

# **PRÁCTICA 2**

## **(2 sesiones de clase)**

### **Instrumentación y reflectometría en el dominio del tiempo (TDR)**

Autore  
s

Karol Milena Ardila Garnica – 2182356

Denis Hernan Franco Arias – 2165638

**Grupo de  
laboratorio:**

D1B

**Subgrupo de clase**

G06

#### **1. LA REFLECTOMETRÍA EN EL DOMINIO DEL TIEMPO (PARTE 1)**

La reflectometría en el dominio del tiempo es usada como una prueba estándar para detectar fallas en una línea de transmisión; no solamente se determina el tipo, también se es posible aproximar la localización de la falla.

Para el estudio del fenómeno de reflectometría se realizan pruebas de corto circuito, circuito abierto y carga acoplada en los terminales de la línea de transmisión, de tal manera que se pueda diferenciar el comportamiento del tipo de falla asociada a cada prueba.

La velocidad a la cual viaja la onda de tensión dentro de una línea coaxial se conoce como velocidad de propagación:

$$v_p = \frac{C}{\sqrt{\epsilon}}$$

Por otra parte, la calidad de un sistema de transmisión es mostrada por la razón entre la onda reflejada y la onda incidente originada en la fuente. Esta relación es llamada el coeficiente de reflexión,  $\Gamma_R$ , y está relacionado con la impedancia de la línea de transmisión por la ecuación:

$$\Gamma_R = \frac{V^-}{V^+} = \frac{Z_R - Z_0}{Z_R + Z_0}$$

Donde:  $Z_R$  es la impedancia de carga;  $Z_0$  es la impedancia característica de la línea de transmisión;  $V^+$  es la magnitud de la onda incidente;  $V^-$  es la magnitud de la onda reflejada.

### 1.1. TDR para Localización de fallas

El punto en la línea donde se encuentra un defecto que está representado por una discontinuidad para la señal; este defecto hace que una parte de la señal transmitida se refleje en vez de continuar por el cable. La reflectometría funciona en forma similar al radar, un pulso de corta duración con corto tiempo de subida se propaga por un cable, se mide el tiempo en que regresa una parte de la señal a la fuente.

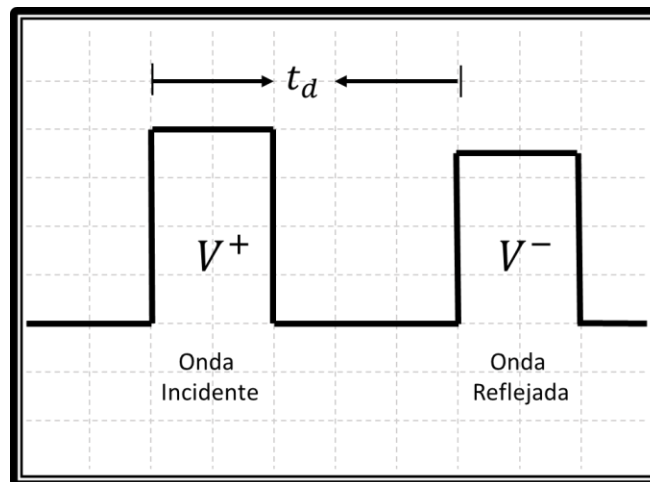
Al conocer la velocidad de propagación del medio, se puede calcular la distancia exacta entre el defecto y la fuente, con la siguiente ecuación:

$$d = \frac{v_p \cdot t_d}{2}$$

Donde:

$v_p$  es la velocidad de propagación en el medio;

$t_d$  Es el tiempo de separación entre el pulso incidente y el reflejado.

