

# Práctica 2: INSTRUMENTACIÓN Y REFLECTOMETRÍA

OVER JOSE AMAYA AMAYA - 2194243  
ANGIE TATIANA CHAPARRO BLANCO - 2184212

Escuela de Ingenierías Eléctrica, Electrónica y de Telecomunicaciones  
Universidad Industrial de Santander

20 de noviembre de 2022

## Resumen

En este laboratorio estudiamos los efectos de reflexión en una línea de transmisión, experimentando algunas configuraciones en la línea como un corto circuito, un circuito abierto y también que sucedía al tener una carga en la línea de transmisión, con el objetivo de estudiar el coeficiente de reflexión y la impedancia característica de una línea de transmisión.

**Palabras clave:** Onda incidente, coeficiente de reflexión, impedancia característica

## 1. Introducción

Quando queremos transmitir de un punto a otro por un cable coaxial hay factores que se deben tener en cuenta debido a que estos cables no son ideales, y uno de los factores mas importantes es la atenuación que tienen estos cables coaxiales, ya que es importante saber esta característica del cable debido a que, si transmitimos a una potencia baja respecto a la atenuación del cable, esta señal se perderá. En el laboratorio se pudo experimentar la importancia de este dato para así poder estimar la potencia correcta de la señal para que esta llegara al punto deseado.

Podemos saber esta medida de formas diferentes, una de ellas es revisar la hoja de datos del fabricante y ver cuanta atenuación por longitud tiene, ya que esta es una característica de cada cable, otra forma de saber este dato es hacer una prueba de laboratorio que sería básicamente transmitir a través del cable, primero midiendo la potencia de la señal sin el cable y respecto esa potencia hacer un recorrido en frecuencia y estimar esta medida de atenuación en esas frecuencias.

Otro factor importante a la hora de hacer medidas de atenuación son las herramientas que utilizas y una

de estas herramientas mas importantes es el analizador de espectro ya que es con el cual haremos las medidas de potencia, en el cual para hacer mediciones debemos elegir una frecuencia central, un RBW optimo para la señal a medir, y un nivel de referencia que sea el indicado para el nivel de potencia a medir, ya que si ponemos una referencia muy alta no veremos la señal, y por ultimo las escalas verticales y horizontales, ya que ajustando estas medidas podemos observar la señal de una mejor manera.

En la línea de transmisión hay otro factor muy importante y es la reflectometría ya que si no llegamos a tener este efecto en cuenta podremos perder mucha de esta señal que queremos transmitir, por lo tanto este factor o bien llamado coeficiente de reflexión debe ser el indicado, este coeficiente lo podemos también medir en el laboratorio, además en el ámbito laboral se tiene que tener el mejor coeficiente de reflexión para poder transmitir de la mejor manera.

Cabe destacar que hay técnicas en el laboratorio de reflectometría que te ayudan a estudiar un cable, con estos efectos podemos estimar donde esta un daño de una línea, transmitiendo pulsos, con la misma técnica podemos estimar la longitud que tiene un cable.

El estudio de estos experimentos se debe llevar a cabo con consideraciones mínimas para que sea un éxito, por ejemplo tener en cuenta cuanta potencia estas transmitiendo, el nivel de referencia en el analizador de espectros, saber manejar las escalas de dicha herramienta y saber las limitaciones de nuestro analizador, ya que por ejemplo estos tienen una frecuencia máxima de operación, un RBW mínimo, etc.

## 2. Procedimiento

La señal cuando pasa por el sistema de transmisión entre el USRP y el analizador de espectros lo que sucede es que primero pasa por un atenuador de 30 dB que está conectado al transmisor del laboratorio este atenuador lo que hace es reducirme la potencia de la señal y seguido de eso está el cable coaxial que también tiene una atenuación que depende de la frecuencia de la señal que se está transmitiendo y también de lo largo que sea dicho cable, por lo cual la señal lo que experimenta pasando por el cable de transmisión también es una atenuación. Por lo tanto, por eso es importante medir la atenuación en función de la frecuencia, ya que esta hace que la atenuación de un cable cambie y a la hora de transmitir es algo que hay que tener en cuenta.

