

# PRÁCTICA 3 grupo D1A

## Bloques jerárquicos y modulaciones lineales en GNURADIO

Autores

ANDRES      FELIPE      GOMEZ      AGUDELO

---

DANIEL                  ANDRES                  CERRO

---

Grupo de laboratorio:

D1A

Subgrupo de clase

G4

### EL RETO A RESOLVER:

El estudiante al finalizar la práctica tendrá los fundamentos suficientes para crear bloques jerárquicos y a partir de ellos modelar entornos relacionados con las telecomunicaciones; estos bloques se crean a partir de otros módulos que se incluyen por defecto o que se han creado por el estudiante. Haremos un recorrido por un problema particular de estimación de la potencia de una señal.

### 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 de acuerdo al proceso de cada estudiante.

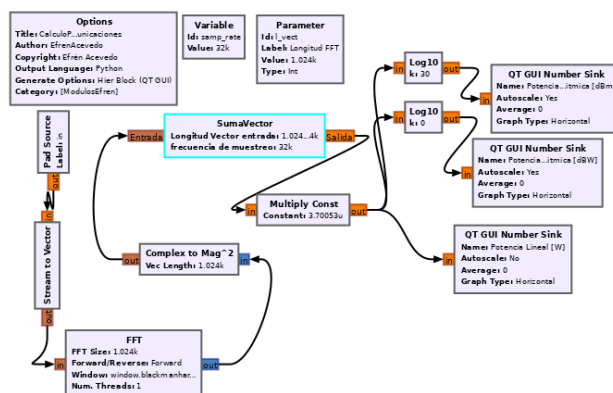
### ENLACES DE INTERÉS

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

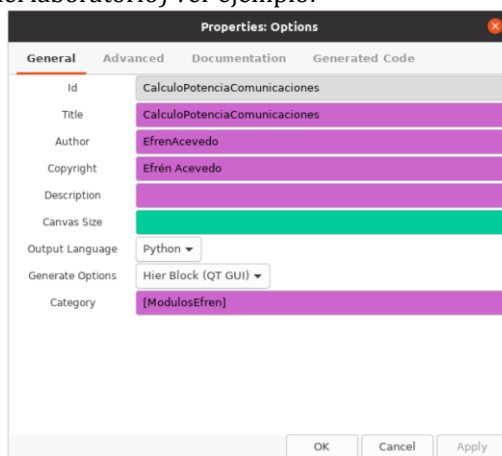
Atenuación en telecomunicaciones [Clic aquí](#)

### LABORATORIO

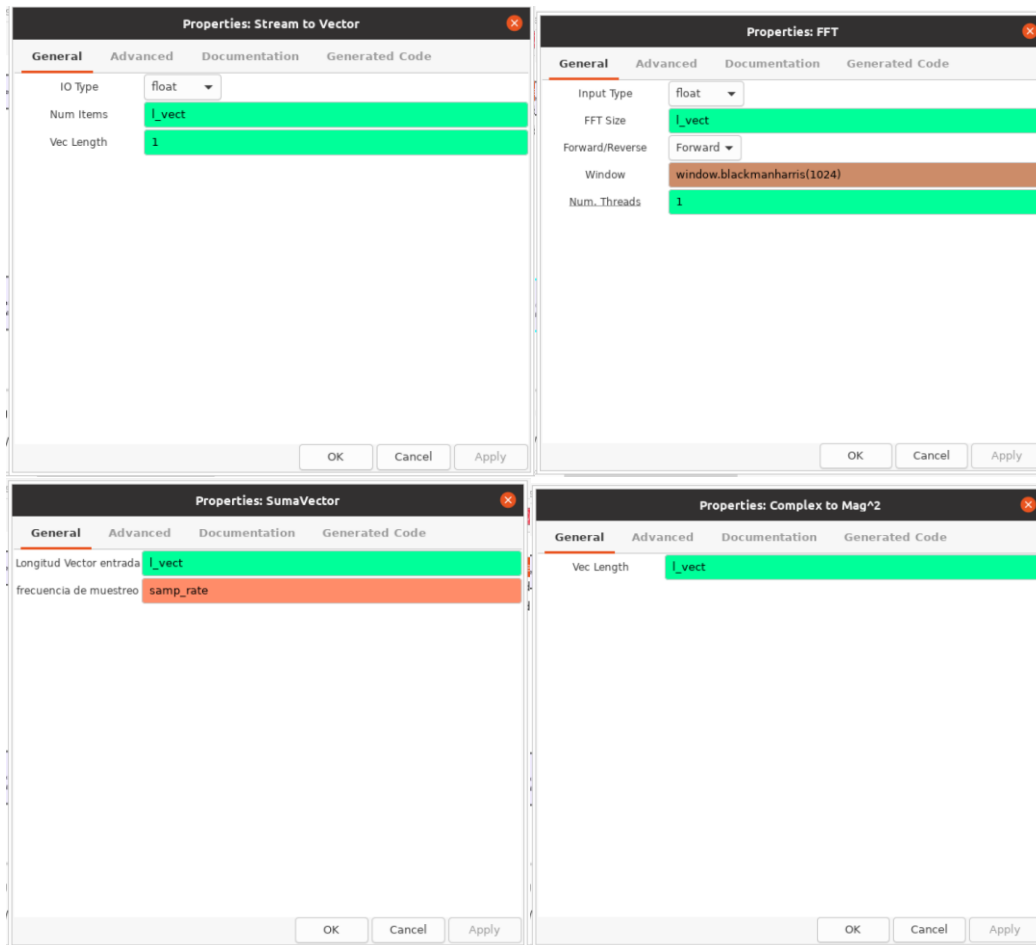
1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico:



