



# Universidad de Pamplona

Departamento de Física y Geología

Laboratorios

**Guías**

**Editadas y organizadas por:  
Luis Joaquín Mendoza Herrera**

Sede Villa del Rosario

Laboratorio de Electromagnetismo

Cúcuta-9 de noviembre de 2010

---

# INTRODUCCIÓN

---

El presente conjunto de practicas está basado en el curso teórico de Electromagnetismo, y describe las prácticas fundamentales que deben realizarse en electromagnetismo, fenómenos electrostáticos, que está enfocada a entender la naturaleza y formas de cargar un objeto, ley de Coulomb, en la cual se la interacción entre dos cuerpos cargados y se determina la constante eléctrica, superficies equipotenciales, en donde se analiza como son las líneas de campo y las superficies equipotenciales producidas por diferentes configuraciones de cargas, capacitancia de una esfera metálica, en cuya práctica se calcula la capacitancia de una esfera y se compara con la expresión teórica de la misma, la cual es complementada con la determinación de la permitividad del aire; para estudiar los fundamentos básicos de la corriente eléctrica se incluyen las prácticas de resistividad y ley de ohm y carga y descarga de un condensador, para determinar la medición de diferentes variables se utilizan los galvanómetros, los cuales pueden convertirse en amperímetros de mayor alcance o voltímetros, fenómeno que se estudia en la práctica amperímetros y voltímetros. Para finalizar el estudio del electromagnetismo se estudian la inducción electromagnética, la relación entre la carga y la masa de un electrón y el comportamiento de un circuito RLC ante una fuente de corriente alterna.

---

## CRÉDITOS DE LAS PRÁCTICAS

---

Este documento comprende el conjunto de practicas de la materia Laboratorio de Electromagnetismo que se imparte en la Universidad de Pamplona sede Villa del Rosario, y conforman en total 12 practicas a realizar en el transcurso de un semestre.

Las practicas correspondientes a Fenómenos Electrostáticos, Ley de Coulomb y Amperímetros y Voltímetros, se tomaron del conjunto de guías elaboradas por los docentes Ediberto Peña y Alberto Patiño, las cuales fueron adaptadas a los equipos existentes en Villa del rosario, de igual forma las practicas de Resistividad e inducción electromagnética. En la práctica de resistividad se le añadió la sección correspondiente a resistencias con coeficiente de resistividad negativo(NTC) y positivo(PTC) y a la practica de inducción electromagnética se le adiciono la sección aplicaciones de la inducción electromagnética, dentro de éstas aplicaciones se encuentran el galvanómetro, el motor y el transformador.


Las demás practicas (Capacitancia de una esfera metálica, constante dieléctrica del aire, ley de Ohm, carga y descarga de un condensador, relación carga masa y circuitos RLC) están basadas en los manuales de los equipos adquiridos por la Universidad de Pamplona a PHYWE, correspondientes a laboratorios de Física

---

## Índice de Prácticas

---

1. FENOMENOS ELECTROSTATICOS. . . . .	5
2. LEY DE COULOMB. . . . .	11
3. SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES Y LINEAS DE CAMPO. . . .	19
4. CAPACITANCIA DE UNA ESFERA METALICA. . . . .	24
5. CALCULO DE LA PERMITIVIDAD DEL AIRE. . . . .	27
6. RESISTIVIDAD. . . . .	31
7. LEY DE OHM. . . . .	36
8. CARGA Y DESCARGA DE UN CONDENSADOR. . . . .	45
9. AMPERIMETROS Y VOLTIMETROS. . . . .	50
10. INDUCCION ELECTROMAGNETICA. . . . .	57
11. RELACION CARGA MASA. . . . .	66
12. CIRCUITO RLC CON FEM DE CORRIENTE ALTERNA. .	73

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 6

### 1. Título:

Fenómenos electrostáticos

### 2. Objetivos

Entender la naturaleza de la fuerza eléctrica.

Cargar eléctricamente cuerpos por diferentes métodos y analizar sus propiedades.

Entender el concepto de campo.


Experimentar con materiales conductores, semiconductores y dieléctricos.

### 3. Marco Teórico

Cuando se peina con un peine el pelo seco en un día seco y luego este peine se acerca a pedacitos de papel se observara que son atraídos por el peine pero una vez entran en contacto con este se desprenden. En este caso debido a la fricción entre el peine y el cabello el peine se ha cargado.

Este fenómeno fue observado por primera vez en el ámbar, que los griegos llamaban *elektro*, cuando se frotaba con piel de conejo, de ahí el nombre de *fenómenos eléctricos*. Este fenómeno también fue observado primitivamente en el vidrio al frotarlo con seda. Así al aproximar a una bolita de corcho suspendida por un hilo de seda, una barra de ámbar o de vidrio que ha sido frotada previamente, se observa que la bolita es *atraída* por la barra y una vez en contacto con ella es repelida.

Algunos cuerpos, como los metales, sólo se electrizan por frotamiento cuando se observan ciertas precauciones especiales. Estos cuerpos se llaman *conductores* porque la electricidad puede desplazarse fácilmente a través de su masa. Para poder electrizar un conductor por frotamiento se llaman *aisladores* o *dieléctricos* porque dificultan el movimiento de la electricidad a través de su masa. Para poder cargar un conductor por frotamiento es necesario aislarlo, es decir, rodearlo por un dieléctrico. Entre los conductores se encuentran los metales, especialmente la plata (*Ag*) y el cobre (*Cu*), las soluciones de ácidos, bases y sales, el aire húmedo, el cuerpo humano, el carbón, etc., y entre los dieléctricos se encuentran la porcelana, el vidrio el ámbar, la madera, el aire seco, casi todos los no metales, etc.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 6

Existen dos clases de cargas, por ejemplo si se acerca una barra de vidrio cargada por frotación a una esfera de corcho suspendida, es atraída, si acercamos después una de ámbar no hay atracción indicando que las acciones del vidrio y del ámbar tienden a oponerse. El francés Du Fay llamó *vítrea* a la electricidad adquirida por el vidrio y *resinosa* a la adquirida por el ámbar. Posteriormente el norteamericano Benjamín Franklin introdujo el nombre de *positiva*(+) a la carga vítrea y *negativa*(-) para la resinosa.

Cuando dos cuerpos se frotan adquieren cargas opuestas: una positiva y una negativa, pero de igual magnitud. En 1874 Johnstone Stoney emitió la hipótesis de que *la electricidad debía considerarse formada por corpúsculos muy pequeños y todos iguales a los que llamo electrones*. La existencia de electrones fue verificada experimentalmente en 1879 por J.J. Thomson. la carga del electrón es negativa e igual a  $-1,602 \times 10^{-12}\text{C}$ .

Los átomos están constituidos por un núcleo que contiene cierto número de *protones* que son partículas con una carga igual a la del electrón pero positiva, y una masa 1848 veces mayor, y de *neutrones*, que son partículas con una masa prácticamente igual a la del protón pero sin carga eléctrica. el número de electrones y protones en un átomo es el mismo, para que este sea eléctricamente neutro. Ese número se llama *número atómico* y se designa por *Z*.

Los cuerpos conductores poseen *electrones libres* que pueden desplazarse a través de su masa. En los dieléctricos esto no es posible sin gran dificultad. La gran mayoría de los fenómenos eléctricos se debe a la movilidad de los electrones o cargas negativas: así los cuerpos cargados positivamente son los que han perdido electrones y los cargados negativamente son los que han ganado electrones.


#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

1. Condensador de placas paralelas
1. Fuente de alta tensión
1. Amplificador electrómetro
1. Jaula de faraday

##### Materiales

2. Bolitas de icopor con hilo
6. Materiales de diferente tipo

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 6

1. Galvanómetro

1. Condensador de 10 nF

## 5. Procedimiento

### EXPERIMENTO 1


- 1 Se suspende una barra de plástico (gancho de ropa) de un hilo, se acerca una barra de vidrio, una de acrílico, una de lapicero, y una de ebonita a uno de sus extremos alternadamente. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
- 2 Se frota la barra de plástico suspendida con paño de seda, y se acerca una barra de vidrio frotada con seda al extremo frotado del plástico. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
- 3 Se acerca ahora la barra de vidrio frotada con seda al extremo no frotado del ámbar. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
- 4 Se acerca una barra de un bolígrafo frotada con seda al extremo frotado del plástico. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
- 5 Se acerca ahora la barra de un bolígrafo frotada con seda al extremo no frotado del plástico. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).