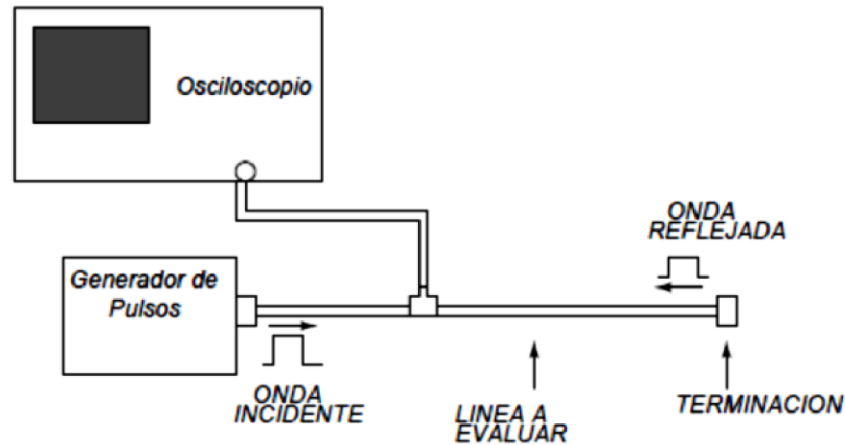


## 2. TRABAJO PREVIO

Investigue los parámetros eléctricos del [Cable Coaxial RG-58](#): impedancia característica, ancho de banda, constante dieléctrica, atenuación, velocidad de propagación.

## 3. PROCEDIMIENTO

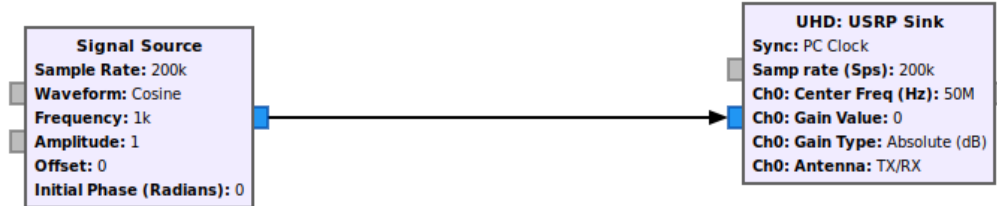
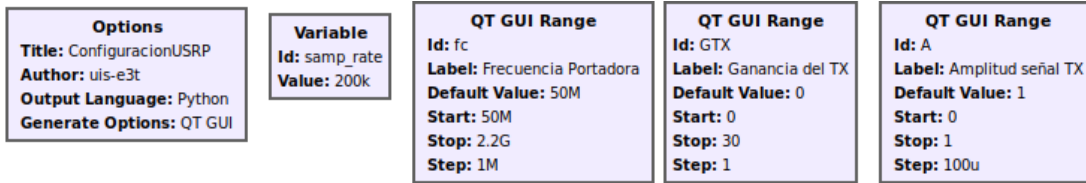
3.1. Realice el siguiente montaje usando como línea de evaluación el cable coaxial RG58 A/U.



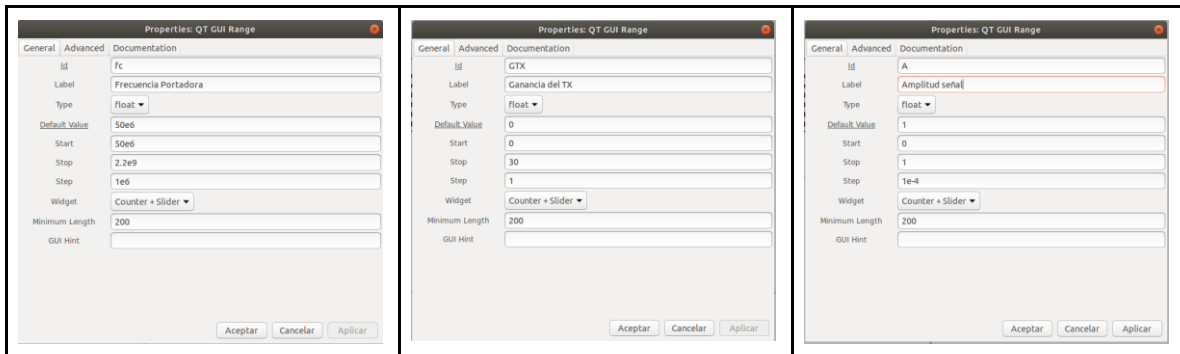
- 3.2. Mida la distancia de los cables coaxiales (todo cable coaxial tiene asociado una nomenclatura inscrita en letras blancas sobre él acompañado de las letras FT) esto indica la posición de uno de los extremos, para determinar la distancia debe restar los valores encontrados en cada extremo para determinar la longitud del cable (tenga en cuenta que la medida del cable está en pies (FT)).
- 3.3. Genere un tren de pulsos rectangulares, el periodo de la señal en 400 kHz y el ciclo de trabajo sobre 10 %.
- 3.4. Habilite la señal del generador de señales, obtenga las medidas de amplitud y de tiempo entre las señales incidentes y reflejadas
- 3.5. Ajuste las escalas verticales y horizontales del osciloscopio de acuerdo con la señal generada. Ajuste los cursores horizontales sobre la onda incidente y la onda reflejada, ajuste los cursores verticales sobre el instante de tiempo donde aparece la onda incidente y la onda reflejada. Registre los valores medidos.
- 3.6. Luego, conecte en el terminal del cable coaxial la carga tipo cortocircuito apoyados con un cable coaxial terminado en pinzas. Registre los valores medidos.
- 3.7. Conecte en el terminal del cable coaxial la carga de 50  $\Omega$ . Registre los valores medidos.
- 3.8. Conecte en el terminal del cable coaxial dos cargas diferentes con valores superiores a 50  $\Omega$  y dos cargas con valores inferiores a 50  $\Omega$ . Registre los valores medidos.