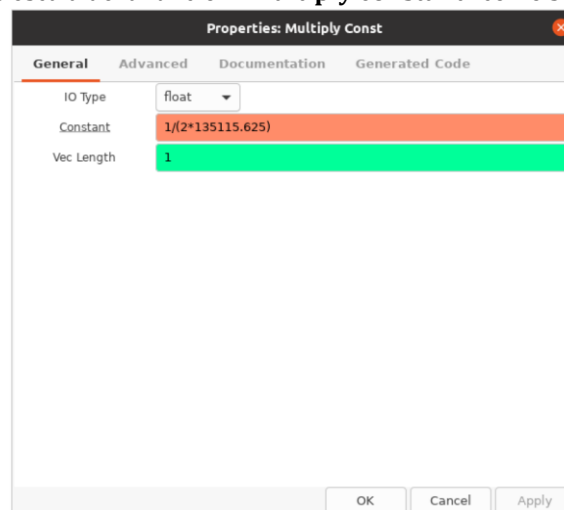
- a. Personalice el bloque Options, Nota: el campo “**Category**” debe poner el nombre de **[Modulos\_D1A]** o el (a partir de la fecha, todos los módulos deben guardarse en la misma carpeta; este ejercicio es parte de la evaluación del laboratorio) ver ejemplo:



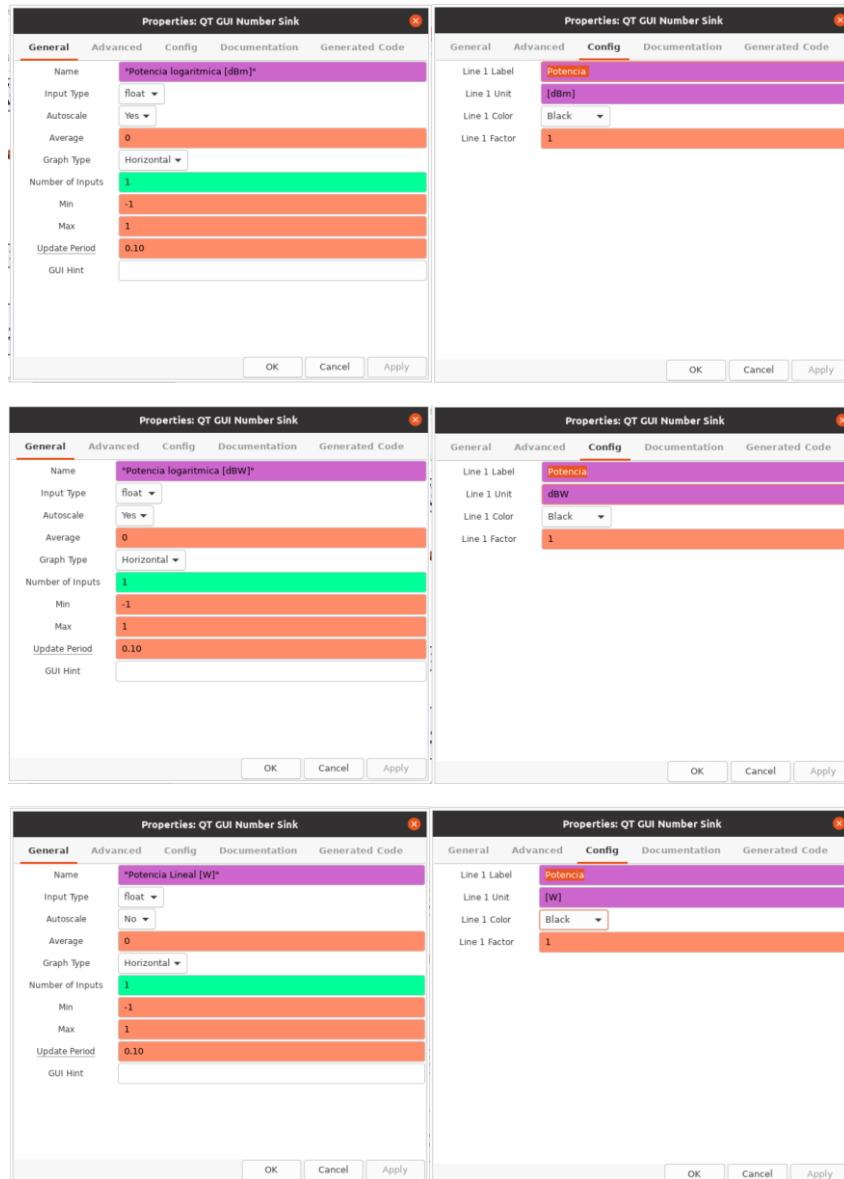
- b. Agregue la variable **l\_vect** creada con el bloque **Parameter**, ver el siguiente ejemplo:



- c. Ajuste los valores de escala de la función “**multiply constant**” como se indica en la imagen.



- d. Ajuste los valores de los bloque “QT GUI Number Sink” para cada uno de las salidas



- e. Ejecute el flujograma y observe que el nuevo bloque aparecerá dentro de la carpeta asignada. siempre y cuando se presione el botón "Reload Blocks" que aparece en la parte superior derecha de la interfaz de GNURadio.



2. Demuestre el funcionamiento del bloque asignando la variable correspondiente para calcular la potencia de una señal seno con amplitud variable (use el bloque QT GUI RANGE con valores de su preferencia), adicionalmente observe la señal en el dominio del tiempo y frecuencia usando los bloques pertinentes.
- a. Tabular los resultados con mínimo 5 valores de amplitud donde se observe los valores calculados de forma analítica y con el instrumento creado.

