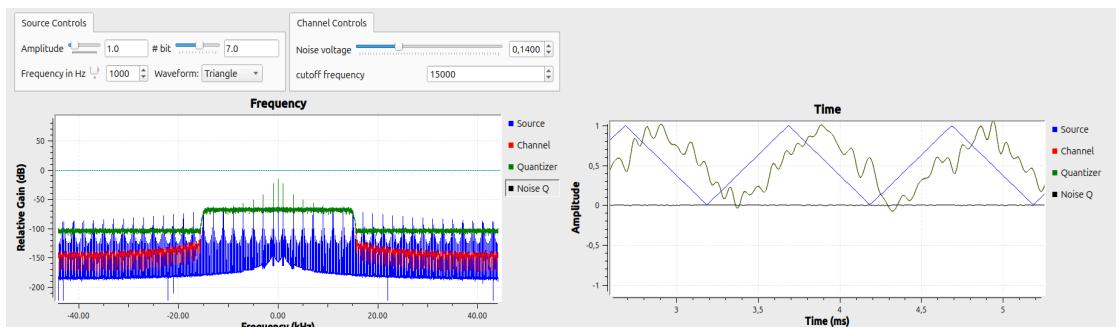


figura #5

para este ejemplo introducimos ruido y ademas le damos un ancho de banda mas grande del que esta predeterminado y vemos como al dejar pasar mas ruido la señal cuantificada se ve afectada en su resolucion distorsionando.

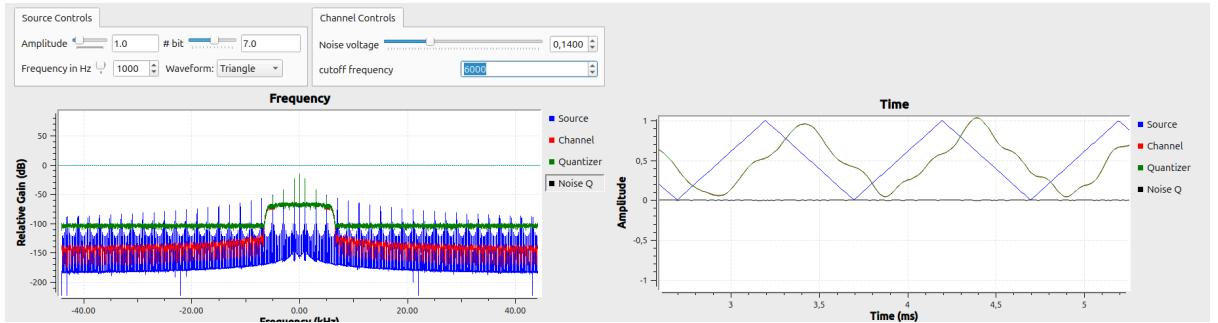


figura #6

observamos que al disminuir su ancho de banda, la señal cuantificada se aprecia mas suave y con un poco mejor de resolucion, ya que no estamos dejando pasar tanto ruido a comparacion de la imagen anterior, pero esto no significa que sea una buena manera de elegir el ancho de banda, ell ancho de banda se debe tomar mas rigurosamente ya que al disminuir su ancho de banda tambien estamos negando el paso a alguna informacion de frecuencias bajas y a pesar de tener una mejor señal cuantificada podriamos esperar una mejor señal, mas precisa.

4. ¿De qué manera la adición de ruido gaussiano afecta el desempeño del cuantizador uniforme en GNU Radio?

esto la afecta directamente ya que al aumentar el ruido el cuantificador no diferenciará entre señal y ruido. la señal aumentara su variación y se genera una diferencia entre la señal original y señal cuantificada, al tener un mayor ruido vamos a tener un mayor error de cuantificación.

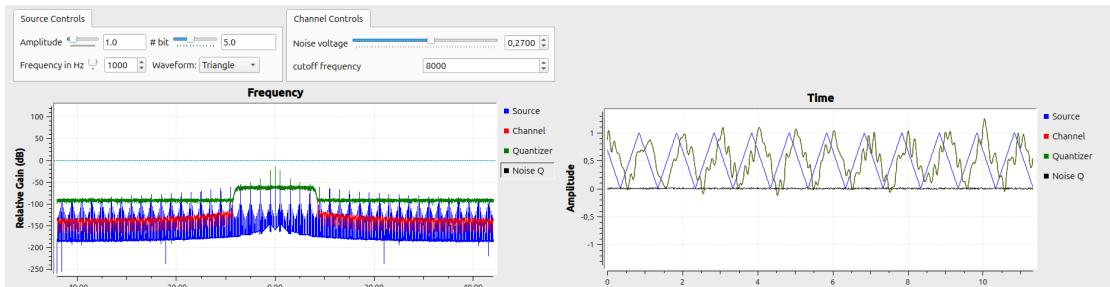


figura #7

5. ¿Qué ventajas y desventajas tiene el uso de diferentes esquemas de cuantización en aplicaciones de procesamiento digital de señales?

todo depende de cual usemos en nuestro casos usamos lineal y no uniforme en general podemos decir que la cuantización lineal es mas simple de implementar respecto a la no uniforme y por lo tanto tiene un costo computacional mas economico

pero todo depende de la aplicación como se comentó anteriormente. en sistemas de procesamiento de voz es mas recomendable usar una cuantización no uniforme ya que el lineal no es eficiente en estos casos porque produce mas error en amplitudes pequeñas, con la no uniforme podemos percibir las señales de voz de una mejor manera ya que asigna mas nivel a valores pequeños y menos niveles a valores grandes pero pues debemos pagar un costo computacional mayor al necesitar mas memorias e implementar esquemas mas complejos.

6. Observe uno de los casos en el osciloscopio y documente lo observado (amplitudes, delta de amplitudes, delta de tiempos) usamos una ganancia de 30 porque el usrp debemos trabajar así.

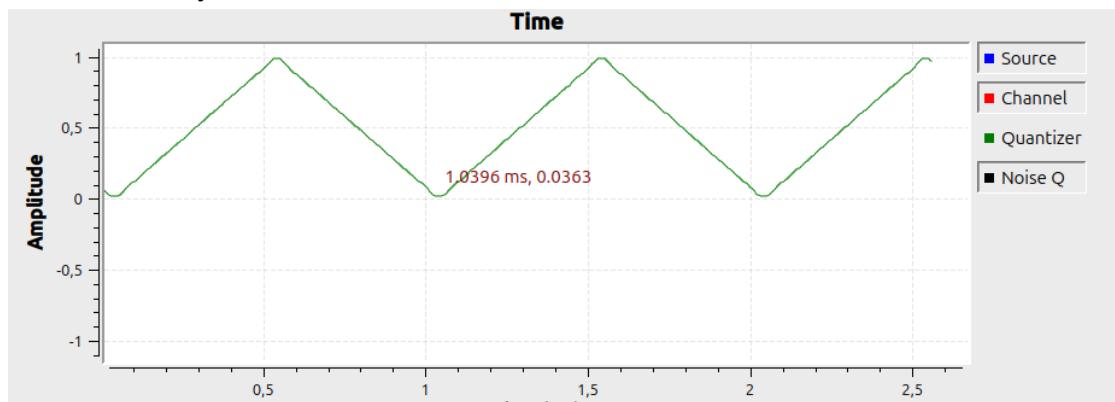


figura #8 para comparar con osciloscopio

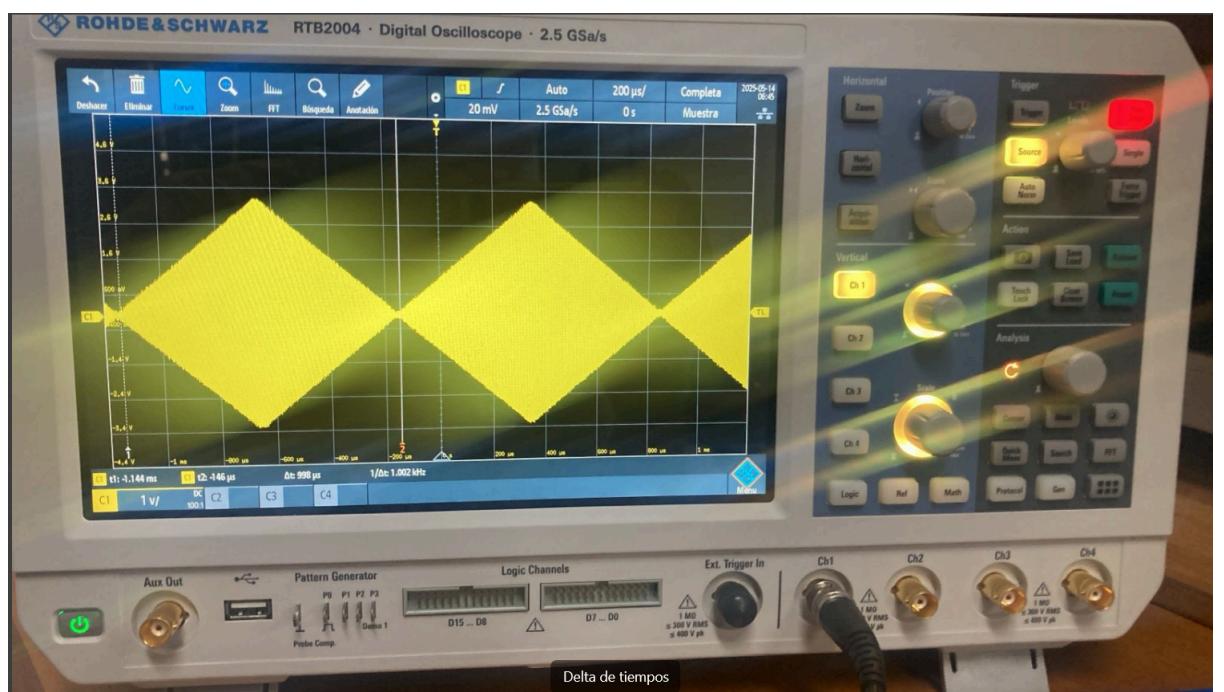


figura #9 osciloscopio-tiempo

si observamos los cursores del osciloscopio observamos que el delta de tiempo sería $T_2 - T_1$ lo cual nos da aproximadamente 0.998 ms lo cual concuerda con la simulación aproximadamente

