

EC1281
LABORATORIO DE MEDICIONES ELÉCTRICAS
PRELABORATORIO N° 1

PRESENTACIÓN PERSONAL

Prof. María Isabel Giménez de Guzmán mgimenez@usb.ve

Prof. Angel Rodríguez 13-11248@usb.ve

Preparador Juan Nuñez 15-11017@usb.ve

Preparador Ricardo Silva 15-11370@usb.ve

HORARIO Y UBICACIÓN

Prelaboratorio: Martes hora 1 ELE 009 8:00 am

Sesiones de Laboratorio: Martes horas 2-4 9:00 a 12:00 m
ELE 105 (Primer piso del Laboratorio C)

GUÍAS Y MATERIAL DISPONIBLE

Página del Laboratorio C: <http://www.labc.usb.ve>

Seleccionar Páginas de Asignaturas

EC1281- Laboratorio de Mediciones Eléctricas 2013-2019

Página EC1281- Laboratorio de Mediciones Eléctricas 2013-2018

Guía de Laboratorio

Título	Archivos .pdf
Portada.	<u>Portada</u>
Prefacio.	<u>Prefacio</u>
Indice.	<u>Indice</u>
Objetivos.	<u>Objetivos</u>
Material de Laboratorio.	<u>Material</u>
Normas generales del laboratorio.	<u>Normas generales</u>
Normas de seguridad.	<u>Normas seguridad</u>
Solicitudes en el Laboratorio C.	<u>Solicitudes</u>
Preparación, trabajo en el Laboratorio y elaboración de informes.	<u>Preparación</u>

Página EC1281- Laboratorio de Mediciones Eléctricas 2013-2018
Guía de Laboratorio (Continuación)

¿Qué hacer cuando un circuito no funciona?	<u>¿Qué hacer?</u>
Práctica 1: Introducción al Laboratorio de Mediciones Eléctricas	<u>Práctica 1</u>
Práctica 2: Principios fundamentales de Mediciones Eléctricas. Instrumentos de medición para corriente directa (DC).	<u>Práctica 2</u>
Práctica 3: SPICE	<u>Práctica 3</u>
Práctica 4: El Osciloscopio digital.	<u>Práctica 4</u>
Práctica 5: Mediciones con el osciloscopio sobre circuitos RC y RL. Presentación X-Y.	<u>Práctica 5</u>

Página EC1281- Laboratorio de Mediciones Eléctricas 2013-2018
Guía de Laboratorio (Continuación)

Práctica 6: Instrumentos de medición para Corriente Alterna (AC).	<u>Práctica 6</u>
Práctica 7: Mediciones sobre circuitos RLC	<u>Práctica 7</u>
Práctica 8: Vatímetro. Medición de los parámetros de un transformador real.	<u>Práctica 8</u>
Práctica 9: Mediciones sobre circuitos electrónicos: Aplicaciones del Amplificador Operacional.	<u>Práctica 9</u>
Práctica 10: Desarrollo de algunas de las aplicaciones del Amplificador Operacional	<u>Práctica 10</u>

Guía Teórica

Capítulo N°	Título de los Capítulos	Archivos.pdf
	Portada	portada
	Índice	índice
1	Tipos y Métodos de Medición	capítulo1
2	Características de los Instrumentos de Medición	capítulo2
3	Errores	capítulo3
4	Componentes	capítulo4
5	El Galvanómetro de D'Arsonval	capítulo5
6	Amperímetro, Voltímetro, Ohmetro y Multímetro	capítulo6
7	Mediciones Especiales	capítulo7

Material de apoyo

Componentes	<u>Cuadro de valores estándar de resistencias</u>
	<u>Codigo de colores y otras especificaciones de resistencias y condensadores</u>
	<u>Tabla de identificación de resistencias y condensadores</u>
	<u>Valores preferidos (RETMA)</u>
	<u>Capacitores electrolíticos</u>
	<u>Capacitores cerámicos</u>
	<u>Resumen de las especificaciones de los capacitores</u>
	<u>Cuadro comparativo de las características de los capacitores</u>

METODOLOGÍA DE TRABAJO

Preparación: Cuestionario que cada estudiante debe responder, de forma individual y escrito a mano (como si fuera un Quiz) y mostrárselo al profesor antes de comenzar la sesión de laboratorio. **Quien no tenga el prelaboratorio hecho no puede realizar la práctica de laboratorio y se considerará como una falta injustificada.** (Fase de estudio previo).

Trabajo en el laboratorio: Formulario que sirve de guía para realizar las diferentes actividades en el laboratorio. (Fase de adquisición de técnicas de medición).

Informe: Parte final del proceso de aprendizaje, en la cual se integran y consolidan los conocimientos adquiridos y se desarrolla la habilidad de comunicar los resultados obtenidos. (Fase de síntesis).

Cada guía de laboratorio está dividida en las tres partes mencionadas.

EVALUACIÓN

Calificaciones de los Prelaboratorios: 20%

Calificaciones del trabajo en el Laboratorio: 25%

Calificaciones de los Informes: 30%

Quiz N° 1: 10%

Quiz N° 2: 15%

FECHAS DE LOS QUICES

Quiz N° 1: 22 Octubre 2019

Quiz N° 2: 26 Noviembre 2019

NOTA IMPORTANTE

Si se falta a más de dos sesiones de laboratorio, no puede aprobarse la asignatura, independientemente de las calificaciones obtenidas en las otras prácticas. En caso de que la falta sea justificada, el estudiante podrá recuperar la práctica perdida, con permiso del profesor.

CRONOGRAMA

Semana	Fecha	Prelaboratorio	Laboratorio
1	17 Septiembre	Nº 1: Pract. 1 y 2	Práctica 1
2	24 Septiembre	Nº 2: Pract. 3 y 4	Práctica 2
3	1 Octubre	Nº 3: Pract. 4	Práctica 3
4	8 Octubre	Nº 4: Pract. 5 y 6	Práctica 4
5	15 Octubre	Nº 5: Pract. 6 y 7	Práctica 5
6	22 Octubre	Quiz Nº 1	Práctica 6

CRONOGRAMA (CONTINUACIÓN)

Semana	Fecha	Prelaboratorio	Laboratorio
7	29 Octubre	Nº 6: Pract. 8	Práctica 7
8	5 Noviembre	Nº 7: Pract. 9 y 10	Práctica 8
9	12 Noviembre	Nº 8: Componentes	Práctica 9
10	19 Noviembre	Repaso	Práctica 10
11	26 Noviembre	Quiz Nº 2	
12	3 Diciembre		

ELABORACIÓN DE INFORMES

Los informes se van a presentar en pdf. Contenido:

La Página de presentación

El Resumen

El Índice

El Marco Teórico

La Metodología utilizada

Los Resultados obtenidos

El Análisis de los Resultados

Las Conclusiones

La Bibliografía

Anexos

CONCEPTOS SOBRE MEDICIONES

Tipos de medición

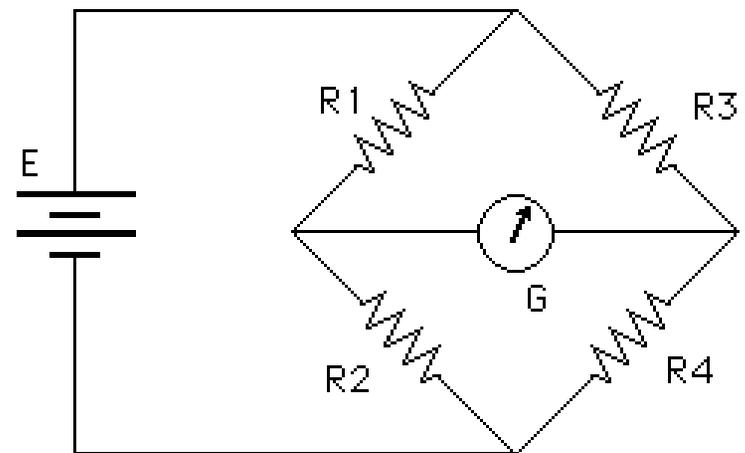
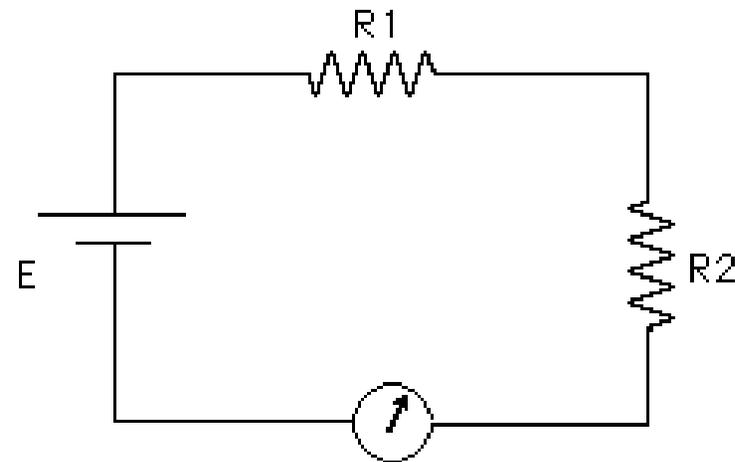
Directas

Indirectas

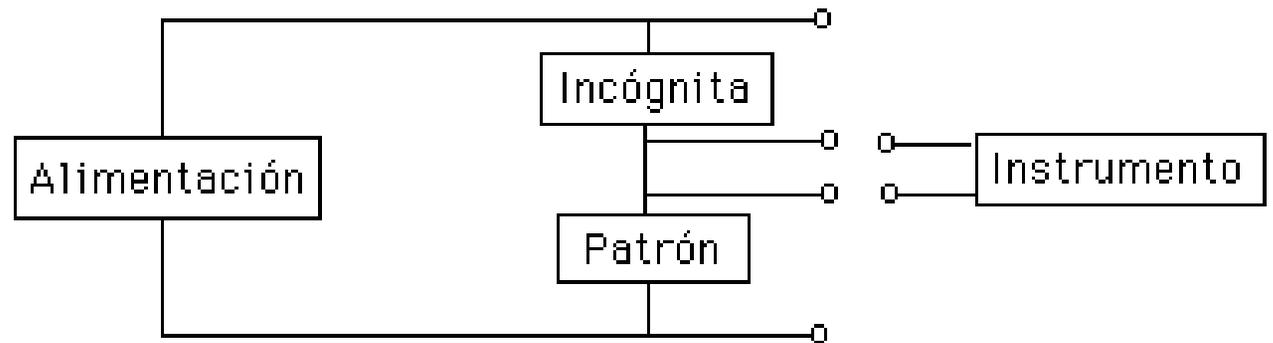
Métodos de medición

Deflexión

Detección de cero



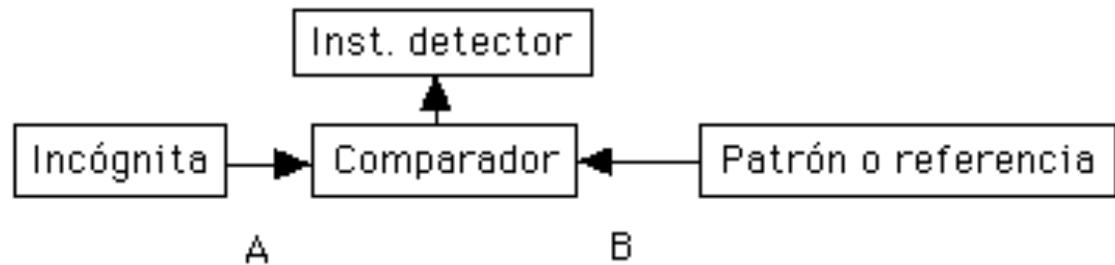
Comparación



Sustitución



Diferencial



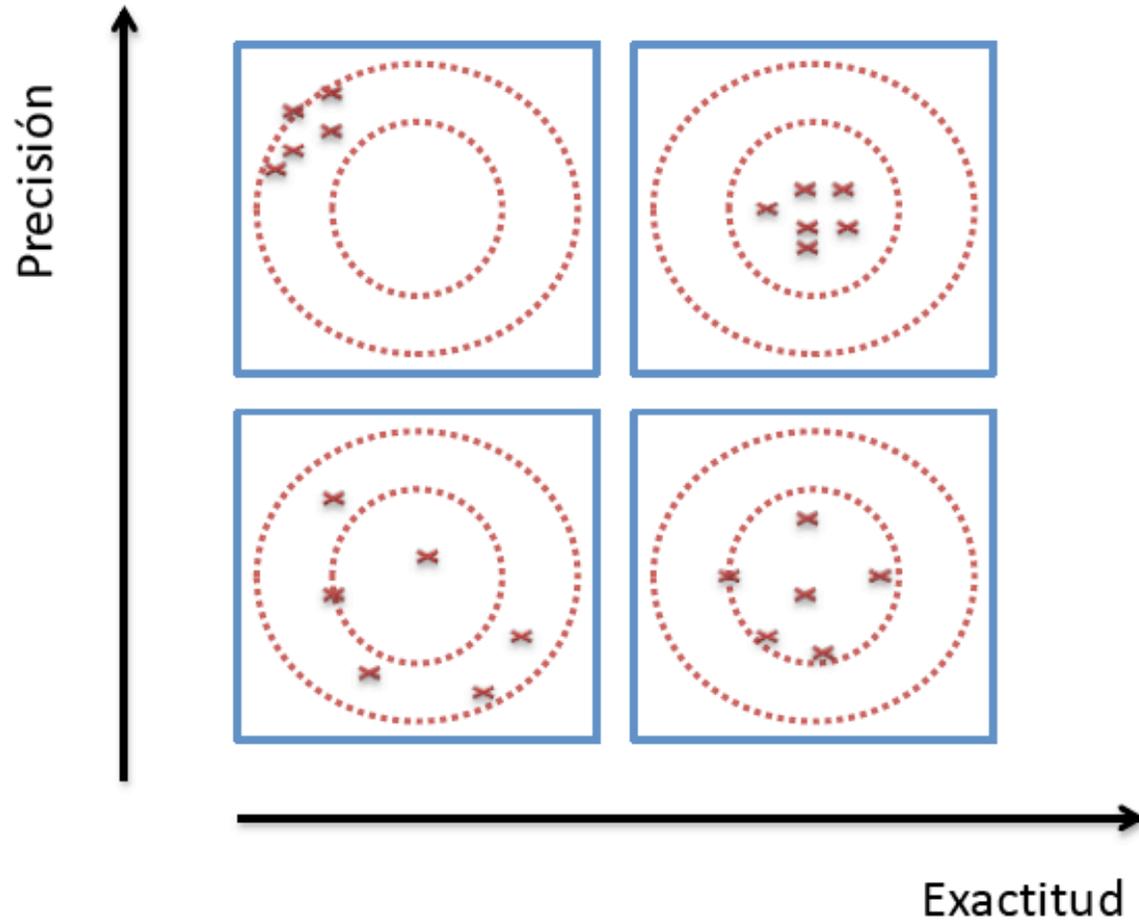
CARACTERÍSTICAS DE LOS INSTRUMENTOS DE MEDICIÓN



