

# Informe de Laboratorio 0: Equipos de medición en alta frecuencia

Felipe Diaz Gordillo, Nelyc Julieth Reyes Sanchez, Gabriel Jaime Herrera Alfaro

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

Universidad Nacional de Colombia

Bogotá, Colombia

fdiazgo, nreyess, gaherreraa, @unal.edu.co

**Resumen**—En esta práctica se estudió el efecto de carga en mediciones de alta frecuencia mediante un barrido en frecuencia aplicado a al circuito presentado en la guía. Se realizaron mediciones utilizando un multímetro digital y un osciloscopio, con el fin de analizar cómo las características internas de los instrumentos influyen en la señal medida. El experimento permitió evidenciar la importancia del ancho de banda y de la impedancia de entrada de los equipos de medición, destacando su impacto en la precisión y confiabilidad de las mediciones a diferentes frecuencias.

**Index Terms**—Osciloscopio, Multímetro, Frecuencia, Mediciones eléctricas, Efecto de Carga.

## I. INTRODUCCIÓN

La medición de señales en alta frecuencia presenta desafíos importantes debido a la interacción entre el instrumento y el circuito bajo prueba. Uno de los fenómenos más relevantes es el efecto de carga, mediante el cual las características internas del equipo de medición alteran la respuesta del circuito, generando errores en los valores observados. Este efecto se vuelve especialmente significativo cuando se emplean instrumentos con limitaciones en su ancho de banda o impedancias no ideales.

En el presente informe se estudia experimentalmente el efecto de carga mediante un barrido en frecuencia aplicado al circuito de la guía. Se analizan y comparan las mediciones obtenidas con un multímetro digital y un osciloscopio, con el objetivo de identificar las limitaciones de cada equipo y su impacto en la exactitud de la medición.

## II. MARCO TEÓRICO

En el proceso de medición de los circuitos electrónicos, los equipos de medición no son ideales y siempre presentan una impedancia de entrada que puede afectar el funcionamiento del circuito que se desea medir. Por ejemplo, cuando se conecta un instrumento a un nodo, su impedancia se suma al circuito y puede modificar el valor real de la señal, a este fenómeno se le conoce como efecto de carga. Este efecto es más notable cuando se miden nodos de alta impedancia o cuando se trabaja a frecuencias elevadas, ya que las mediciones dejan de representar fielmente el comportamiento del circuito.

Los instrumentos como el multímetro digital y el osciloscopio pueden modelarse mediante una resistencia en paralelo con una capacitancia. A bajas frecuencias, el efecto de la capacitancia es pequeño y la medición puede considerarse

como confiable, pero a altas frecuencias la impedancia disminuye y la señal medida se ve afectada. Por esta razón, el uso de sondas atenuadoras y la simulación con modelos realistas de los componentes del circuito permite identificar los rangos de frecuencia en los que el efecto de carga es despreciable y mejorar la comparación entre los resultados teóricos, simulados y experimentales.

## III. TRABAJO PREVIO

A partir de la hoja de datos de los dispositivos empleados en la práctica de laboratorio, se obtuvieron las siguientes especificaciones técnicas:

### III-A. Sonda atenuadora:

Es el cable con una punta que se usa para conectar el circuito al osciloscopio. Ayuda a que la señal que se quiere medir llegue clara y sin interferencias, especialmente cuando es una señal que cambia lentamente. La que se encuentran en el laboratorio es una P6100 BNC, y operando en su posición de atenuación X1. De acuerdo con su ficha técnica, sus parámetros son:

- Impedancia resistiva: 1 MegaOhmios.
- Capacidad parásita: 90 pF.

**III-A1. Osciloscopio::** Es una pantalla que representa cómo cambia el voltaje de una señal con el paso del tiempo. Básicamente, nos permite observar como se comporta la electricidad en un circuito. El modelo que usamos fue el Tektronix TBS 1102B-EDU. Tiene una función muy importante llamada disparo o trigger, que sirve para congelar la imagen en la pantalla y poder ver la señal quieta; si no, la onda se movería todo el tiempo y no se podría analizar detalladamente. Sus características de entrada (lo que el osciloscopio ofrece al circuito que se está midiendo) son:

- Resistencia: 1 MegaOhmio.
- Capacitancia: 20 pF.

