

PUENTE DE WHEATSTONE

OBJETIVOS

- Familiarizarse con la técnica de puente de Wheatstone para la medición de resistencias.
- Determinar la resistencia eléctrica de algunos elementos.
- Determinar la resistividad del material de un alambre.

MATERIALES

1. Montaje de alambre de resistencia con escala.
2. Caja de resistencias en décadas, con tolerancia de 0,5%.
3. Fuente de poder de 6v DC.
4. Galvanómetro.
5. Cables con bananas.
6. Tablero base para conexiones del galvanómetro y resistencias a determinar.

TEORÍA

El puente de Wheatstone es un instrumento que permite mediciones precisas de resistencias. El aparato consiste esencialmente en una disposición de cuatro resistencias R_x , R_C , R_1 y R_2 conectadas a una batería E , como indica la *figura 1*. La resistencia R_x es la que se trata de determinar, R_C es una resistencia patrón conocida

y las resistencias R_1 y R_2 son las dos partes de un alambre AB. Entre los puntos P y Q se conecta un galvanómetro G.

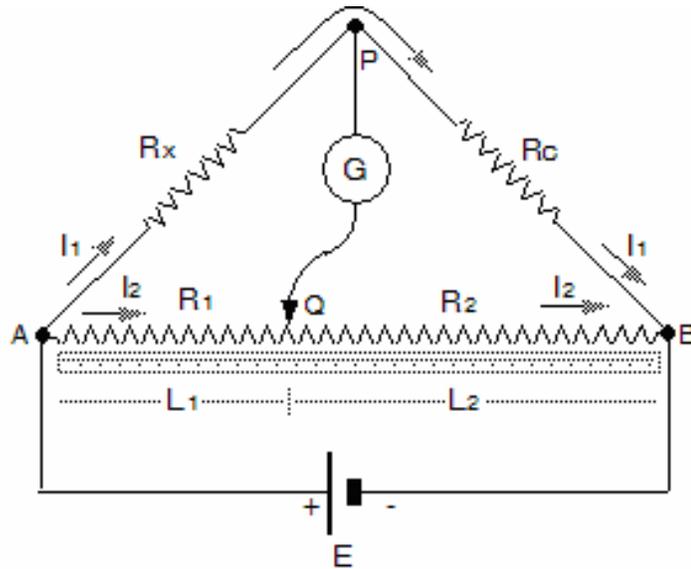


Fig. 1: El puente de Wheatstone

La corriente suministrada por la batería se ramifica en el punto A, de modo que I_1 sigue por la rama de R_x e I_2 sigue por la rama de R_1 . Si se ajusta el cursor deslizante Q en el alambre hasta que no fluya corriente por el galvanómetro, entonces P y Q estarán al mismo potencial y la caída de potencial en R_x será igual a la caída de potencial en R_1 :

$$I_1 R_x = I_2 R_1 \quad (1)$$

Por la misma razón, se cumple:

$$I_1 R_c = I_2 R_2 \quad (2)$$

Dividiendo la ecuación (1) entre la (2), obtenemos:

$$\frac{R_x}{R_c} = \frac{R_1}{R_2} \quad (3)$$

Si el alambre AB es uniforme, las resistencias R_1 y R_2 son proporcionales a las longitudes respectivas L_1 y L_2 .

$$R_1 = aL_1 \quad \text{y} \quad R_2 = aL_2$$

siendo a la resistencia por unidad de longitud del alambre. Por lo tanto:

$$R_x = R_C \left(\frac{R_1}{R_2} \right) = R_C \left(\frac{L_1}{L_2} \right) \quad (4)$$

Esta relación se cumple cuando el puente está *equilibrado* y permite determinar fácilmente la resistencia incógnita R_x si se conoce la resistencia patrón R_C y se mide la relación entre longitudes en el alambre (L_1/L_2).