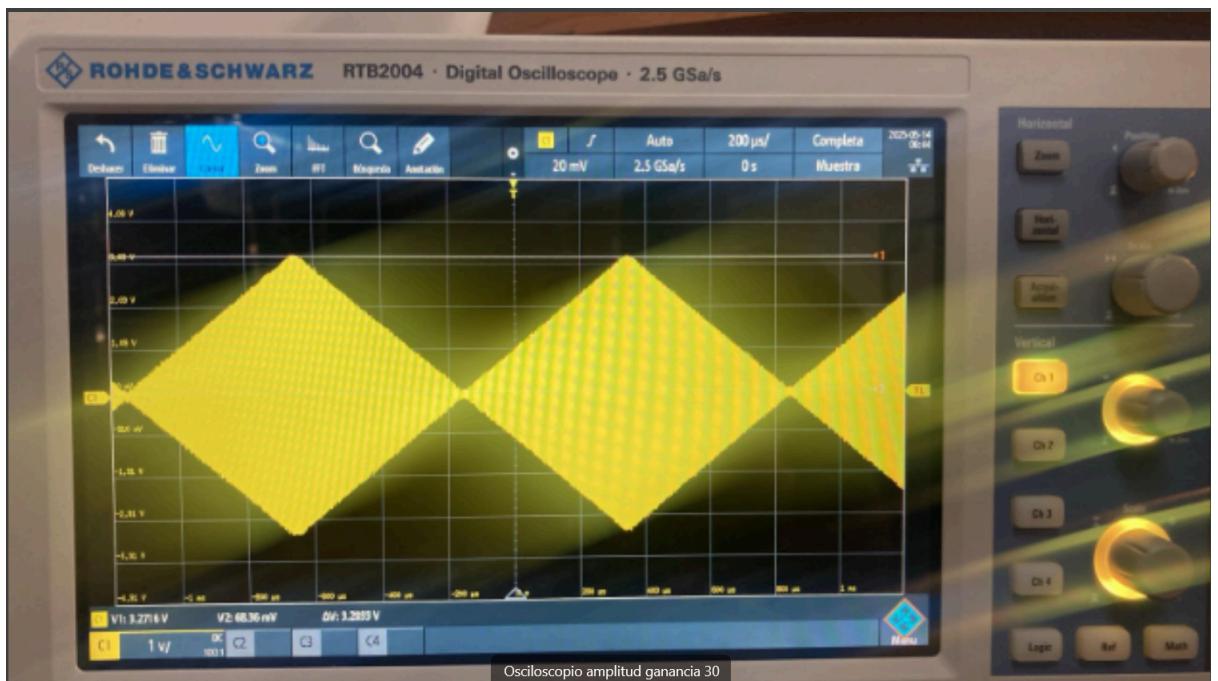


figura #10 osciloscopio-amplitud

La imagen esta un poco baja de calidad pero se logran apreciar los cursores horizontales los cuales el delta de amplitud o voltaje nos da aproximadamente 3.2 V deberia darnos 1 V pero al tener una ganancia de 30 se escala, lo manejamos de esta forma porque el equipo de laboratorio funciona de mejor manera con esta ganancia.

este es un ejemplo con un nivel de bit bajito

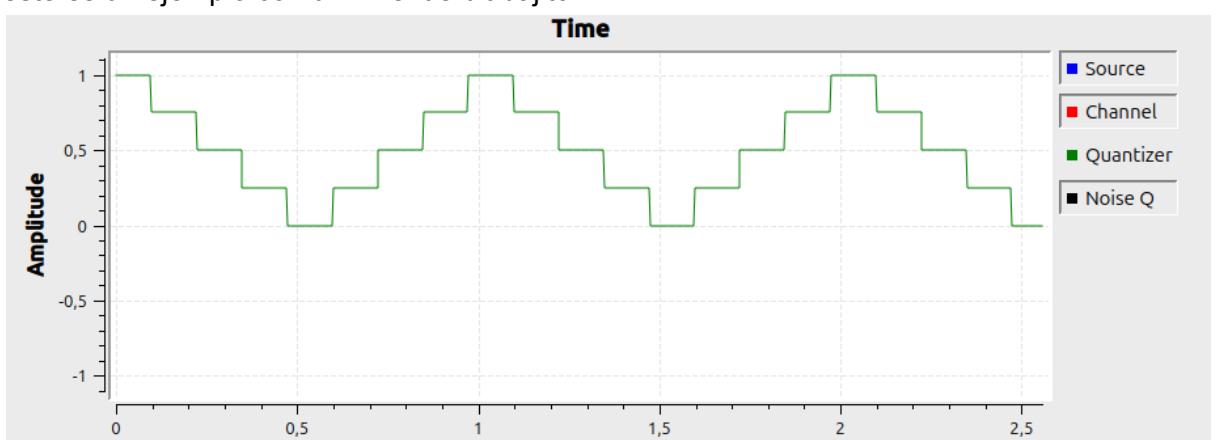


figura #11 nivel bajo de bit

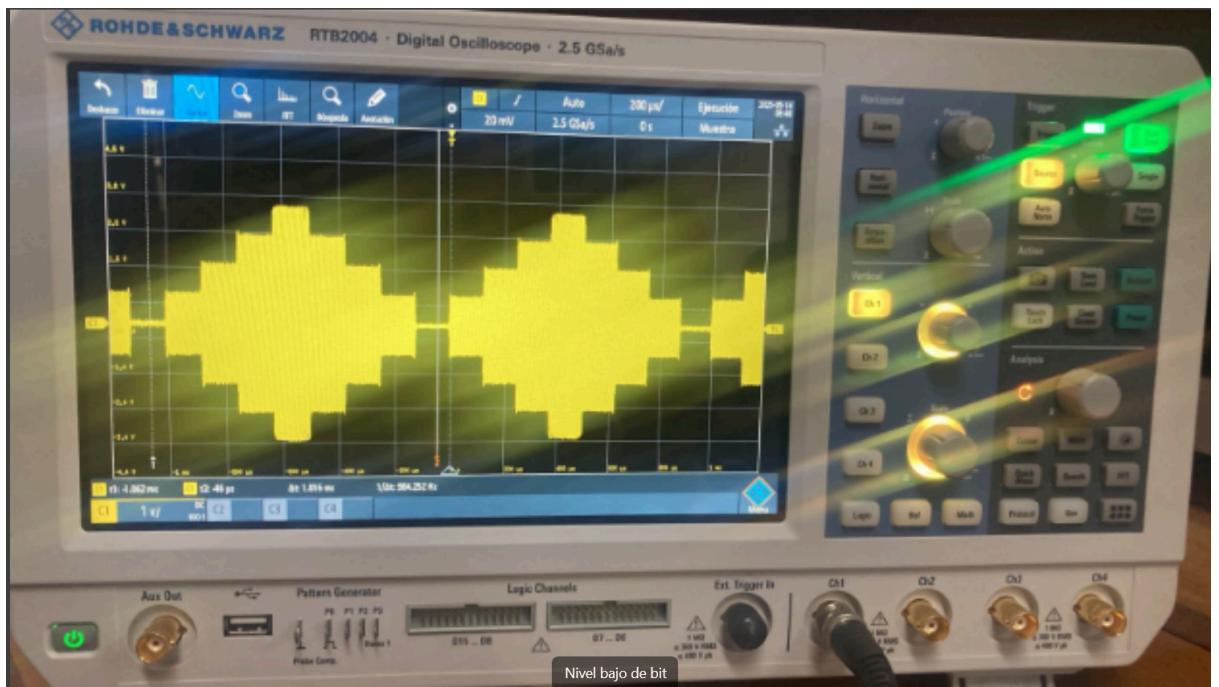


figura #12 nivel bajo de bit osciloscopio

podemos observar como esperamos el resultado de la simulación con un nivel bajo de bit, no tenemos una buena cuantización por esto, igualmente se pusieron cursores para visualizar los datos y compararlos teniendo en cuenta la ganancia de 30

a pesar de no poder visualizar bien la imagen. vemos que el delta de tiempo en la simulación es 1 ms y en el osciloskopio tambien podemos visualizarlo de manera no tan clara pero corroboramos que corresponde aproximadamente al mismo delta de tiempo (1.019 ms) al ser $T_2 - T_1 = (-43 \text{ us}) - (-1.062)$

este es un ejemplo con ruido añadido.

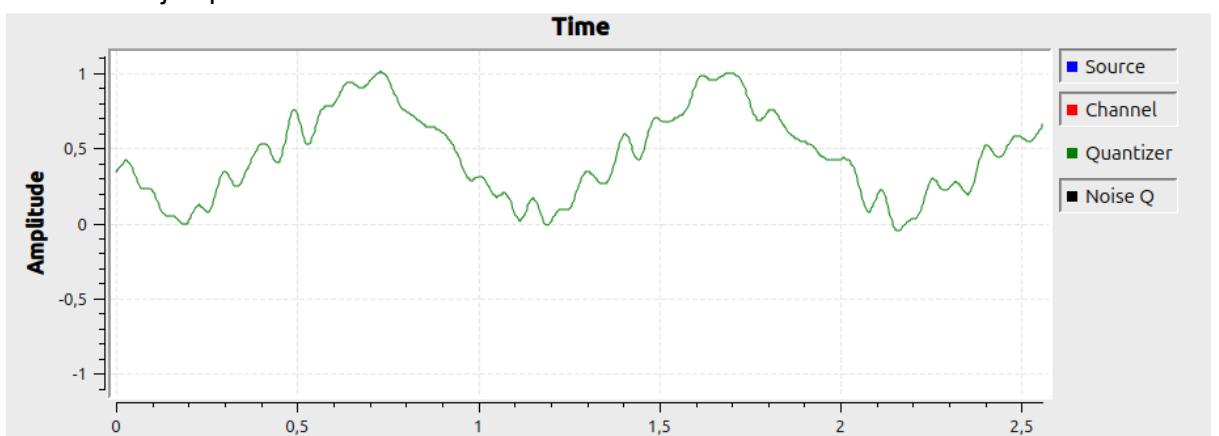


figura #13 ruido añadido.