Cuando se quiere comprobar algo teórico de forma experimental hay que saber como validar los datos que obtuviste en el experimento, por lo cual escogiendo como ejemplo el cable RG58 A/U, su hoja de datos nos proporciona una tabla de la atenuación del cable en función de la frecuencia que caracterizo el fabricante, teniendo en cuenta que dice dB/100 m, por cada 100 metros un dB de atenuación, lo que tenemos que hacer es con la distancia de nuestro cable hacer un calculo de regla de 3 respecto a la atenuación que nos dice la tabla para la frecuencia que estamos utilizando para estimar teóricamente cuanto debería ser la atenuación en la longitud de nuestro cable y luego nos vamos a nuestros datos a revisar si esta atenuación coincide o esta muy próxima.

Para poder calcular la atenuación de un cable, en este ejemplo RG58 A/U, lo primero que debemos conocer es la ecuación con la cual está definida la potencia que vamos a recibir en el receptor que es la siguiente  $P_r [dB] = P_t [dB] + D_r [dB] + D_t [dB] - P [dB]$ , esta ecuación tiene en cuenta las ganancias del transmisor y receptor, la potencia de la señal y las pérdidas que junta todas las pérdidas que podemos tener en una línea de transmisión y se le debe sumar -30 dB que son del atenuador que se le pone a la salida del Tx en el laboratorio, en este caso como solo teóricamente vamos a tener atenuación por el cable, despejamos  $P [dB]$  de la ecuación teniendo:

$$P [dB] = P_t [dB] + D_r [dB] + D_t [dB] - P_r [dB] - 30dB$$

Ahora sabiendo que el receptor no tiene ganancia entonces  $D_r [dB] = 0$ , quedando una ecuación mas simplificada, ahora lo que hacemos es medir la potencia de la señal, sin atenuador y sin cable, para saber la potencia

del transmisor, en nuestro caso teniendo un valor de 9,1 dBm(figura 1), por lo tanto, queda la siguiente ecuación:

$$P [dB] = -9,1 [dBm] + D_t [dB] - P_r [dB] - 30 [dB]$$

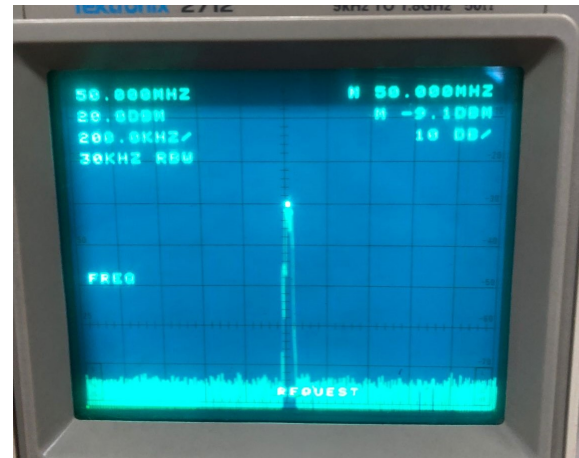


Figura 1. potencia de señal

Ahora empezamos a tomar medidas con nuestro analizador de espectro, empezando con una ganancia de transmisor igual a 0, y cambiando en un rango de [50 – 1000] [MHz] la frecuencia tomamos la potencia que nos da el osciloscopio y la ponemos en  $P_r [dB]$  y hacemos el calculo de las perdidas, esto lo repetimos con 3 diferentes ganancias de transmisor que fueron 0, 10, 20 y 30 dB, obteniendo la siguiente grafica de atenuación en función de la frecuencia:

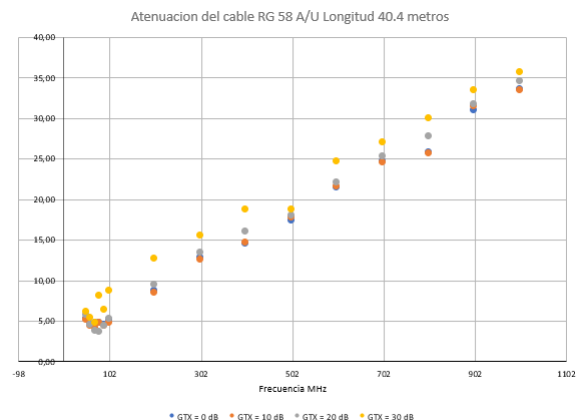


Figura 2. grafica de atenuacion

Como se observa en la figura 2, que cada vez que aumentamos la frecuencia, la atenuación aumenta, por lo cual podemos decir que entre mas alta la frecuencia de operación, es mayor la atenuación del cable coaxial.

