

# **PRÁCTICA 2**

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

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

**Autores**

Jhon Héctor Sandoval Manrique - 2185107

Juliana Lucia Pineda Cardozo – 2185105

**Grupo de laboratorio:**

**D1A**

**Subgrupo de clase**

**Grupo 3**

## 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 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.

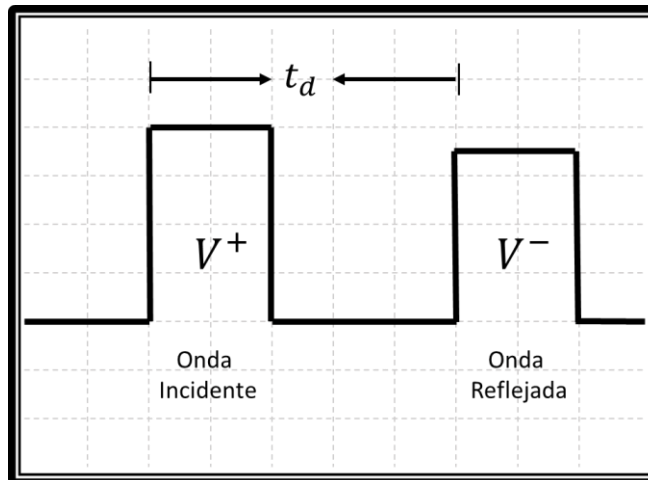
Al conocer la velocidad de propagación del medio, se puede calcular la distancia exacta entre el defecto y la fuente, con la siguiente ecuación:

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

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.

### CARACTERÍSTICAS ELÉCTRICAS

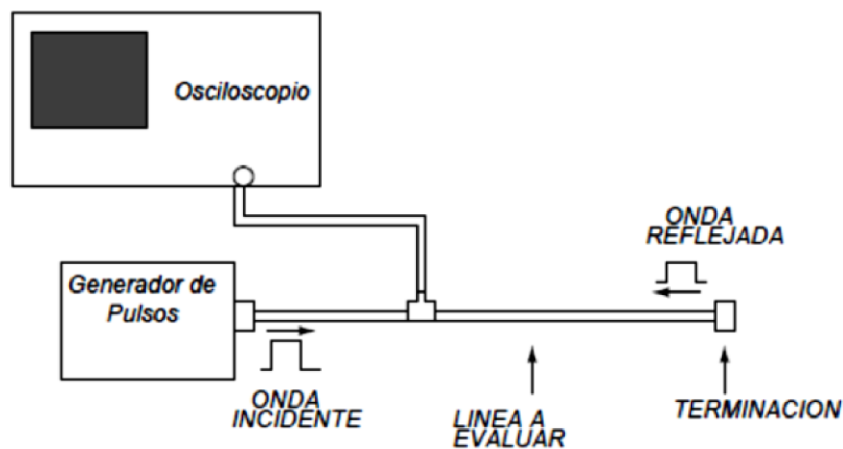
Impedancia	50	Ohms
Capacidad	101	pF/m
Velocidad nominal de propagación	66	%
Tensión máxima	1,9	kV

### ATENUACIÓN

Frec. en mHz	dB x 100 metros
50	9,2
100	13,4
200	19,3
400	28,5
700	39,3
900	45,9

## 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.

**RTA: La distancia de los cables coaxiales tiene una longitud de 126[FT] o 38.4048[m].**

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.

**RTA: Para una carga  $Z_L=10[\Omega]$  el tiempo medido fue de 428[ns] con una amplitud de onda incidente de 840[mV] y de onda reflejada de 450[mV].**

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.

Cargas [ $\Omega$ ] ( $Z_R$ )	Onda incidente [V+]	Onda reflejada [V-]	Tiempo
Corto	860[mV]	720 [mV]	425 [ns]
10	840 [mV]	450 [mV]	428 [ns]
50	860 [mV]	0 [mV]	405 [ns]
100	860 [mV]	280 [mV]	405 [ns]
1000	860 [mV]	740 [mV]	405 [ns]

3.6. Luego, conecte en el terminal del cable coaxial la carga tipo corto circuito apoyados con. Registre los valores medidos.

