

# Determinación de las resistencias internas de diversos elementos de medición y del circuito.

Marcos Sidoruk  
marcsid2003@gmail.com

Gaspar Casaburi  
gaspar.casaburi@gmail.com

Candelaria Rico  
canderico78@gmail.com

Febrero 2023

## Resumen

En este trabajo se calcularon las resistencias internas del voltímetro y amperímetro pertenecientes a un multímetro comercial. También se midió la resistencia interna del voltímetro de un osciloscopio. Además, se estudió la transferencia de potencia de una fuente para determinar su resistencia interna. Los resultados obtenidos con los primeros dos experimentos coinciden con lo reportado por el fabricante. En el caso del osciloscopio y la fuente, los resultados son coherentes con la funcionalidad de los elementos.

## 1. Introducción

Un circuito eléctrico contiene componentes que transportan corriente. Estos elementos afectan a la totalidad del circuito de diferentes maneras. Las resistencias, por ejemplo, generan una diferencia de potencial entre sus extremos. Todo circuito sigue las leyes de Kirchhoff enunciadas a continuación.

La primera ley de Kirchhoff o *ley de nodos* establece que la suma de las corrientes que entran o salen de un nodo es nula. Esta ley se describe con la ecuación 1,[2]

$$\sum_k I_k = 0 \quad (1)$$

donde  $I_k$  es cada corriente que entra o sale del nodo, con su correspondiente signo.

La segunda ley de Kirchhoff o *ley de mallas* establece que la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en un circuito cerrado es igual a cero.

Una resistencia es un componente eléctrico dentro de un circuito que se opone al flujo de corriente. Si en un circuito hay múltiples resistencias en serie, se puede calcular una resistencia equivalente como una suma algebraica de las mismas. [2]

$$\sum_k R_k = R_{eq} \quad (2)$$

Si, en cambio, las resistencias se encuentran en paralelo, se puede calcular una resistencia equivalente como en la ecuación 3.

$$\sum_k R_k^{-1} = R_{eq}^{-1} \quad (3)$$

Bajo ciertos parámetros, las resistencias de un circuito satisfacen la ley de Ohm, ya que en éstas se cumple que la caída de potencial es proporcional a la corriente que circula por ellas. Esta ley está descrita en la ecuación 4,

$$\Delta V = IR \quad (4)$$

siendo  $\Delta V$  la diferencia de potencial,  $I$  la corriente y  $R$  la resistencia.

La potencia disipada en una resistencia puede calcularse mediante la siguiente fórmula

$$P = VI \quad (5)$$

donde  $V$  es la diferencia de potencial e  $I$  la corriente. Utilizando la ley de Ohm (4), podemos reescribir esta ecuación en términos de la diferencia de potencial y la resistencia, como muestra la ecuación 6.

$$P = \frac{V^2}{R_C} \quad (6)$$

Existen diferentes instrumentos cuya función es medir magnitudes de un circuito. Su funcionamiento se basa en la ley de Ohm. Estos instrumentos cuentan con una resistencia interna acorde con su fin.

Un voltímetro es un instrumento de medición que permite medir la diferencia de potencial electrostático entre dos puntos de un circuito. Para ello, se debe conectar dicho instrumento en paralelo a los dos puntos en los cuales se desea medir. Para que dicha conexión interfiera lo menos posible con las variables dinámicas del circuito, el voltímetro debe estar dotado con una resistencia interna *mucho mayor* respecto a las del circuito a estudiar.

Un amperímetro es un instrumento cuyo propósito es medir la corriente que circula a través de él. A diferencia del voltímetro, éste debe conectarse en serie con los demás elementos del circuito y su resistencia interna debe ser *despreciable* con respecto a las resistencias del circuito a estudiar.

La fuente es un elemento activo capaz de generar una diferencia de potencial entre sus extremos. Debe contener una resistencia interna despreciable respecto a las resistencias del circuito a estudiar.

En este trabajo se determinaron las resistencias internas de un voltímetro, un amperímetro, un osciloscopio y la fuente utilizada.

## 2. Desarrollo experimental y resultados

En estas experiencias se caracterizaron las resistencias internas del voltímetro y amperímetro del multímetro UNI-T UT55 <sup>1</sup> (secciones 2.1 y 2.2), la resistencia del voltímetro del osciloscopio Tektronix TBS 1052B-EDU (sección 2.4) y la resistencia de la fuente Tektronix AFG1022 (sección 2.3). Las mediciones se realizaron para una determinada escala.

