

UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE

INFORME DE LABORATORIO - SDR

LABORATORIO N° 1

Estudiantes:

Montezuma Diego¹

Narvaez Israel²

Panama Anthony³

Docente: Msc. Edgar Maya.

Técnico de laboratorio: Msc. Alejandra Pinto Erazo

13 de abril de 2024

1. Titulo de la práctica

Uso de RTL - SDR con GUI Radio.

2. Introducción

Dentro de este laboratorio se evidenciará el uso de el software GNU Radio y el dispositivo TRL-SDR, donde se lograr capturar señales de radio y realizar un análisis sobre las diferentes frecuencias necesarias.

GNU Radio al ser una herramienta poderosa y versátil, permite la implementación de sistemas de radio definidos por software, utilizando una amplia variedad de hardware compatible. Además, la combinación de GNU Radio con RTL-SDR, un popular receptor SDR de bajo costo basado en el chip RTL2832. Esta combinación permite a los profesionales de las comunicaciones explorar y experimentar diferentes aplicaciones de radiofrecuencia, como la recepción, decodificación y análisis de señales de radio.

En este laboratorio, exploraremos el uso de GNU Radio con RTL-SDR, destacando las capacidades y ventajas. Se realizará el anpalisis con distintas frecuencias, y cómo esta integración permite la recepción de señales de radio, la exploración del espectro de frecuencias y la decodificación. Además, se realizará un proceso de documentación del proceso para obtener la aplicación GNU Radio y como funciona la conexión por software utilizando GNU Radio y RTL-SDR.

3. Objetivos

3.1. Objetivo Principal

- Realizar el proceso de instalación de GNU Radio, con el objetivo de utilizar el software para capturar señales FM con el dispositivo RTL-SDR V3.

3.2. Objetivos Secundarios

- Realizar el proceso de instalación del software GNU Radio para.
- Familiarizarse con el entorno gráfico del software para la captura de frecuencias FM.
- Capturar frecuencias FM con el uso de RTL-SDR v3, que permita la obtención de su espectro de frecuencias así como de su espectrograma.

4. Fundamentación teórica

4.1. GNU Radio

GNU Radio es un conjunto de archivos y aplicaciones organizados en bibliotecas que posibilitan el procesamiento digital de señales para manipular señales de radio. Estas bibliotecas permiten el diseño de sistemas de radio definidos por software al conectar el PC/Workstation a un SDR, aunque también es posible trabajar con la tarjeta de audio, por ejemplo. GNU Radio es compatible con sistemas operativos (SO) GNU/Linux como Ubuntu. Además, es viable instalarlo en Mac y Windows, aunque la instalación es un poco más compleja en este último SO utilizando la herramienta Cygwin, la cual tiene como objetivo adaptar software de sistemas POSIX a Windows. ([Domínguez, 2021](#))



Figura 1: Icono de GNU Radio

El software ofrece un conjunto de módulos de procesamiento de señales que pueden ser incorporados para construir diagramas de flujo. Estos módulos están programados en C++ y se ejecutan en Python, lo que conlleva diversas ventajas, tales como una sencilla creación e interconexión de módulos existentes y la fácil elaboración de interfaces gráficas de usuario (GUI). En torno a 250 módulos en GNU Radio abarcan diversas funciones, como operaciones matemáticas simples,

moduladores/demoduladores, codificación de canales, códecs de voz, entre otros. Los módulos de entrada/salida representan una clase especial de módulos.

Importancia

GNU Radio puede emplearse en simulaciones sin hardware, pero también admite la utilización de hardware de RF externo para la creación de prototipos de sistemas inalámbricos, lo que facilita su análisis práctico y teórico. Con el hardware externo, es factible trabajar con señales reales, como Wifi, LTE, Bluetooth, FM comercial, AM, entre otras, siempre y cuando se encuentren dentro del rango de operación del hardware de RF.([Oña, 2018](#))

4.2. Características

Compatibilidad con sistemas operativos

GNU Radio es un entorno de desarrollo con pocos requerimientos, es por eso que se puede trabajar con distintas distribuciones utilizando sistemas operativos, las plataformas utilizadas para GNU Radio son:

- * Windows
- * Linux: Ubuntu, Centos
- * MacOS

Programación por bloques

GNU Radio se caracteriza por su interfaz fácil de utilizar y se trabaja mediante la conexión de bloques, modificando los parámetros para las señales, y verificar el funcionamiento de cada bloque.

Lenguajes de programación

GNU Radio presenta una interfaz gráfica solamente para unir bloques, sin embargo, es posible utilizar el lenguaje programación como es C++ y Python. Tomando en cuenta que GNU Radio es basado en Python y en C++, por lo tanto si se desea desarrollar una aplicación relacionada con GNU Radio, se va a acoplar correctamente. Estos lenguajes permiten a los usuarios lograr implementar sistemas de radiofrecuencia con alto rendimiento que sea en tiempo real.([TERREROS, 2010](#))

4.3. RTL-SDR

Un RTL-SDR representa un dispositivo USB de reducido tamaño, compacto, fácil de utilizar y, en la actualidad, de bajo costo. Posee la capacidad de recibir señales de radiofrecuencia, convertirlas a formato digital y procesarlas para obtener datos I/Q en 8 bits. A pesar de haber sido inicialmente concebidos como receptores de televisión DVB-T, se descubrió que podían ser empleados como receptores SDR al ser configurados en modo test. En esta modalidad, no se realiza la decodificación final, permitiendo al RTL-SDR proporcionar directamente las muestras I/Q en banda base. Asimismo, el dispositivo ya no se encuentra limitado a la recepción exclusiva de señales en la banda de frecuencias de televisión digital, sino que puede captar cualquier frecuencia operativa para su sintonizador.([Costas, 2020](#))



Figura 2: Forma física de RTL-SDR

El RTL-SDR empleado en este estudio tiene la capacidad de recibir señales en un rango de frecuencias que va desde los 25 MHz hasta 1.75 GHz, lo que implica que el dispositivo es capaz de captar una amplia variedad de tipos de señales. A continuación se dará a conocer algunas de las señales de mayor relevancia que puede recibir:

- 87.5 - 108 MHz: Radio FM
- 108 - 117.975 MHz: Comunicaciones aeronáuticas, GBAS, ILS, VOR.
- 117.975 - 138 MHz: Comunicaciones aeronáuticas, incluido ACARS.
- 154 - 162.0375 MHz: Comunicaciones marítimas.
- 876 - 960 MHz: Comunicaciones móviles (GSM).
- 1164 - 1350 MHz: Sistemas de navegación por satélite, Glonass, Galileo y GPS.
- 1350 - 1427 MHz: Radio astronomía.

