

Modulación Digital con SDR

Creación Colectiva
IPA2020

Riaño Walter, Barragan Wilmar, Montana Camilo, Giraldo Martin, Alfonso Andres, Hellcenk Murillo,
Cifuentes Jorge, Lizcano Gonzalo, Marín Laura, Torres Omar, Guayara Camila, Firigua Lorena

Tutor
Rodríguez Mújica Leonardo

Facultad de Ingeniería
Universidad de Cundinamarca

2020



Contenidos generales

LABORATORIOS MODULACIONES DIGITALES

BIBLIOGRAFÍA



LABORATORIOS MODULACIONES DIGITALES

Parte IV - Tabla de contenidos

Lab16: Modulación ASK, FSK, PSK en GRC	5
Lab17: BPSK	27
Lab18: Esquema de la Modulación y Demodulación DPSK en GNU Radio34	
Lab19: Modulación QPSK - Transmision y recepcion	46
Lab20: Modulacion digital QAM	54
Lab21: Filter taps	63
Lab22: Python block	73
Lab23: BER	80
Lab24: Constelación y FFT, Modulación BPSK	96
Lab25: Generador Aleatorio de PDU	107

Lab16

Modulación ASK FSK, PSK en GRC

Modulación ASK en GRC

- En esta práctica se hace uso de la Modulación por desplazamiento de amplitud (ASK) este es un esquema de modulación digital en el que la amplitud de la onda portadora se cambia con respecto a la señal de información, manteniendo la fase y la frecuencia de constantes. Para el presente laboratorio, se utilizó BASK, el cual tiene el mismo comportamiento, pero utilizando bits. Donde su comportamiento es descrito por la siguiente ecuación:

$$S(t) = Am(t)\cos(\omega t)$$

- El diagrama de bloques en GRC consiste en la multiplicación de una señal de información con una portadora, que corresponde a una señal coseno de diez veces la frecuencia de la información. La frecuencia de muestreo debe ser mayor que el doble de la frecuencia máxima de la señal de datos.

Modulación ASK en GRC

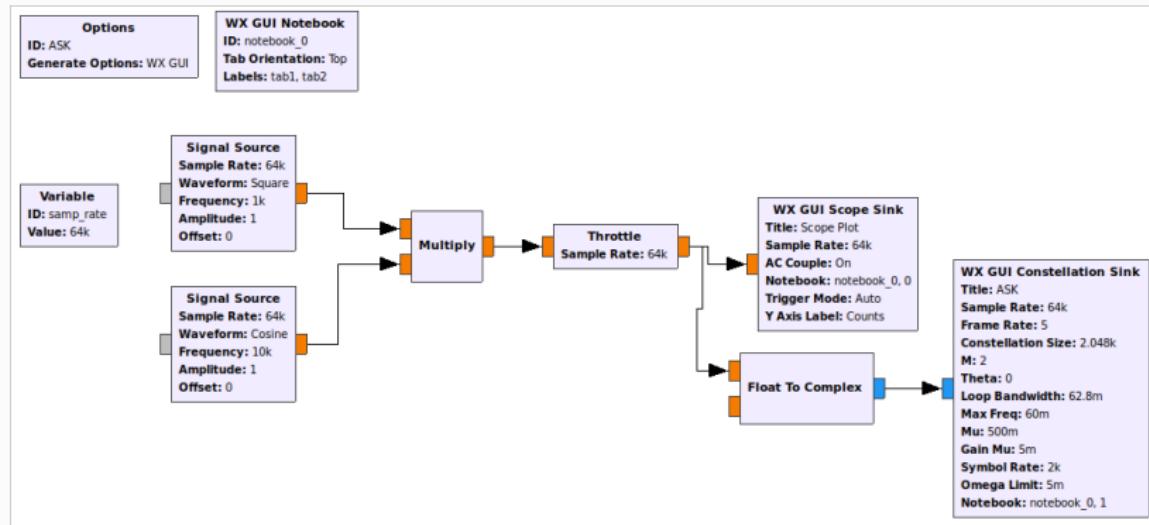
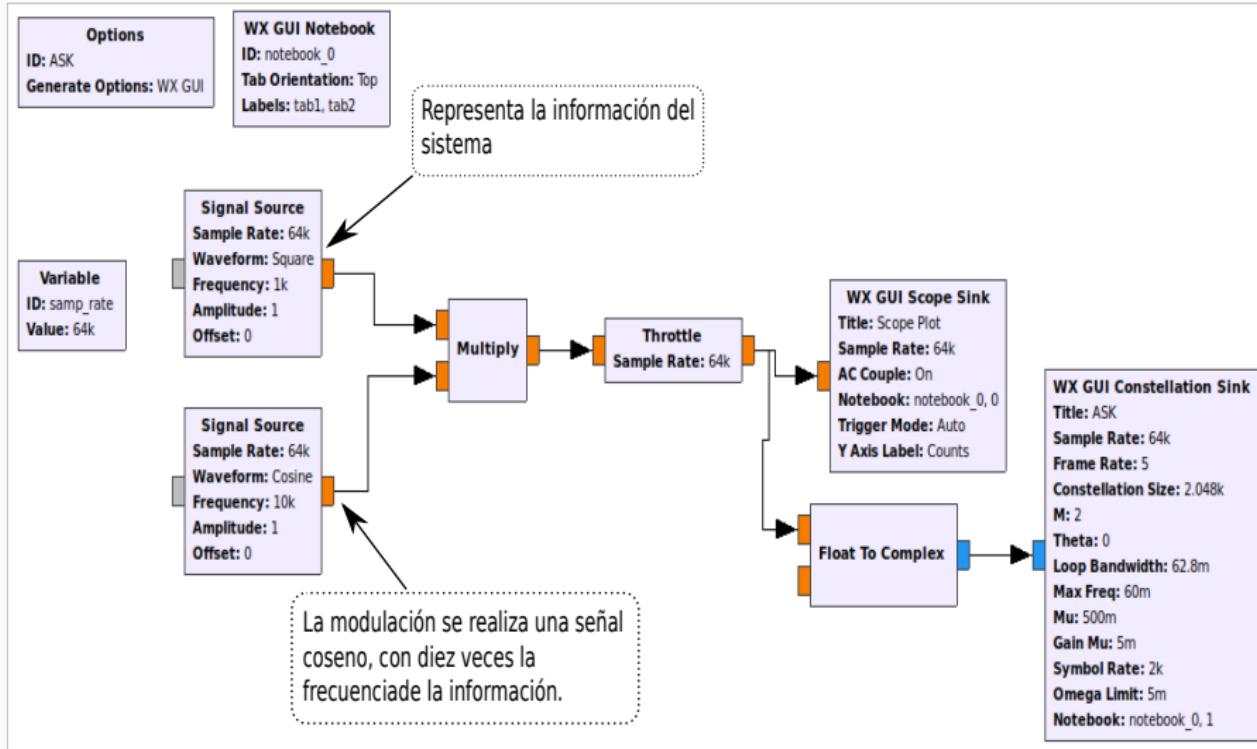
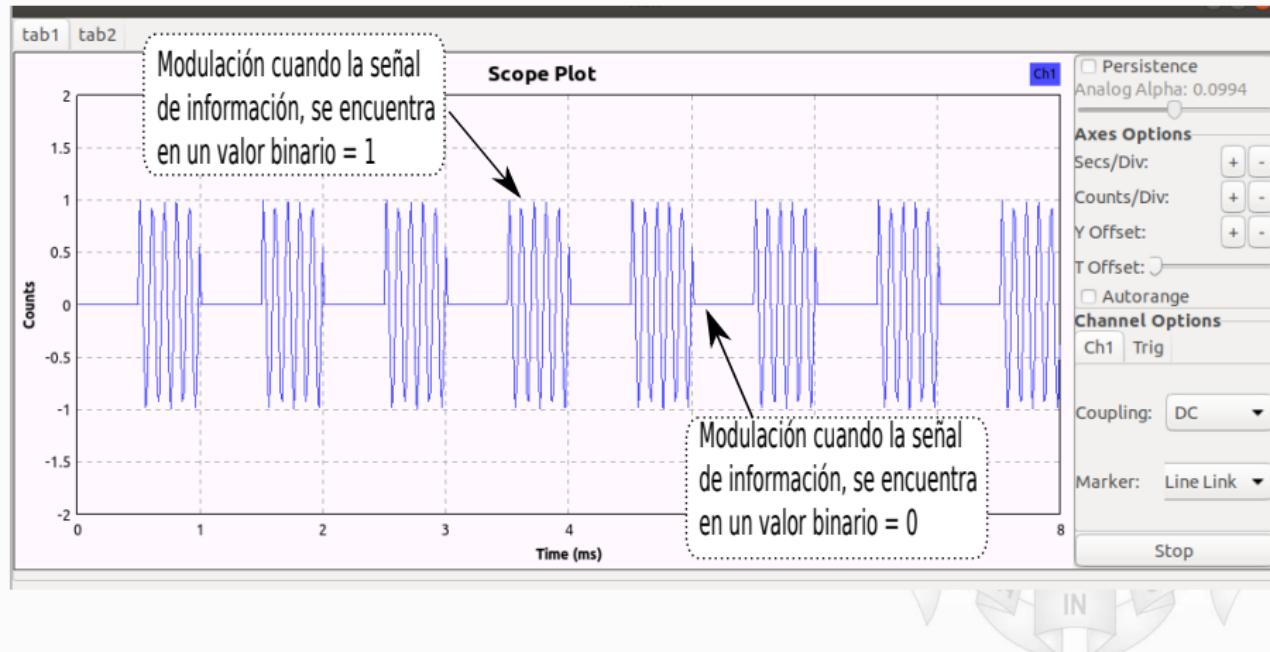


Diagrama de bloques en GNU Radio, para generar una modulación ASK entre dos señales.

Modulación ASK en GRC

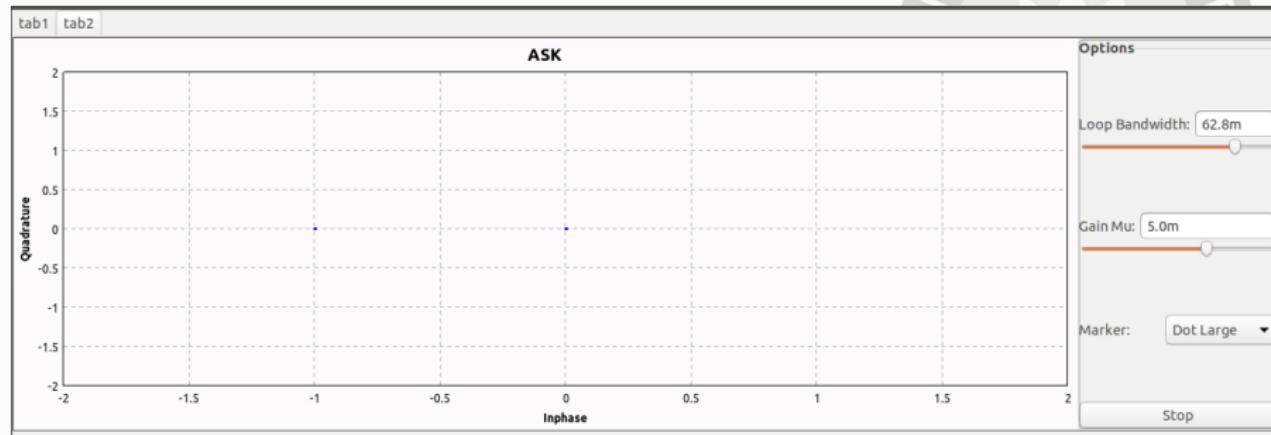


Modulación ASK en GRC



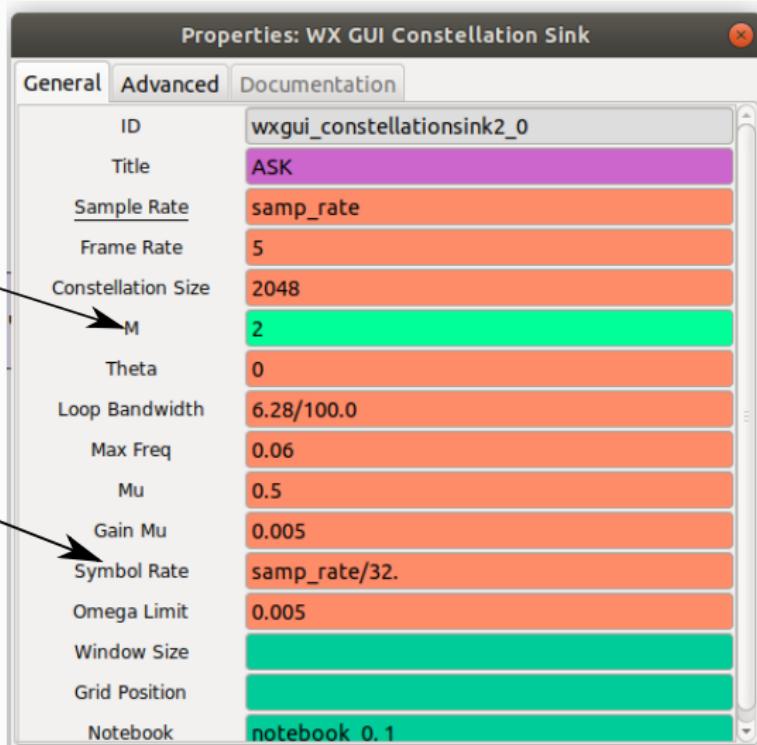
Modulación ASK en GRC

Conectamos el wx GUI constellation Sink a la modulación ASK obtendremos la siguiente grafica



Modulación ASK en GRC

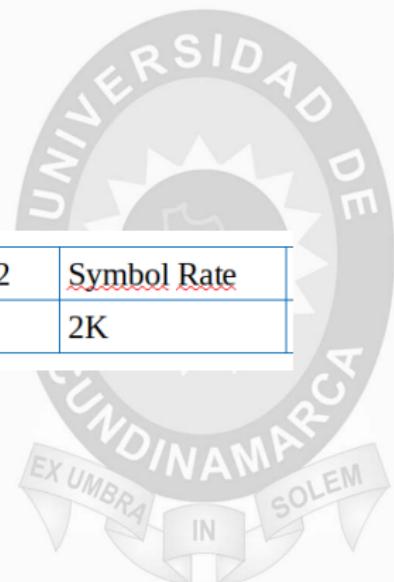
Modificamos la caja del bloque de constelaciones de la siguiente manera



Modulación ASK en GRC

Datos a utilizar para la realización de dicha simulación

Modulación	Sample Rate	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Symbol Rate
ASK	64KHz	1KHz	10Khz	2K



Modulación FSK en GRC

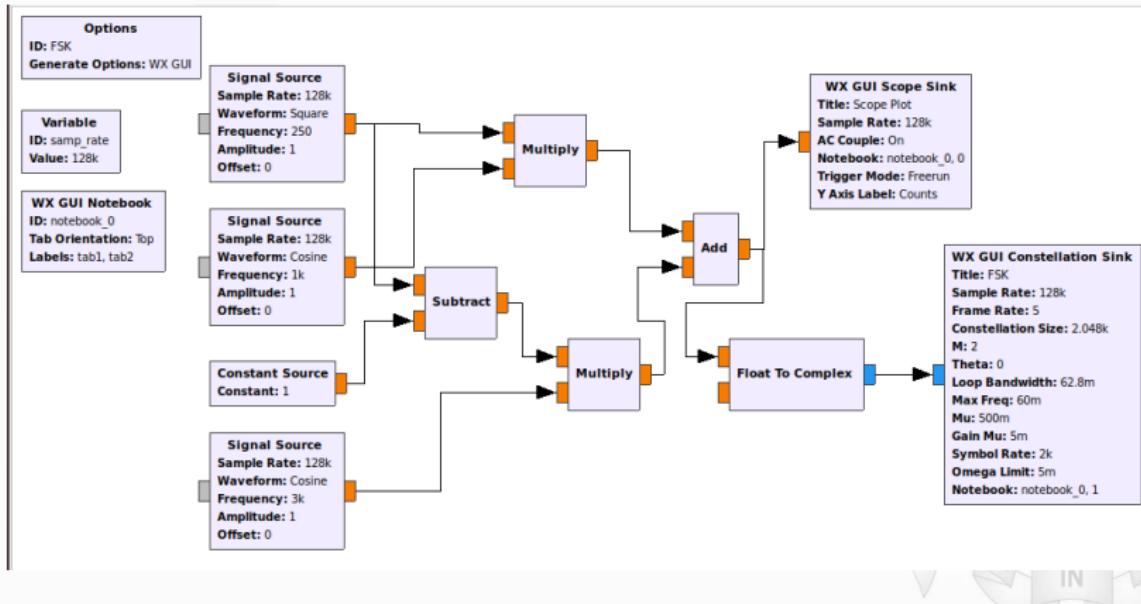
- La Modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) es una técnica de modulación digital, utilizada para la transmisión de datos. Para BFSK que corresponde al mismo proceso, pero con datos binarios, se utilizan dos frecuencias diferentes para transmitir dos señales, es decir 0 y 1. como se puede ver a continuación:

$$S_1(t) = A \cos(\omega_1 t)$$

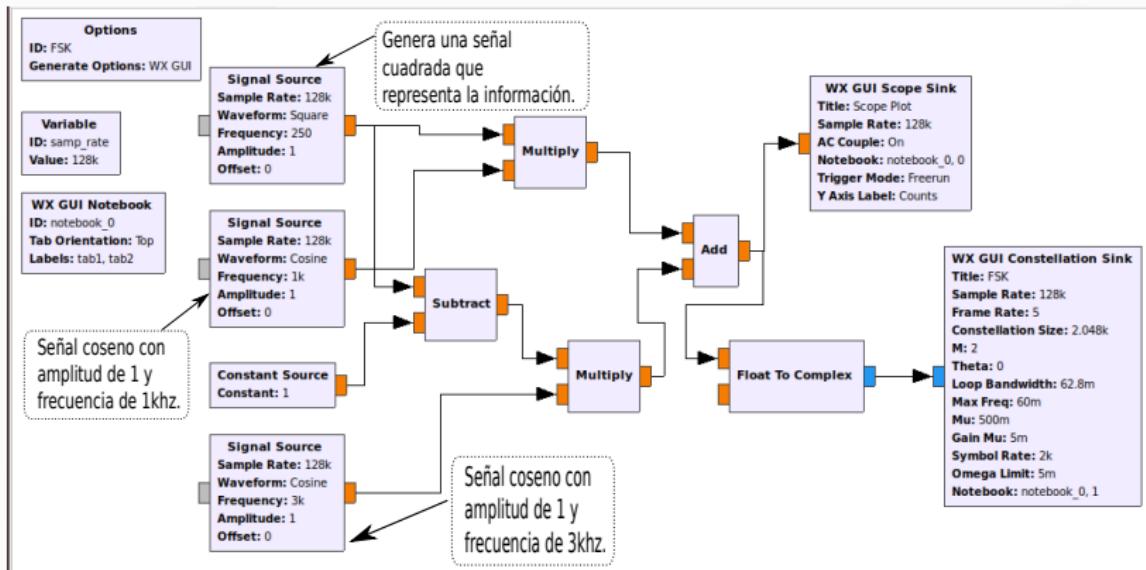
$$S_2(t) = A \cos(\omega_2 t)$$

- El diagrama de bloques en GRC se utilizaron dos señales coseno como portadora de amplitud 1, y frecuencias de 250hz y 3Khz. La señal 1 es representada por una onda cuadrada, y la señal 0 es obtenida restándole 1 a la señal cuadrada. Posteriormente se multiplican las señales 0 y 1 con las portadoras y luego se suman obteniendo la modulación FSK.

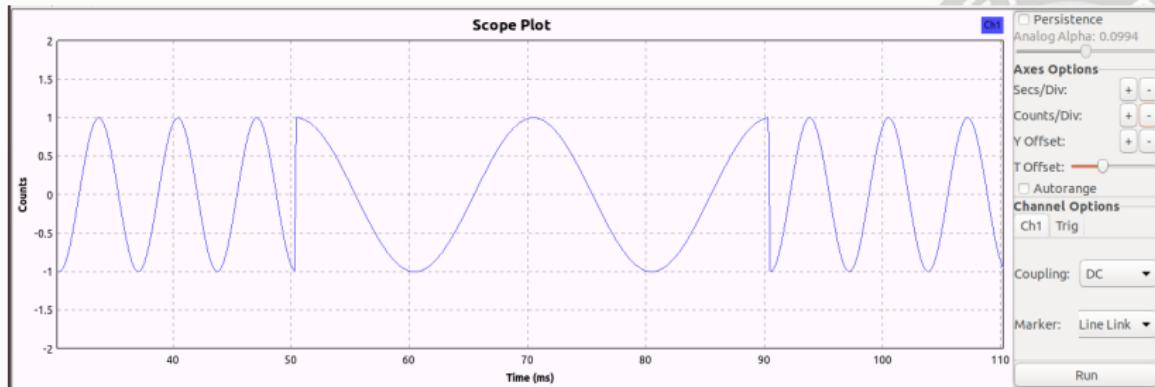
Modulación FSK en GRC



Modulación FSK en GRC

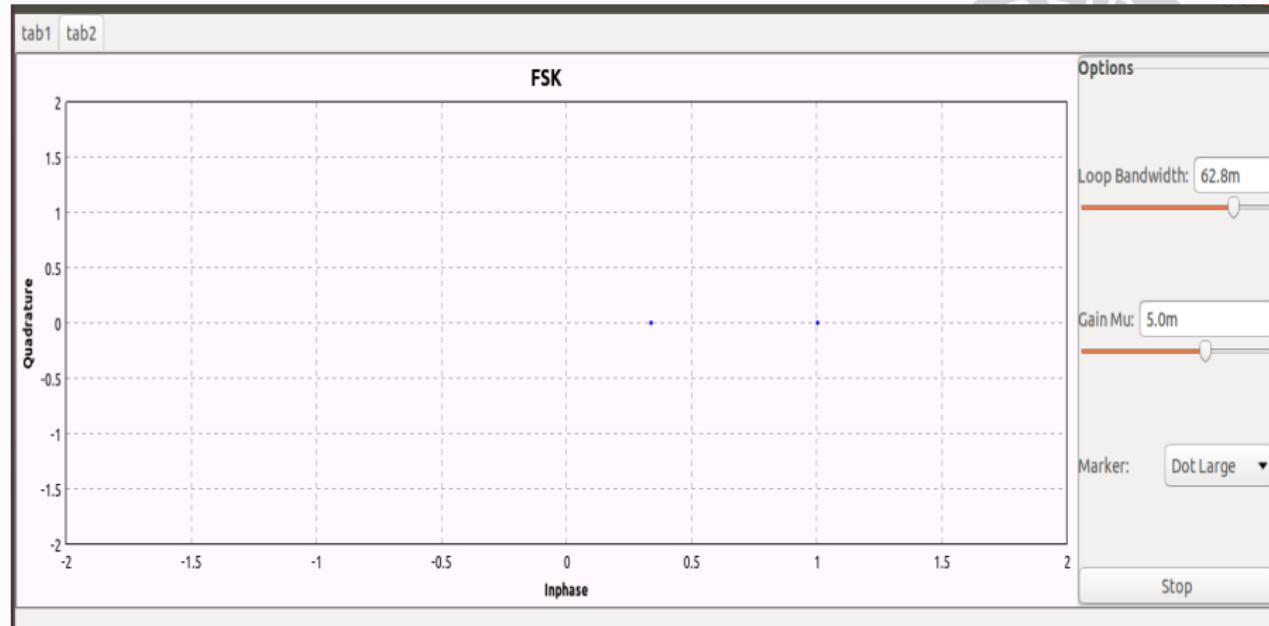


Modulación FSK en GRC



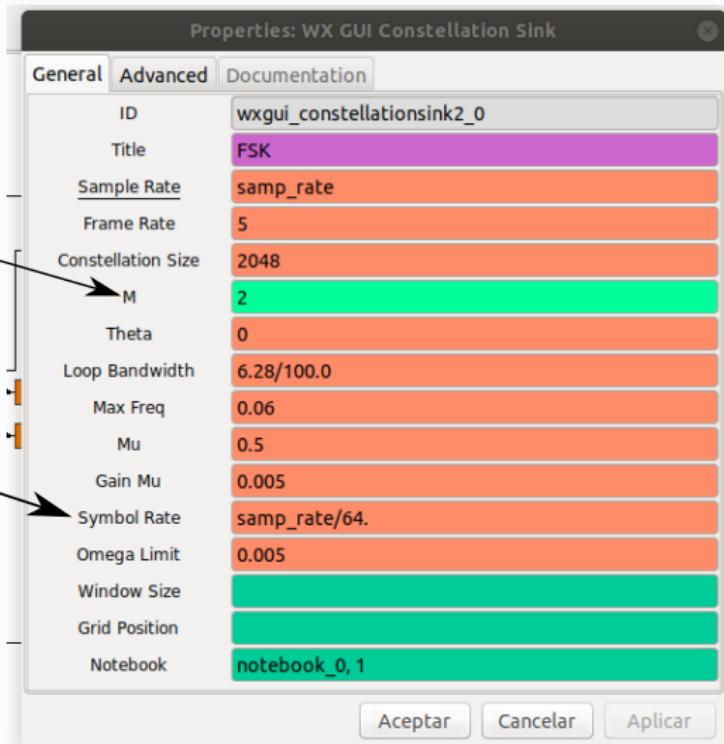
Modulación FSK en GRC

Conectamos el wx GUI constellation Sink a la modulacion ASK obtendremos la siguiente grafica



