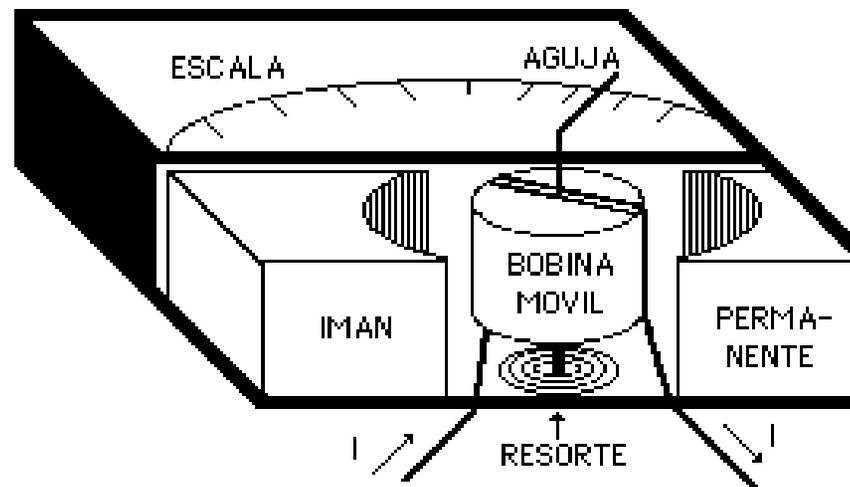


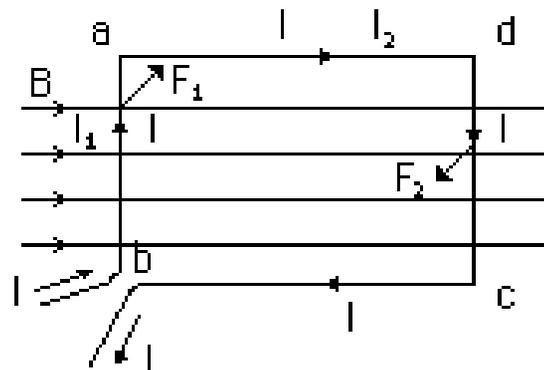
**EC1081**  
**LABORATORIO DE CIRCUITOS ELÉCTRICOS**  
**PRELABORATORIO N° 2**

**EL GALVANÓMETRO DE D'ARSONVAL**

**Estructura**



**Funcionamiento**



## DISEÑO DE UN AMPERÍMETRO

**Instrumento capaz de medir una corriente máxima  $I$  basado en un galvanómetro de D'Arsonval con  $I_m$  y  $R_i$**

Cuando la corriente de entrada  $I$  sea la máxima deseada, la corriente por el galvanómetro será  $I_m$ .

Se usa el principio del divisor de corriente:

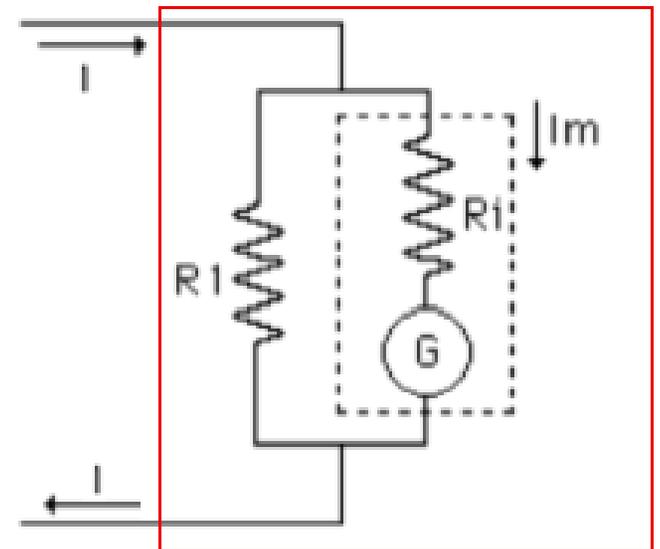
$$I_m = \frac{R_1}{R_1 + R_i} I$$

por lo tanto:

$$R_1 = \frac{R_i}{I - I_m} I_m$$

Por ejemplo: Con un galvanómetro cuyas características son  $I_m = 100\mu\text{A}$  y  $R_i = 10\text{K}\Omega$  se quiere diseñar un amperímetro con  $I = 10\text{mA}$

