

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

INFORME DE LABORATORIO - SDR

LABORATORIO N° 6

Estudiantes:

Montezuma Diego¹

Narváez Israel²

Panama Anthony³

Docente: Msc. Edgar Maya.

Técnico de laboratorio: Msc. Alejandra Pinto Erazo

20 de mayo de 2024

1. Titulo de la práctica

Pruebas con transmisor FM mediante RTL en SDR Sharp.

2. Introducción

En el siguiente informe de laboratorio, se realiza la implementación de un circuito transmisor de radiofrecuencia en FM con potenciómetro regulable, el cual permite transmitir en todo el rango de Frecuencia Modulada, este se lo construye en una protoboard y se proceden a realizar las diferentes pruebas de recepción mediante el uso de RTL-SDR, para posteriormente visualizar la señal de frecuencia tanto en espectro como en espectrograma.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Principal

Realizar la construcción de un circuito que permita transmitir señales de voz en frecuencia modulada para realizar las respectivas capturas de estas señales mediante un RTL-SDR.

3.2. Objetivos Secundarios

- Realizar el diagrama del circuito de transmisión FM a implementar, o su respectiva simulación en proteus.
- Realizar la implementación del circuito en forma física mediante una protoboard.
- Realizar el circuito con la ayuda de un potenciómetro que permita transmitir en diferentes frecuencias.
- Capturar las señales transmitidas por el circuito electrónico con un RTL-SDR, mediante el uso de SDR Sharp.

4. Fundamentación teórica

RECEPTOR DE FM.

El receptor de FM es un típico receptor superheterodino, diseñado para recibir señales de radio-difusión moduladas en frecuencia entre 88 y 108 MHz., en él, las etapas de audiofrecuencia deben ser altamente compatibles con la calidad del servicio que se pretende obtener.

Dicho receptor se conecta con la salida del mezclador y es el que se encarga de procesar la señal producto de la mezcla hasta entregarla a nivel de audio. Consecuentemente debe estar sintonizado a la misma frecuencia de la señal que sale del mezclador. Para mayor seguridad resulta conveniente seleccionar una frecuencia que no sea ocupada dentro del área de trabajo del receptor. Para fines de demostración en el presente trabajo se ha fijado la frecuencia de 88 MHz.

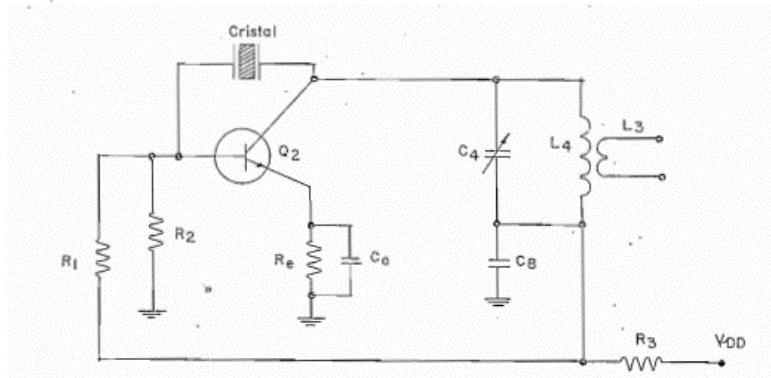


Figura 1: Esquema basado en receptor FM (*Circuito de un receptor de fm muy sencillo*, s.f.)

Dentro del avance para el laboratorio 06, hemos encontrado algún esquema de configuración para la construcción de un transmisor FM, el cual consta de los siguientes materiales:

- 2 transistores 2N2222

Los transistores 2N2222 se clasifican como dispositivos semiconductores de baja potencia y aplicación general. Se emplean extensamente en circuitos electrónicos para funciones de conmutación y amplificación. Estos transistores pertenecen al tipo NPN, lo que indica que están compuestos por tres capas semiconductoras: una capa de material tipo P (positivo) situada entre dos capas de material tipo N (negativo).

Un micrófono, por su parte, opera como un transductor al convertir ondas sonoras en señales eléctricas. Su función es capturar las vibraciones acústicas del aire y transformarlas en señales eléctricas que posteriormente pueden ser amplificadas, grabadas o procesadas en diferentes formas.

- 2 Condensadores electrolíticos 10uF/25v

En el caso específico de los condensadores electrolíticos 10uF/25V, "10uF" indica la capacitancia del condensador, medida en microfaradios (uF), y "25V" indica la tensión máxima de trabajo, medida en voltios (V). Esto significa que estos condensadores tienen una capacitancia de 10 microfaradios y pueden soportar una tensión de hasta 25 voltios ([Circuito de un receptor de fm muy sencillo, s.f.](#)).

- 1 Condensador electrolítico 2.2uF/25v

El condensador electrolítico 2.2uF/25V se caracteriza como un condensador particular que emplea un electrolito como componente de uno de sus electrodos, lo que permite alcanzar una capacidad considerable en un volumen compacto. A continuación, se detalla el significado de sus especificaciones técnicas:

Capacitancia (2.2uF): Indica la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar el condensador. En este caso, tiene una capacitancia de 2.2 microfaradios (uF), que es una medida común para condensadores de este tipo.

Tensión máxima de trabajo (25V): Indica el voltaje máximo que el condensador puede soportar de manera segura sin dañarse. En este caso, puede manejar hasta 25 voltios (V) de tensión.

- 2 Condensadores cerámicos 1uF/50v

Los condensadores cerámicos 1uF/50V son componentes electrónicos utilizados para almacenar y liberar energía eléctrica en circuitos electrónicos. Aquí está la descripción de sus especificaciones:

Capacitancia (1uF): Indica la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar el condensador. En este caso, tiene una capacitancia de 1 microfaradio (uF), que es una medida común para condensadores cerámicos ([Get started with Communications Toolbox Support Package for RTL-SDR Radio, s.f.](#)).

Tensión máxima de trabajo (50V): Indica el voltaje máximo que el condensador puede soportar de manera segura sin dañarse. En este caso, puede manejar hasta 50 voltios (V) de tensión.

- 2 Condensadores cerámicos 2.7pF/50v

Los condensadores cerámicos 2.7pF/50V son componentes electrónicos utilizados para almacenar y liberar energía eléctrica en circuitos electrónicos. Aquí está la descripción de sus especificaciones:

Capacitancia (2.7pF): Indica la cantidad de carga eléctrica que puede almacenar el condensador. En este caso, tiene una capacitancia de 2.7 picofaradios (pF), lo que significa que puede almacenar una pequeña cantidad de carga eléctrica. Tensión máxima de trabajo (50V): Indica el voltaje máximo que el condensador puede soportar de manera segura sin dañarse. En este caso, puede manejar hasta 50 voltios (V) de tensión.

