

# **PRÁCTICA 4 Grupo L1B**

## **Modulaciones angulares en GNURADIO (2 sesiones de 2 horas)**

**Autores**

Edgar Camilo Rivera Pérez - 2180371

Andrés Camilo Rincón Santana - 2185581

**Grupo de laboratorio:**

L1B

**Subgrupo de clase**

Subgrupo 1

### EL RETO A RESOLVER:

El estudiante al finalizar la práctica tendrá los fundamentos suficientes para consolidar el conocimiento en creación de bloques jerárquicos; estos bloques se crean a partir de otros módulos que se incluyen por defecto o que se han creado por el estudiante.

Por otra parte, el estudiante deberá construir un modelo para la envolvente compleja de modulaciones angulares. La envolvente compleja es una representación canónica en banda base de la señal pasabanda; específicamente se puede representar cualquier señal mediante la siguiente ecuación:

$$s(t) = \text{Re}\{g(t)e^{j 2 \pi f_c t}\}$$

- forma polar de  $g(t)$

$$g(t) = R(t)e^{j \theta(t)}$$

para el caso de las modulaciones angulares

$$R(t) = A_c$$

$$\theta(t) = k_p * m(t); \text{ caso PM}$$

$$\theta(t) = 2\pi * k_f * \int m(t); \text{ caso FM}$$

donde:  $k_p$  es el coeficiente de sensibilidad de fase y  $k_f$  es el coeficiente de sensibilidad de frecuencia

### EL OBJETIVO GENERAL ES:

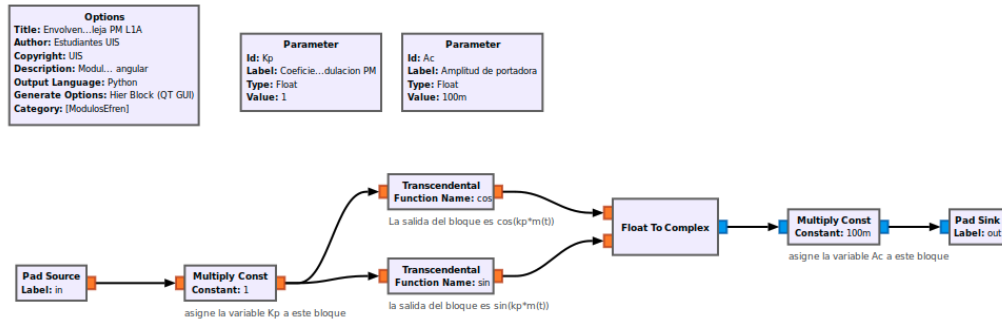
Desarrollar habilidades en el manejo de GNURadio y resaltar la importancia de la creación de bloques jerárquicos para construir los sistemas de comunicaciones convencionales a partir de la generación de la envolvente compleja.

### ENLACES DE INTERÉS

¿Qué es Gnuradio y que podemos hacer con este programa? [Clic aquí](#)

## LABORATORIO

1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico ENVOLVENTE COMPLEJA PM:



- a. Personalice el bloque Options, ver ejemplo:

**Properties: Options**

General Advanced Documentation

Id: EnvolveComplejaPM

Title: Envolve Compleja PM L1A

Author: Estudiantes UIS

Copyright: UIS

Description: Modulo desarrollado para estudiar la envolvente compleja de una

Output Language: Python

Generate Options: Hier Block

Category: [ModulosEfren]

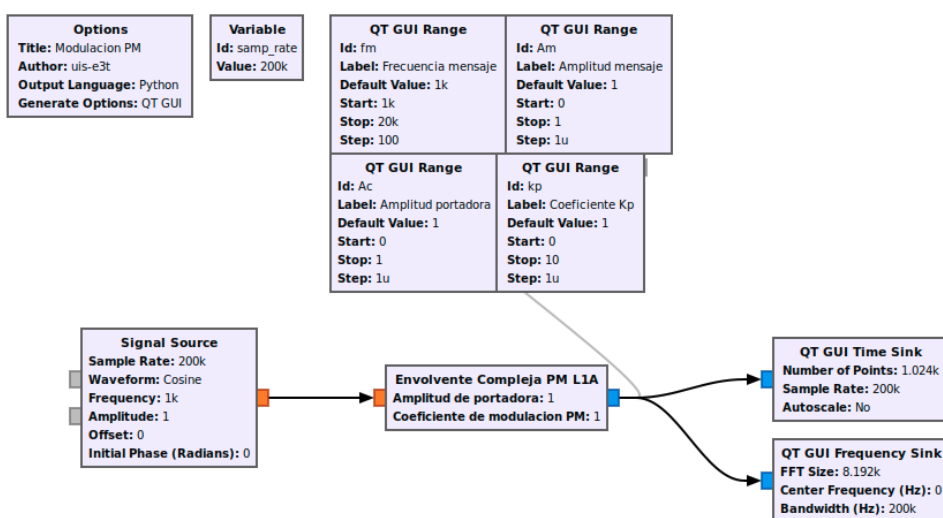
Aceptar Cancelar Aplicar

**NOTA:** Recuerde que el campo category debe personalizarse para que este módulo quede en la misma carpeta que los módulos de las prácticas anteriores Ejemplo: [ModulosD1BG1].