Al aplicar la expresión del divisor de corriente se obtiene  $R_1 = 10,1\Omega$

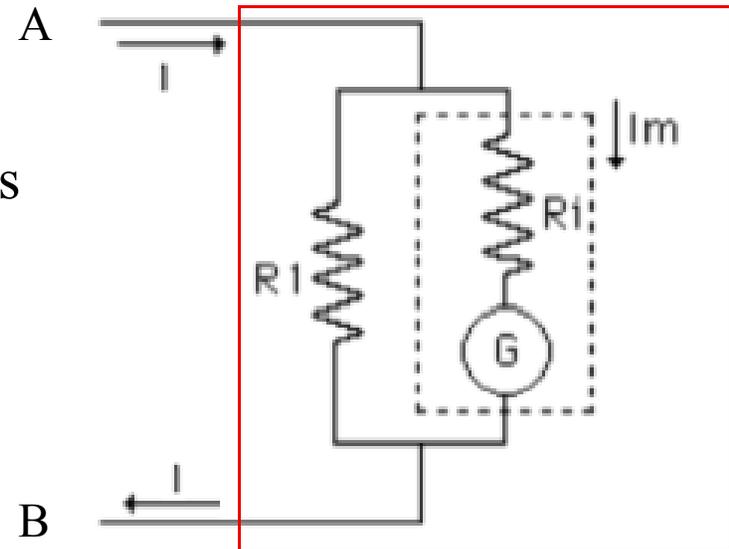


## RESISTENCIA INTERNA DE UN AMPERÍMETRO

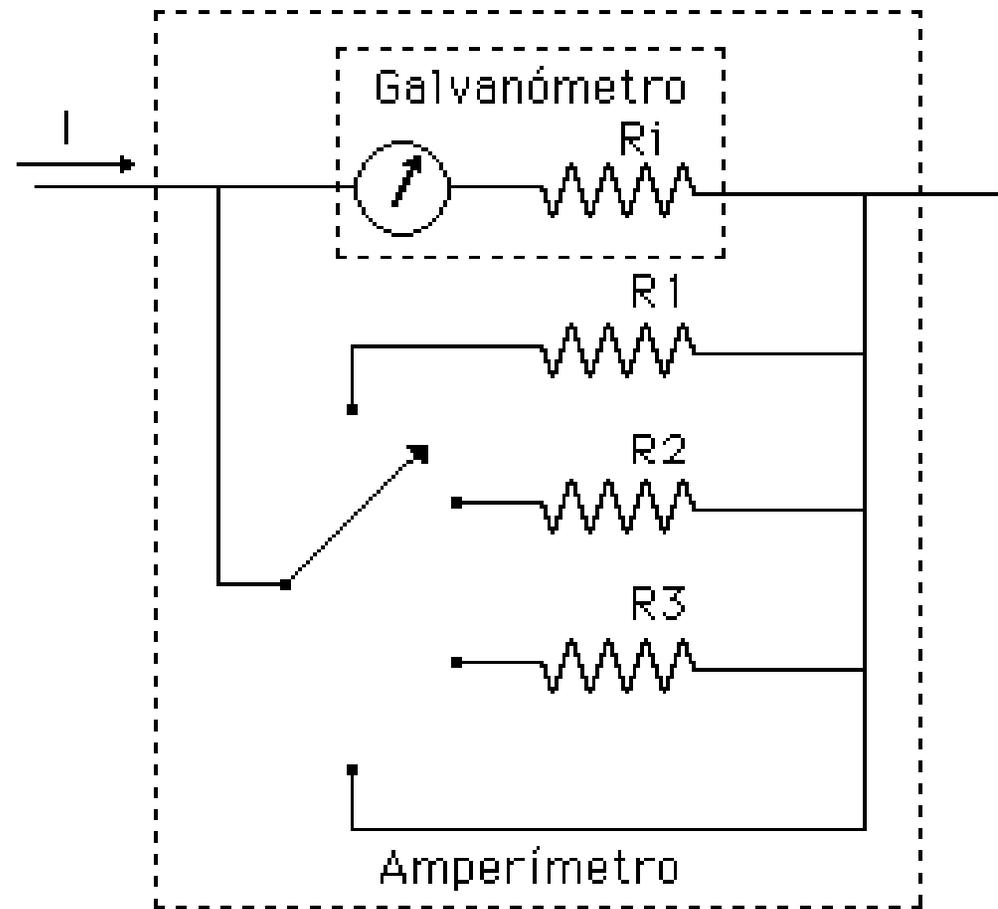
La resistencia interna del amperímetro, correspondiente a la resistencia que se puede medir entre los puntos A y B, está dada por el paralelo de la resistencia interna del galvanómetro  $R_i$  con la resistencia calculada para diseñar la escala correspondiente,  $R_1$ .

Para el ejemplo presentado, la resistencia interna del amperímetro de 10 mA entre los terminales A y B, esta dada por:

$$R_{\text{amp}} = R_1 \parallel R_i = 10,1\Omega \parallel 10\text{K}\Omega = 10,09\Omega$$



# AMPERÍMETRO DE VARIAS ESCALAS



## DISEÑO DE UN VOLTÍMETRO

**Instrumento capaz de medir un voltaje máximo  $V$  basado en un galvanómetro con  $I_m$  y  $R_i$**

Cuando el voltaje de entrada sea el máximo deseado,  $E$ , la aguja debe deflecar toda la escala, por lo que la corriente por el galvanómetro será  $I_m$  y el voltaje entre los extremos del galvanómetro será  $I_m \times R_i = V_m$ .

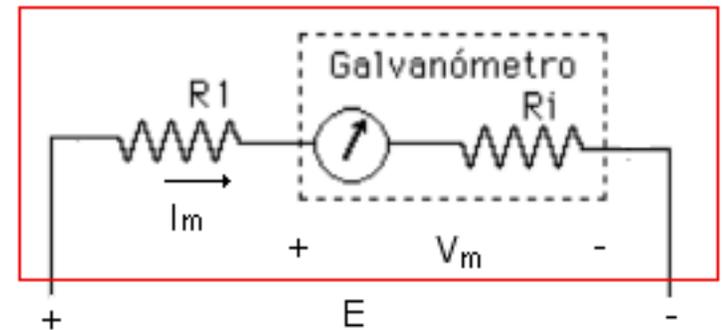
Se usa el principio del divisor de voltaje:

El valor de  $R_1$  debe ser tal que:

$$V_m = R_i I_m = \frac{R_i}{R_1 + R_i} E$$

$$R_1 = \frac{E - R_i I_m}{I_m}$$

Por ejemplo: Con un galvanómetro cuyas características son  $I_m = 100\mu\text{A}$  y  $R_i = 10\text{K}\Omega$  se quiere diseñar un voltímetro con  $E = 10\text{V}$ . La resistencia a colocar en serie con el galvanómetro es  $R_1 = 90\text{K}\Omega$ .



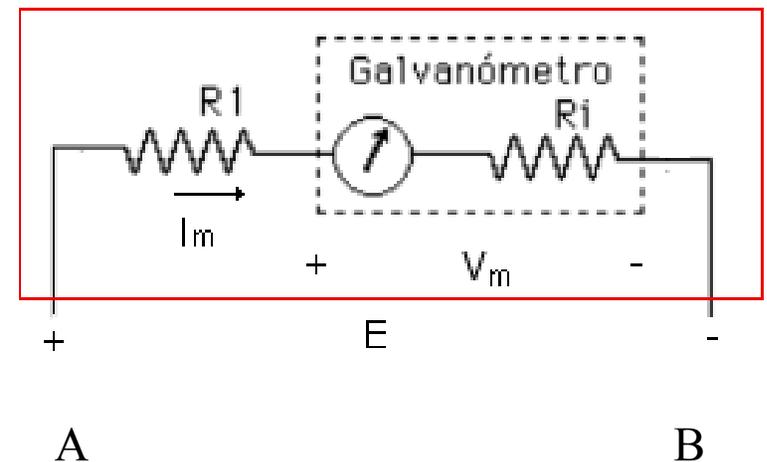
## RESISTENCIA INTERNA DE UN VOLTÍMETRO

La resistencia interna del voltímetro, correspondiente a la resistencia que se puede medir entre los puntos A y B, está dada por la resistencia interna del galvanómetro  $R_i$  en serie con la resistencia calculada para diseñar la escala correspondiente,  $R_1$ .