**III-A2. Generador de señales::** Es un aparato que fabrica ondas eléctricas (como senos, cuadradas, triangulares) para poder inyectarlas en un circuito y probar cómo se comporta. Es como un instrumento de prueba que se usa para simular diferentes condiciones. Su característica principal es:

- Resistencia interna de salida: 50 Ohmios.

#### IV. SIMULACIONES

Se procedio a realizar la simulación del circuito en el software LTspice:

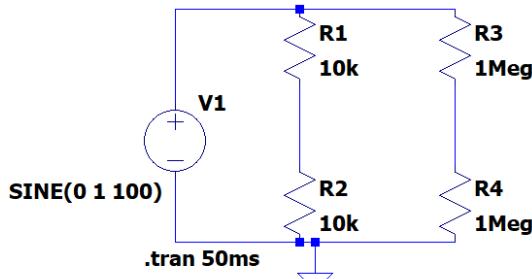


Figura 1. Simulación del Circuito

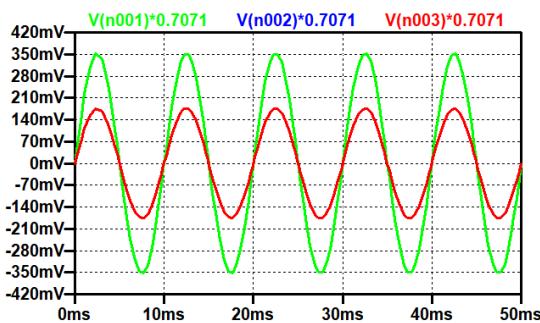


Figura 2. Grafico de la Simulación

Y se midio la tensión en los nodos A,B y C cuanto la fuente se encuentra a 100Hz y obtuvo el valor RMS multiplicando la tensión medida por 0.7071, los valores simulados obtenidos se registraron en la siguiente tabla:

Cuadro I  
MEDICIONES REALIZADAS EN LA SIMULACIÓN

Frecuencia	Nodo A	Nodo B	Nodo C
100 Hz (Ref)	352.59mV	176.3mV	176.3mV

#### V. METODOLOGÍA

Los materiales que se utilizarón para esta practica fueron:

- Multimetro Digital (MMD)
- Osciloscopio de doble canal
- Sondas comunes y sondas atenuadoras
- Generador de señales
- Resistencias

#### V-A. Procedimiento

Antes de realizar mediciones en el laboratorio se realizaron una serie de simulaciones con el objetivo de saber cuales eran los resultados ideales o esperados, esto para poder hacer una comparación relevante de los datos, ademas de entender los fenomenos que deberian suceder. Fue importante hacer una investigacion sobre los elementos de medición que se usarian en la practica, como el osciloscopio y el MMD para conocer

los valores de impedancia interna que tienen y a que escalas estos afectan a las mediciones; se incluyo en la investigacion la resolucion de los dispositivos a diferentes frecuencias.

Para hacer las medidas en el laboratorio los pasos a seguir fueron:

1. Hacer el montaje del circuito que se trabajaria para realizar mediciones, marcando claramente cada uno de los nodos.
2. Se realiza la conexion del generador de señales y se configura a una frecuencia de 100Hz.
3. Se hace la medición de voltaje en cada uno de los nodos utilizando tanto el osciloscopio como el multímetro.
4. Se hace un barrio de frecuencias desde 1Hz hasta 30MHz, para cada frecuencia elegida se mide cada uno de los nodos y se registran los datos en una tabla.

Posterior al laboratorio se construyeron las graficas 3 y 4 que se pueden observar en VI, se hizo el analisis de resultados y las comparaciones pertinentes entre los datos de simulacion previos al laboratorio y los datos tomados en la practica.

#### VI. RESULTADOS

Los datos obtenidos con cada uno de los dispositivos de medición se muestran en las tablas a continuación.