¿Estos relojes son precisos o exactos?
(ref. Prof. Julio Walter)

Exactitud: El parámetro medido es muy exacto cuando su incertidumbre (o error con respecto al verdadero valor) es muy pequeña. Depende de la calidad de calibración del instrumento respecto a patrones de medida.

Precisión: El parámetro está muy bien definido. Depende de las cifras significativas disponibles y de la resolución del instrumento.



(ref. Prof. Julio Walter)

Error (E): Es la incertidumbre en una medición. Si **V** es el valor verdadero (raramente conocido) y **M** el valor obtenido mediante la medición se cumple $E = M - V$.

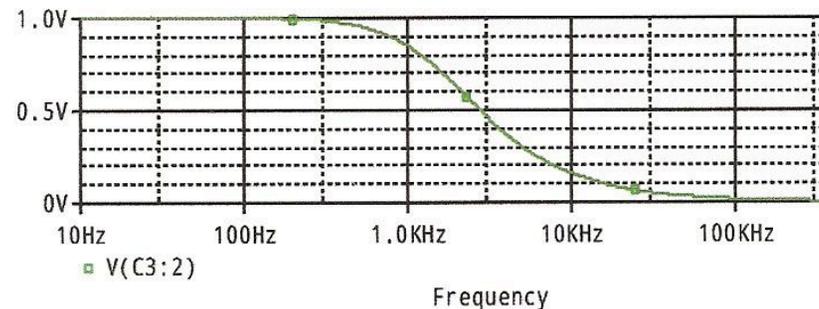
Corrección (C): Se define como el valor verdadero menos el medido, por lo tanto $C = V - M$.

Resolución (R): Menor incremento en la escala del instrumento que puede detectarse con certidumbre.

Sensibilidad (S): Es la relación entre la respuesta del instrumento (N° divisiones recorridas) y la magnitud de la cantidad medida. (Es el inverso de la resolución)

Gama y escala: La gama es la diferencia entre la mayor y la menor indicación que puede medir el instrumento, y puede estar dividida en varias escalas o constar de una sola.

Ancho de Banda del instrumento: Característica de medición del instrumento en función de la frecuencia de operación. (Frecuencia en escala logarítmica, esto es, décadas)



Linealidad: Un instrumento de aguja es lineal cuando para un determinado incremento del parámetro bajo medición, el desplazamiento del indicador es siempre el mismo independientemente de la posición de éste en la escala (parte inferior o parte superior de la escala).

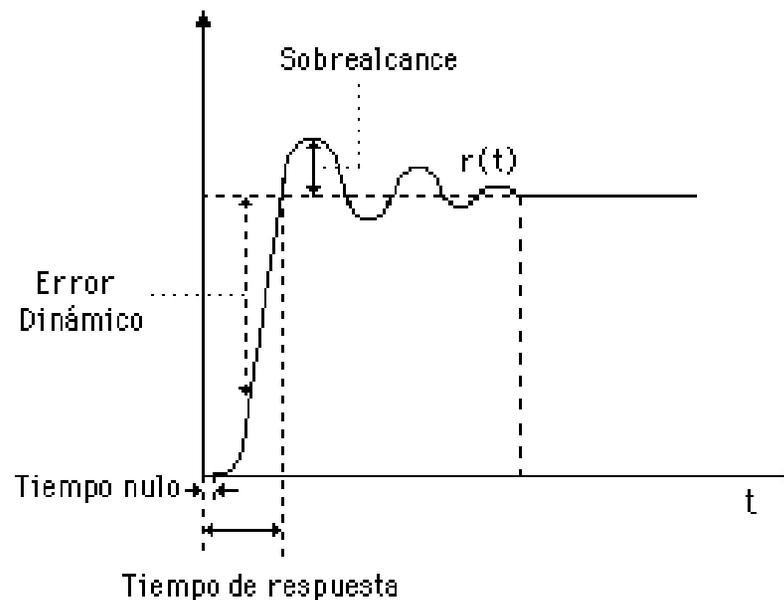
Respuesta dinámica:

Error dinámico

Tiempo de respuesta

Tiempo nulo

Sobrealcance



ERRORES DE MEDICIÓN

GRANDES (Estadísticos o por grandes fallas): Se producen al azar. Es conveniente medir varias veces y sacar promedios, además de estar muy atentos al proceso de medición.

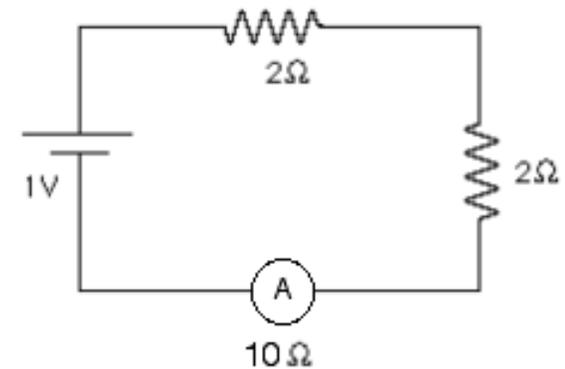
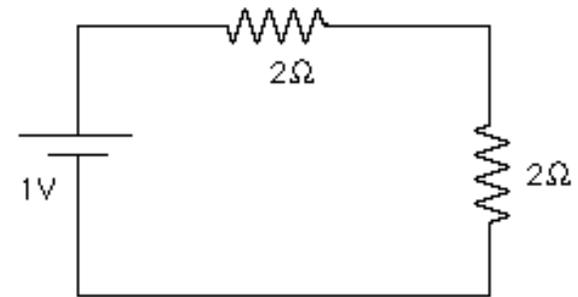
SISTEMÁTICOS:

Del instrumento: Mala calibración

Del método: Mala selección de instrumentos

Ambientales: Temperatura
Humedad
Campos electromagnéticos

De observación: Paralaje



MODOS DE EXPRESIÓN DE LOS ERRORES

Error Absoluto: Es el valor de la incertidumbre combinada. Tiene las mismas dimensiones que la magnitud medida y es conveniente expresarlo con las mismas unidades de ésta. Si Z es la magnitud en estudio, $\langle Z \rangle$ es el mejor valor obtenido y ΔZ su incertidumbre absoluta. El resultado se expresa adecuadamente como:

$$Z = \langle Z \rangle \pm \Delta Z$$

Error Relativo: Es el cociente entre el error absoluto y el mejor valor de la magnitud. $e_Z = \Delta Z / \langle Z \rangle$ Puede expresarse en forma porcentual.