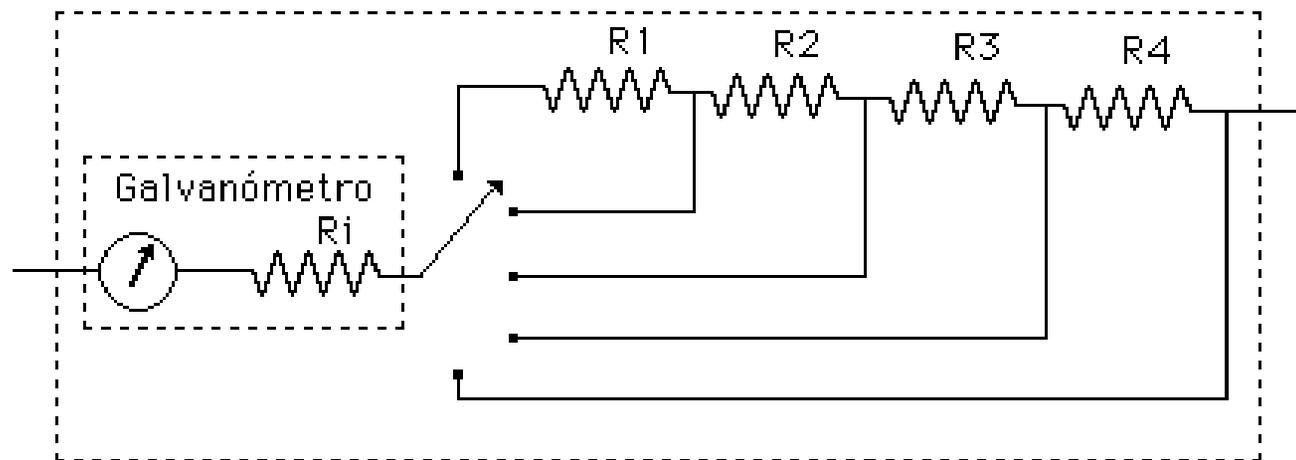
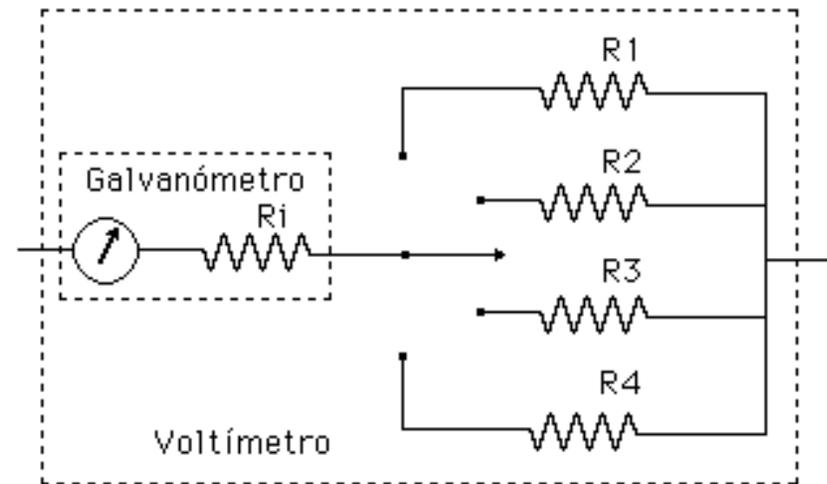
Para el ejemplo presentado, la resistencia interna del voltímetro de 10 V entre los terminales A y B, esta dada por:

$$R_{vol} = R_1 + R_i = 90K\Omega + 10K\Omega = 100K\Omega$$

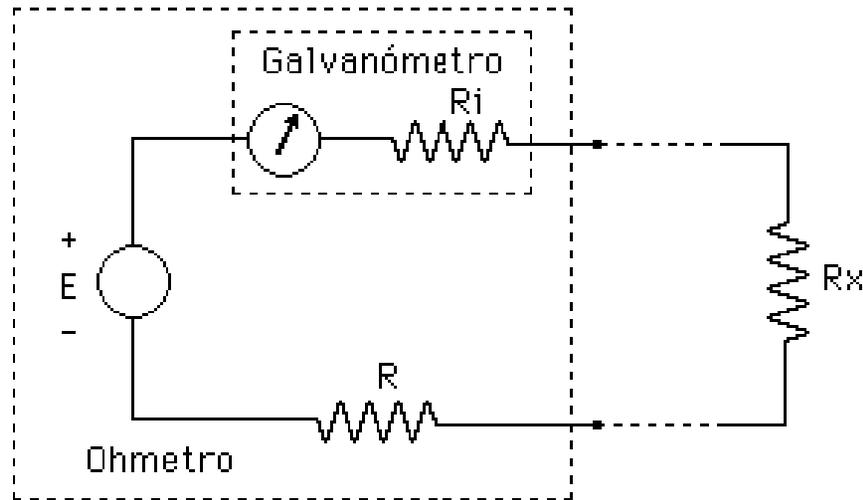
Como puede observarse  $E = I_m (R_1 + R_i)$ .



# VOLTÍMETRO DE VARIAS ESCALAS



## DISEÑO DE UN OHMETRO



Cuando  $R_1 = 0$  (un corto) se cumple:

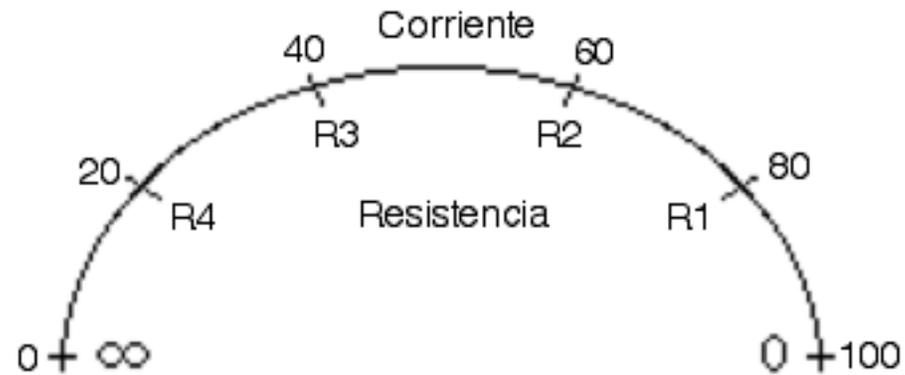
$$E = (R_i + R)I_m$$

de donde

$$R = \frac{E}{I_m} - R_i$$

**Nota:** Es conveniente utilizar una resistencia menor que la calculada y un potenciómetro en serie para ajustar el valor de  $0 \Omega$  en  $I_m$ .