Modulación FSK en GRC

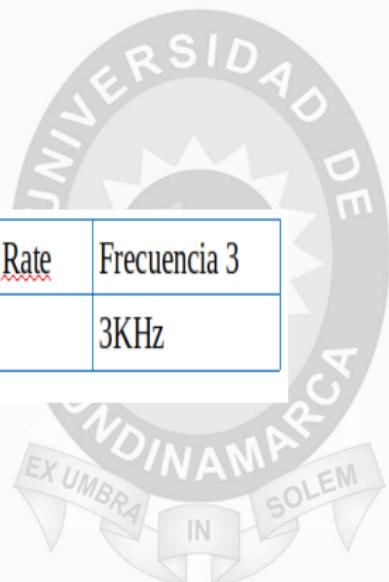
Modificamos la caja del bloque de constelaciones de la siguiente manera



Modulación FSK en GRC

Datos a utilizar para la realización de dicha simulación

Modulación	Sample Rate	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Symbol Rate	Frecuencia 3
FSK	128KHz	250Hz	1KHz	2K	3Khz



Modulacion PSK en GRC

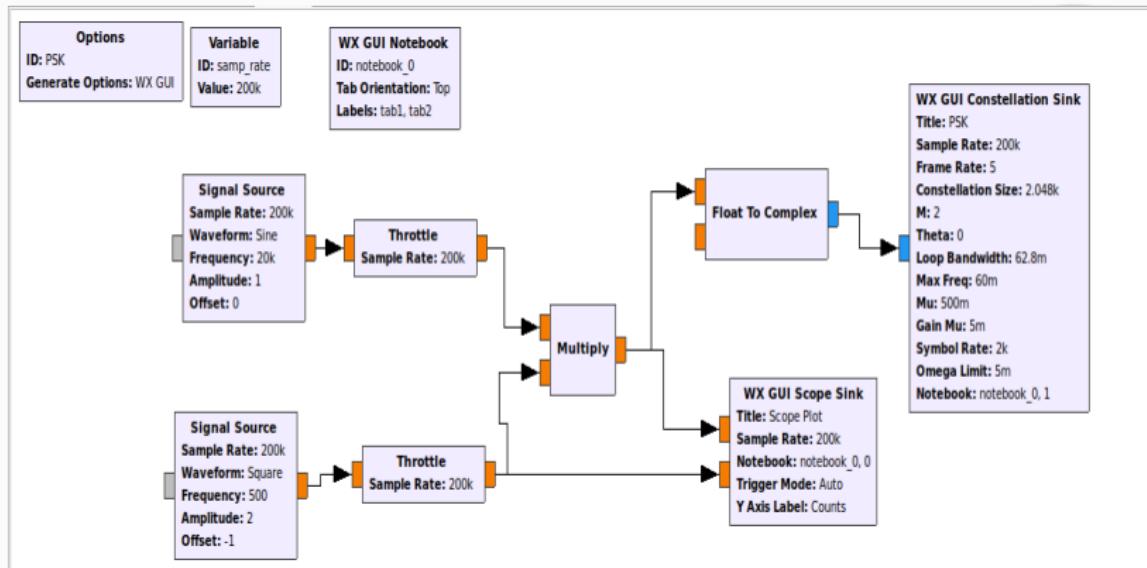
- La Modulación por desplazamiento de fase (PSK) es un esquema de modulación digital donde se varía la fase de la señal, manteniendo la frecuencia y la amplitud constante. Para la modulación PSK se usan dos señales con fases diferentes y frecuencias iguales, estas se multiplican con la señal 0 o 1 de los datos como se muestra a continuación:

$$S_1(t) = A \cos(wt)$$

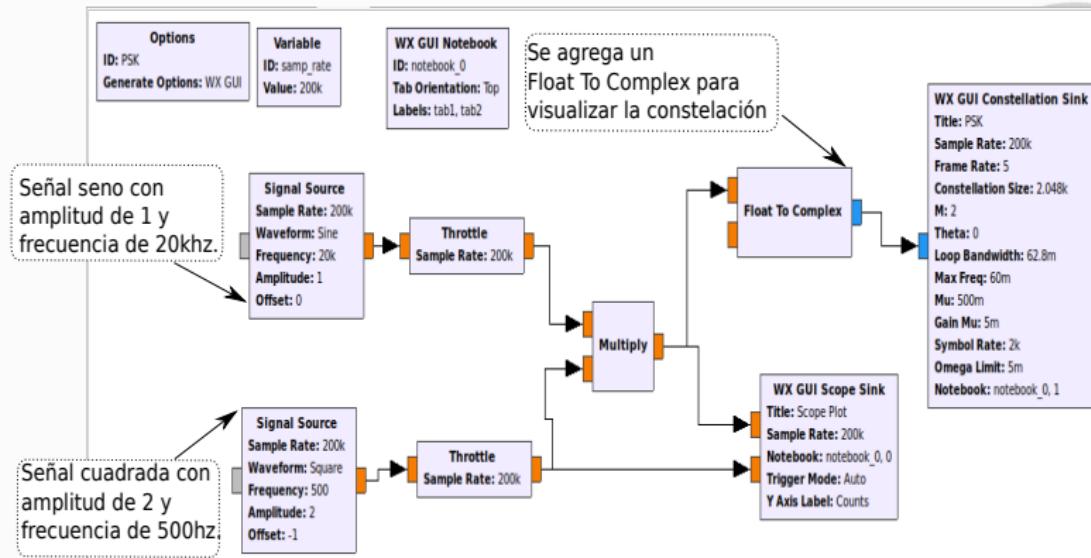
$$S_2(t) = -A \sin(wt)$$

- El diagrama de bloques en GRC se utiliza una señal seno con una frecuencia de 20KHz y la amplitud pico de 1. Similar a BFSK se representa la señal 1 con la onda cuadrada de frecuencia 5000 Hz y el 0 por la resta de la constante[2].

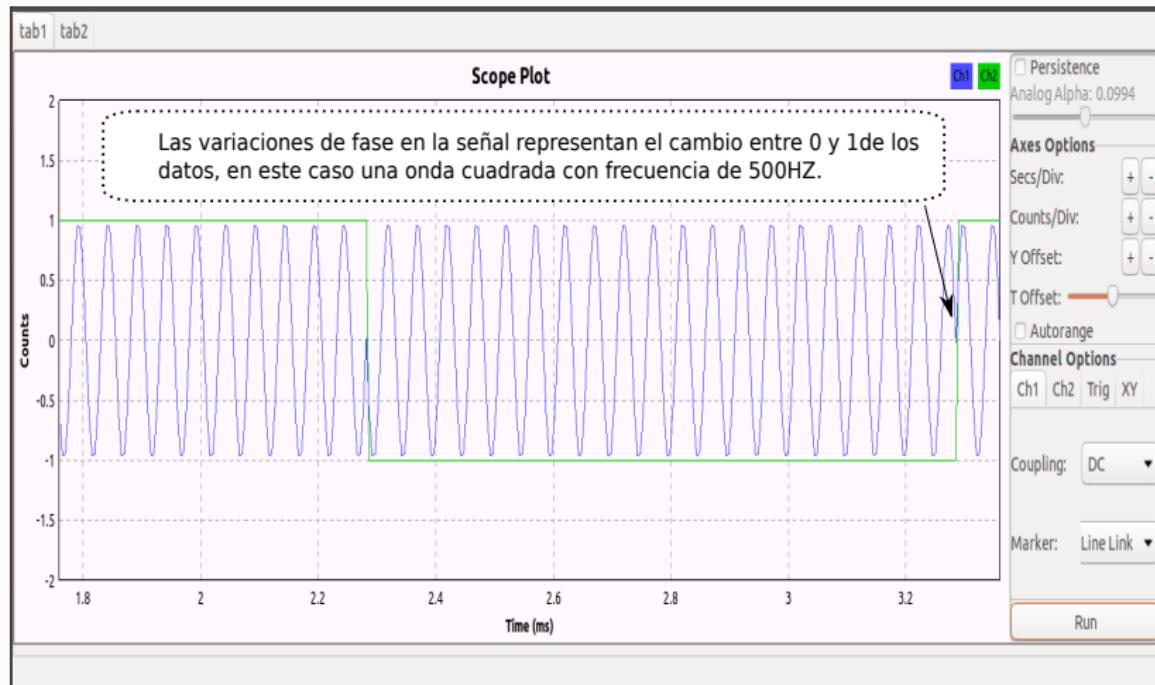
Modulación PSK en GRC



Modulación PSK en GRC

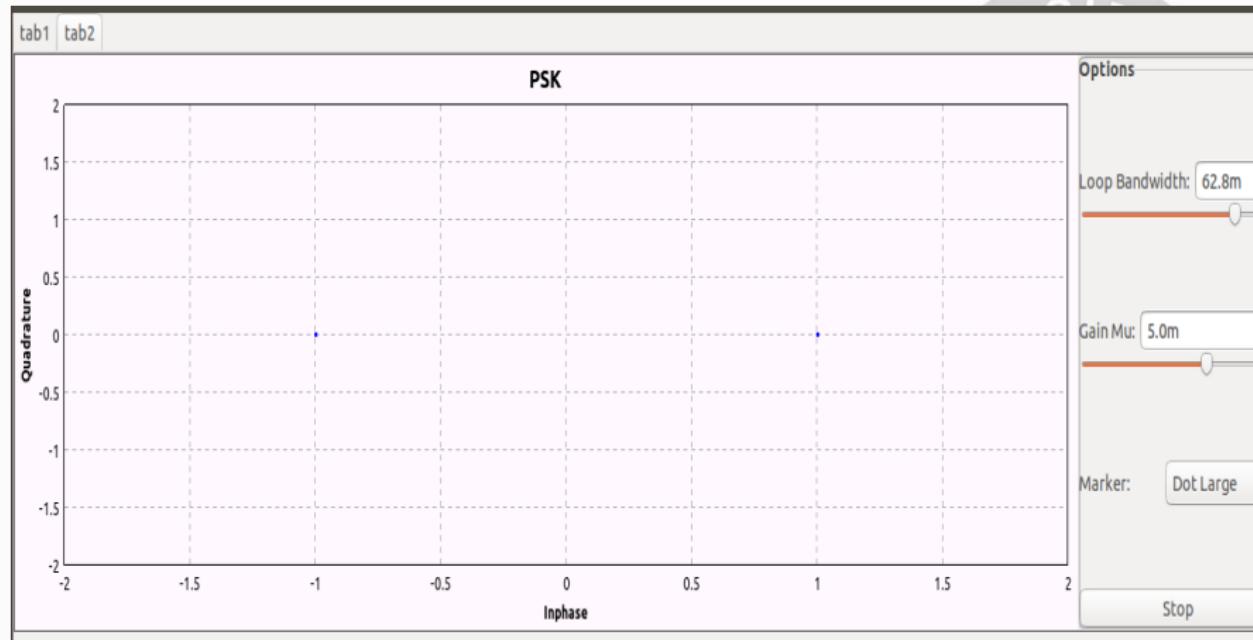


Modulación PSK en GRC



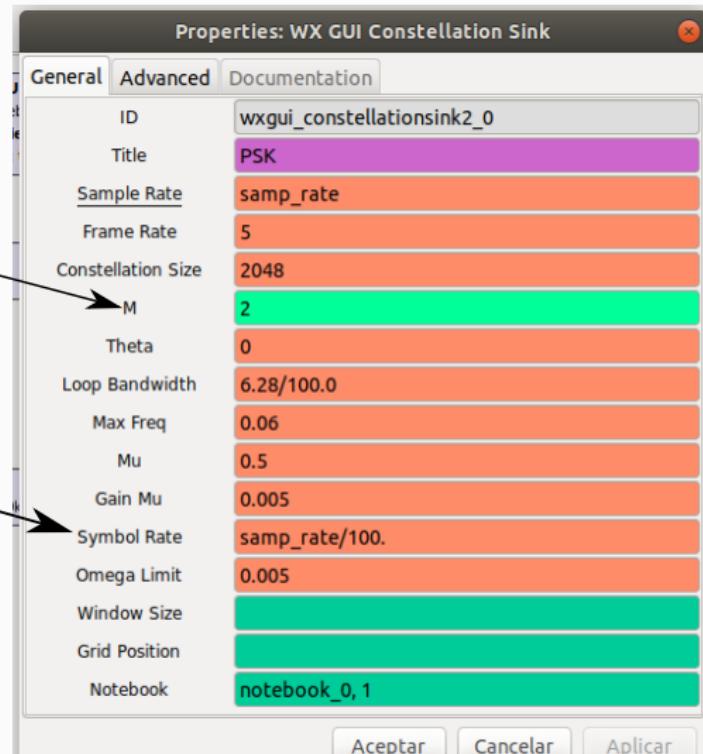
Modulación PSK en GRC

Conectamos el wx GUI constellation Sink a la modulación PSK obtendremos la siguiente grafica



Modulación PSK en GRC

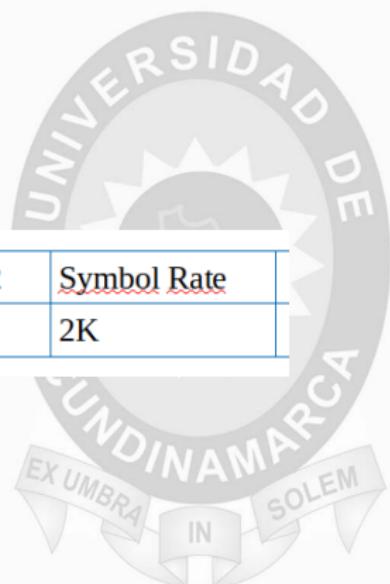
Modificamos la caja del bloque de constelaciones de la siguiente manera



Modulación ASK en GRC

Datos a utilizar para la realización de dicha simulación

Modulación	Sample Rate	Frecuencia 1	Frecuencia 2	Symbol Rate
PSK	200KHz	20KHz	500Hz	2K



Lab17

BPSK

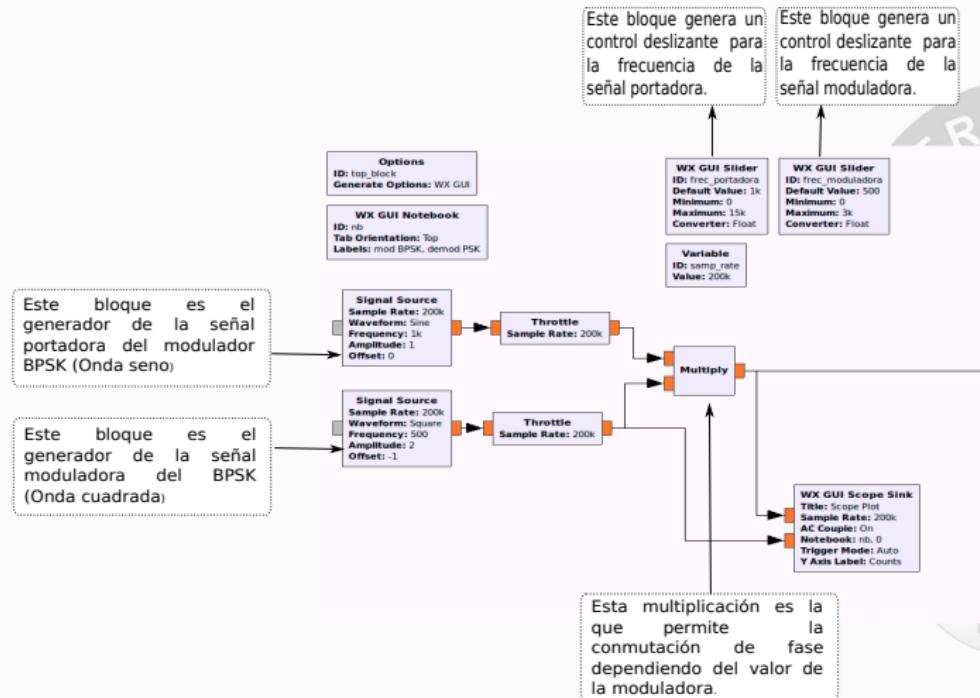
Modulación BPSK

Para obtener una señal modulada se utiliza un modulador balanceado (Modulador de producto) que funciona como un conmutador, ya que a medida que la señal de información muestre un “1” o un “0” la portadora comuta en dos fases diferentes. En un modulador BPSK se asigna +1 V al 1 lógico y -1 V al 0 lógico, la portadora de entrada, $\sin \omega_c t$ se multiplica por +1 o por -1. En consecuencia, la señal de salida puede ser $+1 \sin \omega_c t$ o $-1 \sin \omega_c t$; el primer producto representa una señal que está en fase con el oscilador de referencia, y el último producto, una señal que está desfasada 180 grados [11]. La ecuación de salida de un modulador BPSK es proporcional a:

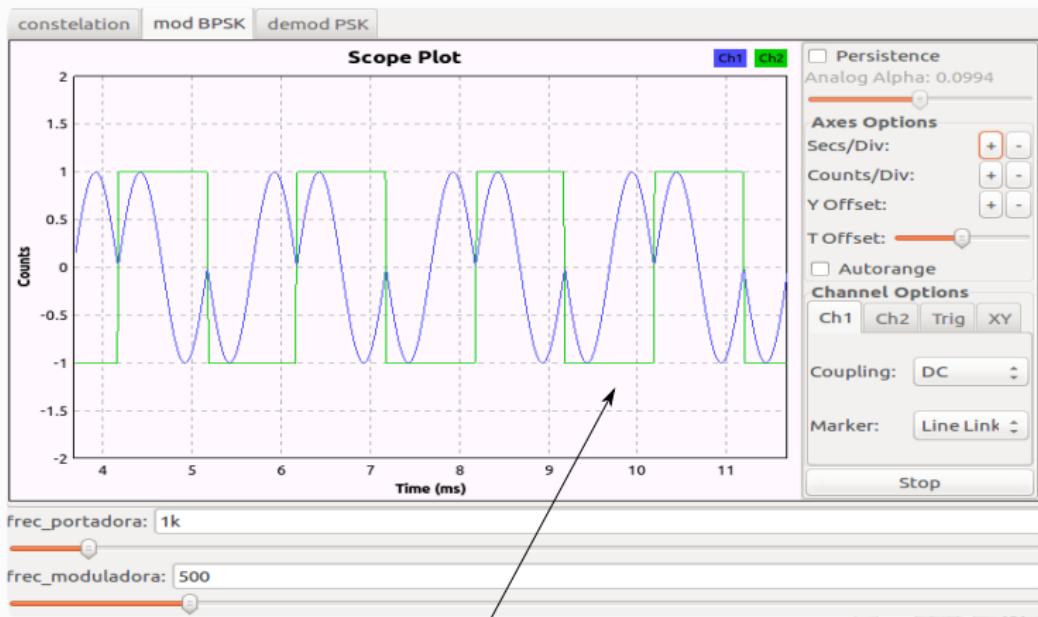
$$y(t) = [\sin(2\pi f_a t)]X[\sin(2\pi f_c t)]$$

- ① f_a : frecuencia fundamental máxima de la entrada binaria (señal moduladora) en hertz.
- ② f_c : frecuencia de portadora de referencia en hertz.