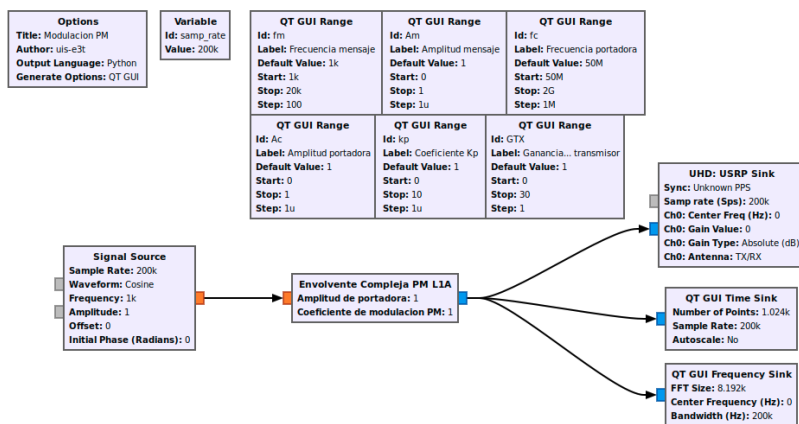
- b. Asigne la variable **AC** (bloque multiply constant que conecta con el bloque pad sink) y **kp** (bloque multiply constant que conecta con el bloque pad source) creada con el bloque **Parameter** y asignarla según corresponda

- c. Ejecute el flujograma y observe que el nuevo bloque aparecerá dentro de la carpeta asignada (Ejemplo: [ModulosL1BG1]).
- d. Cuando tenga el montaje conecte la señal coseno de entrada y en la salida realice la observación en el dominio del tiempo y frecuencia de la señal  $g(t)$ . (la amplitud de la portadora **AC** debe ser igual a la suma de cada último dígito del código de los integrantes dividido por 5). Considere los casos para  $(k_p \cdot A_m = 0.1)$ ,  $(k_p \cdot A_m = 2)$  y  $(k_a \cdot a_m = 5)$ . Estime la potencia de la señal envolvente compleja  $g(t)$  (usando el medidor de potencia y verifique con la suma de los componentes espectrales de la señal) y la potencia de la señal  $s(t)$  para cada caso.

NOTA: Asigne las variables según corresponda en cada módulo.



- e. Realice la conexión con el osciloscopio del laboratorio e identifique las variaciones temporales al aumentar el parámetro  $K_P$  y  $f_m$ .



- f. Calcule los coeficientes de Bessel teóricos para la modulación PM, compare los resultados obtenidos en la práctica (medidos a partir en el dominio de la frecuencia usando el analizador de espectro a una frecuencia de 130 MHz). Considere como el valor teórico los coeficientes de Bessel calculados usando una herramienta matemática ([WOLFRAM](https://www.wolfram.com)) o tablas.

NOTA: recuerde que en el analizador de espectro usted encontrará la potencia de cada componente en frecuencia el cual corresponde a un porcentaje de la potencia de la portadora; este porcentaje corresponde a la multiplicación de la potencia de la portadora por cada coeficiente de Bessel de primer orden elevado al cuadrado.

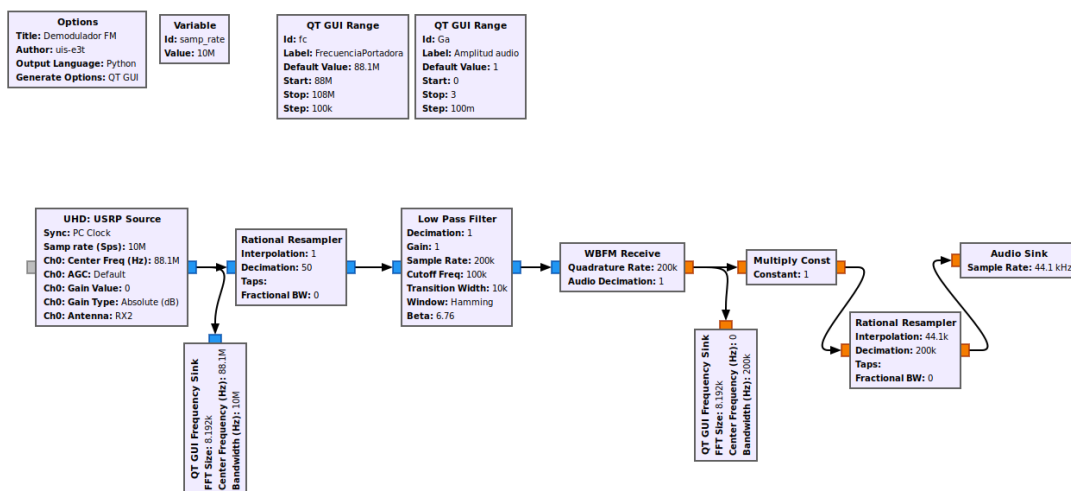
$$\text{Potencia del } n\text{-ésimo componente} = A_c^2 J_n^2(B)/2$$