# CALIBRACIÓN DE LA ESCALA DEL OHMETRO

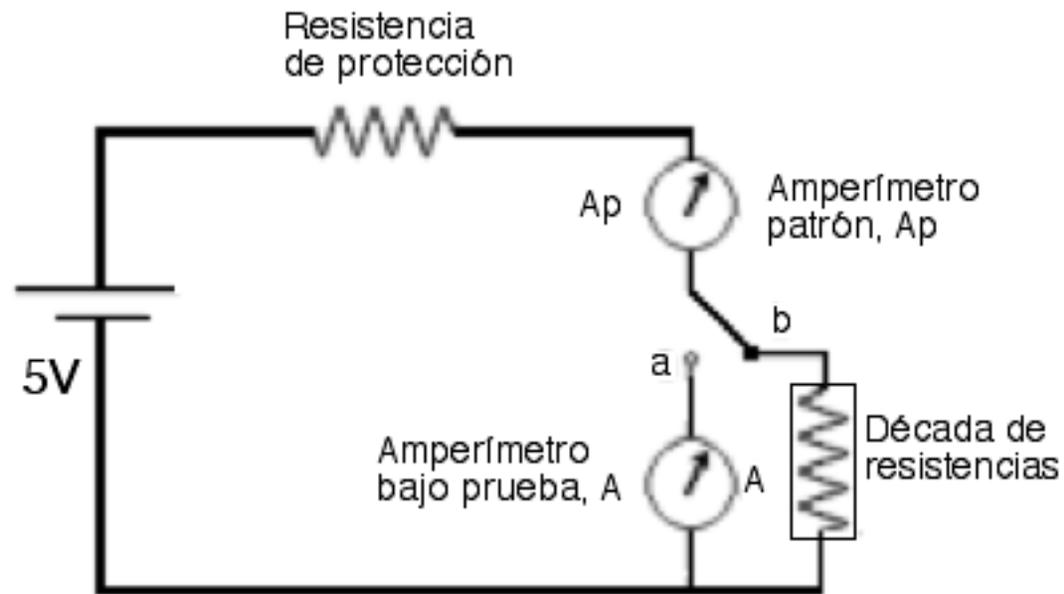


$$E = (R_i + R + R_x)I_{gx}$$

$$I_{gx} = \frac{E}{(R_i + R + R_x)}$$

$$R_x = \frac{E}{I_{gx}} - R - R_i$$

# MEDICIÓN DE LA RESISTENCIA INTERNA DEL AMPERÍMETRO POR EL MÉTODO DE SUSTITUCIÓN



## Resistencias internas de los amperímetros y voltímetros

Model	Maximum scale value		Approximate internal resistance, consumed power
<b>2051</b>	<b>01</b>	30/100/300/1000/3000 $\mu\text{A DC}$	5/6.8/2.8/0.9/0.3 $\text{k}\Omega$
	<b>02</b>	0.3/1/3/10/30 $\text{mA DC}$	970/390/140/43/14 $\Omega$
	<b>03</b>	10/30/100/300/1000 $\text{mA DC}$	4/1.4/0.4/0.14/0.04 $\Omega$
	<b>04</b>	0.3/1/3/10/30 $\text{A DC}$	0.14/0.04/0.014/0.004/0.001 $\Omega$
	<b>05</b>	0.3/1/3/10/30 $\text{V DC}$	100 $\mu\text{A}$ (10k $\Omega/\text{V}$ )
	<b>06</b>	3/10/30/100/300 $\text{V DC}$	
	<b>11</b>	$\pm 0.15/0.5/1.5/5/15$ $\text{mA DC}$	970/390/140/43/14 $\Omega$
	<b>12</b>	$\pm 0.3/1/3/10/30$ $\text{mA DC}$	1170/400/135/40/14 $\Omega$
	<b>13</b>	$\pm 5/15/50/150/500$ $\text{mA DC}$	4/1.4/0.4/0.14/0.04 $\Omega$
	<b>14</b>	$\pm 10/30/100/300/1000$ $\text{mA DC}$	4/1.5/0.4/0.15/0.04 $\Omega$
	<b>15</b>	$\pm 0.15/0.5/1.5/5/15$ $\text{A DC}$	0.14/0.04/0.014/0.004/0.001 $\Omega$
	<b>16</b>	$\pm 0.3/1/3/10/30$ $\text{A DC}$	0.15/0.14/0.11/0.004/0.001 $\Omega$
	<b>17</b>	$\pm 0.15/0.5/1.5/5/15$ $\text{V DC}$	100 $\mu\text{A}$ (20k $\Omega/\text{V}$ )
	<b>18</b>	$\pm 0.3/1/3/10/30$ $\text{V DC}$	100 $\mu\text{A}$ (10k $\Omega/\text{V}$ )
	<b>19</b>	$\pm 1.5/5/15/50/150$ $\text{V DC}$	100 $\mu\text{A}$ (20k $\Omega/\text{V}$ )
	<b>20</b>	$\pm 3/10/30/100/300$ $\text{V DC}$	100 $\mu\text{A}$ (10k $\Omega/\text{V}$ )
	<b>01</b>	0.5/1/2.5 $\text{mA AC}$	

## DETERMINACIÓN DE LA LINEALIDAD DEL AMPERÍMETRO

Se toman dos medidas en la parte baja de la escala, tanto en el Amperímetro, A, como en el Amperímetro patrón, Ap, separadas un número dado de divisiones  $N_{div}$ ,  $I_1$ ,  $I_{1P}$ ,  $I_2$ ,  $I_{2P}$  y se calcula:

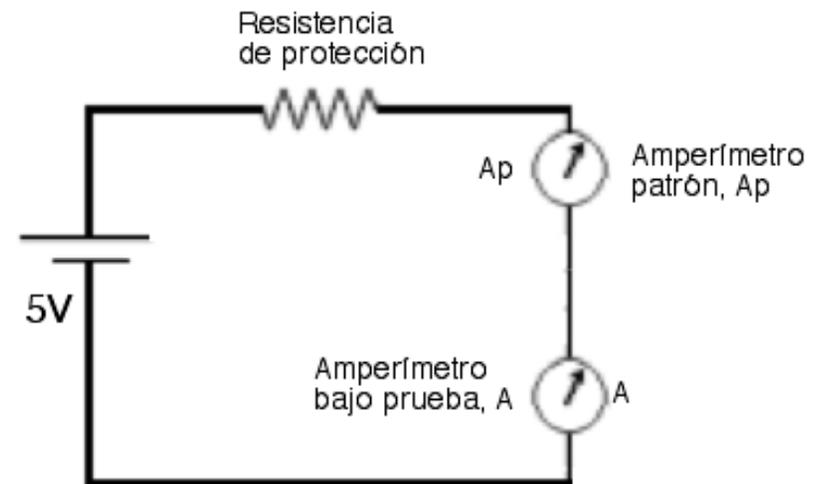
$$D_a = (I_{2P} - I_{1P}) / N_{div}.$$

Se toman dos medidas en la parte alta de la escala, tanto en el Amperímetro como en el Amperímetro patrón, separadas por el mismo número de divisiones,  $N_{div}$ ,  $I_3$ ,  $I_{3P}$ ,  $I_4$ ,  $I_{4P}$  y se calcula:

$$D_b = (I_{4P} - I_{3P}) / N_{div}.$$

Se determina la linealidad en términos porcentuales aplicando la relación:

$$Lin = [(D_a - D_b) / D_b] \times 100\%.$$



## CARACTERÍSTICA $\Omega/V$ DEL VOLTÍMETRO

$$E = (R_i + R_1) I_m$$

$$1/I_m = (R_i + R_1)/E = Y(\Omega/V)$$

$Y(\Omega/V)$ : Característica ohmios/voltio

Resistencia interna total:  $R_{vol}$

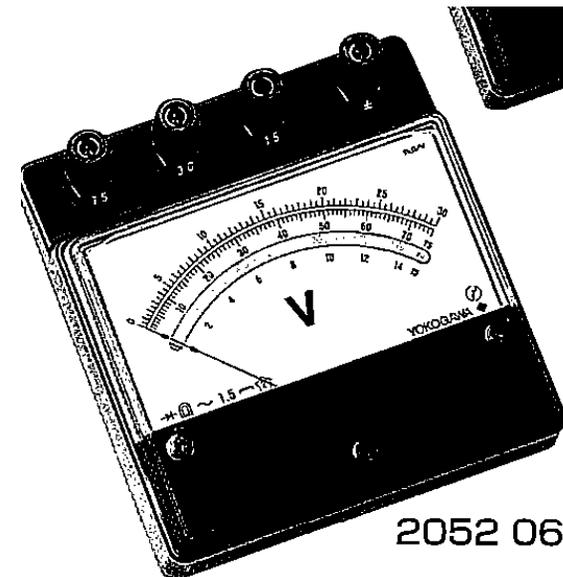
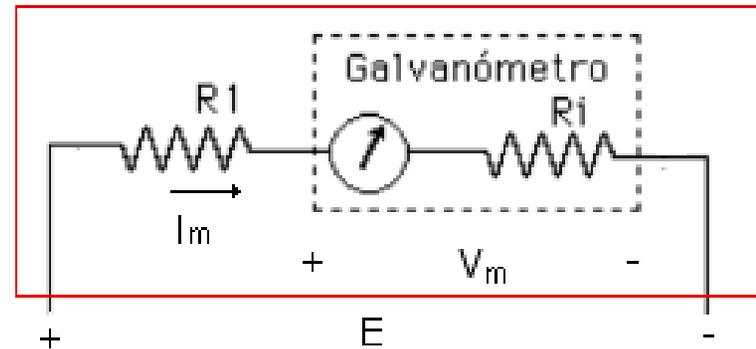
$$R_{vol} = (R_i + R_1) = Y(\Omega/V) \times E$$