ACTIVIDADES PRELIMINARES

Si R_x es la resistencia incógnita, R_C es la resistencia conocida, de acuerdo a la condición de equilibrio del puente, se cumple:

$$R_x = R_C \left(\frac{L_1}{L_2} \right)$$

El error fraccional en R_x viene dado por:

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_C}{R_C} + \frac{\Delta L_1}{L_1} + \frac{\Delta L_2}{L_2}$$

Demuestre que, para un dado valor de ΔL , la máxima precisión se obtiene con $L_1 = L_2$. Esto significa que debemos tratar de equilibrar el puente escogiendo valores de R_C de modo que el punto deslizante del alambre quede en su zona intermedia.

PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

El montaje del puente está esquematizado en la *figura 2*. Como parte del circuito, se emplea un alambre de resistencia colocado sobre una regla graduada lo cual permite, mediante un contacto deslizante, dividirlo en dos secciones de longitudes conocidas.

Como resistencia patrón R_C se emplea una combinación de resistencias en serie escogida de una caja de décadas (que tiene una tolerancia del 0,5%). En el otro brazo del puente se conecta la resistencia incógnita. Esta resistencia es una de las que están instaladas en el tablero mostrado en la *figura 3*.

En el mismo tablero se provee de un interruptor pulsado S_p que cierra la conexión mientras esté presionado y un suiche S que permite intercalar una resistencia de protección R_p en la rama del galvanómetro.

Se recomienda que la conexión móvil del alambre (punto Q) quede en la zona intermedia; de esta manera el puente operará con mayor precisión.

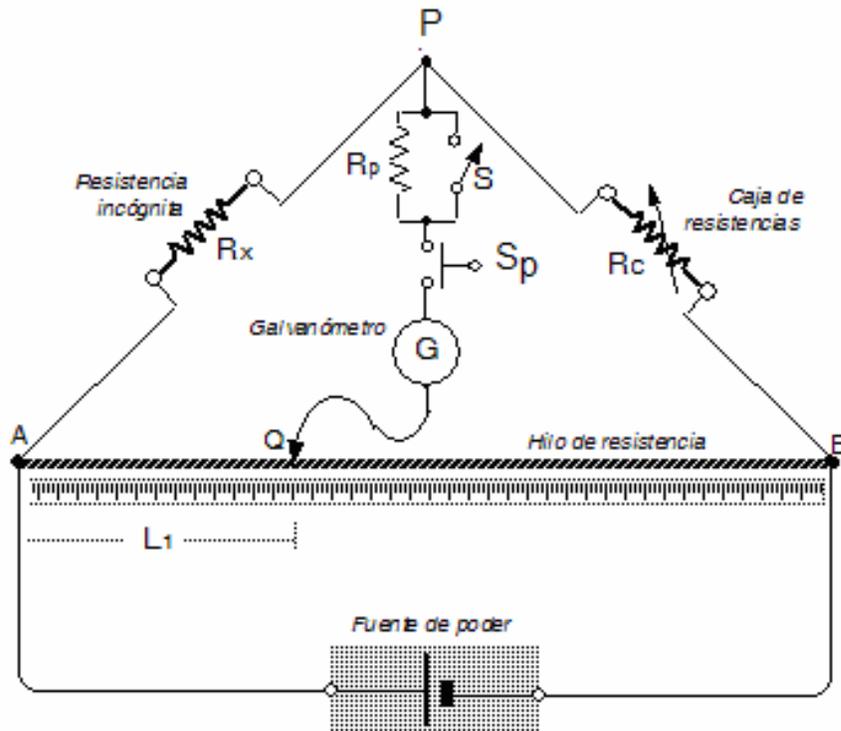


Fig. 2: Montaje experimental del puente de Wheatstone

El galvanómetro es un instrumento sumamente delicado y debe tomar las precauciones para no dañarlo. Antes de proceder de conectar la fuente al circuito, éste debe ser revisado por el profesor.