- 1 Condensador ajustable 5-60pF

El condensador ajustable 5-60pF es un componente electrónico que permite ajustar su capacitancia dentro de un rango específico. Aquí está la descripción de sus especificaciones:

Rango de capacitancia (5-60pF): Indica el rango de valores de capacitancia que este condensador puede ajustar. Puede variar su capacitancia desde 5 picofaradios (pF) hasta 60 picofaradios (pF). Este rango ajustable permite al usuario adaptar la capacitancia según las necesidades específicas del circuito en el que se utiliza.

- 2 resistencias de 1k , 2 resistencias de 10k ,2 resistencias de 4.7k

2 resistencias de 1k ohmios: Estas resistencias tienen un valor nominal de 1000 ohmios. Se utilizan comúnmente para limitar la corriente en circuitos electrónicos, establecer niveles de voltaje, o como parte de divisores de voltaje.

2 resistencias de 10k ohmios: Estas resistencias tienen un valor nominal de 10,000 ohmios. Son muy comunes en electrónica y se utilizan para una variedad de propósitos, como pull-up y pull-down en circuitos digitales, establecer niveles de voltaje en ciertas aplicaciones, o como parte de circuitos de censado.

- 1 resistencia de 15k , 1 resistencia de 6.8k ,1 resistencia de 2.2k, 1 resistencia de 220 Ohms

Resistencia de 15k ohmios: Esta resistencia tiene un valor nominal de 15,000 ohmios. Se utiliza en circuitos donde se necesita una resistencia relativamente alta para limitar la corriente o establecer niveles de voltaje. Por ejemplo, puede utilizarse en divisores de voltaje o circuitos de sensado de baja corriente.

Resistencia de 6.8k ohmios: Esta resistencia tiene un valor nominal de 6800 ohmios. También se utiliza en circuitos donde se necesita una resistencia relativamente alta, pero un poco más baja que la de 15k. Puede encontrarse en aplicaciones similares, como divisores de voltaje o en la limitación de corriente en ciertos componentes(*Circuito de un receptor de fm muy sencillo, s.f.*).

- 50 Cm de alambre para puentes de 0.51 mm de diámetro

Tienes 50 centímetros de alambre diseñado específicamente para puentes en circuitos electrónicos, con un diámetro de 0.51 milímetros. Aquí está la descripción de este componente:

Longitud: La cantidad total de alambre es de 50 centímetros. Esta longitud te proporciona suficiente material para hacer puentes y conexiones eléctricas dentro de un prototipo o proyecto electrónico.

Diámetro: El alambre tiene un diámetro de 0.51 milímetros. Este diámetro determina la sección transversal del alambre y afecta su resistencia eléctrica y capacidad de manejo de corriente. Un diámetro de 0.51 mm es lo suficientemente delgado para hacer conexiones precisas en un circuito electrónico sin ocupar demasiado espacio([Catedra, 2024](#)).

5. Desarrollo

Dentro del proceso realizado para lograr implementar un transmisor FM, es necesario realizar un diseño de todos los elementos que contienen el transmisor FM, es por eso que se utilizo la herramienta proteus para agregar todos los elementos que serán utilizados dentro del prototipo transmisor. Hay que tomar en cuenta que dentro de proteus no es posible realizar la simulación para lograr capturar señales FM, pero si se puede ingresar señales con valores aleatorios de frecuencia y visualizar dichas señales dentro de un osciloscopio.

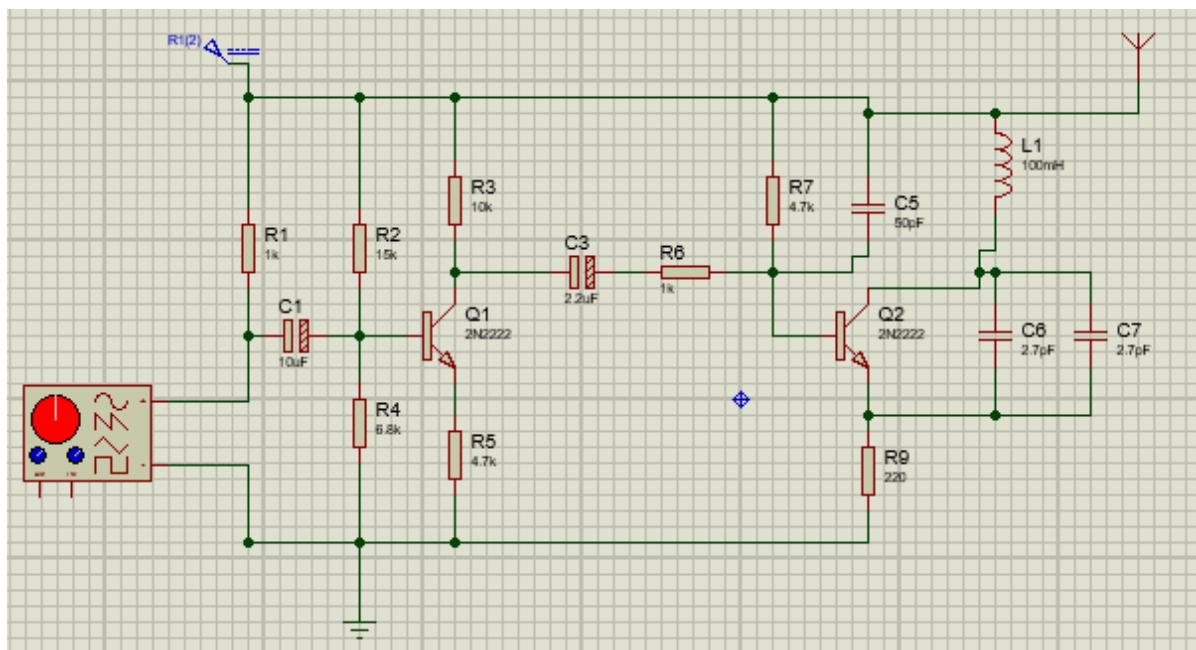


Figura 2: Diseño de transmisor FM en proteus

Se puede observar la implementación física de los elementos que conforman el transmisor FM, se debe tomar en cuenta que, al realizar la implementación dentro del protoboard las señales de

Redes Móviles

audio contendrán mucho ruido ya que todos los elementos utilizados no están soldados directamente dentro de una placa.