Ejemplo:

Escala  $E = 15 \text{ V}$

Característica:  $1 \text{ K}\Omega/V$

Resistencia interna total:  $15 \text{ K}\Omega$



## MEDICIONES SOBRE CIRCUITOS

1.-Fuente  $V_{DC}$  ajustable

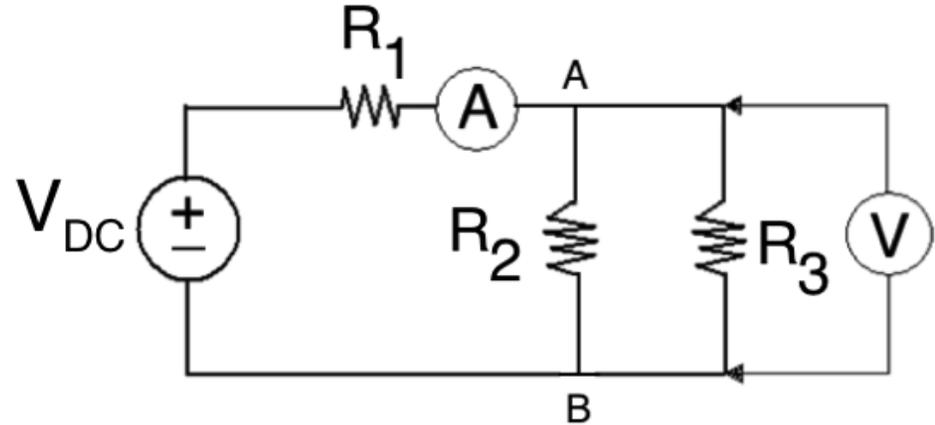
Voltaje para los cálculos: 5V

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$

$R_3 = 3 \text{ k}\Omega$

Resistencia a conectar en serie o en paralelo  $R=1\text{k}\Omega$

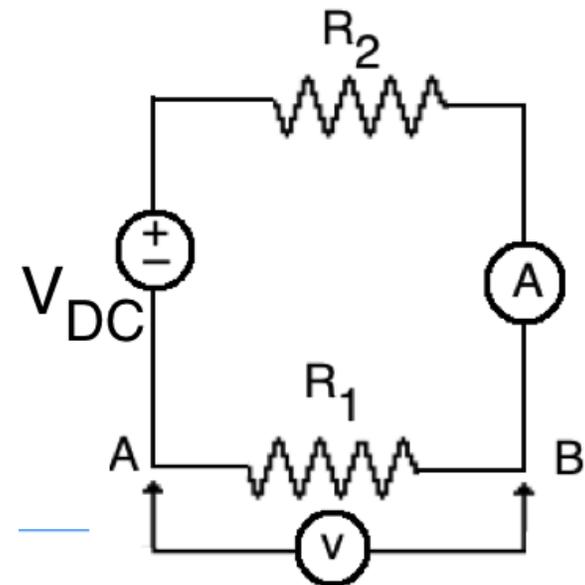


2.-Comprobación de la conservación de la potencia  
potencia

Voltajes  $V_{DC}$  para los cálculos: 4V y 8V

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

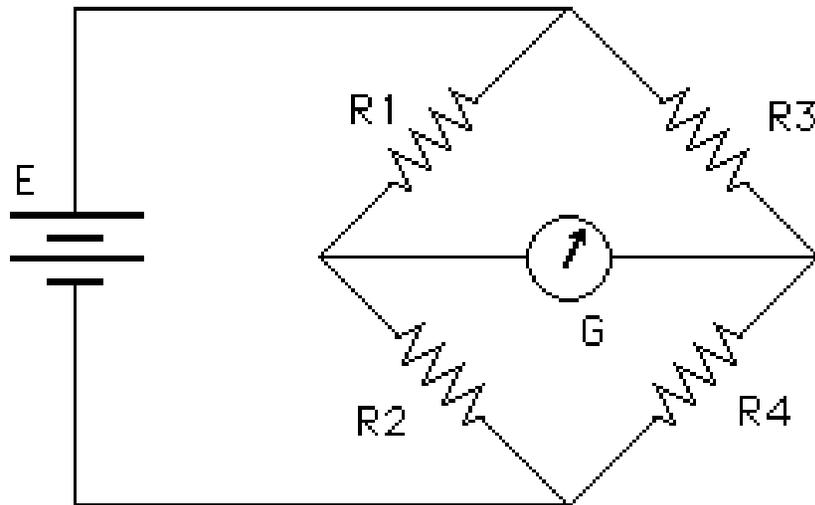
$R_2 = 2 \text{ k}\Omega$



## **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 3**

Identificación de las características del multímetro digital y de las escalas del amperímetro DC digital	20 minutos
Identificación del amperímetro DC analógico	10 minutos
Medición de las resistencias internas del amperímetro	30 minutos
Determinación de la linealidad del amperímetro	20 minutos
Identificación del voltímetro DC analógico y su resistencia interna	10 minutos
Identificación de las escalas del voltímetro DC digital	10 minutos
Identificación del multímetro analógico	10 minutos
Mediciones sobre el circuito de la Figura 2	30 minutos
Mediciones sobre el circuito de la Figura 3	20 minutos