Modulador BPSK en GRC



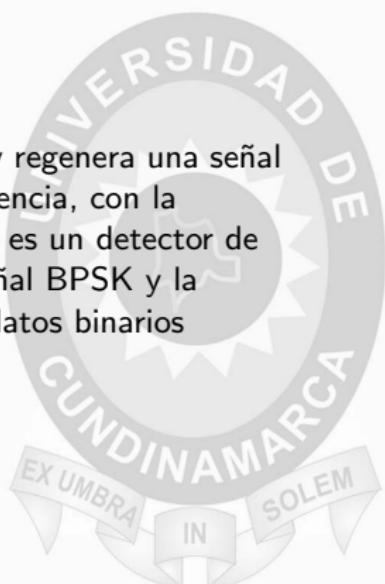
Modulación BPSK



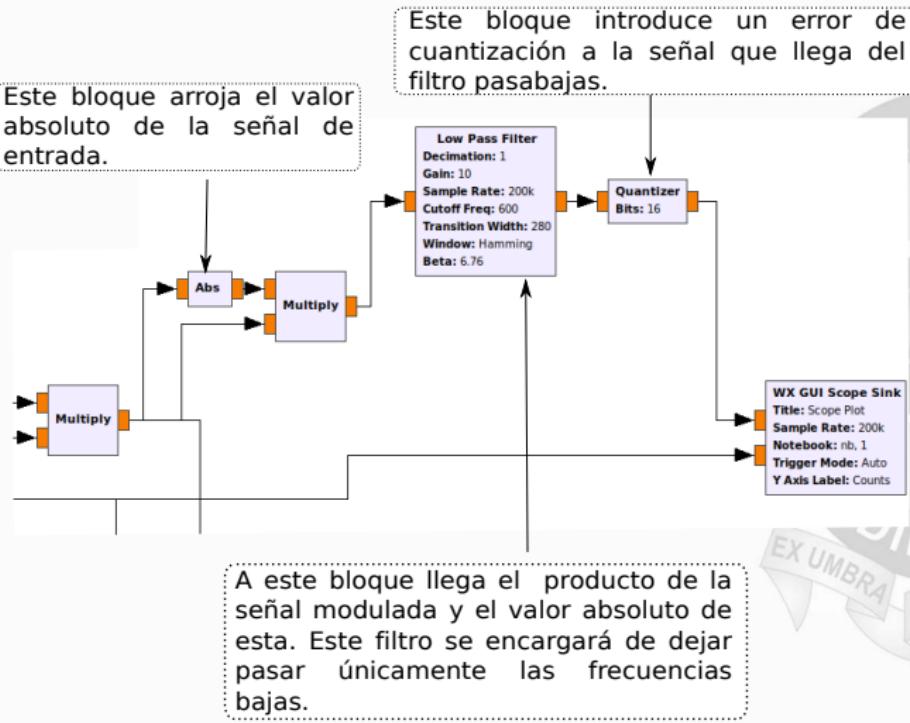
Cuando la señal de entrada digital cambia de estado, la fase de la portadora de salida varía entre dos ángulos que están desfasados 180°

Demodulación BPSK

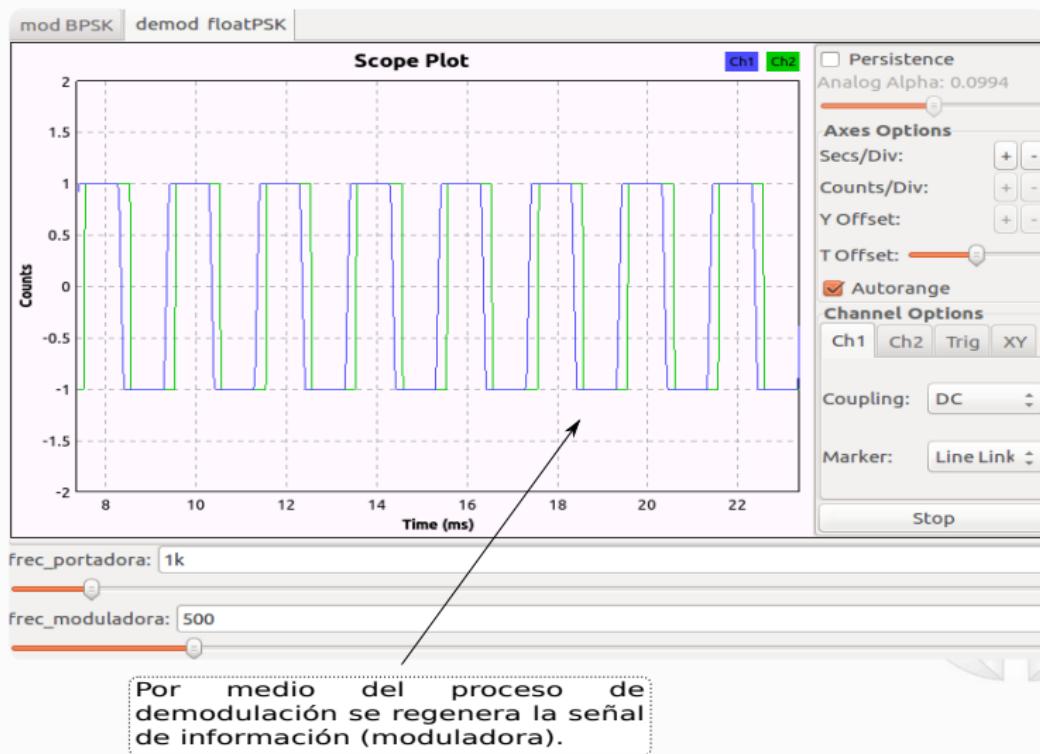
El circuito de recuperación coherente de portadora detecta y regenera una señal de portadora que es coherente, tanto en fase como en frecuencia, con la portadora original de transmisión. El modulador balanceado es un detector de producto; la salida es el producto de las dos entradas (la señal BPSK y la portadora recuperada). El filtro pasabajas (LPF) separa los datos binarios recuperados de la señal demodulada.[11]



Demodulador BPSK en GRC



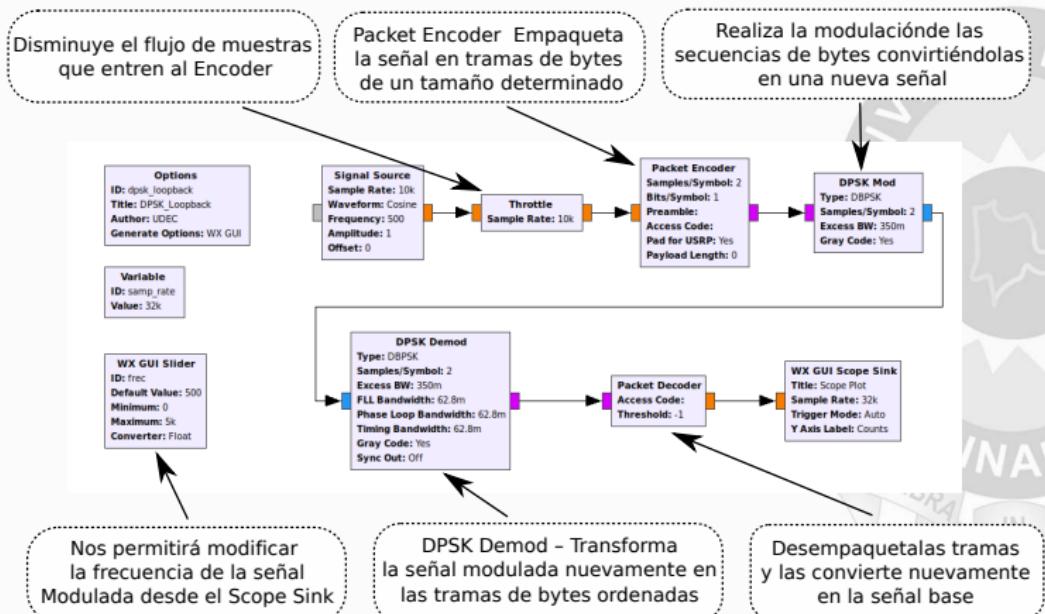
Demodulación BPSK



Lab 18:

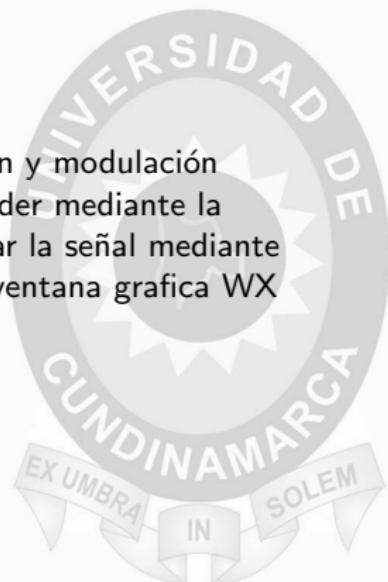
Esquema de la Modulación y Demodulación DPSK en GNU Radio

Esquema de la Modulación y Demodulación DPSK en GNU Radio



Objetivo de la guía del ejemplo Modulación DPSK

Comprender el funcionamiento de los bloques de modulación y modulación DPSK, así como los bloques Packet Encoder y Packet decoder mediante la codificación y modulación de una señal, para luego recuperar la señal mediante la decodificación y modulación y finalmente ser vista en el ventana grafica WX GUI Scope Sink..

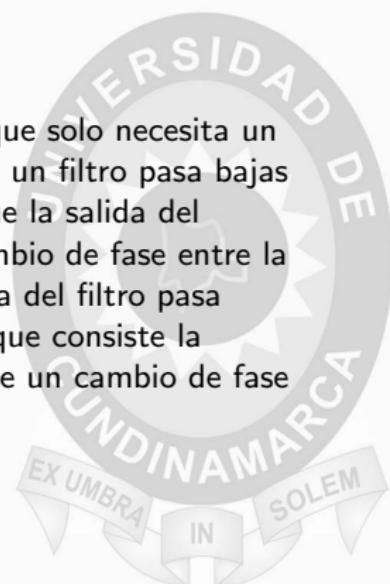


Guía Ejemplo Modulación DPSK

1. Modulador DPSK: En un modulador Dpsk, se realiza una operación XNOR entre el bit actual de la señal digital de información y bit transmitido con anterioridad. La salida de esta operación entra en un modulador PSK. En el modulador PSK, siempre que la salida de la puerta XNOR aparezca un 1 lógico, el modulador producirá una salida analógica $+ \cos(Wct)$. Si en lugar de esto la salida de la XNOR es un 0 lógico, en el modulador aparecerá la señal de salida $-\cos(Wct)$. Es decir, la salida de XNOR va a cambiar de valor cada vez que aparezca un 0 lógico en la señal digital de entrada al modulador, y por consiguiente producirá un cambio de fase analógica de salida.

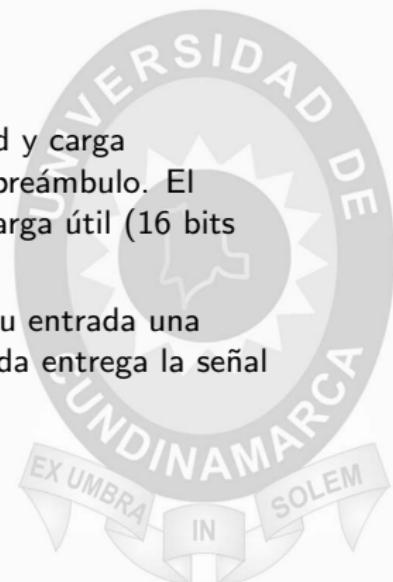
Guía Ejemplo Modulación DPSK

1. Demodulador DPSK: Es un circuito bastante simple que solo necesita un multiplicador analógico, un latch de retraso de 1 bit y un filtro pasa bajas con frecuencia de corte menor que $2Wc$. Cada vez que la salida del multiplicador es Wct , es decir se ha producido un cambio de fase entre la señal de entrada y señal anterior retrasada , a la salida del filtro pasa bajas aparece un 0 lógico, que es precisamente en lo que consiste la modulación DPSK. En caso contrario, si no se produce un cambio de fase la salida del filtro es un 1 lógico.

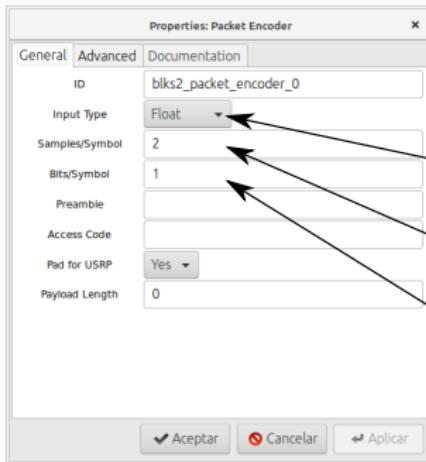


Codificación y Modulación DPSK

1. Packet Encoder: Empaque los bytes de una longitud y carga determinada con un encabezado, código de acceso y preámbulo. El encabezado es una repetición 2x de la longitud de la carga útil (16 bits para cada campo).
2. DPSK Mod este bloque modulador DPSK recibe en su entrada una secuencia de bytes (carácter sin signo) y en su salida entrega la señal modulada en banda base.



Packet Encoder y DPSK Mod



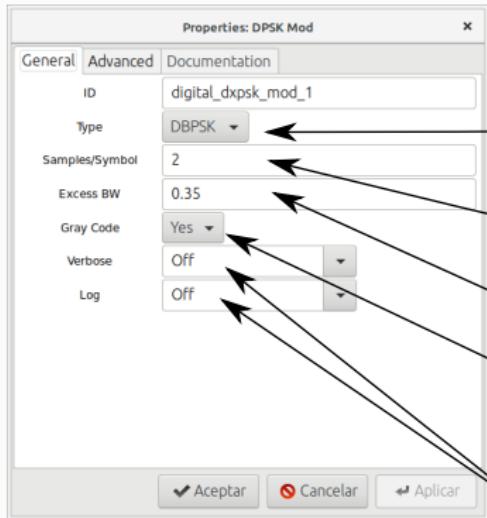
El Bloque Packet encoder se encarga de crear los paquetes de bytes de una longitud y carga determinada, se emplea junto con los bloques gmsk, dpsk, qam de GNU Radio

Tipo de entrada Flotante

El Período de reloj nominal especificado por el usuario en muestras por símbolo debe ser un valor entero superior a 2

Los bits / símbolo se deben configurar dbpsk -> 1 dqpsk -> 2

Packet Encoder y DPSK Mod



DPSK Mod recibe en su entrada una secuencia de bytes (Carácter sin signo) en su salida entrega una señal compleja modulada en banda base.

Indicamos el tipo de modulación DPSK Mod opera para modulaciones del tipo DBPSK O DQPSK

las muestras por símbolo son las muestras por baudio que serán mayores a o iguales a 2

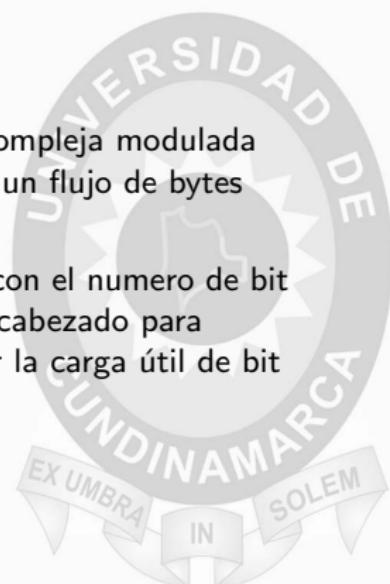
ancho de banda de exceso de filtro de coseno en raíz (flotante)

Se puede usar codificación o no cuando se habilita Gray Code

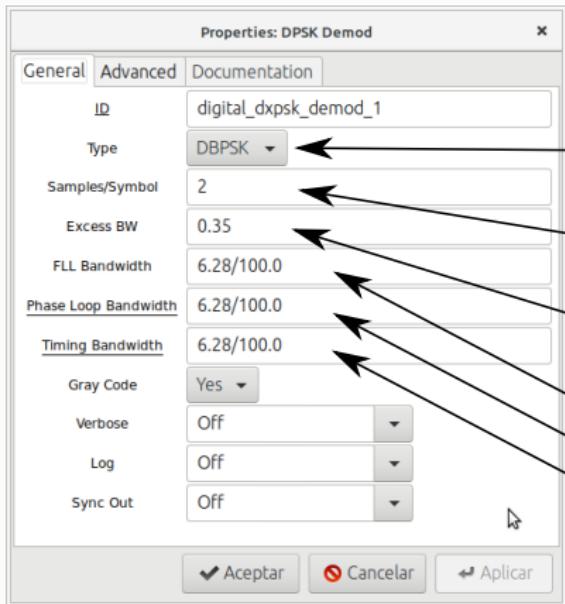
En caso de querer Registrar datos de modulación en archivos o Imprimir información sobre el modulador podemos habitar la opción las dos opciones

Demodulación y Decodificación DPSK

1. DPSK Demod: Realiza la demodulación de la señal compleja modulada en la frecuencia de banda base y entrega en su salida un flujo de bytes empaquetados
2. Packet Decoder: El decodificador busca el código de con el numero de bit disponibles incorrecto, cuando lo encuentra , lee el encabezado para obtener la longitud de la carga útil extraerla y generar la carga útil de bit original.



DPSK Demod y Packet Decoder



DPSK Mod recibe una señal compleja modulada y la convierte en un flujo de bit empaquetados

Indicamos el tipo de modulación DBPSK O DQPSK

las muestras por baudio serán mayores a o iguales a 2

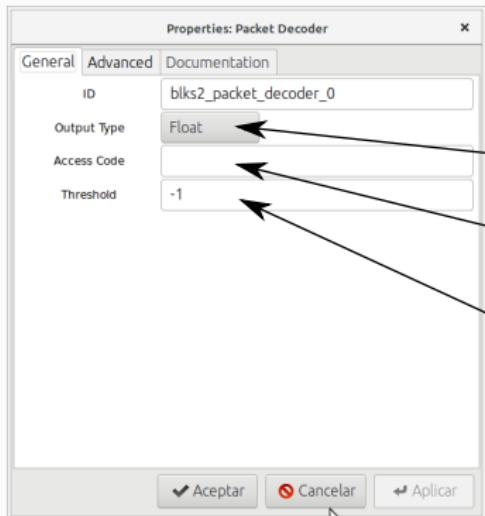
Exceso de ancho de banda

Filtro de bloqueo del ancho de banda

Ancho de banda de recuperación

Temporizador del Ancho de banda de bloqueo

DPSK Demod y Packet Decoder



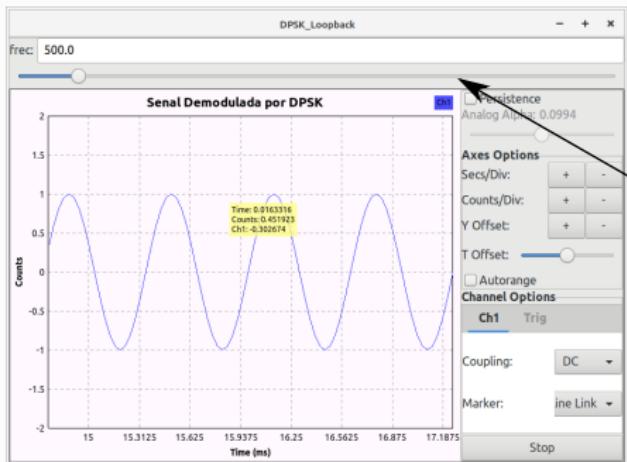
El Packet Decoder se encarga leer la longitud de la carga del paquete y generar la carga útil

Tipo de salida flotante

Sin un valor el código de acceso funciona como automático

para que el límite sea automático el valor debe ser -1

Señal Demodulada DPSK



Este toolbox simula un osciloscopio, los parámetro de la frecuencia gracias al WX Gui Slider añadido, ademas podemos cambiar el rango de visión de la grafica desde los ejes.

Cambio de la frecuencia Modulada

Tras el proceso de modulación y demodulación la señal se reconstruye teniendo sus características originales posteriores al ingreso del bloque Packet Encoder

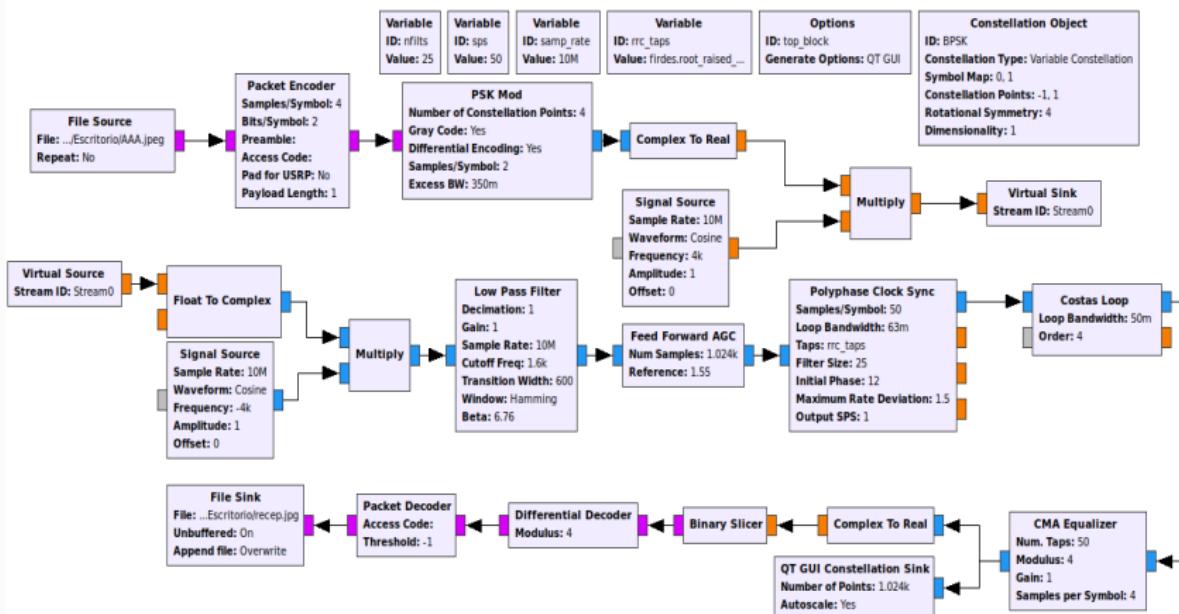
Lab 19: Modulación QPSK Transmisión y Recepción

Modulación QPSK - Transmisión y Recepción

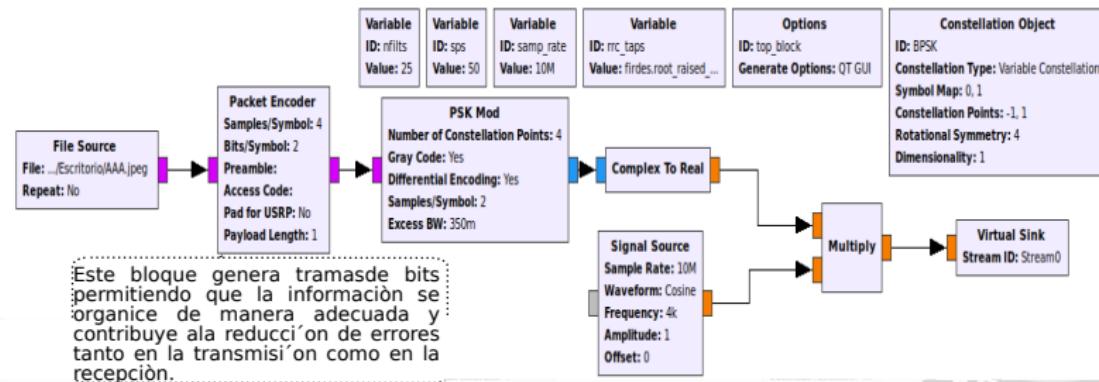
Este ejercicio mostrará la modulación y demodulación digital QPSK en GRC donde se enviara información en formato .txt y .jpg, estos datos seran modulados en QPSK y luego transmitidos mediante un virtual sink, seguido de esto seran recepcionados mediante un virtual source, en donde estos seran demodulados para poder visualizarlos en un nuevo archivo de recepción.



