

# **PRÁCTICA 2**

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

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

**Autores** Cristian Alonso Hernandez Prince

Cristian Alberto Peña Cala

**Grupo de laboratorio:** J1A

03

## 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:

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

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.

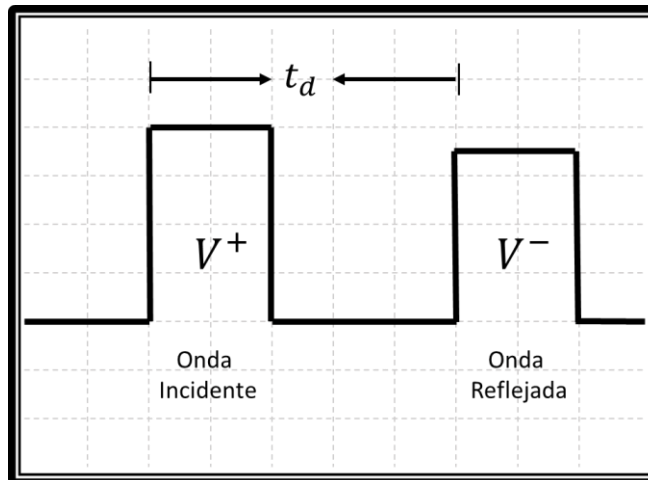
### 1.1. TDR para Localización de fallas

El punto en la línea donde se encuentra un defecto 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.

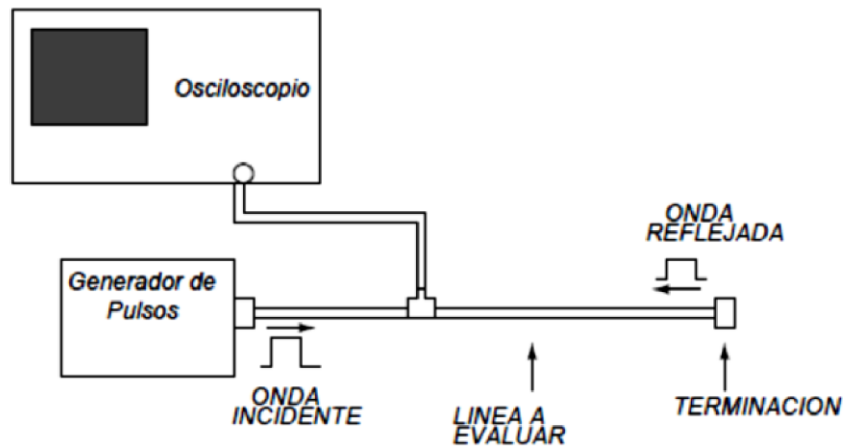


## 2. TRABAJO PREVIO

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
- 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 corto circuito apoyados con .  
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. INSTRUMENTACION

Configuración del módulo UHD USRP sink; Este bloque es el que nos permitira transmitir nuestra información mediante USRP.

### 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 leída en el osciloscopio. variando la frecuencia de transmisión del radio (fc) y la amplitud de la señal constante. Nota: los valores de fc 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 [mV]
1	410
0.5	201.98
0.25	102.92
0.125	57.54
0.0625	29.70
FC = 75 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
1	504.92
0.5	553.41
0.25	134.64
0.125	71.28
0.0625	41.58
FC = 100 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
1	429.66
0.5	217.80
0.25	112.68
0.125	57.42
0.0625	37.62
FC = 130 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio [mV]
1	124.74
0.5	63.96
0.25	35.84
0.125	17.82
0.0625	13.86

## 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 uso 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 ( $f_c$ ) como se relaciona en la siguiente tabla.