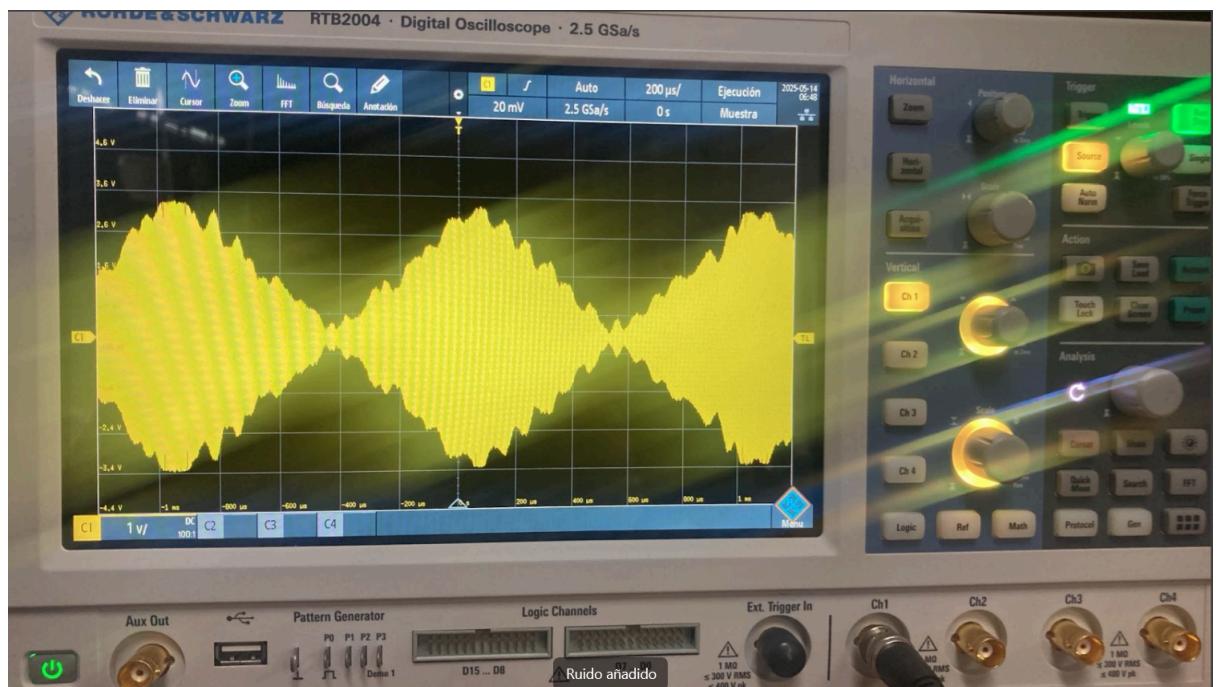
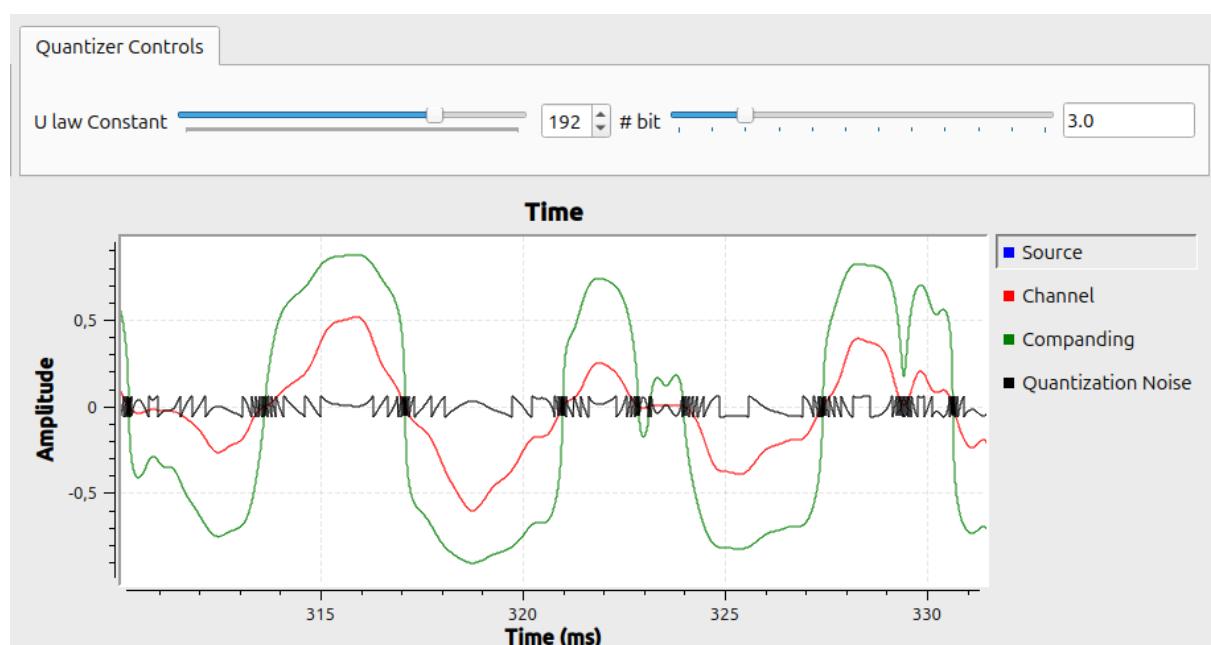


figura #15 ruido añadido osciloscopio

podemos observar como la simulación representa de buena manera lo que deberíamos esperar ver en el osciloscopio configurandolo adecuadamente, al igual que los otros casos usamos ganancia de 30 y observamos el comportamiento de la señal con ruido añadido

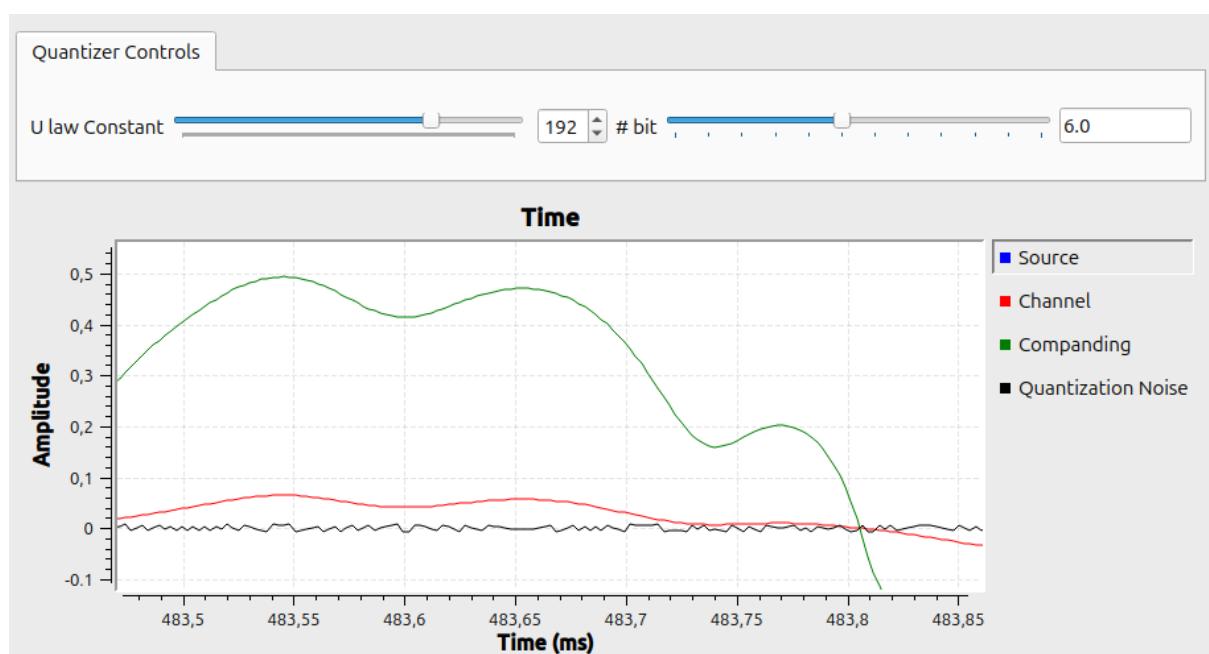
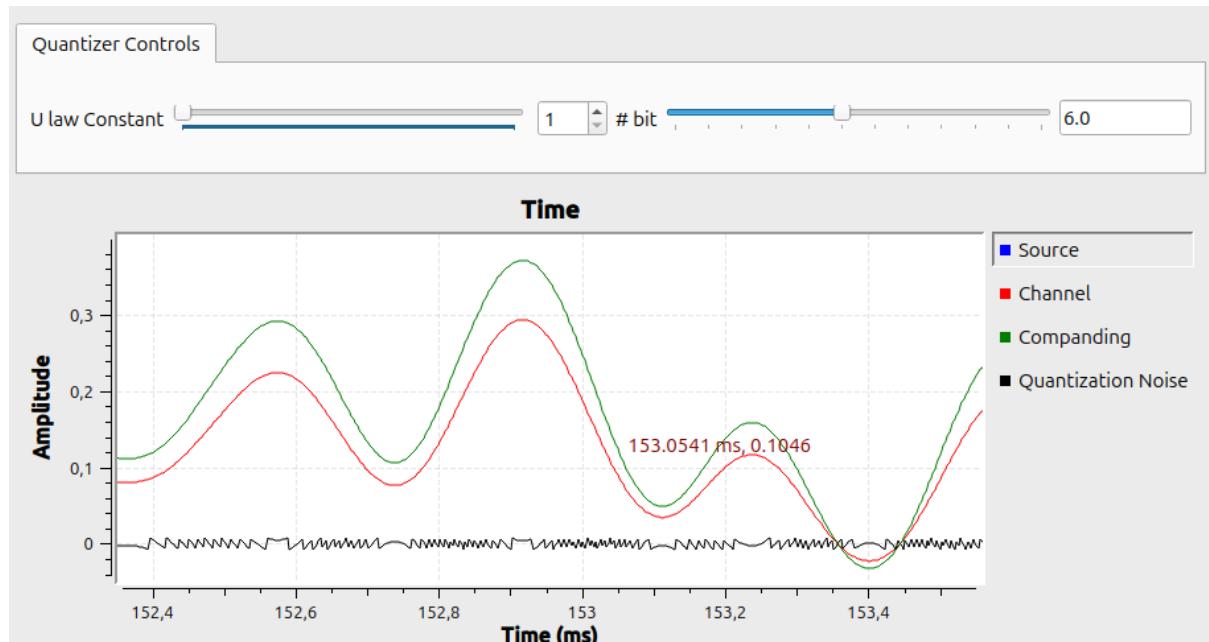
Practica 5 parte B-Cuantización no uniforme