Modulación QPSK - Transmisión y Recepción



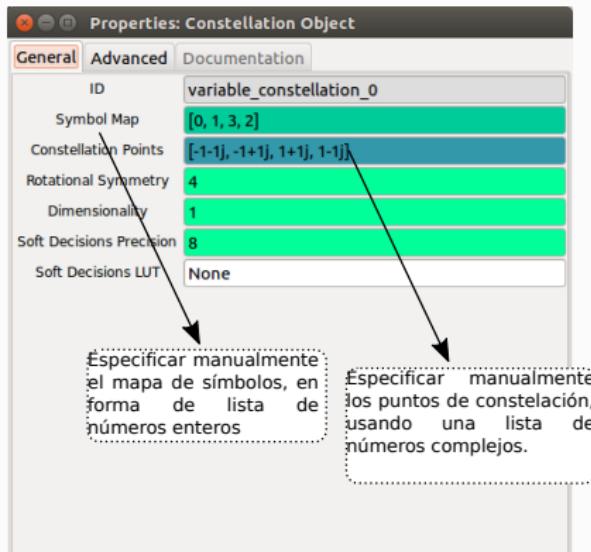
Modulación QPSK - Transmisión y Recepción



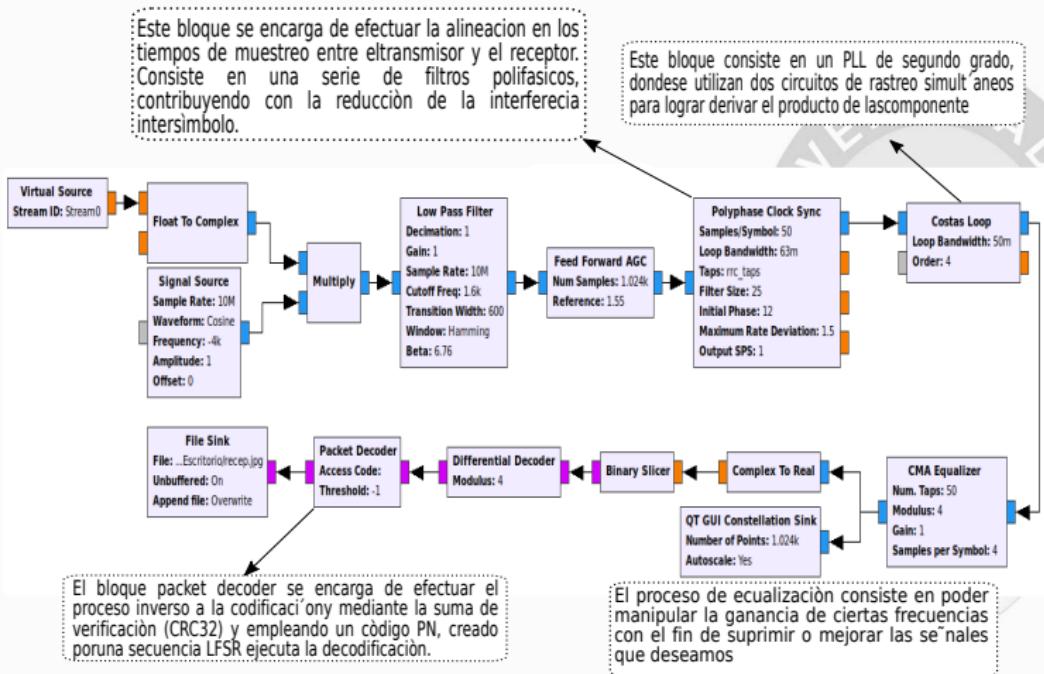
Modulación QPSK - Transmisión y Recepción

La definición de la constelación en el bloque Constellation Object se efectua de acuerdo a la cantidad de símbolos posibles en la misma dentro del espacio complejo o el diagrama de constelación. Para la constelación de QPSK se manejan 4 símbolos, entonces de acuerdo a la siguiente ecuación los bits para cada símbolo serían 2.

$$\log_2(4) = 2 \text{ bits/símbolo}$$



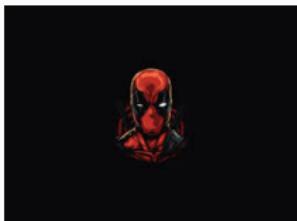
Modulación QPSK - Transmisión y Recepción



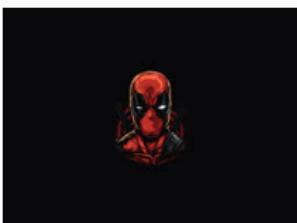
Modulación QPSK - Transmisión y Recepción

Este es el resultado al transmitir datos mediante la modulación QPSK, cabe resaltar que el tiempo de transmisión de los datos varía dependiendo del tamaño del archivo, es por esto que se debe esperar un cierto tiempo para la transmisión completa.

Archivos enviados

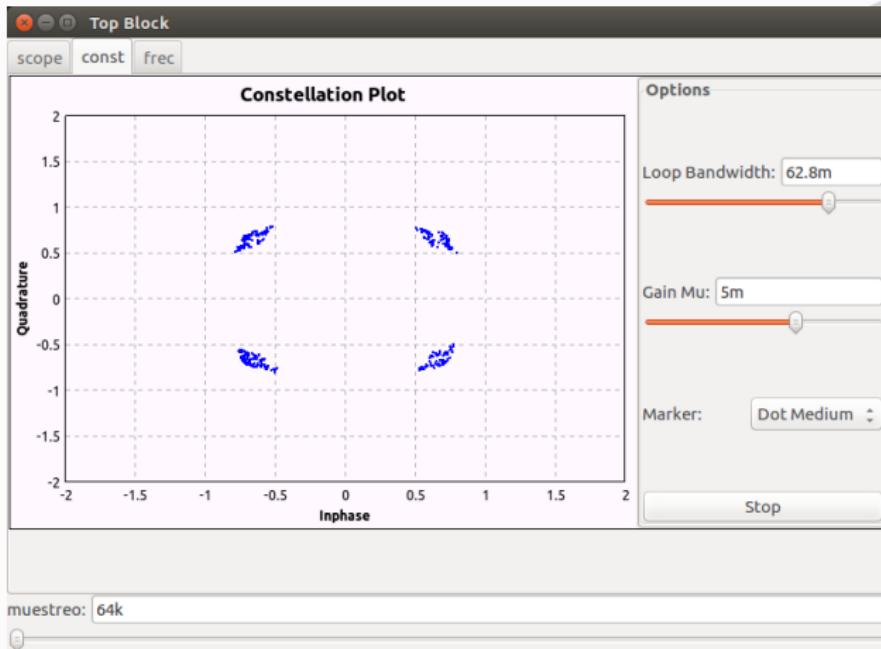


Archivos recibidos



Modulación QPSK - Transmisión y Recepción

Constelación QPSK con codificación diferencial habilitada y 4 Muestras por símbolo



Lab20

Modulacion QAM

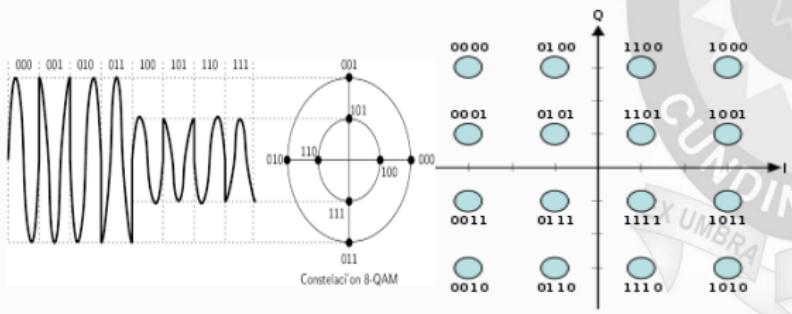
Modulacion de amplitud en cuadratura QAM

La modulación de amplitud en cuadratura, en inglés Quadrature Amplitude Modulation (QAM), es una técnica de modulación digital avanzada que transporta datos, técnica en la cual la información va a ser modulada tanto en amplitud como en fase (la señal de portadora va a ser modificada en amplitud y fase) o sea que la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida. Esto se consigue modulando una misma portadora, desfasando 90° la fase y la amplitud.

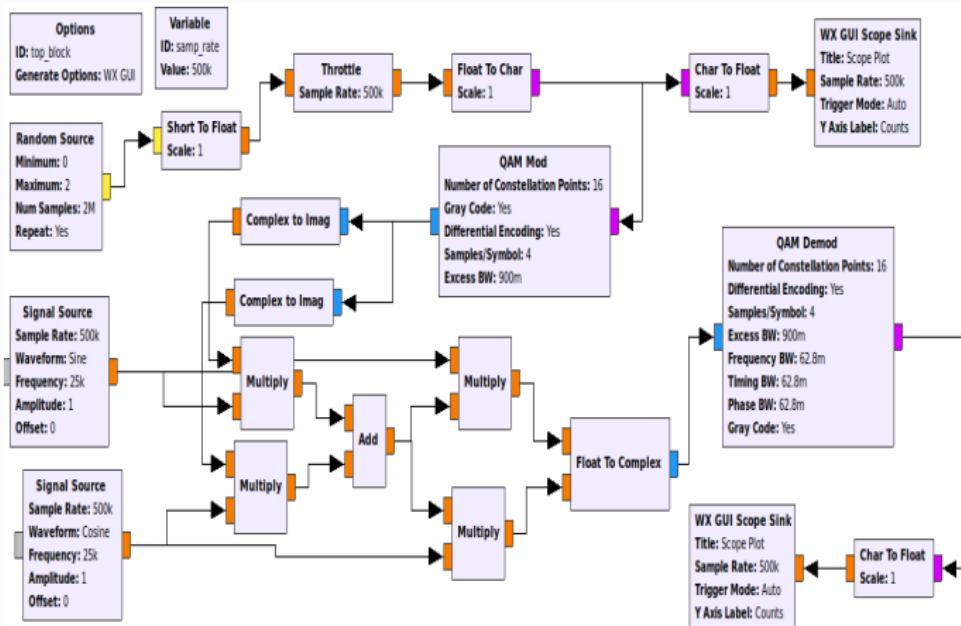
La modulación QAM, es una forma de modulación digital en donde la información digital está contenida, tanto en la amplitud como en la fase de la portadora transmitida.

Modulacion de amplitud en cuadratura QAM

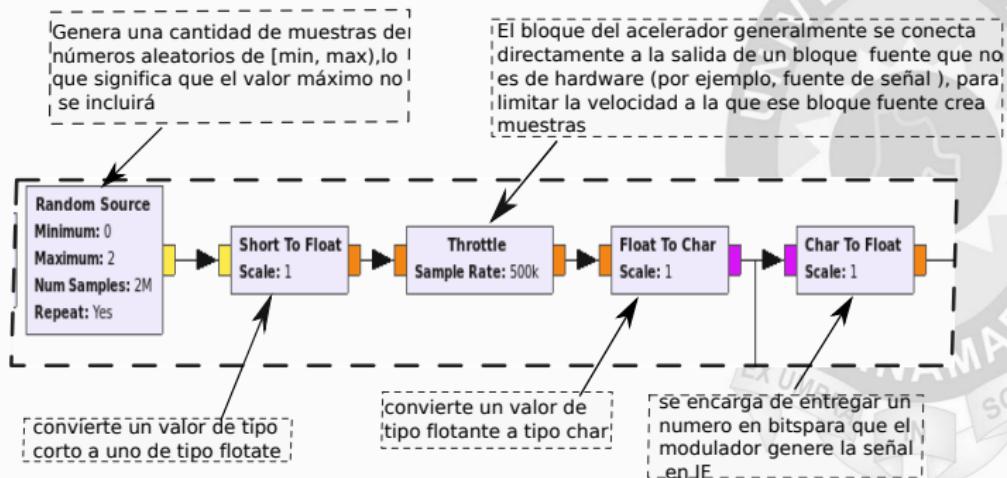
La modulación QAM consiste en modular por desplazamiento en amplitud (ASK) de forma independiente, dos señales portadoras que tienen la misma frecuencia pero que están desfasadas entre sí 90° . La señal modulada QAM es el resultado de sumar ambas señales ASK. Estas pueden operar por el mismo canal sin interferencia mutua porque sus portadoras están en cuadratura. La ecuación matemática de una señal modulada en QAM es:
se encarga de entregar un numero en bits para que el modulador genere la señal en if $a_n \cos(wt) + b_n \sin wt$



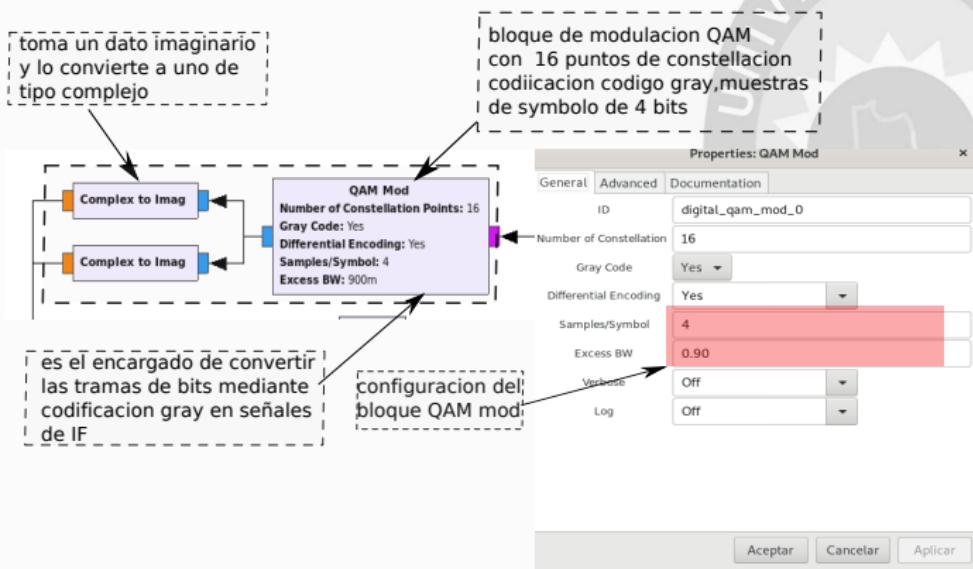
Modulacion de amplitud en cuadratura QAM



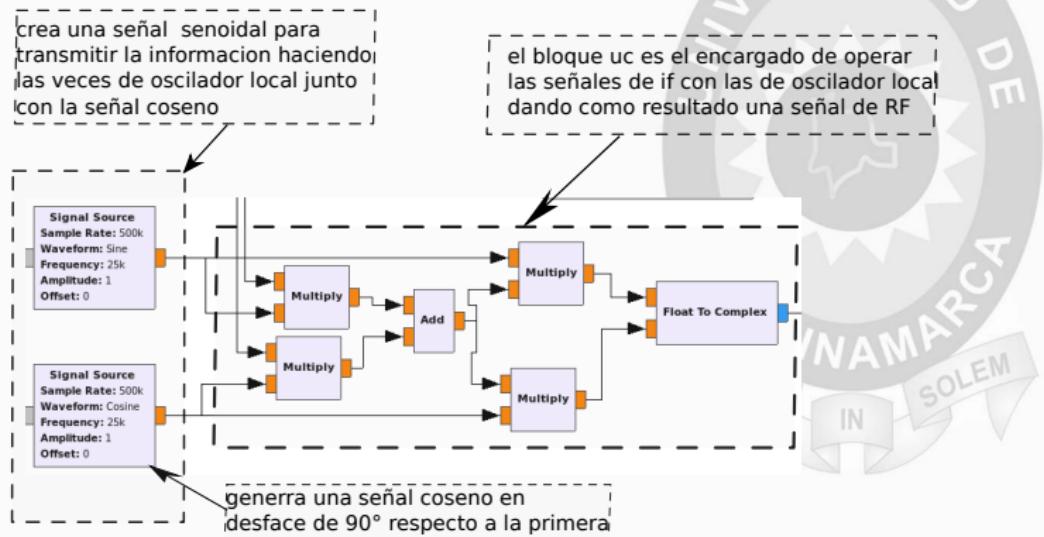
Modulacion de amplitud en cuadratura QAM



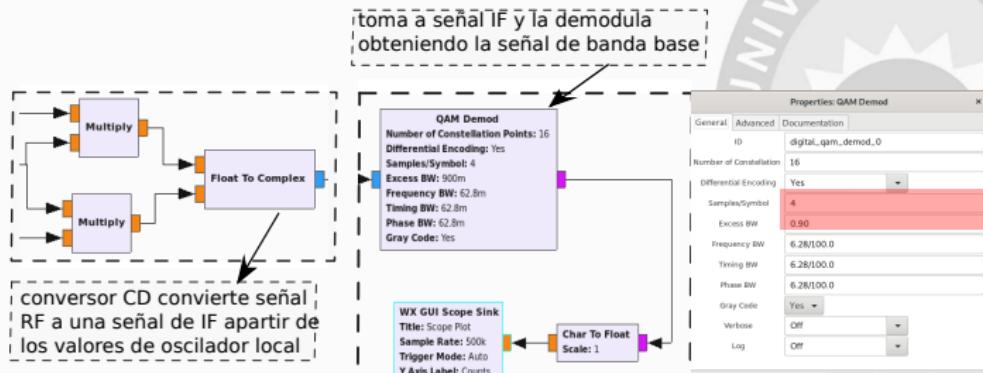
Modulacion de amplitud en cuadratura QAM



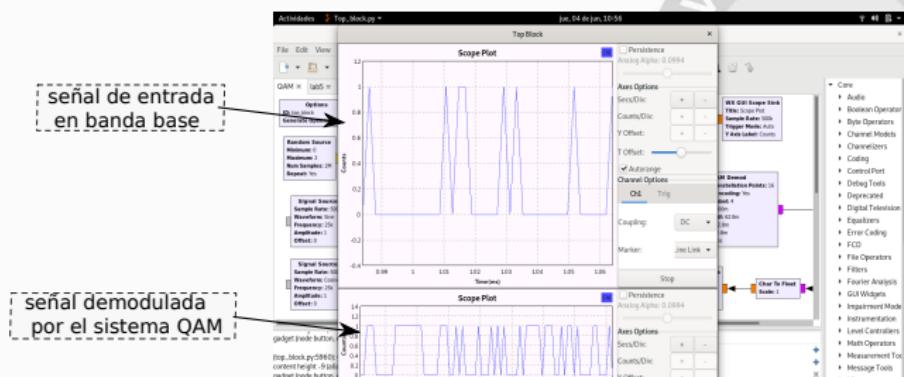
Modulacion de amplitud en cuadratura QAM



Modulacion de ampliacion en cuadratura QAM



Modulacion de amplitud en cuadratura QAM



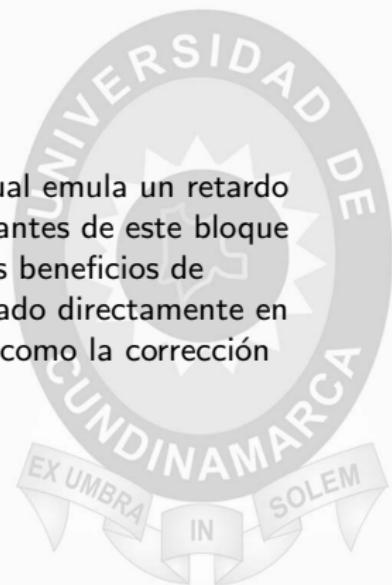
Lab21

Filter taps

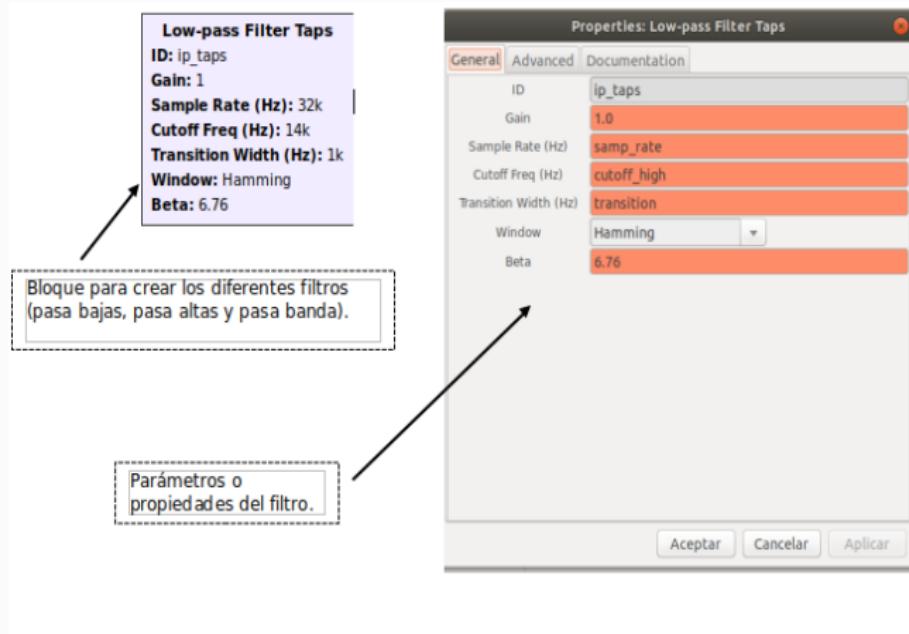
Filter taps

Taps

El parámetro Taps indica las secciones de un filtro FIR el cual emula un retardo con múltiples trayectos. Uno de los parámetros mas importantes de este bloque son los coeficientes Taps pertenecientes al filtro. Uno de los beneficios de implementación del bloque es el poder definir el filtro acoplado directamente en este bloque, lo cual permitirá tener tanto el filtro acoplado como la corrección de tiempo de muestreo de manera simultánea.



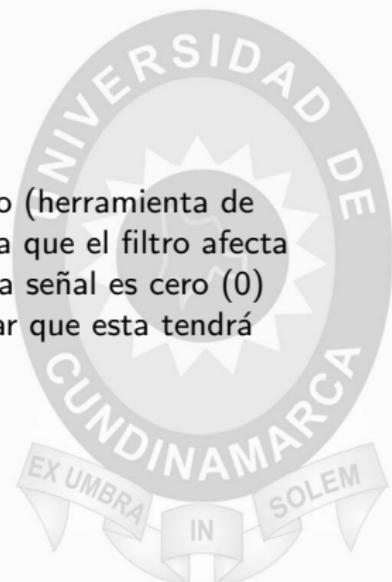
Filter taps



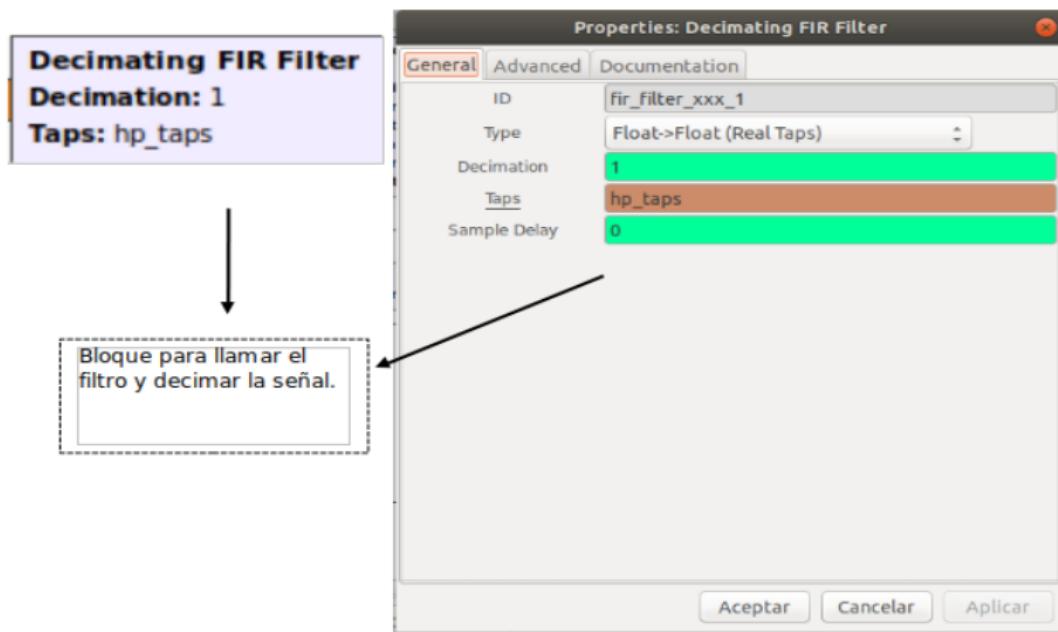
Filter taps

FIR Decimating

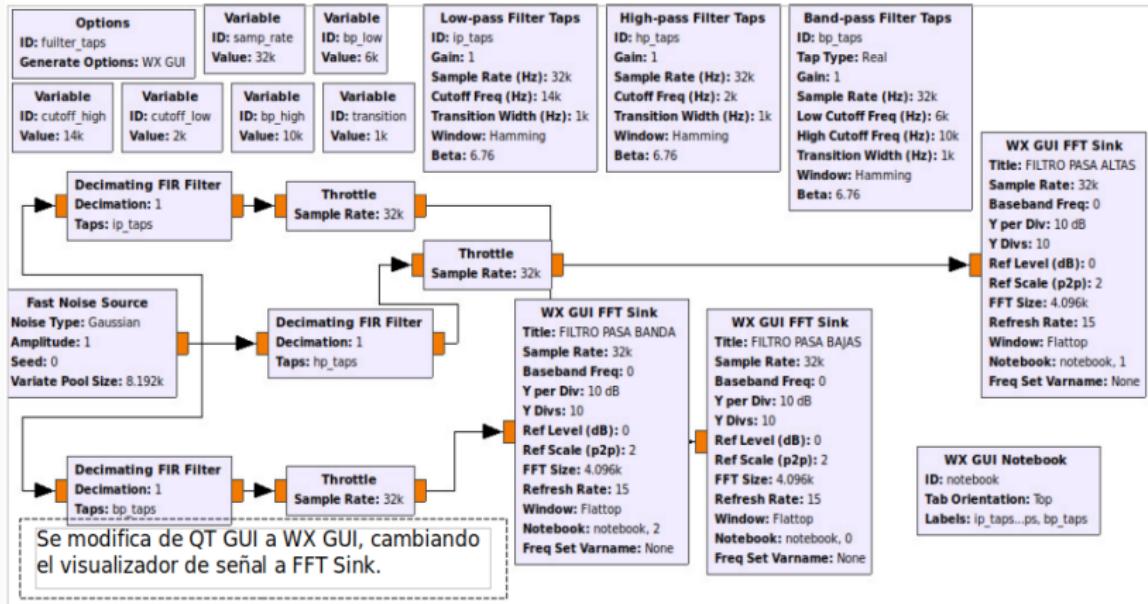
Este bloque permite cargar toques de filtro desde un archivo (herramienta de diseño de filtro). El nombre FIR proviene de la manera en la que el filtro afecta una señal. Una función de impulso permite evidenciar que la señal es cero (0) siempre, excepto en algunos lugares donde se podrá observar que esta tendrá valor de uno (1).