Datos tomados de ([Costas, 2020](#))

5. Materiales y Equipos

- Laptop
- Dispositivo RTL-SDR
- Software GNU Radio
- Software Zading (Driver USB)

6. Desarrollo

6.0.1. Instalación

Para comenzar vamos a dirigirnos a la pagina principal de GNU Radio, a la cual podemos acceder desde www.gnuradio.org, tal como se puede apreciar en la siguiente figura:



Figura 3: Pagina principal de GNU Radio.

Para iniciar la descarga del software vamos a dirigirnos hacia el apartado de “Documentación” y posteriormente daremos clic en “Installation”, tal como se puede observar en la siguiente figura.

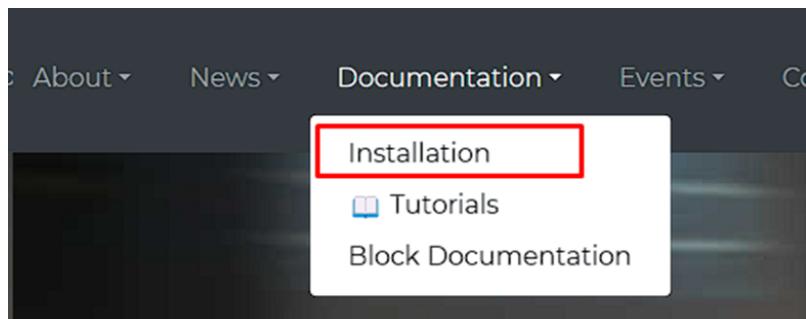


Figura 4: Dirección de instalación de GNU Radio.

Una vez que damos clic aquí, se nos abrirá la pagina de instrucciones de instalación para los diferentes sistemas operativos, en este caso vamos a dirigirnos a la parte inferior de la pagina y buscaremos el sistema operativo Windows, posteriormente realizaremos la descarga dando clic “Windows Radioconda installer” y la descarga iniciará.



Figura 5: Link de descarga de GNU Radio.

Redes Móviles

Una vez descargado el instalador, procedemos a ejecutarlo y nos encontraremos con la siguiente ventana, en la cual vamos a rea iniciar la instalación dando en la opción “next”.

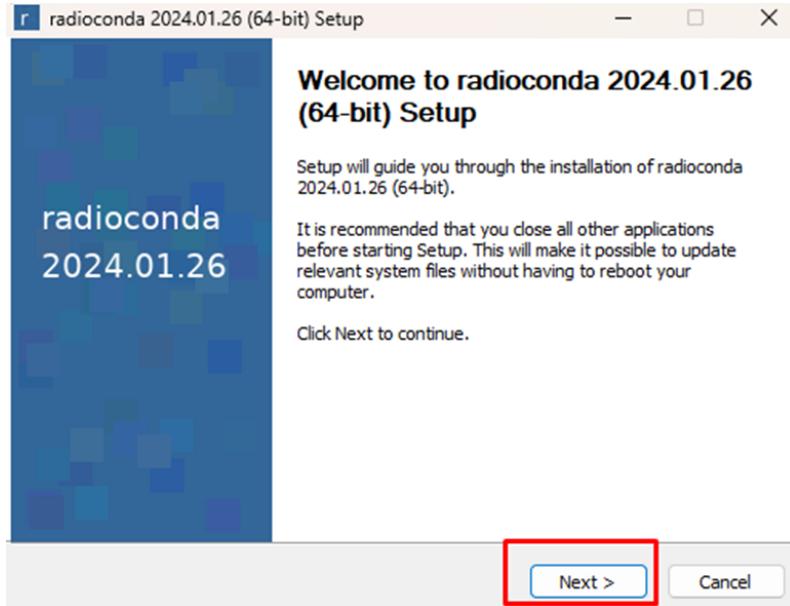


Figura 6: Inicio del proceso de instalación.

Seguidamente se nos muestra los términos y condiciones de instalación, aquí deberemos dar en “I Agree” para poder continuar con el proceso.

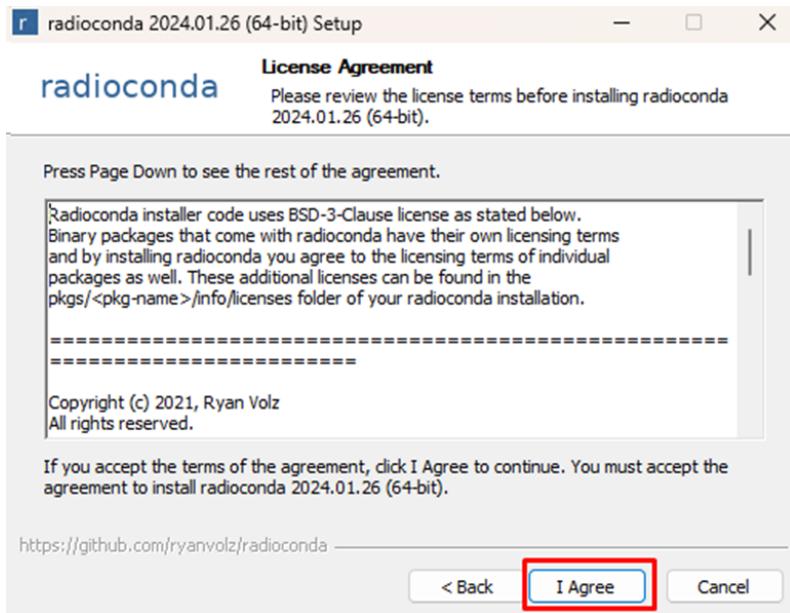


Figura 7: Proceso de instalación, acuerdo de licencia.