-NO lineal



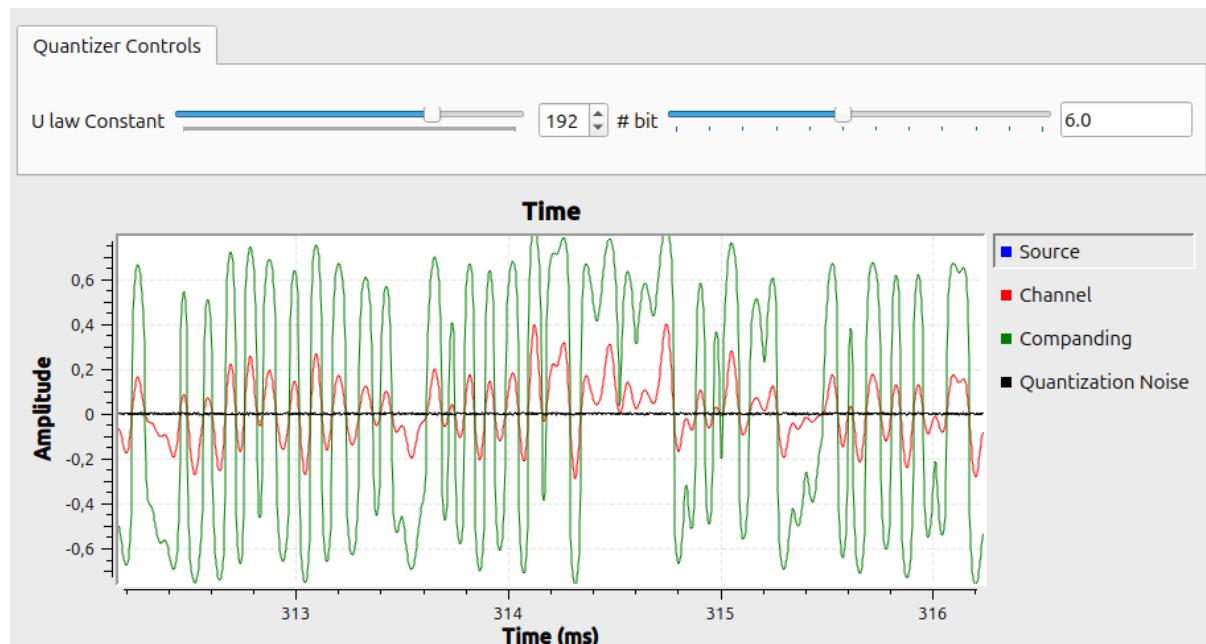
¿Cómo influye el valor de la constante A en la distribución de los niveles de cuantización y la percepción del ruido de cuantización?

Esta constante hace que el valor de los que se encuentren cerca a cero aumenten.



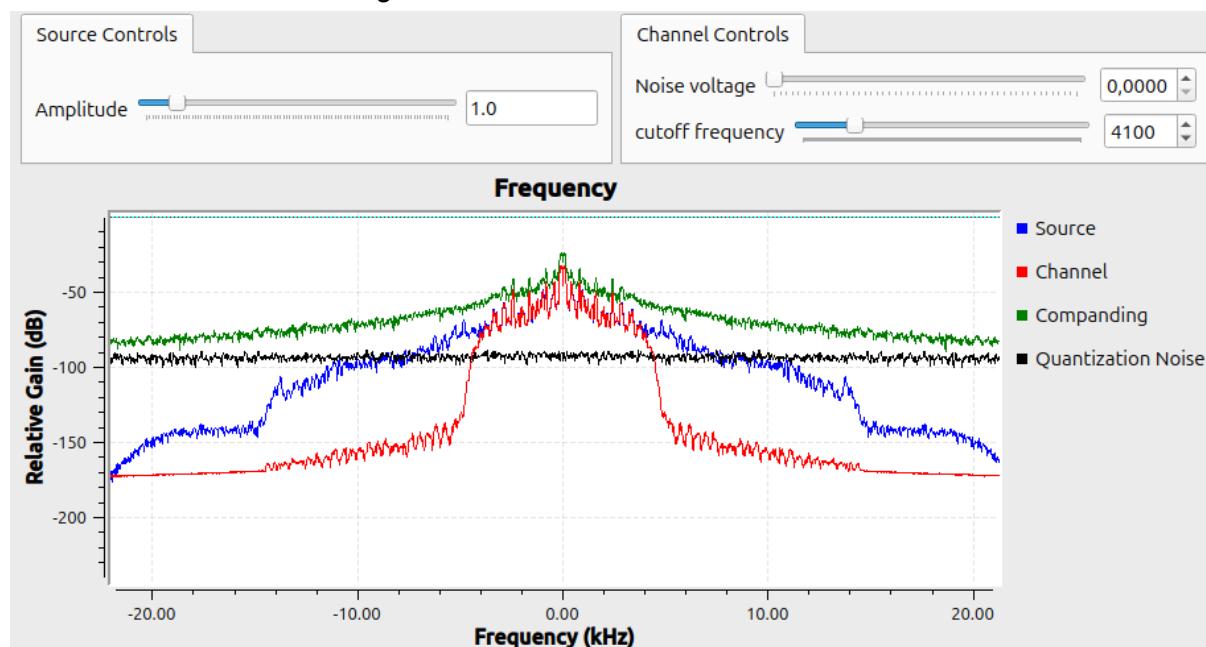
¿Cuáles son las ventajas del cuantizador Ley A en comparación con la cuantización uniforme?

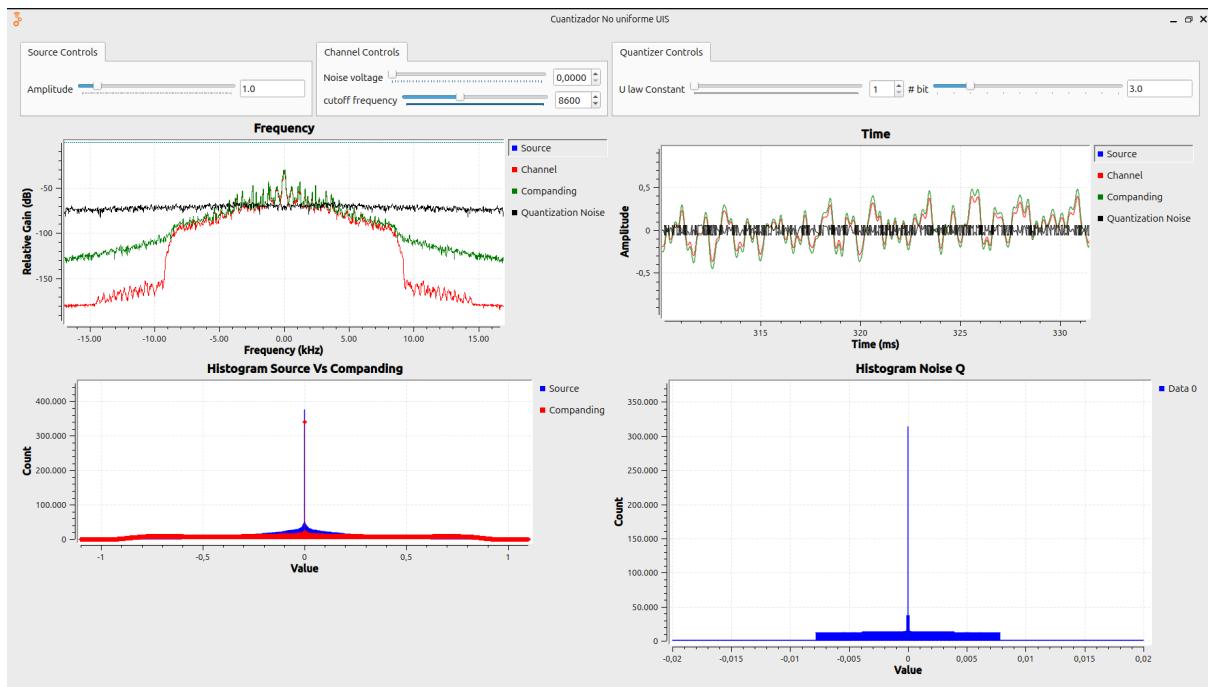
Con esta se aumentan los valores que se encuentran cercanos a cero, esto para que no se pierda información y no se tenga que aumentar el número de bits