Filter taps



Filter taps



Filter taps

Options

ID: filter_taps

Generate Options: WX GUI

Variable

ID: samp_rate

Value: 32k

Variable

ID: bp_low

Value: 6k

Variable

ID: cutoff_high

Value: 14k

Variable

ID: cutoff_low

Value: 2k

Variable

ID: bp_high

Value: 10k

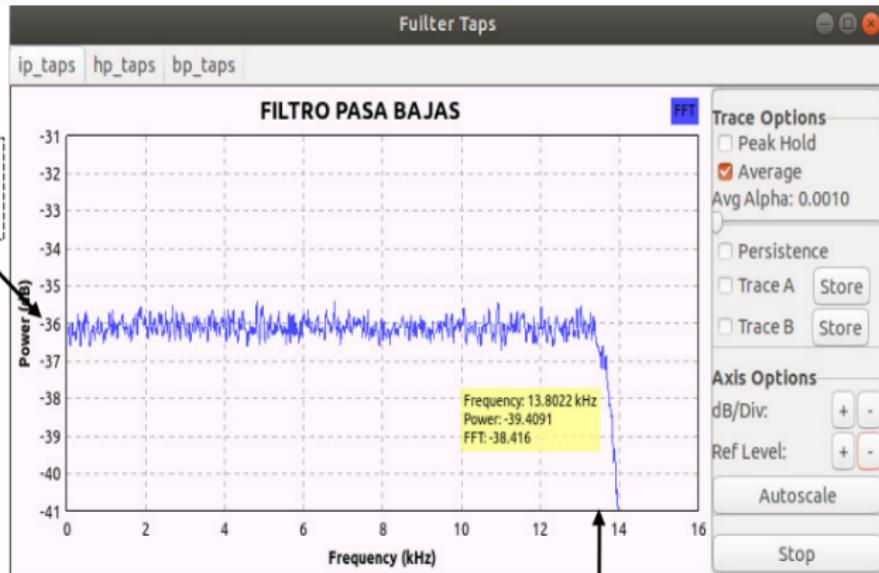
Variable

ID: transition

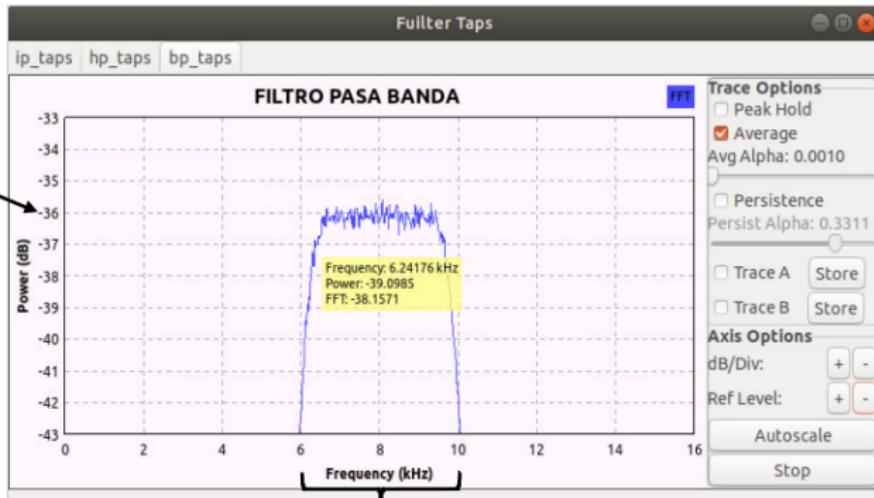
Value: 1k

Se crean las diferentes variables, las cuales se utilizarán en el ajuste de los filtros.

Filter taps



Filter taps



Frecuencia de corte
entre los 6 KHz y 10 KHz.

Filter taps

PASOS PARA OBTENER LA FRECUENCIA DE CORTE EN CADA FILTRO

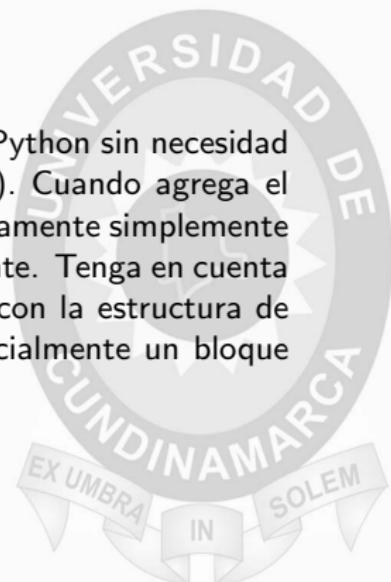
1. Lo primero que se debe tener en cuenta es el nivel máximo (en dB's) de la señal.
2. Según la teoría la señal se encuentra a la mitad de su potencia cuando gráficamente este disminuye 3 dB's.
3. Se debe activar el rango de Average en el WX GUI FFT sink con el valor mínimo.
4. Seguido de eso podremos observar la frecuencia en la que se encuentra la señal en el momento de medir estos -3 dB's.
5. Tomar esa frecuencia como la frecuencia de corte inicial, final, o ambas según el filtro que se este utilizando.

Lab22

Embedded Python Block

Python block

- Le permite crear un nuevo bloque (personalizado) en Python sin necesidad de crear e instalar un Módulo fuera del árbol (OOT). Cuando agrega el bloque a su diagrama de flujo, el código rellenado previamente simplemente toma el flujo de entrada y lo multiplica por una constante. Tenga en cuenta que la estructura de este bloque de Python coincide con la estructura de un bloque de Python fuera del árbol (OOT). Es esencialmente un bloque Python OOT integrado en un diagrama de flujo grc.



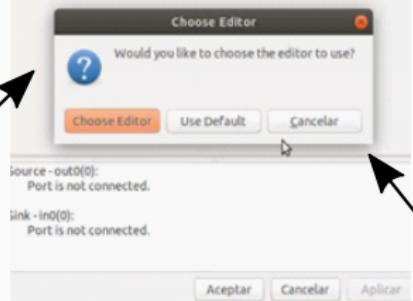
Python block

permite crear un nuevo bloque (personalizado)



Embedded Python Block
Example Param: 1

al abrir el bloque no aparece la siguiente ventana

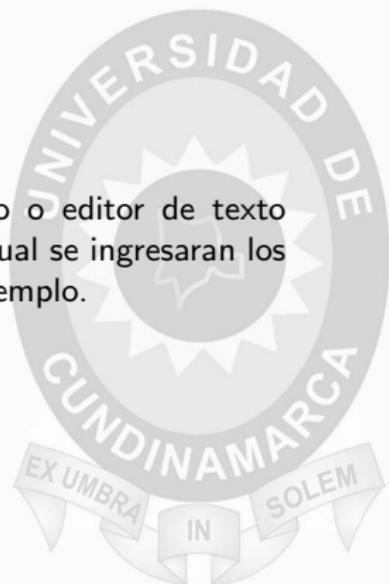


se mostrara el id (nombre de bloque)
code donde al darle click se nos abria
una ventana nos dara unas opciones a tomar
example parametros se utiliza para
multiplicar los valores ingresados

al dar click en open editor
nos mostrara las opciones de
escoger un editor de texto
por defecto o alguno de preferencia

Python block

- Después de haber elegido nuestro editor por defecto o editor de texto preferente se nos genera un código del bloque. en el cual se ingresaran los parametros como se observara a continuacion en el ejemplo.

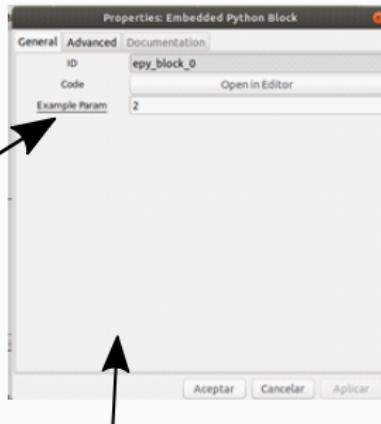


Python block

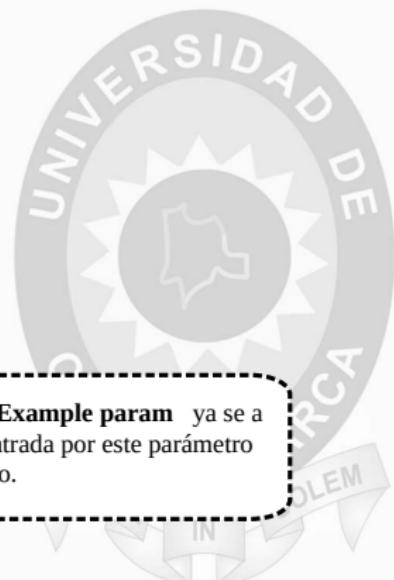
```
1  """
2  Embedded Python Blocks:
3
4  Each time this file is saved, GRC will instantiate the first class it finds
5  to get ports and parameters of your block. The arguments to __init__ will
6  be the parameters. All of them are required to have default values!
7  """
8  # SE IMPORTAN LAS LIBRERIAS PARA LA REALIZACIÓN DEL PROCESO.
9  import numpy as np
10 from gnuradio import gr
11
12
13 class blk(gr.sync_block): # other base classes are basic_block, decim_block, interp_block
14     """Embedded Python Block example - a simple multiply const"""
15
16     def __init__(self, example_param=1.0): # only default arguments here
17         """arguments to this function show up as parameters in GRC"""
18         gr.sync_block.__init__(self,
19             self,
20             # EN ESTE APARTADO SE TIENEN LOS PARAMETROS DE LA CAJA PARA TRABAJAR.
21             name='Embedded Python Block', # EN ESTA LINEA SE LA ASIGNA NOMBRE A LA CAJA
22             in_sig=[np.complex64], # EN ESTA LINEA SE OBTIENE LA SENAL DE ENTRADA
23             out_sig=[np.complex64]) # EN ESTA LINEA SE OBTIENE LA SENAL DE SALIDA
24
25     # if an attribute with the same name as a parameter is found,
26     # a callback is registered (properties work, too).
27     self.example_param = example_param # EN ESTA LINEA SE OBTIENE EL PARAMETRO DE GANANCIA
28                                         # O CONSTANTE QUE SE MULTIPLICA POR LA SENAL DE ENTRADA
29
30     def work(self, input_items, output_items):
31         """AQUI SE REALIZA LA ACCION LA CAUL ES MULTIPLICAR LA SENAL DE ENTRADA POR LA CONSTANTE DADA POR LA CAJA"""
32         output_items[0][:] = input_items[0] * self.example_param
33         # SE RETORNA LA SENAL DE SALIDA.
34         return len(output_items[0])
35
```

Python block

se cambia el parámetro de ganancia por 2 como se ve en el diagrama

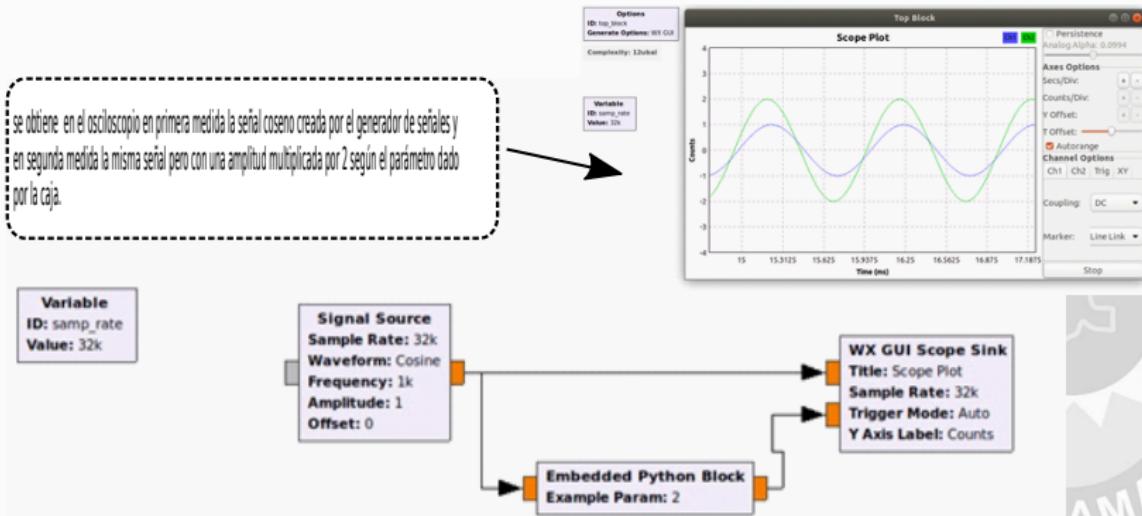


En el diagrama de bloques se abre la caja de Python Block y se modifica el **Example param** ya sea a con un numero entero o decimal, esto con el fin de multiplicar la señal de entrada por este parámetro para obtener una señal con mayor ganancia o menor dependiendo del usuario.



Python block

se obtiene en el osciloscopio en primera medida la señal coseno creada por el generador de señales y en segunda medida la misma señal pero con una amplitud multiplicada por 2 según el parámetro dado por la caja.

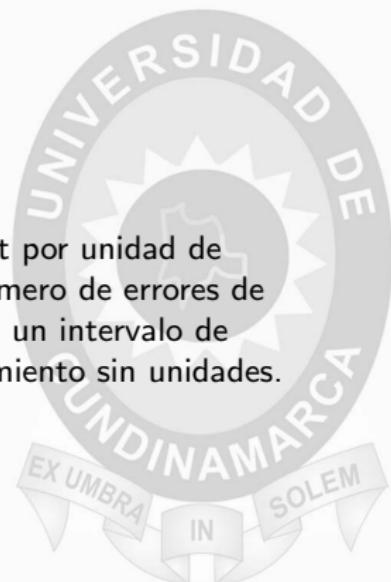


Lab23 BER

BER

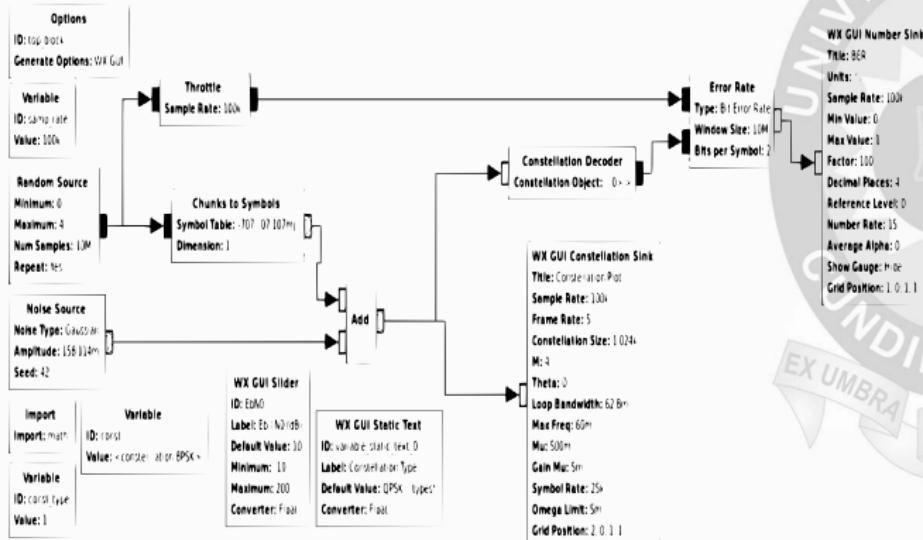
BER

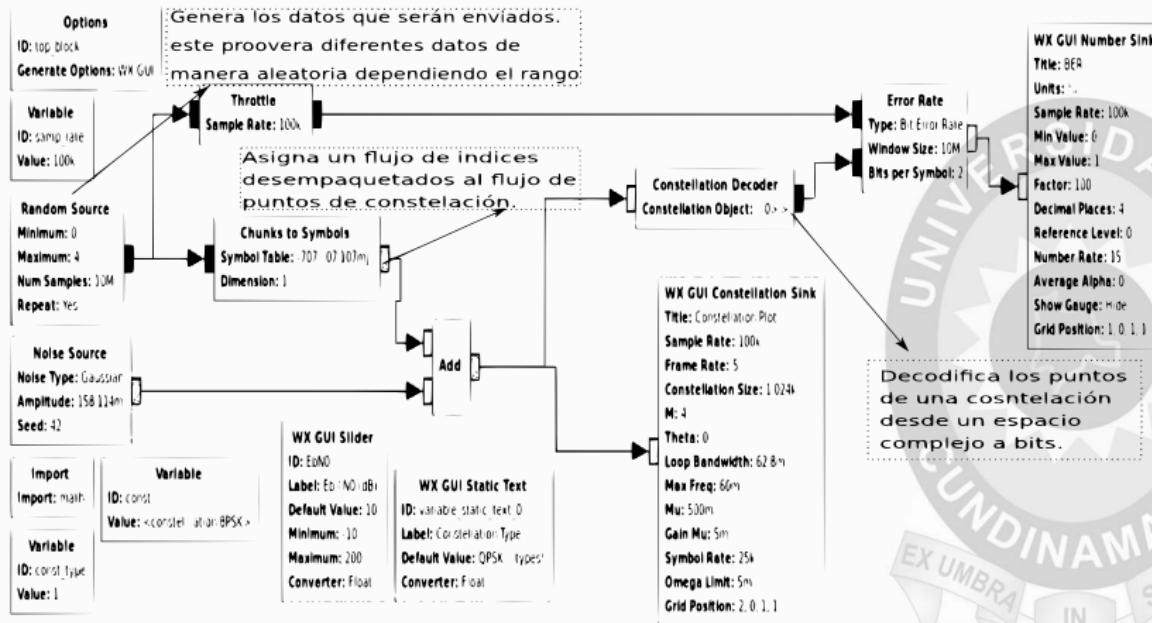
La tasa de error de bit (BER) es el número de errores de bit por unidad de tiempo. La relación de error de bit (también BER) es el número de errores de bit dividido por el número total de bits transferidos durante un intervalo de tiempo. La relación de error de bit es una medida de rendimiento sin unidades.

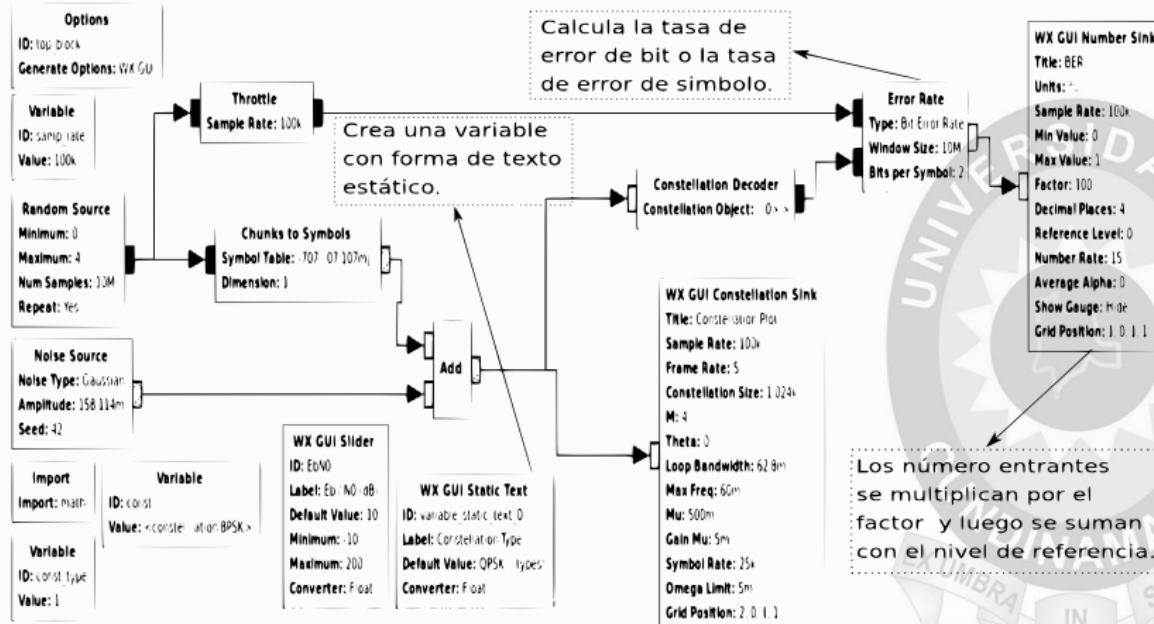


BER

En GNU Radio para calcular la tasa de error en un modulación utilizamos el siguiente diagrama

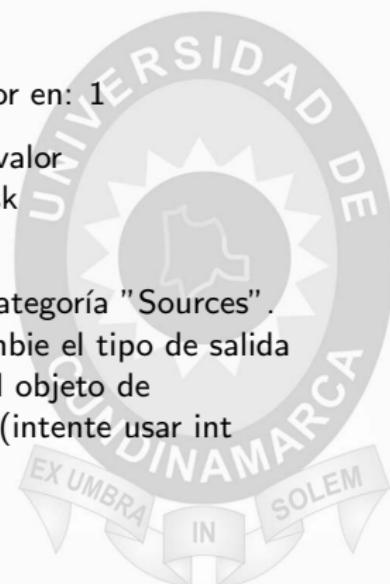






BER

- Agregue una variable "consttype" y establezca su valor en: 1
- Agregue una nueva variable "const", y establezca su valor en:(digital.constellationbpsk (),digital.constellationqpsk (),digital.constellation8psk ())
- En el lado derecho, busque "Random Source" en la categoría "Sources". Haga doble clic en el bloque "Fuente aleatoria" y cambie el tipo de salida a "Byte", el máximo a. Constelación es el nombre del objeto de constelación GnuRadio y número de muestras a 10M (intente usar int (10e6) en lugar de 1000000) .