Amplitud	Potencia Lineal [W]	Potencia Logarítmica [dBw]	Potencia Logarítmica [dBm]	Potencia Lineal (analítica)	Potencia Logarítmica (analítica) [dBw]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBm]
3	4.5	6.5321	36.5321	4.5	6.53	36.53
4	8	9.032	39.032	8	9.03	39.03
6	18	12.552	42.552	18	12.55	42.55
7	24.5	13.8916	43.8916	24.5	13.89	43.89
8	32	15.0515	45.0515	32	15.05	45.05

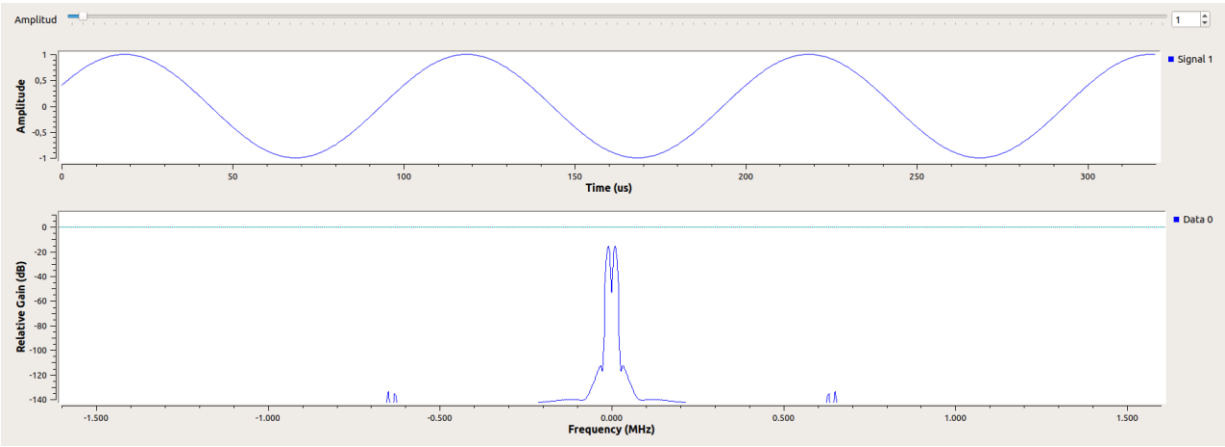
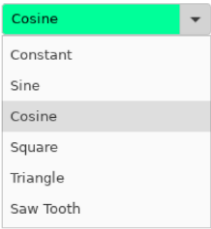


Figura 1, señal coseno con su ganancia en dB

- b. Calcule la potencia de forma analítica para varios tipos de señales disponibles en el bloque Signal Source y valide la respuesta con diferentes valores de amplitud (mínimo 3 para cada señal). Tabular los datos obtenidos.



Triangular

Amplitud	Potencia Lineal [W]	Potencia Logarítmica [dBw]	Potencia Logarítmica [dBm]	Potencia Lineal (analítica)	Potencia Logarítmica (analítica) [dBw]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBm]

3	3.005	4.7796	34.7796	3.0	4.77	34.77
4	5.3937	7.2784	37.278	5.3937	7.27	37.27
6	18	12.552	40.800	18	12.5	40.80

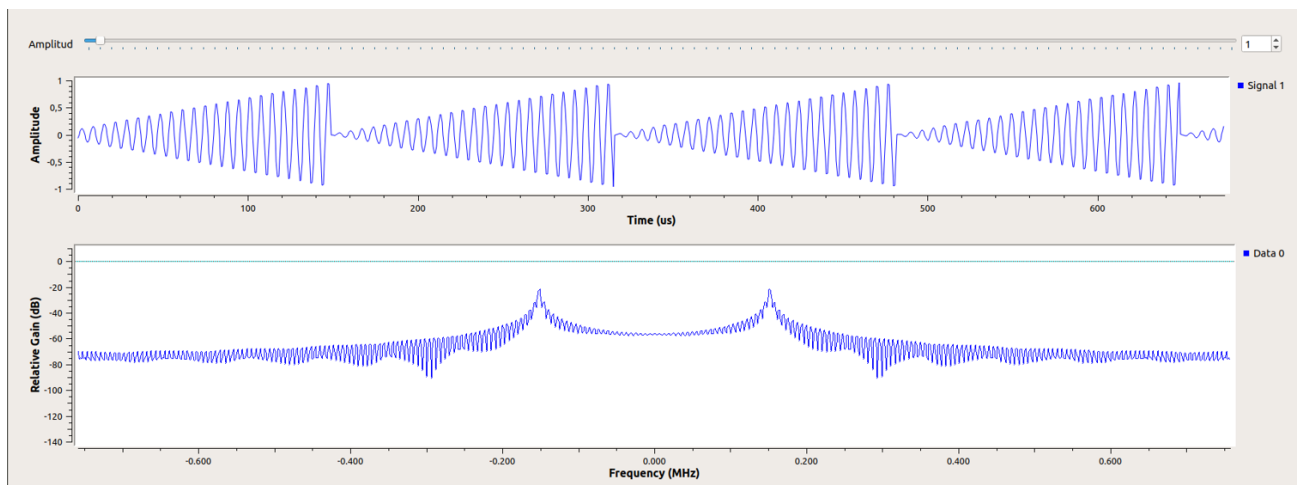
#### Rectangular

Amplitud	Potencia Lineal [W]	Potencia Logarítmica [dBW]	Potencia Logarítmica [dBm]	Potencia Lineal (analítica) [W]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBW]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBm]
3	4.4999	6.5321	36.5321	4.5	6.53	36.53
4	7.9999	9.0308	39.030	8	9.03	39.03
6	17.99916	12.552706	42.552708	18	12.5	42.55

- c. Multiplique dos señales (Use valores de frecuencia de la señal diente de sierra (señal A) la suma de todos los dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz y la señal coseno (señal B) La multiplicación de todos los dígitos del código de cada estudiante del grupo de laboratorio en kHz (en caso de tener dígitos cero los debe convertir en 10) . **Encuentre el valor de la frecuencia de muestreo** (primero haga un análisis y luego ejecute el flujograma) que debe usar en el sistema para visualizar y procesar la información. Calcule la potencia de la señal y explique la manera de estimar esta potencia de forma analítica.