### EXPERIMENTO 2

- 1 Se acerca un globo a la pared. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema)
- 2 Se frota ahora el globo en el pelo y se acerca a la pared. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema)
- 3 Se frota un globo en el pelo y se acerca a una lata de aluminio vacía, colocada previamente sobre la mesa. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )

### EXPERIMENTO 3

- 1 Se frota en lana una barra de plástico (gancho de ropa), se acerca sin tocar, a la bolita de icopor de un péndulo electrostático (la bolita esta forrada de papel aluminio) ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 6

- 2 Repita el paso anterior pero ahora acerque hasta tocar. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
- 3 Se frota de nuevo la barra de plástico y se acerca cuidadosamente por la parte inferior de la bolita del péndulo electrostático, tratando de no tocar ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
- 4 Sin retirar la barra, toque por la parte superior a la bolita de icopor con el dedo índice (conexión a tierra) ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )

#### EXPERIMENTO 4

- 1 Se cargan las bolitas de dos péndulos electrostáticos (icopor recubierto de grafito) con el mismo tipo de carga..se acerca una frente a otra... ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
- 2 Se cargan dos péndulos electrostáticos de globo con el mismo tipo de carga.. se acerca uno frente a otro...¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
- 3 Se cargan dos bolitas de sendos péndulos electrostáticos, pero ahora con cargas de signos diferentes¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )


#### EXPERIMENTO 5

- 1 Se cargan las placas de un condensador de aluminio con signos diferentes y se colocan bolitas de icopor recubiertas de grafito entre ellas. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )

#### EXPERIMENTO 6

- 1 Se frota un bolígrafo en el pelo. Se abre el grifo del agua un poco y se acerca el bolígrafo al chorrito de agua ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 6

### EXPERIMENTO 7(Para realizar en casa)

*Consulta como construir un sencillo electroscope, construye uno y realiza los siguientes experimentos:*

- 1 Se frota un bolígrafo en el pelo y luego se acerca a la parte superior de un electroscope, sin llegar a tocarlo. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
  - 2 Se repite el paso anterior pero ahora si se toca con la barra cargada a la parte superior del electroscope.¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
  - 3 Se frota la barra de plástico en el pelo, se acerca sin tocar, a la parte superior del electroscope mientras se hace contacto a tierra con el dedo índice de la otra mano. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema ).
  - 4 Se carga un electroscope con carga negativa y luego se acerca un cuerpo también negativo ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
  - 5 Se repite el paso anterior, pero ahora se acerca un cuerpo cargado positivamente. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
  - 6 Se carga un electroscope positivamente y luego se acerca un cuerpo con carga negativa. ¿Qué observó?...¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema )
  - 7 Se repite el paso anterior, pero ahora se acerca un cuerpo con carga también positiva. ¿Qué observó? ¿Por qué ocurrió eso? (Elabore un esquema)
- a) Sabiendo que el vidrio al frotarse con seda queda cargado positivamente, identifique el tipo de carga de los diferentes cuerpos frotados, de acuerdo a lo observado.


### 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

### 7. Anexos


#### Cuestionario

- a) ¿Qué es el campo eléctrico?
- b) ¿Como se carga un cuerpo por inducción?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 6

c) ¿Qué es y como funciona un electroscopio?

d) ¿Qué es y como funciona un electrómetro?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 8

### 1. Título:

Ley de Coulomb

### 2. Objetivos

Calcular la dependencia de la fuerza con la distancia.

Calcular la dependencia de la fuerza con la carga.

Calcular la constante de Coulomb.

### 3. Marco Teórico

En el estudio del electromagnetismo se consideran cargas de dos naturalezas, positivas y negativas, experimentalmente se puede observar que cuando se tienen dos cargas de signos iguales estas se repelen y cuando se tienen cargas de signos diferentes estas cargas se atraen, la fuerza con la cual estas cargas se atraen o repelen, depende de la distancia de separación entre ellas y del valor de sus cargas, estas dependencias fueron determinadas por Charles Augustin Coulomb, y establecen que la fuerza de atracción o repulsión es inversamente proporcional al cuadrado de la distancia y directamente proporcional al producto de las fuerzas que están interactuando.

Esta ley se puede escribir en forma matemática en la forma:

$$\vec{F} = k_e \frac{q_1 q_2}{r^2} \hat{r} \quad (3.1)$$


Donde  $q_1$  y  $q_2$ , son las cargas que interactúan,  $r$  es la distancia que las separa,  $\hat{r}$  es el vector unitario que indica la dirección de la fuerza y  $k_e$  es la constante de proporcionalidad, la cual depende del medio en el cual interactúen las cargas, y se escribe como  $k_e = \frac{1}{4\pi\epsilon}$ , donde  $\epsilon$ , es la permitividad del medio, que en el caso del vacío es  $\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} m^2 / NC^2$

### 4. Materiales, equipos e insumos:

#### Equipos

1. Balanza de Coulomb

1. Jaula de Faraday

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 8

1. Electrómetro
1. Fuente de Alto Voltaje (PRECAUCIÓN)

### **Materiales**

1. Conector para electrómetro
3. Conectores
1. Punta para fuente


### **5. Procedimiento**



Figura 3.1: Montaje para la determinación de la constante de Coulomb

### **PARTE A (Configuración de la Balanza)**

- 1 Deslice los Anillos de cobre sobre la Lámina de contrapeso, como se muestra en la Figura 3.2. Ajuste la posición de los anillos de cobre de tal forma que el montaje del péndulo este nivelado.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 8

- 2 Reposicione el Brazo indicador para que quede paralelo a la base de la balanza de torsión y a la misma altura que la lámina.
- 3 Ajuste la altura de el Brazo del amortiguador magnético de tal forma que la lámina de contrapesos este a la mitad entre los Magnetos.

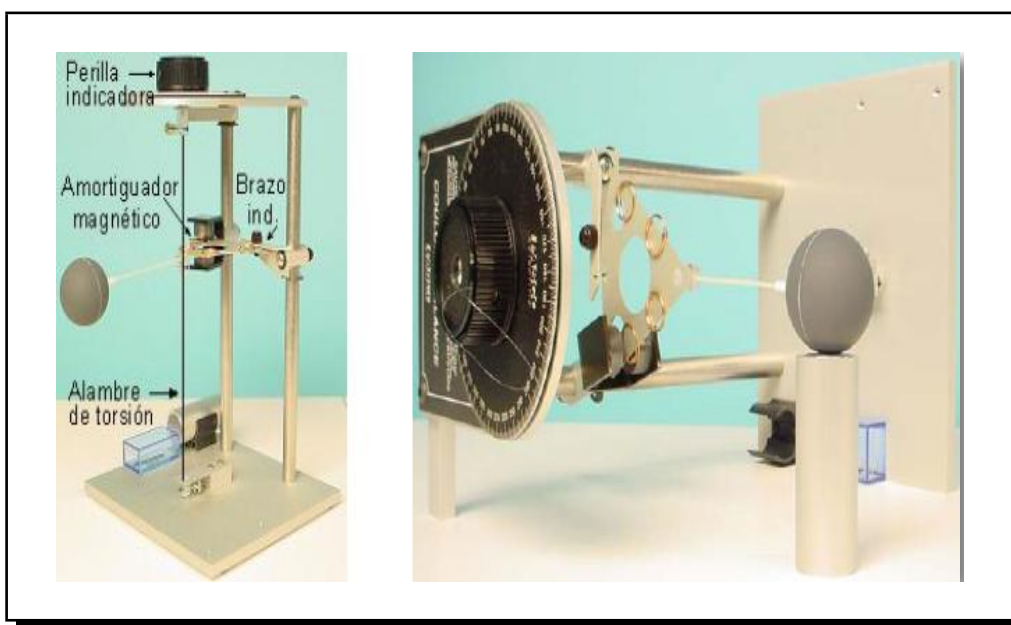



Figura 3.2: Ajustes de la balanza de torsión


- 4 Gire la Perilla indicadora de la torsión hasta que la línea indicadora para la escala de grados este alineada con la marca de cero grados.
- 5 Rote el tornillo del Alambre de torsión (parte inferior) hasta que la línea indicadora en la lámina de contrapeso se alinee con la línea indicadora en el brazo indicador.
- 6 Cuidadosamente voltee la balanza de torsión lateralmente, como se ilustra en la Figura 3.2. Coloque el tubo de soporte bajo la esfera, como se muestra.
- 7 Ajuste las posiciones anillos de cobre sobre la lamina de contrapeso para realinear la línea indicadora sobre el contrapeso con la línea indicadora sobre el brazo indicador.
- 8 Coloque la balanza de torsión verticalmente.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 8

- 9 Conecte el Montaje Deslizante a la balanza de torsión como se muestra en la Figura 3.1, utilizando la placa de acoplamiento y los tornillos para asegurarlo a su posición.
- 10 Alinee las esferas verticalmente ajustando la altura del montaje del péndulo de tal forma que las esferas queden alineadas: Ajuste la altura requerida del péndulo.
- 11 Reajuste la altura del brazo indicador y el freno magnético como sea necesario para establecer una posición horizontal.
- 12 Alinee las esferas lateralmente (la varilla de soporte vertical puede moverse hasta el final del Montaje Deslizante, hasta tocar el tope blanco de plástico). Mueva la esfera sobre la varilla vertical hasta que quede lateralmente alineada con la esfera suspendida luego apriete el tornillo de sujeción.
- 13 Posicione el brazo deslizador de tal forma que la escala centimétrica lea 3.8 cm (esta distancia es igual al diámetro de las esferas).
- 14 Posicione las esferas soltando el tornillo en la parte superior de la varilla de soporte de la esfera deslizante y deslice el soporte horizontal a través del hueco en la varilla vertical de soporte hasta que las dos esferas casi se toquen. Ajuste el tornillo.