## PUENTE DE WHEATSTONE



Sensor: Amperímetro o voltímetro con cero central

## Ecuaciones del Puente de Wheatstone

$$V_a = \frac{R_2}{R_1 + R_2} E$$

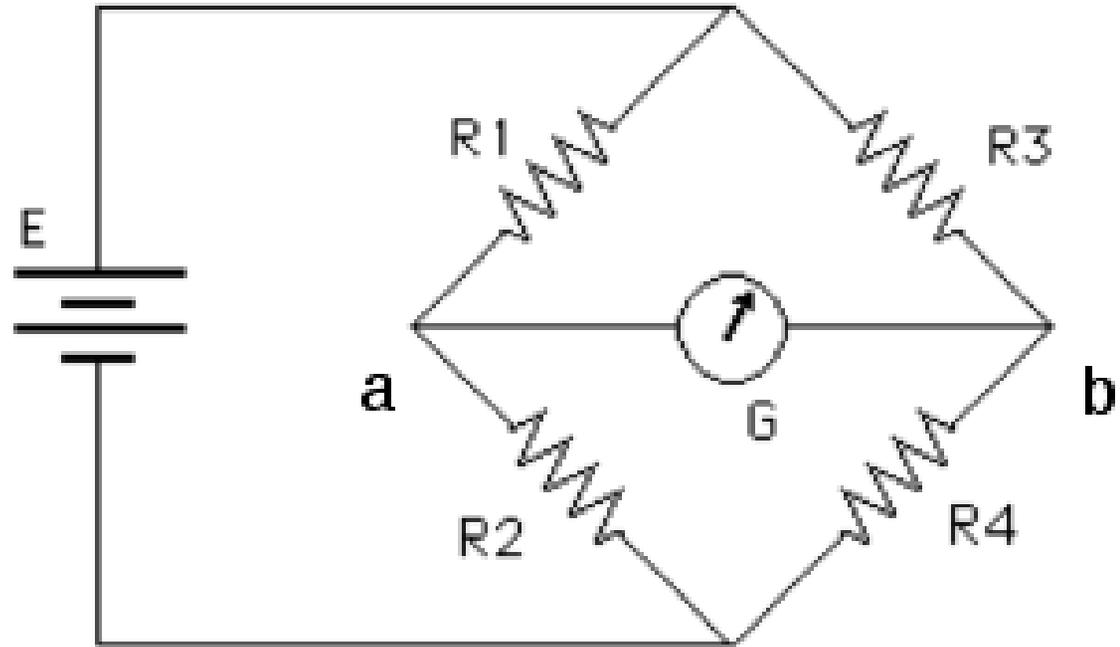
$$V_b = \frac{R_4}{R_3 + R_4} E$$

$$V_a = V_b$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

$$R_2 = \frac{R_1}{R_3} R_4 = KR_4$$

$$R_x = KR_{\text{var}}$$



## **Factores de los que depende la exactitud del Puente de Wheatstone**

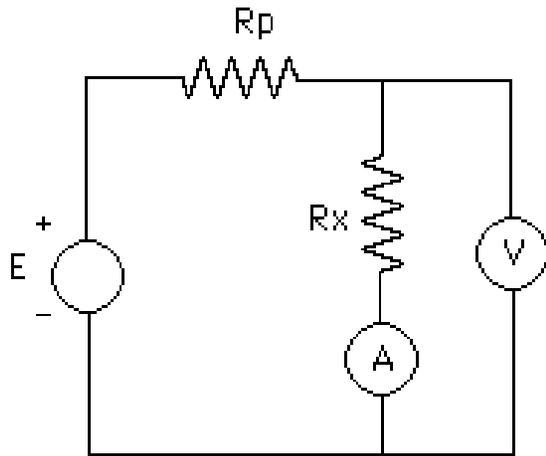
- 1.- Exactitud y precisión de las resistencias fijas y de la resistencia variable.
- 2.- Valores de las resistencias y la fuente del instrumento. Cuanto mayores sean las corrientes, más fácil será detectarlas.
- 3.-Exactitud y precisión del instrumento sensor
- 4.- Sensibilidad del instrumento sensor

## Sensibilidad del Puente de Wheatstone

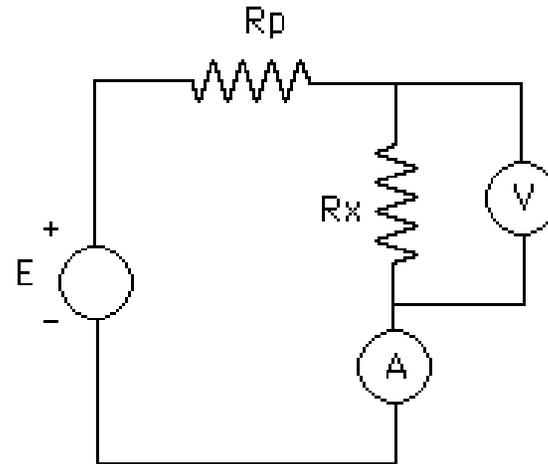
Número de divisiones que defleca el instrumento sensor cuando se produce una variación determinada ( $1\Omega$ ) en la resistencia variable o en la resistencia incógnita.

$$S = \frac{N^{\circ} \text{ divisiones}}{\Delta R_x}$$

# MEDICIÓN DE RESISTENCIAS POR MÉTODOS INDIRECTOS



Método 1



Método 2

$$\text{Método 1: } I_A = I_{R_x}; \quad V_V = V_{R_x} + V_A; \quad R_x = \frac{V_V}{I_A} = \frac{V_{R_x} + V_A}{I_{R_x}} = \frac{V_{R_x}}{I_{R_x}} + R_{\text{int}A}$$

$$\text{Método 2: } V_{R_x} = V_V; \quad I_A = I_{R_x} + I_V; \quad \frac{1}{R_x} = \frac{I_A}{V_V} = \frac{I_{R_x} + I_V}{V_{R_x}} = \frac{I_{R_x}}{V_{R_x}} + \frac{1}{R_{\text{int}V}}$$

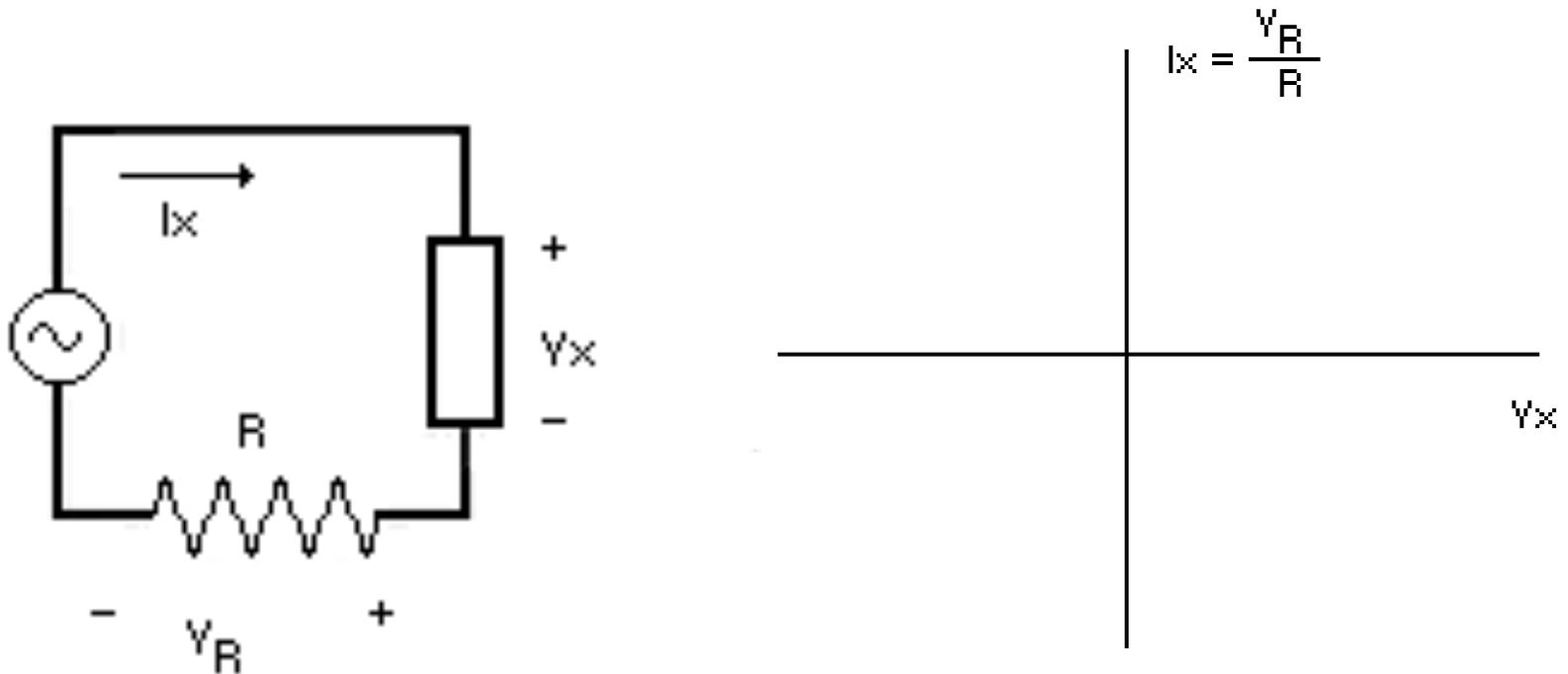
## **Conclusiones sobre los métodos indirectos para medición de resistencias**

