CAPITULO IX

PUENTE DE WHEATSTONE

9.1 INTRODUCCION.

En el Capítulo VII vimos varios métodos para medir el valor de una resistencia y analizamos cuál de ellos es el más indicado para cada resistencia según su orden de magnitud.

Ahora bien, el hecho de que según este factor tengamos que escoger un determinado método, se debe a que básicamente todos ellos son métodos de deflexión, y por lo tanto la resistencia interna de los instrumentos utilizados tiene influencia sobre los resultados experimentales obtenidos.

Así por ejemplo, cuando utilizamos la configuración mostrada en la Figura 1 para medir una resistencia desconocida, el amperímetro indica la corriente que circula por Rx, pero el voltímetro indica la diferencia de potencial en Rx más la existente entre los extremos del amperímetro (la cual depende de su resistencia interna).

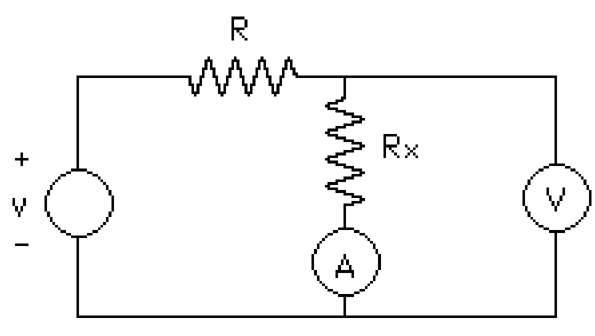

Fig. 1.- Circuito del primer método para medir resistencias.

Sin embargo, cuando utilizamos el circuito presentado en la Figura 2, el voltímetro indica la diferencia de potencial entre los extremos de Rx, pero el amperímetro marca la corriente que circula por Rx más la que circula por el voltímetro (la cual depende del valor de su resistencia interna).

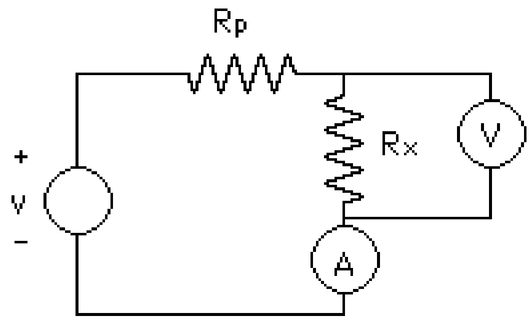

Fig. 2.- Circuito del segundo método para medir resistencias.

Por lo tanto ambos métodos tienen limitaciones intrínsecas en lo que respecta a la exactitud que puede obtenerse al realizar la medición.

Si queremos una exactitud mayor que las que nos pueden ofrecer dichos métodos, es necesario que utilicemos otros, basados en la detección de cero, en lugar de hacerlo en la deflexión de un instrumento. Uno de los procedimientos más utilizados para medir resistencias con gran exactitud es el puente de Wheatstone, tema de estudio de este Capítulo.

9.2 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO.

La topología del Puente de Wheatstone es la mostrada en la Figura 3.

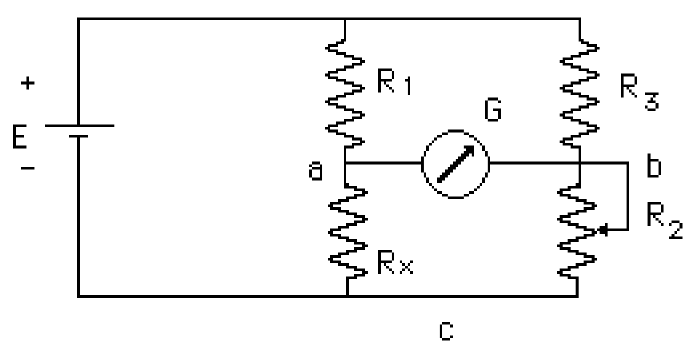

Fig. N° 3.- Puente de Wheatstone

Las resistencias R_1 y R_3 son resistencias de precisión, R_2 es una resistencia variable calibrada, Rx es la resistencia bajo medición y G es un galvanómetro de gran sensibilidad.

