

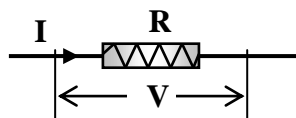
## TRABAJO PRÁCTICO N° 6 CIRCUITOS DE CORRIENTE CONTINUA - PARTE II

### Experiencia 6.1

#### Resistencias. Especificaciones eléctricas. Circuito puente.

##### Introducción

Una resistencia  $R$  en un circuito eléctrico, en las condiciones mostradas en el esquema, transforma energía eléctrica en calor con una potencia  $P$  expresada por:



$$P = VI = RI^2 = \frac{V^2}{R}$$

El calor aumenta la temperatura de la resistencia y si ésta no está adecuadamente diseñada, el exceso de temperatura puede causar daños al elemento, inclusive su inutilización por fusión.

En los artefactos con resistencias eléctricas de uso ordinario, el valor de la tensión ( $V$ ) a la cual deben conectarse es la especificación que garantiza su funcionamiento normal. Además, se especifica la potencia de funcionamiento a dicha tensión.

Ejemplos: Estufa eléctrica: 220 V; 2000 W. Lámpara de filamento: 12 V; 40 W.

Las resistencias que se utilizan en circuitos con componentes electrónicos, instrumentos para mediciones eléctricas, etc.; en general en las que se requiere un **comportamiento lineal**, se denominan **resistores** y se especifican con los siguientes datos:

- Valor de la resistencia (a temperatura ambiente) y precisión.
- Potencia de disipación: es la potencia máxima de funcionamiento para la que son válidos los valores de resistencia y precisión garantizados. Como alternativa: corriente máxima admitida.

Ejemplos:

$1800 \Omega \pm 5 \% ; 0,5 \text{ W}$        $100 \Omega \pm 10 \% ; 10 \text{ W}$        $200 \Omega \pm 0,1 \% ; I_{\text{máx.}} = 5 \text{ mA}$

En algunos resistores, para indicar sus valores garantizados, se aplica un procedimiento normalizado denominado “código de colores”.

En la Exp. 5.3 hemos ensayado un resistor, aplicando el método voltímetro-amperímetro, determinando el valor de la resistencia y comprobando que su comportamiento es lineal. En esta Experiencia completaremos el ensayo controlando si su valor óhmico y precisión, indicados mediante el “código de colores”, cumple con lo especificado. Para esto efectuaremos mediciones de resistencias utilizando el “Puente de Wheatstone”.

### Puente de Wheatstone

##### Introducción

El puente de Wheatstone es un circuito, como el mostrado esquemáticamente en la Fig. 6.1; se utiliza para medir resistores.

Permite mediciones con mayor precisión con respecto al método voltímetro-amperímetro (error sistemático) y también con respecto a la de los óhmetros de uso común

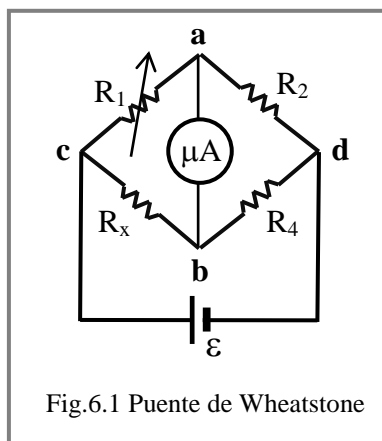


Fig.6.1 Puente de Wheatstone

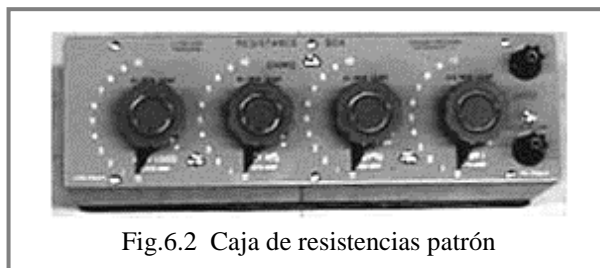


Fig.6.2 Caja de resistencias patrón

$R_x$  es la resistencia cuyo valor desconocido deseamos medir.

$R_2$  y  $R_4$  son dos resistores cuyo valor se conoce con exactitud. En nuestro equipo valen **1000  $\Omega$**  con una precisión del **0.1 %**. Potencia de disipación 0,25 W.

$R_1$  es una resistencia variable cuyo valor también se conoce con exactitud. En nuestro equipo es una caja de resistores al **0.1 %** variable de **0 a 11110  $\Omega$**  regulable por puntos de **1 en 1  $\Omega$**  con indicación de la corriente máxima admitida a su través. Se la identifica con la denominación de caja de resistencias patrón (Fig. 6.2.)