En la siguiente ventana se nos pregunta para quien es la instalación que se solicita, aquí seleccionaremos la opción de “Just Me” si queremos instalar solo en nuestra cuenta de usuario del sistema o “All Users” si queremos que el software sea instalado en el sistema operativo global.

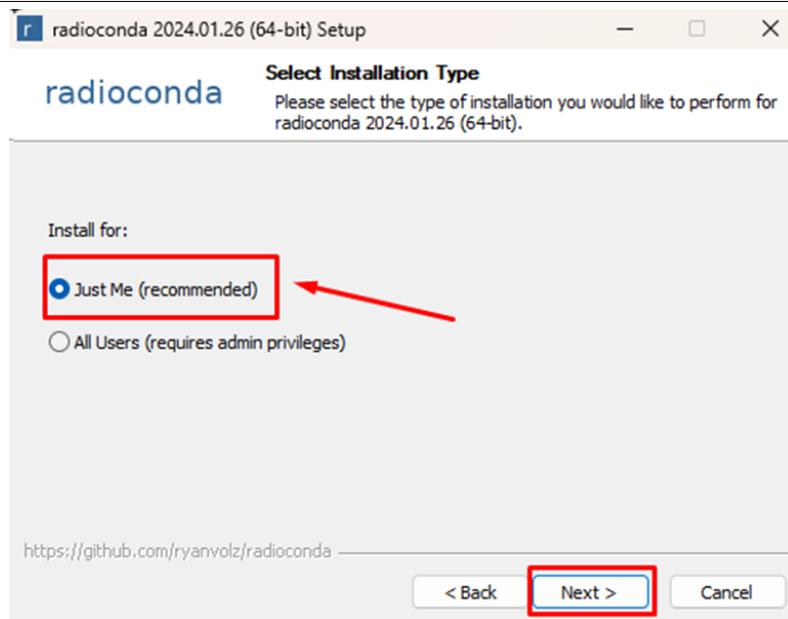


Figura 8: Proceso de instalación, Modo de instalación.

En la siguiente ventana seleccionamos la ruta de instalación del software y posteriormente daremos en la opción “Install”.

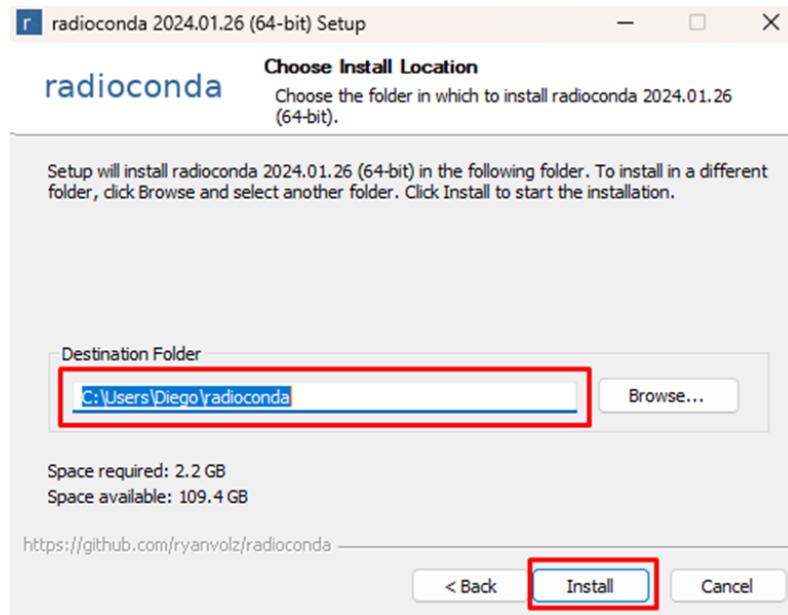


Figura 9: Proceso de instalación, destino.

Una vez realizado este proceso de instalación nos aparecerá un Icono u acceso en el menú de inicio del sistema denominado “GNU Radio Companion”, tal como se aprecia en la siguiente figura. Seleccionaremos este ejecutable para realizar la apertura de nuestro software.

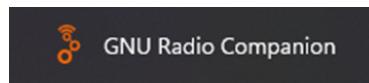


Figura 10: Icono de inicialización de GNU Radio.

Al iniciar el software, encontraremos una interfaz como la que se aprecia en la siguiente ventana, la cual se ha distribuido mediante bloques de colores para poder entender mejor sus apartados. En el caso del recuadro numero 1, se encuentran la barra de herramientas, que es la que nos permite interactuar con las diferentes opciones de configuración, y arranque de simulación. En el recuadro numero 2 tenemos el apartado de área de trabajo, donde se posicionan los bloques para realizar las conexiones necesarias que permitan el funcionamiento del enlace que queremos generar. En el recuadro numero 3 observamos el listado de bloques, aquí encontraremos un sinnúmero de opciones para poder realizar las conexiones que se dispongan en un proyecto. En el recuadro numero 4 se encuentra la consola de información de arranque de simulación, permite visualizar tanto la compilación del proyecto como los posibles errores generados y por ultimo en el recuadro número 5, se pueden visualizar las diferentes variables que se van almacenando en el proyecto.