Si variamos R_2 hasta que el galvanómetro indique cero corriente, se cumplirá que:

$$V_{ac} = V_{bc} \tag{9.1}$$

Donde:

$$V_{ac} = \frac{R_x}{R_x + R_1} E \tag{9.2}$$

$$V_{bc} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} E \tag{9.3}$$

Por lo tanto:

$$\frac{R_x}{R_x + R_1} = \frac{R_2}{R_2 + R_3} \tag{9.4}$$

De aquí podemos deducir:

$$\frac{R_x}{R_1} = \frac{R_2}{R_3} \tag{9.5}$$

Por lo tanto:

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_2 \tag{9.6}$$

Este circuito se conoce con el nombre de puente de Wheatstone. El primero que diseñó un circuito como éste fue S. Hunter Chistie en 1833, pero su uso no se generalizó hasta que Charles Wheatstone lo empleó para medir resistencias en 1843.

Por lo general, la configuración con la que se representa este circuito es la mostrada en la Figura 4, y la condición de equilibrio del Puente, cuando la corriente por el galvanómetro es igual a cero, está dada por la expresión:

$$R_1 R_2 = R_3 R_x \qquad (9.7)$$

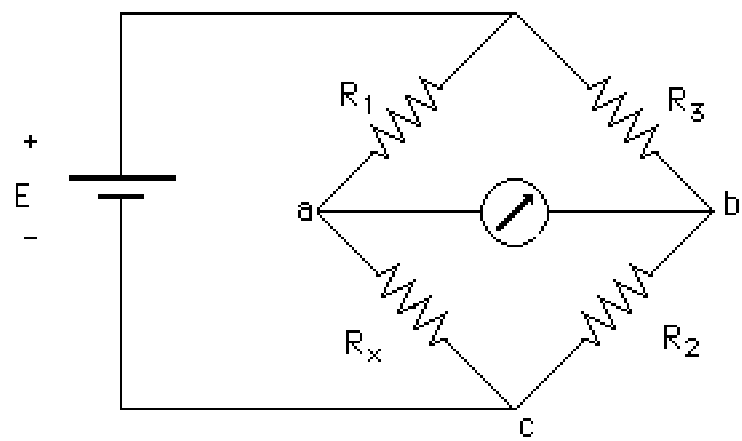

Fig. 4.- Representación usual del Puente de Wheatstone.

9.3 FACTORES DE LOS QUE DEPENDE LA EXACTITUD DEL PUENTE.

La exactitud y precisión con la que determinemos el valor de Rx de una resistencia con un puente de Wheatstone dependen de los siguientes factores:

1.- De la exactitud y precisión de las otras tres resistencias que constituyen el puente. Si Rx está dada por la expresión:

$$R_x = \frac{R_1 \, . \, R_2}{R_3} \qquad (9.8)$$

El error relativo de R_x en función de los errores relativos de las resistencias está dada por la expresión:

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_3}{R_3} \qquad (9.9)$$

2.- De los valores de las resistencias de precisión R_1 y R_3. Cuanto menores sean los valores nominales de dichas resistencias, mayores serán las corrientes en el circuito, y será más simple detectar variaciones de las mismas.

3.- Del valor de la fuente E. Cuanto mayor sea dicho valor, mayores serán las corrientes en el circuito, por lo que será más simple detectar variaciones en sus valores. Debido a las condiciones impuestas sobre la batería y las resistencias, se tienen que realizar los diseños tomando en cuenta las limitaciones de potencia de estas últimas.

4.- De la sensibilidad del galvanómetro. Cuanto mayor sea dicha sensibilidad se podrá apreciar mejor la corriente ig, y por lo tanto se podrán ajustar las resistencias con más precisión para que la corriente sea cero.

9.4 SENSIBILIDAD DEL PUENTE DE WHEATSTONE.

La sensibilidad del puente de Wheatstone se define como el número de divisiones que deflecta el galvanómetro cuando se produce una variación en la resistencia incógnita (R_x) o en la resistencia de ajuste (R_2).