Frecuencia de operación ( $f_c$ ) MHz	Ganancia del transmisor (GTx=0)	Ganancia del transmisor (GTx=10)	Ganancia del transmisor (GTx=20)	Ganancia del transmisor (GTx=30)
50	-67	-33.1	-22.53	-16.75
60	-68.4	-33.18	-22.64	-16.62
70	-69.3	-33.20	-22.70	-16.68
80	-71.7	-33.88	-23.35	-17.33
90	-72	-33.90	-23.40	-17.40
100	-72.5	-34.33	-23.60	-17.61
200	-71.7	-38.47	-27.92	-19.93
300	-69	-41.9	-31.48	-23.48
400	-71.6	-45.15	-35.25	-27.66
500	-72.5	-48.25	-38.03	-30.35
600	-73.3	-51.35	-41.02	-32.40
700	-72.8	-54.4	-41.20	-32.56
800	-75.2	-56.7	-47.18	-38.63
900	-76	-59.72	-50.30	-41.85
1000	-78.3	-62.9	-53.59	-44.68
2000	-98.3	-81.6	-74.56	-65.43

### 3. ANALISIS 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.

RTA:

Cable coaxial RG58 A/U				
Longitud del cable:		40.97 [mts]		
Vp = 66.3% de C =198900000 [m/s]				
Montaje	td [nS]	v+ [V]	v- [V]	Γr [v/v]
Sin corto	412	2	1,96	0,980
Corto	416	2	-1,9	- 0,950
Impedancia de 50 [Ω]	410	2	0,12	0,060
Impedancia de 10 [Ω]	420	1,94	1,15	0,593
Impedancia de 200 [Ω]	411	2	1,1	0,550

Tabla1.Datos generales y coeficiente de Reflexión

El análisis del coeficiente de reflexión,  $\Gamma_R$ , nos puede dar la calidad de un sistema de transmisión, que es mostrada por la razón entre la onda reflejada y la onda incidente originada en la fuente y está relacionado con la impedancia de la línea de transmisión.

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

RTA:

v+ [V]	v- [V]	Atenuacion de linea [dB]
2	1,96	0,175478486
2	-1,9	0,445527894
2	0,12	24,43697499
1,94	1,15	4,542077792
2	1,1	5,19274621

Tabla2.Atenuación de las líneas de transmisión

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.

Cable coaxial RG58 A/U				
Longitud del cable:		40.97 [mts]		
Vp = 66.3% de C =198900000 [m/s]				
Montaje	td [nS]	v+ [V]	v- [V]	Γr [v/v]
Sin corto	412	2	1,96	0,980
Corto	416	2	-1,9	- 0,950
Impedancia de 50 [Ω]	410	2	0,12	0,060
Impedancia de 10 [Ω]	420	1,94	1,15	0,593
Impedancia de 200 [Ω]	411	2	1,1	0,550

Tabla3.Datos generales y coeficiente de Reflexión

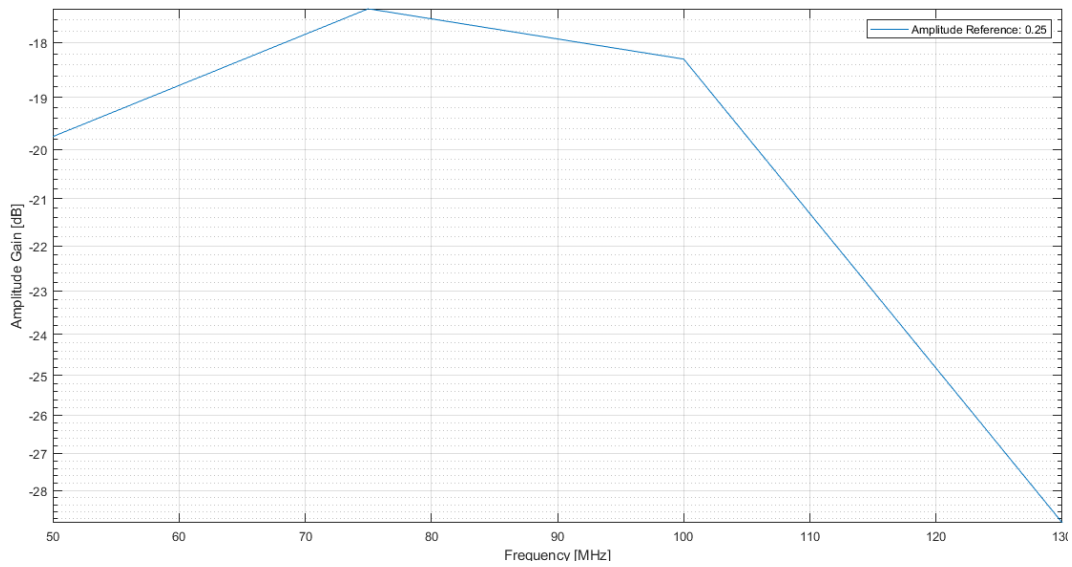
Esta es la misma tabla 1 en la cual ya se encuentran juntos la descripción general de los comportamientos con los diferentes montajes de los terminales, y el coeficiente de reflexión.