Entre los puntos **a** y **b** tenemos conectado un microamperímetro.

Entre **c** y **d** conectamos una fuente de cc ajustada a **6 V**.

Al activar la fuente, circularán corrientes como las indicadas por las flechas en el esquema Fig. 6.3.

Por el microamperímetro también circulará una corriente que puede tener cualquier sentido pues dependerá de la ddp  $V_{ab}$ .

Variando  $R_1$  se modifica la distribución de corrientes y se puede lograr la anulación de la corriente que pasa por el microamperímetro; o sea equilibrar el puente.

En esta condición de equilibrio se cumple que  $V_a = V_b$  y por tanto  $V_{ca} = V_{cb}$ . Si llamamos  $I$  a la corriente por  $R_1$  e  $I'$  a la de  $R_x$ , resulta:

$$I R_1 = I' R_x \quad (6.1)$$

La corriente por  $R_2$  también es  $I$ , ya que no hay derivación por el microamperímetro. Igualmente, la corriente en  $R_4$  es  $I'$ .

Las mismas consideraciones que hicimos con  $R_1$  y  $R_x$ , aplicadas a  $R_2$  y  $R_4$  nos permiten deducir:

$$I R_2 = I' R_4 \quad (6.2)$$

Dividiendo (6.1) y (6.2) **m. a m.** resulta:

$$R_x = R_1 \frac{R_4}{R_2} \quad (6.3)$$

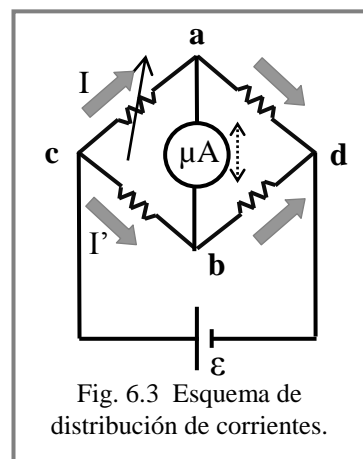


Fig. 6.3 Esquema de distribución de corrientes.

como hemos tomado  $R_2 = R_4$ ;  $R_1$  da directamente el valor de la resistencia desconocida. En este método de medición, el valor de la resistencia desconocida se obtiene por comparación con resistencias conocidas. La incertidumbre en el valor obtenido para  $R_x$  está determinada por la incertidumbre de los valores de las resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_4$  que hemos tomado como de valor conocido o patrón. Vamos a calcular esta incertidumbre o margen de error:

$$dR_x = \frac{\partial R_x}{\partial R_1} dR_1 + \frac{\partial R_x}{\partial R_2} dR_2 + \frac{\partial R_x}{\partial R_4} dR_4$$

$$dR_x = \frac{R_4}{R_2} dR_1 - \frac{R_1 R_4}{R_2^2} dR_2 + \frac{R_1}{R_2} dR_4 = \frac{R_x}{R_1} dR_1 - \frac{R_x}{R_2} dR_2 + \frac{R_x}{R_4} dR_4$$

Haciendo una aproximación de los diferenciales con las incertidumbres de los patrones y sumando todos los aportes con igual signo, para ponernos en la situación más desfavorable, tenemos

$$\frac{\Delta R_x}{R_x} = \frac{\Delta R_1}{R_1} + \frac{\Delta R_2}{R_2} + \frac{\Delta R_4}{R_4}$$

Como el error de las resistencias patrones es del 1 por mil, la suma del segundo miembro es  $3 \times 10^{-3}$  y la incertidumbre de la medición será:  $\Delta R_x = R_x \cdot 3 \cdot 10^{-3}$

Debe notarse que aunque el instrumento tenga suficiente sensibilidad como para detectar corrientes de desequilibrio para variaciones de  $1 \Omega$ , la exactitud con que se mide, o sea el **error sistemático**, está determinado por la incertidumbre anteriormente calculada.

#### Equipamiento

Dispositivo de trabajo que corresponde al circuito mostrado en la Fig. 6.1, con bornes de conexión y resistencias  $R_2$  y  $R_4$  de acuerdo a lo especificado precedentemente.

Fuente de corriente continua.

Caja de resistencia patrón.

Dos resistores  $R_x$ , potencia de disipación 0,5 W; valor y tolerancia especificados con el “código de colores”.

Tabla: “código de colores para resistores”.

#### Objetivo

Controlar valor y precisión especificado en resistores ( $R_x$ ) con el “código de colores”.