- \* En ambos métodos se introduce un error sistemático debido al método utilizado.
- \* En el Método 1, este error sistemático será menor cuanto menor sea la resistencia interna del amperímetro comparada con la resistencia bajo medición. Por lo tanto es útil para medir resistencias grandes.
- \* En el Método 2, este error sistemático será menor cuanto mayor sea la resistencia interna del voltímetro comparada con la resistencia bajo medición. Por lo tanto es útil para medir resistencias pequeñas.

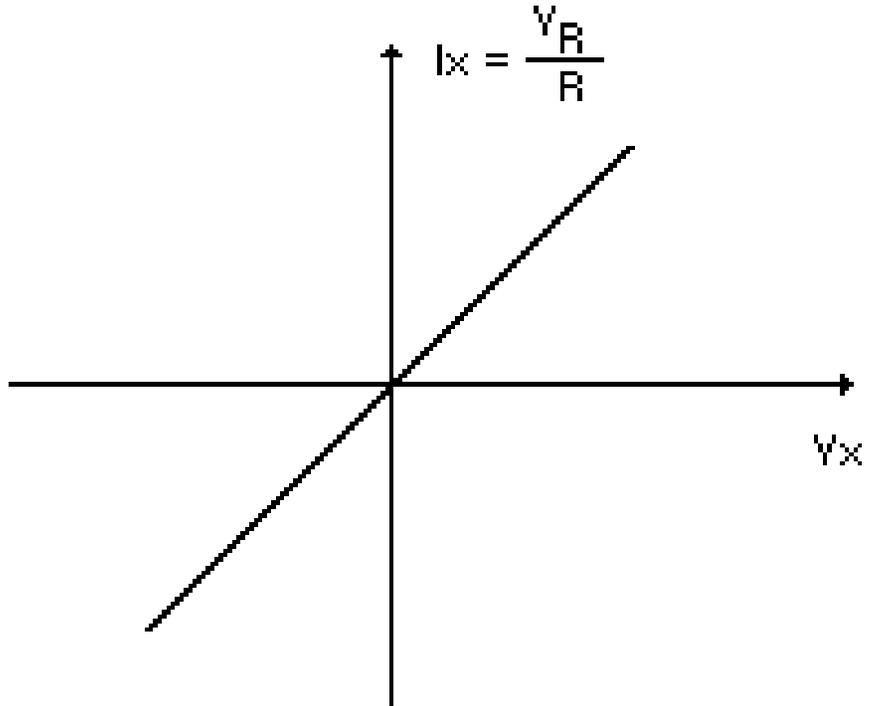
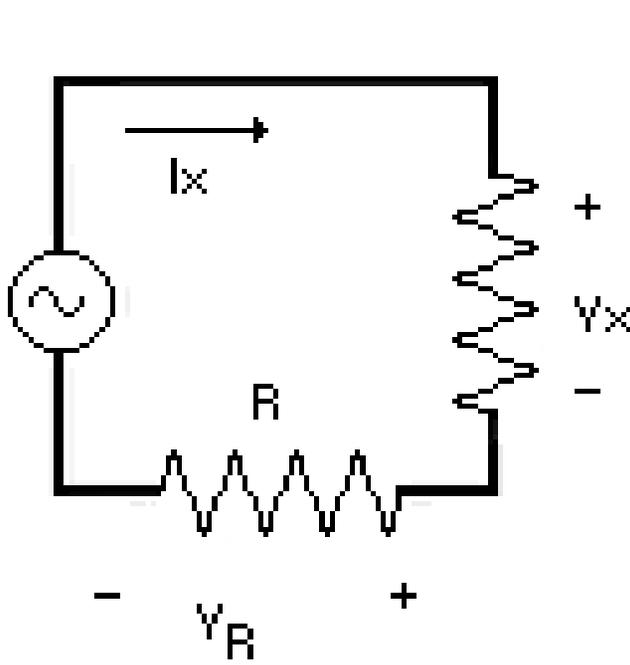
**En el laboratorio se van a medir tres resistencias incógnita (una de centenares de  $\Omega$ , otra de decenas de  $k\Omega$  y una tercera de centenas de  $k\Omega$ ) por varios métodos: Puente de Wheatstone (valor que se tomará como patrón), Ohmetros analógicos y digitales, y los dos métodos indirectos con voltímetros y amperímetros, para comparar resultados y establecer conclusiones.**