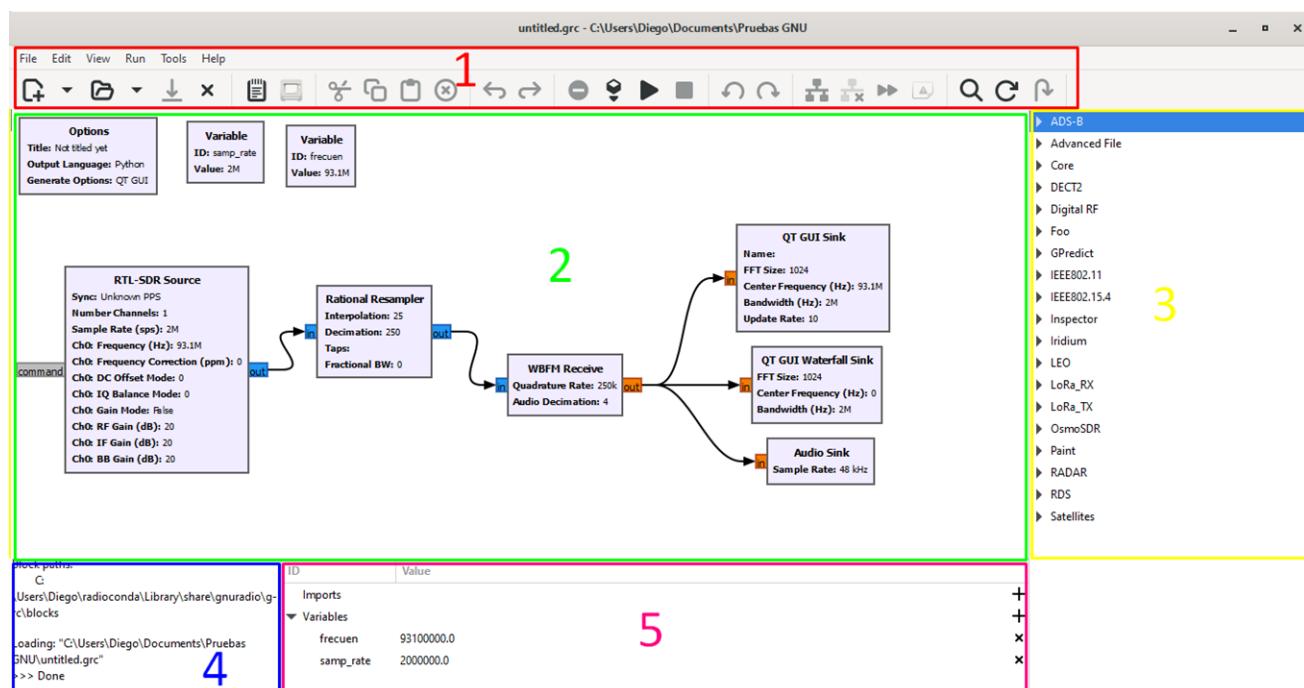


Figura 11: Interfaz de GNU Radio.

6.0.2. Armado de simulación.

Para realizar la práctica de laboratorio, es necesario el uso de diferentes bloques que nos permitan capturar una frecuencia en FM mediante el uso de un RTL-SDR y posteriormente se pueda visualizar tanto el espectro de frecuencia en una gráfica en función de la frecuencia, así como un espectrograma de esta y su posterior reconocimiento audible. Para ello como primer bloque vamos a utilizar el denominado “RTL-SDR Source”, el cual es la interfaz que nos permite reconocer el dispositivo RTL-SDR USB y posee configuraciones como el número de canales, la frecuencia de

Redes Móviles

muestreo, la frecuencia central de sintonización entre otros diferentes parámetros. Este será nuestro primer bloque para iniciar la conexión. Como se puede observar en el recuadro del lado izquierdo, al momento de dar doble clic sobre el bloque podremos tener acceso a la configuración de cada uno de sus parámetros.