Figura 3: Armado de transmisor FM

Todos los elementos utilizados cumplen diferentes funciones, por ejemplo, la bobina implementada acumula energía en un campo magnético cuando la corriente se incrementa, por otro lado, el potenciómetro se encarga de colocar la frecuencia en donde va a salir la señal de audio. Por otro lado, el rango de frecuencias que surge dentro del transmisor FM va desde los 82 MHz hasta los 107 MHz

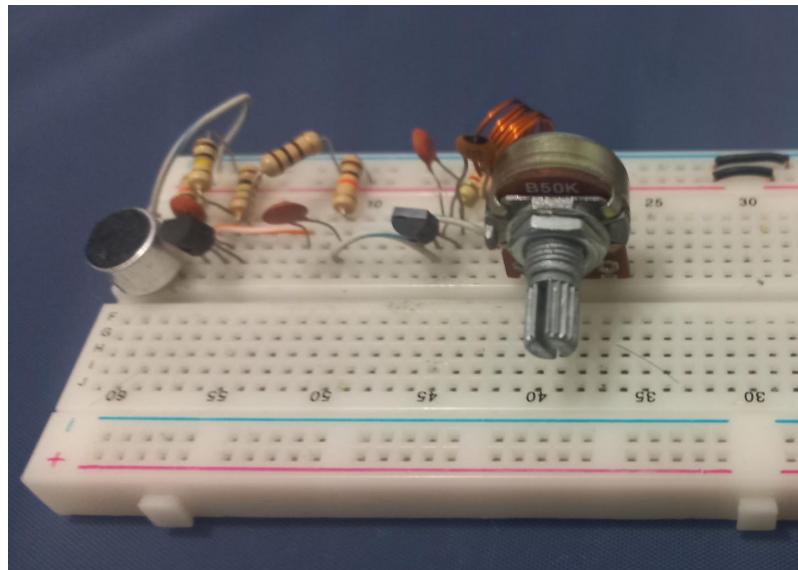


Figura 4: Visualización de transmisor FM

5.0.1. Circuito en baquelita.

En la siguiente figura se puede observar el circuito utilizado para el armado en baquelita, este es una representación del original, el cual permitió realizar la respectiva impresión del circuito armado previamente en la protoboard.

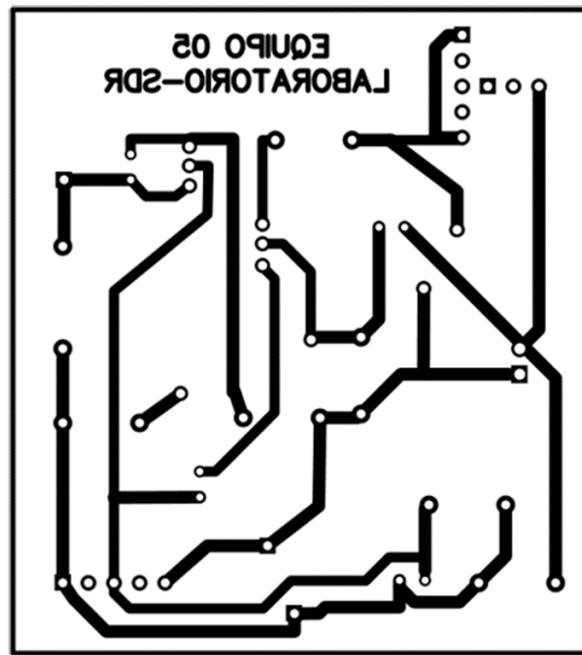


Figura 5: Diseño de circuito impreso.

El circuito armado se puede observar en la siguiente figura, el cual se ha implementado en base a la figura anterior mediante el método de sublimación en baquelita.

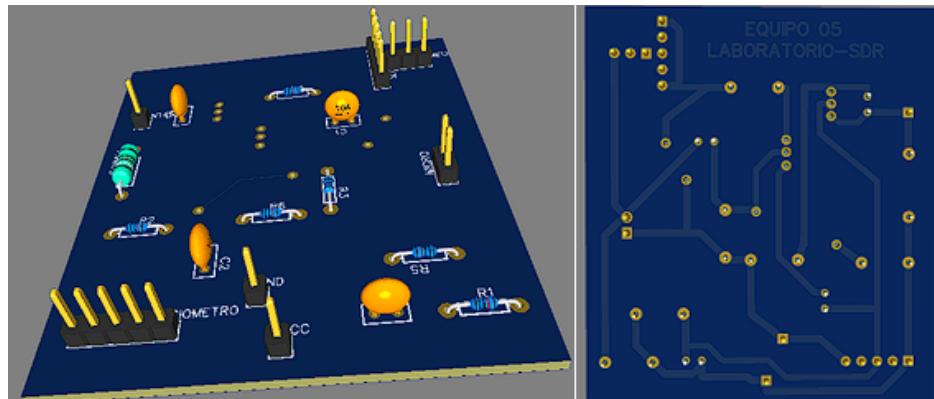


Figura 6: Circuito impreso en 3D.

El resultado final del circuito se puede visualizar a continuación

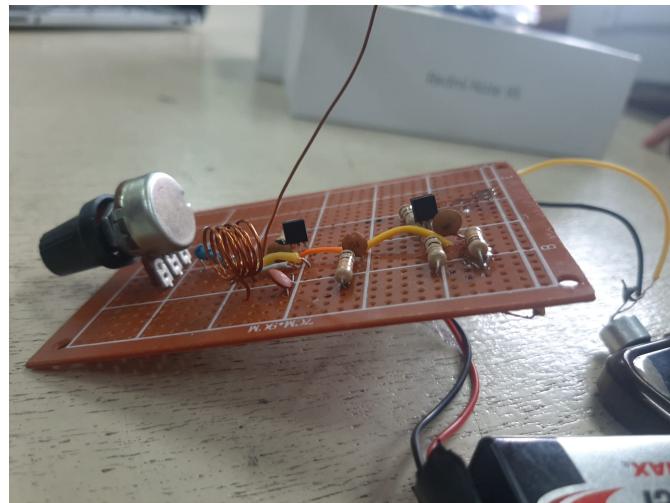


Figura 7: Circuito fabricado en Baquelita.

5.0.2. Pruebas.

Como se puede visualizar al tener el armado del transmisor FM, es necesario utilizar el RTL-SDR y el software SDRSharp, al utilizar estas herramientas se logrará capturar la señal del transmisor FM mediante el RTL-SDR y se realiza la búsqueda de la frecuencia con la que se está transmitiendo.

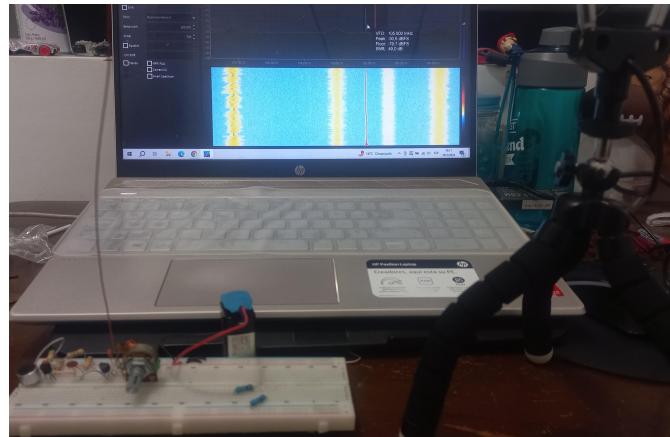


Figura 8: Conexión de Transmisor FM y RTL-SDR

Al lograr capturar la frecuencia, se puede regular con el potenciómetro cualquier frecuencia con la que se va a emitir la señal y de igual manera dentro del software SDRSharp se puede cambiar los valores para no tener mucho ruido y mayor calidad de audio.

