

# **PRÁCTICA 3 grupo D1B**

## **Bloques jerárquicos y modulaciones lineales en GNURADIO**

**Autores**

Kevin Javier Sandoval Sandoval-2182324

Eduardo Caballero Barajas - 2182339

**Grupo de laboratorio:**

D1B

**Subgrupo de clase**

**Grupo 3**

## 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.

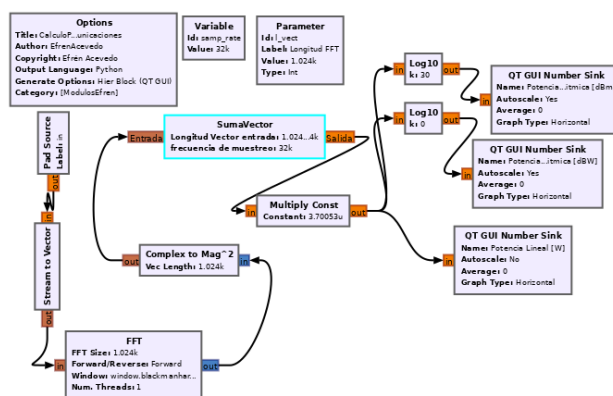
## ENLACES DE INTERÉS

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

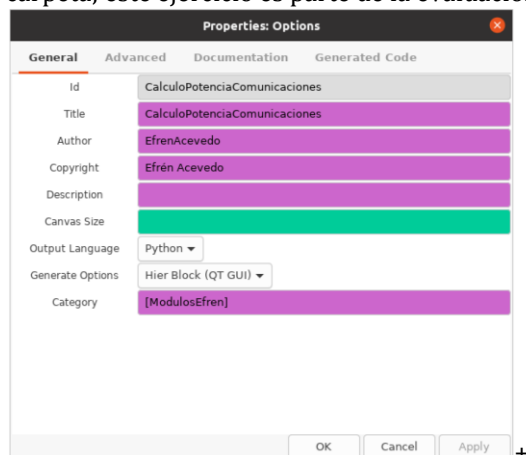
Atenuación en telecomunicaciones [Clic aquí](#)

## LABORATORIO

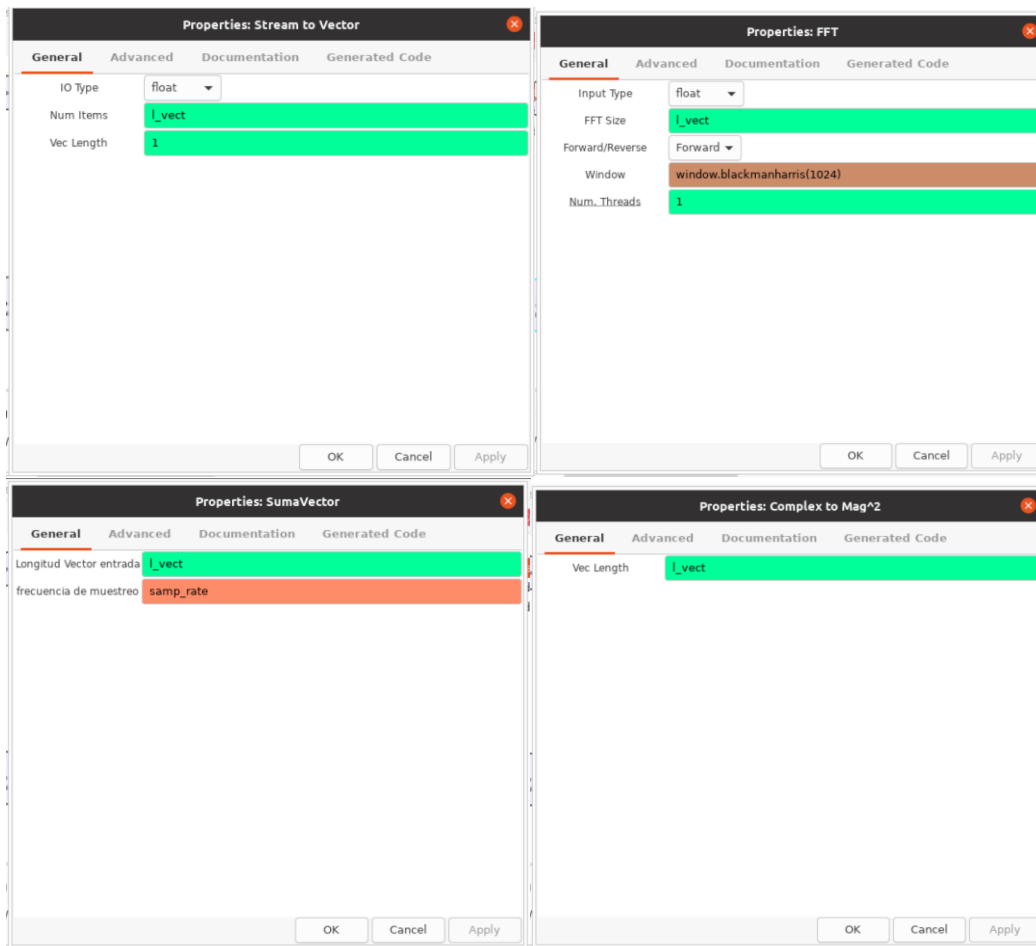
1. Considere la creación del siguiente diagrama de bloques para la construcción de un bloque jerárquico:



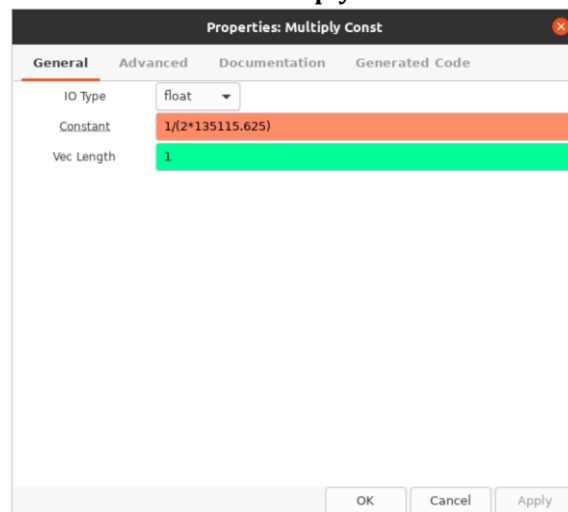
- a. Personalice el bloque Options, Nota: el campo **“Category”** debe poner el nombre de **[Modulos\_D1BGX]** donde GX es el subgrupo de clase o el (a partir de la fecha, todos los módulos deben guardarse en la misma carpeta; este ejercicio es parte de la evaluación del laboratorio) ver ejemplo:



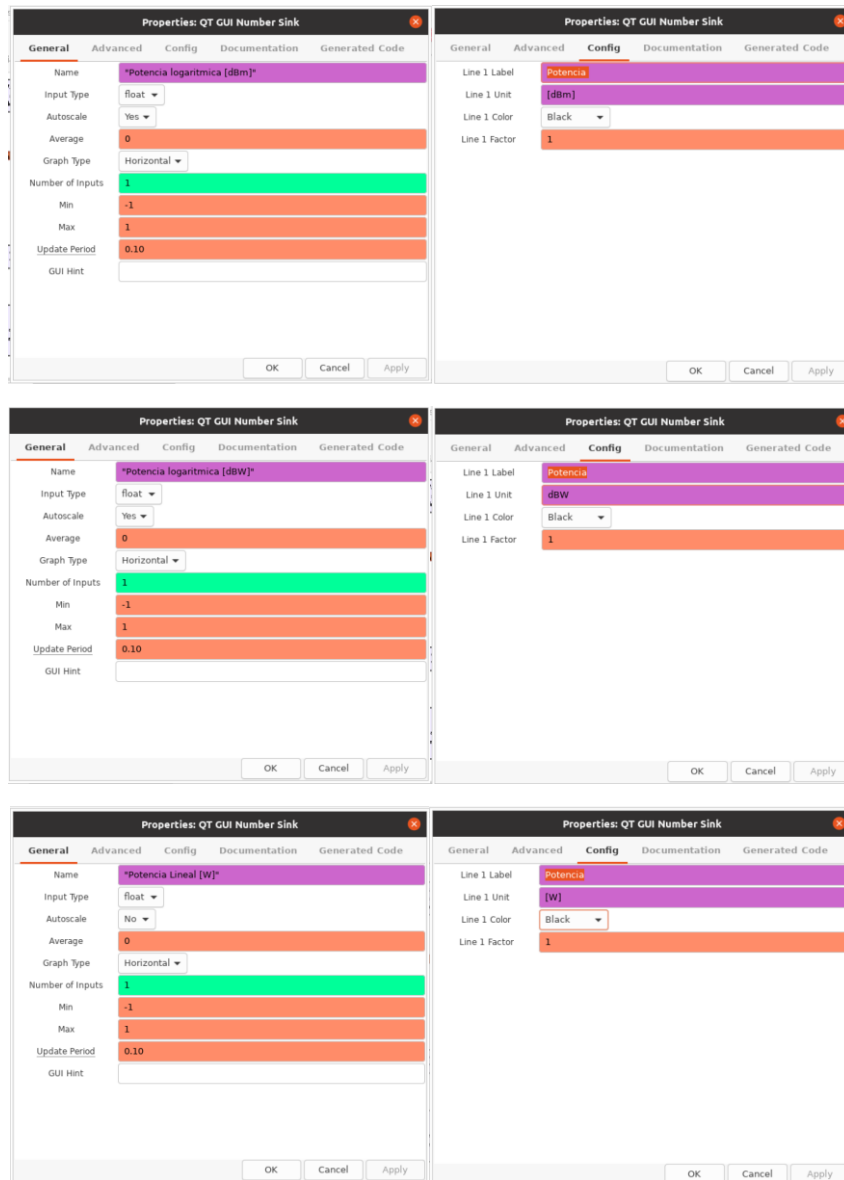
- b. Agregue la variable **l\_vect** creada con el bloque **Parameter**, ver el siguiente ejemplo:



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



- d. Ajuste los valores de los bloques “QT GUI Number Sink” para cada una 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.
  - 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.



- 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.