## **PARTE B (Dependencia de la fuerza con la distancia)**

- 1 Asegurese que las esferas estén completamente descargadas (tóquelas con la punta aterrizada) y mueva la esfera deslizante tan lejos como sea posible de la esfera suspendida. Disponga el indicador de torsión en cero grados. Lleve a cero la balanza de torsión rotando apropiadamente el retenedor inferior del alambre de torsión hasta que el montaje del péndulo este en la posición de desplazamiento cero como se indica en las marcas indicadoras.
- 2 Con las esferas y una separación máxima, cargue ambas esferas a un potencial de 6 kV, utilizando una sonda de carga. (Un terminal de la fuente debe aterrizzarse) Inmediatamente después de cargar las esferas, apague la fuente para evitar accidentes.
- 3 Posicione la esfera deslizante en la posición de 20 cm. Ajuste la torsión cuanto sea necesario para balancear las fuerzas y lleve el péndulo atrás a la posición cero.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 8


- 4 Separe las esferas a su máxima separación, recárguelas al mismo voltaje, luego reposicione las esferas deslizantes a una separación de 20 cm. Mida el ángulo de torsión registre sus resultados de nuevo. Repita esta medición varias veces, hasta que sus resultados sean repetibles entre  $\pm 1$  grado.
- 5 Registre la distancia ( $R$ ) y el ángulo ( $\theta$ ) en la Tabla 3.1.
- 6 Repetir los pasos de 1 a 5 para todas las distancias establecidas en la Tabla 3.1.

### PARTE C (Dependencia de la fuerza con la carga (Potencial))

- 1 Repetir el procedimiento 1 de la parte B.
- 2 Con las esferas a una separación máxima, cargue ambas esferas a un potencial de 3 kV, utilizandouna sonda de carga. (Un terminal de la fuente debe aterrizzarse) Inmediatamente después de cargar las esferas, apague la fuente para evitar accidentes.
- 3 Posicione la esfera deslizante en la posición de 10 cm. Ajuste la torsión cuanto sea necesario para balancear las fuerzas y lleve el péndulo atrás a la posición cero.
- 4 Registre el Voltaje (kV) y el ángulo ( $\theta$ ) en Tabla 3.3.
- 5 Repetir los pasos de 1 a 5 para todos los potenciales establecidos en la Tabla 3.3.

### PARTE D (Constante de Torsión)

- 1 Cuidadosamente volteee lateralmente la Balanza de torsión, como se muestra en la Figura 3.2.
- 2 Lleve a cero a la balanza de torsión rotando el dial de torsión hasta que la línea indicadora esté alineada.
- 3 Registre la Masa ( $mg$ ) y el respectivo ángulo de torsión de la escala angular en la Tabla 3.2.
- 4 Cuidadosamente ponga una masa de 20  $mg$  sobre la línea central de la esfera conductiva.
- 5 Gire el botón de la escala angular cuanto se requiera para regresar la línea indicadora hacia atrás y se alinee con la línea del brazo indicador. Lea el ángulo de torsión sobre la escala angular y registre el ángulo en la Tabla 3.2.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 8

6 Repetir los pasos de 1 a 5 para todas las masas establecidos en la Tabla 3.2.


### **PARTE E (Carga de las esferas)**

- 1 Cargue la tercera esfera con un voltaje de 6(KV). Debe asegurarse que su esfera este totalmente aislada.
- 2 Coloque la esfera colgante en la mitad de la jaula en contacto con la sección de adentro.
- 3 Asegúrese de que ella esté aterrizada, conecte las puntas electrómetro a la jaula. Registre los valores de voltaje.
- 4 Repetir este procedimiento para cada uno de los voltajes indicados en la Tabla 3.3.

### **PARTE F (Capacitancia del Sistema)**

- 1 Primero se halla la capacitancia de la jaula y las conexiones. Conecte el caimán a la jaula. Use un medidor de capacitancia.
- 2 Añada este valor a la capacitancia del electrómetro. El Electrómetro básico que se utiliza tiene una capacitancia de 30 pF.
- 1 Realizar una gráfico del ángulo vs la distancia.
- 2 Realizar un gráfico del ángulo vs el potencial.
- 3 Convierta la masa que se encuentra en mg a peso en Newtons en la Tabla 3.2, esto es multiplique su masa en  $Kg$  por el valor de la gravedad  $g$ .
- 4 Realice una gráfica de la fuerza (Peso) vs el ángulo y calcule la pendiente de esta gráfica utilizando regresión lineal.
- 5 Multiplique la constante obtenida en el numeral 4 por los ángulos para convertirlos en fuerza y complete la cuarta columna de las Tabla 3.1 y 3.3.
- 6 Calcule el inverso del cuadrado de la distancia en la Tabla 3.1. Convierta sus unidades a metros.
- 7 Grafique fuerza vs el inverso del cuadrado de la distancia y obtenga la pendiente de su gráfica.
- 8 Utilizando la definición  $q = CV$ , calcule la carga y complete la tercera columna de la Tabla 3.3.



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	7 de 8

9 Grafique la fuerza vs el cuadrado de la carga y calcule la pendiente de su gráfica

10 Con los resultados obtenidos en los numerales 7 y 8 calcule la constante de Coulomb  $k_e$

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

## 7. Anexos

### Cuestionario


a) Consultar como funciona una balanza de Torsión

Distancia (cm)	Ángulo (°)	$1/R^2$	Fuerza
5			
6			
7			
8			
9			
10			
14			
20			

Tabla 3.1: Dependencia de la fuerza con la distancia

Masa (mg)	Ángulo (°)	Peso (N)
20		
40		
50		
70		
90		

Tabla 3.2: Constante de Torsión


	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	8 de 8

Voltaje (kV)	Ángulo (°)	$q$	Fuerza
2			
2.5			
3			
3.5			
4			
4.5			
5			
5.5			
6			

Tabla 3.3: Dependencia de la fuerza con la carga

### Preguntas de control

- ¿En que forma depende la fuerza de la distancia de separación de las cargas.?
- ¿En que forma depende la fuerza del valor de las cargas que interactúan.?
- Concuerdan los valores obtenidos para  $k$ , con los valores establecidos.
- Explique con sus palabras el significado de la pendiente obtenida en el numeral 4 de su análisis de datos.
- Explique con sus palabras el significado de la pendiente obtenida en el numeral 7 de su análisis de datos
- Explique con sus palabras el significado de la pendiente obtenida en el numeral 8 de su análisis de datos

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 5

### 1. Título:

Superficies equipotenciales

### 2. Objetivos

Dibujar líneas de campo a través del mapeo de líneas equipotenciales.

Medir el valor del potencial eléctrico en la dirección de su gradiente para corrientes estacionarias y realizar la analogía correspondiente con la situación electrostática.

### 3. Marco Teórico

El campo de una fuerza conservativo es un campo en el cual el trabajo que se hace al mover una particular en una trayectoria cerrada, es cero. Una condición lógica equivalente es que el trabajo hecho por el campo de fuerza sobre una particular que se mueve de un punto A a B, es independiente de la trayectoria tomada por la partícula de A a B. El concepto de campo de fuerza conservativo puede ser aplicado al campo eléctrico ya que su dependencia de la posición es la misma que la de la fuerza.


Por esto se puede afirmar que los campos eléctricos en electrostática son conservativos. El trabajo que se realiza al llevar la carga prueba positiva  $q_0$  del punto A al punto B, lo representamos por  $W_{AB}$ . La diferencia de potencial entre A y B, está determinada por la ecuación:

$$V_B - V_A = W_{AB}/q_0 \quad (3.2)$$

La diferencia de potencial entre dos puntos es igual al trabajo realizado al llevar la carga prueba entre dichos puntos por un agente externo, dividida por la magnitud de la carga prueba.