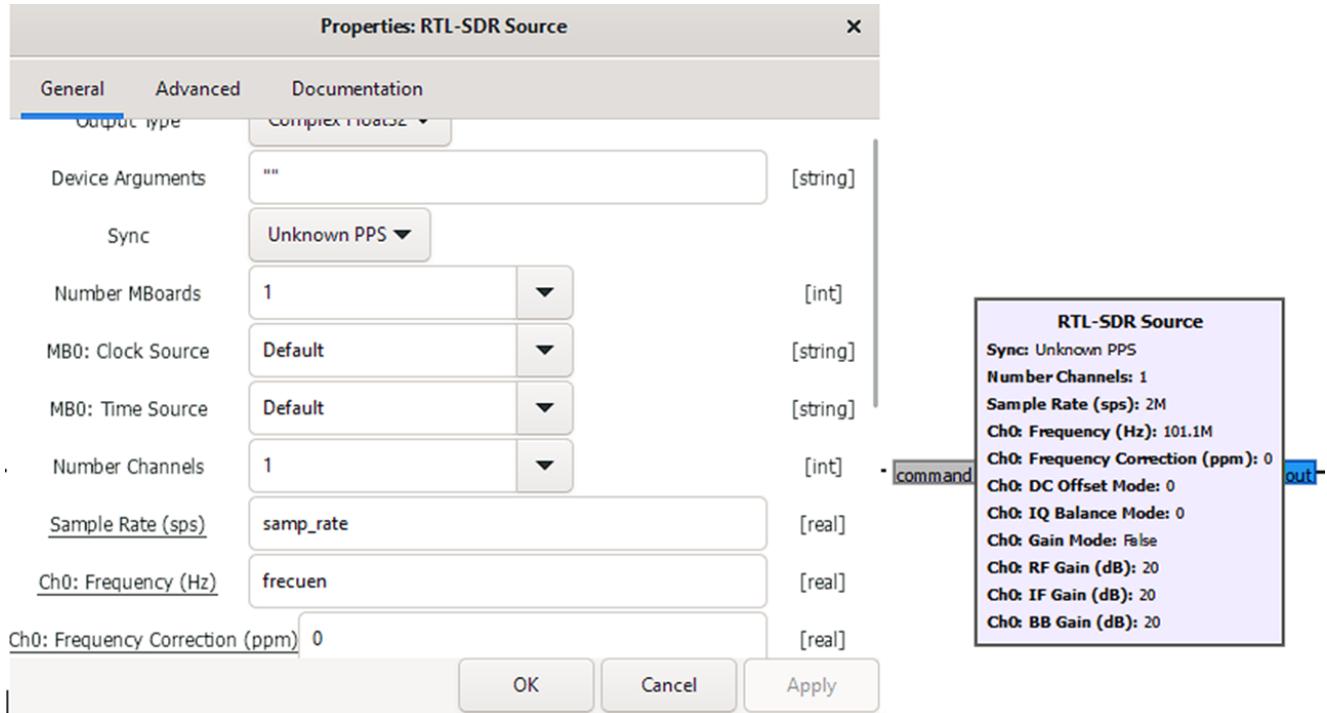


Figura 12: Bloque RTL-SDR source.

Este bloque realizara una conexión con el bloque denominado “Rational Resampler”, el cual se utiliza para realizar un cambio de la tasa de muestreo de una señal aumentando o disminuyendo en relación de 2/3 o 3/2, generalmente este se utiliza cuando se necesita hacer coincidir la tasa de muestreo con otros componentes de procesamiento de señal, aquí podremos.

Este bloque se conecta al denominado “WBFM Receive”, en el cual permite la recepción de señales de radio en frecuencia modulada, aquí podremos configurar datos como la tasa de cuadratura, que permite seleccionar la cantidad de muestras por segundo tomadas de la señal.

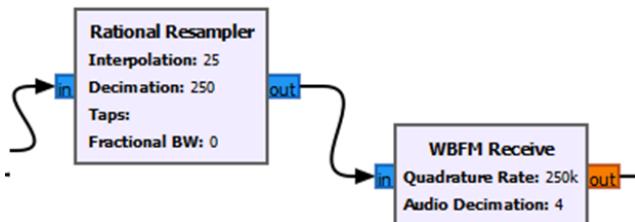


Figura 13: Bloque Rational Resampler Y WBFM Receive.

Redes Móviles

Por ultimo tenemos los bloques de resultado, en los cuales podremos utilizar un “QT GUI Sink” que permite la salida de una gráfica en función de la frecuencia de la señal capturada. El bloque “QT GUI Waterfall Sink” que permite la visualización de un espectrograma generado en la frecuencia central establecida y por ultimo el bloque de “Audio Sink” que permite escuchar el audio de salida a partir de la señal capturada por el RTL-SDR.

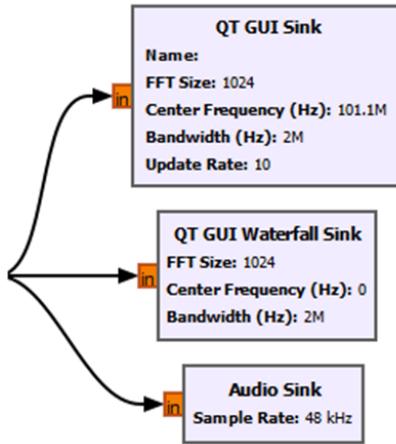


Figura 14: Bloques de generación de salidas de gráficas y audio.

También no podemos dejar de lado los bloques de opciones que permiten seleccionar el tipo de lenguaje de programación con el que se va a trabajar y las opciones de generación, así como los bloques de variables que son valores que se pueden utilizar en los diferentes bloques apuntando hacia estas con el objetivo de no cambiar manualmente cuando se tiene diferentes bloques que apuntan al mismo valor, como en el caso de la frecuencia central.

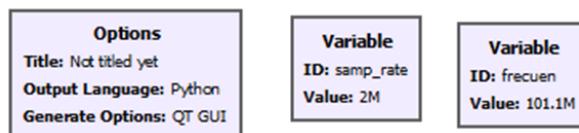


Figura 15: Bloques de configuración y variables.

El resultado final del proyecto para la captura de señales FM mediante el RTL-SDR es el que se puede observar en la siguiente figura.

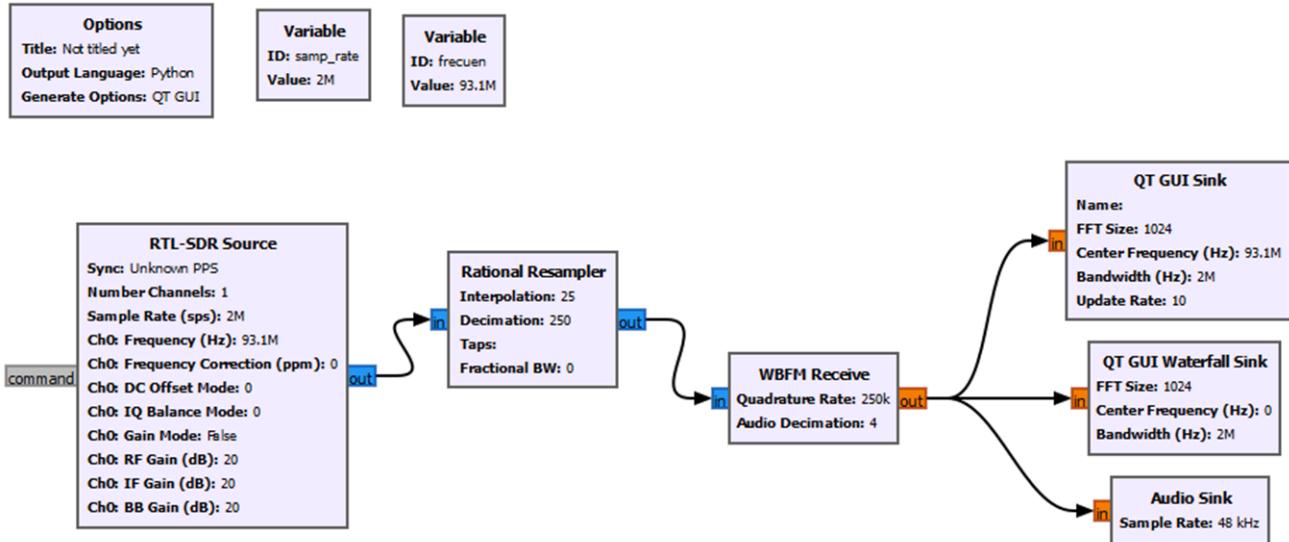


Figura 16: Esquema de simulación con bloques completo para la captura de señales FM.