## 2. INSTRUMENTACIÓN

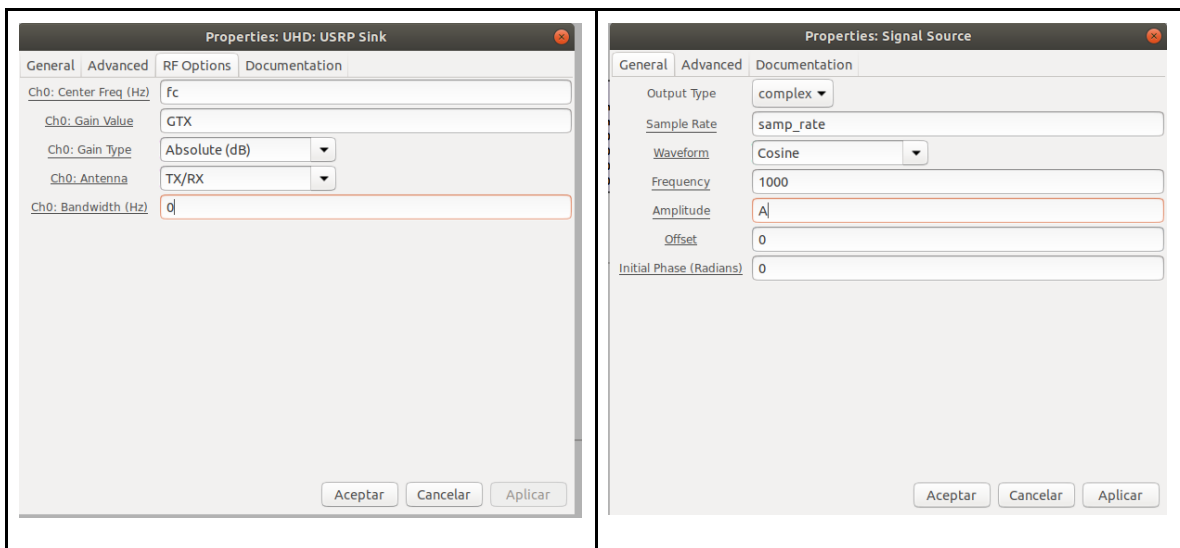
Para realizar la configuración del USRP como transmisor se debe realizar el siguiente montaje:



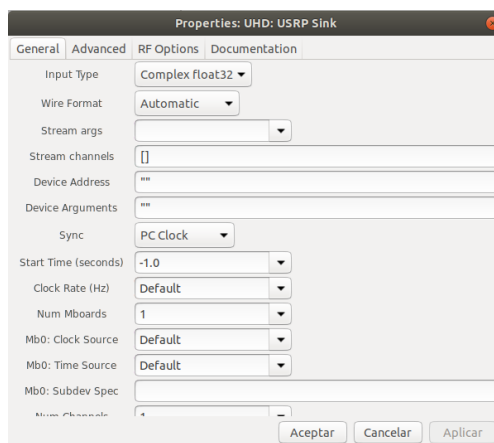
la configuración de las variables de rango se realizan como se muestra a continuación



Las variables **fc** y **G** se asignan a los módulo **UHD: USRP SINK** y la variable **A** al módulo **Signal Source**



Como parte del proceso de generación se debe sincronizar el SDR con el computador seleccionando la opción sink: por **PC Clock**



## 2.1. SDR – OSCILOSCOPIO

Tomando como referencia el SDR como generador de señales (use la señal de referencia constante) y el canal 1 del osciloscopio. tome los datos de amplitud leídos en el osciloscopio. variando la frecuencia de transmisión del radio ( $f_c$ ) y la amplitud de la señal constante. Nota: los valores de  $f_c$  se pueden variar de acuerdo con el criterio propio o con los datos presentados por el profesor durante la práctica.