El trabajo que se realiza para llevar una carga prueba del punto A al punto B está determinada por:

$$W_{AB} = \int_A^B \vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3.3)$$

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 5

A partir de esta definición y la definición de fuerza electrostática se puede obtener una relación que permite calcular la diferencia de potencial a partir del campo eléctrico, la cual es:

$$V_B - V_A = \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.4)$$

De igual forma también se puede obtener el campo eléctrico a partir del potencial eléctrico

$$\vec{E} = -\nabla V \quad \nabla = \frac{\partial}{\partial x} \hat{i} + \frac{\partial}{\partial y} \hat{j} + \frac{\partial}{\partial z} \hat{k} \quad (3.5)$$

El operador vectorial  $\nabla$ , se conoce como nabla y depende del sistema de coordenadas escogido.

En una región donde existe un campo eléctrico, las superficies donde el potencial tiene el mismo valor se llaman **equipotenciales**. Es decir, la diferencia de potencial entre dos puntos sobre una superficie equipotencial es cero. Cuando una carga se desplaza sobre una superficie equipotencial, el cambio en el potencial es cero

#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

1. Fuente de alimentación
1. Voltímetro


##### Materiales

4. Papel conductor diferentes configuraciones
8. conductores

#### 5. Procedimiento

##### Para cada configuración:

- 1 Conecte los electrodos del generador en los electrodos del papel tal como lo indica la Figura 3.4.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 5

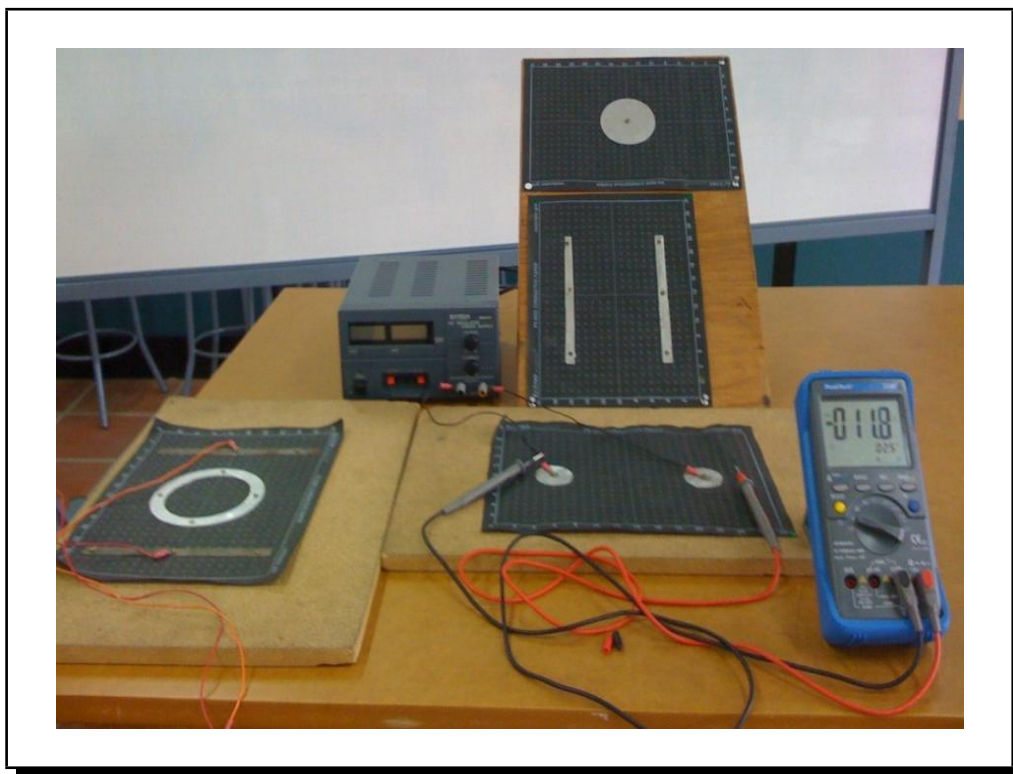



Figura 3.3: Montaje para describir las superficies equipotenciales

- 2 Coloque la fuente de DC a 12 V aproximadamente.
- 3 Con las puntas del voltímetro se miden los potenciales en distintos puntos del papel (utilizando la simetría de cada configuración se evitará el tener que realizar muchas medidas). En el papel se anotan los valores del potencial en las coordenadas correspondientes del punto.
  - a) Unir todos los puntos que tienen igual potencial para obtener las superficies equipotenciales.
  - b) Basados en las superficies equipotenciales, dibujar las líneas de campo eléctrico, las cuales son perpendiculares.
  - c) Compare las superficies obtenidas en forma experimental con las teóricas.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 5

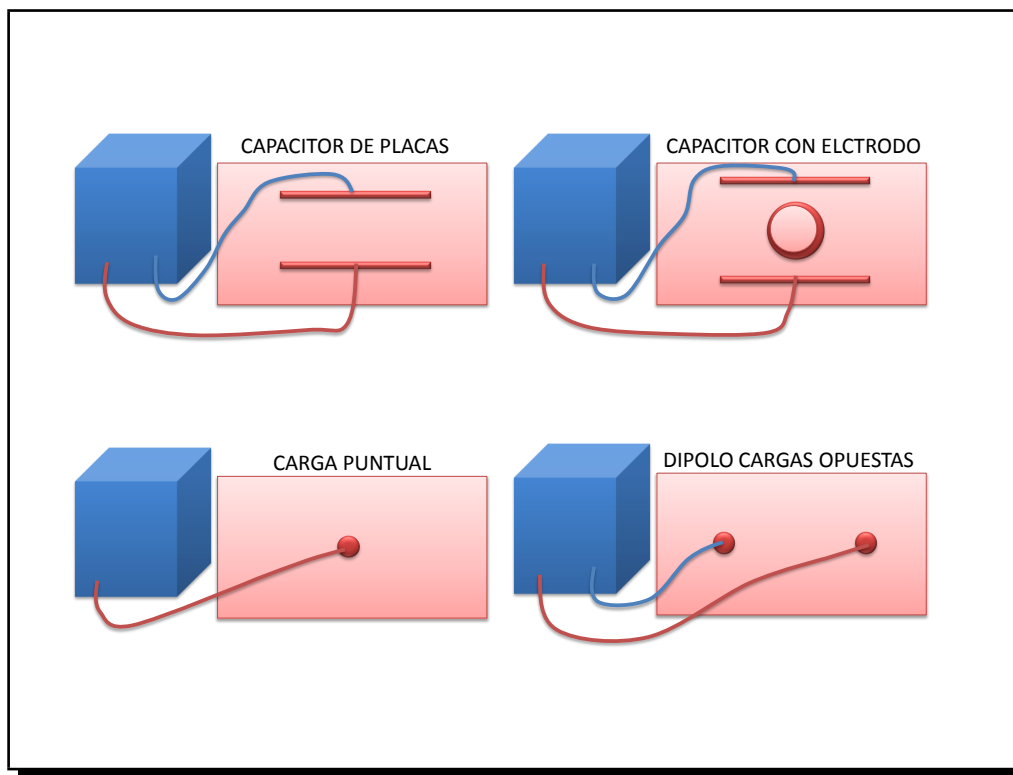


Figura 3.4: Configuraciones para describir las superficies equipotenciales


## 7. Anexos

### Cuestionario


- Explicar detalladamente las ecuaciones 3.2-3.5.
- ¿Por qué las líneas de campo eléctrico que emanan desde una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a la superficie?
- Dibujar las líneas de campo eléctrico para cada una de las configuraciones utilizadas en el experimento, Figura 3.4.

### Preguntas de control

- ¿Por qué las líneas de campo deben ser perpendiculares a las superficies equipotenciales?
- ¿Qué valor tiene el campo fuera de las placas del capacitor?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 5

- c) ¿Cómo es el campo cerca de los bordes del capacitor (efecto de bordes)?
- d) ¿Cómo distorsiona el campo el electrodo circular?
- e) ¿Cuánto vale el potencial sobre el electrodo circular y en su interior?:
- f) ¿Qué efecto tendría mover el electrodo?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 3

### 1. Título:

Capacitancia de una esfera metálica

### 2. Objetivos

Estudiar la carga de una esfera metálica.

Determinar la capacitancia de una esfera metálica

### 3. Marco Teórico

Un arreglo de conductores utilizado para almacenar carga se llama condensador o capacitor. Debido a que para almacenar está carga se debe realizar un trabajo por tal motivo el condensador es un elemento que también almacena energía. La relación entre la carga almacenada y la diferencia de potencial se conoce como capacitancia, esta capacitancia es alta cuando se puede almacenar carga con una diferencia de potencial baja.

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (3.6)$$

La capacitancia de un condensador esférico está dado por

$$C = 4\pi\epsilon_0 R, \quad (3.7)$$

donde  $R$  es el radio de la esfera.