Error Porcentual: Es la incertidumbre relativa multiplicada por 100.

CIFRAS SIGNIFICATIVAS

Es el número de dígitos contenidos en el resultado de la medición que están a la izquierda del primer dígito afectado por el error, incluyendo este dígito.

El primer dígito, o sea el que está más a la izquierda, es el más significativo y el último el menos significativo.

Bien expresado: $Z = 20.2 \pm 0.1$

Mal expresado: $Z = 20.235 \pm 0.1$

COMPONENTES

Definición

Elementos físicos con los cuales se monta un circuito.

Presentan diferentes características eléctricas: Resistencia, capacitancia, inductancia, etc., que constituyen los **parámetros** del componente. No hay componentes ideales.

Parámetros

Concentrados y distribuidos

Activos y pasivos

Variables e invariables en el tiempo

Lineales y no lineales Cumplen con superposición y homogeneidad.

RESISTENCIAS

Definición: Transforman energía eléctrica en térmica.

Son componentes pasivos, de parámetros concentrados, considerados como invariables en el tiempo y lineales.

Especificaciones fundamentales

Valor nominal (código de colores)

Tolerancia

Potencia

Otras especificaciones importantes

Temperatura de operación

Coeficiente de temperatura

Frecuencia de operación: Capacitancias e inductancias parásitas

Vida de almacenamiento

Aislamiento ante la humedad

Tipos

Carbón de capa delgada o gruesa

Metálicas

VALORES PREFERIDOS

Distribución lineal con incremento de una unidad (no conveniente)



Los valores nominales se asignan siguiendo una progresión geométrica basada en las siguientes relaciones:

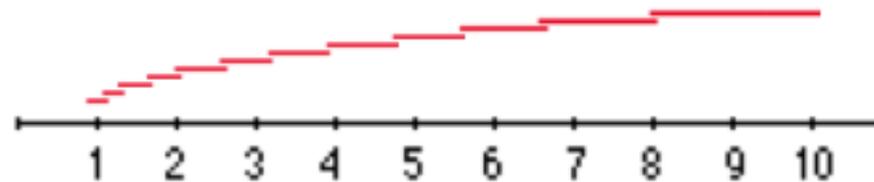
$${}^6\sqrt{10} = 1,46 \text{ para } \pm 20\% \text{ de tolerancia}$$

$${}^{12}\sqrt{10} = 1,21 \text{ para } \pm 10\% \text{ de tolerancia}$$

$${}^{24}\sqrt{10} = 1,10 \text{ para } \pm 5\% \text{ de tolerancia}$$

TABLA DE VALORES PARA RESISTENCIAS DE 5% DE TOLERANCIA

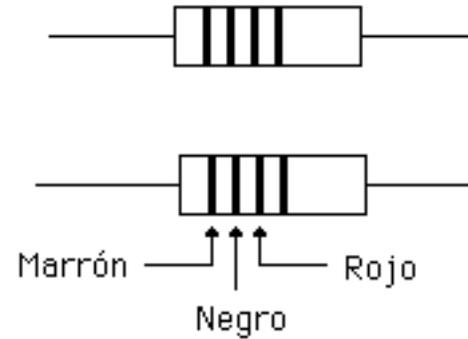
Distribución valores nominales siguiendo una progresión geométrica



10	18	33	56
11	20	36	62
12	22	39	68
13	24	43	75
15	27	47	82
16	30	51	91

Valor nominal	
Plateado	-2
Dorado	-1
Negro	0
Marrón	1
Rojo	2
Naranja	3
Amarillo	4
Verde	5
Azul	6
Violeta	7
Gris	8
Blanco	9

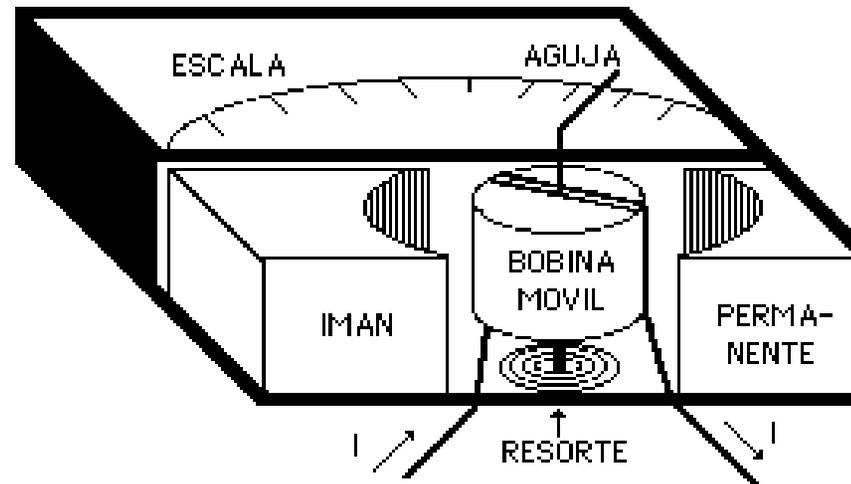
CÓDIGO DE COLORES RESISTENCIAS DE CUATRO BANDAS



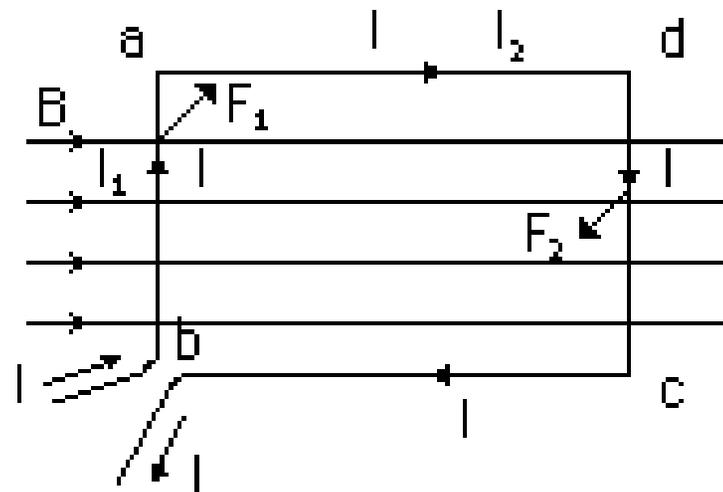
Tolerancia	
Dorado	5%
Plateado	10%
Sin banda	20%