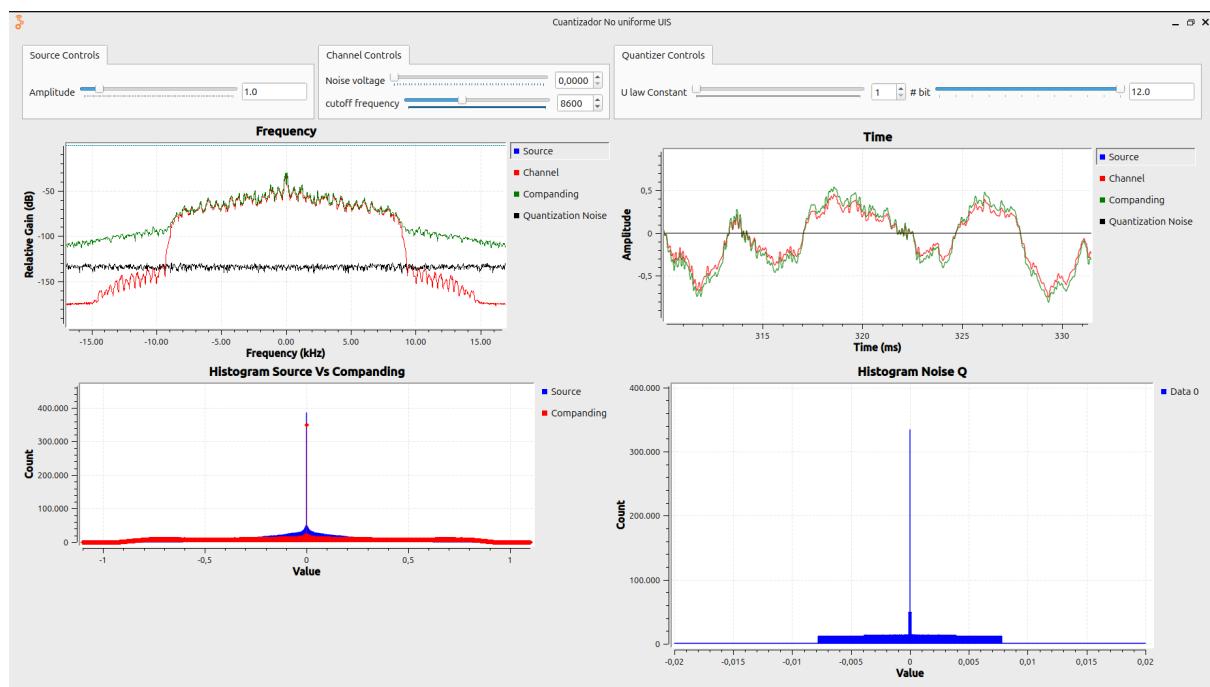
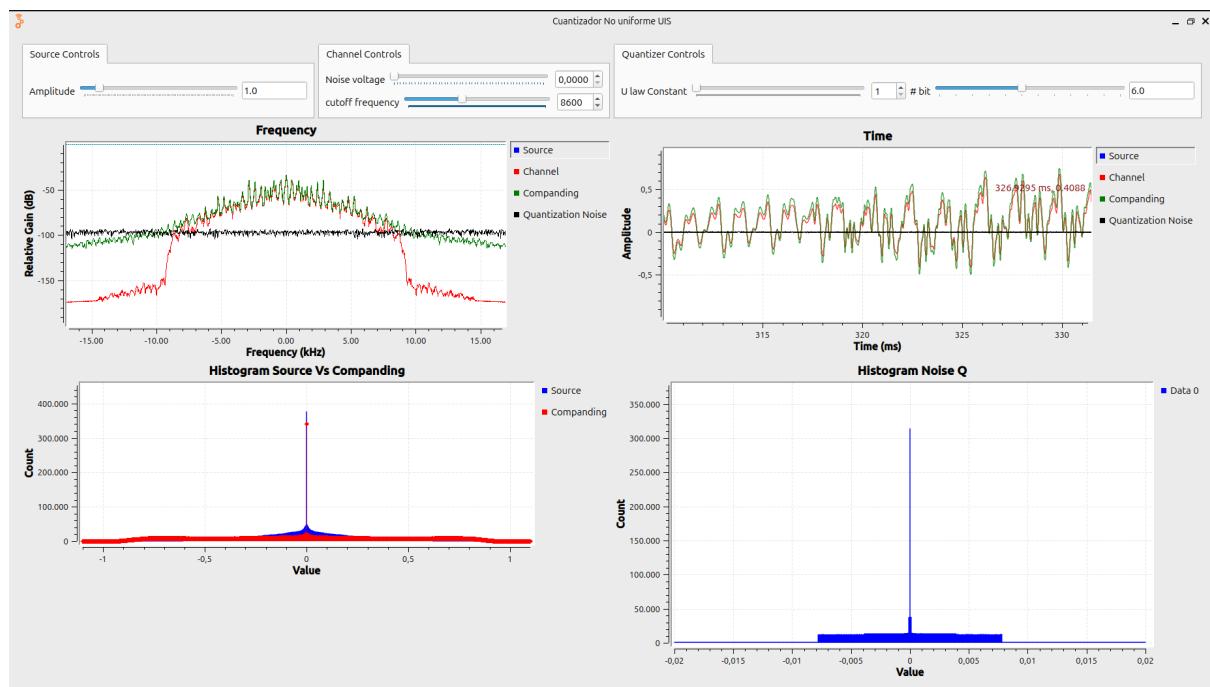


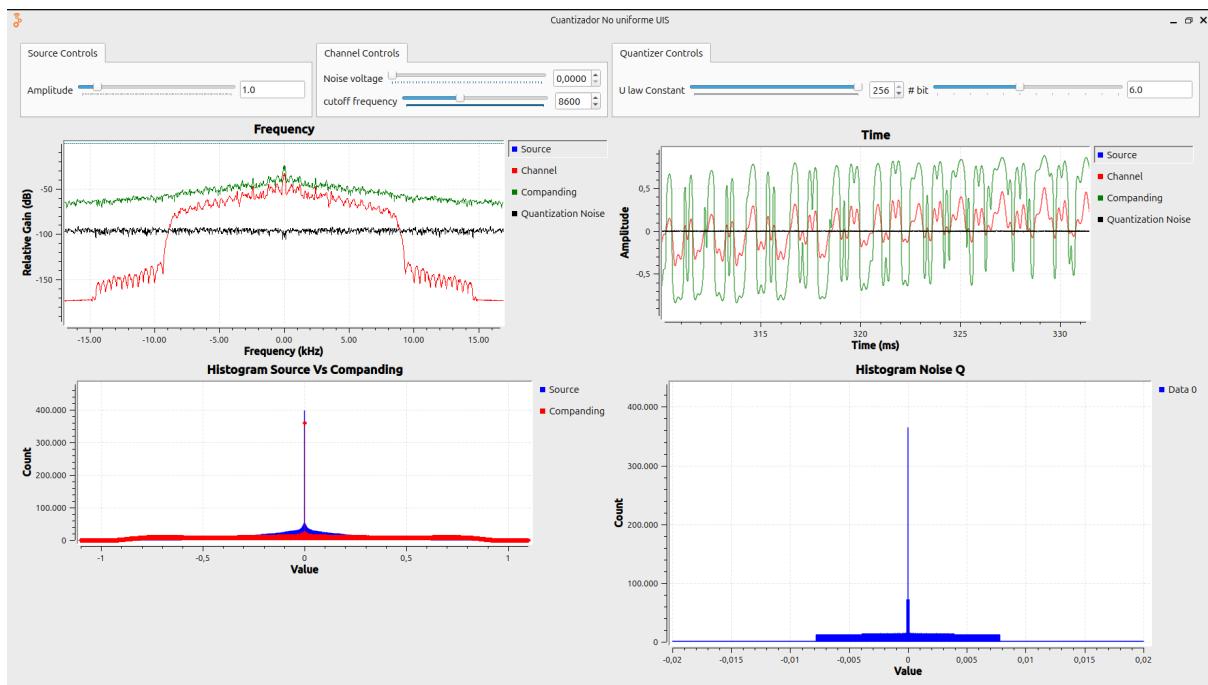
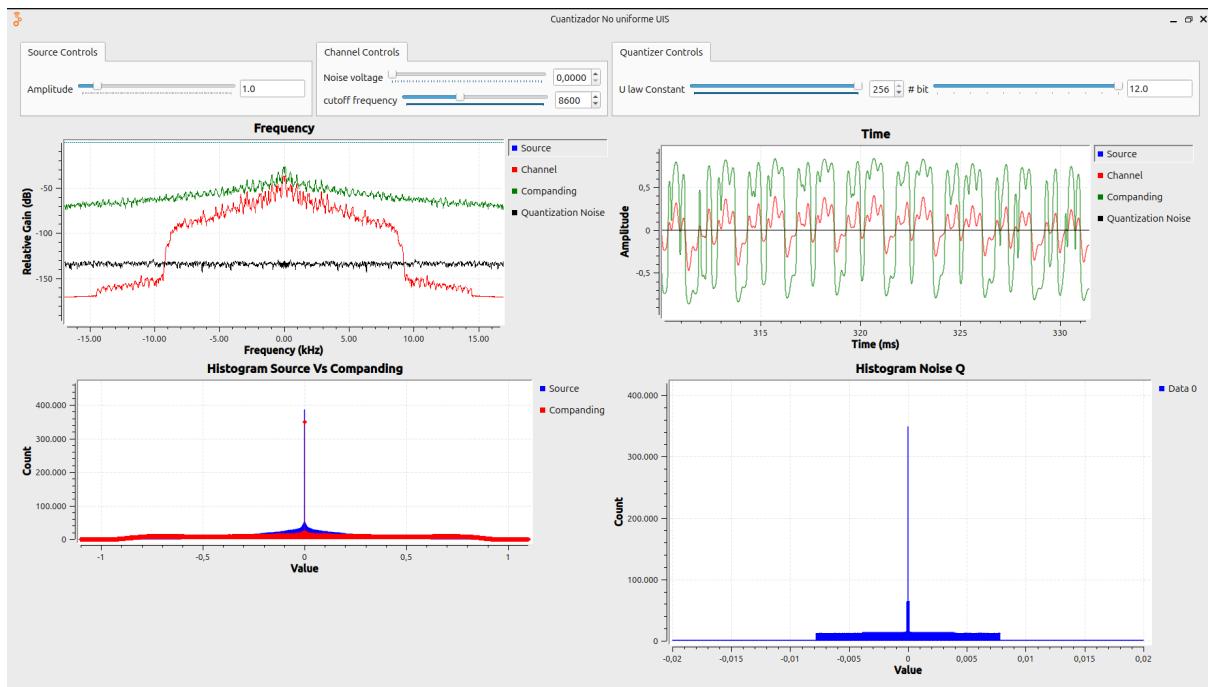
¿Cómo afecta el ancho de banda del canal a la calidad de la señal cuantizada y qué implicaciones tiene para el ruido de cuantización?