### 2.1. Medición de la resistencia interna de un voltímetro

En esta sección se midió la resistencia interna de un voltímetro. Para esto, se armó el circuito de la figura 1, utilizando una fuente constante, una resistencia variable y un voltímetro en paralelo.

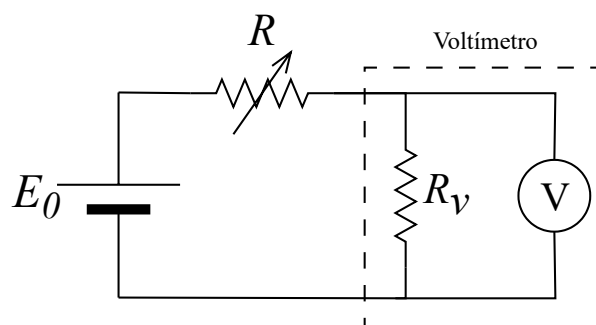


Figura 1: Esquema que representa un circuito eléctrico formado por una fuente de voltaje constante  $E_0$ , una resistencia variable  $R$  y un voltímetro conectados en serie. Este último está modelado como un voltímetro ideal conectado en paralelo con su resistencia interna  $R_v$ .  $R$  es variable con el propósito de generar distintos voltajes para ser medidos. Esta configuración permite estudiar la relación entre voltaje y resistencia para finalmente determinar el valor de  $R_v$ .

<sup>1</sup>Para determinar los errores instrumentales se consultó el manual de usuario [1]

Se realizó un barrido de resistencias y se registró en cada caso la diferencia de potencial indicada por el voltímetro, manteniendo la escala de medición del mismo, dado que su resistencia interna puede variar con la escala. Además, se midió en cada caso y de manera independiente el valor de la resistencia.

Utilizando la ley de Ohm (Ec. 4), se determinó que la caída de potencial  $V_{R_v}$  a través de la resistencia del voltímetro ( $R_v$ ) está dada por la ecuación 7, donde  $R$  es la resistencia variable y  $E_0$  es la diferencia de potencial entregada por la fuente.

$$V_{R_v} = \frac{E_0 R_v}{R + R_v} \quad (7)$$

Se realizó un ajuste mediante la ecuación 7, siendo  $V_{R_v}$  la diferencia de potencial y  $R$  la resistencia medida, y se obtuvo el gráfico de la figura 2.

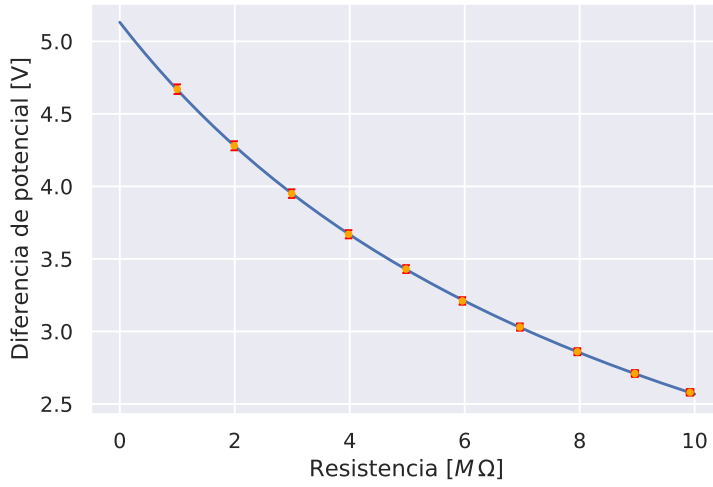


Figura 2: Ajuste por medio de la ecuación 7 de las mediciones de voltaje en función del valor de la resistencia variable.

Se obtuvo un valor de  $R_v = (10,01 \pm 0,02) \text{ M } \Omega$  para la resistencia interna del voltímetro. Este resultado coincide con el valor reportado por el fabricante. Además, se recuperó la diferencia de potencial aportada por la fuente cuando la resistencia es nula.

## 2.2. Medición de la resistencia interna de un amperímetro

En esta sección, se midió la resistencia interna de un amperímetro. Para esto, se armó el circuito de la figura 3 usando una fuente de diferencia de potencial constante, una resistencia variable, un amperímetro y un voltímetro.