FC = 50 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	344,52mv
0.5	172,24mv
0.25	87,12mv
0.125	43,56mv
0.0625	27,72mv
FC = 75 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	623,7mv
0.5	312,84mv
0.25	158,40mv
0.125	83,16mv

0.0625	43,56mv
FC = 100 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	445,5mv
0.5	227,70mv
0.25	88,4mv
0.125	44,4mv
0.0625	26,8mv
FC = 130 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	108mv
0.5	51,6mv
0.25	28mv
0.125	14,4mv
0.0625	7,2mv

## 2.2. SDR – ANALIZADOR DE ESPECTROS

Para esta parte del laboratorio, se debe hacer la transmisión entre dos grupos de trabajo, el primero debe generar una señal desde el radio y el otro grupo debe medir la señal desde el analizador de espectros usando su cable RG58 A/U que usó en la sección anterior.

Usando el SDR como generador de señales (use la señal de referencia constante) por el puerto RX/TX (Un equipo de trabajo), y el analizador de espectros como equipo de medida conecte el cable RG58 A/U (del grupo de trabajo 2) y un atenuador de 30 dB. Varíe la ganancia del transmisor para cada valor de frecuencia de transmisión (fc) como se relaciona en la siguiente tabla.

Frecuencia de operación (fc) MHz	Ganancia del transmisor (GTx=0)	Ganancia del transmisor (GTx=10)	Ganancia del transmisor (GTx=20)	Ganancia del transmisor (GTx=30)
50	-42,51dBm	-36,30dBm	-26,3dbm	-19,5dBm
60	-51,01dBm	-38,56dBm	-28,7dBm	-17,6dBm
70	-41,47dBm	-31,76dBm	-22,43dBm	-15,24dBm

80	-41,33dBm	-31,43dBm	-21,60dBm	-14,20dBm
90	-41,21dBm	-31,70dBm	-22,47dBm	-15,01dBm
100	-41,01dBm	-31,25dBm	-21,60dBm	-14,35dBm
200	-42,99dBm	-33,40dBm	-23,53dBm	-16,41dBm
300	-44,95dBm	-35,51dBm	-25,96dBm	-18,44dbm
400	-46,90dBm	-37,8dBm	-28,18dBm	-20,52dBm
500	-48,97dBm	-39,96dBm	-30,36dBm	-22,65dBm
600	-51,41dBm	-42,55dBm	-33,10dBm	-24,96dBm
700	-53,92dBm	-44,67dBm	-35,02dBm	-26,87dBm
800	-55,88dBm	-46,46dBm	-33,99dBm	-28,52dBm
900	-58,70dBm	-49,45dBm	-40,02dBm	-31,03dBm
1000	-59,47dBm	-49,99dBm	-40,55dBm	-31,96dBm
2000	-72,02dBm	-66,23dBm	-58,12dBm	-49,29dBm

### 3. ANÁLISIS DE DATOS

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

Obtenga el coeficiente de reflexión para cada una de las cargas agregadas al final de la línea de transmisión, explique la importancia de su análisis.

-Circuito abierto:

$$r_{exp} = \frac{V^-}{V^+} = \frac{4.18}{1.68} = 0.893$$

$$r_{Teórico} = 1$$

-Prueba de corto circuito:

$$r_{exp} = \frac{V^-}{V^+} = \frac{-3.84}{4.8} = -0.8$$

$$r_{Teórico} = -1$$

-Prueba con  $Z_R = 50 \Omega$

$$r_{exp} = \frac{V^-}{V^+} = \frac{368 \times 10^{-3}}{4.72} = 0.077$$

$$r_{Teórico} = \frac{50 - 50}{50 + 50} = 0$$

-Prueba con  $Z_R = 22 \Omega$

$$r_{exp} = \frac{V^-}{V^+} = \frac{2.04}{4.72} = 0.4322$$

$$r_{Teórico} = \frac{22 - 50}{22 + 50} = 0.388$$

-Prueba con  $Z_R = 620 \Omega$

$$r_{exp} = \frac{V^-}{V^+} = \frac{3.6}{4.72} = 0.7627$$

$$r_{Teórico} = \frac{620 - 50}{620 + 50} = 0.850$$

El coeficiente de reflexión es de suma importancia en el análisis de las líneas de transmisión puesto que expresa la relación que existe entre el voltaje incidente y el voltaje reflejado, en otras palabras, nos indica qué porcentaje del voltaje incidente se está reflejando.