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

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

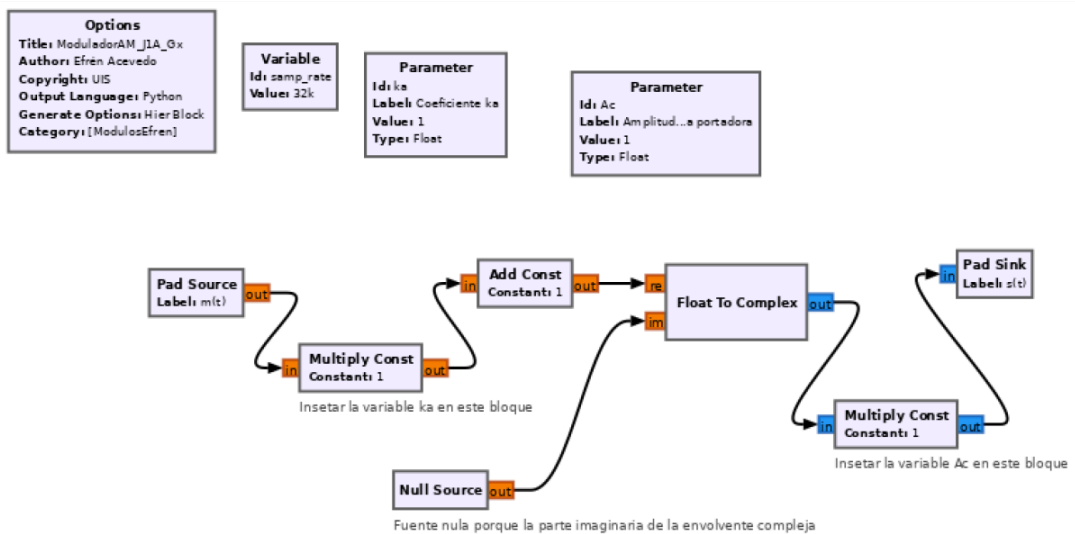
- forma rectangular de  $g(t)$

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

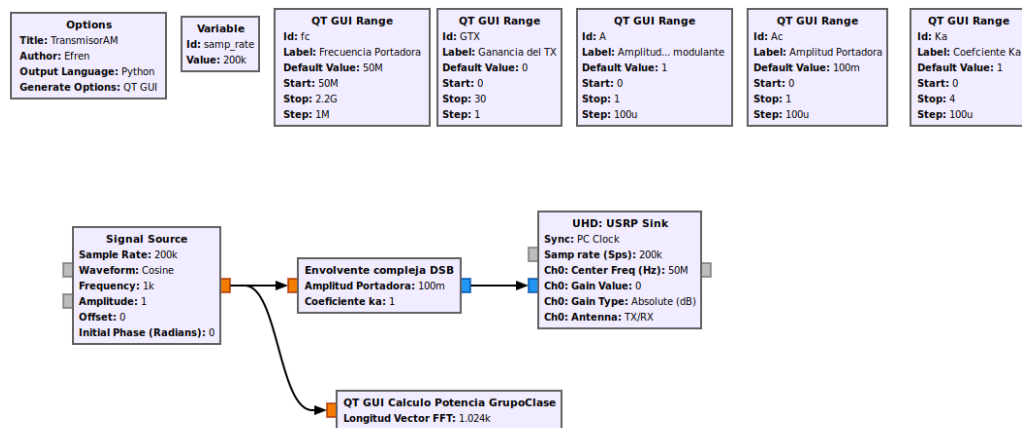
- forma polar de  $g(t)$

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

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 campo “Category” debe poner el nombre de [Modulos\_D1BGX].



- 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).
- a. 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.

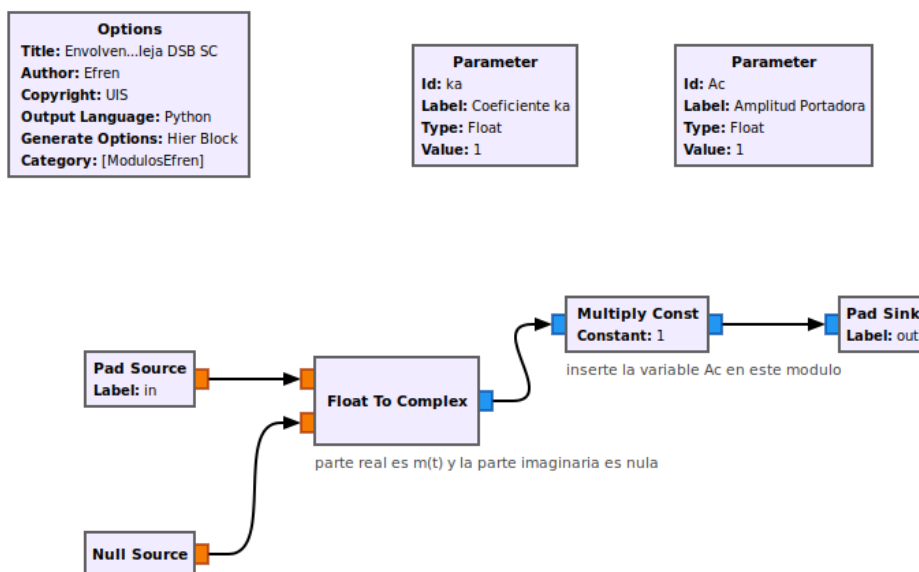


b. Cree la envolvente compleja para los siguientes modulaciones lineales:

Nombre	$x(t)$	$y(t)$	$R(t)$	$s(t)$	Potencia
Modulador AM DSB	$Ac[1 + ka.m(t)]$	0	$Ac[1 + ka.m(t)]$	$Ac[1 + ka.m(t)]\cos(2\pi f_c t)$	$\frac{Ac^2}{2}[1 + ka.P_{m(t)}]$
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	$m_1(t)$	$m_2(t)$	$\sqrt{m_1^2(t) + m_2^2(t)}$	$[m_1(t)]\cos(2\pi f_c t) + [m_2(t)]\sin(2\pi f_c t)$	$\frac{P_{m_1(t)}}{2} + \frac{P_{m_2(t)}}{2}$

- b. 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). Describa las características de las señales observadas en cada uno de los equipos.

*Así se implementa la Envolvente compleja modulador AM portadora suprimida.*

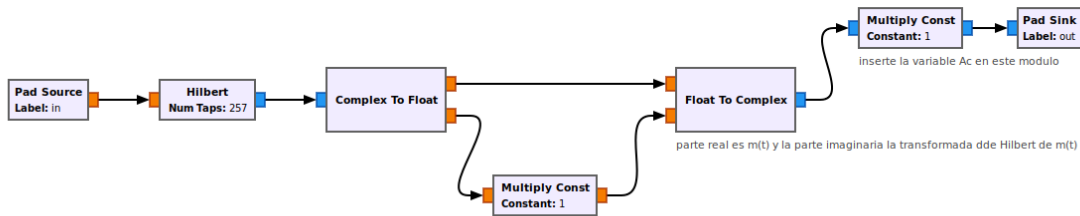


*Así se implementa la envolvente compleja modulador AM Banda lateral Única SSB.*

**Options**  
**Title:** Envolver...leja DSB SC  
**Author:** Efren  
**Copyright:** UIS  
**Output Language:** Python  
**Generate Options:** Hier Block  
**Category:** [ModulosEfren]

**Parameter**  
**Id:** K  
**Label:** USSB = 1; LSSB = -1  
**Type:** Float  
**Value:** 1

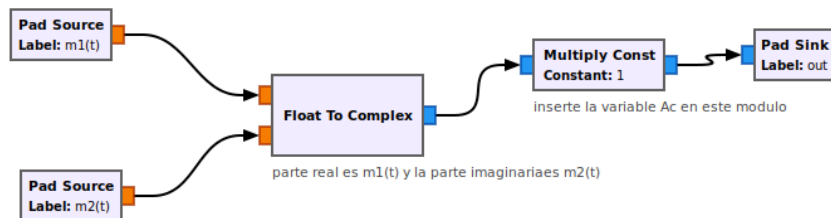
**Parameter**  
**Id:** Ac  
**Label:** Amplitud Portadora  
**Type:** Float  
**Value:** 1



*Así se implementa la envolvente compleja modulador en cuadratura QAM.*

**Options**  
**Title:** Envolver...leja DSB SC  
**Author:** Efren  
**Copyright:** UIS  
**Output Language:** Python  
**Generate Options:** Hier Block  
**Category:** [ModulosEfren]

**Parameter**  
**Id:** Ac  
**Label:** Amplitud Portadora  
**Type:** Float  
**Value:** 1





## INFORME DE RESULTADOS

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

En primera instancia se creó el módulo para el cálculo de potencia.