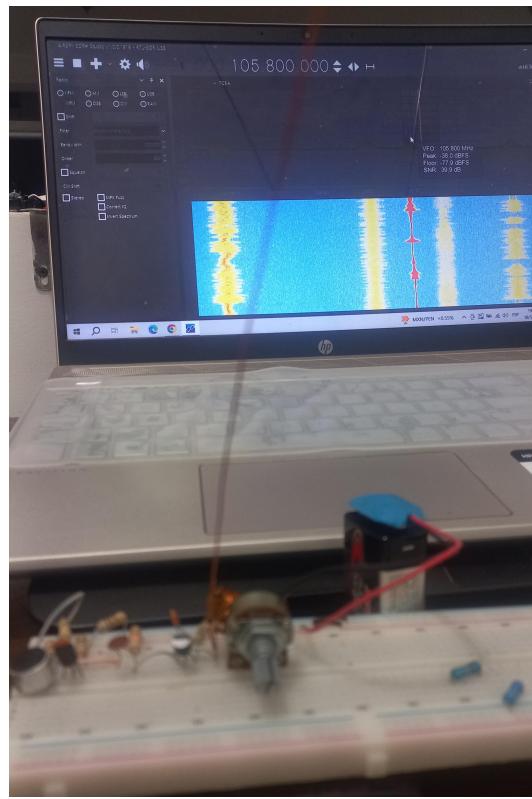


Figura 9: Visualización de la señal transmitida

Por otro lado, dentro del software SDRSharp se puede visualizar las frecuencias con la que está trabajando el transmisor FM para emitir el audio. Se puede visualizar la señal de audio al momento de hablar dentro del micrófono que contiene el transmisor FM.

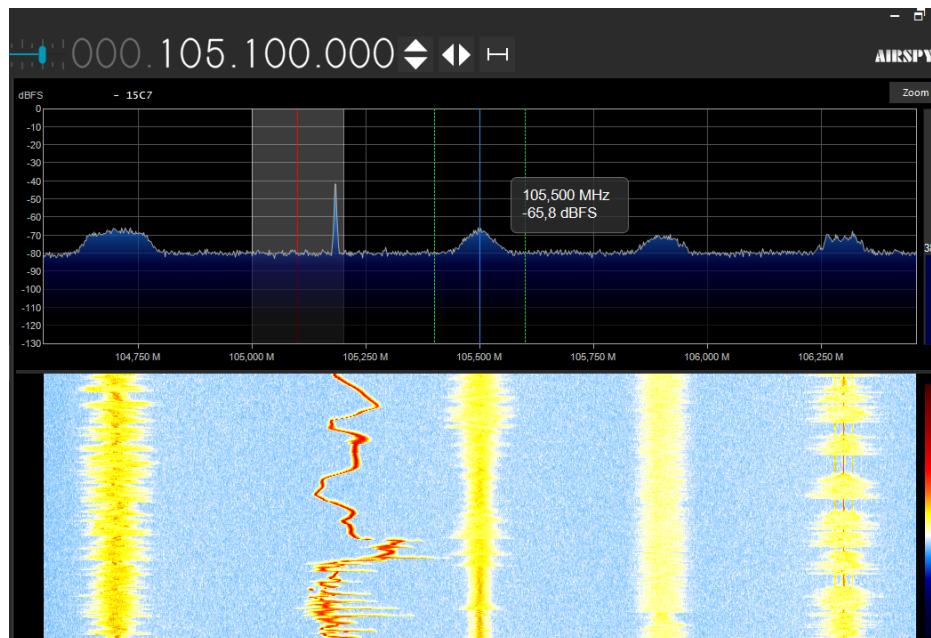


Figura 10: Frecuencia 105.100 FM

Redes Móviles

Se debe tomar en cuenta que las frecuencias utilizadas prácticamente tienen radios FM más grandes, pero al momento de encender nuestro transmisor solo se escuchará la señal que emite dicho transmisor implementado, y como se puede visualizar existe las diferentes señales de audio dentro de dicha frecuencia.

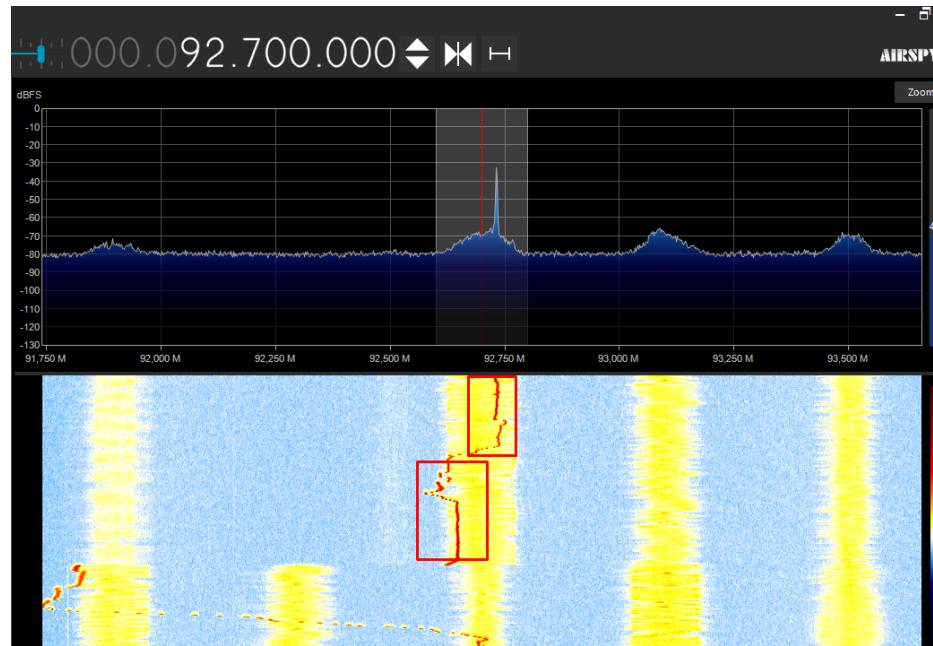


Figura 11: Frecuencia 92.7 FM

Alrededor de la señal de frecuencia implementada se puede observar que existe otras frecuencias que generan ruido o también envían señales de audio.