Teniendo en cuenta los datos obtenidos. encuentre la atenuación de las líneas de transmisión utilizadas en la práctica.

Para saber la atenuación en la línea necesitamos los parámetros hallados anteriormente, coeficiente de reflexión teórico y experimental, y está dada por la siguiente ecuación:

$$r_{Teórico} - r_{experimental} = \alpha$$

-Circuito abierto:

$$1 - 0.893 = 0.107$$



-Corto circuito:

$$-0.8 - (-1) = -0.2$$

$$-Z_R = 50 \Omega:$$

$$0 - 0.077 = -0.077$$

$$-Z_R = 22 \Omega:$$

$$0.388 - 0.4332 = -0.044$$

$$-Z_R = 655 \Omega:$$

$$0.85 - 0.7627 = 0.0873$$

Realice una descripción general de los comportamientos con los terminales en circuito abierto, cortocircuito y carga acoplada ( $Z_L = 50 \Omega$ ) en las líneas de transmisión.

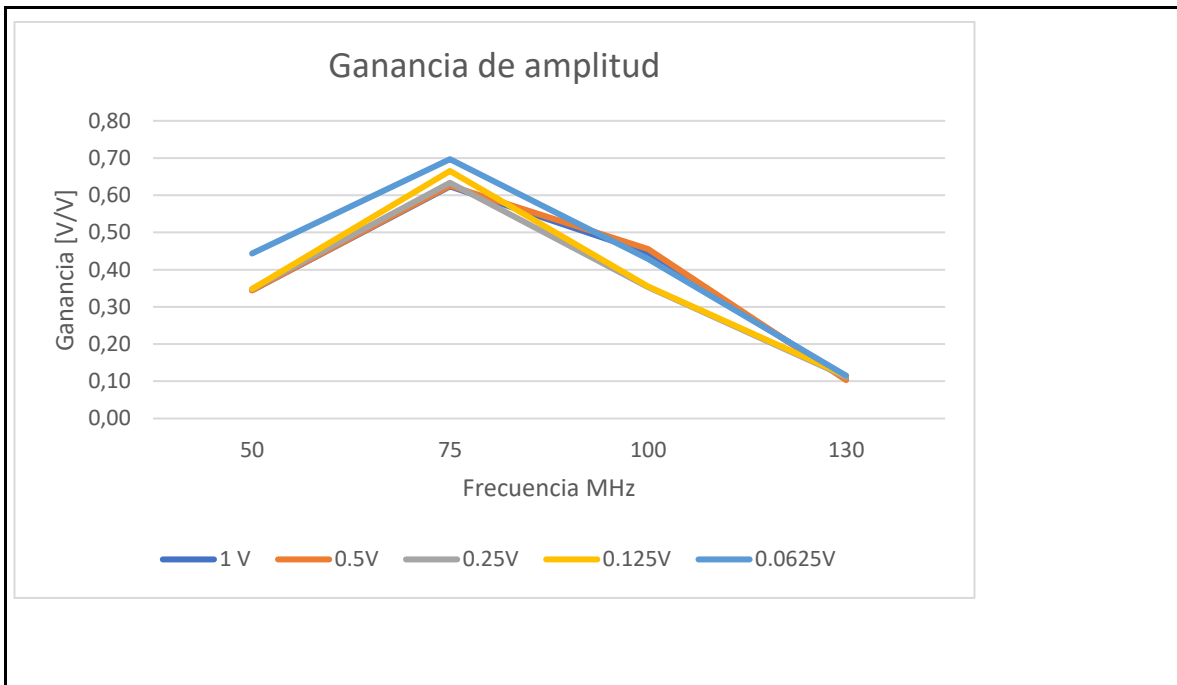
Con la prueba de circuito abierto esperábamos tener un coeficiente de reflexión de 1 debido a que cuando la carga acoplada tiende a infinito se espera que todo el voltaje incidente sea reflejado, sin embargo, obtuvimos un coeficiente de reflexión de 0.893, esto debido a pérdidas en la línea de transmisión, lo que nos indica que el 89.3% del voltaje incidente se reflejó.