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:

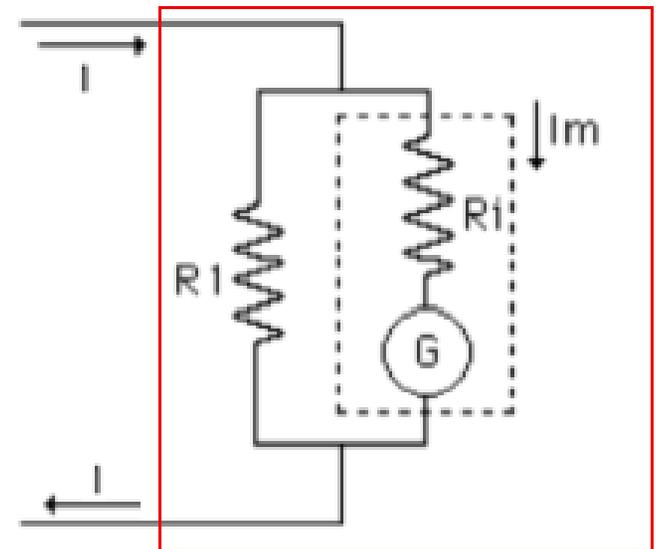
$$I_m = \frac{R_1}{R_1 + R_i} I$$

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 $R_1 = 10,1\Omega$

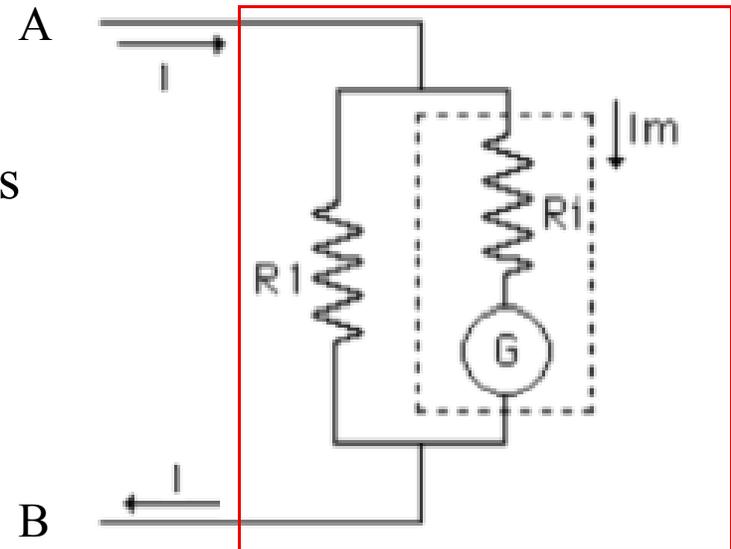


RESISTENCIA INTERNA DE UN AMPERÍMETRO

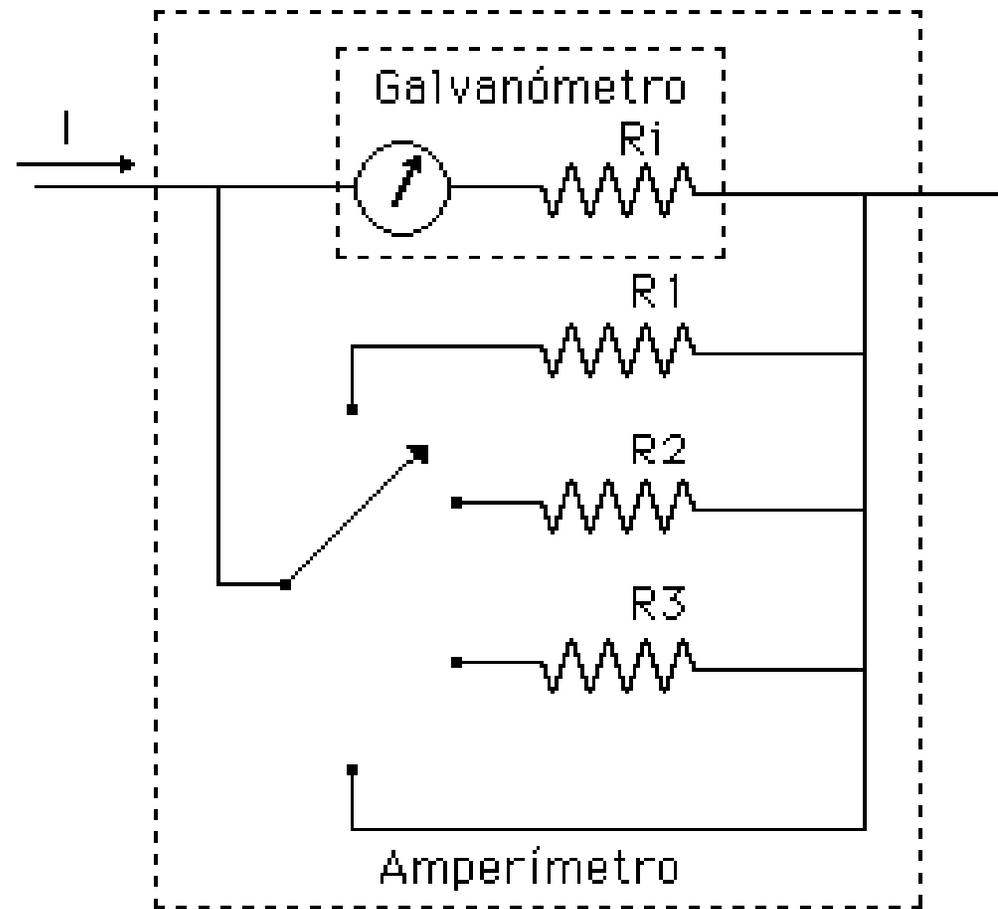
La resistencia interna del amperímetro, correspondiente a la resistencia que se puede medir entre los puntos A y B, está dada por el paralelo de la resistencia interna del galvanómetro R_i con la resistencia calculada para diseñar la escala correspondiente, R_1 .

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 $I_m \times R_i = V_m$.

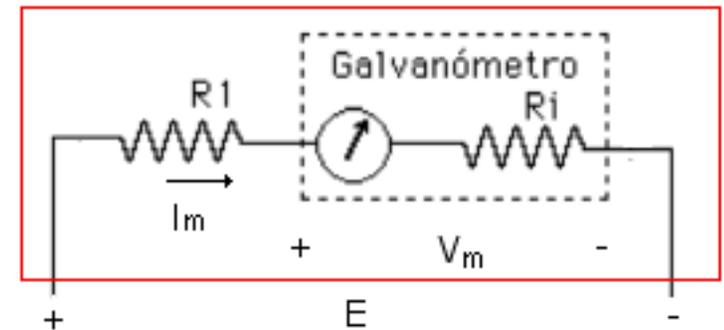
Se usa el principio del divisor de voltaje:

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 $R_1 = 90\text{K}\Omega$.