**RTA: Para el corto se midió un tiempo de 428[ns] con una amplitud de onda incidente de 860[mV] y de onda reflejada de 720[mV].**

3.7. Conecte en el terminal del cable coaxial la carga de 50  $\Omega$ . Registre los valores medidos.

**RTA: Para una carga  $Z_L=50[\Omega]$  se midió una amplitud de onda incidente de 840[mV] y de onda reflejada de 0[V] y esto se debe a que la impedancia característica del cable es la misma que la de la carga ( $Z_0=50[\Omega]$ ), es decir, el coeficiente de reflexión es 0.**

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.

**RTA: Para una carga  $Z_L=10[\Omega]$  el tiempo medido fue de 428[ns] con una amplitud de onda incidente de 840[mV] y de onda reflejada de 450[mV], para una carga  $Z_L=100[\Omega]$  el tiempo**

medido fue de 428[ns] con una amplitud de onda incidente de 860[mV] y de onda reflejada de 280[mV] y para una carga  $Z_L=1000[\Omega]$  el tiempo medido fue de 404[ns] con una amplitud de onda incidente de 860[mV] y de onda reflejada de 740[mV].

## 2. INSTRUMENTACION

### 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 ( $f_c$ ) 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	467.28[mV]
0.5	237.60[mV]
0.25	120.78[mV]
0.125	63.36[mV]
0.0625	39.6[mV]
FC = 75 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	574.2[mV]
0.5	291.06[mV]
0.25	146.52[mV]
0.125	75.24[mV]
0.0625	41.58[mV]
FC = 100 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	520.74[mV]
0.5	265.32[mV]
0.25	130.68[mV]
0.125	69.30[mV]
0.0625	41.58[mV]
FC = 130 MHz	
Amplitud generada	Amplitud medida en el osciloscopio
1	152.46[mV]
0.5	81.18[mV]
0.25	41.58[mV]
0.125	25.74[mV]
0.0625	13.86[mV]

### 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	-43.78 [dBm]	-33.96 [dBm]	-24.19 [dBm]	-17.3 [dBm]
60	-42.86 [dBm]	-33.2 [dBm]	-23.34 [dBm]	-17.29 [dBm]
70	-42.8 [dBm]	-33.01 [dBm]	-23.31 [dBm]	-16.4 [dBm]
80	-43.01 [dBm]	-33.3 [dBm]	-23.56 [dBm]	-16.58 [dBm]
90	-43.47 [dBm]	-33.67 [dBm]	-23.91 [dBm]	-16.97 [dBm]
100	-43.79 [dBm]	-34.08 [dBm]	-24.26 [dBm]	-17.16 [dBm]
200	-47.58 [dBm]	-37.95 [dBm]	-28.18 [dBm]	-20.79 [dBm]
300	-51.10 [dBm]	-41.63 [dBm]	-32.04 [dBm]	-24.56 [dBm]
400	-54.87 [dBm]	-45.59 [dBm]	-36.05 [dBm]	-28.48 [dBm]
500	-58.22 [dBm]	-49.21 [dBm]	-39.68 [dBm]	-32.09 [dBm]
600	-60.41 [dBm]	-51.22 [dBm]	-41.64 [dBm]	-34.05 [dBm]
700	-63.38 [dBm]	-54.06 [dBm]	-44.53 [dBm]	-36.31 [dBm]
800	-64.82 [dBm]	-55.45 [dBm]	-46.14 [dBm]	-37.63 [dBm]
900	-67.84 [dBm]	-58.2 [dBm]	-48.86 [dBm]	-40.15 [dBm]
1000	-70.17 [dBm]	-60.75 [dBm]	-51.29 [dBm]	-42.58 [dBm]
2000	-90.08 [dBm]	-85.82 [dBm]	-77.18 [dBm]	-67.73 [dBm]