Una vez que se inicie la simulación, se nos mostrara la siguiente gráfica, en este caso se hace una representación de la señal en función de la frecuencia son su correspondiente espectro, que se ha generado para el ejemplo en la frecuencia de la radio universitaria 101.1 MHz FM, tal como se observa en la siguiente figura.

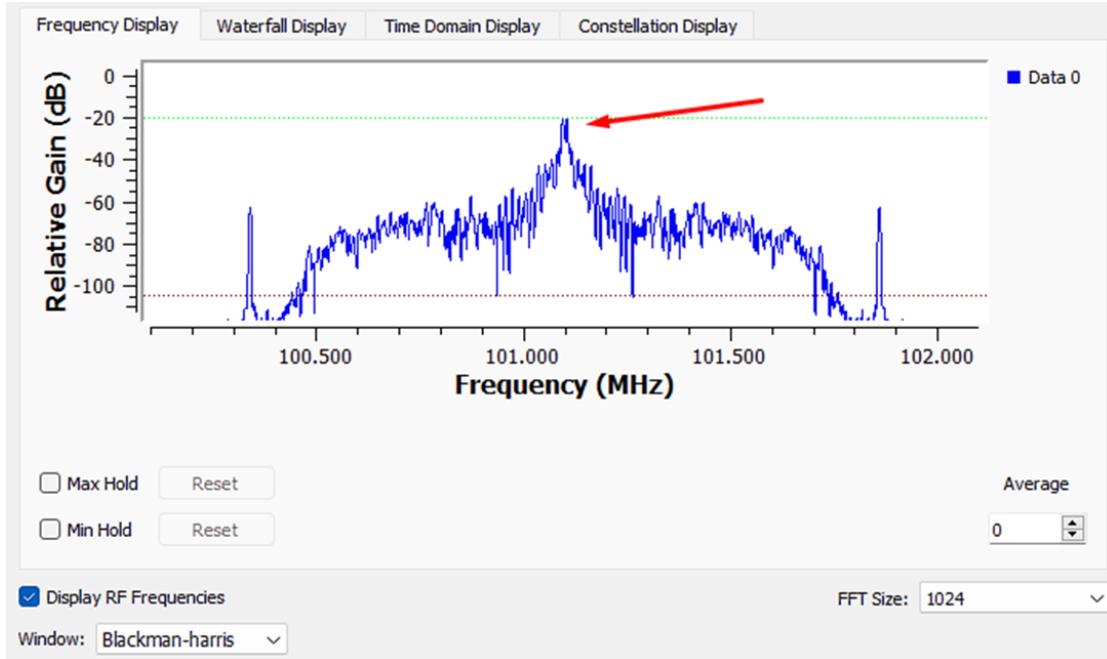


Figura 17: Gráfica de espectro de frecuencia en función de la frecuencia para 101.1 MHz FM.

De igual forma obtenemos la gráfica de su espectrograma que se aprecia en la siguiente figura, en la cual se puede observar como varia esta frecuencia a lo largo del tiempo en que se ha capturado su señal, así como la intensidad con la que se esta capturando la señal en el receptor.

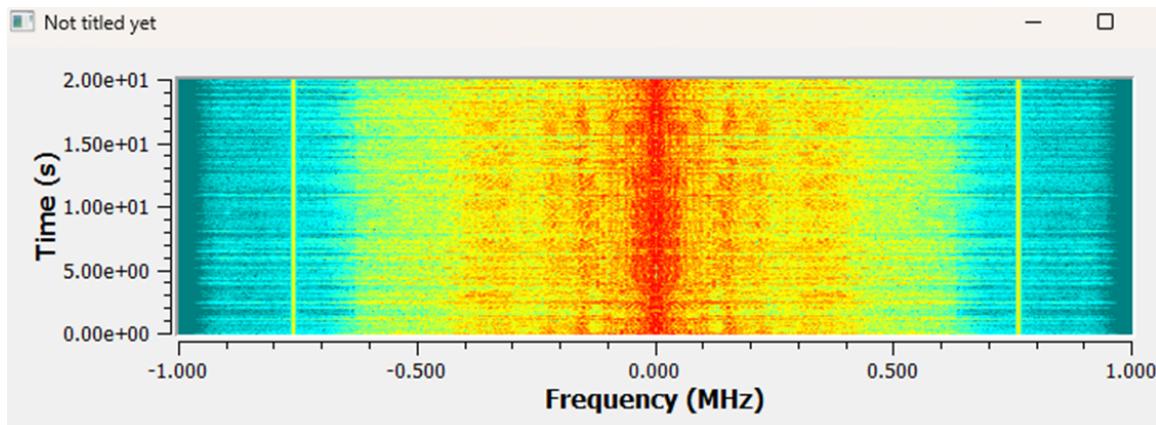


Figura 18: Grafica de espectrograma para 101.1 MHz FM.

7. Interpretación de Resultados / Discusión

- En los resultados obtenidos en la segunda practica con el software SDR-GNU radio, se puede evidenciar a continuación. Uno de los primeros resultados que hemos recolectado es la sintonización de frecuencias 101,1Mhz la radio de la universidad UTN, donde se sintoniza la frecuencia para analizarla en este caso solo se muestra este espectro ya que se le ajusto anteriormente en el bloque de Frecuencia que se indicara, tenemos en la parte superior su espectrograma que muestra los paquetes que está recibiendo la cuan mediante el filtro de FM para SDR-RTL se obtiene las gráficas como también introducimos la frecuencia de muestro de 1.92MSPS.