**NOTA:** si el último dígito del código es cero se debe tomar como diez. Ejemplo: Bob (cód: 2068123) y Grace (cód: 2176120). De esta forma la frecuencia de la señal A es igual a  $(2+10+6+8+1+2+3+2+1+7+6+1+2+10)$  kHz y la frecuencia de la señal B es  $(2*10*6*8*1*2*3 + 2*1*7*6*1*2*10)$  kHz.

Para calcular la potencia del producto de estas dos señales, se realiza la suma de las potencias de ambas, debido a que el análisis se desarrolla en el tiempo, a lo cual nos da la siguiente grafica como resultado.



### 3. Modulaciones Modulaciones lineal

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

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

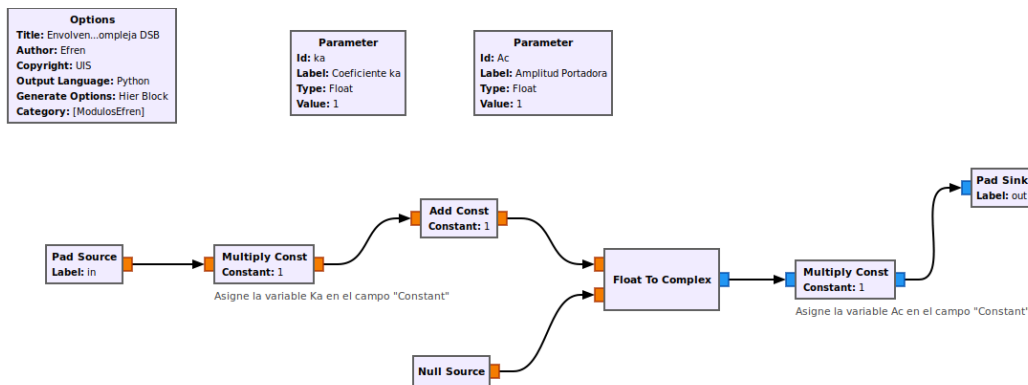
- forma rectangular de g(t)

$$g(t) = x(t) + jy(t)$$

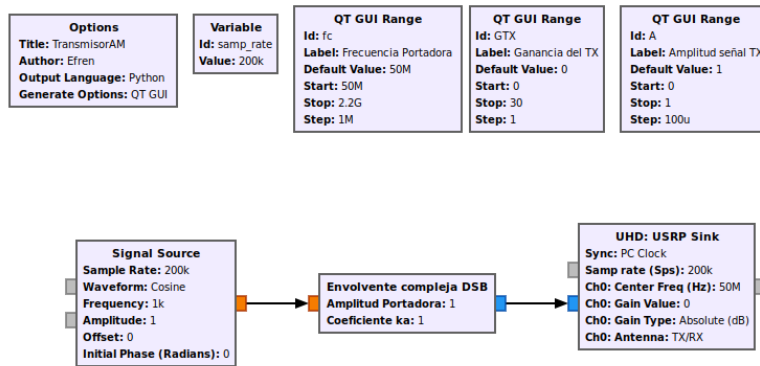
- forma polar de g(t)

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

1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico, con entrada m(t) y salida g(t): Nota: no olvide insertar el Nota: el campo "Category" debe poner el nombre de [Modulos\_J1B].



- a. Conecte la salida del USRP al bloque **Modulación AM** Ver figura siguiente. Cuando tenga el montaje conecte en cascada la señal coseno de entrada (m(t)), realice el análisis en el dominio del tiempo de la señal s(t) (usando el osciloscopio) y frecuencia de la señal s(t) (usando el analizador de espectro).



b. Considere los casos para  $(ka \cdot Am = 1)$ ,  $(ka \cdot Am > 1)$  y  $(ka \cdot am < 1)$ . Calcule la potencia de la señal envolvente compleja  $g(t)$  y la potencia de la señal  $s(t)$ . Compare los resultados medidos en los instrumentos con el bloque medida de potencia creado en la primera parte de la práctica.

b. Cree la envolvente compleja para las siguientes modulaciones lineales:

Nombre	$x(t)$	$y(t)$	$R(t)$	$s(t)$	Potencia
Modulador AM DSB	$Ac[1 + ka \cdot m(t)]$	0	$Ac[1 + ka \cdot m(t)]$	$Ac[1 + ka \cdot m(t)]\cos(2\pi f_c t)$	$\frac{Ac^2}{2}[1 + ka \cdot P_{m(t)}]$
Modulador AM con portadora suprimida DSB-SC	$Ac[m(t)]$	0	$Ac[m(t)]$	$Ac[m(t)]\cos(2\pi f_c t)$	$\frac{Ac^2}{2}[P_{m(t)}]$
Banda lateral Unica SSB	$\frac{Ac}{2}[m(t)]$	$\pm \frac{Ac}{2}[\hat{m}(t)]$	$\frac{Ac}{2}\sqrt{m^2(t) + \hat{m}^2(t)}$	$\frac{Ac}{2}[m(t)]\cos(2\pi f_c t) \mp \frac{Ac}{2}[\hat{m}(t)]\sin(2\pi f_c t)$	$\frac{Ac^2}{4}[P_{m(t)}]$
Modulación en cuadratura QAM	$m_1(t)$	$m_2(t)$	$\sqrt{m_1^2(t) + m_2^2(t)}$	$[m_1(t)]\cos(2\pi f_c t) + [m_2(t)]\sin(2\pi f_c t)$	$\frac{P_{m_1(t)}}{2} + \frac{P_{m_2(t)}}{2}$

Cuando tenga el montaje conecte en cascada la señal coseno de entrada  $(m(t))$ , realice el análisis en el dominio del tiempo de la señal  $s(t)$  (usando el osciloscopio) y frecuencia de la señal  $s(t)$  (usando el analizador de espectro).

- Conecte la salida del USRP a cada uno de los módulos que representan la envolvente compleja en cada caso. Cuando tenga el montaje conecte en cascada la señal coseno de entrada  $(m(t))$ , realice el análisis en el dominio del tiempo de la señal  $s(t)$  (usando el osciloscopio) y frecuencia de la señal  $s(t)$  (usando el analizador de espectro).