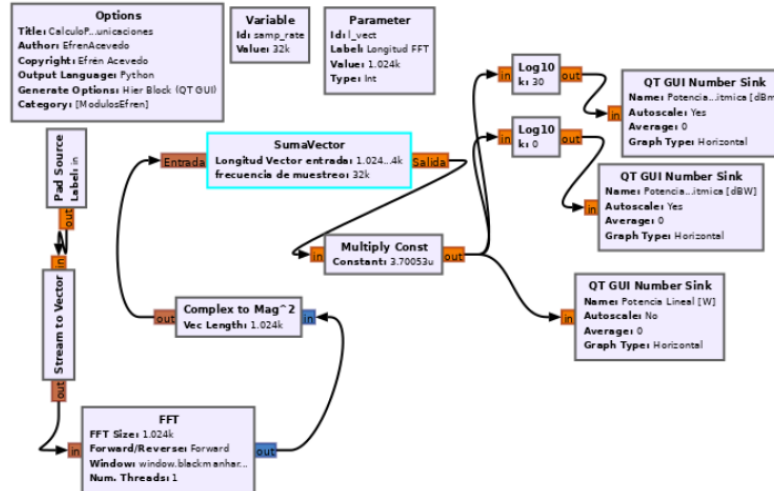


Fig. 1: Diagrama para la construcción de un bloque jerárquico.

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

Para esta práctica demostramos el funcionamiento del bloque para el cálculo de potencia, mediante el uso de diferentes señales, así mismo se varió el valor de la amplitud con el fin de corroborar la potencia con diferentes valores. Seguidamente realizamos los cálculos analíticos con el fin de ratificar los valores obtenidos experimentalmente.

Usando una señal SENO:

Cálculos experimentales:

Amplitud	Potencia lineal[W]	Potencia logarítmica [dBW]	Potencia logarítmica [dBm]
5	12.5	10.9	40.95
10	50	17.2	47.2
15	112.5	20.53	50.53

20	200	23	53.08
30	450	26.5	56.5

Cálculos analíticos:

Amplitud	Potencia lineal[W]	Potencia logarítmica [dBW]	Potencia logarítmica [dBm]
5	12.5	10.97	40.97
10	50	17	47
15	112.5	20.51	50.51
20	200	23.01	53.01
30	450	26.53	56.53

Usando una señal TRIANGULAR

Cálculos experimentales:

Amplitud	Potencia lineal[W]	Potencia logarítmica [dBW]	Potencia logarítmica [dBm]
5	8.34	9.2	39.2
10	33.39	15.28	45.28
15	75.14	18.71	48.71
20	133.59	21.22	51.22
30	300.58	24.79	54.79

Cálculos analíticos:

Amplitud	Potencia lineal[W]	Potencia logarítmica [dBW]	Potencia logarítmica [dBm]
5	8.3	9.21	39.21
10	33.41	15.23	45.23
15	75.1	18.75	48.76
20	133.61	21.25	51.25
30	300.6	24.77	54.77

Usando una señal CUADRADA

Cálculos experimentales:

Amplitud	Potencia lineal[W]	Potencia logarítmica [dBW]	Potencia logarítmica [dBm]
----------	--------------------	-------------------------------	-------------------------------

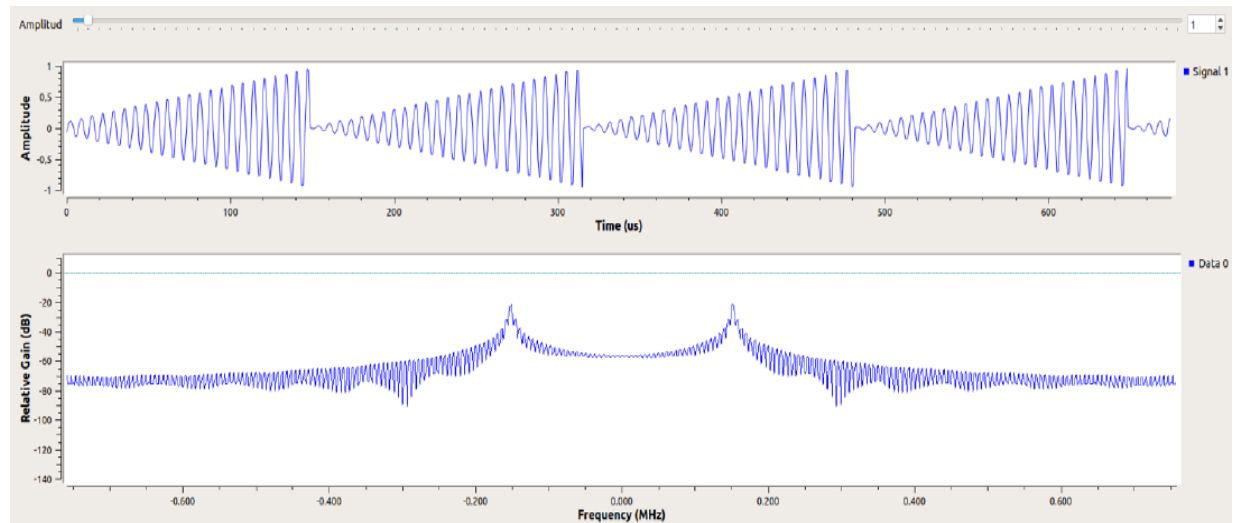
5	12.5	10.96	40.96
10	50	16.98	46.98
15	112.5	20.51	50.51
20	200	23.01	53.01
30	450	26.53	56.53