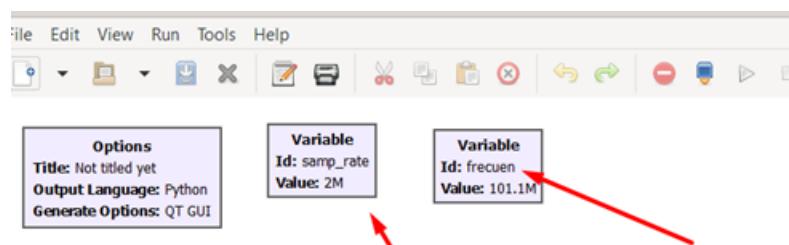


Figura 19: Frecuencia de finida con una variable.

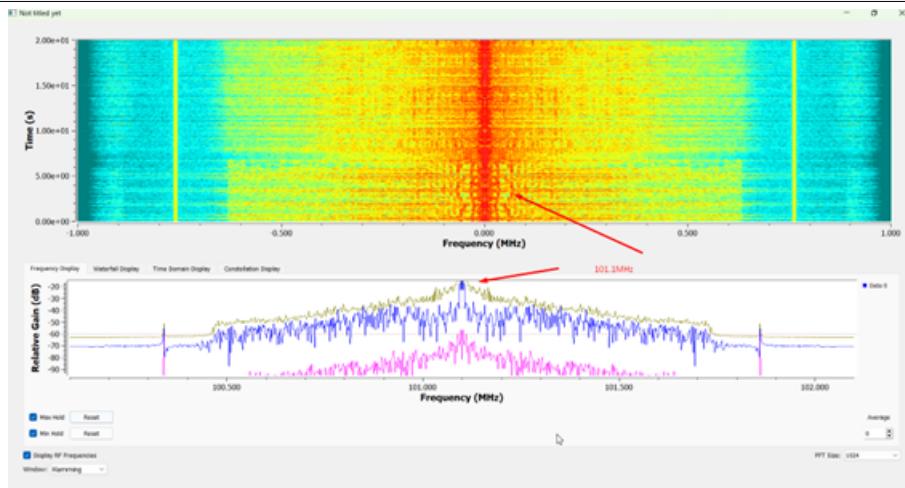


Figura 20: Muestra con la frecuencia de 101.1MHz.

- En la siguiente figura tenemos la frecuencia de 94.7MHz, la cual no cambia mucho de la figura anterior en este caso la frecuencia central es la que tiene más ruido que la anterior de 101.1MHz.

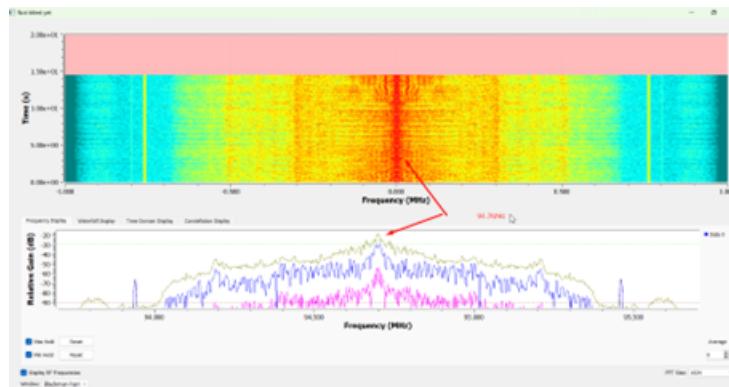


Figura 21: Muestra de la Frecuencia 94.7 MHz la cual muestra la ganancia por la frecuencia en el diagrama del espectro.

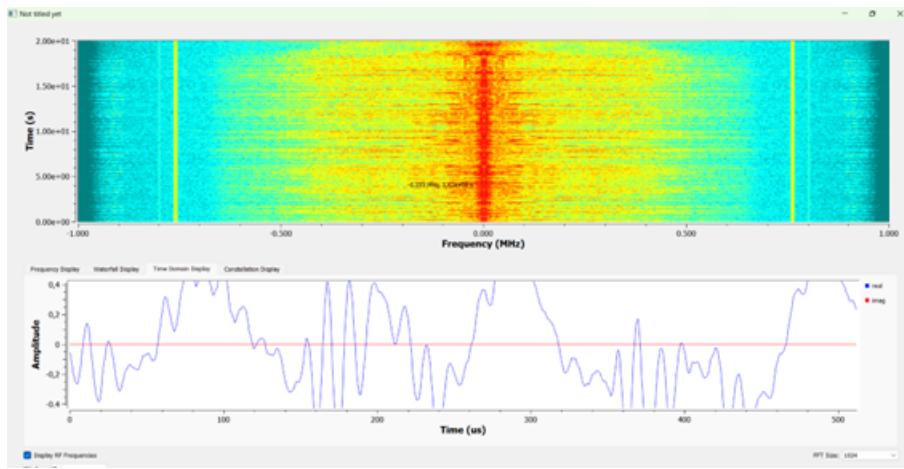


Figura 22: Tenemos representación del espectro en el espectro como el tiempo dándonos una señal continua senoidal de la Frecuencia 94.7 MHz.

- Para la figura tenemos una frecuencia de 93.9MHz en este caso tiene mucho ruido “ruido Blanco” que se puede dar por los mismos filtros o las antenas de estas en este caso se puede ver que hay un salto de 200KHz de la frecuencia aterriz.