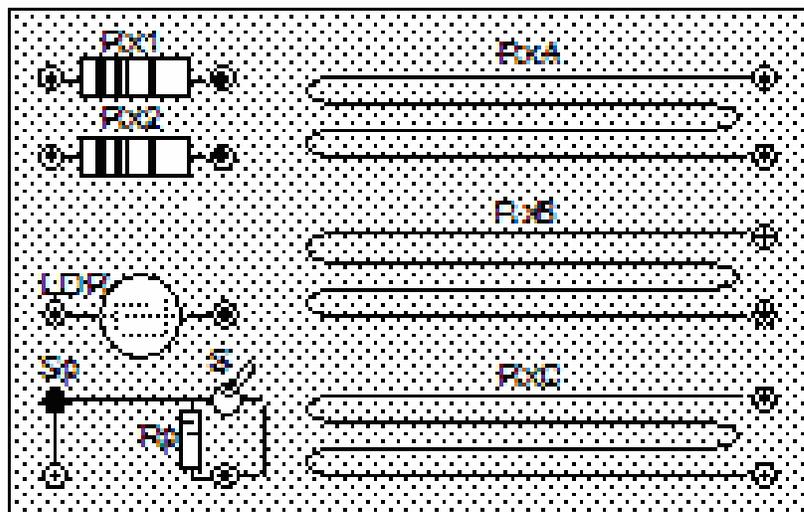


Fig. 3: Tablero con elementos resistivos

A. Medida de resistencias de carbón

Comenzaremos con la determinación de las resistencias de algunos resistores de carbón (R_{X1} , R_{X2} , R_{X3} ,) que tienen sus valores indicados por los colores de sus bandas.

- A1.** Realizado el montaje prescrito, instale la resistencia problema R_X en el brazo correspondiente del puente.
- A2.** Conecte el punto móvil del puente de manera que las longitudes L_1 y L_2 en el alambre no sean muy dispares, y comience con un valor R_C de la caja de resistencias, con un valor aproximado dado por la condición:

$$R_X R_2 \approx R_C R_1$$

- A3.** Coloque el suiche S en la posición que intercala la resistencia R_P de protección del galvanómetro. Pulse el interruptor S_P y observe la desviación del galvanómetro.
- A4.** Si la desviación del galvanómetro es grande, cambie la resistencia R_C de la caja y vuelva a pulsar. Repita esta operación hasta minimizar la desviación del galvanómetro.
- A5.** Mueva el cursor del alambre hasta que el galvanómetro no acuse paso de corriente. Repita esta operación después de cortocircuitar la resistencia de protección R_P con el suiche S .
- A6.** Mida las longitudes L_1 y L_2 y aplique la condición de balance del puente, para determinar la resistencia desconocida.

$$R_X = R_C \left(\frac{L_1}{L_2} \right)$$

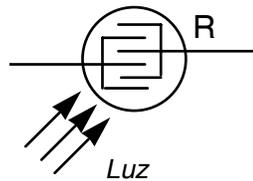
- A7.** Anote los valores obtenidos para las diferentes resistencias de carbón (o combinaciones de ellas).

R (Ω) indicado	R (Ω) medido	ΔR (Ω)
.....

- A8.** Compare sus resultados con los valores especificados por las bandas de colores. ¿Están sus valores comprendidos dentro del rango especificado por la banda de color que indica la tolerancia de la resistencia?

B. Medición de resistencias que depende de alguna variable física

Un LDR (light dependent resistor) es un dispositivo semiconductor cuya resistencia depende de la intensidad de la luz incidente. Entre sus aplicaciones prácticas puede emplearse como sensor para controlar el encendido automático del alumbrado público y en cámaras fotográficas automáticas para controlar la intensidad de luz incidente.