### 4. Materiales, equipos e insumos:


#### Equipos

1. Electrómetro amplificador
1. Galvanómetro
1. Fuente de alto voltaje
1. Calibrador

#### Materiales

1. Esferas metálicas



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 3

1. Resistencia  $10\text{M}\Omega$
1. Condensador  $220\text{nF}$
6. Cabe de conexión

## 5. Procedimiento

- 1 Realice el montaje de la figura ??.
  - 2 Conecte la resistencia de  $10\text{M}\Omega$ .
  - 3 Conecte el condensador de  $10\text{nF}$  en paralelo con el amplificador.
  - 4 Cargue la esfera metálica de  $R = 2\text{ cm}$ , con un potencial de  $100\text{ V}$ .
  - 5 Lleve a cero la fuente de alimentación de alta tensión.
  - 6 Mida el potencial en el electrómetro amplificador.
  - 7 Incremente el potencial de la fuente en  $100\text{ V}$  y mida el potencial en el electrómetro amplificador y regístrelo como  $V_1$ .
  - 8 Repita el numeral anterior hasta un potencial de  $1\text{ kV}$  y luego aumente a incrementos de  $1\text{ kV}$  hasta  $10\text{ kV}$ . Registre estos valores como  $V_2$ .
  - 9 Repita todo el procedimiento anterior para la esfera  $R = 16\text{ cm}$ .
- a) Para calcular la capacitancia debemos tener la carga y esta se calcula como  $Q = (C_{co} + C_{ca}) V_1$ , donde  $C_{co}$  es la capacitancia de los conductores y  $C_{ca}$  es la capacitancia del capacitor paralelo. Como  $C_{co} \ll C_{ca}$  entonces  $Q = C_{ca} V_1$ .
  - b) La capacitancia del condensador esférico es  $C = Q/V_2 = C_{ca} V_1/V_2$ .
  - c) Realice un gráfico de  $V_1(V)$  vs  $V_2(V)$ .
  - d) Calcule la pendiente del numeral anterior.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

## 7. Anexos


	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 3

[illegible]

Tabla 3.4: Cálculo de la capacitancia de una esfera metálica

## Preguntas de control

- ¿Qué significado físico tiene la pendiente calculada?
- ¿Cual es el valor experimental de la capacitancia?
- ¿Cual es el valor teórico de la capacitancia?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 4

### 1. Título:

Cálculo de la permitividad eléctrica

### 2. Objetivos

Estudiar la capacitancia de un capacitor de placas paralelas.

Determinar la permitividad del aire.

### 3. Marco Teórico

Un arreglo de conductores utilizado para almacenar carga se llama condensador o capacitor. Debido a que para almacenar está carga se debe realizar un trabajo por tal motivo el condensador es un elemento que también almacena energía. La relación entre la carga almacenada y la diferencia de potencial se conoce como capacitancia, esta capacitancia es alta cuando se puede almacenar carga con una diferencia de potencial baja.

$$C = \frac{Q}{\Delta V} \quad (3.8)$$

La capacitancia de un condensador de placas paralelas está dado por

$$C = \frac{k\epsilon_0 A}{d}, \quad (3.9)$$

donde  $A$  es el area de las placas,  $d$  es la distancia entre las placas,  $\epsilon_0$  es la permitividad del vacío y  $k$  es la constante dieléctrica que en el caso del vacío es 1.

### 4. Materiales, equipos e insumos:

#### Equipos


1. Condensador de placas paralelos

1. Electrómetro amplificador

1. Galvanómetro

1. Fuente de alto voltaje

#### Materiales

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 4

1. Resistencia  $10\text{M}\Omega$
1. Condensador  $220\text{nF}$ .
6. Cables de conexión.

## 5. Procedimiento



Figura 3.5: Montaje para calcular la permitividad del aire

- 1 Realice el montaje de la Figura 3.5.
- 2 Conecte la resistencia de  $10\text{M}\Omega$ .
- 3 Conecte el condensador de  $220\text{nF}$  en paralelo con el amplificador.
- 4 Coloque la distancia entre las placas del condensador a una distancia  $d = 0,1\text{ cm}$ .

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 4

- 5 Cargue el condensador de placas paralelas metálica con un potencial de 1.5 kV.
  - 6 Lleve a cero la fuente de alimentación de alta tensión.
  - 7 Mida el potencial en el electrómetro amplificador y regístrelo como  $V_1$ .
  - 8 Incremente la distancia cada vez en 0.05 cm hasta llegar a 0.35 cm. Registre sus datos en la Tabla.3.5
  - 9 Repita el procedimiento anterior para una distancia fija  $d = 0,2$  cm, variando el potencial desde 0.5 kV hasta 4 kV a incrementos de 0.5 kV y regístrelos en la Tabla.3.6 como  $V_2$ .
- a) Para calcular la capacitancia debemos tener la carga y esta se calcula como  $Q = (C_{co} + C_{ca}) V_1$ , donde  $C_{co}$  es la capacitancia de los conductores y  $C_{ca}$  es la capacitancia del capacitor paralelo. Como  $C_{co} \ll C_{ca}$  entonces  $Q = C_{ca} V_1$ .
  - b) La capacitancia del condensador esférico es  $C = Q/V_2 = C_{ca} V_1/V_2$ .
  - c) Realice un gráfico de  $V_1(V)$  vs  $V_2(V)$ .
  - d) Calcule la pendiente del numeral anterior.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)


## 7. Anexos

$V_1[V]$						
$d[cm]$						

Tabla 3.5: Cálculo de la permitividad del aire


$V_1[V]$						
$V_2[kV]$						

Tabla 3.6: Cálculo de la permitividad del aire

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 4

### Preguntas de control

- a) ¿Qué significado físico tiene la pendiente calculada?
- b) ¿Cual es el valor experimental de la permitividad del aire?
- c) ¿Cual es el valor teórico de la permitividad del aire?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 5

### 1. Título:

Resistividad

### 2. Objetivos

Determinar la resistividad de un material conductor.

Analizar la resistencia de un material conductor.

Determinar si y como varía la resistencia dependiendo de la temperatura utilizando resistencias NTC (Negative Temperature Coefficient) y PTC (Positive Temperature Coefficient).

### 3. Marco Teórico


Si tenemos diferentes materiales en forma de conductores cilindricos idénticos y les aplicamos a todos la misma diferencia de potencial en sus extremos podemos observar experimentalmente que sus corrientes son diferentes. Suponemos que el campo eléctrico dentro de cada cilindro es constante, de allí que los portadores de carga tengan una velocidad de desplazamiento. Vemos que a un mayor campo aplicado al conductor tenemos mayor corriente y por consiguiente una velocidad de desplazamiento mas grande, por lo tanto existe una relación directa entre la velocidad de desplazamiento y el campo, considerando este hecho y la relación entre el campo y el potencial electric así como la ley de ohm se puede establecer una relación entre el potencial y la corriente en el conductor esta relación es conocida como la ley de Ohm, y se escribe como:

$$V = IR \quad (3.10)$$

Donde  $V$  es la diferencia de potencial aplicada,  $I$  es la corriente que circula por el conductor y  $R$  es la resistencia del material, la cual depende de las propiedades del material y de la temperatura del medio.

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (3.11)$$

Donde  $L$  es la longitud del conductor,  $A$  es el area transversal del conductor y  $\rho$  es una propiedad del material llamada resistividad, la cual es una propiedad exclusiva para cada material que cambia con la temperatura. Para algunos

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 5

materiales disminuye con la temperatura, que es frecuentemente en los aislantes y los semiconductores. Lo contrario pasa en los metales en los cuales aumenta conforme aumenta la temperatura.

En general podemos suponer que la resistividad aumenta con la temperatura, de modo que podemos decir que:

$$\rho = \rho_0 (1 + \alpha (T - T_0)) \quad (3.12)$$

donde el subíndice cero denota una temperatura de referencia que por lo general es 20°C,  $\alpha$  es el coeficiente de variación de la resistividad con la temperatura, que es negativo en el caso en el cual la resistencia disminuya con la temperatura y  $T$  es la temperatura a la cual se mide la resistividad

#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

1. Fuente de alimentación
1. Amperímetro
1. Voltímetro

##### Materiales

5. Bananas
1. Tornillo Micrométrico
1. Regla graduada
3. Alambres de distintos materiales
1. Resistencia NTC 1.3 k $\Omega$
1. Resistencia PTC  $\Omega$
1. Fósforos

#### 5. Procedimiento

##### Calculo de la resistividad de un material

- 1 Realizar el Montaje de la Figura 3.6-3.7.




	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 5




Figura 3.6: Montaje para determinar la resistividad del un material conductor

- 2 Encienda la fuente de alimentación y ajuste una corriente entre 0.1 y 0.5 amperios y anotar el valor correspondiente.
- 3 Medir la diferencia de potencial cada 10cm de longitud del alambre y registrarlos en la Tabla 3.7.
- 4 Medir el diámetro del alambre y registrarlo como  $L_1$  en la Tabla 3.7.
- 5 Repita los pasos anteriores para cada uno de los alambres.