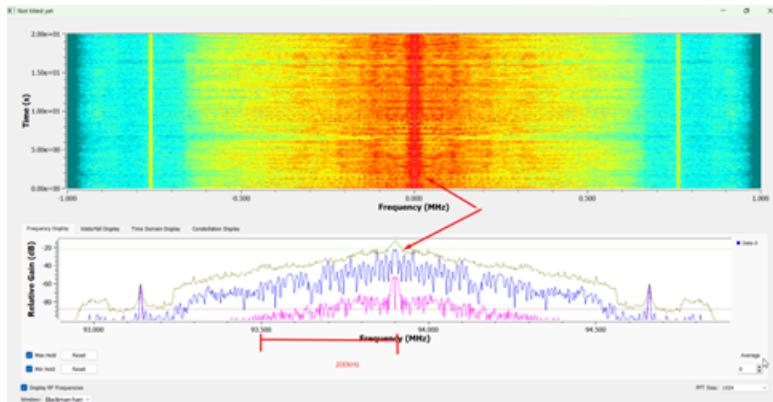


Figura 23: Frecuencia de 93.9 MHz FM.

- Por últimos tenemos la frecuencia de 89.1 MHz, Se puede observar que se tiene un poco de ruido “ruido Blanco”, como antes lo mencionamos pero se sintoniza bien y se puede obtener el espectro como el espectrograma.

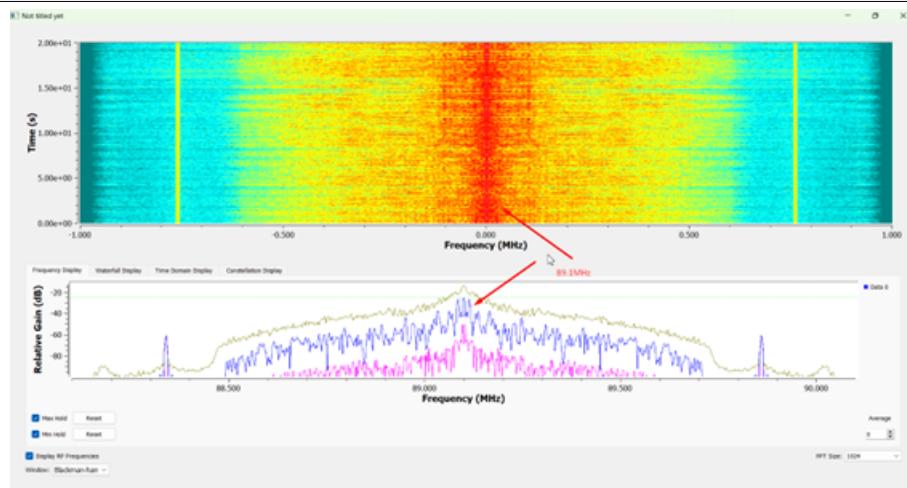


Figura 24: Frecuencia de 89.1MHz para FM.

8. Video

[Equipo05_Video01_GNURadio_SDR](#)

9. Conclusiones y Recomendaciones

9.1. Conclusiones

- En conclusión, la combinación entre GNU Radio y RTL-SDR, generó nuevo conocimiento principalmente en el manejo del software, ya que al generar bloques con sus respectivos funcionamientos, genera una nueva experiencia, aprendizaje y posibles soluciones a problemas.
- GNU Radio es una herramienta muy importante para experimentar en el campo de comunicaciones inalámbricas y SDR. De igual manera, este tipo de software es compatible con diferentes tipos de hardware de radiofrecuencia con el fin de lograr el procesamiento de señales.
- También podemos concluir que GNU Radio, a diferencia de SDR Share,s e basa mas en un lenguaje de programación por bloques, que para este caso utiliza Python, esto hace que sea un poco mas complicado de utilizar pero da mas posibilidades de manipular la señal.
- El análisis en SDR GNU-radio es dinámicamente mas fiable ya que se puede construir distintos entornos mediante la programación por bloques se puede modificar partes importantes del sistema que algunos otros softwares que ya vienen definidos y no pueden realizarse cambios que no estén preestablecidos.
- Acerca de las muestras indicadas en una pantalla anexa se pueden manipular los objetos que se definieron en la programación por bloques.

9.2. Recomendaciones

- Para el análisis de las gráficas es mas fiable tener distintas variables en los valores de frecuencia como ganancia ya que facilita el manejo de cambio o búsqueda de distintas pruebas es decir que podemos manipular la frecuencia central para cada análisis.
- Es recomendable tener definido bien las proporciones de cada magnitud para no tener problemas con que el programa no corra adecuadamente y que esté presente lo que se le específico.
- Se recomienda instalar correctamente el dirver USB para que el dispositivo RTL-SDR se conecte al equipo en donde se va a realizar la recepción de señales.
- Se recomienda familiarizarse con GNU Radio y explorar todas las aplicaciones que brinda este tipo de herramienta, además, es necesario practicar con diferentes frecuencias y visualizar el cambio de las señales que se generan dentro de GNU Radio.
- Es recomendable desactivar el antivirus al momento de realizar la instalación, puesto que este puede dar errores de compatibilidad.

10. Referencias bibliográficas

Referencias

- Costas, J. M. (2020). Caracterización de dispositivos rtl-sdr para medida de señales aeronáuticas. *Universidad de Sevilla*. Descargado de <https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/92957/fichero/TFG-2957+MAJADA+COSTAS%2C+JONATHAN.pdf>
- Domínguez, I. P. (2021). Software defined radio: Usrp y gnu radio. *Universidad de Sevilla*. Descargado de https://biblus.us.es/bibing/proyectos/abreproy/11984/fichero/Volumen+3_GNU+Radio%252FGNU+Radio+.pdf
- Oña, F. V. L. (2018). Implementacion de un prototipo de sistema de comunicación inalámbrica ofdm en sdr. *Escuela Politécnica Nacional*. Descargado de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19827/1/CD-9231.pdf>
- TERREROS, J. F. Q. (2010). Emulador de un sistema de comunicaciones utilizando tecnologia sdr. *ESCUELA POLITÉCNICA DEL EJÉRCITO*. Descargado de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/911/1/T-ESPE-029253.pdf>