	<b>B = 0.1</b>		<b>B = 2</b>		<b>B = 5</b>	
	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico	Teórico	Práctico
$j_0(B)$	0.9975023	0.9823147	0.22389077 9141236	0.2196548	- 0.17759677 1314338	- 0.161548
$j_1(B)$	0.0499375	0.0531596	0.57672480 7756874	0.564859	- 0.32757913 7591465	-0.285471
$j_2(B)$	0.0012489	0.0015258	0.35283402 8615638	0.342158	0.04656511 6277752	0.034587
$j_3(B)$	0.0000208	0.0000256	0.12894324 9474402	0.178218	0.36483123 0613667	0.294852
$j_4(B)$	2.60286*10 <sup>-7</sup>	0.00000241 5834	0.03399571 9807568	0.0298745	0.39123236 0458648	0.278454
$j_5(B)$	2.60308*10 <sup>-9</sup>	No se observa	0.00703962 9755872	0.0069587	0.26114054 6120170	0.258745
$j_6(B)$	2.16936*10 <sup>-11</sup>	No se observa	0.00120242 8971790	0.00098547	0.13104873 1781692	0.029571
$j_7(B)$	1.54961*10 <sup>-13</sup>	No se observa	0.00017494 4074868	0.00011254	0.05337641 0155891	0.045781
$j_8(B)$	9.68543*10 <sup>-16</sup>	No se observa	0.00002217 9552288	0.00001879	0.01840521 6654802	0.009654
$j_9(B)$	5.38094*10 <sup>-18</sup>	No se observa	0.00000249 2343435	1,124174*10 <sup>-7</sup>	0.00552028 3139476	0.004875

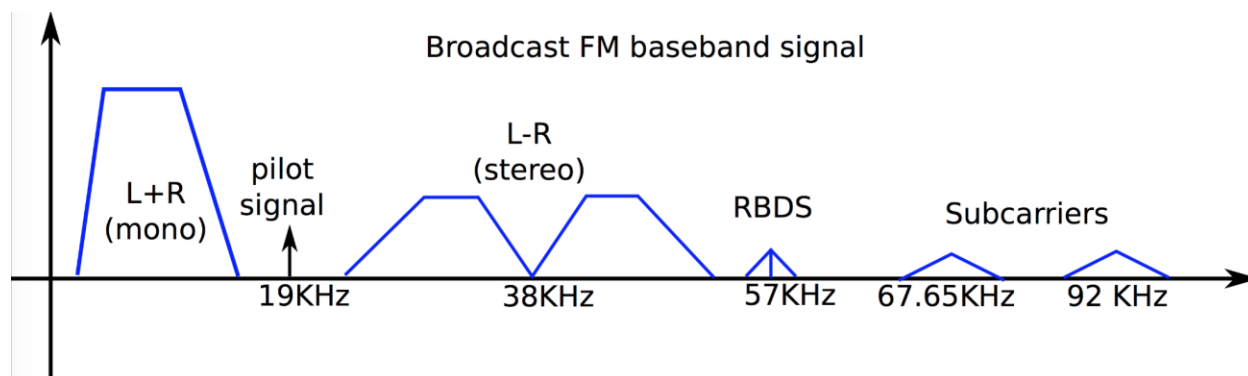
## OBJETIVO 2. DEMODULACIÓN DE SEÑALES FM COMERCIALES.

Considere las [emisoras comerciales de la ciudad de Bucaramanga](#) para realizar el estudio de ancho de banda, servicios ofrecidos, entre otros.

- Realice el montaje del siguiente diagrama de bloques. Identifique los tipos de señales en cada proceso del diagrama.



- Realice un listado de las emisoras recibidas en su equipo e identifique la información contenida en la señal banda base demodulada. Apoyado en el plan técnico de radiodifusión sonora para FM, identifique si alguna de estas emisoras no cumple con el ancho de banda permitido.



Nombre emisora	Frecuencia operación	Ancho de banda señal recibida	señal L+R (SI/NO)	Pilot (SI/NO)	Señal L-R (SI/NO)	señal RBDS (SI/NO)	Imagen de evidencia

## INFORME DE RESULTADOS

### DESARROLLO DEL OBJETIVO 1. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 1.

a. Primero se creó un bloque para la ENVOLVENTE COMPLEJA PM, el cual se le modificaron sus valores para la realización del resto de la práctica. Dicho bloque está influenciado por una señal portadora, la cual tiene una amplitud de:

$$A_c = 100 \text{ mV}$$

Teniendo la amplitud de la señal, se puede hacer una estimación de la potencia de la siguiente manera:

$$Pot = \frac{A_c^2}{2} = 5 \text{ mW}$$

d. Haciendo uso del bloque creado, se procede a hacer una modulación PM. Para este caso, la amplitud de la portadora  $A_c$  debe ser igual a la suma de cada último dígito del código de los integrantes dividido por 5).