## INFORME DE RESULTADOS

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

Para esta primera parte de la práctica, se logró desarrollar un modulo que funcione como una herramienta para calcular la potencia lineal (W), logarítmica (dBW y dBm). Este bloque se creo para facilitar los cálculos de potencia en las diferentes señales generadas para las actividades del laboratorio.

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

En esta practica demostramos el correcto funcionamiento del bloque variable correspondiente para calcular la potencia, para este caso utilizamos una señal coseno, donde fuimos variando su amplitud para así obtener distintos valores de la potencia de la señal, luego para corroborar el funcionamiento de este, se demostró matemáticamente la potencia de la señal coseno.

Amplitud	Potencia Lineal [W]	Potencia Logarítmica [dBw]	Potencia Logarítmica [dBm]	Potencia Lineal (analítica)	Potencia Logarítmica (analítica) [dBw]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBm]
3	4.5	6.5321	36.5321	4.5	6.53	36.53
4	8	9.032	39.032	8	9.03	39.03
6	18	12.552	42.552	18	12.55	42.55
7	24.5	13.8916	43.8916	24.5	13.89	43.89
8	32	15.0515	45.0515	32	15.05	45.05

Triangular

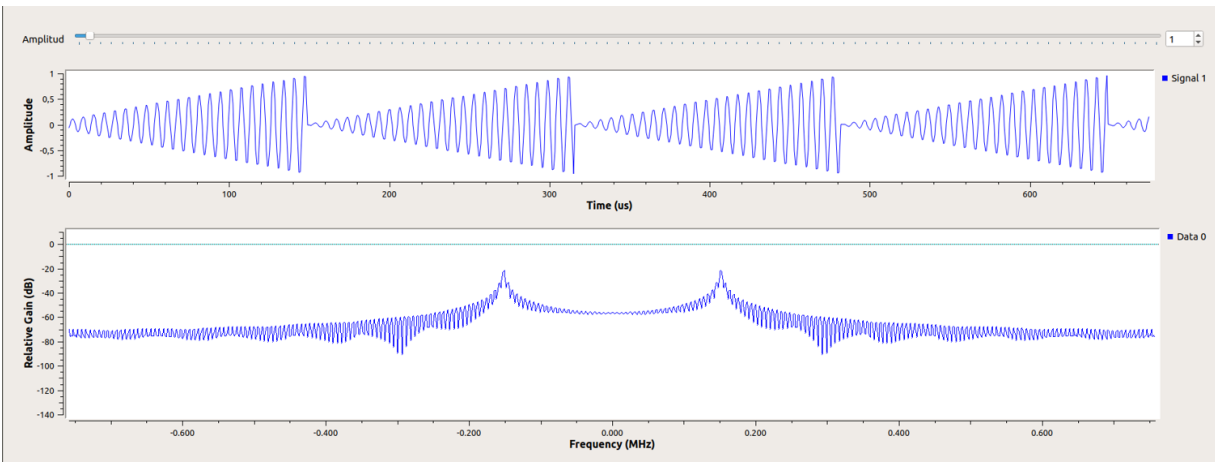
Amplitud	Potencia Lineal [W]	Potencia Logarítmica [dBw]	Potencia Logarítmica [dBm]	Potencia Lineal (analítica)	Potencia Logarítmica (analítica)	Potencia Logarítmica (analítica)
----------	---------------------	----------------------------	----------------------------	-----------------------------	----------------------------------	----------------------------------

					[dBw]	[dBm]
3	3.005	4.7796	34.7796	3.0	4.77	34.77
4	5.3937	7.2784	37.278	5.3937	7.27	37.27
6	18	12.552	40.800	18	12.5	40.80

Rectangular

Amplitud	Potencia Lineal [W]	Potencia Logarítmica [dBw]	Potencia Logarítmica [dBm]	Potencia Lineal (analítica) [W]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBw]	Potencia Logarítmica (analítica) [dBm]
3	4.4999	6.5321	36.5321	4.5	6.53	36.53
4	7.9999	9.0308	39.030	8	9.03	39.03
6	17.99916	12.552706	42.552708	18	12.5	42.55

Para calcular la potencia del producto de estas dos señales, se realiza la suma de las potencias de ambas, debido a que el análisis se desarrolla en el tiempo, a lo cual nos da la siguiente grafica como resultado.



### DESARROLLO DEL OBJETIVO 3. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 3.

A continuación, veremos las evidencias tomadas durante el desarrollo de la practica que corresponden al análisis de la señal modulada a una envolvente, hay que tener en cuenta para la

toma de datos, que debido a que la envolvente es una función positiva, solo nos interesa los valores positivos observados en la gráfica.

También para observar de manera más detallada el cálculo de la frecuencia, se realizó un análisis usando el analizador de espectros.

En esta etapa de la practica fue empleada la modulación de señal, proceso en el cual son usadas dos señales, la primera es  $m(t)$  la cual es el mensaje, y la señal portadora, la cual es manipulada dependiendo de las características que se quieran obtener para ser estudiadas, también es útil para evitar la pérdida de información que se puede dar en el medio de transmisión, para el procedimiento usamos la definición de la señal modulada, la cual se representa mediante la siguiente ecuación:

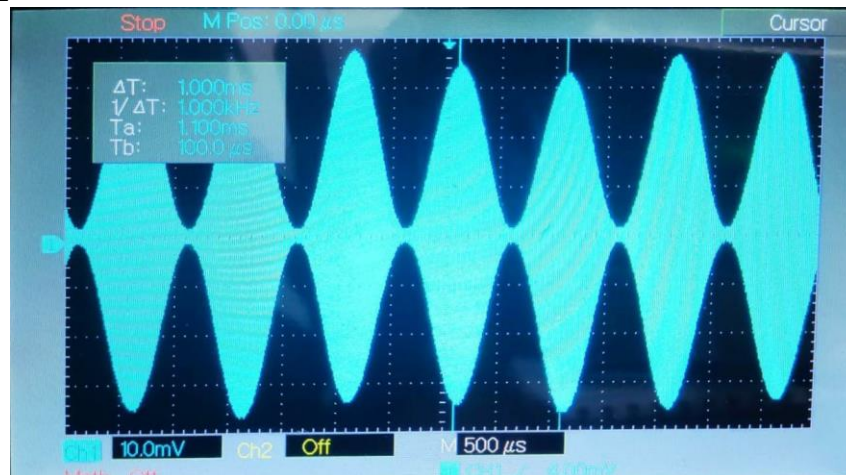
$$s(t) = A_c[1 + K_a m(t)]\cos(w_c t)$$

En la cual  $A_c$  es la amplitud de la portadora

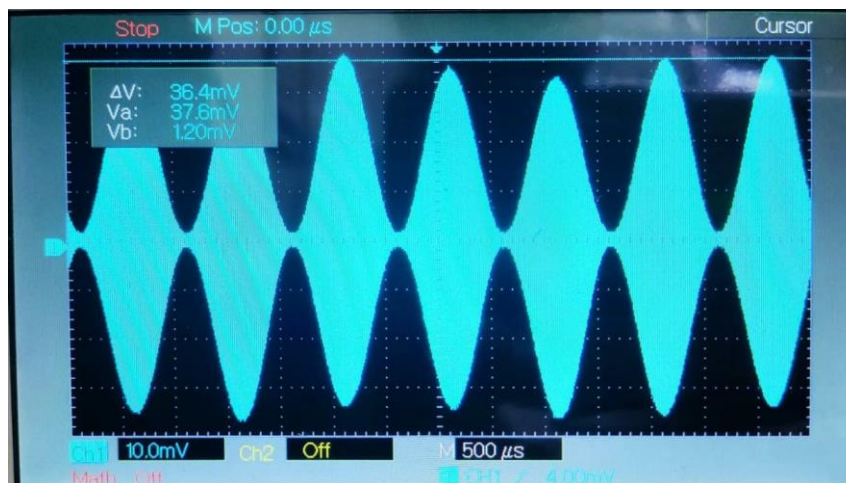
$k_a$  representa la sensibilidad de la amplitud de una señal modulada

Y  $K_a m(t)$  se le llama al índice de modulación, el cual, vamos a ir variando.

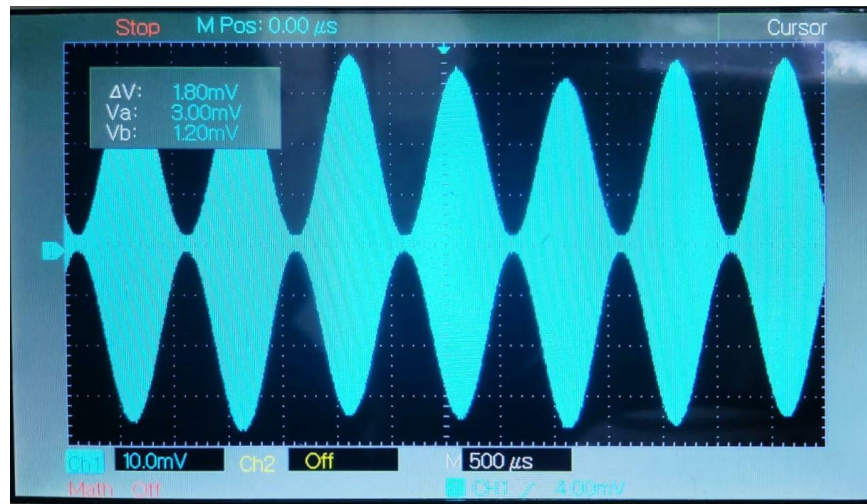
**Para  $K_a A_m = 1$**



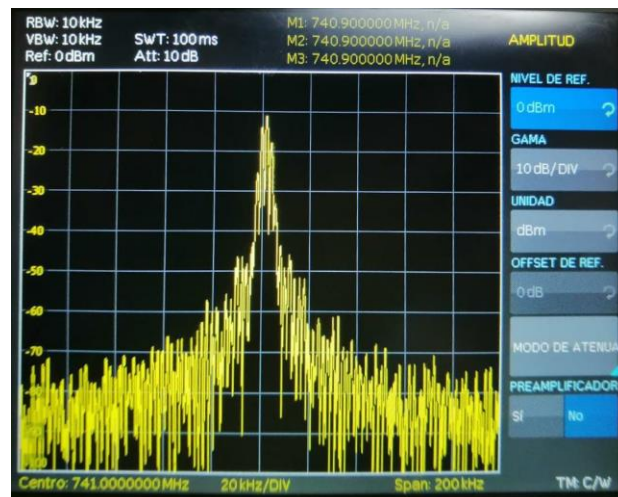
Ancho de banda [KHz]



$A_c[1+K_a A_m]$  [dB]



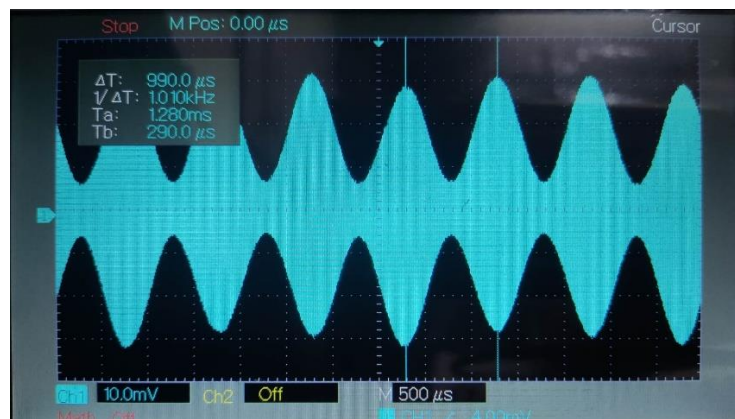
$A_c[1-KaA_m]$  [dB]