### 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.

Cargas [ $\Omega$ ] ( $Z_R$ )	onda incidente	onda reflejada	Tiempo
Corto	860[mV]	720[mV]	425[ns]
10	840 [mV]	450[mV]	428[ns]
50	860 [mV]	0[mV]	405[ns]
100	860 [mV]	280[mV]	405[ns]
1000	860 [mV]	740[mV]	405[ns]

Partiendo de que el coeficiente de reflexión está definido por:

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

- Para el corto teóricamente  $\Gamma_R = \left| \frac{0-50}{0+50} \right| = 1$  y experimentalmente  $\Gamma_R = \frac{720mV}{860mV} = 0.837$
- Para 10[Ω] teóricamente  $\Gamma_R = \left| \frac{10-50}{10+50} \right| = 0.667$  y experimentalmente  $\Gamma_R = \frac{450mV}{840mV} = 0.5357$
- Para 50[Ω] teóricamente  $\Gamma_R = \left| \frac{50-50}{50+50} \right| = 0$  y experimentalmente  $\Gamma_R = \frac{0mV}{860mV} = 0$
- Para 100[Ω] teóricamente  $\Gamma_R = \left| \frac{100-50}{100+50} \right| = 0.333$  y experimentalmente  $\Gamma_R = \frac{280mV}{860mV} = 0.3256$
- Para 1000[Ω] teóricamente  $\Gamma_R = \left| \frac{1000-50}{1000+50} \right| = 0.905$  y experimentalmente  $\Gamma_R = \frac{740mV}{860mV} = 0.860$

Es importante analizar y ver la relación que nos brinda el coeficiente de reflexión ya que nos brinda un porcentaje, el cual indica que tanta información o señal es transmitida, por ejemplo, para el caso de la carga  $Z_L=50[\Omega]$  se refleja 0% de la señal, es decir, toda la señal fue transmitida, y esto se debe a que con esta impedancia de carga se genera la máxima transferencia de potencia; en cambio para cuando  $Z_L$  corresponde a un corto, teóricamente no hay carga a quien transferir la potencia, entonces se va a reflejar toda la señal.

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

$$AL = V_i / V_o$$

Cargas [Ω] ( $Z_L$ )	Atenuación [dB]
Corto	1.195
10	1.8667
50	0
100	3.07
1000	1.1628

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.

Cargas [ $\Omega$ ] ( $Z_L$ )	Descripción
Circuito abierto	Como se observó en los cálculos teóricos, en circuito abierto el coeficiente de reflexión es igual a 1, esto llevado a la práctica se comprobó mostrando una señal totalmente reflejada.
Cortocircuito	Con un cortocircuito teóricamente no hay carga a quien transferir la potencia, por lo tanto, nuestro coeficiente de reflexión también es igual a 1, entonces se va a reflejar toda la señal con una inversión.
Carga acoplada ( $Z_L = 50 \Omega$ )	Se observó que, al tener una carga igual a la impedancia característica, toda la señal es transmitida a la carga, ya que, tenemos una máxima transferencia de potencia.