$k_p \cdot A_m = 0.1$ : Cuando se tiene esta relación, las gráficas resultantes son las siguientes:

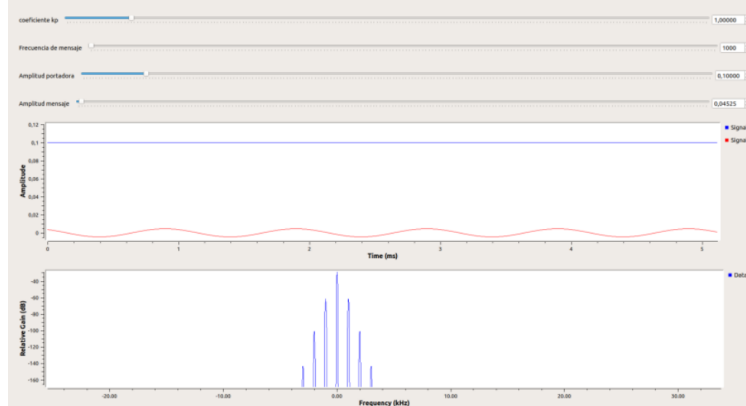


Figure 1:  $k_p \cdot A_m = 0.1$

La anterior grafica se tiene una señal donde la parte real tiende a ser una señal es constante mientras la imaginaria es una señal que oscila, para esta señal la potencia estimada es de 1W.

A la hora de aumentar la amplitud de la señal mensaje, se tiene la siguiente grafica:

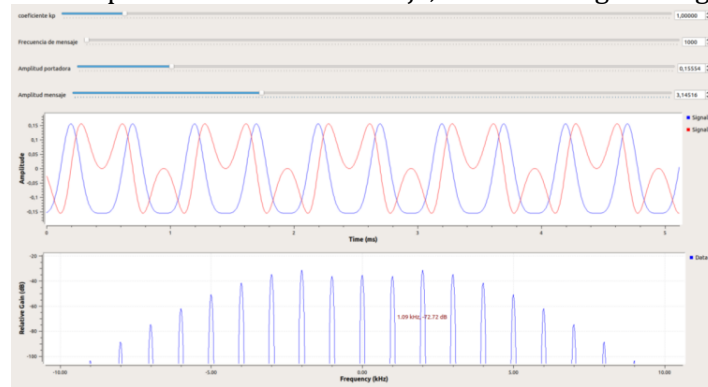


Figure 2: Amplitud mensaje aumentada

Cuando se aumenta la amplitud, la parte real y la parte imaginaria tienden a ser iguales.

f. Calcule los coeficientes de Bessel teóricos para la modulación PM, compare los resultados obtenidos en la práctica:

- En este ítem, los datos obtenidos en la práctica y los teóricos (dados por Wolfram), son valores muy cercanos entre sí, por lo que se puede concluir que el desarrollo de la práctica se realizó de la manera correcta. Otra conclusión, es acerca del valor de B, el cual entre más pequeño sea, se necesitarán menos armónicos para llegar a un 99% de potencia, como es el caso de  $B = 0.1$ , que solo necesito un armónico. A medida que aumenta B, también aumenta el número de armónicos, esto viene dado por la siguiente expresión, que relaciona el ancho de banda y B:

$$BW = 2f_m(B + 1)$$

## DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.

Para este segundo objetivo se presenta la tabla de datos obtenidos de los 18 emisores correspondientes a la ciudad de Bucaramanga.

Siguiendo el plan nacional de radiodifusión identificaremos la información de la señal bandabase demodulada recibida y anotaremos a continuación.

Nombre de la emisora	Frecuencia de Operación (MHz)	Ancho de banda	Señal L+R (mono)	Pilot	Señal L-R (Stereo)	Señal RBDS
W radio	90,7	100KHz	Si	Si	No	Si
Radio Policía Nacional	91,7	200KHz	Si	Si	Si	No
Radio Nacional de Colombia	92,3	150KHz	Si	Si	No	No
Colombia Estéreo	92,9	100KHz	Si	Si	Si	Si



La Brújula FM	93,4	100KHz	Si	Si	Si	No
Tropicana	95,7	95KHz	Si	Si	Si	Si
Radio USTA	96,2	95KHz	Si	Si	Si	No
UIS FM	96,9	200KHz	Si	Si	Si	No
Olímpica Stéreo	97,7	90KHz	Si	Si	No	Si
Caracol Radio	99,2	200KHz	Si	Si	Si	Si
La FM	99,7	200KHz	Si	Si	Si	Si
Emisora Cultural		100KHz			Si	Si
Luis Carlos Galán	100,7		Si	Si		
UTS Radio	101,7	100KHz	Si	Si	No	No
La Mega	102,5	100KHz	Si	Si	Si	Si
El Sol	103,7	90KHz	Si	Si	Si	Si
Bésame	104,7	80KHz	Si	Si	Si	Si
Radio Uno	106,7	50KHz	Si	Si	Si	Si
La U Radio	107,7	50KHz	Si	Si	Si	Si