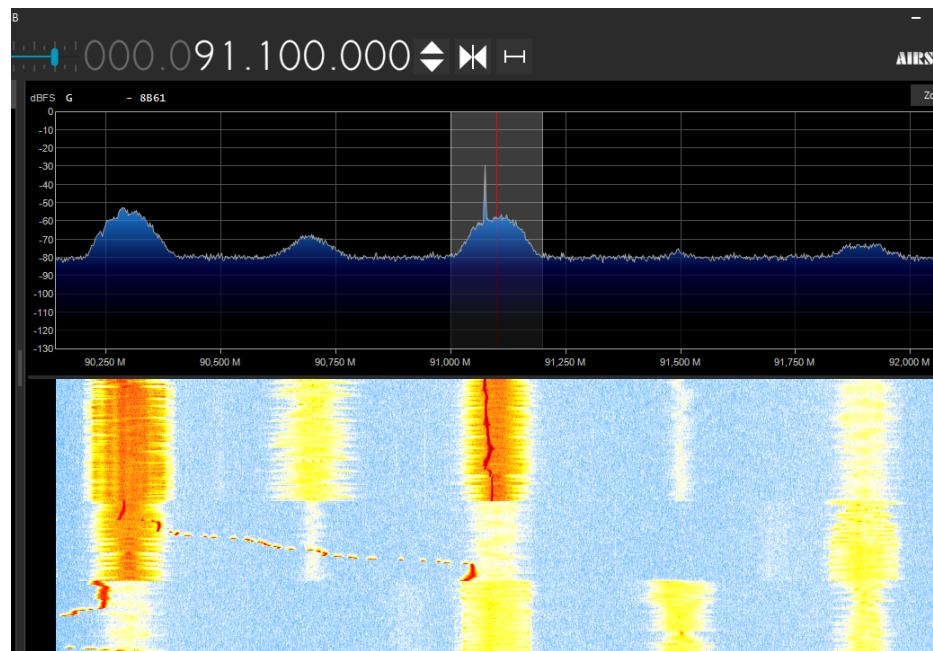


Figura 12: Frecuencia 91.1 FM

Redes Móviles

Como se puede observar, este tipo de transmisor FM inicia desde la frecuencia 82 MHz y la señal de audio dentro de dicha frecuencia tiene mucho ruido pero es necesario buscar una frecuencia libre y adecuada para obtener una señal de audio con mayor calidad.

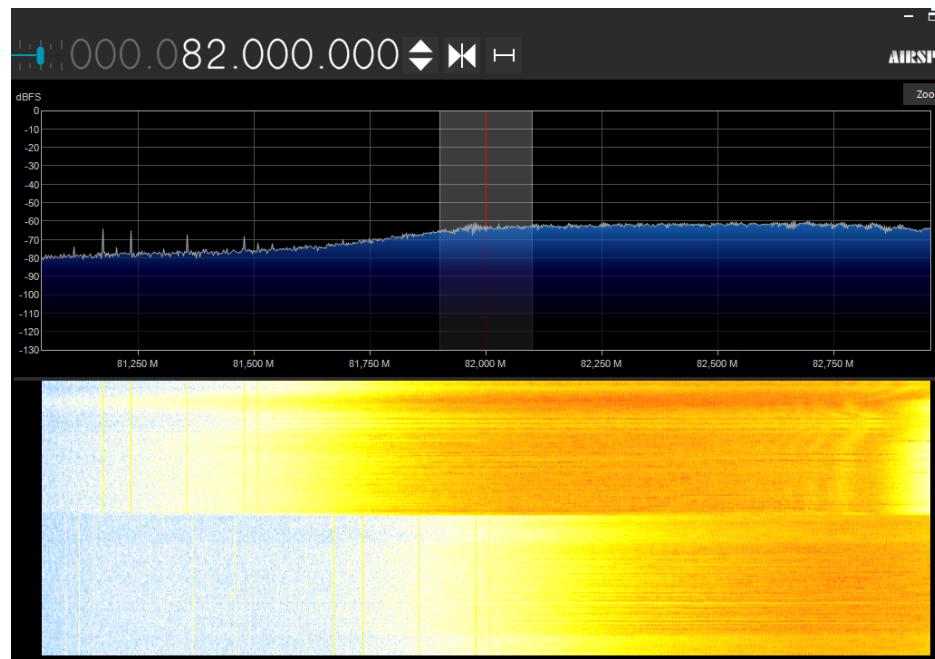


Figura 13: Frecuencia inicial de 82 MHz

6. Interpretación de Resultados / Discusión

El resultado de la transmisión realizada con el transmisor construido se ha generado mediante el software SDRSharp, aquí hemos podido comprobar que la señal del transmisor puede ser capturada mediante el RTL, como se aprecia en la siguiente figura, hemos capturado el audio transmitido a través del micrófono del transmisor en una frecuencia de 103.7MHz, pero mientras la transmisión nos generaba, este producía un pico de ruido como se aprecia a continuación.

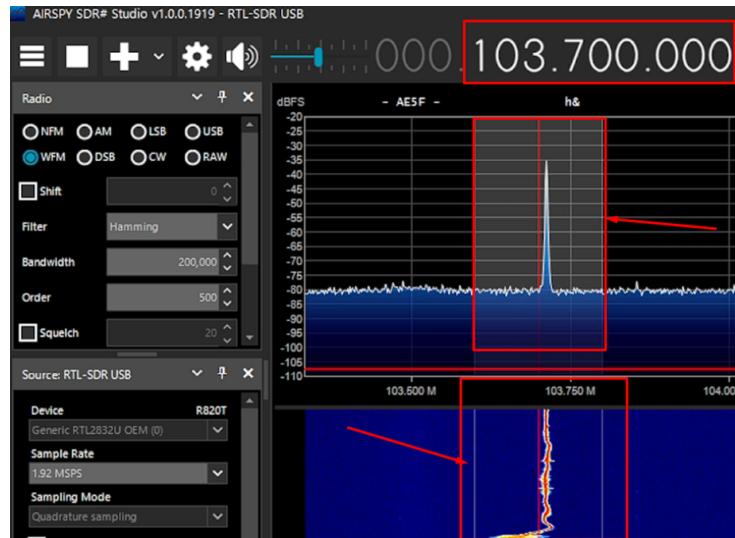


Figura 14: Captura de señal mediante RTL en la frecuencia 103.7 MHz.

Al momento de hablar por el micrófono, este mostraba el uso del ancho de banda asignado en este canal de frecuencia, como se aprecia a continuación, de igual forma el espectrograma muestra la captura de la intensidad de la señal.

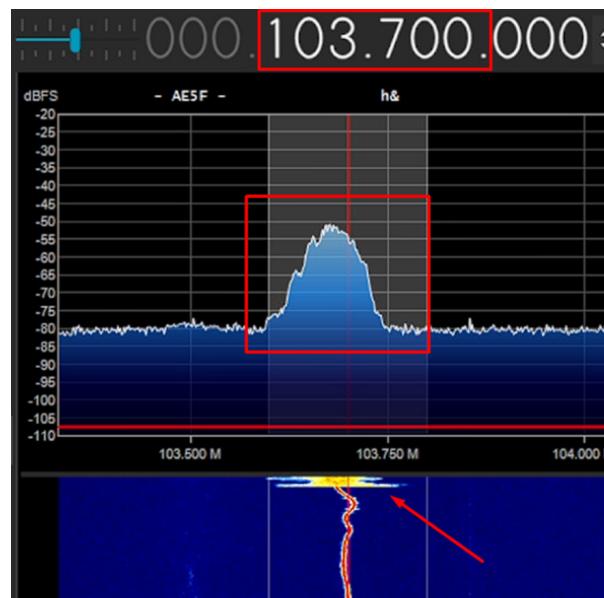


Figura 15: Captura de señal en frecuencia 103.7 MHz con envío de voz.