Análisis en frecuencia

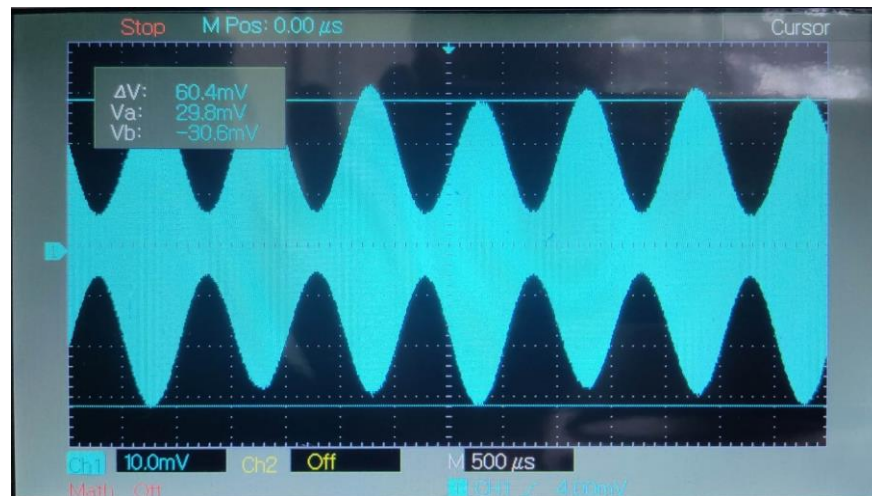
Analizando la respuesta espectral de potencia para una señal que se encuentra no sobremodulada, vemos que la potencia se distribuye en las bandas laterales y este presenta un ancho de banda reducido.

**Para  $KaA_m < 1$**

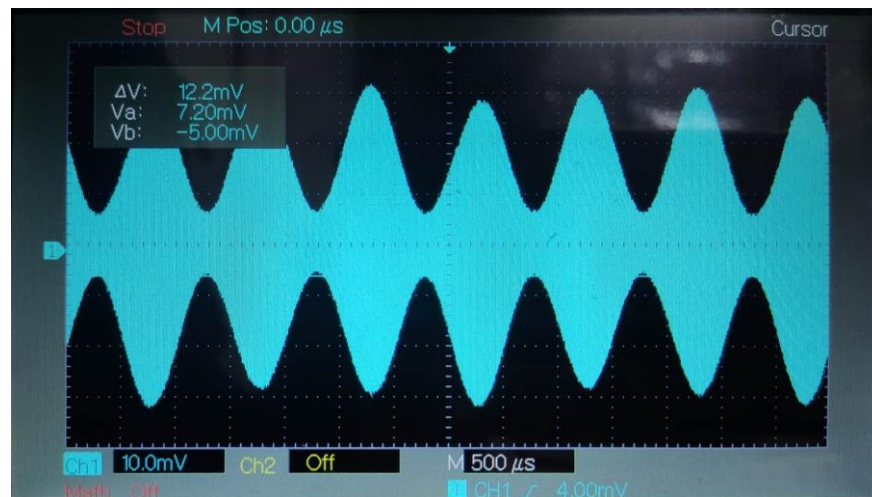




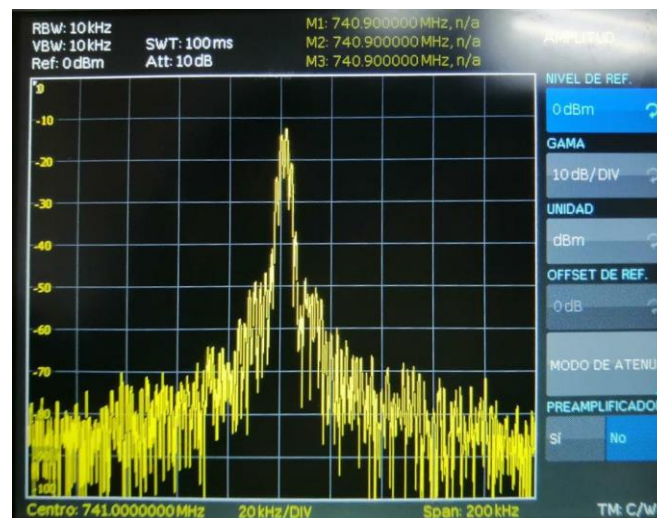
Ancho de banda [KHz]



Ac[1+KaAm] [dB]

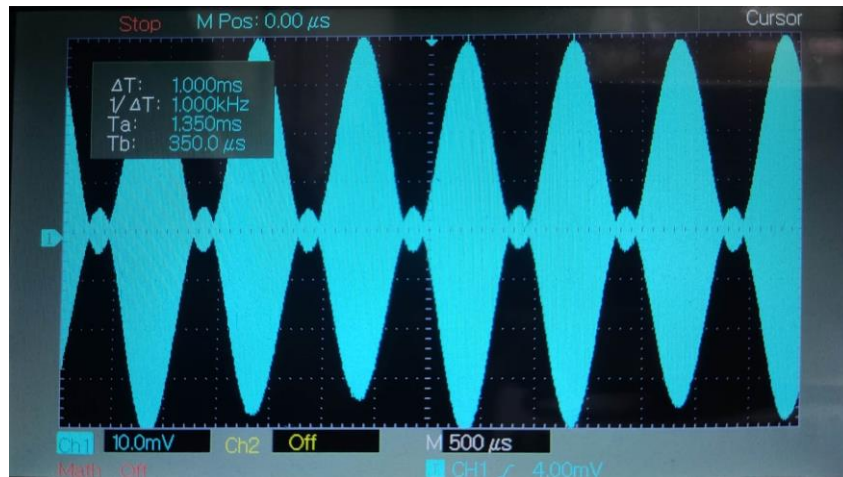


Ac[1-KaAm] [dB]