# CARACTERÍSTICA CORRIENTE-VOLTAJE DE LOS ELEMENTOS LINEALES Y NO LINEALES

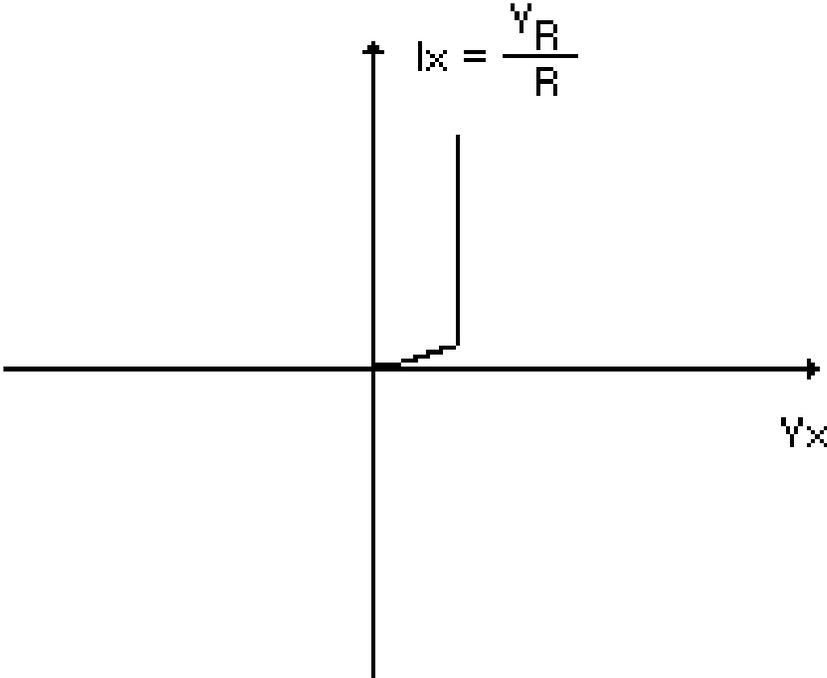
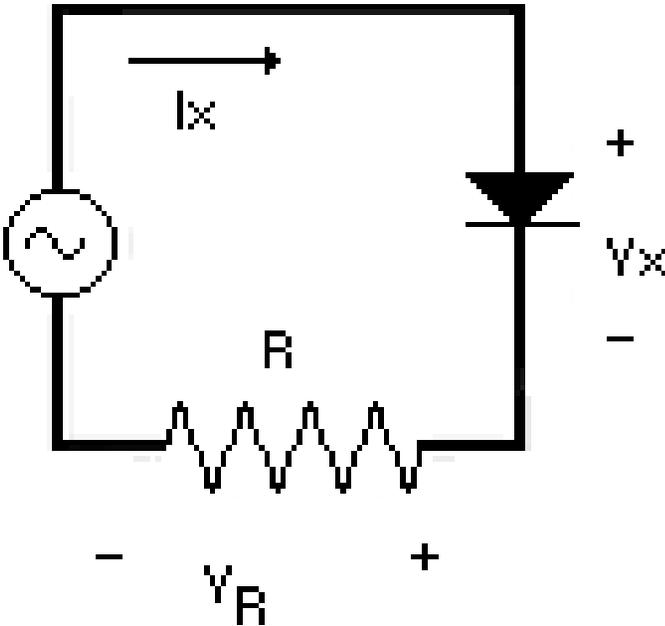
La característica corriente-voltaje de un elemento de dos terminales es la gráfica de los valores de la corriente en el elemento sobre el voltaje en el elemento, dentro de un rango de operación del dispositivo.



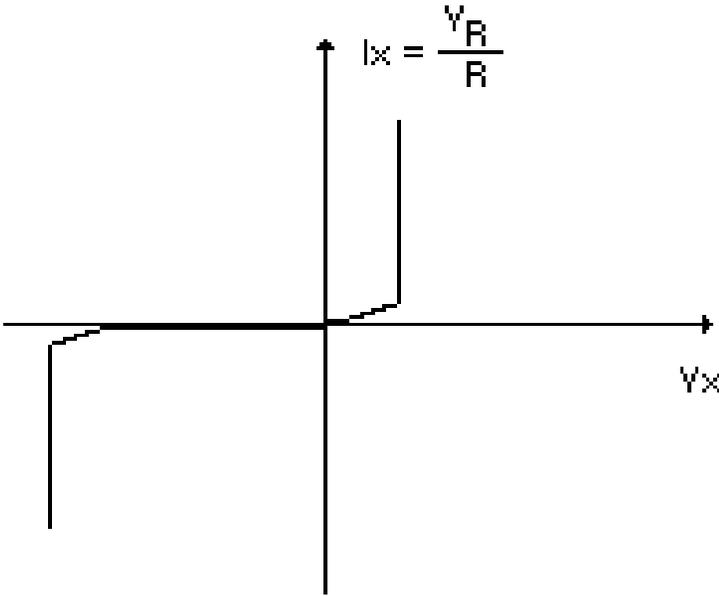
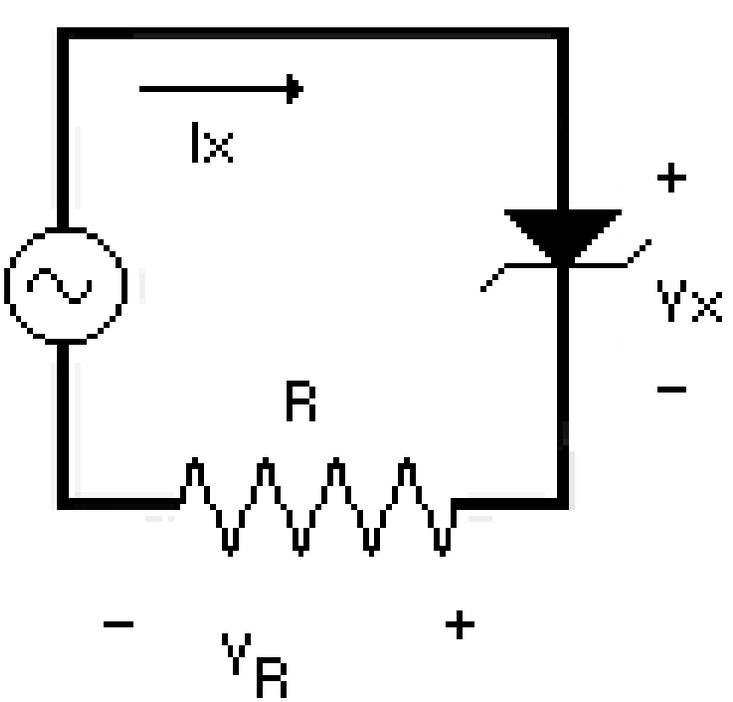
# CARACTERÍSTICA CORRIENTE-VOLTAJE DE UNA RESISTENCIA



# CARACTERÍSTICA CORRIENTE-VOLTAJE DE UN DIODO



# CARACTERÍSTICA CORRIENTE-VOLTAJE DE UN DIODO ZENER



**TABLA PARA REGISTRAR LOS VALORES DE LA  
CARACTERÍSTICA CORRIENTE-VOLTAJE MEDIDA PUNTO  
A PUNTO CON MEDICIÓN INDIRECTA DE CORRIENTE**

<b>Voltaje DC</b>	<b>Voltaje en la resistencia Rp (Rp = )</b>	<b>Corriente en el circuito</b>	<b>Voltaje en el dispositivo de dos terminales</b>
0 V			

## COMPONENTES PARA LA PRCTICA N° 4

Resistencias a medir por diferentes procedimientos:

$$R_1 = 100 \Omega; \quad R_2 = 10 \text{ k}\Omega; \quad R_3 = 100 \text{ k}\Omega$$

Resistencias de protección para los Métodos 1 y 2:

$$R_{p1} = 1 \text{ k}\Omega; \quad R_{p2} = 10 \text{ k}\Omega$$

Resistencia de protección de los circuitos para obtener las características corriente-voltaje:  $R_p = 510 \Omega$

Resistencia incógnita del circuito para obtener las características corriente-voltaje:  $R_x = 2,2 \text{ k}\Omega$

Zener del circuito para obtener las características corriente-voltaje:  
1N4731A;  $V_z = 4,3 \text{ V}$

## **CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 4**

Identificación del Puente de Wheatstone	15 minutos
Identificación de las resistencias bajo medición	10 minutos
Mediciones con el Puente de Wheatstone	25 minutos
Mediciones con los ohmetros analógico y digital	20 minutos
Mediciones indirectas con los Métodos 1 y 2	30 minutos
Mediciones para obtener la característica corriente-voltaje de la resistencia incógnita Rx	35 minutos
Mediciones para obtener la característica corriente-voltaje del diodo zener	35 minutos