Redes Móviles

También mediante el uso del capacitor que se encuentra en el circuito, es posible realizar el cambio de frecuencias, como se observa en la siguiente figura, la frecuencia se ha cambiado hacia la 104.8 MHz, en la cual también se puede capturar el mismo pico de ruido.

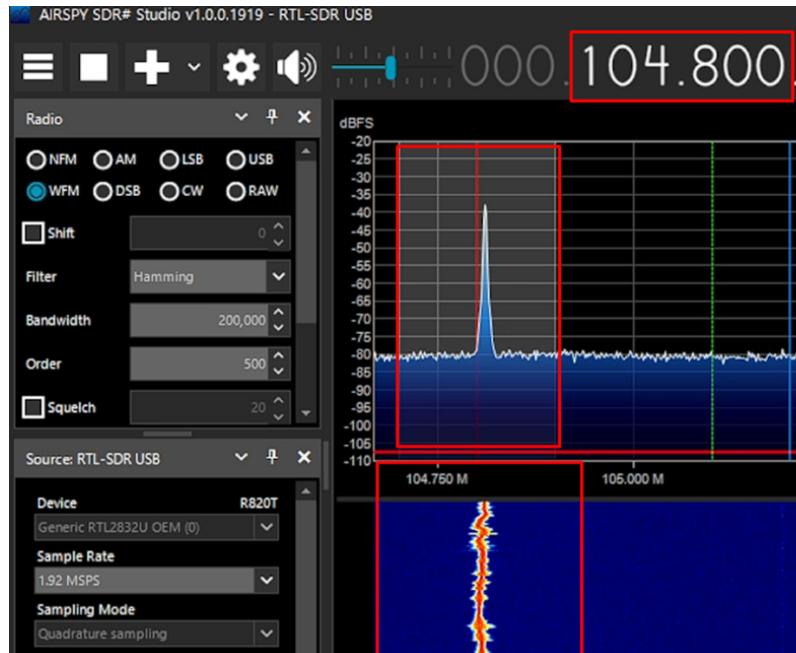


Figura 16: Captura de señal en la frecuencia 104.8 MHz.

Seguidamente hemos cambiado a la frecuencia de 104.1MHz, donde también se ha realizado la interacción con audio, y se puede apreciar la captura del espectro de frecuencia y su respectivo espectrograma.

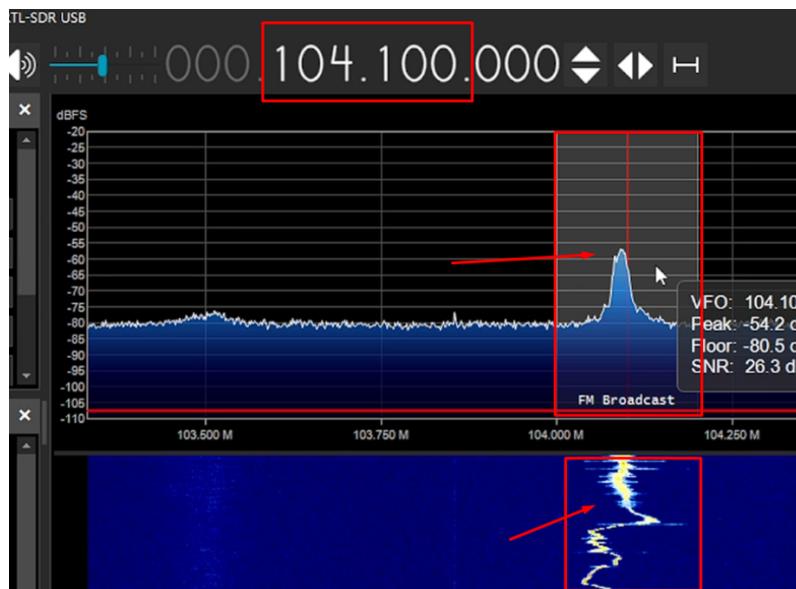


Figura 17: Captura de señal en frecuencia 104.1 MHz.

Seguidamente hemos cambiado a la frecuencia de 104.1MHz, donde también se ha realizado la

interacción con audio, y se puede apreciar la captura del espectro de frecuencia y su respectivo espectrograma.

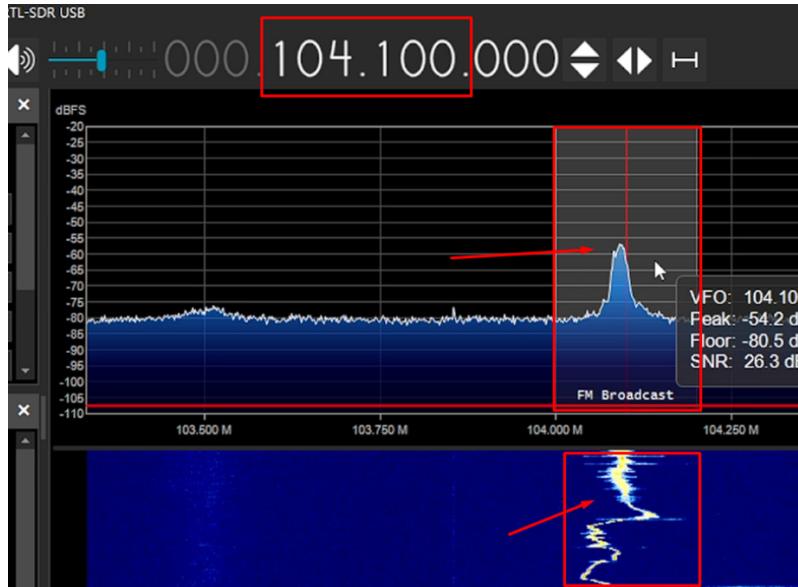


Figura 18: Captura de movimiento de frecuencias de transmisión mediante espectrograma.

Al momento de variar el potenciómetro conectado en el circuito, podremos observar que la señal de frecuencia se mueve por el espectro capturado mediante el RTL, como se observa en la siguiente figura, mediante el espectrograma, se puede visualizar los movimientos realizados de esta señal que han generado segmentos de intensidad de señal en todo el rango de espectro.

En la siguiente figura podemos visualizar la captura de la transmisión de la señal que se encuentra entre los 105.1MHz, aquí visualizamos también el espectro de frecuencias FM, donde se observa la llegada de diferentes canales de frecuencia de radio.