## 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.

AMPLITUD = 1[V]	
FRECUENCIA [MHz]	GANANCIA [V/V]
50	0,46728
75	0,5742
100	0,52074
130	0,15246

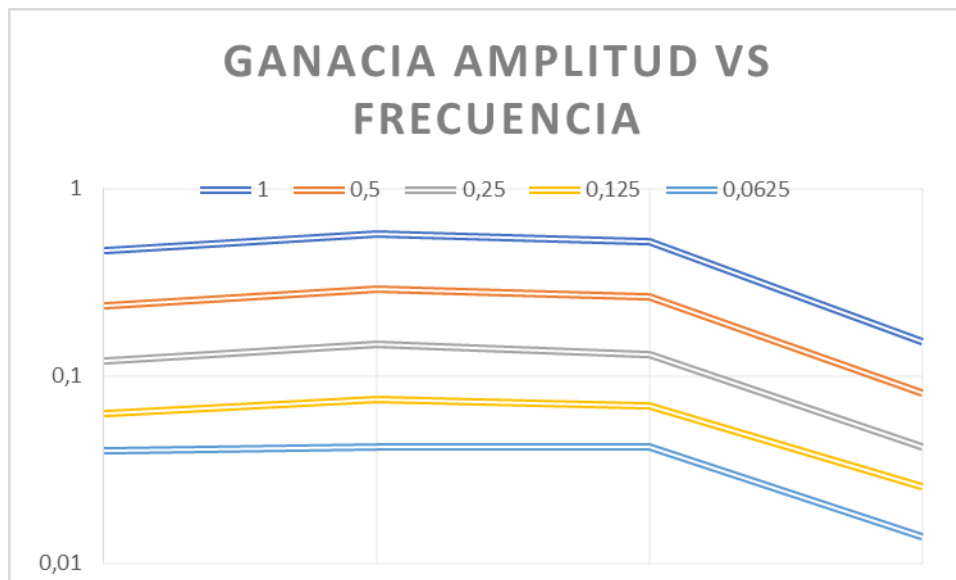
AMPLITUD = 0.5[V]	
FRECUENCIA [MHz]	GANANCIA [V/V]
50	0,2376
75	0,29106
100	0,26532
130	0,08118



AMPLITUD = 0.25[V]	
FRECUENCIA [MHz]	GANANCIA [V/V]
50	0,12078
75	0,14652
100	0,13068
130	0,04158

AMPLITUD = 1.25[V]	
FRECUENCIA [MHz]	GANANCIA [V/V]
50	0,06336
75	0,07524
100	0,0693
130	0,02574

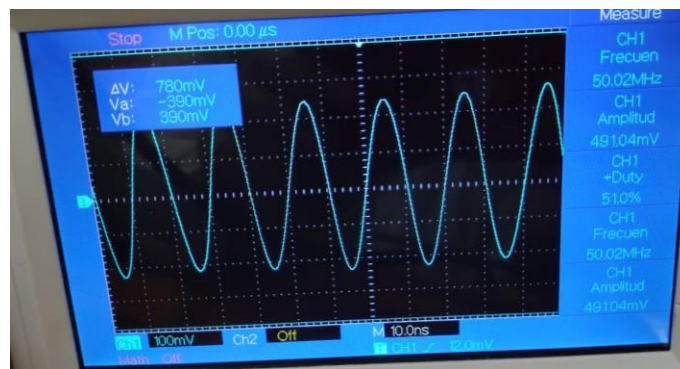
AMPLITUD = 0.0625[V]	
FRECUENCIA [MHz]	GANANCIA [V/V]
50	0,0396
75	0,04158
100	0,04158
130	0,01386



¿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.

**Para la realización de esta práctica no se podría realizar los cálculos y la visualización de una señal con esta frecuencia central y a ese ancho de banda, ya que, el osciloscopio del laboratorio tiene una frecuencia límite de 100MHz, por tanto, la señal después de esta frecuencia se pierde, puede tener fluctuaciones o mostrar una gráfica que no es la real.**

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



## 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.

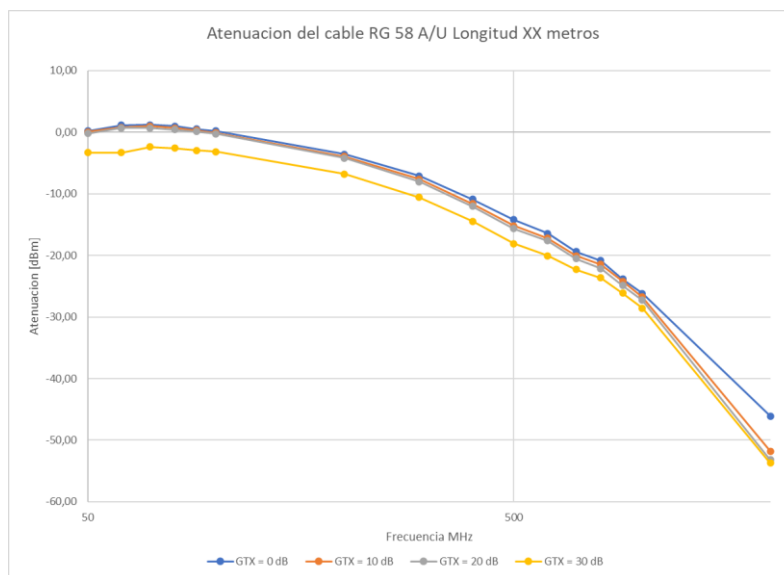
$$PTx = PRx - GT + \text{Atenuador} + \text{Atenuacion/cable}$$