### Variación de la resistividad de un material con la temperatura

- 1 Monte el esquema ilustrado en la figura 3.8(a)
- 2 Encienda la fuente de alimentación y coloque el voltaje en 3V. Tome nota del valor de corriente.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 5

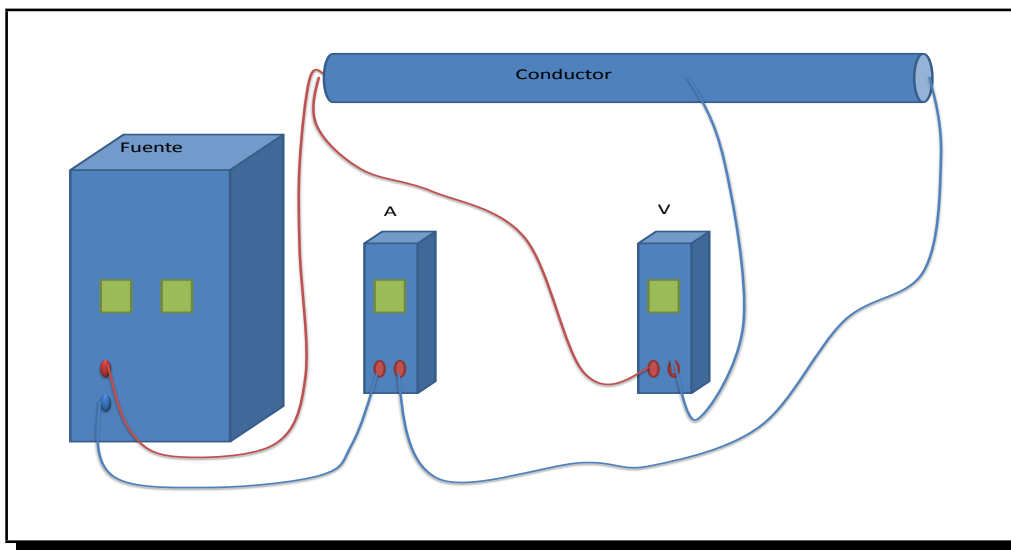



Figura 3.7: Montaje para determinar la resistividad

- 3 Aumente la tensión en la fuente hasta obtener un valor de corriente igual a 30mA, en caso de superar este valor baje inmediatamente el valor de la tensión. Tome nota del valor de tensión necesario.
- 4 Nuevamente ajuste el valor de la corriente hasta 15mA. Tome nota del valor de tensión.
- 5 Caliente la resistencia con un fósforo. **Coloque el fósforo a 5mm de la resistencia si lo coloca muy cerca la dañara y la pagara.** Anote sus observaciones.
- 6 Monte el esquema de la figura 3.8(b)
- 7 Encienda la fuente de alimentación y ajuste la tensión hasta que la corriente sea de 15mA y 30mA. Tome nota de sus respectivas tensiones.
- 8 Caliente la resistencia con un fósforo. **Coloque el fósforo a 5mm de la resistencia si lo coloca muy cerca la dañara y la pagara.** Anote sus observaciones.
- 1 Con los valores de corriente y potencial dados en la Tabla 1 y utilizando la ley de Ohm calcular la resistencia y completar la tercera columna de la Tabla 3.7.
- 2 Con el diámetro del conductor, calcular el área del conductor.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 5

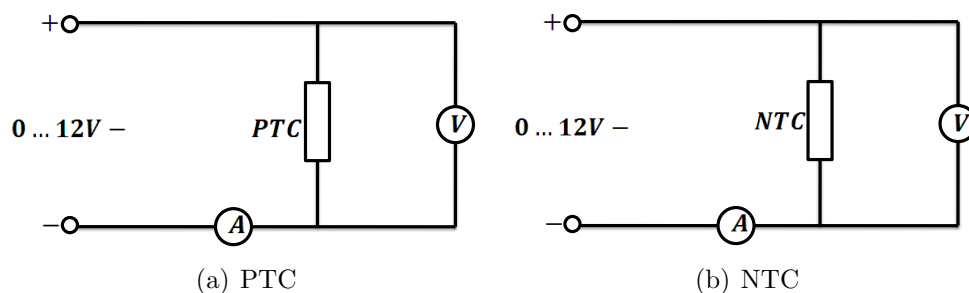


Figura 3.8: Esquemas para la variación de la resistencia con la temperatura

- 3 Utilizando este valor del area calcular la relación  $L/A$  y completar la cuarta columna de la Tabla 3.7.
- 4 Realizar una gráfica de  $R$  vs  $L/A$ .
- 5 Calcular la pendiente de esta gráfica.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

## 7. Anexos

### Cuestionario


- a) Explicar la diferencia que existe entre la resistencia y la resistividad.
- b) Defina que establece la ley de Ohm.

$L(cm)$	$L_1$				$L_2$			
	$I(A)$	$V(V)$	$R(\Omega)$	$L/A$	$I(A)$	$V(V)$	$R(\Omega)$	$L/A$
0.1								
0.2								
$\vdots$								
1.0								

Tabla 3.7: Resistividad de un material

## 8. Preguntas de control

- a) ¿Qué significado físico tiene la pendiente calculada en el punto 5.?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 9

### 1. Título:

Ley de Ohm

### 2. Objetivos

Determinar la relación entre el potencial  $V$  y la corriente  $I$ .

Calcular la intensidad y resistencia totales en un circuito en serie.

Calcular la intensidad y resistencia totales en un circuito en paralelo.

Indagar que sucede cuando se conectan dos lámparas en serie.

### 3. Marco Teórico

Si a un pedazo de alambre metálico a temperatura constante le aplicamos diferentes voltajes obtenemos que pasan diferentes corrientes por el alambre; al hacer la gráfica del voltaje aplicado contra la corriente obtenida resulta una recta; esto significa que el alambre metálico tiene una resistencia constante y que es independiente del voltaje que se le aplique. Este resultado experimental, que es válido únicamente para los metales, se conoce como ley de Ohm. la ley de Ohm se expresa mediante la siguiente ecuación:


$$\vec{E} = \sigma \vec{J}, \quad (3.13)$$

donde  $\vec{E}$  es el campo eléctrico y  $\vec{J}$  es la densidad de corriente, un conductor obedece la ley de Ohm cuando  $\sigma$  es independiente de  $\vec{E}$  y  $\vec{J}$ , el equivalente macroscópico de la ecuación 3.13 es

$$V = IR, \quad (3.14)$$

donde  $V$  es el voltaje aplicado,  $I$  es la corriente obtenida y  $R$  es la resistencia del conductor  $R$ .

El principio de conservación de la energía y el de la conservación de la carga se pueden formular de una forma practica para la solución de circuitos. las dos leyes de Kirchhoff se basan en estos principios y las podemos enunciar de la manera siguiente:

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 9

*Primera ley de Kirchhoff. Para cualquier nodo de un circuito la suma algebraica de las corrientes debe ser cero.*

$$\sum_{n=1}^N I_n = 0 \quad (3.15)$$

Esta ley se basa en el principio de conservación de la carga, ya que en ningún punto del circuito se puede crear ni destruir.

*Segunda ley de Kirchhoff. La suma algebraica de los cambios de potencial en el recorrido de cualquier malla de un circuito es cero*

$$\sum_{n=1}^N V_n = 0 \quad (3.16)$$


Esta ley se basa en el principio de conservación de la energía, ya que de no ser así una resistencia podría disipar cantidades de energía indeterminadas que la fem no suministraría .