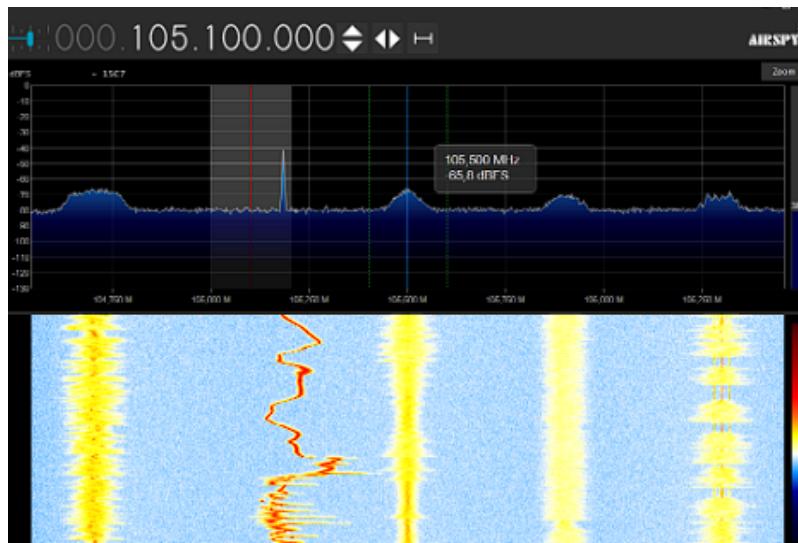


Figura 19: Captura de señal en la frecuencia 105.1 MHz, con el resto de frecuencias de FM en su alrededor.

6.0.1. PRUEBAS DEL TRANSMISOR CON EL ANALIZADOR DE ESPECTRO

Pruebas con el trasmisor y el analizador de espectro se utilizó una antena que soporta un rango de frecuencias muy amplio loque si la ganancia del mismo es muy baja por loque la frecuencia se divide en dos y se la tiene que sintonizar a la mitad.



Figura 20: Transmisor FM y RTL-SDR

Utilizamos el SDR-RTL para el análisis de información el receptor trasmitiendo a una frecuencia de 75.3MHz y el analizador de espectro en la mitad de esta frecuencia 46.MHz.

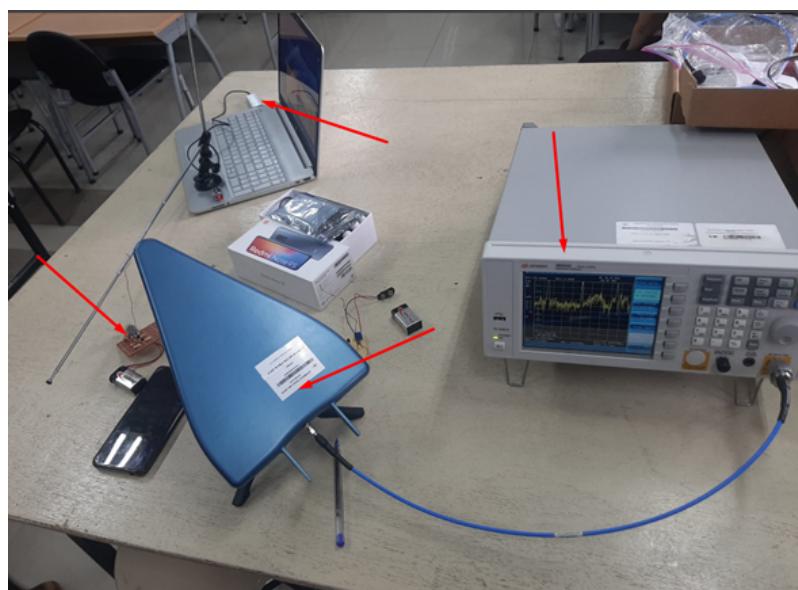


Figura 21: Transmisor FM y RTL-SDR

Redes Móviles

Se observa la señal del trasmisor con una ganancia reducida a la mitad por las propiedades de esta, tenemos que ajustar la amplitud como su modulación y seleccionar FM.

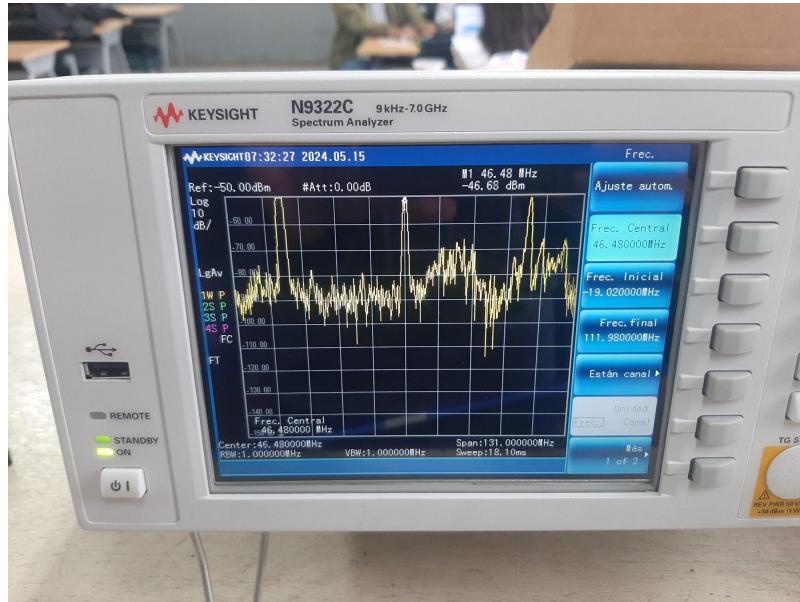


Figura 22: Transmisor FM y RTL-SDR

El trasmisor recibe la señal por medio de un micrófono que tiene que esté a una distancia específica para recibir bien el audio que se dese enviar.

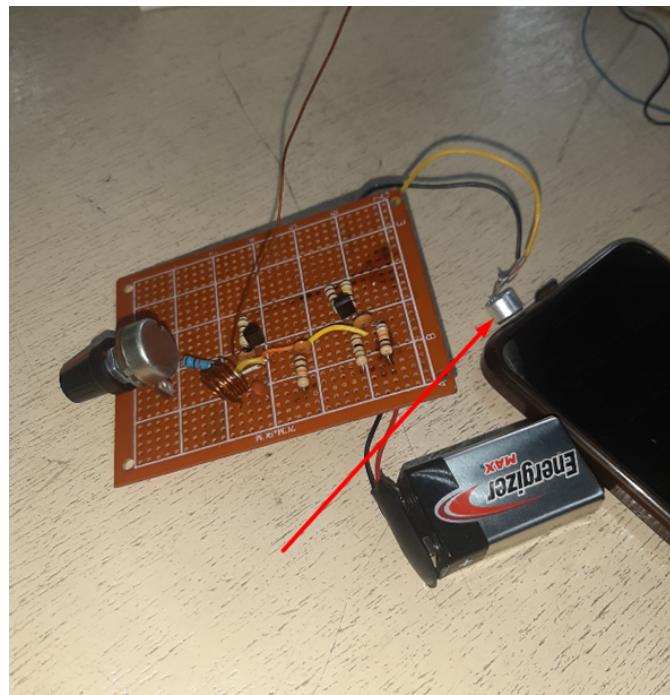


Figura 23: Transmisor FM y RTL-SDR

Se verifica que en Software AIR-SDR para observar que el trasmisor envíe información y saber

Redes Móviles

en que frecuencia específica está trabajando como también la distancia de recepción que depende mucho de la antena.