## 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 usado. Grafique estos valores en escala semilogarítmica.

$$G_v = (dB) = 20 \log \left( \frac{V_{salida}}{V_{entrada}} \right)$$





**FC=50MHz**

$$G_v = 20 \log \left( \frac{102.92}{1000} \right) = -19.75 \text{ dB}$$

**FC=75MHz**

$$G_v = 20 \log \left( \frac{134.64}{1000} \right) = -17.41 \text{ dB}$$

**FC=100MHz**

$$G_v = 20 \log \left( \frac{112.68}{1000} \right) = -18.96 \text{ dB}$$

**FC=130MHz**

$$G_v = 20 \log \left( \frac{35.84}{1000} \right) = -28.91 \text{ dB}$$

La referencia de amplitud: 0.25.

- ¿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.

La frecuencia de trabajo del equipo de laboratorio cumple con las especificaciones de la señal para ser muestreada.

**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.

Se va a utilizar la siguiente formula.

$$P_{Tx} = G_{Tx} + A_T + A_{Tc} - P_{Rx}$$

$$P_{Tx} = 0 - 30 - 25.2 + 44.16$$

$$P_{Tx} = -10.84 \text{ dB}$$

Las siguientes son los resultados para cada ganancia

$$A_{Tc} = P_{Tx} - G_{Tx} - A_T + P_{Rx}$$

**Usando  $G_{Tx}=0$**

Frecuencia de 300MHz

$$A_{Tc} = -10.84 - 0 + 30 - 69 = -49.8 \text{ dB}$$

Frecuencia de 400MHz

$$A_{Tc} = -10.84 - 0 + 30 - 71.6 = -52.4 \text{ dB}$$

Frecuencia de 600MHz

$$A_{Tc} = -10.84 - 0 + 30 - 73.3 = -54.1 \text{ dB}$$

Frecuencia de 800MHz

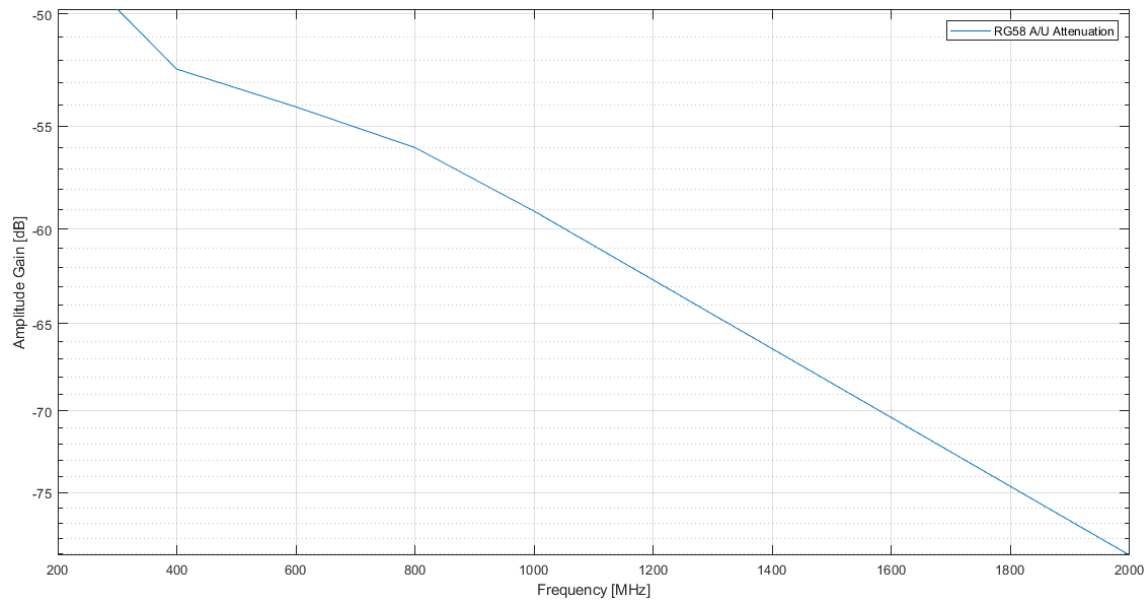
$$A_{Tc} = -10.84 - 0 + 30 - 75.2 = -56.0 \text{ dB}$$

Frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 0 + 30 - 78.3 = -59.1 \text{ dB}$$

Frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 0 + 30 - 98.3 = -79.1 \text{ dB}$$



**Usando Gtx=10**

Frecuencia de 300MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 10 + 30 - 41.9 = -32.7 \text{ dB}$$

Frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 10 + 30 - 45.15 = -35.9 \text{ dB}$$

Frecuencia de 600MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 10 + 30 - 51.35 = -42.1 \text{ dB}$$

Frecuencia de 800MHz

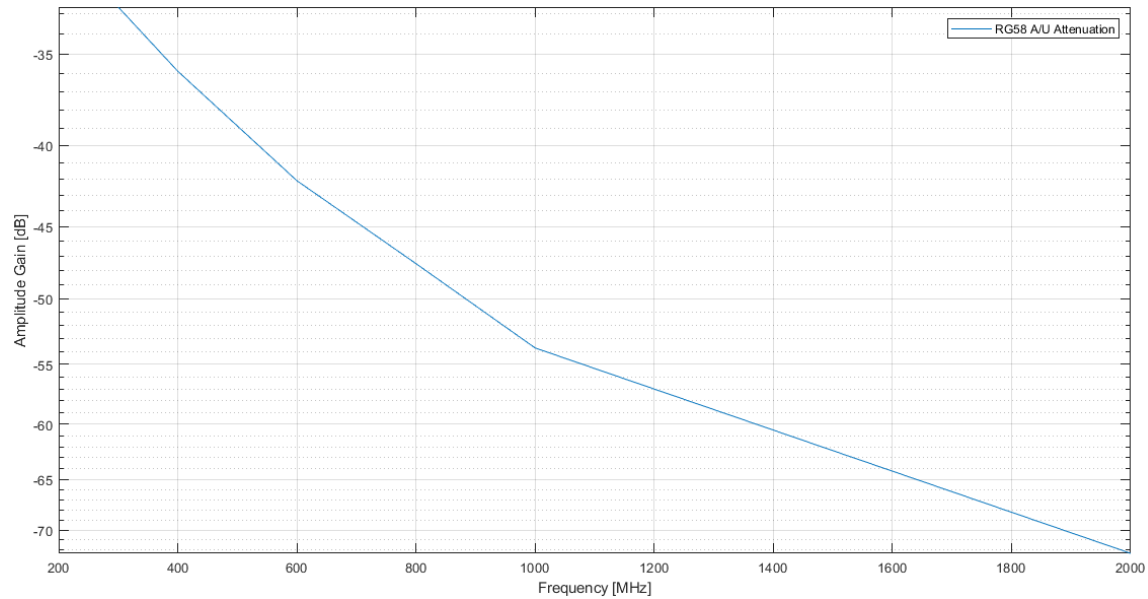
$$A_{TC} = -10.84 - 10 + 30 - 56.7 = -47.5 \text{ dB}$$

Frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 10 + 30 - 62.9 = -53.7 \text{ dB}$$

Frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 10 + 30 - 81.6 = -72.4 \text{ dB}$$



Usando Gtx=20

Frecuencia de 300MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 20 + 30 - 31.48 = -32.3 \text{ dB}$$

Frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 20 + 30 - 35.25 = -36.0 \text{ dB}$$

Frecuencia de 600MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 20 + 30 - 41.02 = -41.8 \text{ dB}$$

Frecuencia de 800MHz

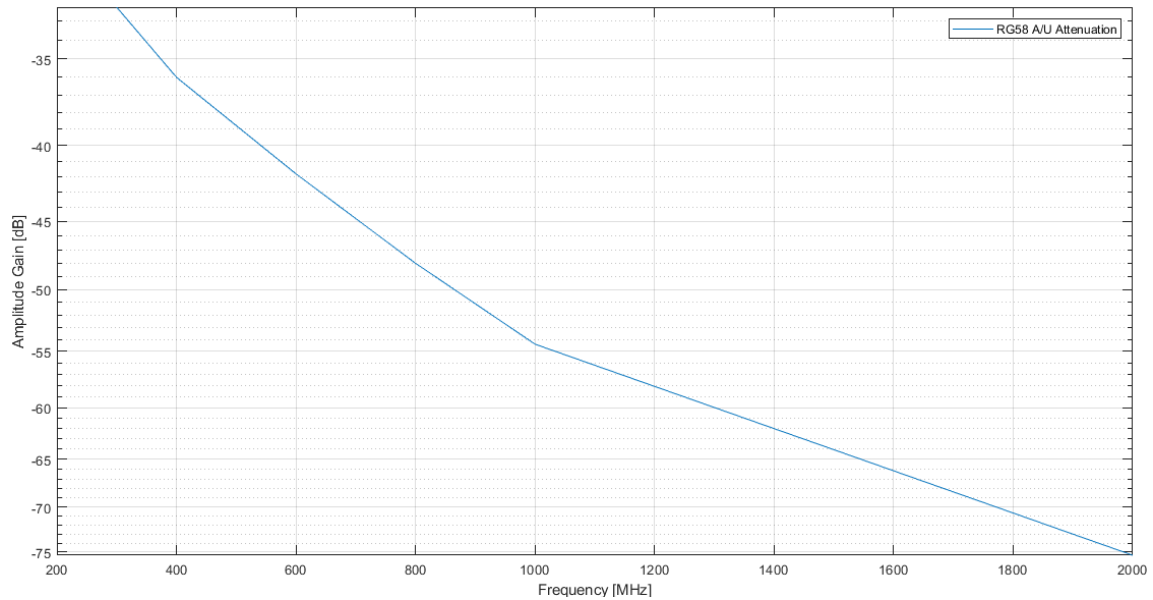
$$A_{TC} = -10.84 - 20 + 30 - 47.18 = -48.0 \text{ dB}$$

Frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 20 + 30 - 53.59 = -54.4 \text{ dB}$$

Frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 20 + 30 - 74.56 = -75.4 \text{ dB}$$



**Usando Gtx=30**

Frecuencia de 300MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 30 + 30 - 23.48 = -34.3 \text{ dB}$$

Frecuencia de 400MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 30 + 30 - 27.66 = -38.5 \text{ dB}$$

Frecuencia de 600MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 30 + 30 - 32.40 = -43.2 \text{ dB}$$