*Resistencias en serie.* Se dice que dos o más resistencias están en serie cuando se conectan de forma tal que sólo hay una trayectoria de conducción entre ellas, es decir, que la corriente que pasa por ellas es la misma. Si tenemos tres resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  conectadas en serie, la resistencia equivalente  $R$  de estas tres resistencias se obtiene como:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 \quad (3.17)$$

*Resistencias en paralelo.* Cuando varias resistencias se conectan de forma tal, que la diferencia de potencial que se les aplica es la misma para todas, se tiene una combinación en paralelo. Si tenemos tres resistencias  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  conectadas en paralelo, la resistencia equivalente  $R$  de estas tres resistencias se obtiene como:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad (3.18)$$

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 9

#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

1. Amperímetro
1. Voltímetros
1. Fuente de Alimentación
1. ProtBoard

##### Materiales

2. Bombillas
6. Bananas
3. Resistencias

#### 5. Procedimiento

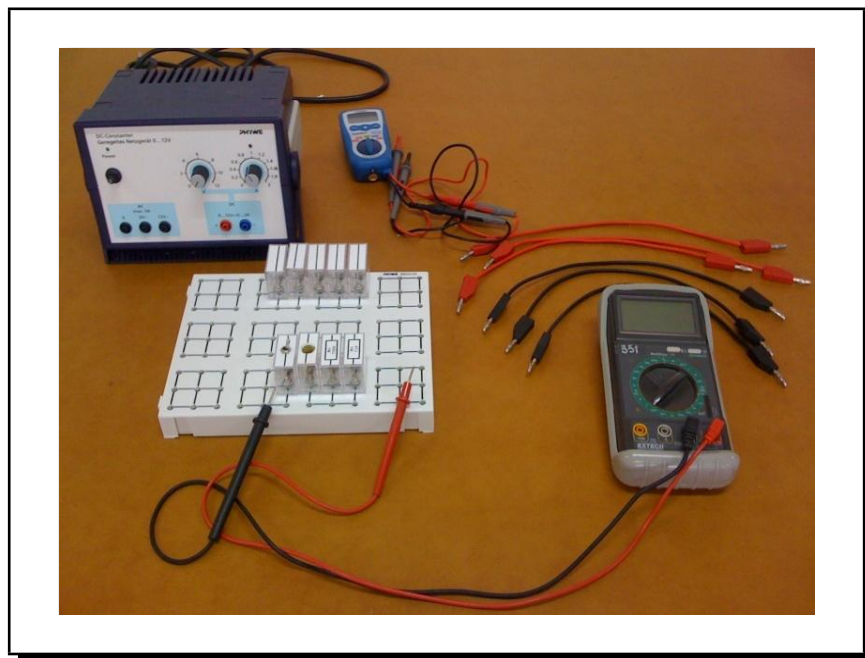



Figura 3.9: Montaje para el estudio de la ley de ohm

#### PARTE A (Relación entre la tensión y la intensidad)

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 9

- 1 Realizar el montaje de la Figura 3.10; utilizando inicialmente la resistencia de  $47\Omega$  (designada como  $R_1$  en la Tabla 3.8).

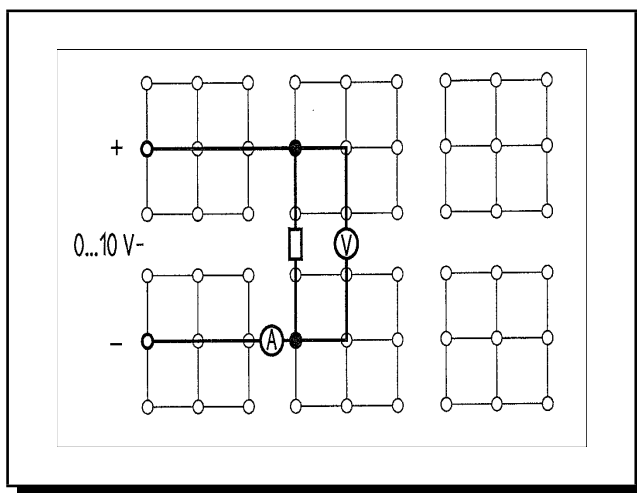



Figura 3.10: Relación entre la intensidad y la corriente

- 2 Encienda la fuente de alimentación e inicie con 0 V aumente la tensión a incrementos de 2 V. Mida la respectiva intensidad y registre sus valores en la Tabla 3.8.
- 3 Regrese la tensión a 0 V y remplace  $R_1$  de  $47\Omega$  con la resistencia  $R_2$  de  $100\Omega$ .
- 4 Nuevamente aumente la tensión en incrementos de 2 V, mida la respectiva intensidad y regístrela en la Tabla 3.8.
- 5 Apague la fuente de alimentación y cuidadosamente conecte al circuito, una lámpara en lugar de la resistencia.
- 6 Incremente el valor de la tensión en incrementos de 2 V iniciando en 0 V, mida y registre los valores de intensidad en la Tabla 3.9.
- 7 Observe el brillo de la lámpara durante el experimento y anótelo.

### PARTE B (Conexión en serie de dos lámparas)

- 1 Realizar el montaje de la Figura 3.11.
- 2 Fije en 4 V la tensión directa de la fuente de alimentación y anote la luminosidad de la lámpara.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 9

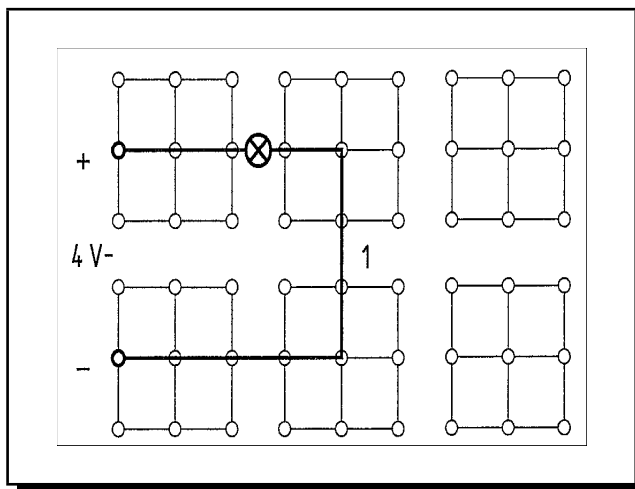


Figura 3.11: Conexión en serie de dos lámparas parte 1

- 3 Reemplace el alambre en bloque de conexión 1 con la segunda lámpara. Observe la luminosidad de las dos lámparas y compárela con la luminosidad previa de una lámpara.
- 4 Monte el experimento de la Figura 3.12 utilizando inicialmente la resistencia  $R_1$  de  $47\Omega$ .

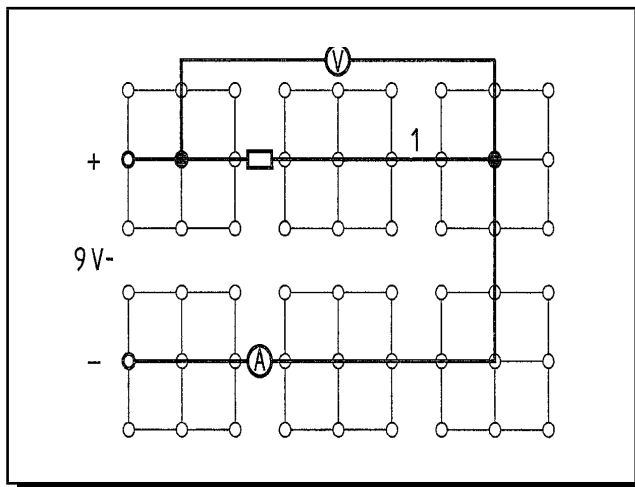



Figura 3.12: Conexión en serie de dos lámparas parte 2



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 9

- 5 Encienda la fuente de alimentación y fije el voltaje en 9 V, medir la intensidad y tomar nota de este valor.
- 6 Remplace la resistencia  $R_1$  con la resistencia  $R_2$  de  $100\Omega$ .
- 7 Encienda la fuente de alimentación y fije el voltaje en 9 V, medir la intensidad y tomar nota de este valor.
- 8 Remplace el bloque de conexión 1 con la resistencia  $R_1$  y encienda la fuente de alimentación, fije el voltaje en 9 V y mida la intensidad ,anotar este valor.
- 9 Cambie la conexión a la mostrada en la Figura 3.13, encienda la fuente de alimentación y fije un voltaje de 10 V.
- 10 Realice sucesivas mediciones de la intensidad antes de  $R_1$ , entre  $R_1$  y  $R_2$  y, después de  $R_2$  y anote sus medidas.