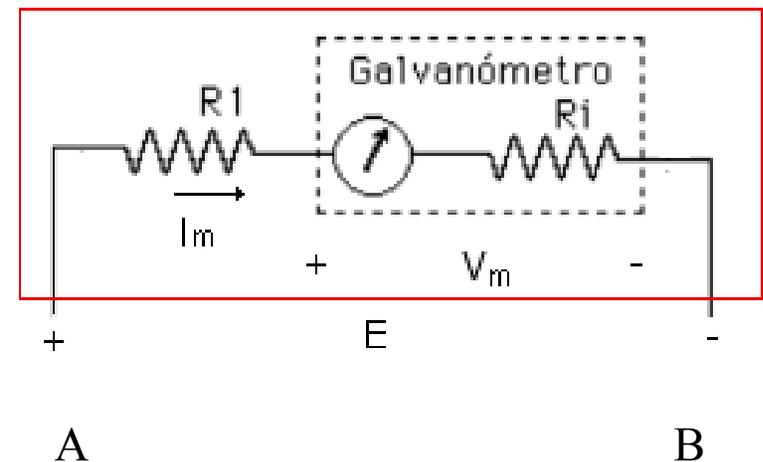
RESISTENCIA INTERNA DE UN VOLTÍMETRO

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 .

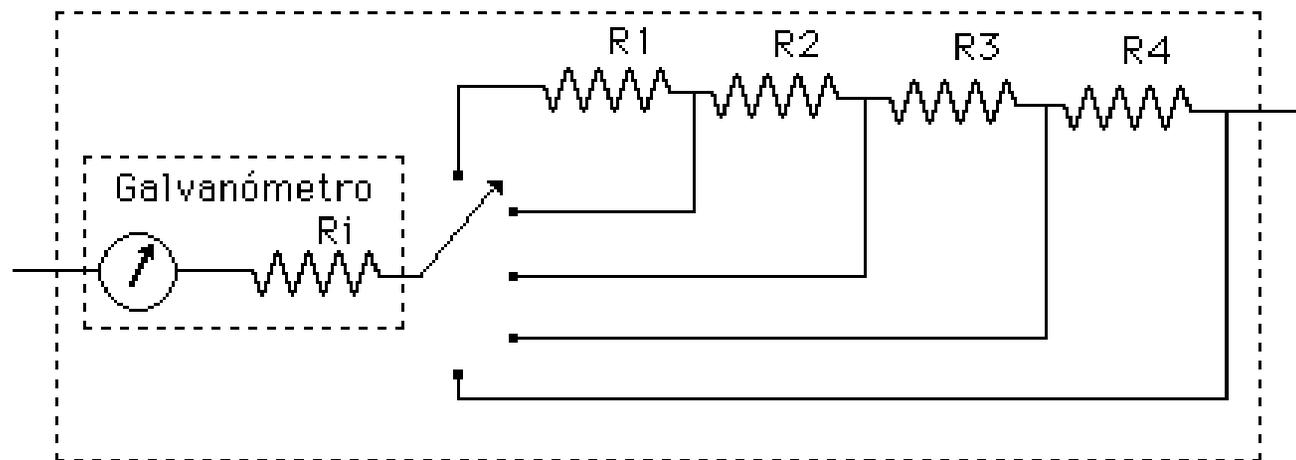
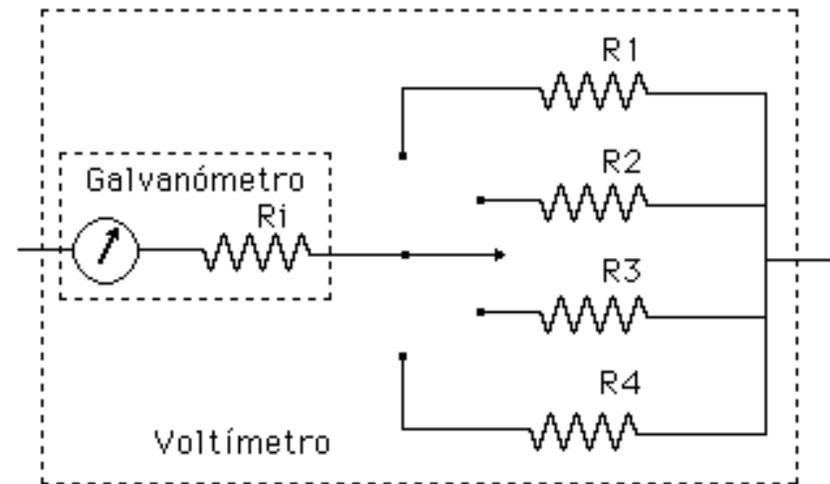
Para el ejemplo presentado, la resistencia interna del voltímetro de 10 V entre los terminales A y B, esta dada por:

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

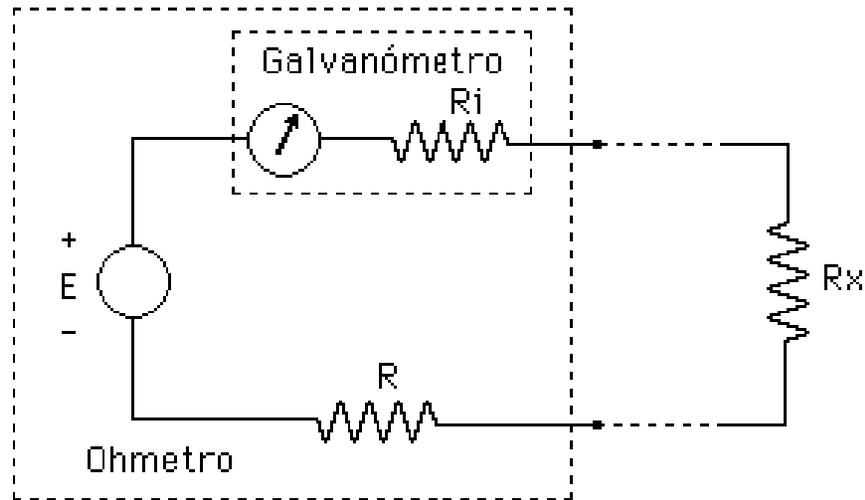
Como puede observarse $E = I_m (R_1 + R_i)$.