Frecuencia de 800MHz

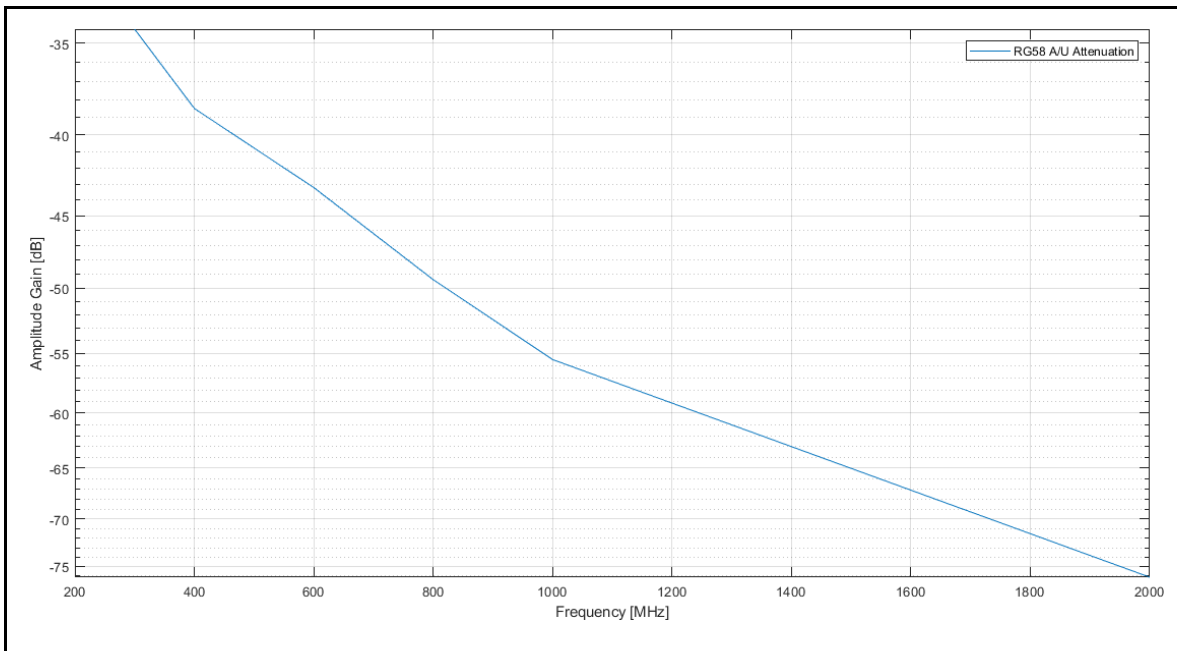
$$A_{TC} = -10.84 - 30 + 30 - 38.63 = -49.4 \text{ dB}$$

Frecuencia de 1000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 30 + 30 - 44.68 = -55.5 \text{ dB}$$

Frecuencia de 2000MHz

$$A_{TC} = -10.84 - 30 + 30 - 65.43 = -76.2 \text{ dB}$$



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

$$A_{Tc} = P_{Tx} - G_{Tx} - A_T + P_{Rx}$$

$$A_{Tc} = -10.84 - 0 + 30 - 44.76$$

$$A_{Tc} = -25.6 \text{ dB}$$

La frecuencia que se va a utilizar es la de 200MHz. Según el Datasheet.

Los datos establecidos por el fabricante son:

$$A_{Tc} = \frac{26.8 \text{ dB}}{100 \text{ m}}$$

Atenuación Calculada

$$A_{Tc} = \frac{25.6 \text{ dB}}{40.97 \text{ m}} = 0.6248$$

$$A_{Tc} = \frac{62.48 \text{ dB}}{100 \text{ m}}$$

Los datos teóricos son más grandes que los datos del fabricante.

- ¿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.

La prueba realizada mostró que el Analizador puede operar hasta 1800 MHz, por lo tanto, la frecuencia de la señal no permite su muestreo

## 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 incluye diagramas claros y precisos que facilitan la comprensión del experimento. Los diagramas están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye diagramas que están etiquetados de una manera ordenada y precisa.	Se incluye 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 muestra todos los cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra algunos cálculos y los resultados son correctos y están etiquetados apropiadamente.	Se muestra 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.