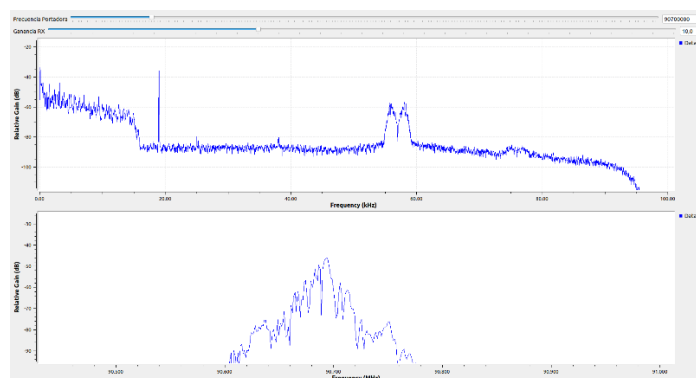


Figure 3: Fre = 90.7 MHz

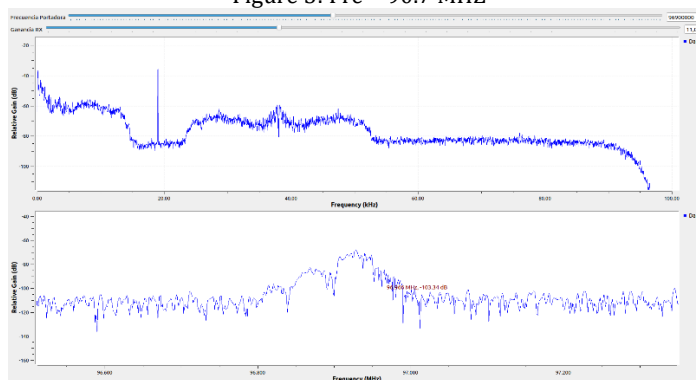


Figure 4: Fre = 96.9 M

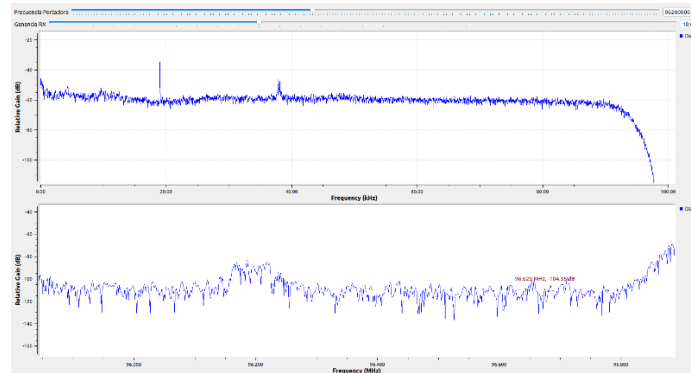


Figure 5: Fre = 96.2 M

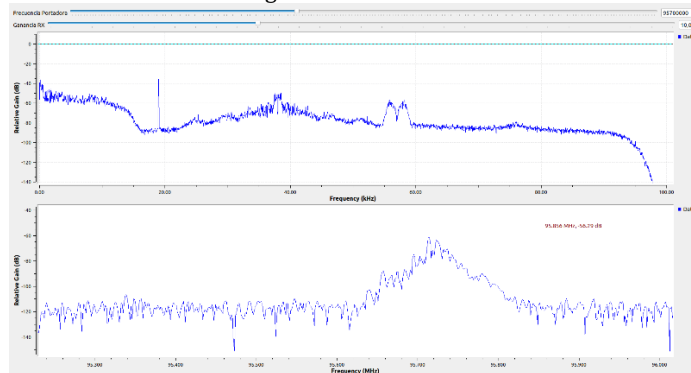


Figure 6: Fre = 95.7 M

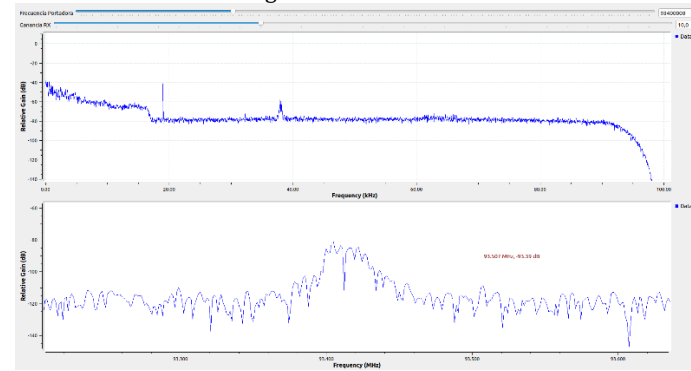


Figure 7: Fre = 93.4 M

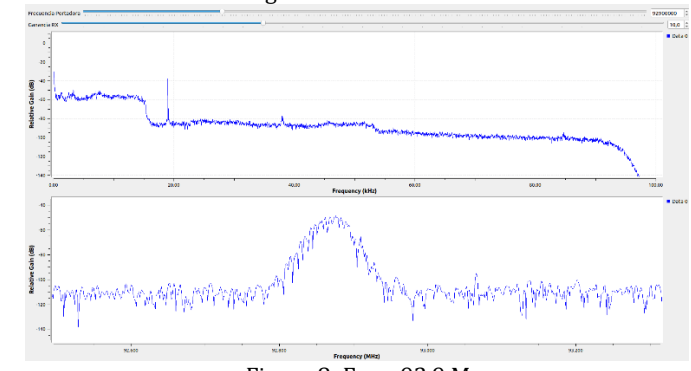


Figure 8: Fre = 92.9 M

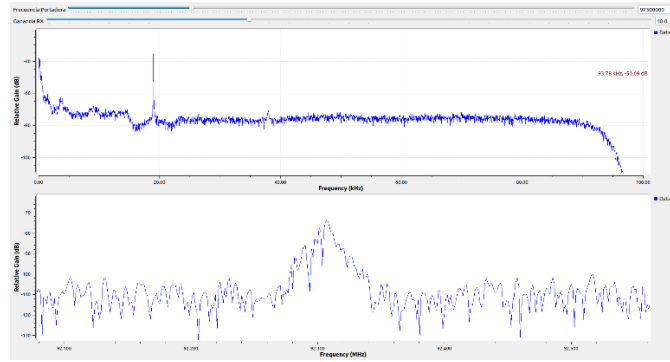


Figure 9: Fre = 92.3 M