La sensibilidad del puente viene dada por:

$$S_p = \frac{\text{Nº de divisiones}}{\Delta R_x} \tag{9.10}$$

Para hallar experimentalmente la sensibilidad del puente se produce una variación de R_x, se observa el número de divisiones que deflecta el galvanómetro y se calcula S_p aplicando la fórmula anterior.

9.5 DISEÑO DE UN PUENTE DE WHEATSTONE.

Por lo general, cuando se va a diseñar un puente de Wheatstone se especifica para qué rango o rangos de resistencias se quiere utilizar. Por ejemplo, supongamos que queremos diseñar un puente de

Wheatstone con la configuración de la Figura 5 para medir resistencias del orden de los KΩ.

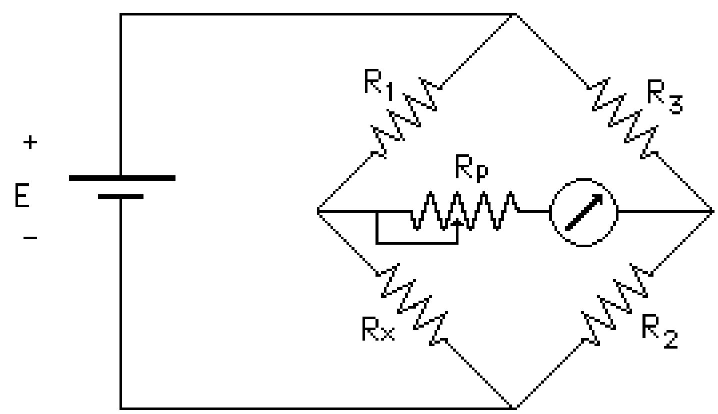

Fig. 5.- Diseño de un puente de Wheatstone.

El potenciómetro Rp en serie con el galvanómetro tiene como función proteger a este dispositivo mientras realizamos los primeros ajustes. Al comenzar el proceso de medición colocamos este potenciómetro de forma que su resistencia sea máxima, y a medida que nos vamos aproximando al valor real de la resistencia incógnita, lo vamos variando, hasta hacer que su resistencia sea igual a cero.

Las resistencias R_1 y R_3 van a ser resistencias de precisión (tolerancia 1% o menor), y la resistencia variable R_2 va a ser una década de resistencias de valor máximo 100K por ejemplo, como la presentada en la Figura 6.

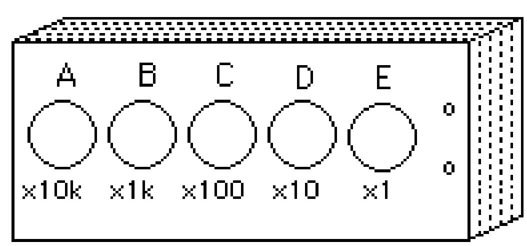

Fig. 6.- Década de resistencias.

Como nos interesa hacer mediciones de resistencias del orden de 1 KΩ con la mayor precisión posible, vamos a hacer corresponder los valores del selector A a pasos de 1 KΩ. Esto significa que cuando Rx sea 1 KΩ, el selector A va a estar en la posición 1 y todos los demás en cero. Para lograr esto, en la siguiente expresión:

$$R_x = \frac{R_1}{R_3} R_2 \tag{9.11}$$

la relación R_1/R_3 debe ser igual a 0,1. Podemos asignarle a estas resistencias los valores que deseemos, con tal de que cumplan esta relación. Como vimos anteriormente, es conveniente que estas resistencias tengan un valor nominal bajo para maximizar la precisión del Puente. Vamos a asignar a la más pequeña de las dos (R_1) un valor de l0 Ω por ejemplo, lo cual significa que R_3 = 100 Ω. La tolerancia de estas resistencias debe ser lo menor posible.

El valor de E debe ser lo más grande posible, tomando en cuenta que las resistencias pueden disipar como máximo 1/2W y la década R_2 hasta 1/4W. Como peor caso, podemos considerar la conexión directa de la resistencia de 10 Ω a la fuente E. Para que dicha resistencia disipe menos de 1/2W en estas condiciones, la fuente no debe superar los 2,24 V. En condiciones normales de operación, el voltaje aplicado a dicha resistencia será una fracción del voltaje de la fuente, y por lo tanto su disipación de potencia será mucho menor.