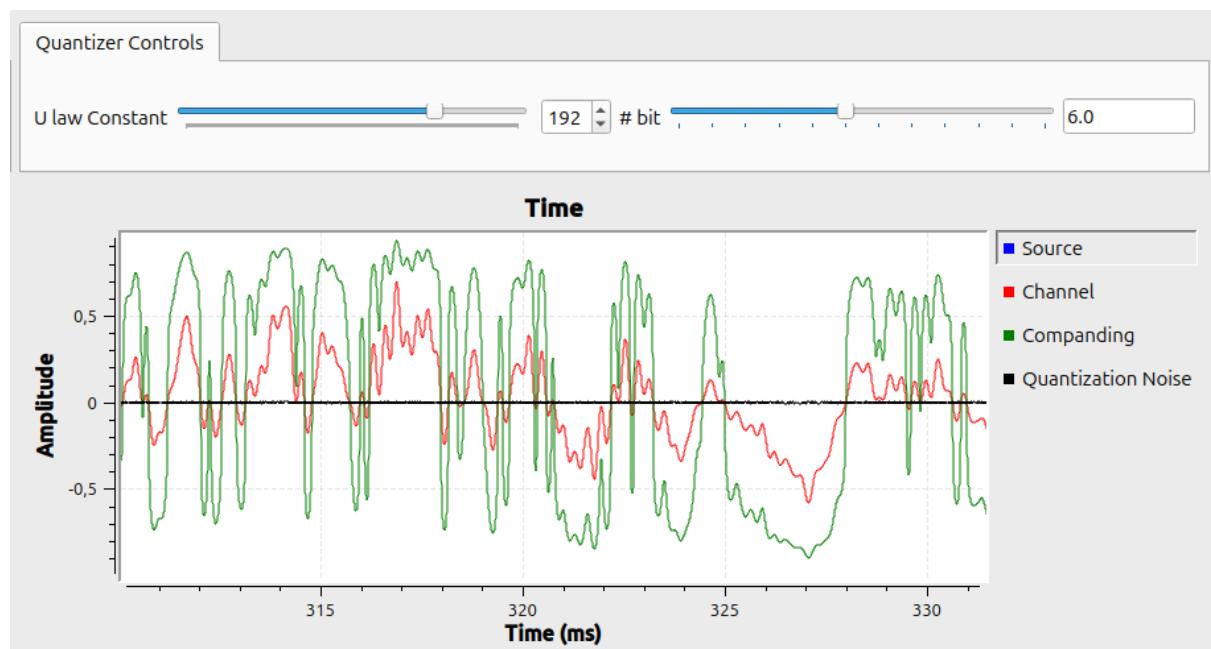
Al realizar esta cuantización el ancho de banda se aumenta, así como se puede observar en la señal de color verde, si llega a haber ruido de cuantización este se va a sumar.