Donde:

$$\text{Atenuador} = 30 \text{ [dB]}$$

$$\text{Longitudcable} = 38.4048 \text{ [m]}$$

atenuacion Cable				
Frecuencia MHz	GTX = 0 dB	GTX = 10 dB	GTX = 20 dB	GTX = 30 dB
50	0,22	0,04	-0,19	-3,30
60	1,14	0,80	0,66	-3,29
70	1,20	0,99	0,69	-2,40
80	0,99	0,70	0,44	-2,58
90	0,53	0,33	0,09	-2,97
100	0,21	-0,08	-0,26	-3,16
200	-3,58	-3,95	-4,18	-6,79
300	-7,10	-7,63	-8,04	-10,56
400	-10,87	-11,59	-12,05	-14,48
500	-14,22	-15,21	-15,68	-18,09
600	-16,41	-17,22	-17,64	-20,05
700	-19,38	-20,06	-20,53	-22,31
800	-20,82	-21,45	-22,14	-23,63
900	-23,84	-24,20	-24,86	-26,15
1000	-26,17	-26,75	-27,29	-28,58
2000	-46,08	-51,82	-53,18	-53,73



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.

Donde:

$$Atenuador = 30 \text{ [dB]}$$

$$Longitud_{cable} = 38.4048 \text{ [m]}$$

Frecuencia de 50MHz:

$$Atenuación_{cable} = \frac{9.2dB}{100m} * 38.4048m$$

$$Atenuación_{cable} = 3.5332 [dB]$$

Frecuencia de 100MHz:

$$Atenuación_{cable} = \frac{13.4dB}{100m} * 38.4048m$$

$$Atenuación_{cable} = 5.1462 [dB]$$

Frecuencia de 200MHz:

$$Atenuación_{cable} = \frac{19.3dB}{100m} * 38.4048m$$

$$Atenuación_{cable} = 7.4221 [dB]$$

Frecuencia de 400MHz:

$$Atenuación_{cable} = \frac{28.5dB}{100m} * 38.4048m$$

$$Atenuación_{cable} = 10.9454 [dB]$$

Frecuencia de 700MHz:

$$Atenuación_{cable} = \frac{39.3dB}{100m} * 38.4048m$$

$$Atenuación_{cable} = 15.093 [dB]$$

Frecuencia de 900MHz:

$$Atenuación_{cable} = \frac{45.9dB}{100m} * 38.4048m$$

$$Atenuación_{cable} = 17.6278 [dB]$$

-¿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.

**Se observó que, para poder obtener estas medidas en el analizador de espectros, en la práctica se tuvo que poner a una ganancia superior a 10 dB para poder visualizarla.**

## Conclusiones

Se logró analizar experimentalmente que sucedía con una línea de transmisión con diferentes cargas al final de la línea, los cálculos teóricos y experimentales son relativamente igual, el margen de error producido podría deberse a que el cable tenía un poquito más longitud del medido con las indicaciones del cable.

Con respecto a las cargas, se logró obtener una máxima transferencia de potencia en la línea cuando la impedancia característica y la impedancia de carga eran iguales, es decir, el coeficiente de reflexión es cero; al igual que para cuando la carga al final de la línea era un corto circuito, se obtenía la señal de vuelta, porque nada al final de la línea podía recibir la señal incidente, por tanto, se reflejaba toda la señal.

Acerca del analizador de espectros, se logró concluir y evidenciar que la amplitud de la señal incidente y la ganancia del espectro asociado son directamente proporcionales, ya que, cuando la amplitud de la señal aumentaba la del espectro también lo hacía proporcionalmente.

## 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.