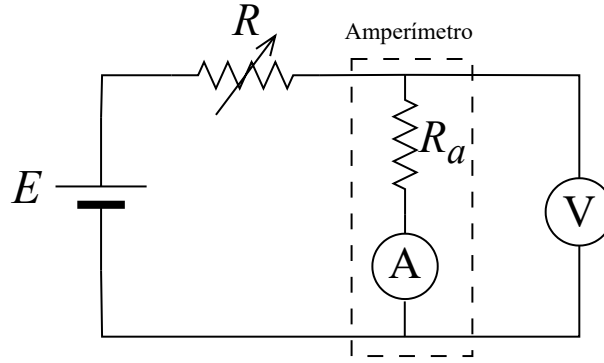


Figura 3: Esquema que representa a un circuito eléctrico dotado de una fuente de voltaje constante  $E$ , una resistencia variable  $R$ , un amperímetro modelado como una resistencia interna  $R_a$ , un amperímetro ideal (de resistencia cero), y un voltímetro. Al conectar el voltímetro en paralelo, su resistencia interna (calculada en la sección 2.1) es despreciable. Se utilizaron valores de  $R$  tal que  $R \gg R_a$

En este circuito, y al igual que en la sección 2.1, la resistencia variable  $R$  se modifica para obtener distintos valores de caída de potencial y corriente, con el fin de determinar  $R_a$ . Se registraron los valores de corriente dados por el amperímetro, y la caída de potencial en el mismo con el voltímetro. Se realizó un ajuste utilizando la ley de Ohm (Ec. 4) con  $R_a$  y los datos obtenidos.

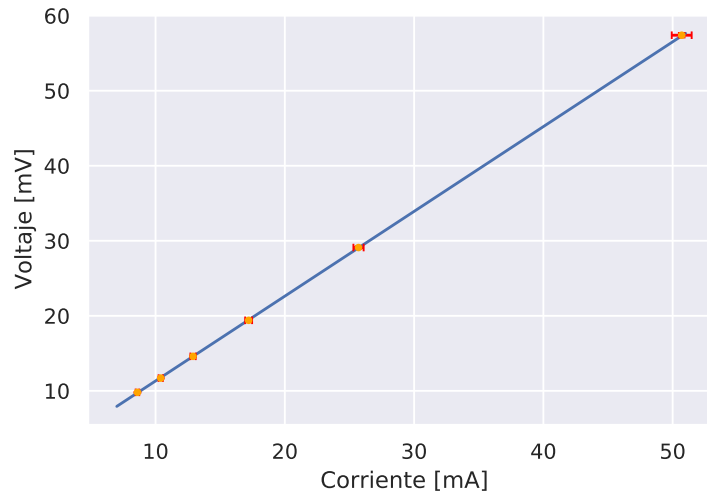


Figura 4: Ajuste lineal de las mediciones de voltaje en función de la corriente. Como puede observarse, el voltaje aumenta proporcionalmente con la corriente a medida que se modifica el valor de  $R$ .

Se obtuvo un valor de la resistencia de  $R_a = (1,13 \pm 0,01) \Omega$ . Este valor es razonable, ya que una resistencia pequeña permite que circule la mayor cantidad de corriente posible a través del instrumento. En este caso, una resistencia de alrededor de  $1 \Omega$  es adecuada para medir la corriente en un circuito en el que las resistencias se encuentran en el orden de  $10^3 \Omega$ .

### 2.3. Medición de la resistencia interna de una fuente

En esta sección se estudió la máxima transferencia de potencia de una fuente con el objetivo de calcular su resistencia interna. Para esto, se montó el circuito de la figura 5 utilizando un generador de funciones como fuente.

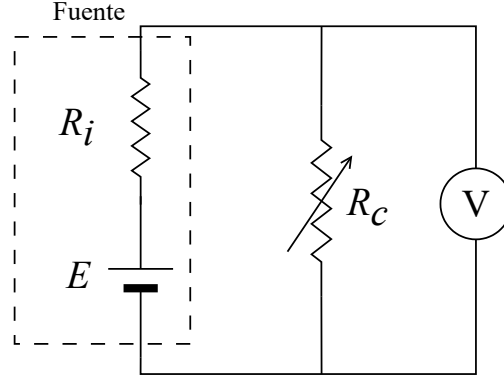


Figura 5: Esquema del circuito eléctrico formado por un generador de funciones con un voltaje constante  $E$  y una resistencia interna  $R_i$ , una resistencia variable  $R_C$  y un voltímetro.