Properties: Random Source

General Advanced Documentation

ID: analog_random_source_x_0

Output Type: Byte

Minimum: 0

Maximum: const[const_type].arity()

Num Samples: int(10e6)

Repeat: Yes

Cambia el tipo de salida a byte.

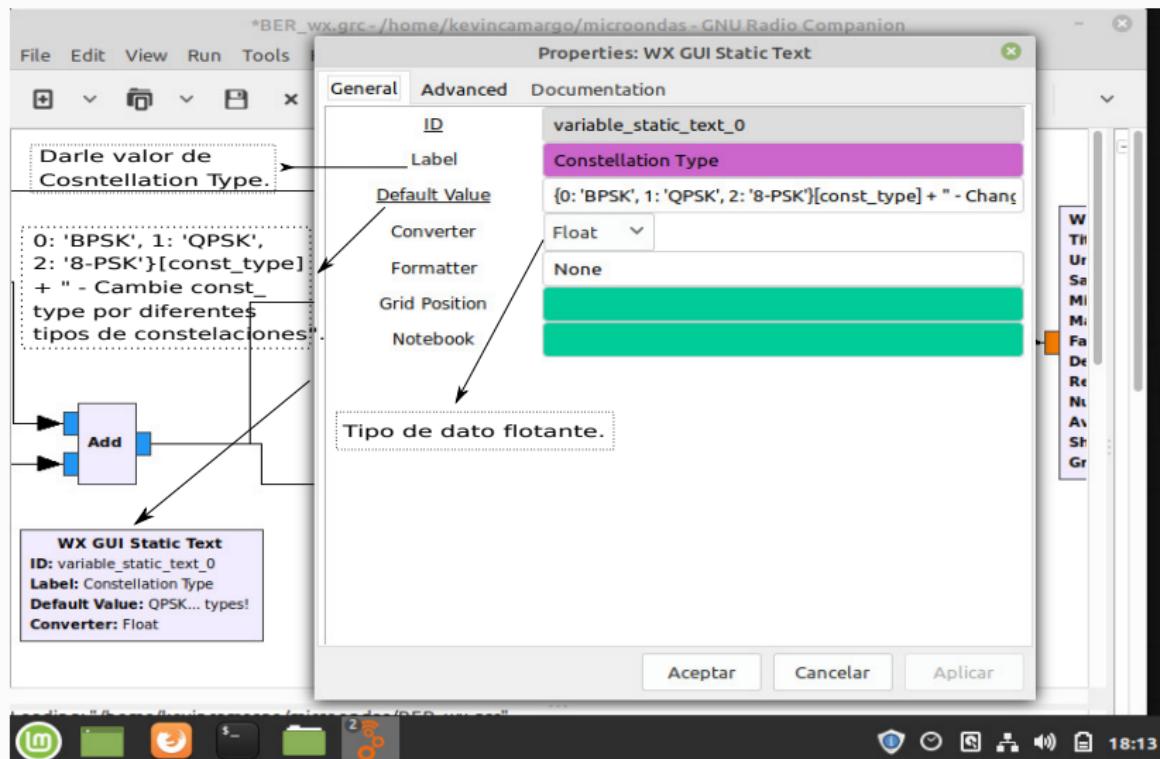
Asigne en maximo: const[const_type].arity()

Aceptar Cancelar



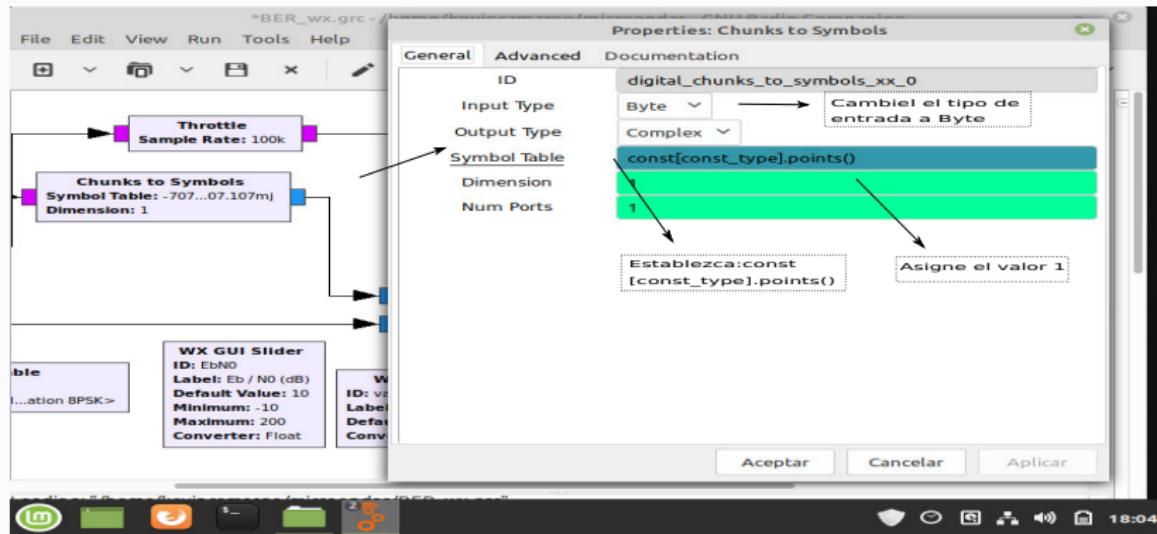
BER

- Agrege un "WX Static Text"

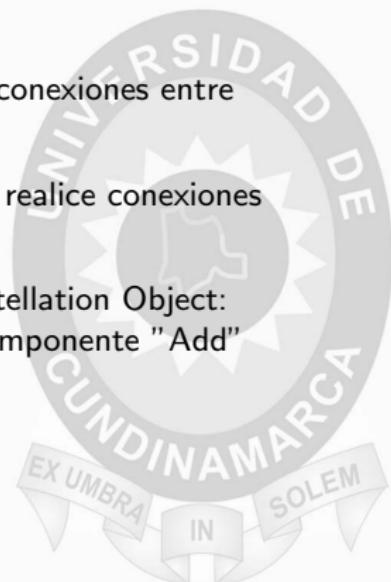


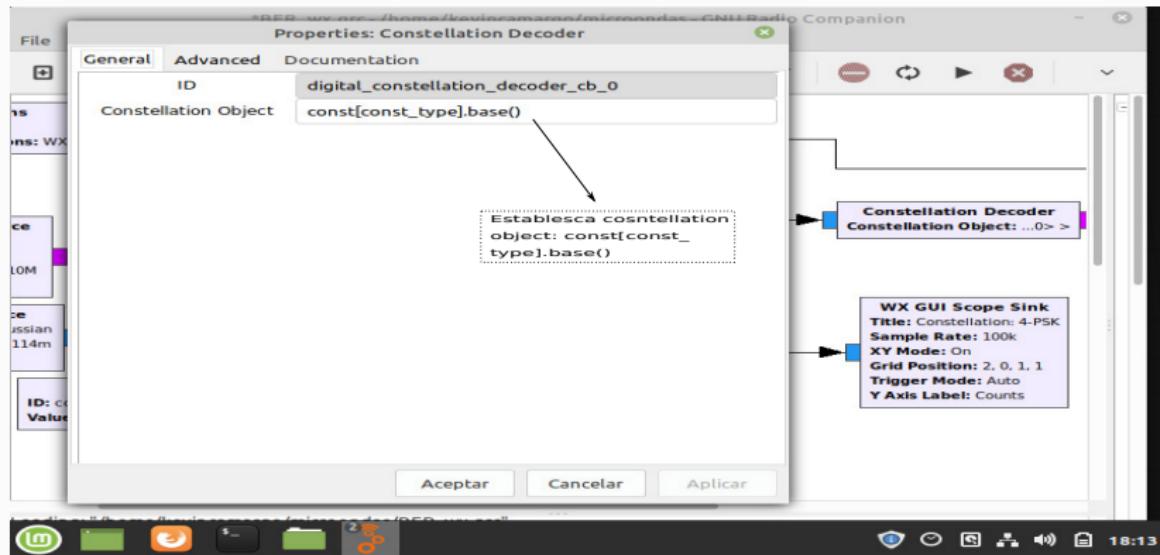
BER

- Agregue WX GUI Slider, valores mínimos establecidos en -100, valor máximo establecido en 100, valores predeterminados establecidos en 10. Nombre "EbN0" este control deslizante como "EbN0" (ID de objeto).
- Importar una biblioteca "math" (componente "Import", valor: "import math")
- Agregue "Noise source" de la categoría "Sources" y cambie la amplitud como $1.0 / \text{math.sqrt}(2.0 * \text{const}[\text{consttype}].\text{bitspersymbol}()) * 10 ** (\text{EbN0} / 10)$.
- Agregue "Chunks to symbols" de la categoría "Misc Conversion" y cambie el tipo de entrada a "Byte", tabla de símbolos para "const [consttype].points()", la dimensión a 1.

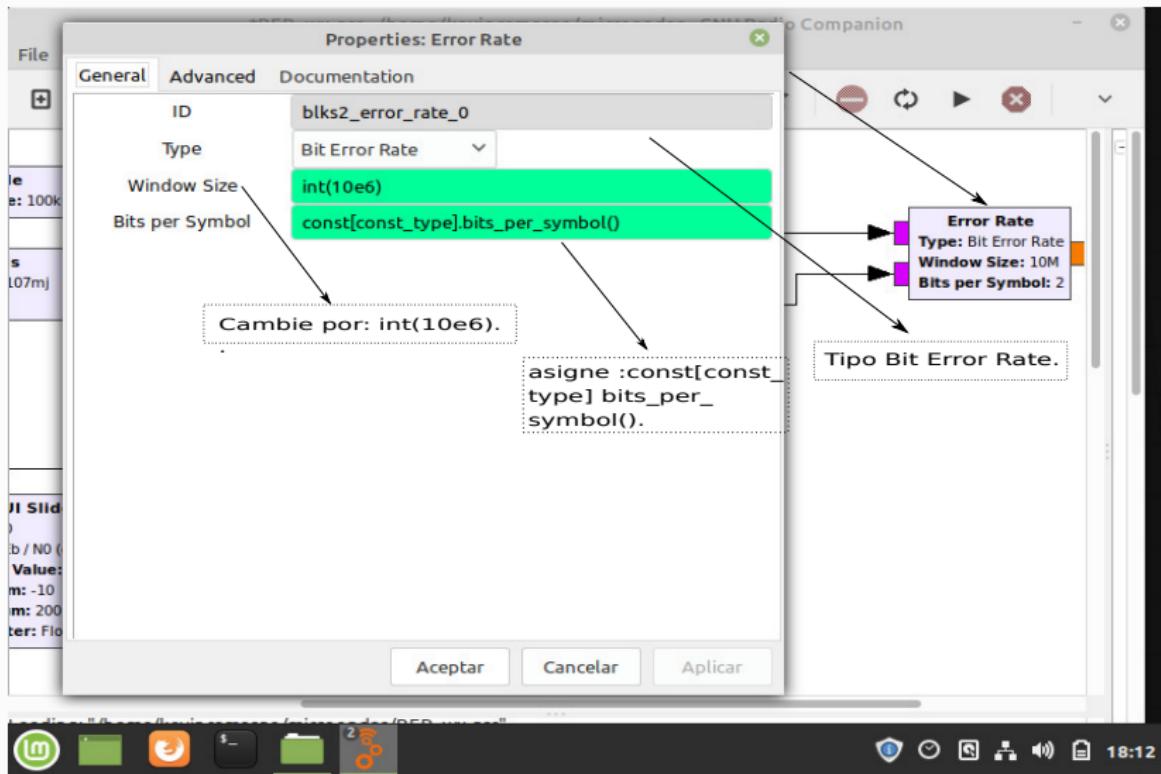


- Agregue "Add" de la categoría "Operadores" y haga conexiones entre "Chunks to Symbols" y " Noise Source ".
- Agregue "WX Constellation Sink" de la categoría " " y realice conexiones entre este componente y el componente "Add".
- Agregue " Constellation Decoder" Establezca en Constellation Object: const [tipoconst] .base (). Conecte a su entrada el componente "Add"

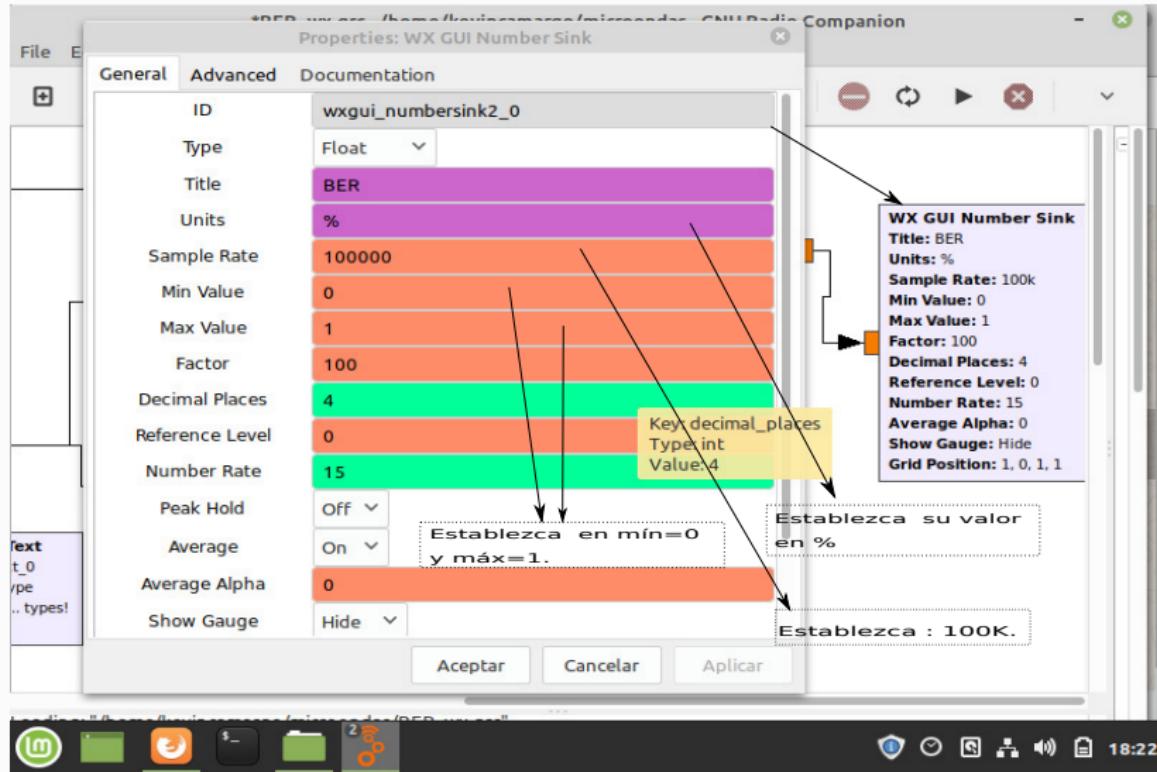


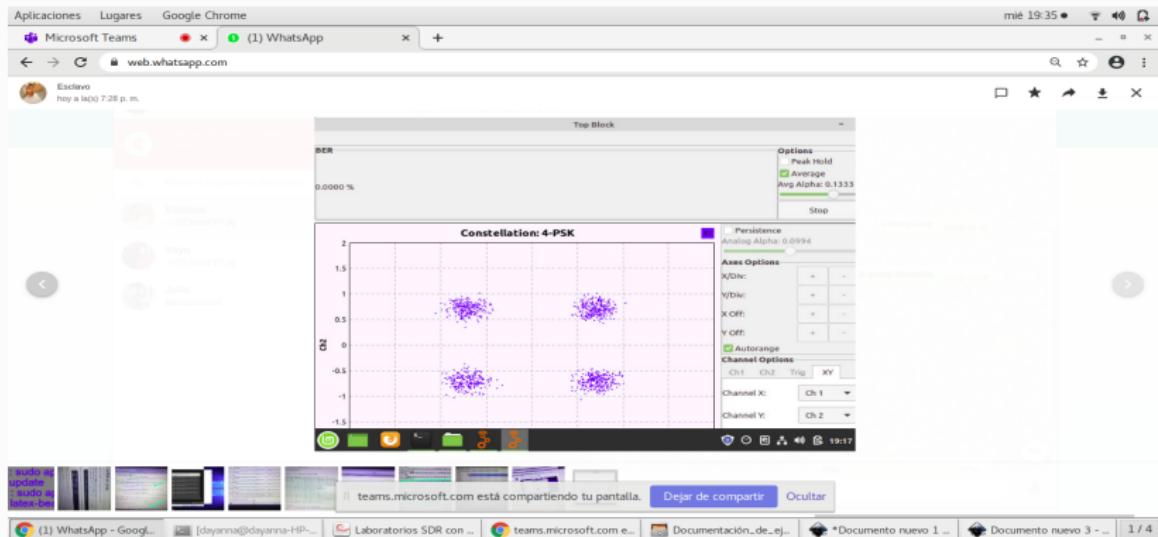


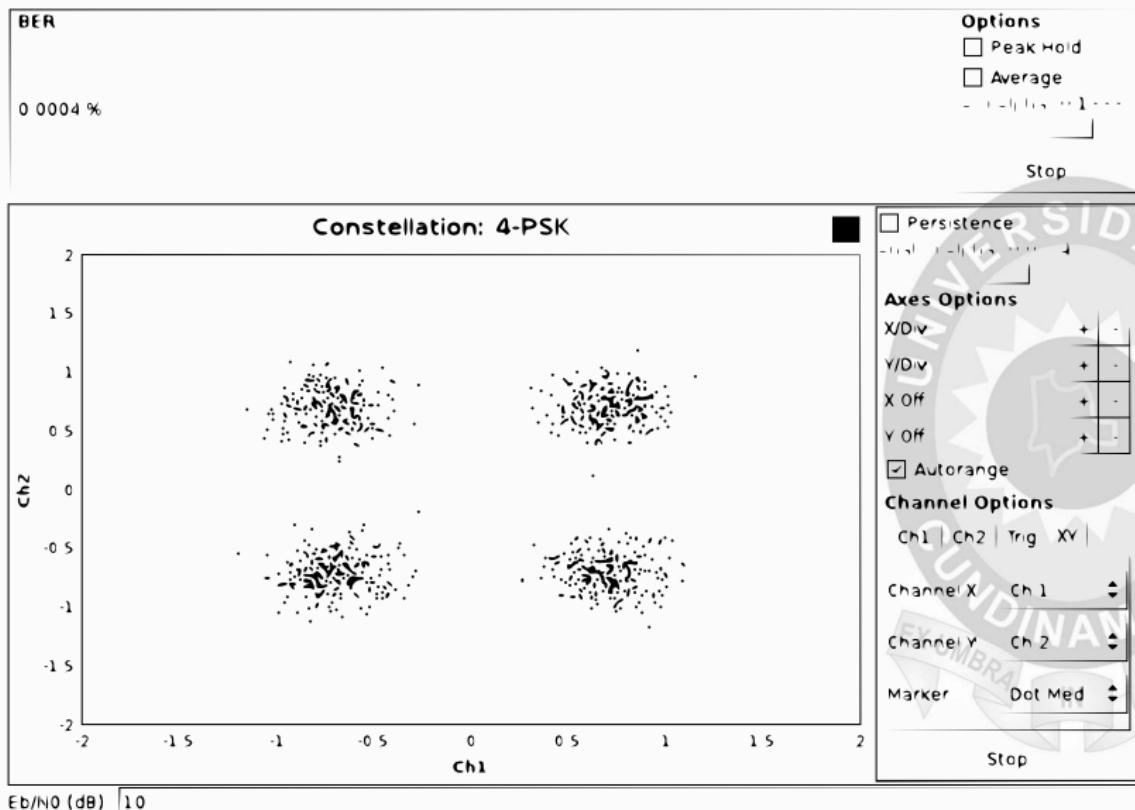
- Agregue "Error Rate" y cambie el tamaño de la ventana a 10M (int (1e7)), el Bits per símbolo a "const[consttype].bitspersymbol ()").



- Agregue "WX Number Sink". Establezca la entrada en flotante, min a 0 y max a 1.







Lab24

Constelación y FFT Modulación BPSK

Modulación BPSK

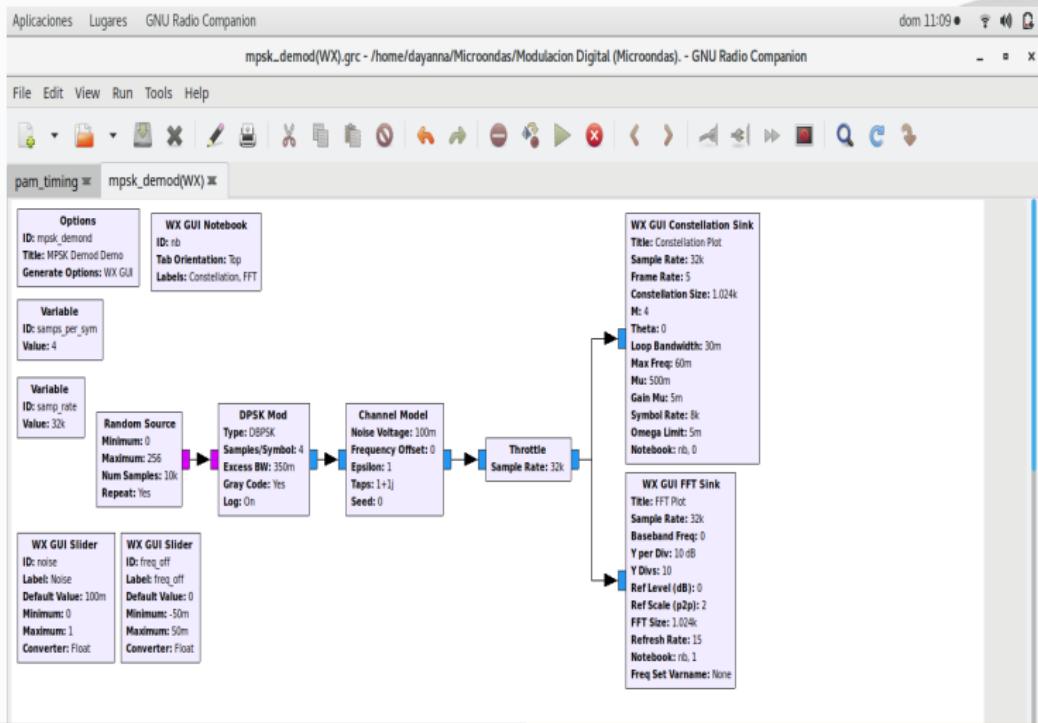
La modulación BPSK o Modulación por desplazamiento de fase binaria, es una modulación digital que se representa mediante un diagrama de constelación conformado por dos puntos equidistantes del origen de coordenadas.

Representa la modulación por desplazamiento de dos símbolos, con un bit de información cada uno, cada una de estas fases separadas a 180° , estos símbolos tienen un valor de salto de fase de 0° para (1) y de 180° para (0).