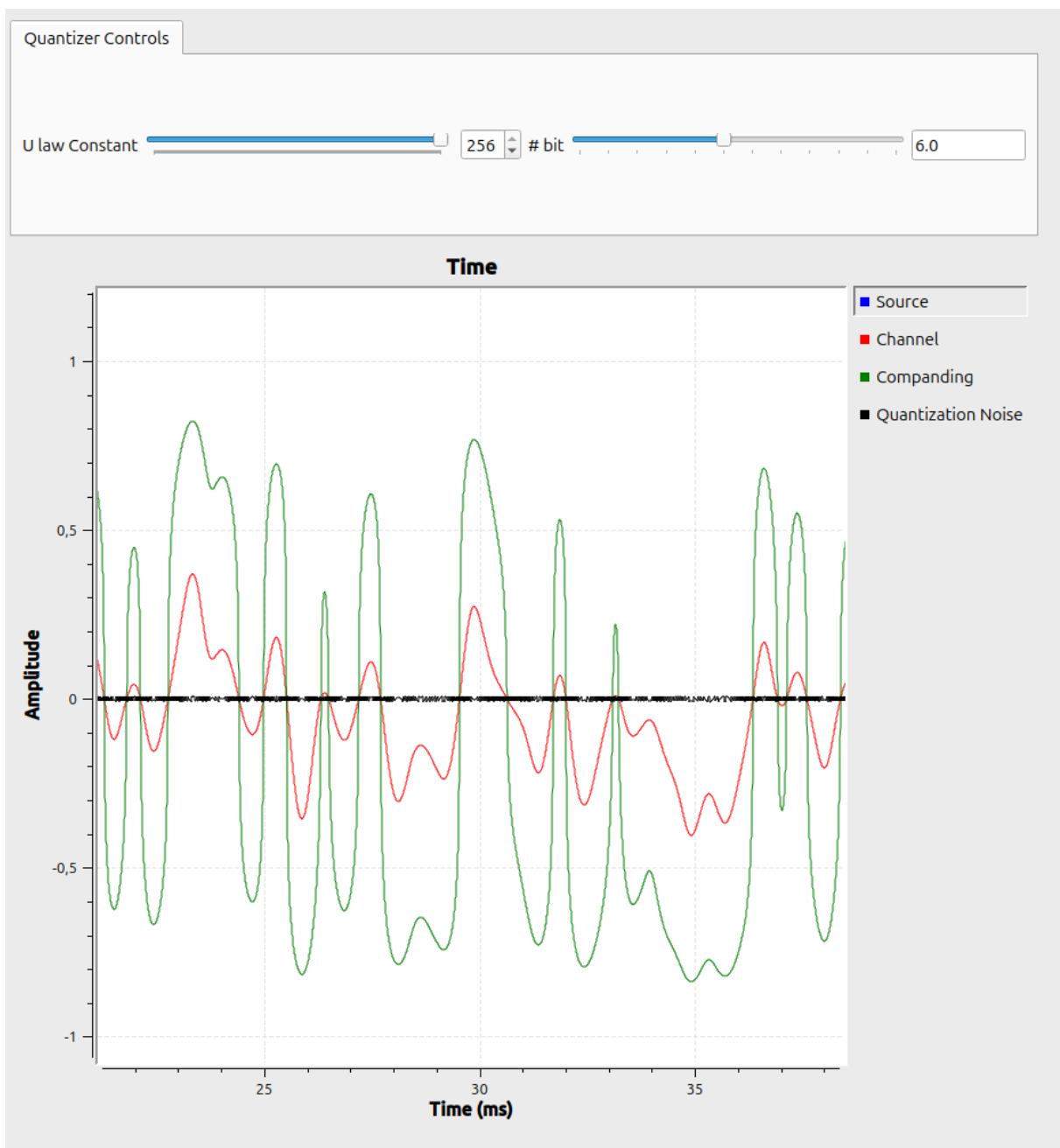


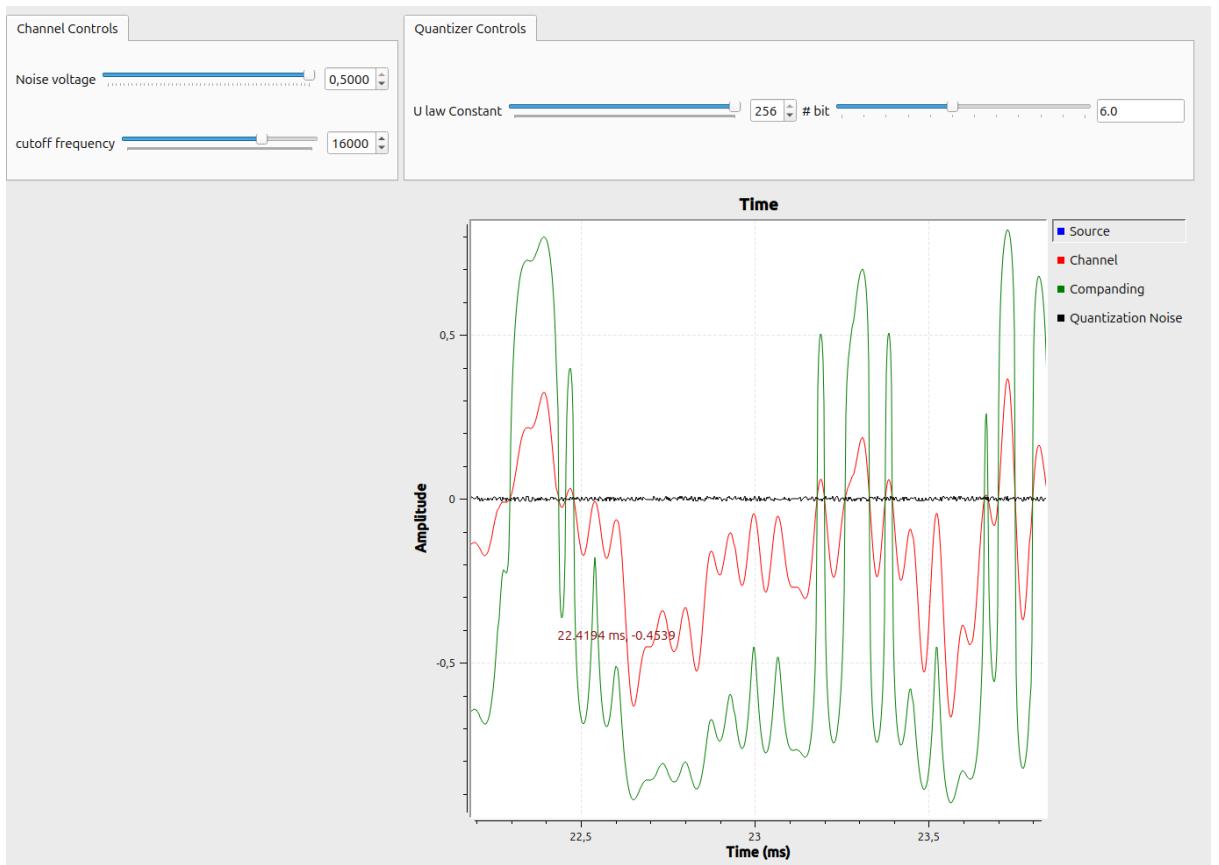
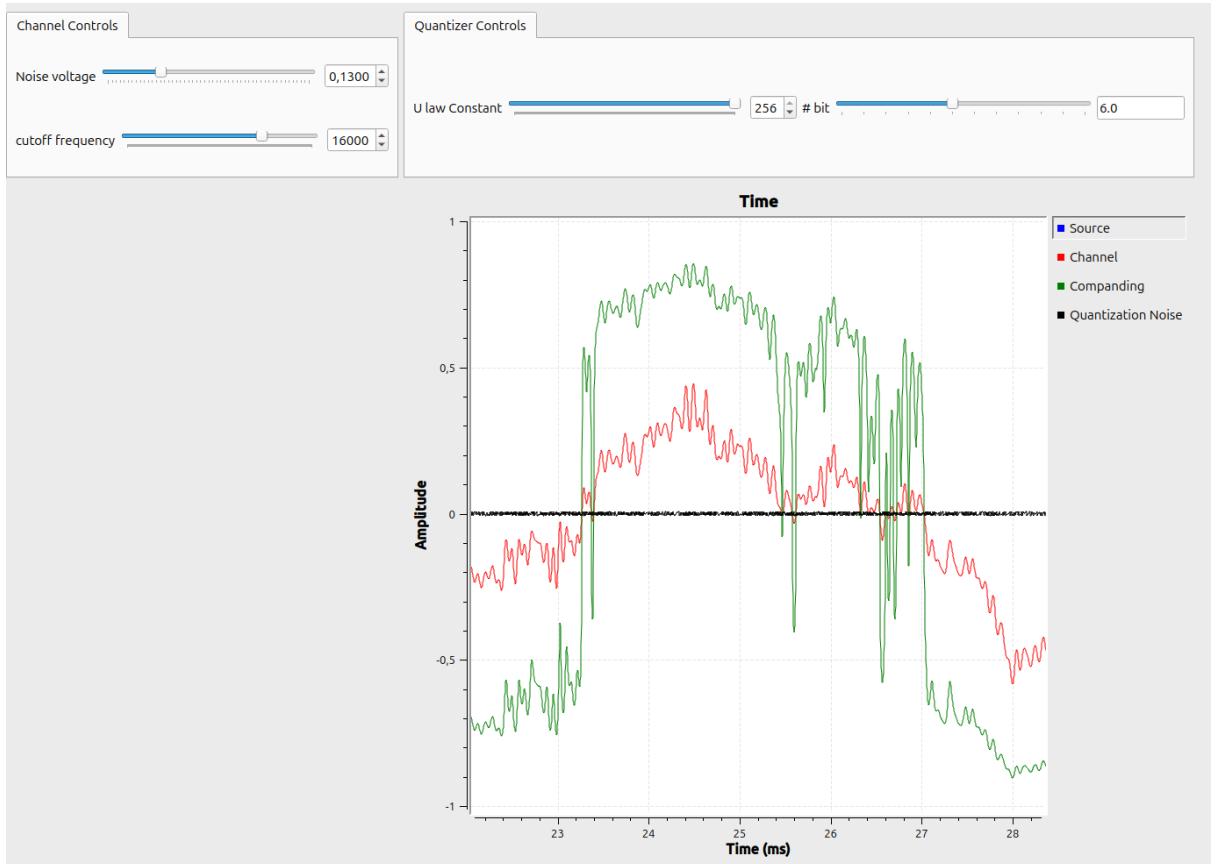


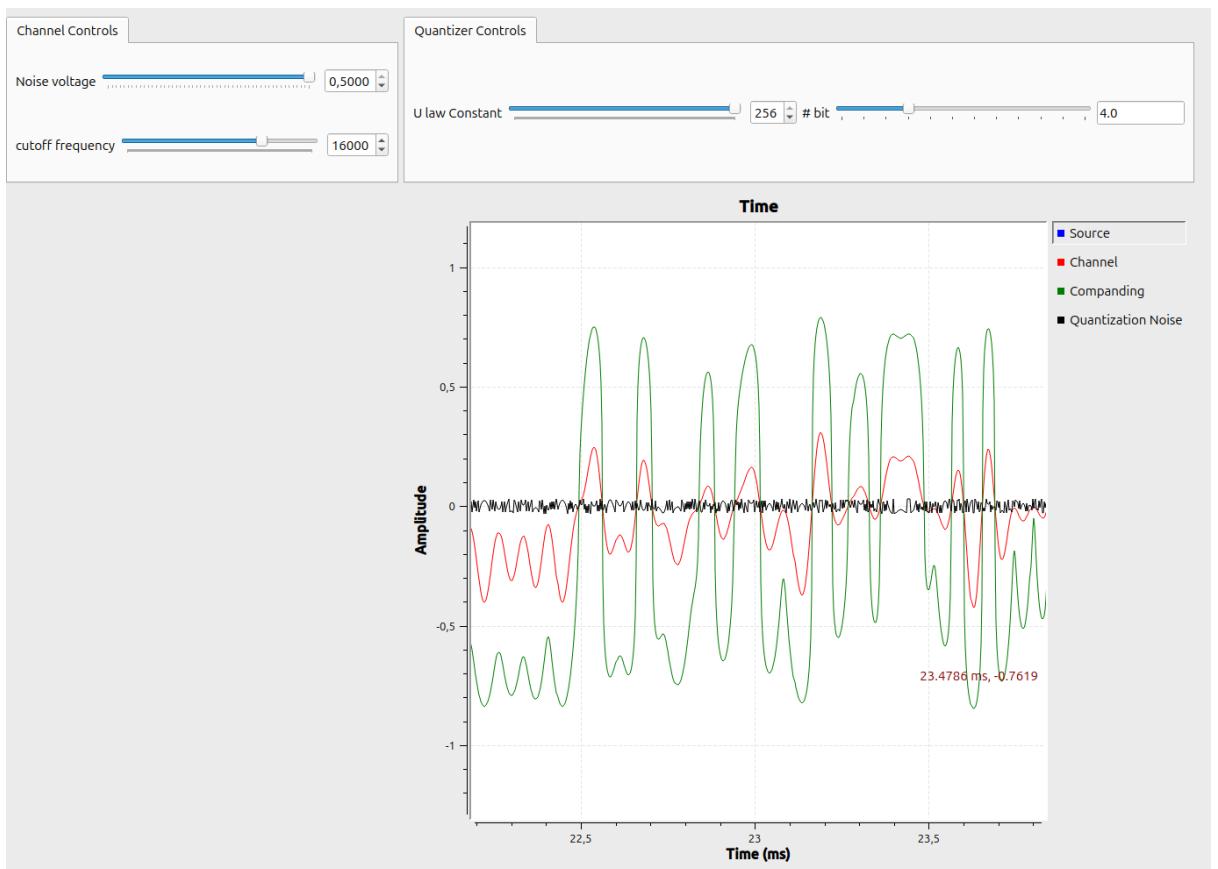


¿Qué impacto tiene la adición de ruido gaussiano en la señal procesada con cuantización Ley A?

Según lo observado este ruido este ruido se adiciona a la señal por lo cual se le aumenta mas su valor