#### Procedimiento:

Confeccionar diagrama circuital, de acuerdo a lo mostrado en la Fig. 6.1 e identificar sus elementos en el dispositivo de trabajo.

Conectar la fuente regulada a 2 V (mínima tensión para no sobrecargar el microamperímetro), variar la resistencia  $R_1$  y, logrado aproximadamente el equilibrio del puente, efectuar ajuste final aumentando la tensión de la fuente como máximo a 6 V. Eventualmente conectar en serie con el microamperímetro una resistencia de protección; esta posibilidad se indica en el dispositivo de trabajo. En el ajuste final esta resistencia se anula.

Lograr el ajuste final de equilibrio del puente obteniendo así el valor de  $R_1$  que permite la medición de  $R_x$  según (6.3).

Medir las resistencias  $R_x$  disponibles y expresar sus valores poniendo de manifiesto el margen de error.

Por ejemplo, si una medición arroja el valor  $R_x = 3326 \, \Omega$   
será:  $\Delta R_x = R_x \cdot 3 \cdot 10^{-3} = 3326 \cdot 3 \cdot 10^{-3} \, \Omega \cong 10 \, \Omega$

resultando:  $R_x = (3326 \pm 10) \, \Omega$

**Valor y tolerancia de los resistores según  
Código de colores:                      Puente de Wheatstone:**

$R_{x1} = \dots \pm \dots$	$R_{x1} = \dots \pm \dots$
$R_{x2} = \dots \pm \dots$	$R_{x2} = \dots \pm \dots$

Efectuar comparaciones y exponer conclusiones.

## Experiencia 6.2

### Conexión de resistores en serie y en paralelo. Resistencia equivalente

#### Objetivo

Corroborar lo expresado por las reglas de conexión serie y paralelo de resistores.

#### Equipamiento

Tres resistores potencia de disipación 10 W con terminales de conexión tipo “banana”, montados en un panel rectangular.

Fuente de corriente continua.

Tester digital

Un módulo con interruptores y accesorios para conexión, comando y protección de circuitos.

Conductores y accesorios para el cableado.

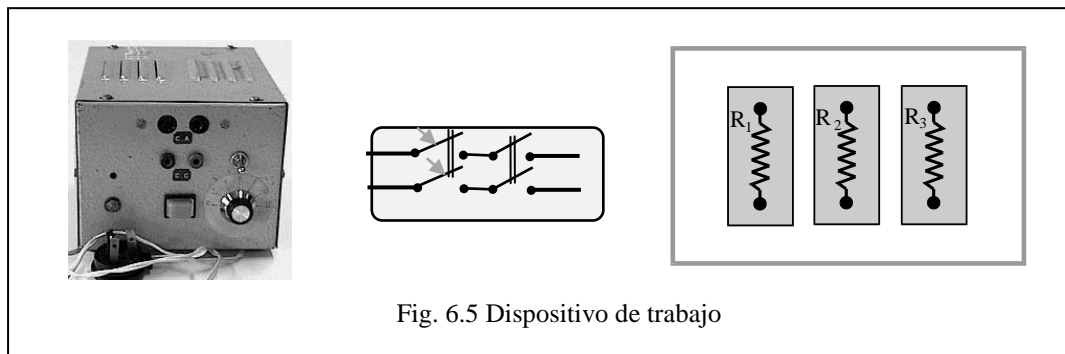


Fig. 6.5 Dispositivo de trabajo

#### Procedimiento

##### Operación preliminar

Representar esquemáticamente al grupo de resistores y numerarlos conforme se indica en el dispositivo de trabajo. Medirlos utilizando el tester y registrar sus valores en el esquema.

**Nota:** es conveniente adoptar figuras de buen tamaño, que permitan rotular claramente los datos.

### I. Verificación de la “regla de resistencias en serie”.

*La resistencia equivalente de cualquier número de resistores en serie es igual a la suma de sus resistencias individuales.*

$$R_{eq} = \sum R_i$$

Dibujar diagrama circuital de tres resistencias en serie como indica el esquema.