Este tipo de modulación digital (BPSK), es equivalente a la modulación 2-QAM, y constelación de esta modulación se representa en el diagrama del plano I-Q.

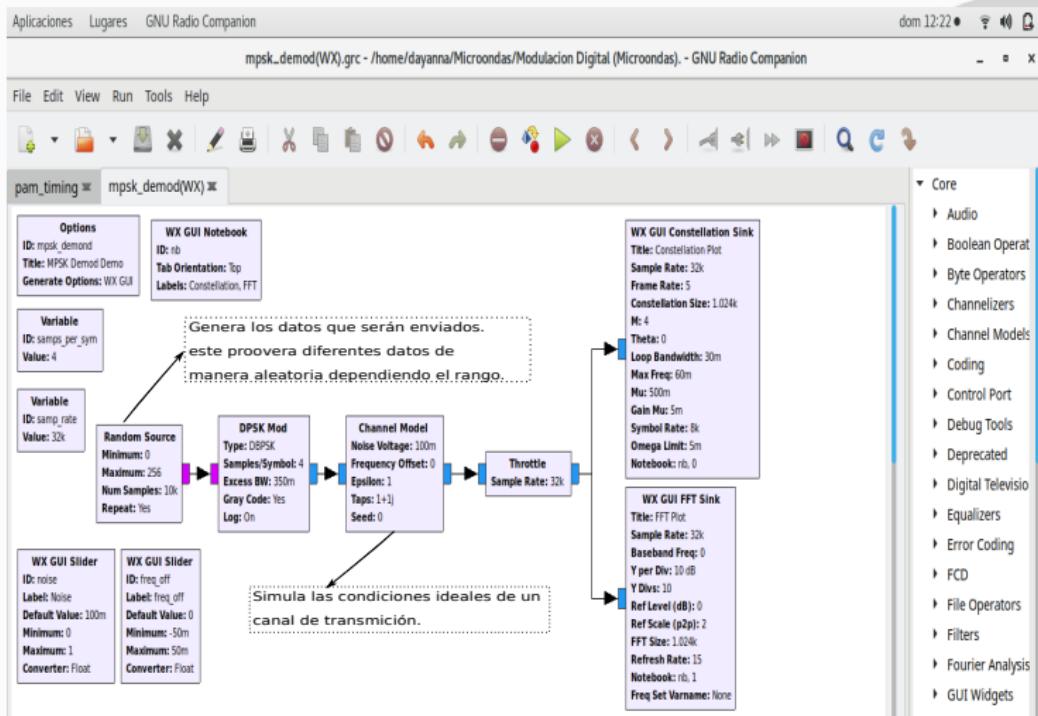
Modulación BPSK

Como obtener la constelación en el plano de diagrama I-Q de una modulación BPSK, y su FFT.



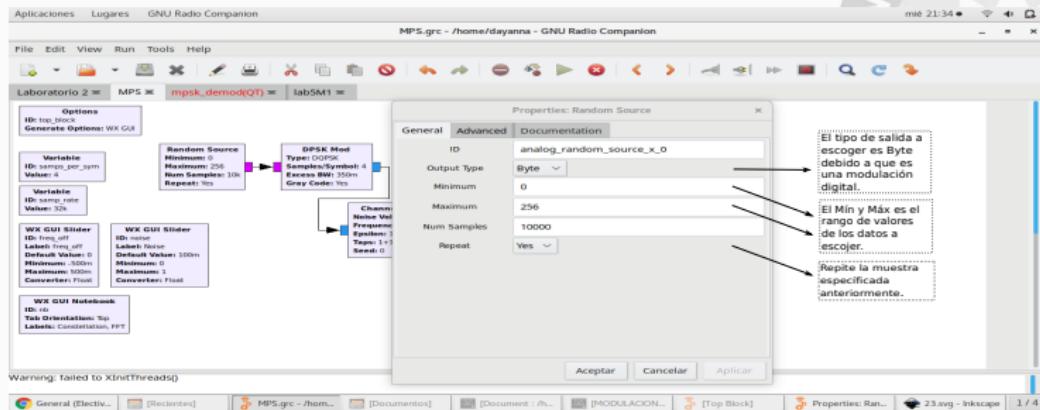
Constelación y FFT; BPSK

Para observar la constelación y la señal FFT de una modulación BPSK, se tiene en cuenta la utilización del Channel Model y Random Source.



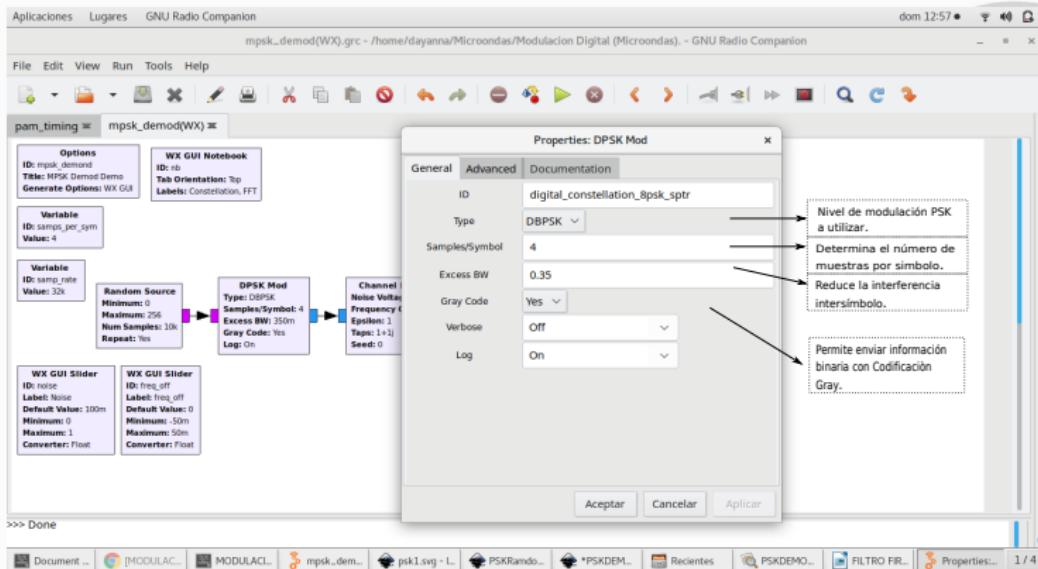
Configuración de Bloque

Para generar los datos que serán enviados mediante el canal de transmisión, se debe configurar el bloque Random Source.



Configuración de Modulador

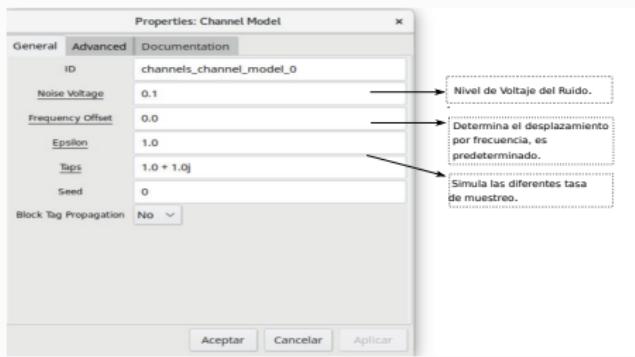
Realizamos la configuración previa en el bloque para realizar la modulación BPSK



En la modulación BPSK, la información que se transmite a través de un canal de comunicación se envía durante la fase de la portadora, una fase particular de 180° se usa para representar la información discreta.

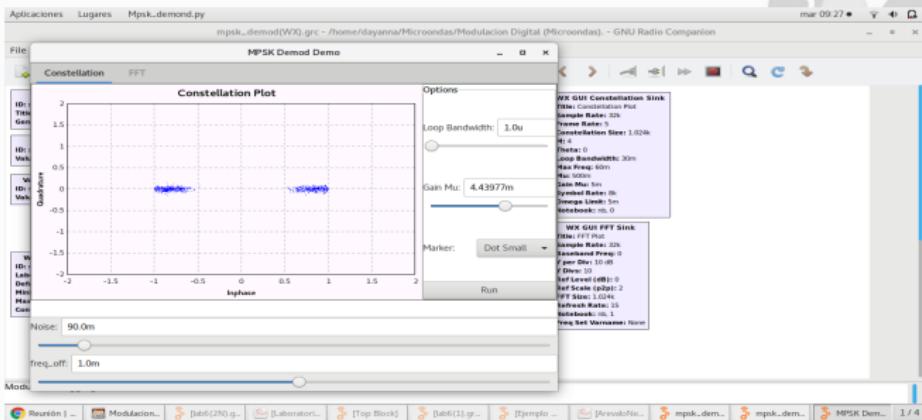
Configuración del Canal

La simulación del canal se hace mediante el bloque Channel Model, este simula un canal AWGN.



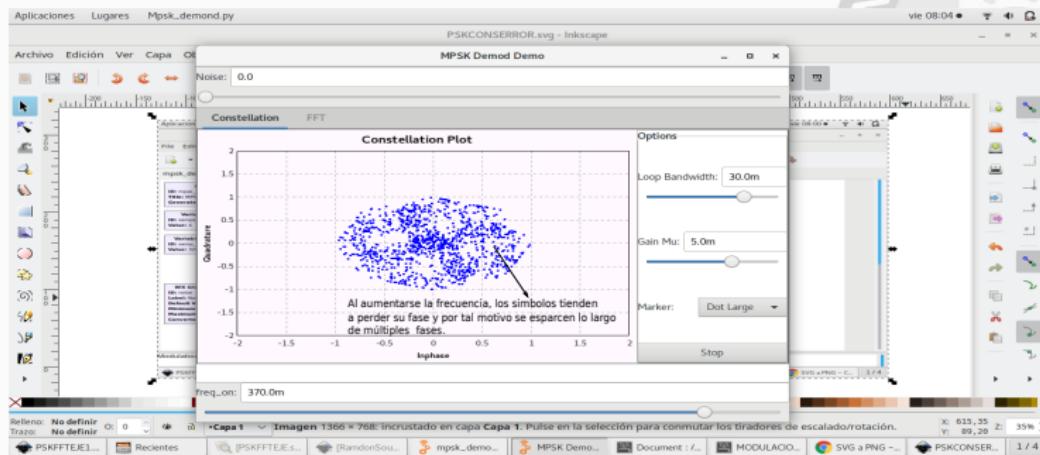
Constelación BPSK

En la modulación se observa el desfase de 180° entre cada símbolo de la constelación del diagrama I-Q, donde I representa la fase y Q la cuadratura, pero en este caso la cuadratura no es utilizada ya que no es una modulación de tipo cuadrifásica.



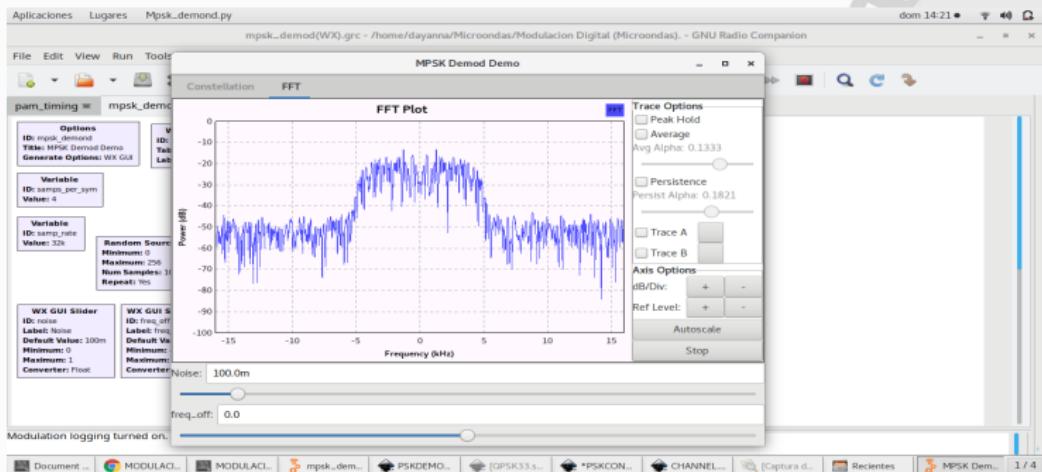
Constelación BPSK

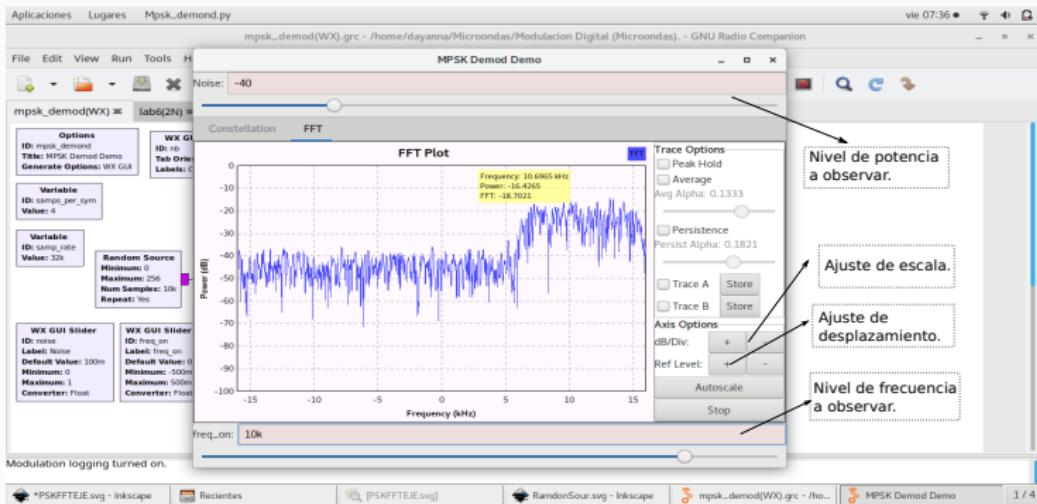
Cuando existe dispersión en los símbolos durante diferentes fases, se considera como un error, debido que a que los símbolos que contienen información se perderán, es decir la información no será transmitida.



FFT, Modulación BPSK

La FFT en la modulación BPSK, nos permite analizar y transformar una señal en el dominio de la frecuencia.

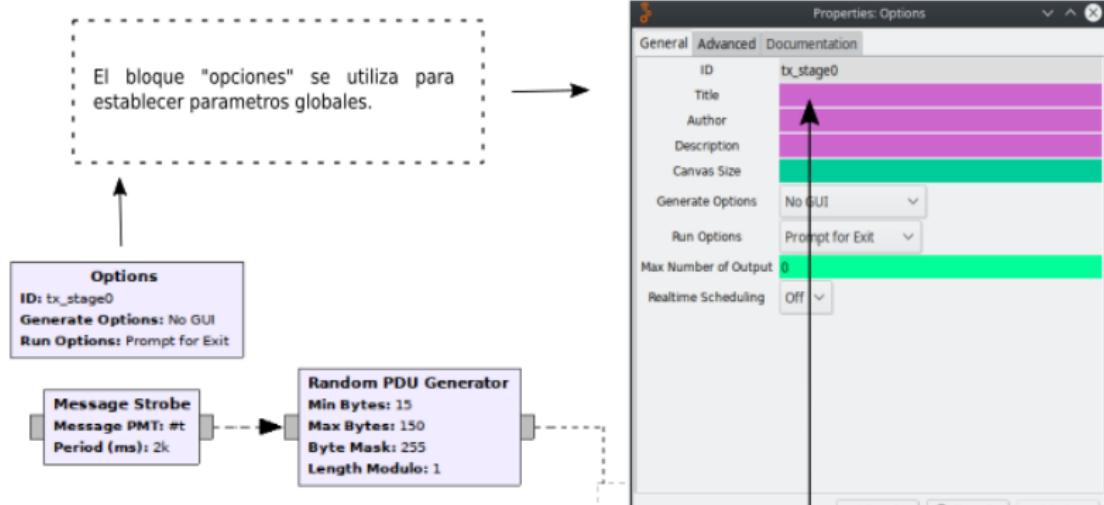




Lab25

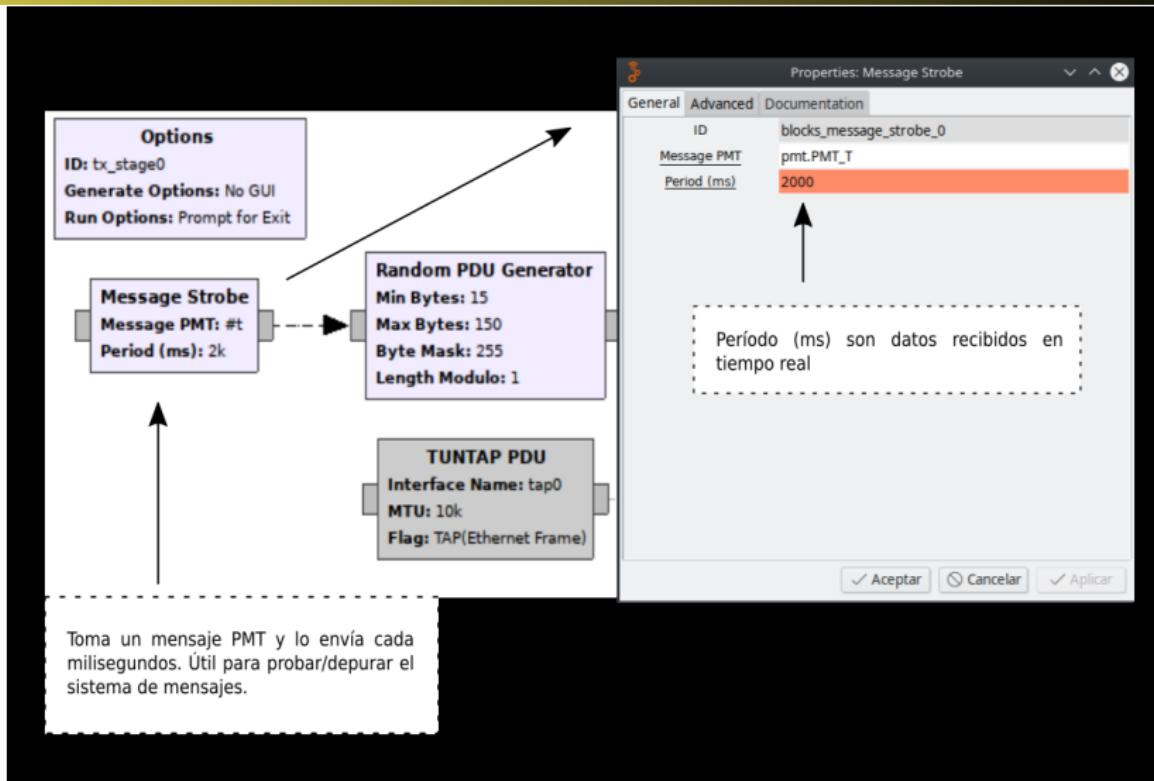
Generador Aleatorio de PDU

PASO 1: UNIDADES DE DATOS DE PROTOCOLOS (PDU)

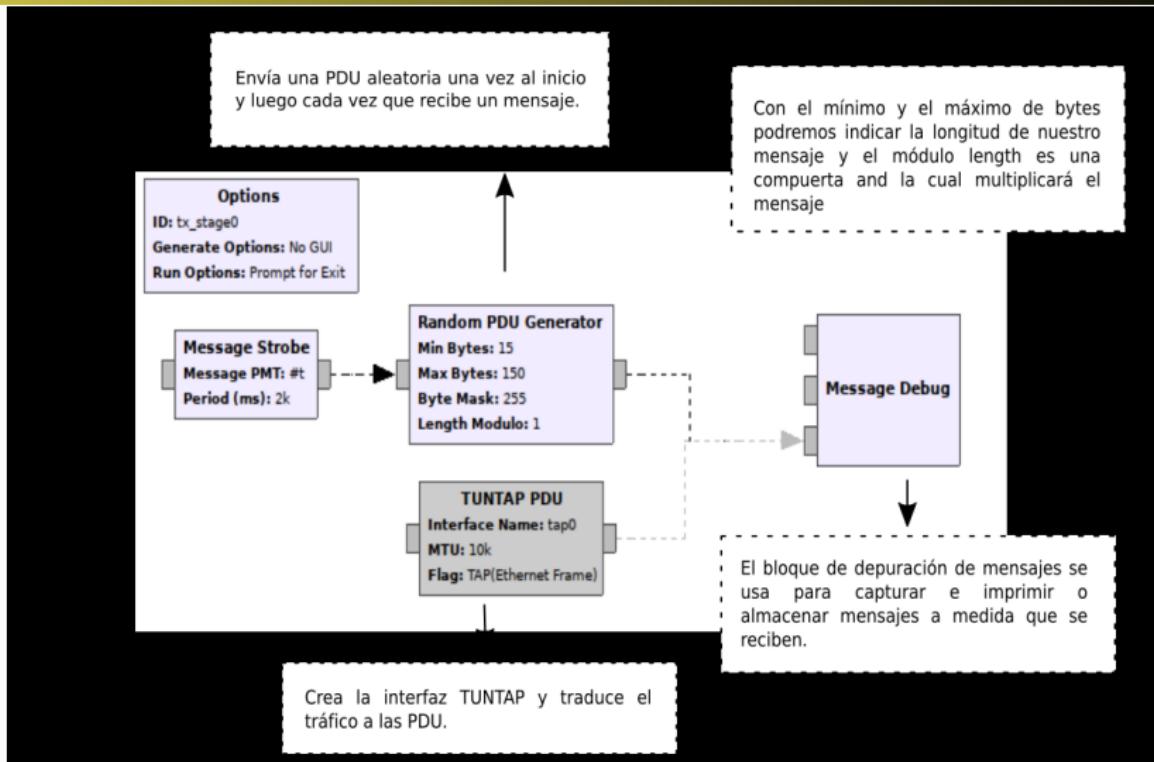


El ID es como quedará guardado nuestro archivo .py para poder verlo por consola. Prompt for Exit es una forma segura de cerrar el programa por consola.