Para el caso de corto circuito se esperaba una relación de onda incidente y onda reflejada de -1, ya que la carga acoplada era nula, pero el comportamiento experimental nos mostró que su relación fue de -0.8 lo que nos indica pérdidas en el cable coaxial usado para dicha práctica.

Para la carga acoplada  $Z_L = 50 \Omega$ , tenemos cargas iguales, por lo que se espera que el coeficiente de reflexión sea cero, en nuestro caso la onda reflejada fue de 368 mV, muy pequeña, lo que nos dio a entender que casi nada de la onda incidente se reflejó y esa pequeña porción de onda reflejada es producto de las pérdidas en la línea.

## **DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.1.**

Determine la ganancia de amplitud del cable para cada valor de frecuencia de uso. Grafique estos valores en escala semilogarítmica.



¿Es posible medir una señal que opera a una frecuencia central de 100 MHz y un ancho de banda de 20 MHz con el osciloscopio del laboratorio de comunicaciones? Justifique su respuesta.

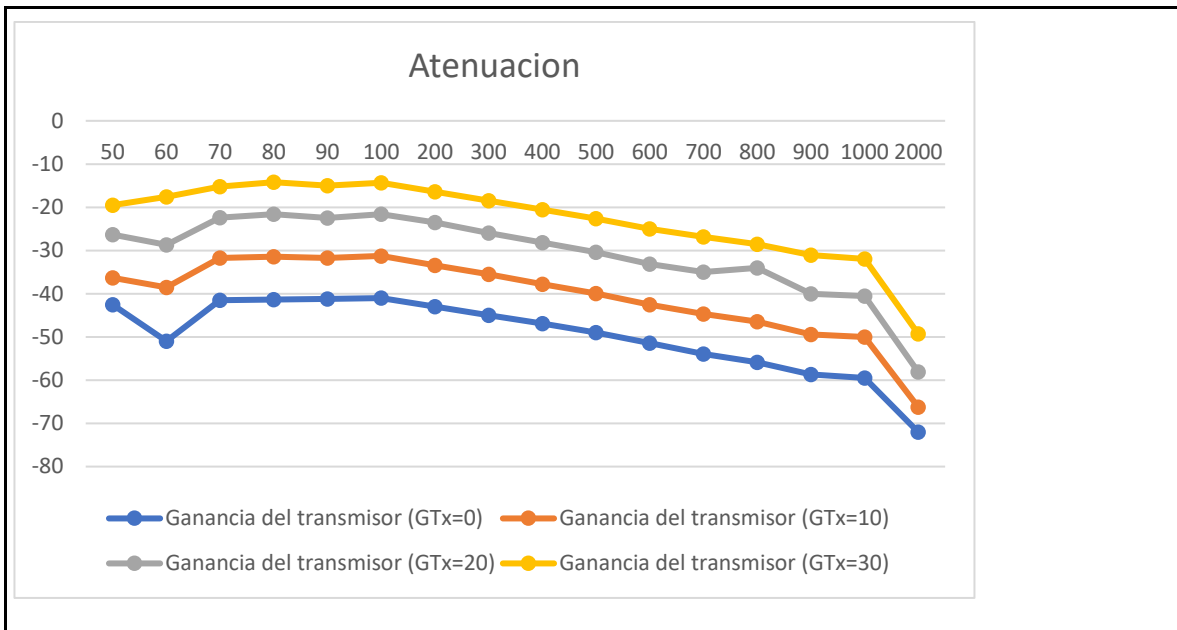
No, ya que el instrumento de medición del laboratorio especifica que mas de 100MHz la señal se atenúa.

Genere una señal de tipo coseno de amplitud 0.5 y frecuencia que corresponda a la relación **(samp\_rate/10)** a una frecuencia de operación (**fc = 50 MHz**), mida en el osciloscopio la forma de onda generada. Realice los análisis matemáticos necesarios para describir esta medida.