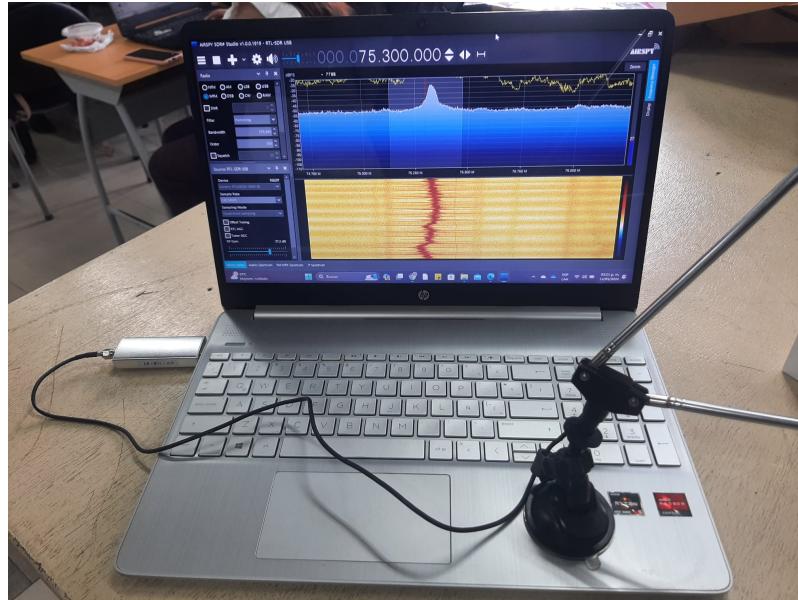


Figura 24: RTL-SDR

Se puede observar una salida de audio en el analizador de espectro como también la señal de la frecuencia sintonizada en las frecuencias correctas.

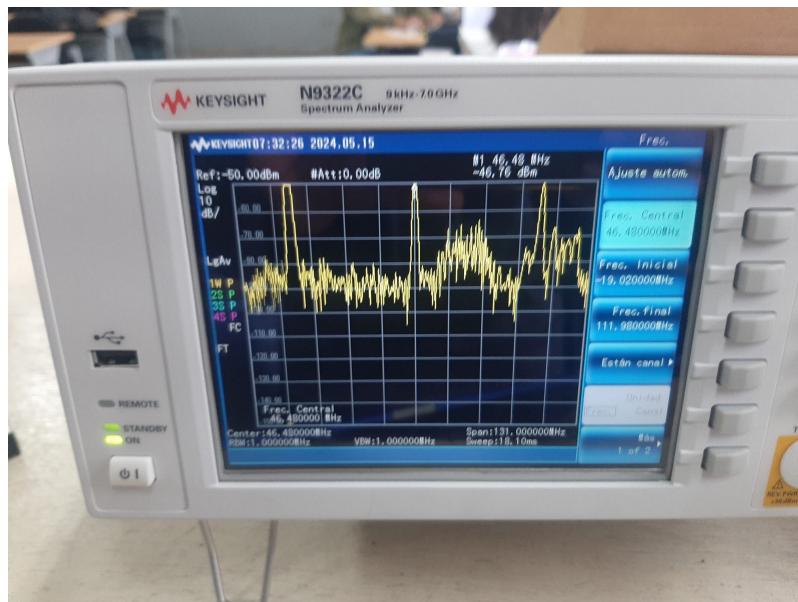


Figura 25: Analizador

6.0.2. Vídeo De la Práctica

https://youtu.be/c3x6xi9QkgI?si=q1HofdDHdi_S-Zjv

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

- La utilización de transistores NPN como el 2N2222 es fundamental en la etapa de amplificación del receptor FM, proporcionando la capacidad de amplificar señales de radiofrecuencia con eficacia.
- La integración de condensadores cerámicos de diferentes capacitancias permite sintonizar con precisión las frecuencias deseadas en el circuito del receptor FM, lo que contribuye a la selectividad y estabilidad de la recepción de señales.
- La combinación de resistencias de valores específicos, como 1k ohmios y 10k ohmios, controla la corriente y el voltaje en diversas etapas del circuito del receptor FM, garantizando un funcionamiento óptimo y estable.
- El transmisor FM implementado puede utilizar las frecuencias ya existentes a nivel de la ciudad pero este transmisor solo funcionará en un área muy pequeña ya que solo es una prueba del transmisor FM.
- El transmisor FM implementado tiene un alcance limitado y pueden estar sujetos a interferencias ya que básicamente son materiales de poca calidad para realizar este tipo de transmisor FM.
- Por último, dentro del software SDRSharp se obtiene las diferentes frecuencias que emite el transmisor FM y la señal de audio se puede editar con las diferentes herramientas que brinda dicho software con el fin de tener una calidad de audio mejor.

7.2. Recomendaciones

- Al diseñar un receptor FM, se debe prestar especial atención a la selección de transistores NPN adecuados, como el 2N2222, para garantizar un rendimiento óptimo en la amplificación de señales de radiofrecuencia.
- Es recomendable utilizar una combinación de condensadores cerámicos de diferentes valores para ajustar la frecuencia de resonancia del circuito y mejorar la capacidad de sintonización del receptor FM.
- Se sugiere emplear resistencias de precisión para mantener una corriente y voltaje estables en todo el circuito del receptor FM, lo que contribuirá a una recepción de señales más confiable y consistente.
- Se recomienda implementar correctamente cada elemento dentro del transmisor, caso contrario el transmisor FM solo generará ruido y no emitirá señales de audio aceptables.
- Se recomienda implementar dentro del transmisor diferentes elementos de mayor calidad para omitir el ruido y que la señal de audio sea más limpia.

8. Referencias bibliográficas

Referencias

- Catedra. (2024). Instalación driver sdr-rtl para matlab. *catedra.ing.unlp.edu.ar.* Descargado de <https://catedra.ing.unlp.edu.ar/comunica/wp-content/uploads/2018/11/InstalacionDriverMatlab.pdf>
- Circuito de un receptor de fm muy sencillo.* (s.f.). <https://es.slideshare.net/pedroluiscastro/circuito-de-un-receptor-de-fm-muy-sencillo>. (Accedido el 10 de mayo de 2024)
- Get started with communications toolbox support package for RTL-SDR radio.* (s.f.). <https://la.mathworks.com/help/comm/getting-started-with-communications-system-toolbox-support-package-for-rtl-sdr-radio.html>. (Accessed: 2024-5-1)