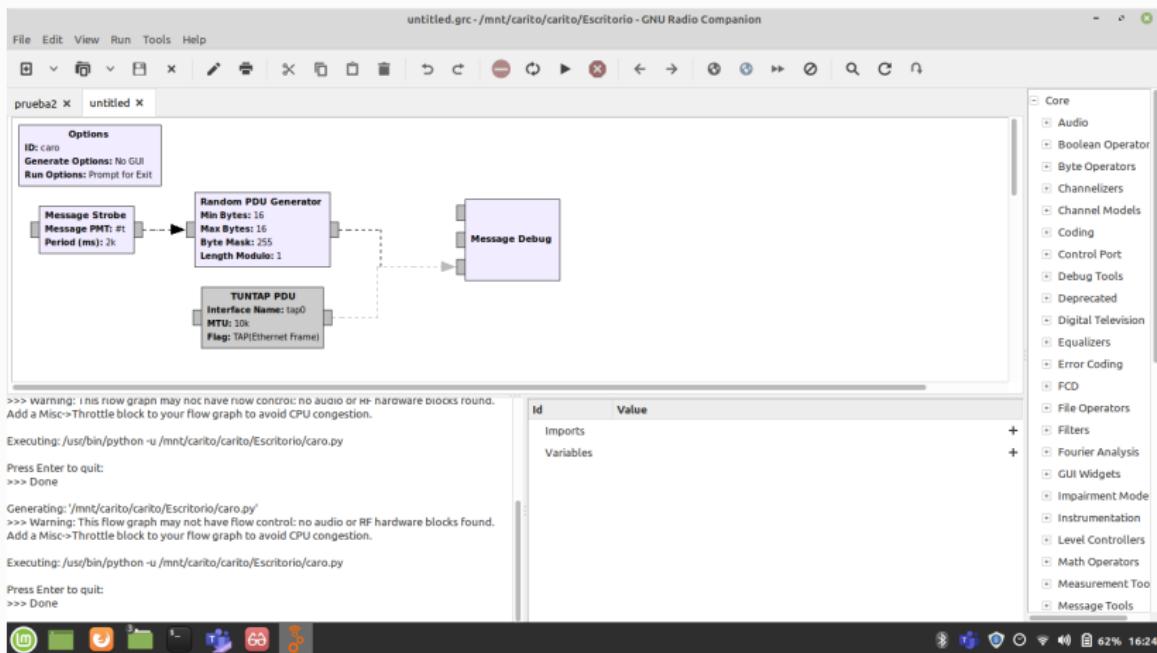
PASO 1: UNIDADES DE DATOS DE PROTOCOLOS (PDU)



PASO 1: UNIDADES DE DATOS DE PROTOCOLOS (PDU)



PASO 1: UNIDADES DE DATOS DE PROTOCOLOS (PDU)



RESPUESTAS POR MEDIOS DE INTERFAZ GRÁFICA

```
>>> Done
```

```
Generating: '/mnt/carito/carito/Escritorio/caro.py'
```

```
>>> Warning: This flow graph may not have flow control: no audio or RF hardware blocks found.  
Add a Misc->Throttle block to your flow graph to avoid CPU congestion.
```

```
Executing: /usr/bin/python -u /mnt/carito/carito/Escritorio/caro.py
```

```
Press Enter to quit:
```

```
>>> Done
```



REPUESTA POR CONSOLA

* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *

() pdu length = 125

contents =

0000: d0 22 e7 d5 20 f8 e9 38 a1 4e 18 8c 47 30 8c fe
0010: f5 ff f7 f7 28 b9 f8 fb f5 1c 7c cc cc 4c 24 01
0020: 6b 1c ea a3 ca e0 f5 80 a7 cc 09 5c d9 36 ef ae
0030: ad 66 c1 bd be 79 64 6c a7 2c 2b 4d b4 cc 08 51
0040: 46 df 0b 26 18 fe d2 d2 b1 20 51 c3 f3 7d 08 a9
0050: 70 20 61 35 c3 0d cb 09 2f 68 7d 75 72 7c a5 cb
0060: b5 eb c1 ce 46 b4 ae 00 a7 b5 29 a4 1e 74 7f c6
0070: f5 92 57 e0 95 ce 39 04 c0 d2 41 d2 81

Press Enter to quit:

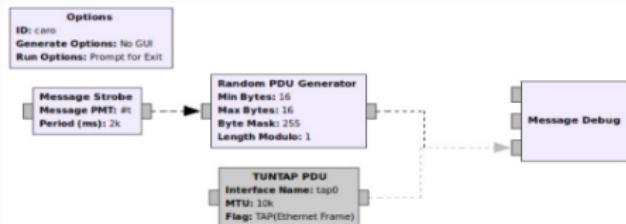
DEFINICIONES

PTM Los tipos polimórficos se utilizan como portadores de datos de un bloque / subprocesso a otro.

PDU Una PDU (unidad de datos de protocolo) en GNU Radio tiene un tipo PMT especiales un par de diccionario y un tipo de vector uniforme.



PASO 2: DETECCION DE ERRORES CRC

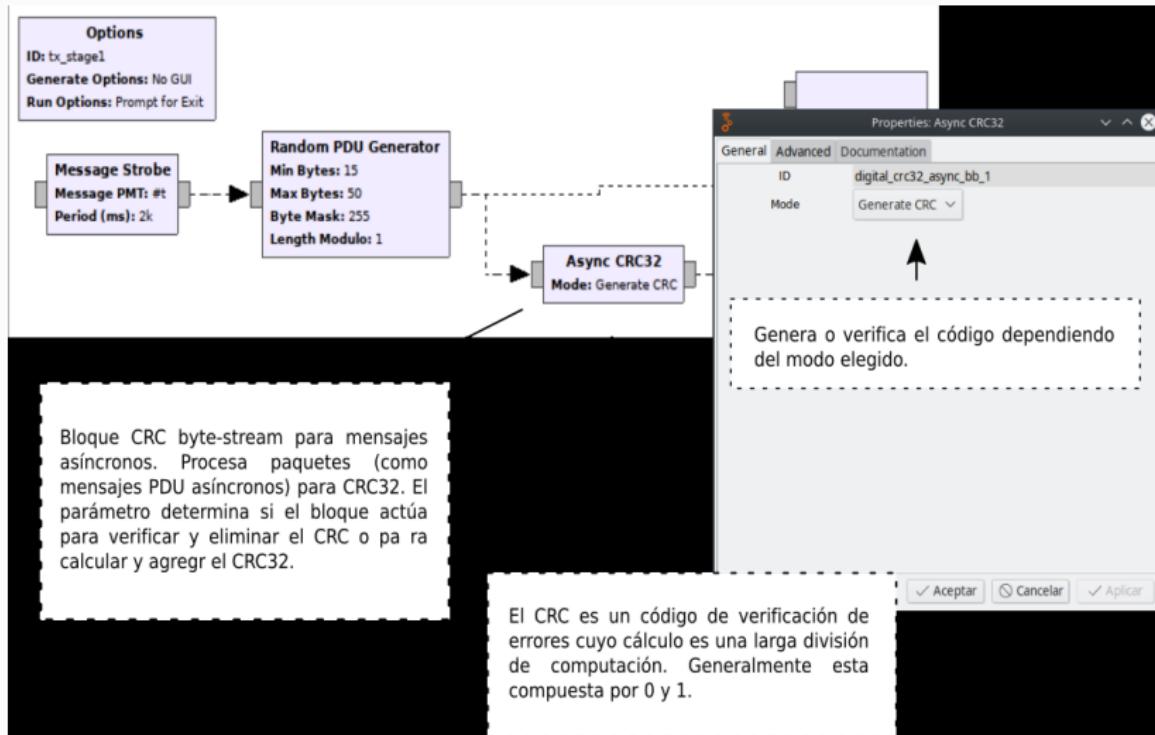


```
>> warning: This flow graph may not have flow control: no audio or RF hardware blocks found.  
Add a Misc->Throttle block to your flow graph to avoid CPU congestion.  
xecuting: /usr/bin/python -u /mnt/carito/carito/Escritorio/caro.py  
ress Enter to quit:  
>> Done  
enerating: '/mnt/carito/carito/Escritorio/caro.py'  
>> Warning: This flow graph may not have flow control: no audio or RF hardware blocks found.  
Add a Misc->Throttle block to your flow graph to avoid CPU congestion.  
xecuting: /usr/bin/python -u /mnt/carito/carito/Escritorio/caro.py  
ress Enter to quit:  
>> Done
```

Id	Value
Imports	
Variables	

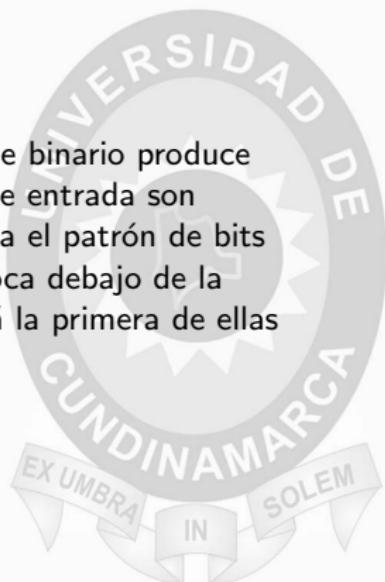
Console Panel
Aquí se puede ver el resultado de cada simulación, el mensaje que se genera.

ANEXO DE CÓDIGO DE COMPROBACIÓN DE ERRORES (PDU CON CRC)



CALCULADORA DE CRC32

a mecánica de la informática con su lenguaje binario produce unas CRC simples. Los bits representados de entrada son alineados en una fila, y el $(n + 1)$ representa el patrón de bits del divisor CRC (llamado polinomio) se coloca debajo de la parte izquierda del final de la fila. Aquí está la primera de ellas para el cálculo de 3 bits de CRC:



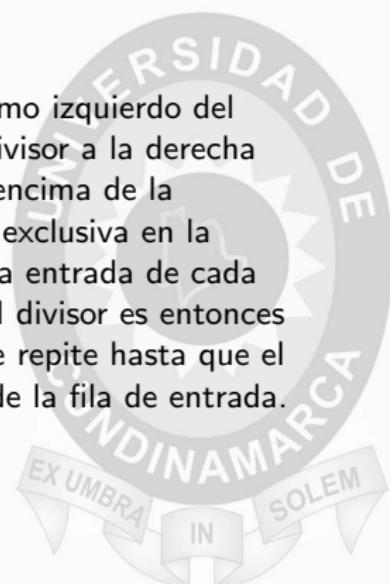
CALCULADORA DE CRC32

```
11010011101100 <--- entrada
 1011           <--- divisor (4 bits)
 -----
 01100011101100 <--- resultado
```



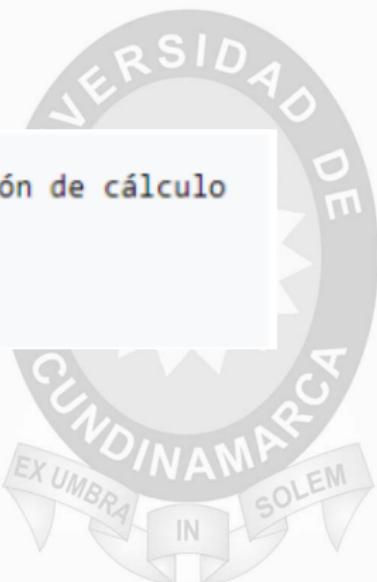
CALCULADORA DE CRC32

Si la entrada que está por encima del extremo izquierdo del divisor es 0, no se hace nada y se pasa el divisor a la derecha de uno en uno. Si la entrada que está por encima de la izquierda del divisor es 1, el divisor es (Or) exclusiva en la entrada (en otras palabras, por encima de la entrada de cada bit el primer bit conmuta con el divisor). El divisor es entonces desplazado hacia la derecha, y el proceso se repite hasta que el divisor llega a la derecha, en la parte final de la fila de entrada. Aquí está el último cálculo.

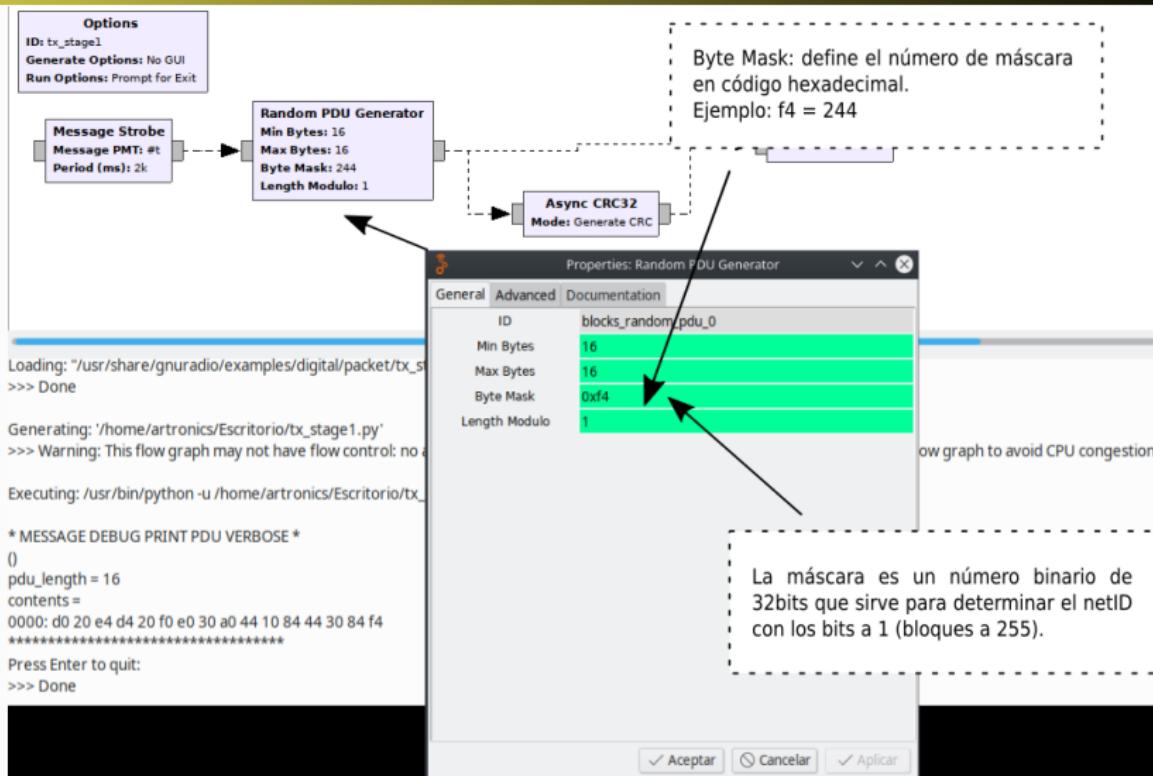


CALCULADORA DE CRC32

```
00000000001110 <--- resultado de la multiplicación de cálculo  
1011 <--- divisor  
-----  
0000000000101 <--- resto (3 bits)
```



ANEXO DE CÓDIGO DE COMPROBACIÓN DE ERRORES (PDU CON CRC)



REPUESTA POR MEDIO DE CONSOLE PANEL

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
()
Press Enter to quit: pdu_length = 16
contents =
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
*****
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
()
pdu_length = 20
contents =
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
0010: d3 55 3b 8f
*****
>>> Done
```



REPUESTA POR CONSOLA

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
```

```
() pdu length = 20
```

```
contents =
```

```
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
```

```
0010: d3 55 3b 8f
```

```
*****
```

```
Press Enter to quit:
```



EJEMPLO CON MASCARA PAR

The screenshot shows a GNU Radio Companion (GRC) interface with the following components and settings:

- Block Diagram:** A "Message Strobe" block is connected to a "Random PDU Generator" block. The "Random PDU Generator" block has the following properties:
 - ID: carolina
 - Generate Options: No GUI
 - Run Options: Prompt for Exit
 - Min Bytes: 16
 - Max Bytes: 16
 - Byte Mask: 0xf4
 - Length Modulo: 1
- Properties Window:** A "Properties: Random PDU Generator" dialog is open, showing the same configuration as the block diagram.
- Output Terminal:** The terminal window displays the generated PDU data in hex format:

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
()
pdu_length = 16
contents =
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
*****
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
()
pdu_length = 20
contents =
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
0010: d3 55 3b 8f
*****
Press Enter to quit:
>>> Done
```
- System Tray:** The bottom right corner shows system icons for battery (91%), signal strength, and time (11:29).

CALCULADORA DE CRC32

La calculadora de CRC32 da el resultado de forma invertida.

Calculadora de CRC en línea

['s PHP en GitHub](#) [Fuentes](#) [C # en GitHub](#) [Fuentes Java en GitHub](#)

```
d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
```

Tipo de entrada: ASCII Maleficio Tipo de salida: MALEFICIO DIC OCT COMPARTIMIENTO
 Mostrar datos procesados (HEX)

pdu_length = 20
contents =
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
0010: d3 55 3b 8f

Datos procesados

```
0xd0 0x20 0xe4 0xd4 0x20 0xf0 0xe0 0x30 0xa0 0x44 0x10 0x84 0x44 0x30 0x84 0xf4
```

Algoritmo	Resultado	Cheque	escuela politécnica	En eso	RefIn	RefOut	XorOut
CRC-32	0x8F3B55D3	0xCB43926	0x04C11DB7	0xFFFFFFFF	cierto	cierto	0xFFFFFFFF

REPUESTA POR CONSOLA

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
() pdu length = 20
contents =
0000: d0 20 e4 d4 20 f0 e0 30 a0 44 10 84 44 30 84 f4
0010: d3 55 3b 8f
*****
Press Enter to quit:
```



EJEMPLO CON MASCARA IMPAR

prueba2.grc - /mnt/carlo/carlo/Escritorio/micro pruebas - GNU Radio Companion

File Edit View Run Tools Help

Message Strobe
Message PMT: #
Period (ms): 2k

Random PDU Generator
Min Bytes: 16
Max Bytes: 16
Byte Mask: 255
Length Modulo: 1

Properties: Random PDU Generator

ID	blocks_random_pdu_0
Min Bytes	16
Max Bytes	16
Byte Mask	0xFF
Length Modulo	1

* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
(
pdu_length = 16
contents =
0000: d0 22 e7 d5 20 f8 e9 38 a1 4e 18 8c 47 30 8c fe

* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
(
pdu_length = 20
contents =
0000: d0 22 e7 d5 20 f8 e9 38 a1 4e 18 8c 47 30 8c fe
0010: 0f 2a 04 f5

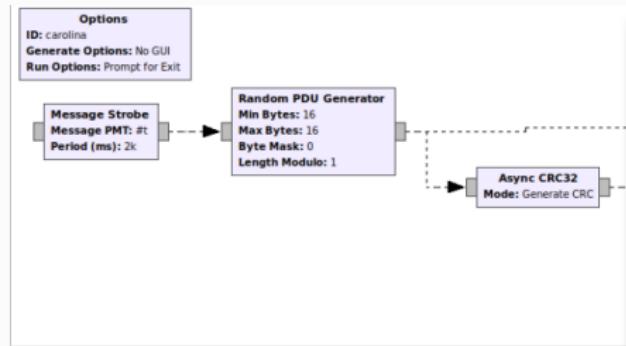
Press Enter to quit:
>>> Done

REPUESTA POR CONSOLA

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
() pdu length = 20
contents =
0000: d0 22 e7 d5 20 f8 e9 38 a1 4e 18 8c 47 30 8c fe
0010: 0f 2a 04 f5
*****
Press Enter to quit:
```



EJEMPLO CON MASCARA 0

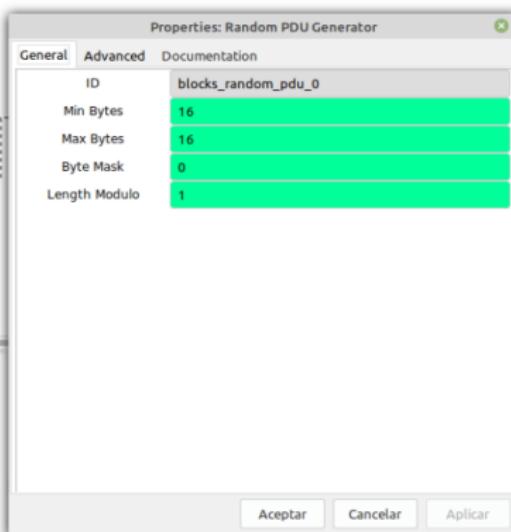


>>> Done

```
Generating: '/mnt/carito/carito/Escritorio/micro pruebas /carolina.py'  
>>> Warning: This flow graph may not have flow control: no audio or RF hardware blocks found.  
Add a Misc->Throttle block to your flow graph to avoid CPU congestion.
```

```
Executing: /usr/bin/python -u /mnt/carito/carito/Escritorio/micro pruebas /carolina.py
```

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *  
Press Enter to quit:()  
pdu_length = 16  
contents =  
0000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00  
*****
```



REPUESTA POR CONSOLA

```
* MESSAGE DEBUG PRINT PDU VERBOSE *
```

```
() pdu length = 20
```

```
contents =
```

```
0000: 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
0010: 55 4b bb ec
```

```
*****
```

```
Press Enter to quit:
```

BIBLIOGRAFÍA

Referencias |

[1] Seeber, Balint.

"GNU Radio Tutorials Labs 1 – 5". [Online]

https://files.ettus.com/tutorials/labs/Lab_1-5.pdf.

[2] Vachhani, Khyati. Gokhruwala, Kenil; Kumar, Jay

"Design Analysis of Digital Modulation Schemes with GNU Radio".

[Descargado de:] https://www.researchgate.net/publication/281106848_Design_Analysis_of_Digital_Modulation_Schemes_with_GNU_Radio.

[3] Wikipedia.

"Frecuencia modulada". [Online]

https://es.wikipedia.org/wiki/Frecuencia_modulada.

[4] Vaught, Andy.

"Introduction to Named Pipes". [Online]

<https://www.linuxjournal.com/article/2156>.

Referencias II

[5] **Wiki Opendigitalradio.**

"Simple FM transmitter using gnuradio". [Online]

http://wiki.opendigitalradio.org/Simple_FM_transmitter_using_gnuradio.

[6] **Electronisys.**

"Ficha técnica de radio portátil UHF Motorola EP150". [Descargado de:]

http://www.electronisys.cl/index.php?route=product/product&product_id=50.

[7] **Wikipedia.**

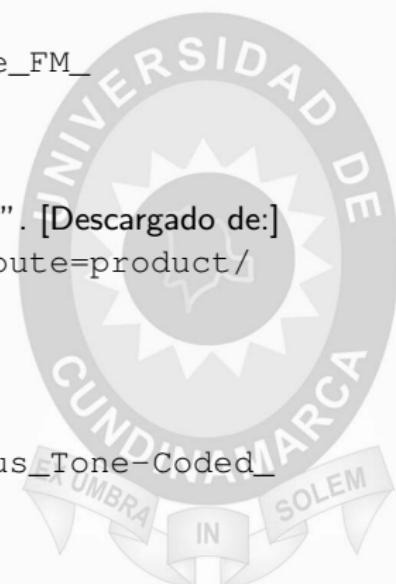
"Continuous Tone-Coded Squelch System". [Online]

https://en.wikipedia.org/wiki/Continuous_Tone-Coded_Squelch_System.

[8] **Airspy.**

"Airspy Redefining the Radio Experience". [Online]

<https://airspy.com/download/>



Referencias III

[9] Motorola Solutions.

"Two-Way Radios". [Online]

<https://www.motorolasolutions.com/content/dam/msi/docs/enxl/products/two-way-radios-business/portable-radios/on-site-smallbusiness/>.

[10] Documento PDF

"Lecture 9 Analog and Digital I/Q Modulation". [Online]

<http://web.mit.edu/6.02/www/f2006/handouts/Lec9.pdf>.

[11] TOMASI, WAYNE.

"Sistemas de comunicaciones electrónicas". [Descargado de:]

<http://fernandoarciniega.com/books/sistemas-de-comunicaciones-electronicas-tomasi-4ta-edicion.pdf>.

Referencias IV

[12] Arévalo Nelson

"Transmisión y recepción de imagen con modulación QPSK usando radio definido por software". [Online] <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/16606>.

[13] Aaron Scher

"Cómo convertir un flujo de datos digitales en una señal analógica de banda base utilizando un filtro FIR interpolador". [Online] http://aaronsscher.com/GNU_Radio_Companion_Collection/BPSK_modulatorB.html.

[14] Agencia Nacional Europea

"Señales de coseno realzado de raíz cuadrada ". [Online] [https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Square-Root_Raised_Cosine_Signals_\(SRRC\)/tutorials/labs/Lab_1-5.pdf](https://gssc.esa.int/navipedia/index.php/Square-Root_Raised_Cosine_Signals_(SRRC)/tutorials/labs/Lab_1-5.pdf).