Cálculos analíticos:

Amplitud	Potencia lineal[W]	Potencia logarítmica [dBW]	Potencia logarítmica [dBm]
5	12.5	10.93	40.93
10	50	16.95	46.95
15	112.5	20.54	50.51
20	200	23	53
30	450	26.55	56.55

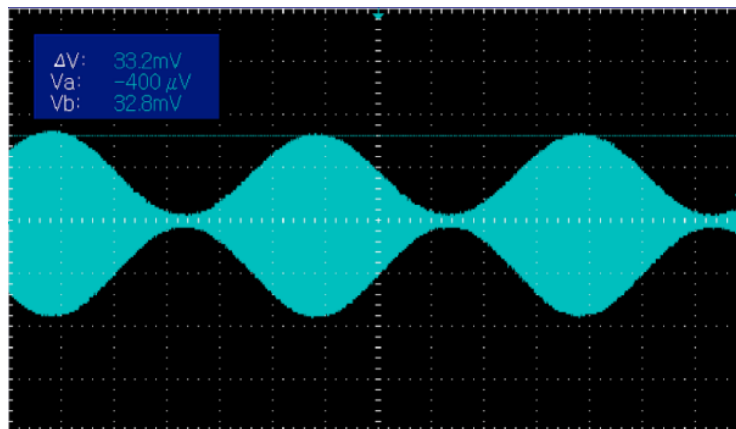
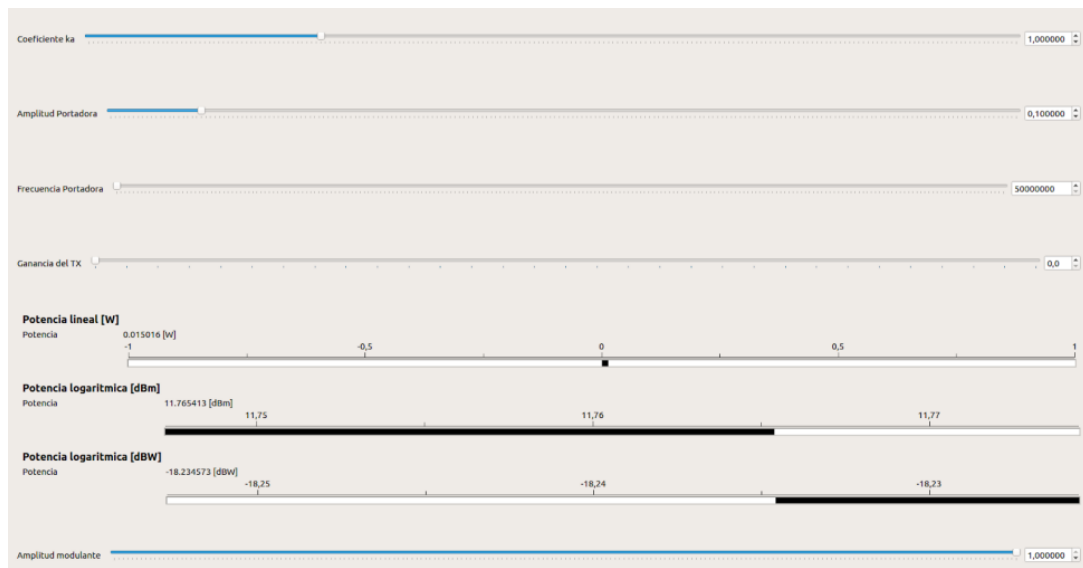
Para realizar el cálculo de las potencias del producto de estas dos señales, se realiza la suma de las potencias de ambas, puesto que el análisis se hace en el tiempo.