Si se reemplazan las condiciones del circuito en la ecuación 6, se obtiene la ecuación 8, que muestra la potencia total entregada por la fuente en función de la fuente  $E$ , su resistencia interna  $R_i$ , y la resistencia variable  $R_C$ .

$$P_C = \frac{E^2 R_C}{(R_i + R_C)^2} \quad (8)$$

Se midió la caída de potencial en  $R_C$  con el voltímetro conectado en paralelo. A su vez, se midió el valor de  $R_C$  en manera independiente. Con estos datos, se realizó un ajuste con la ecuación 8 y se obtuvo el gráfico de la figura 6

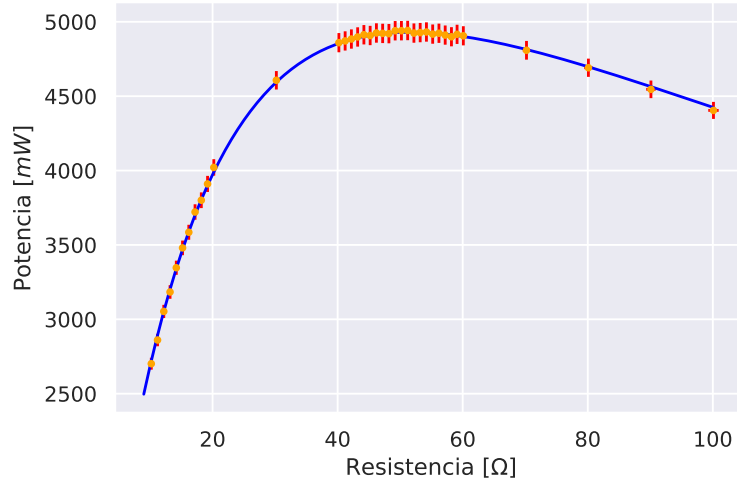


Figura 6: Ajuste por medio de la ecuación 8 de la potencia en función de la resistencia de carga. Como puede apreciarse, la potencia aumenta con la resistencia hasta un punto, un máximo, el cual representa el valor de la resistencia interna de la fuente. Pasado este punto, la potencia disminuye.

El máximo de la función que determina la potencia corresponde con el punto donde  $R_C$  coincide con  $R_i$ . Por lo tanto, se encontró dicho máximo y se determinó que la resistencia interna de la fuente es de  $R_i = (51,4 \pm 0,5)\Omega$ . Este resultado es razonable dado que se esperaba que la fuente tenga una resistencia pequeña cuyos efectos sobre el circuito sean despreciables.

## 2.4. Medición de la resistencia interna de un osciloscopio

En esta sección se determinó la resistencia interna de un osciloscopio. Para esto, se armó el circuito de la figura 7. Se utilizó un amperímetro para registrar la corriente del circuito, conectado en serie para que su resistencia sea despreciable con respecto al resto, y se utilizó un voltímetro como resistencia, conectada en paralelo con el osciloscopio.

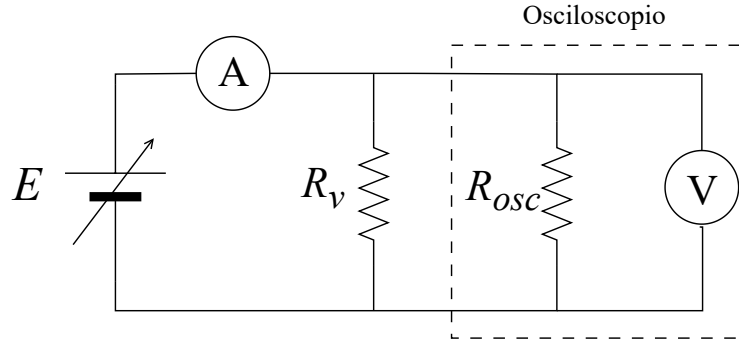


Figura 7: Esquema de un circuito eléctrico dotado de una fuente de voltaje variable  $E$ , un amperímetro, una resistencia  $R_v$  y un osciloscopio. El osciloscopio está modelado como un voltímetro con su respectiva resistencia

Se registraron la corriente y la diferencia de potencial con el amperímetro y osciloscopio respectivamente, y se realizó un ajuste a partir de la ecuación 4, utilizando la resistencia equivalente obtenida con la ecuación 3. El gráfico de este ajuste se puede observar en la figura 8.