Cuando tenemos un cable coaxial extendido que va de un punto a otro y no sabemos cuánto mide, por medio de la reflectometría en el dominio del tiempo podemos calcular o estimar la longitud de un cable coaxial.

Esto lo podemos hacer de la siguiente manera, utilizaremos una señal cuadrada con un ciclo duty de mas o menos un 10 %, ya que si es muy grande no nos servirá, escogemos una frecuencia para nuestra señal, una frecuencia de operación tal que nos de un periodo no tan rápido, ya que lo que haremos es dejar nuestro cable en circuito abierto o en corto circuito y mandar un pulso tal que se refleje y llegue otra vez a donde estamos, midiendo la señal en un osciloscopio, la carga que utilizaremos es un corto para que la onda reflejada venga en contra fase y sea más fácil saber cual es nuestra onda reflejada e incidete y luego en el osciloscopio calculamos el tiempo que hay entre la onda incidente y reflejada, luego buscamos en la hoja de datos del cable cual es la velocidad de propagación de dicho cable y lo multiplicamos por el tiempo que encontramos anteriormente y así tendremos la estimación de la longitud del cable coaxial. Podemos ver en la figura 3 un ejemplo de como se veria lo explicado anteriormente

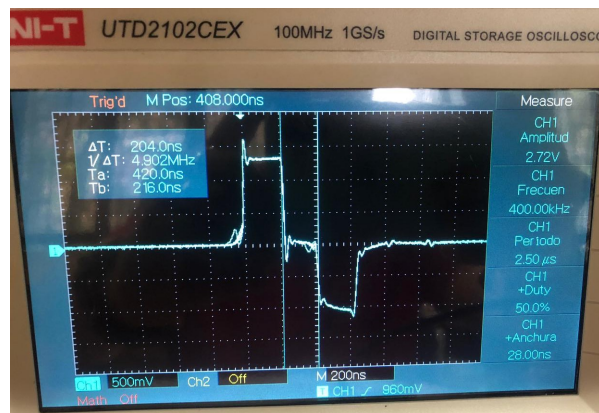


Figura 3. onda incidente y reflejada

En la figura 3 se observa un ejemplo de una onda incidente y reflejada con una carga en corto circuito, y tambien se pude observar cuanto tiempo hay entre la onda incidente y reflejada que es de 204 ns.

En la tabla 1 encontramos las medidas del coeficiente de reflexión con diferentes cargas en la línea como lo son: circuito abierto, corto circuito, una carga de 50 ohm, una carga de 23 ohm y una carga de 220 ohm, con las cuales obtuvimos los coeficientes de reflexión de forma práctica y teórica en la cual se pueden ver que son un poco diferentes, ya que a la hora de medir se pueden presentar errores y por eso a la hora de calcular el

coeficiente de reflexión de forma practica nos da un poco diferente, también que los instrumentos de medición no son ideales y pueden tener un poco de error asociado.

Este coeficiente re reflexión se calculó de forma practica de la siguiente manera, en este caso lo haremos con una carga de 23 ohm, para calcular el coeficiente de reflexión lo que necesitamos es el voltaje de la onda incidente y el voltaje de la onda reflejada porque este coeficiente de reflexión esta definido como la division entre voltaje reflejado sobre el incidente. Ahora lo que hacemos es utilizar una señal de pulsos con un ciclo duty de 10 % y un voltaje de 4 V e identificamos la onda incidente y reflejada en el osciloscopio, luego utilizamos los cursores para ver el voltaje de cada onda, en la figura 4 podemos ver que el voltaje de la onda reflejada es de -0.450 V y la onda incidente de 1.33 V, por lo cual tenemos un coeficiente de reflexión de -0.338 y teóricamente tenemos un coeficiente de reflexión de -0.369 obteniendo una muy buena aproximación.