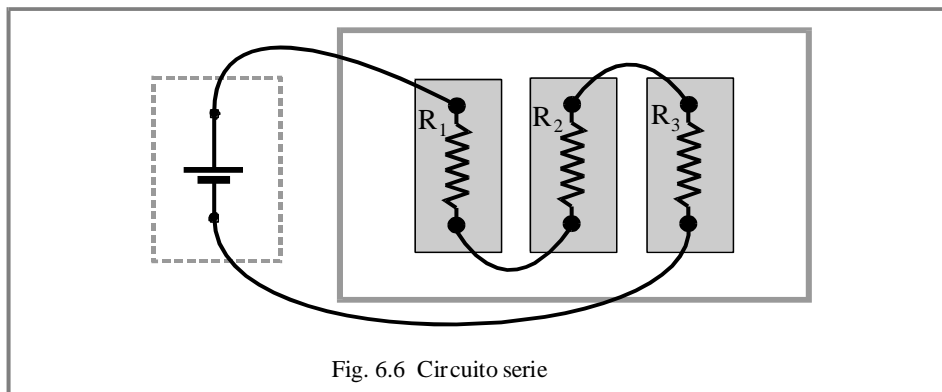


Fig. 6.6 Circuito serie

Interconectar los tres resistores del panel conforme a lo representado en el diagrama circuital. Medir  $R_{eq}$  con el tester. Verificar la regla. Registrar cálculos.

### Ejercicio complementario

Comprobar las características de funcionamiento de tensión y corriente de un circuito con resistores combinados en serie.

- *La diferencia de potencial total de la combinación serie de resistores es igual a la suma de las tensiones individuales.*
- *La corriente es igual en cada uno de los resistores de la combinación serie*

Conectar la combinación serie, como indica la línea punteada del diagrama, a la fuente previamente regulada a una tensión del orden de 12 V. Utilizar el módulo de comando y protección del circuito. Con el tester en la función voltímetro, verificar la característica de tensión. A continuación, con el tester en la función amperímetro, verificar la característica de corriente.

**Precaución:** la apertura del circuito para conectar el amperímetro, debe realizarla abriendo previamente el interruptor de comando.

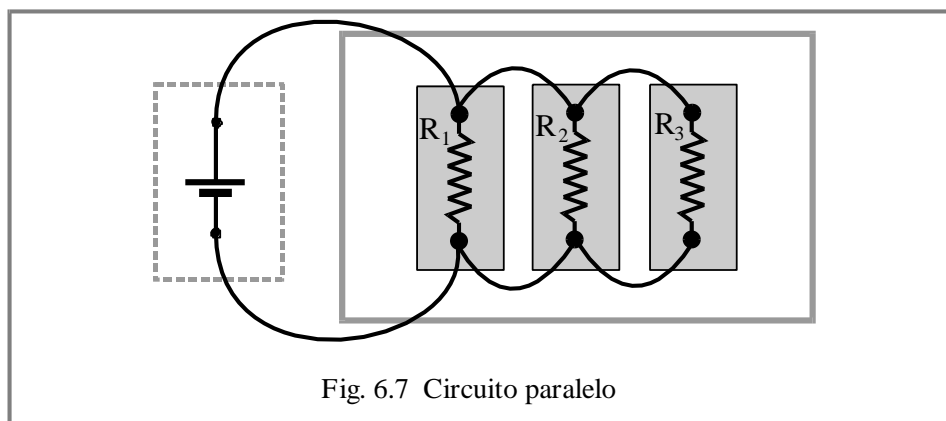
Registrar valores medidos en el diagrama esquemático circuital. Registrar cálculos complementarios. Exponer conclusiones.

## II. Verificación de la regla de resistencias en paralelo.

*Para cualquier número de resistores en paralelo, el recíproco de la resistencia equivalente es igual a la suma de los recíprocos de las resistencias individuales.*

$$\frac{1}{R_{eq}} = \sum \frac{1}{R_i}$$

Dibujar diagrama circuital de tres resistores en paralelo como indica el esquema.



Interconectar los tres resistores del panel conforme a lo representado en el diagrama.

Medir  $R_{eq}$  con el tester.

Verificar la regla. Registrar cálculos.

### Ejercicio complementario

Comprobar las características de funcionamiento de tensión y corriente de un circuito con resistores combinados en paralelo.

- *La diferencia de potencial es igual en cada uno de los resistores conectados en paralelo.*
- *La corriente total que pasa por la combinación paralelo de resistores es igual a la suma de las corrientes que pasan por los resistores individuales.*

Conectar la combinación paralelo, como indica la línea punteada del diagrama, a la fuente previamente regulada a una tensión del orden de 12 V. Utilizar el módulo de comando y protección del circuito. Con el tester en la función voltímetro, verificar la característica de tensión. A continuación, con el tester en la función amperímetro, verificar la característica de corriente. **Precaución:** la apertura del circuito para conectar el amperímetro, debe realizarla abriendo previamente el interruptor de comando.

Registrar valores medidos en el diagrama esquemático circuital. Registrar cálculos complementarios. Exponer conclusiones.