VOLTÍMETRO DE VARIAS ESCALAS



DISEÑO DE UN ÓHMETRO



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

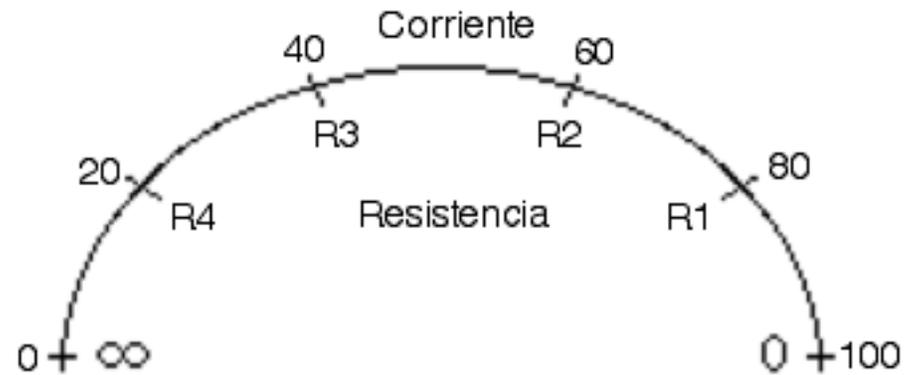
$$E = (R_i + R)I_m$$

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 0Ω en I_m .

CALIBRACIÓN DE LA ESCALA DEL ÓHMETRO

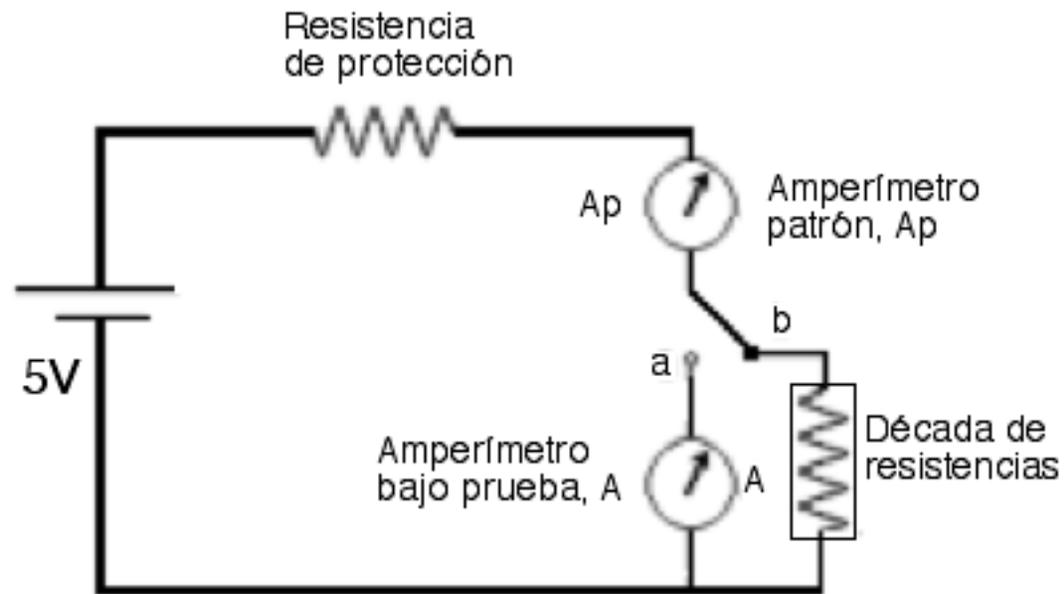


$$E = (R_i + R + R_x)I_{gx}$$

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

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

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

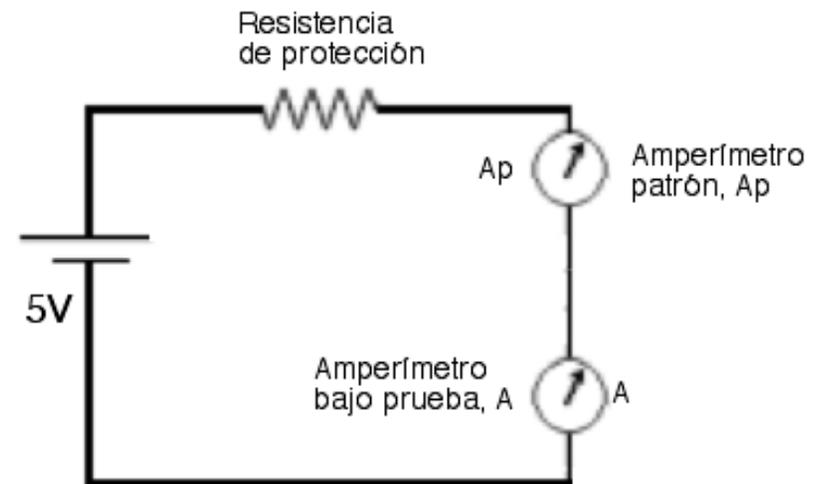
$$D_a = (I_{2P} - I_{1P}) / N_{div}.$$

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 Ω/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}

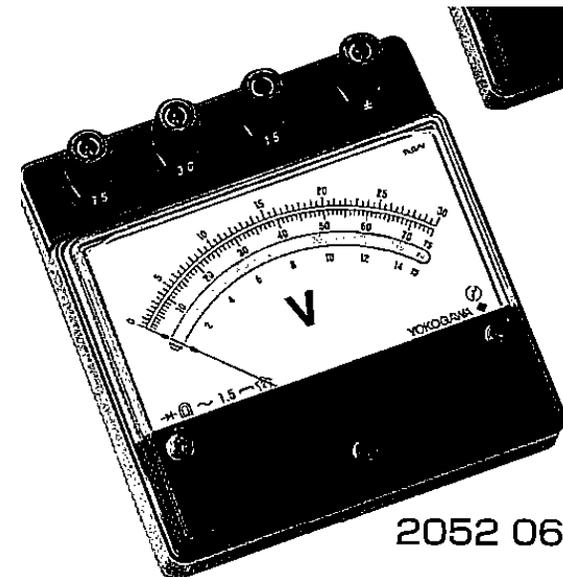
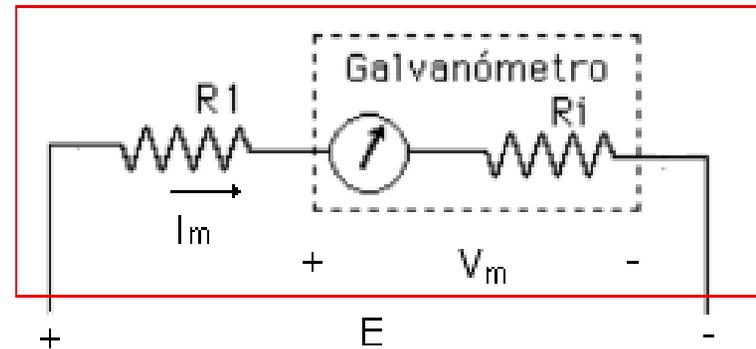
$$R_{vol} = (R_i + R_1) = Y(\Omega/V) \times E$$

Ejemplo:

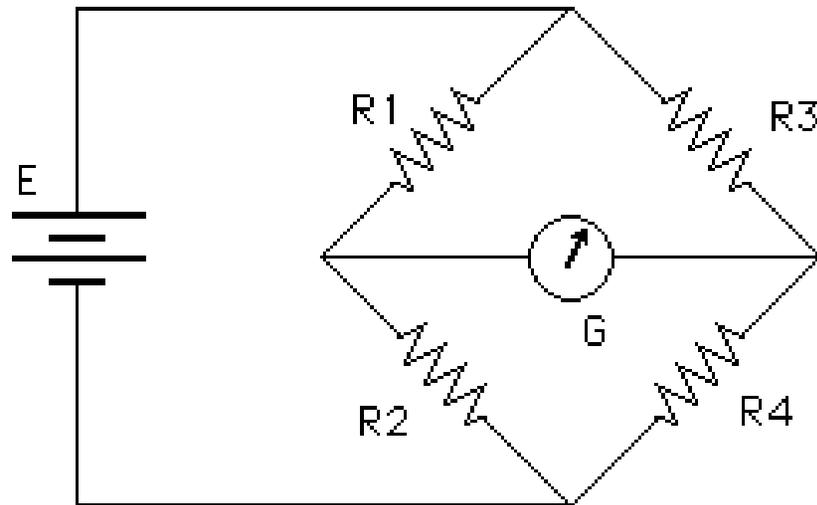
Escala $E = 15 \text{ V}$

Característica: $1 \text{ K}\Omega/V$

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



PUENTE DE WHEATSTONE



Sensor: Amperímetro o voltímetro con cero central

Ecuaciones del Puente de Wheatstone

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

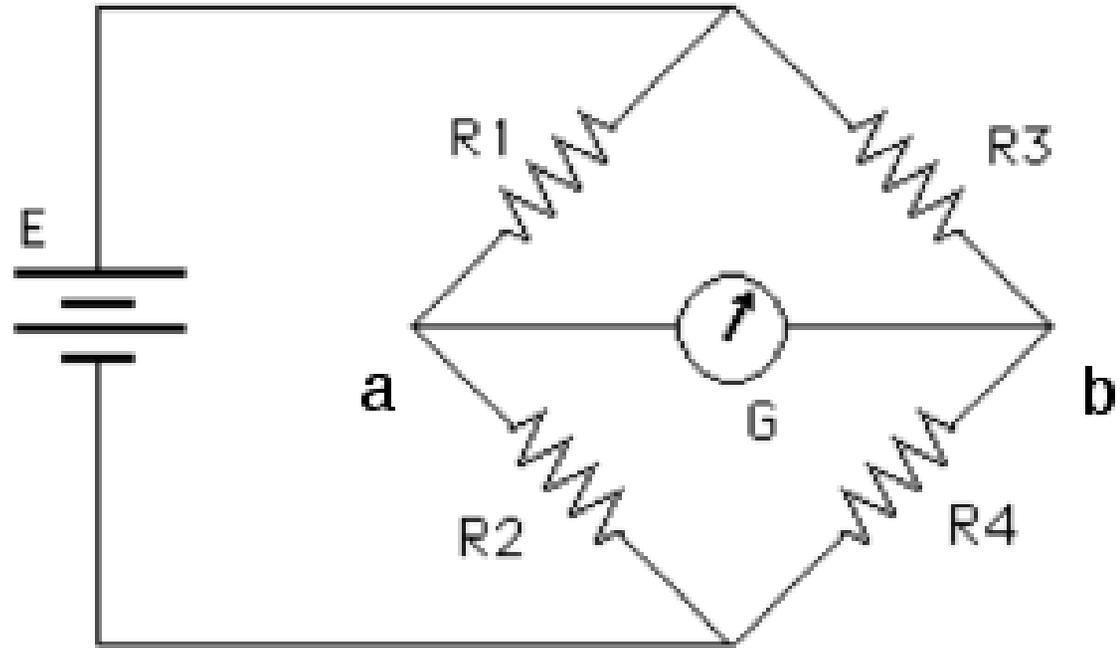
$$V_b = \frac{R_4}{R_3 + R_4} E$$

$$V_a = V_b$$

$$R_1 R_4 = R_2 R_3$$

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

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



Factores de los que depende la exactitud del Puente de Wheatstone

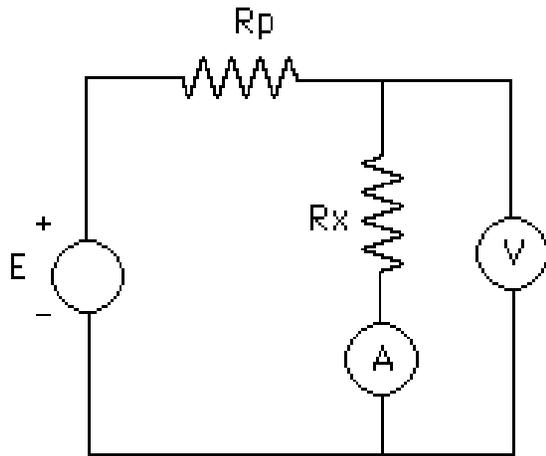
- 1.- Exactitud y precisión de las resistencias fijas y de la resistencia variable.
- 2.- Valores de las resistencias y la fuente del instrumento. Cuanto mayores sean las corrientes, más fácil será detectarlas.
- 3.-Exactitud y precisión del instrumento sensor
- 4.- Sensibilidad del instrumento sensor

Sensibilidad del Puente de Wheatstone

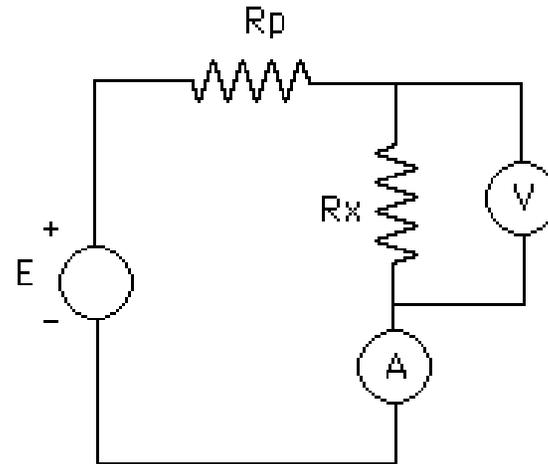
Número de divisiones que defleca el instrumento sensor cuando se produce una variación determinada (1Ω) en la resistencia variable o en la resistencia incógnita.

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

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 dos resistencias incógnita (una de centenares de Ω y otra de centenares 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.

CRONOGRAMA DE TRABAJO PARA LA PRÁCTICA N° 2

Estudio del Amperímetro DC, medición de la resistencia interna y la linealidad	60 minutos
Estudio del Voltímetro DC	15 minutos
Estudio de los multímetros analógico y digital	15 minutos
Estudio del Puente de Wheatstone, medición de las dos resistencias incógnita	45 minutos
Mediciones indirectas de las dos resistencias	45 minutos