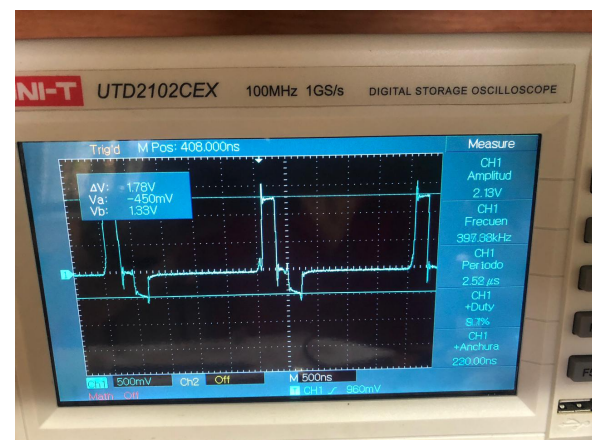


Figura 4. onda incidente y reflejada

Para poder calcular la longitud en un cable necesitamos el tiempo que hay entre la onda incidente y reflejada. en la figura 3 podemos observar la onda incidente y reflejada que estamos generando con una señal de pulsos con un ciclo duty del 10 % y un voltaje de 4 V y en la linea tenemos una carga en corto circuito, ahora lo que hacemos es que utilizamos los cursores verticales del osciloscopio y los ubicamos en la ondas incidentes y reflejadas como se observa en la figura 3, se ve que el tiempo entre las dos ondas es de 204 ns, ahora viendo en la hoja de datos de nuestro cable coaxial el RG58 A/U vemos que tiene una velocidad de propagación de 0.66C, lo cual es una velocidad de 198000000 m/s ahora ese valor lo multiplicamos por nuestro tiempo y obtenemos una distancia del cable de 40.392 m.



Impedancia	Coefficiente de reflexión teórico	Amplitud de la onda incidente medida	Amplitud de la onda reflejada medida	Coefficiente de reflexión medido	Tiempo de propagación de la onda	Longitud teórica
$\infty$	1	1.19 V	1.07 V	0.899	204 ns	40.392 m
0	-1	1.2 V	-1.13 V	-0.94	204 ns	40.392 m
50	0	1.86 V	0.13 V	0.069	204 ns	40.392 m
23	-0.369	1.33 V	-0.450 V	-0.338	210 ns	41.58 m
220	0.629	1.35 V	0.766 V	0.567	210 ns	41.58 m

Tab. 1: Registro de coeficientes de reflexión

### 3. Conclusiones

Teniendo en cuenta las practicas mencionadas anteriormente cabe aclarar algunas recomendaciones para replicar estas prácticas, lo primero que deberíamos tener en cuenta es la parte teórica de los fenómenos de reflectometría ya que si no sabemos sobre estos fenómenos no sabremos lo que estamos haciendo, además, otro punto muy importante es el manejo de las herramientas como el osciloscopio y analizador de espectro, también la buena toma de datos a la hora de hacer la practica ya que podríamos cometer varios errores a la hora de medir.

Cuando enviamos un pulso por el cable coaxial este demora un tiempo en ir y volver, entonces teniendo en cuenta esto, en que afecta esto la frecuencia, si hacemos que el periodo de la señal sea alto entonces puede ocurrir que la señal reflejada llegue luego de que ya hayan pasado mas de un periodo, por lo cual seria un poco confuso saber cual es el tiempo entre la onda incidente y reflejada, por lo cual respecto a esta practica que manejamos una frecuencia de 400 MHz para calcular el tiempo entre las dos ondas si hacemos que el cable sea ma largo, esta frecuencia debería disminuir para calcular el tiempo entre las dos ondas.

- Cuando calculamos el coeficiente de reflexion estamos calculando cuando de nuestra onda se refleja respecto a la onda enviada y en la mayoría de aplicaciones se busca que no se refleje nada, por lo cual el mejor valor para nuestro coeficiente de reflexion es cero.
- A la hora de hacer experimentos de reflectometria en el cable, debemos saber la impedancia de nuestro cable, ya que al poner una carga con una impedancia mayor tendremos una onda reflejada en fase con la onda incidente y si ponemos una carga menor a la del cable tendremos una onda en contra fase respecto a la onda incidente y si ponemos una igual no tendremos onda reflejada.
- Cuando calculamos el tiempo entre onda incidente y reflejada estamos tomando el tiempo que tarda en ir y volver la onda por el cable, por lo cual entre mas grande es el cable mas tiempo se tardara la onda reflejada en llegar y si el cable es mas corto el tiempo que tardara en llegar la onda reflejada sera mas corto.