Cuadro II  
MEDICIONES REALIZADAS CON EL OSCILOSCOPIO

Frecuencia	Nodo A	Nodo B	Nodo C
100 Hz (Ref)	364	182	124
10 Hz	295	145	110
30 Hz	350	174	120
70 Hz	358	178	121
200 Hz	360	179	121
500 Hz	360	179	121
1 kHz	360	179	119
2 kHz	360	179	113
5 kHz	360	180	85.8
10 kHz	354	178	55.8
50 kHz	355	176	14
100 kHz	355	170	9
500 kHz	354	102	6.8
1 MHz	354	59	10.9
5 MHz	348	14	7.11
15 MHz	231	7.1	6
25 MHz	130	5.1	6

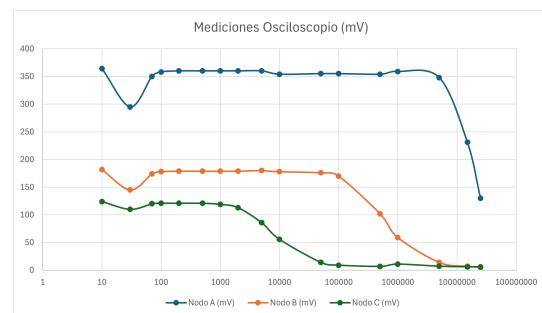


Figura 3. Gráfica mediciones osciloscopio

Cuadro III  
MEDICIONES REALIZADAS CON EL MULTÍMETRO (MMD)

Frecuencia	Nodo A	Nodo B	Nodo C
100 Hz (Ref)	357	178	182
10 Hz	345	172	177
30 Hz	357	180	250
70 Hz	357	180	177
200 Hz	357	178	177
500 Hz	357	178	248
1 kHz	354	177	267
2 kHz	344	173	272
5 kHz	302	152	227
10 kHz	246	124	81
50 kHz	160	44	69
100 kHz	70	10	62
500 kHz	6	7	173
1 MHz	6	6	67
5 MHz	6	6	70
15 MHz	6	6	72
25 MHz	6	6	72

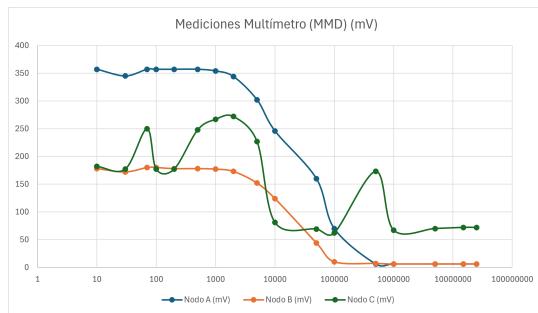


Figura 4. Gráfica mediciones multímetro digital

## VII. DISCUSIÓN

Se observa que en las mediciones realizadas con el multímetro digital (MMD), a partir de los 100 kHz, los valores de voltaje decaen abruptamente hasta estabilizarse en un valor constante de 6 mV para frecuencias superiores a 500 kHz. Este fenómeno no representa la señal real del circuito (como se comprueba con el osciloscopio), sino que evidencia la limitación en el ancho de banda del multímetro. Al superar su frecuencia de corte operacional, el dispositivo es incapaz de rectificar la señal de AC, mostrando únicamente su suelo de ruido o tensión residual de offset.

En el osciloscopio se puede observar un comportamiento más alineado a la realidad, esto gracias al uso de sondas atenuadas 10x que reducen la carga que el equipo de medición le pone al circuito, evitando que los cables actúen como un filtro y por lo tanto recorten la señal en altas frecuencias. Por eso, mientras el multímetro deja de ver la señal casi por completo, las sondas atenuadas nos permiten seguir midiendo con claridad hasta los 25 MHz con buena confiabilidad.

Todo esto es dado por el efecto de carga que se comentó anteriormente en el documento, que ocurre cuando el instrumento de medición extrae corriente del circuito y altera el voltaje real del nodo. Como en bajas frecuencias la resistencia del

multímetro es relativamente alta a comparación del circuito, no se producen estos efectos de filtro al momento de la medición; pero al aumentar la frecuencia, su impedancia cae y empieza a comportarse como una carga pesada que consume corriente de la señal. Las sondas atenuadas del osciloscopio minimizan este problema, ya que presentan una resistencia mucho mayor 10 ( $M\Omega$ ) y una capacitancia muy pequeña. Sin embargo, en las medidas de 15 MHz y 25 MHz, se nota que incluso con estas sondas el voltaje disminuye; esto sucede porque a frecuencias tan altas, ninguna sonda es totalmente invisible y siempre terminan cargando un poco el circuito, lo que explica por qué los valores medidos son menores a los esperados teóricamente

## VIII. CONCLUSIONES

Las mediciones son consistentes en bajas frecuencias, validando el uso de ambos equipos para señales de audio, pero restringiendo el MMD para aplicaciones de alta frecuencia.