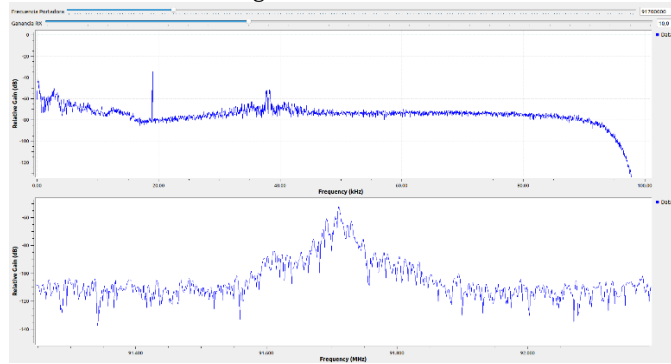


Figure 10: Fre = 91.7 M

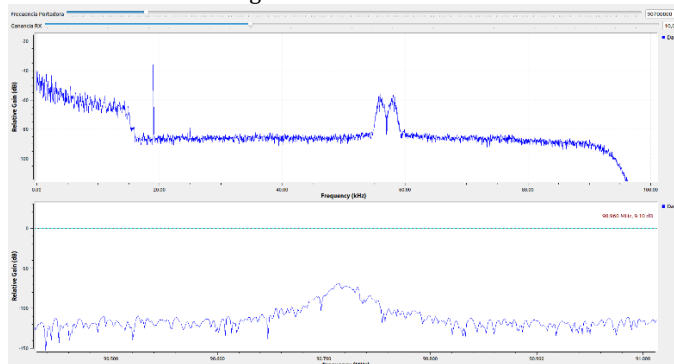
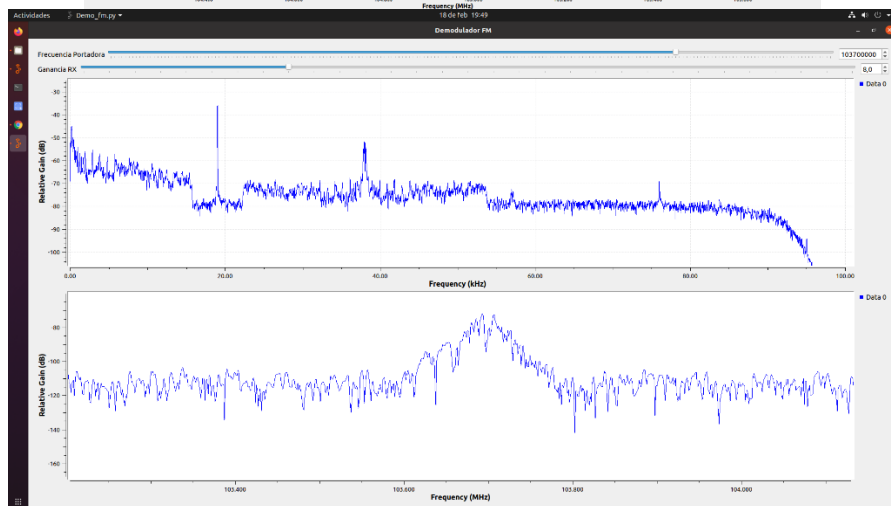
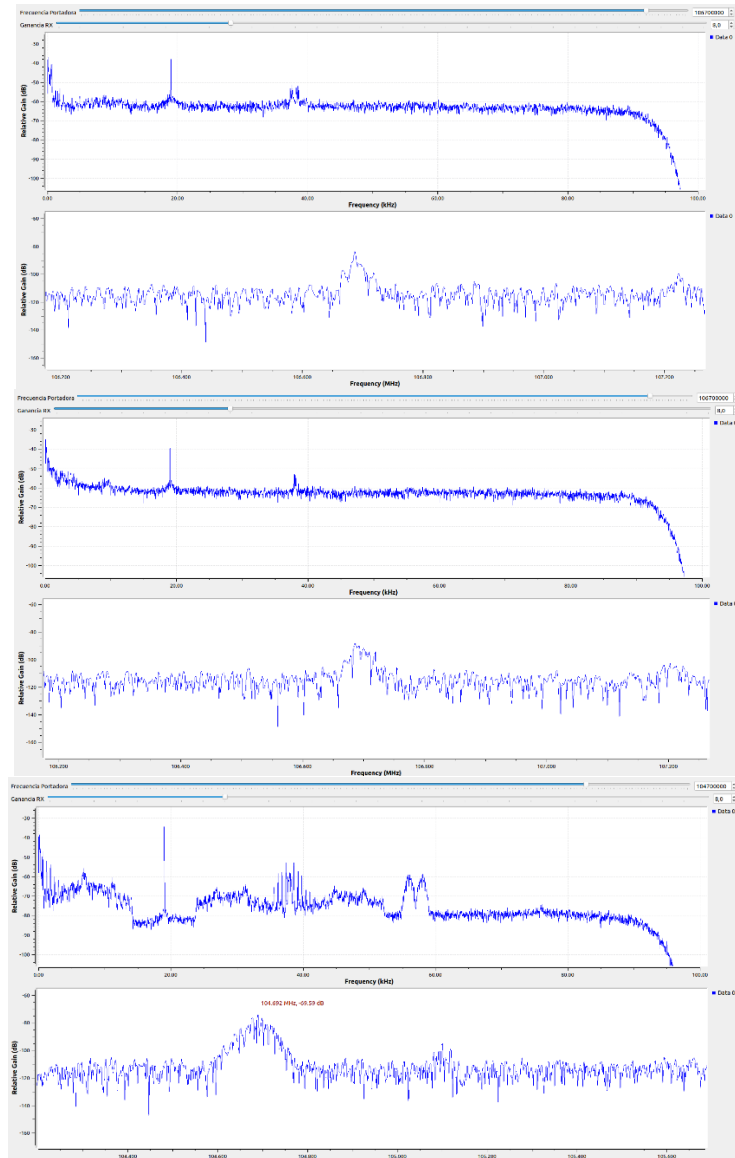
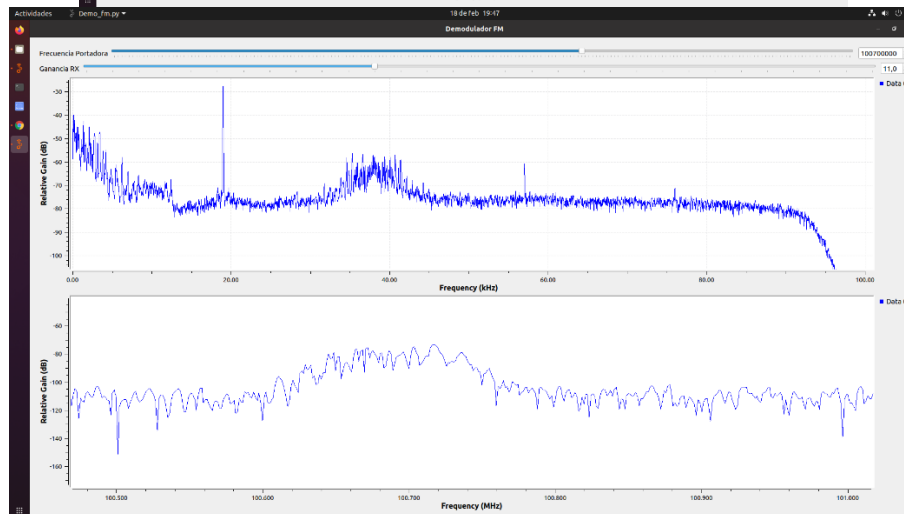
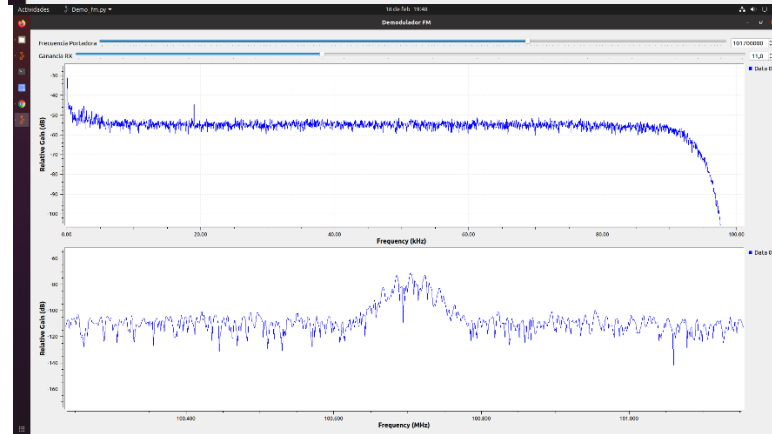
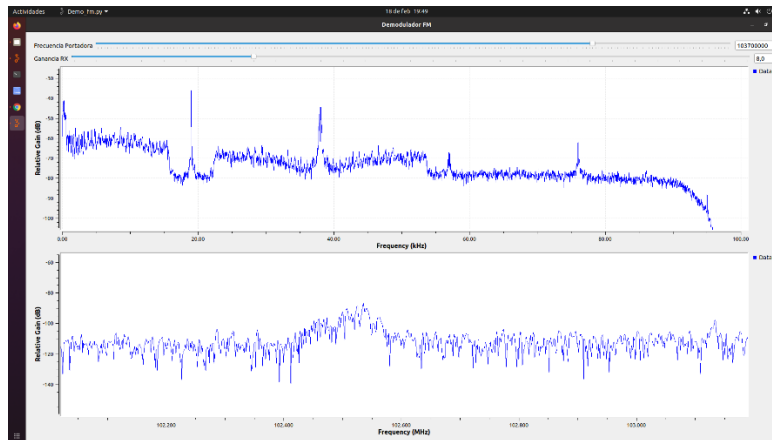
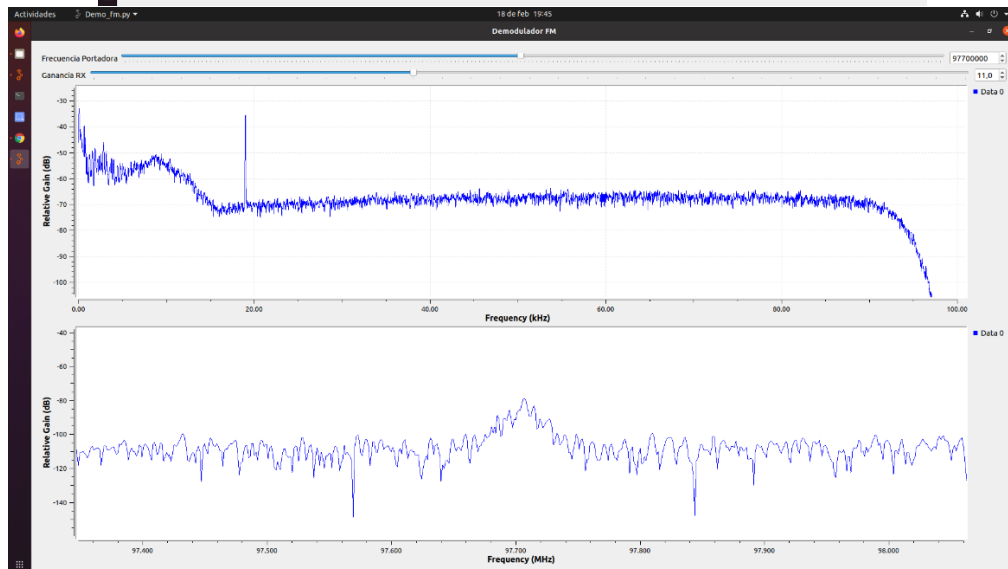
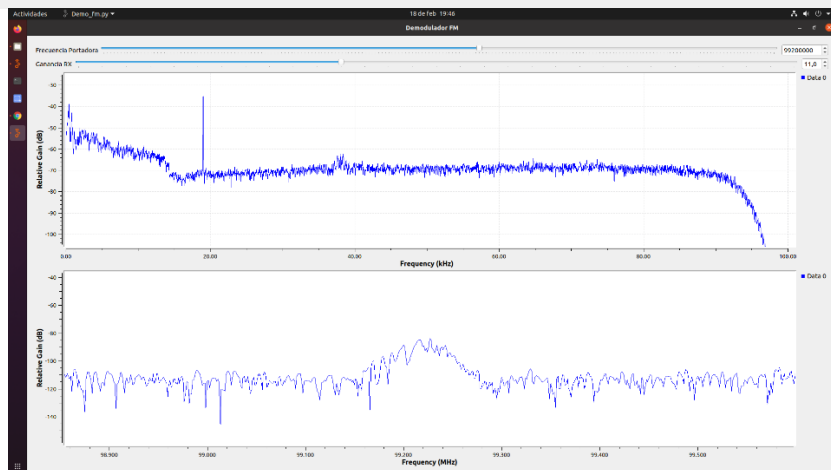
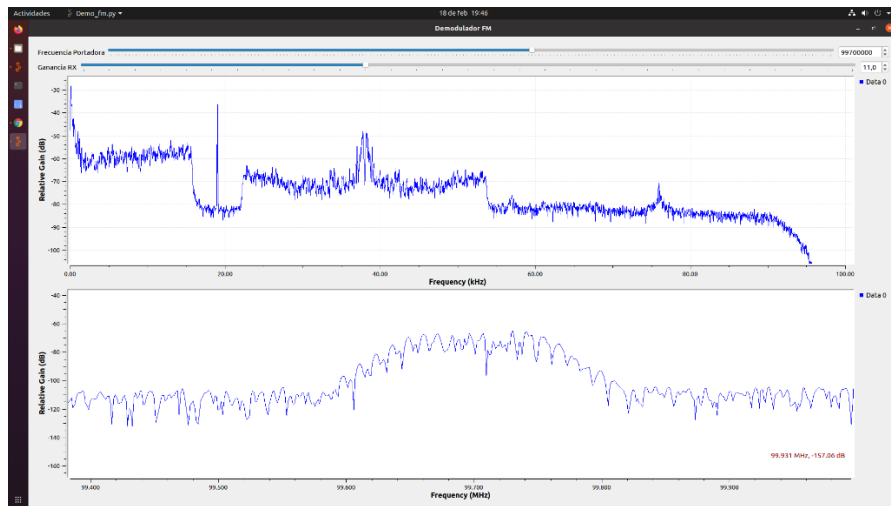


Figure 11: Fre = 90.7 M







- El plan técnico de radiodifusión indica que el ancho de banda para las emisoras FM de

Colombia debe estar en alrededor de 255KHz, como se puede notar las emisoras que se recibieron durante la práctica todas cumplen con las indicaciones del organismo de control.

- Podemos apreciar que la señal de las emisoras cumplen con la mayoría de tener mono y estéreo, pero con RBDS no cuenta, esto puede ser originado a causa de una necesidad de modernización en la infraestructura que permita tener más capacidad en los anchos de banda establecidos. Además de esto, correspondiente a las señales recibidas en comparativa con la table de datos de valores encontrada en internet muchas emisoras tenían señales RBDS mientras que la tabla de datos no por lo cual también muestra una desactualización de información encontrada en la web.

**Link Repositorio**

**[https://github.com/Andrinsan/Lab4\\_Com](https://github.com/Andrinsan/Lab4_Com)**