- B1.** Un LDR presenta un amplio rango de variación de resistencias. Si deseamos medir el valor de R que corresponde a una iluminación dada, para conseguir el balance del puente es necesario partir de algún valor de R_C y proceder por ensayo y error, siguiendo los pasos indicados en la sección A.
- B2.** Instale el LDR y proceda a medir su resistencia para diferentes condiciones de luminosidad.
- Sala del laboratorio con las lámparas encendidas.
 - Cubriendo el LDR parcialmente (Por ejemplo: Con un papel)
 - Cubriendo el LDR completamente.

C. Resistividad de un alambre

La resistencia de un conductor depende de sus características geométricas y de propiedades intrínsecas del material que la constituye (la resistividad ρ). Para un conductor lineal homogéneo la resistencia viene dada por:

$$R = \rho \left(\frac{L}{A} \right)$$

siendo $\rho(\Omega.m)$ la resistividad, $A(m^2)$ el área transversal y $L(m)$ la longitud. En términos del diámetro $d(m)$ del alambre, la resistividad viene dada por:

$$\rho = R \left(\frac{A}{L} \right) = R \left(\frac{\pi d^2}{4L} \right)$$

Para determinar la resistividad de un material procederemos a medir las resistencias R_{XA} , R_{XB} y R_{XC} para tres alambres hechos del mismo material, con igual longitud pero con diámetros diferentes.

C1. Proceda a medir la resistencia de los alambres y anote los valores en una tabla:

Alambre	$d(m)$	$L(m)$	$R_X(\Omega)$
A			
B			
C			

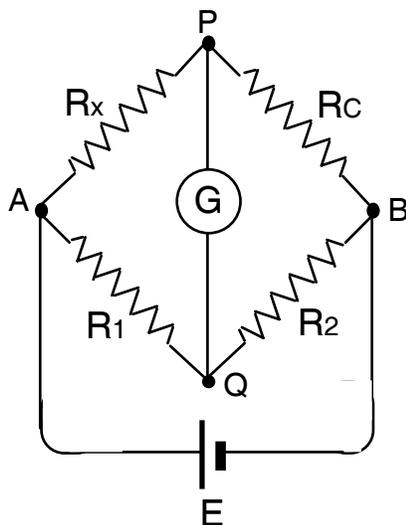
C2. Haga un gráfico de R_X vs d^{-2} y determine la resistividad del alambre con el correspondiente error porcentual.

PREGUNTAS

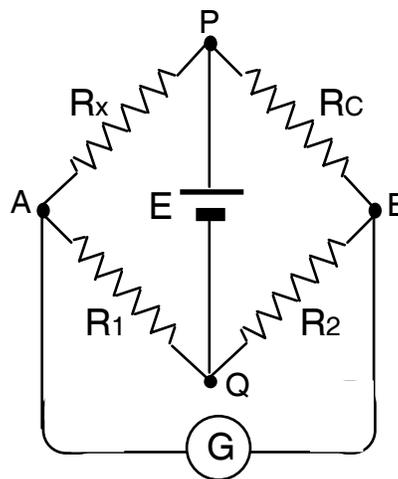
1. Considere un puente de Wheatstone equilibrado, es decir, se cumple la condición:

$$R_x R_2 = R_C R_1$$

Si en el circuito de la figura a, intercambiamos el galvanómetro con la batería, como se sugiere en la figura b, ¿cuál será la nueva condición de equilibrio?



(Fig. a)



(Fig. b)

2. Es probable que el alambre del potenciómetro no sea uniforme, especialmente la región donde se desliza el contacto, que está sometida a un desgaste continuo.

¿Por qué es esto una fuente de error?

¿Se podría reducir este error tomando siempre una segunda medición después de intercambiar R_X con R_C ?

3. Si el voltaje de la fuente varía, ¿se modifica el balance del puente? ¿Varía la sensibilidad?

REFERENCIAS

1. C. H. Bernard and C. D. Epp, *Laboratory Experiments in College Physics*, 5th ed. John Wiley (1980).
2. F. Tyler, *A Laboratory Manual of Physics*, 4th ed., E. Arnold Pub. (1970).