Al multiplicar dos señales coseno se hace es un desplazamiento de su frecuencia frecuencia del radio 50MHz y se aplica al coseno una frecuencia de 2MHz, la resultante va tener 50,2MHz

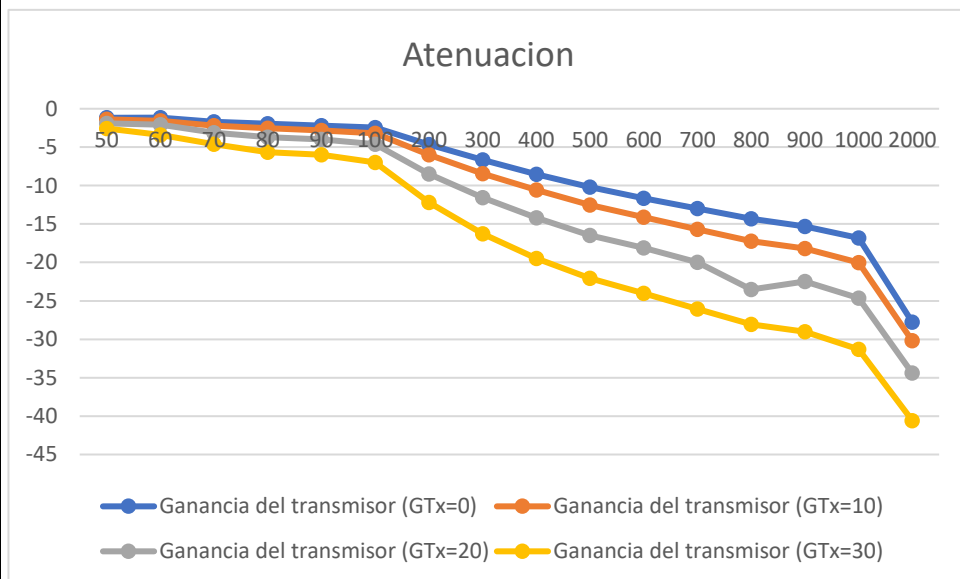
## DESARROLLO DEL OBJETIVO 2. PRESENTE A CONTINUACIÓN LOS RESULTADOS DEL OBJETIVO 2.2.

Determine la atenuación del cable RG58 A/U del cable para cada valor de ganancia del transmisor usado. Grafique estos valores en escala semilogarítmica en función de la frecuencia.



Determine la atenuación del cable por unidad de longitud y compare los datos medidos con la hoja de datos del fabricante. Justifique a qué se debe el margen de error

Algunos errores se pueden deber a la toma de medidas manualmente en los equipos.



-¿Es posible medir una señal que opera a una frecuencia central de 2200 MHz y un ancho de banda de 20 MHz con el analizador de espectro del laboratorio de comunicaciones?, justifique su respuesta.

Si, pero solo valores de la parte inferior de la señal, ya que valores mayores de 2.2GHz no los dejaría visualizar el equipo de medición con el que tenemos.



## Matriz de evaluación

Categoría	4	3	2	1
<b>Procedimientos</b>	Los procedimientos están enlistados con pasos claros. Cada paso está enumerado y es una oración completa.	Los procedimientos están enlistados en un orden lógico, pero los pasos no están enumerados y/o no son oraciones completas.	Los procedimientos están enlistados, pero no están en un orden lógico o son difíciles de seguir.	Los procedimientos no enlistan en forma precisa todos los pasos del experimento.
<b>Dibujos / Diagramas</b>	Se incluyen diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluyen diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluyen diagramas y éstos están etiquetados.	Faltan diagramas importantes o faltan etiquetas importantes.
<b>Datos</b>	Una representación profesional y precisa de los datos en tablas y/o gráficas. Las gráficas y las tablas están etiquetadas y tituladas.	Una representación precisa de los datos en tablas y/o gráficas. Las gráficas y tablas están etiquetadas y tituladas.	Una representación precisa de los datos en forma escrita.	Los datos no son demostrados o no son precisos.
<b>Cálculos</b>	Se muestran todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestran algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestran algunos cálculos y los resultados están etiquetados apropiadamente.	No se muestra ningún cálculo.
<b>Análisis</b>	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente. Las predicciones son hechas sobre lo que podría pasar si parte del laboratorio fuese cambiado o cómo podría ser cambiado el diseño experimental.	La relación entre las variables es discutida y las tendencias/patrones analizados lógicamente.	La relación entre las variables es discutida, pero ni los patrones, tendencias o predicciones son hechos basados en los datos.	La relación entre las variables no es discutida.
<b>Conclusión</b>	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis, posibles fuentes de error y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye los descubrimientos que apoyan la hipótesis y lo que se aprendió del experimento.	La conclusión incluye lo que fue aprendido del experimento.	No hay conclusión incluida en el informe.