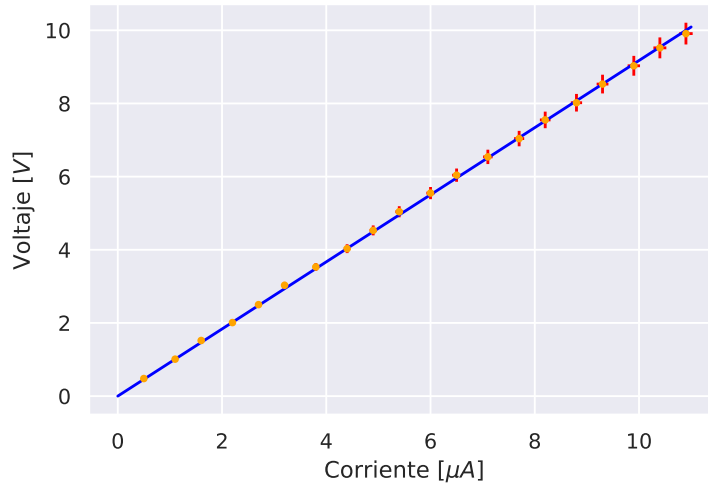


Figura 8: Ajuste lineal que muestra la relación entre la caída de potencial y la corriente. De esta relación se puede obtener  $R_{osc}$

Utilizando el valor de resistencia del voltímetro calculado en la sección 2.1 y la pendiente dada por el ajuste, se encontró que la resistencia interna del osciloscopio es de  $R_{osc} = (1,009 \pm 0,002) \text{ M}\Omega$ . Este resultado es consistente con el valor esperado para un voltímetro, que se encuentra en el orden de los  $\text{M}\Omega$ .

### 3. Conclusiones

En este trabajo se estudiaron y determinaron las resistencias internas del voltímetro y amperímetro de un multímetro comercial, la resistencia del voltímetro de un osciloscopio y la de una fuente. Los resultados obtenidos fueron consistentes con los valores oficiales publicados por el fabricante, en el caso de que fueran reportados, y coherentes con la funcionalidad de cada elemento estudiado.

Las resistencias internas de ambos voltímetros se encontraron del orden de los  $\text{M}\Omega$ . En el voltímetro del multímetro (sección 2.1), se realizó un ajuste utilizando la ecuación 7 y se encontró un valor para la resistencia de  $R_v = (10,01 \pm 0,02) \text{ M}\Omega$ , que coincide con lo reportado por el fabricante. En el voltímetro integrado en el osciloscopio (sección 2.4), se obtuvo un valor de  $R_{osc} = (1,009 \pm 0,002) \text{ M}\Omega$ . Si bien no se encontró el valor publicado por el fabricante, se puede afirmar que el resultado es coherente con el esperado para cualquier voltímetro, dado que se trata de un instrumento en el que se espera medir diferencias de potencial, y esto requiere que pase la menor cantidad de corriente posible.

En la sección 2.2, se calculó la resistencia interna del amperímetro. Se encontró una resistencia interna de  $R_a = (1,13 \pm 0,01) \Omega$ . Este valor es esperable dado que en este instrumento se espera medir la corriente que pasa por un cable sin modificarla. Cabe mencionar que, para que el amperímetro funcione de manera adecuada, la resistencia total del circuito debe ser mucho mayor a su resistencia interna.

En el caso de la fuente (sección 2.3), se encontró una resistencia interna de  $R_i = (51,4 \pm 0,5) \Omega$ . Nuevamente, este resultado es adecuado para una fuente comercial, dado que requiere una resistencia interna de esta magnitud para no afectar el resto de los elementos del circuito.

## Referencias

- [1] Manualslib. *UNI-T UT55 Operating manual*. URL: <https://www.manualslib.com/manual/538639/Uni-T-Ut51-55.html#manual>.
- [2] Juan G. Roederer. *Electromagnetismo elemental*. Segunda edición. 2020.