Teniendo en cuenta esto, obtenemos el siguiente resultado:



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

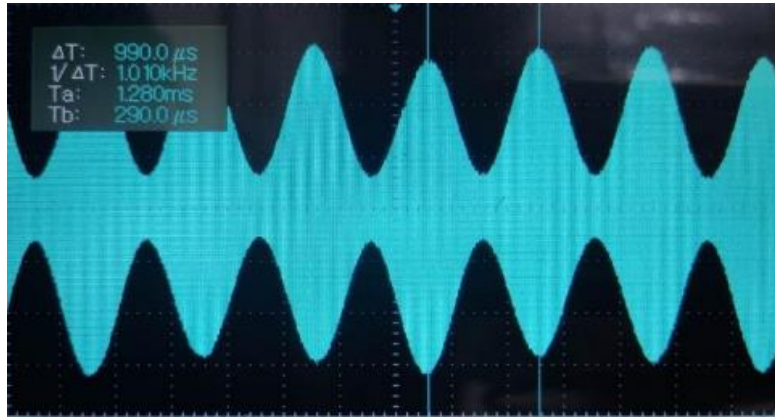
Para  $k_a * A_m = 1$



$$P_s = \frac{A_c^2}{2} \left[ 1 + k_a^2 * \frac{A_c^2}{2} \right]$$

$$P_s = 5.025 \text{ mW}$$

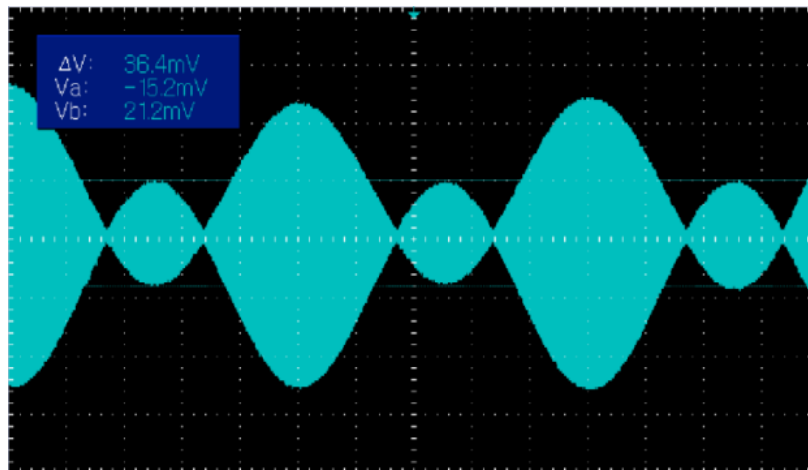
Para  $k_a * A_m < 1$



$$P_s = \frac{A_c^2}{2} \left[ 1 + k_a^2 * \frac{A_c^2}{2} \right]$$

$$P_s = 8.71 \text{ mW}$$

Para  $k_a * A_m > 1$



$$P_g(t) = A_c^2 + \frac{(A_c k_a A_m)^2}{2}$$

$$P_s = \frac{A_c^2}{2} \left[ 1 + k_a^2 * \frac{A_c^2}{2} \right]$$

$$P_s = 86.29 \text{ mW}$$

### **Conclusiones**

- Se logro desarrollar un análisis teórico y práctico del comportamiento de la potencia de una señal modulada mediante un osciloscopio y el software de GNU radio.
- Al realizar variaciones en el valor de  $K_a$ , fue evidente relación directa con la variación de los armónicos para la potencia de la señal representada en el osciloscopio, logrando observar si la señal tenia, o no, sobremodulacion.