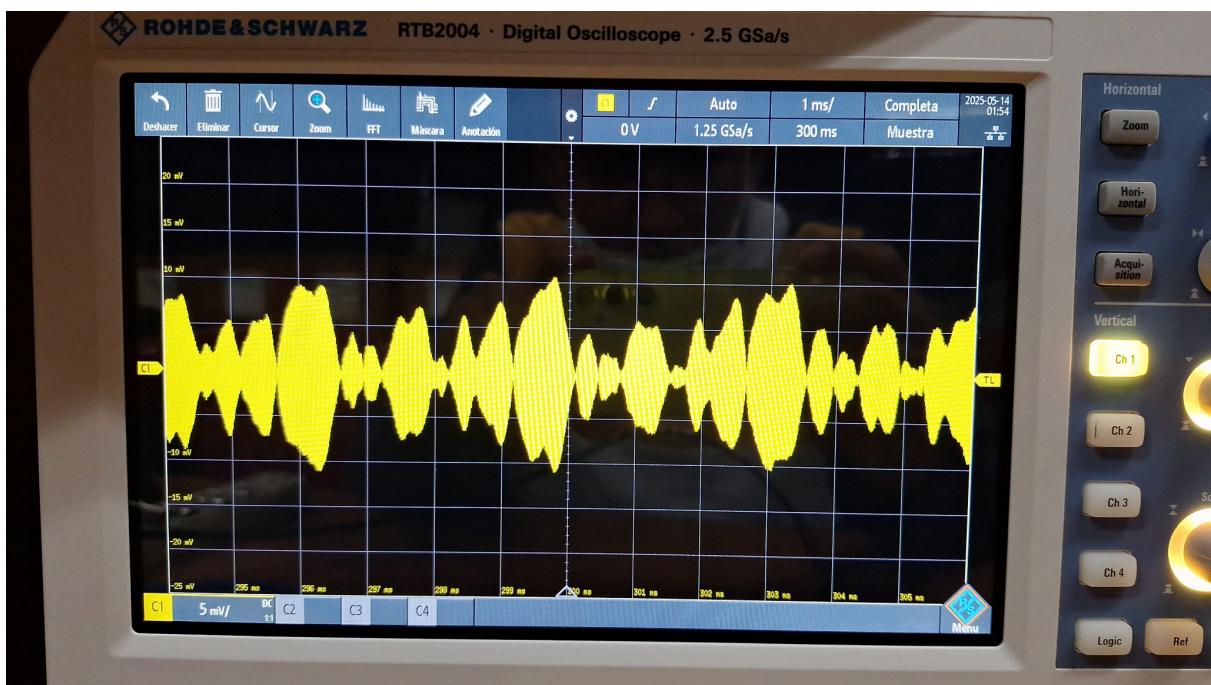
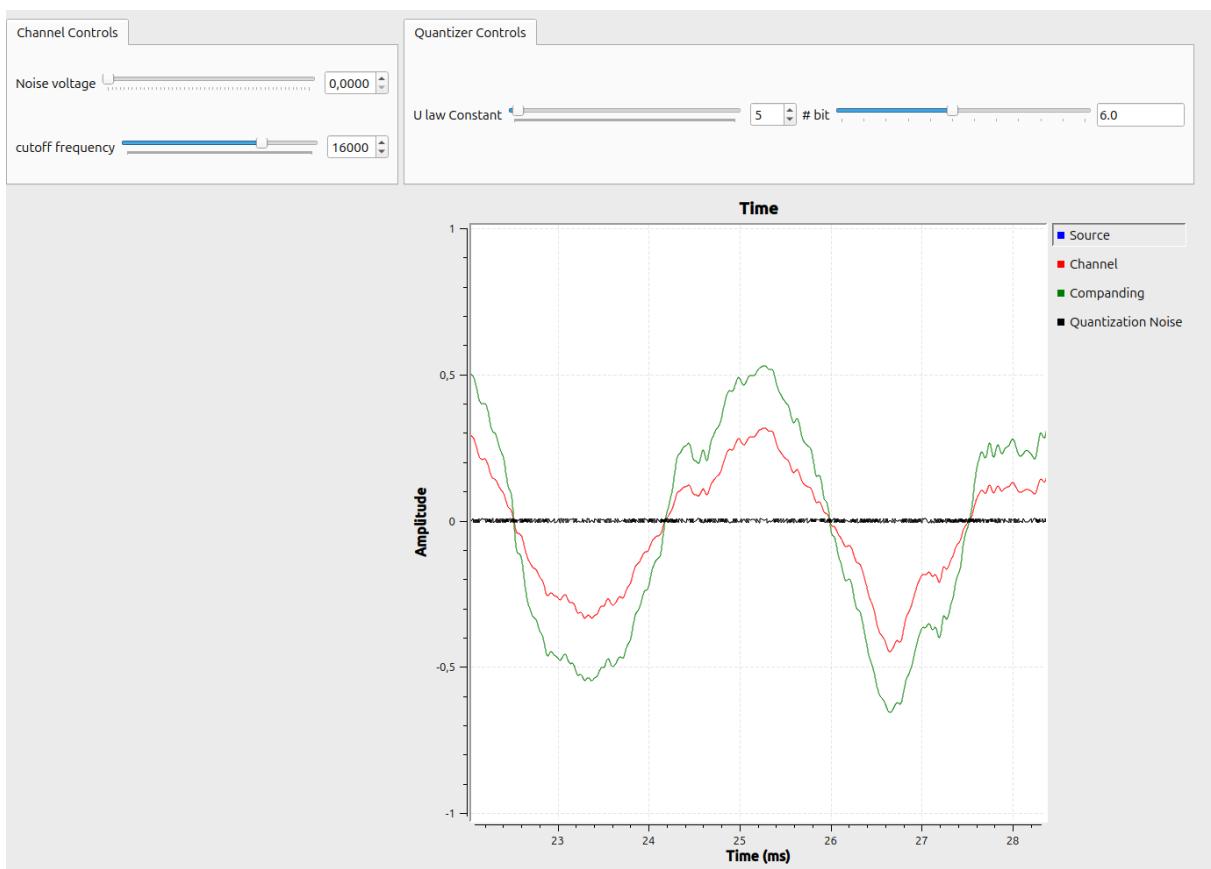




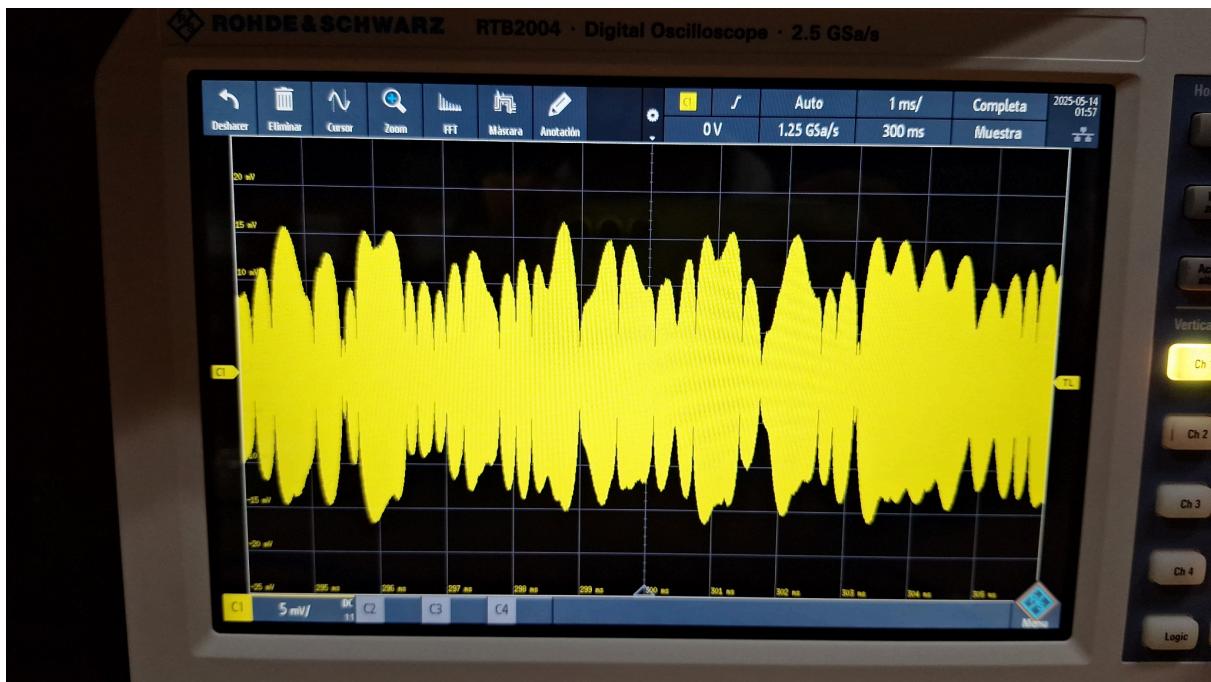
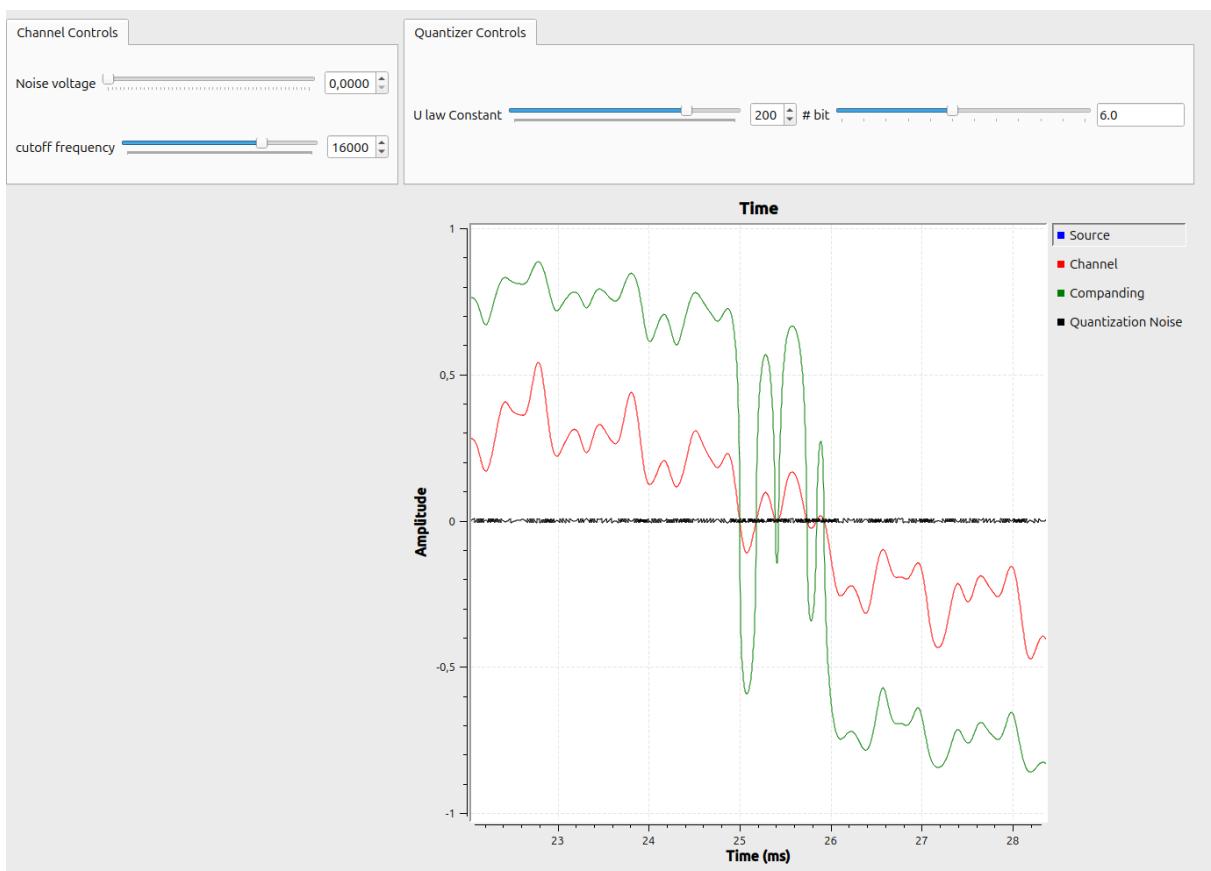


**Observe uno de los casos en el osciloscopio y documente lo observado
(amplitudes, delta de amplitudes, delta de tiempos)**

u - law de 5 - ganancia de 30



u-law de 200



Observe uno de los casos en el analizador de espectro y documente lo observado (ancho de banda, delta de frecuencia y potencia)