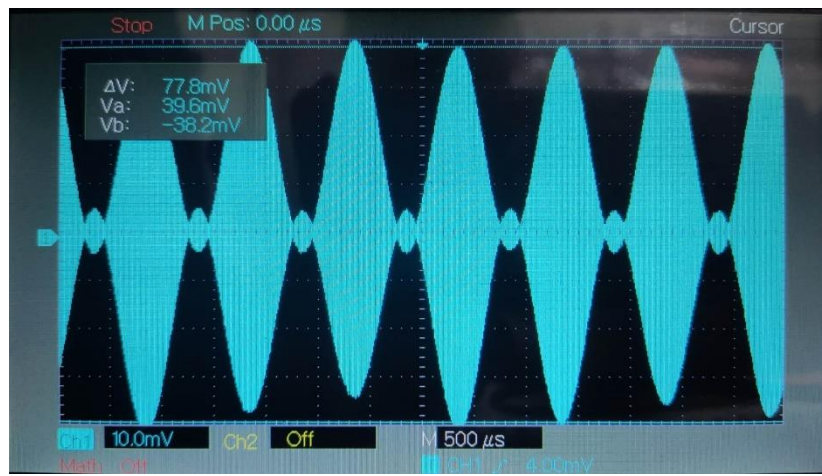


## Análisis en frecuencia

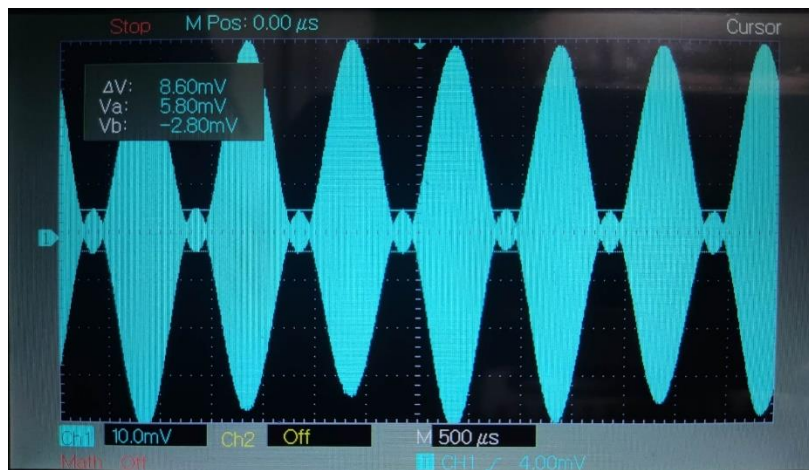
Para  $KaAm > 1$



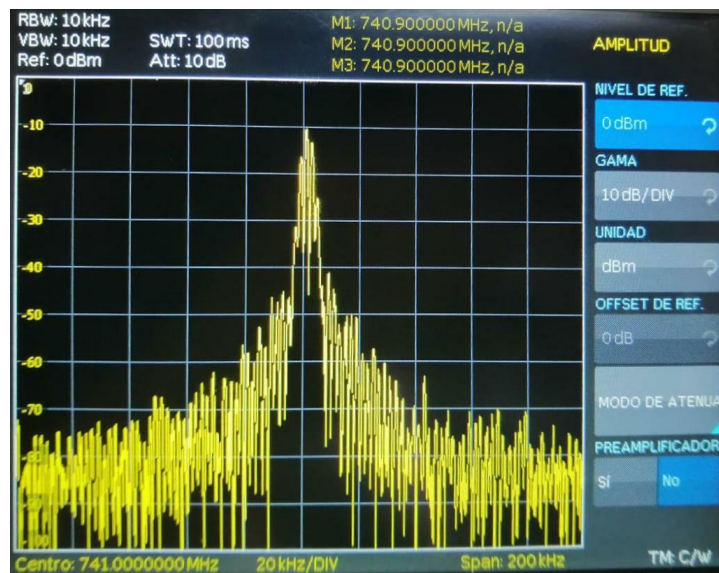
Ancho de banda [KHz]



$Ac[1+KaAm]$  [dB]



$Ac[1-KaAm]$  [dB]



### Análisis en frecuencia

Podemos observar que la densidad espectral de potencia comienza a distribuirse a lo largo del espectro de frecuencia, generando así un aumento en el ancho de banda, esto sucede cuando la señal se encuentra en sobremodulación.

KaAm	FM ancho de banda	$Ac[1+KaAm][W]$	$Ac[1-KaAm]$
KaAm>1 1,200	1KHz	-28.20 dB	-47.30 dB
KaAm<1 0,7	1KHz	-30.39 dB	-44.29 dB
KaAm=1	1KHz	-28.77 dB	-54.89 dB

Tabla, potencia de la señal medida calculada en dB

## Conclusiones

Se logro desarrollar un análisis teórico y practico del comportamiento de la potencia de una señal modulada mediante un osciloscopio y el software de GNU radio, durante la practica pudimos verificar la relación de la potencia con la constante  $K_{aAm}$  y como esta afecta la forma de la señal modulada.

Al manipular el índice que modulación, se observo que este permite controlar la modulación o sobremodulación de la onda portadora, lo que nos permitió ver algunas características importantes en estas señales, un detalle importante en la señal con sobremodulación es que genera inversiones de la señal portadora al cruzar por cero, donde se evidencia un cambio de fase de  $s(t)$ , cuando el mensaje o la señal  $m(t)$ , pasa por cero, esto se rectificó utilizando el osciloscopio, en donde se observa una distorsión en la envolvente.

Con la practica pudimos concluir que la modulación puede ser empleada para ciertos parámetros de la señal como la amplitud, en la cual la portadora varia de acuerdo con la información y a su vez, varia la potencia de la señal.