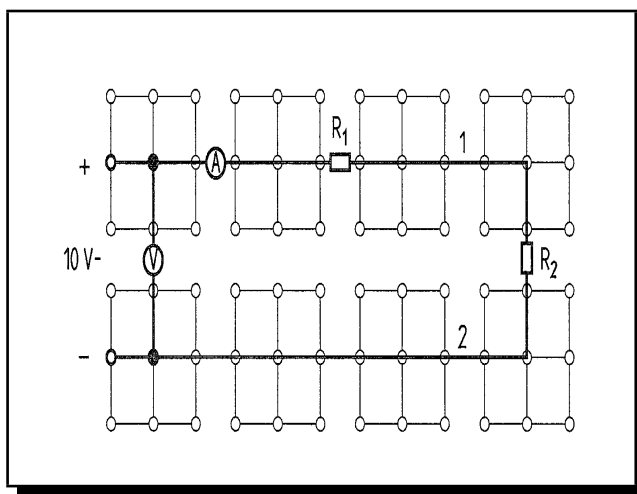


Figura 3.13: Conexión en serie de dos lámparas parte 3

### PARTE C (Cálculo de la intensidad total y resistencia total de un circuito en paralelo)

- 1 Realice el montaje de la figura 6 encienda la fuente de alimentación y fije la tensión en 8 V.
- 2 Mida la intensidad en la parte no ramificada del circuito y regístrela en la Tabla 3.10.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	7 de 9

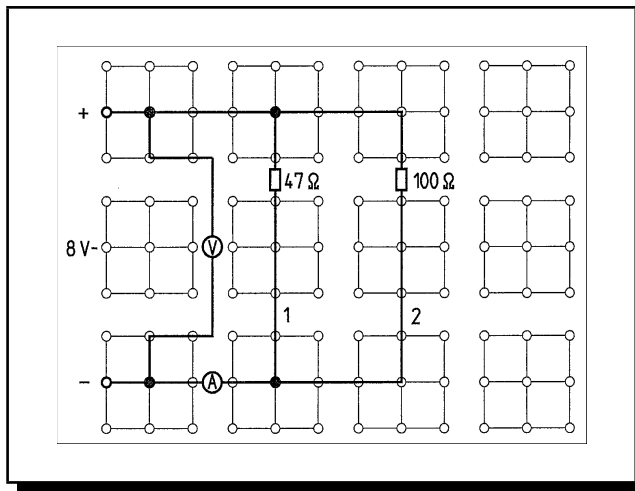



Figura 3.14: Conexión en paralelo

- 3 Retire el alambre en bloque de conexión 1 y ponga el amperímetro en su lugar. Mida la intensidad parcial  $I_1$  y anótela.
- 4 Retire el alambre en bloque de conexión 2 y ponga el amperímetro en su lugar. Mida la intensidad parcial  $I_2$  y anótela.
- 1 Gráficar los valores medidos de la Tabla 3.8 para los componentes  $R_1$  y  $R_2$ .
- 2 ¿Qué conjeturas haría sobre la probable relación entre la intensidad  $I$  y la tensión  $U$  para cada componente? Verifique su hipótesis calculando el cociente de  $U/I$  a partir de las mediciones y registre los valores en la columna 3 de la Tabla 3.8.
- 3 ¿Qué se evidencia de los resultados?
- 4 Calcule los valores promedio de  $U/I$  para  $R_1$  y  $R_2$  y, compare estos con los valores impresos en los componentes usados en el experimento. ¿Por qué estos valores se desvían uno del otro?
- 5 Realizar un gráfico a partir de las mediciones de  $U$  e  $I$  para la lámpara Tabla 3.9.
- 6 Calcule los cocientes  $U/I$  para la Tabla 3.9 y regístrelos en la columna 3
- 6 Con los resultados obtenidos en las preguntas 5 y 6. ¿La ley de Ohm también se aplica a la lámpara? ¿Por qué o porque no?

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	8 de 9

- 7 Explique su observación en la parte B del experimento.
- 8 Calcule los valores para las resistencias  $R_1$  y  $R_2$ , tanto como para la resistencia  $R_T$ , para la conexión en serie de los componentes y regítre los valores en la ultima columna de la Tabla 3.10.
- 9 Considerando los posibles errores de medición en mente, ¿Qué relación general puede usted ver entre la resistencia total  $R_T$  y los valores de las resistencias parciales?. Explique esta relación y escriba una ecuación para expresarla.
- 10 A partir de la Tabla 3.11 se evidencia alguna relación general. Explique esta relación y escriba una ecuación que la exprese.
- 11 Utilizando las medidas de la Tabla 3.11 complete la Tabla 3.12.
- 12 A partir de los valores recíprocos de la Tabla 3.12 se evidencia una relación general. Explique esta relación y escriba una ecuación que la exprese.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)


## 7. Anexos

### Cuestionario

- a) Demuestre las ecuaciones 3.17 y 3.18
- b) Obtener la ecuación 3.14 a partir de la ecuación 3.13

$U(V)$	$I(A)$		$U/I(\Omega)$	
	$R_1$	$R_2$	$R_1$	$R_2$
0				
2				
4				
6				
8				
10				

Tabla 3.8: Relación entre corriente y tensión

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	9 de 9

$U(V)$	$I(A)$	$U/I(\Omega)$
0		
2		
4		
6		
8		
10		

Tabla 3.9: Relación entre la corriente y la tensión

Resistencias en el circuito	$U(V)$	$I(A)$	$R(\Omega)$
$R_1$ (valor nominal = $47\Omega$ )			
$R_2$ (valor nominal = $100\Omega$ )			
$R_1$ y $R_2$ en serie			

Tabla 3.10: Conexión en serie

$U(V)$	$I_T(mA)$	$I_1(mA)$	$I_2(A)$
8			


Tabla 3.11: Conexión en paralelo

$R_T(\Omega)$	$R_1(\Omega)$	$R_2(\Omega)$	$1/R_T(\Omega^{-1})$	$1/R_1(\Omega^{-1})$	$1/R_2(\Omega^{-1})$

Tabla 3.12: Conexión en paralelo

### Preguntas de control

- ¿Obedecen las lámparas la ley de Ohm?
- Cual es la relación entre la resistencia total y las resistencias

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 5

### 1. Título:

Carga y descarga de un condensador

### 2. Objetivos

Determinar el comportamiento de la carga y descarga de un condensador en función de la resistencia.

Determinar el comportamiento de la carga y descarga de un condensador en función de la capacitancia.

Determinar el comportamiento de la carga y descarga de un condensador en función de la diferencia de potencial aplicada.

### 3. Marco Teórico


En la Figura 3.15 si inicialmente el interruptor está abierto la carga en el condensador es cero y esto se refleja en que su diferencia de potencial es cero, al pasar el interruptor al punto a fluye una corriente de tal forma que el condensador se empieza a cargar produciéndose una diferencia de potencial en el condensador que tiende a ser igual al valor de la fuente de alimentación a medida que transcurre el tiempo, con la utilización de la ley de Ohm se obtiene una expresión para la diferencia de potencial en el condensador dada por:

$$V = U (1 - e^{-t/RC}) \quad (3.19)$$

Después de mantener el interruptor en el punto a por un largo tiempo y luego trasladarlo a la posición b se empieza a descargar el condensador a través de la resistencia  $R_1$ , en este caso la ecuación que describe la diferencia de potencial en el condensador esta dada por:

$$V = U e^{-t/RC} \quad (3.20)$$

El termino  $\tau = RC$ , tiene un significado especial y es el tiempo que tarda el condensador ya sea bien en cargarse o en descargarse el 63 % del valor de la fuente de alimentación.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 5

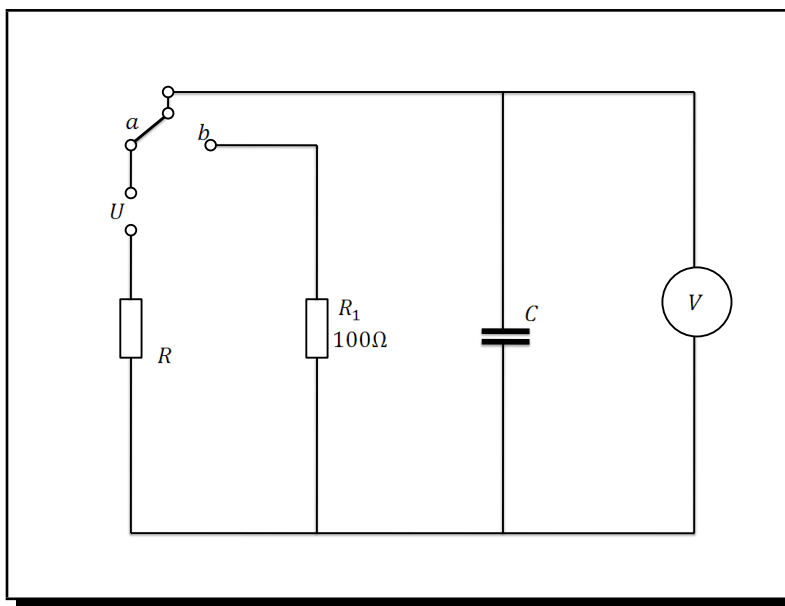


Figura 3.15: Carga y descarga de un condensador

#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos


1. Voltímetro
1. Fuente de alimentación
1. Proto Board

##### Materiales

3. Bananas
3. Condensadores
4. Resistencia

#### 5. Procedimiento

- 1 Configure el experimento como se muestra en la Figura 3.15.
- 2 Fije un voltaje de  $U = 9V$ , una resistencia  $R = 2,2M\Omega$  y para diferentes valores de capacitancia, coloque el interruptor en la posición  $a$  y mida los tiempos a los cuales el potencial en el capacitor es el porcentaje indicado en

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 5

la Tabla , con respecto al potencial de  $9V$ , registre sus resultados en la Tabla 3.13.

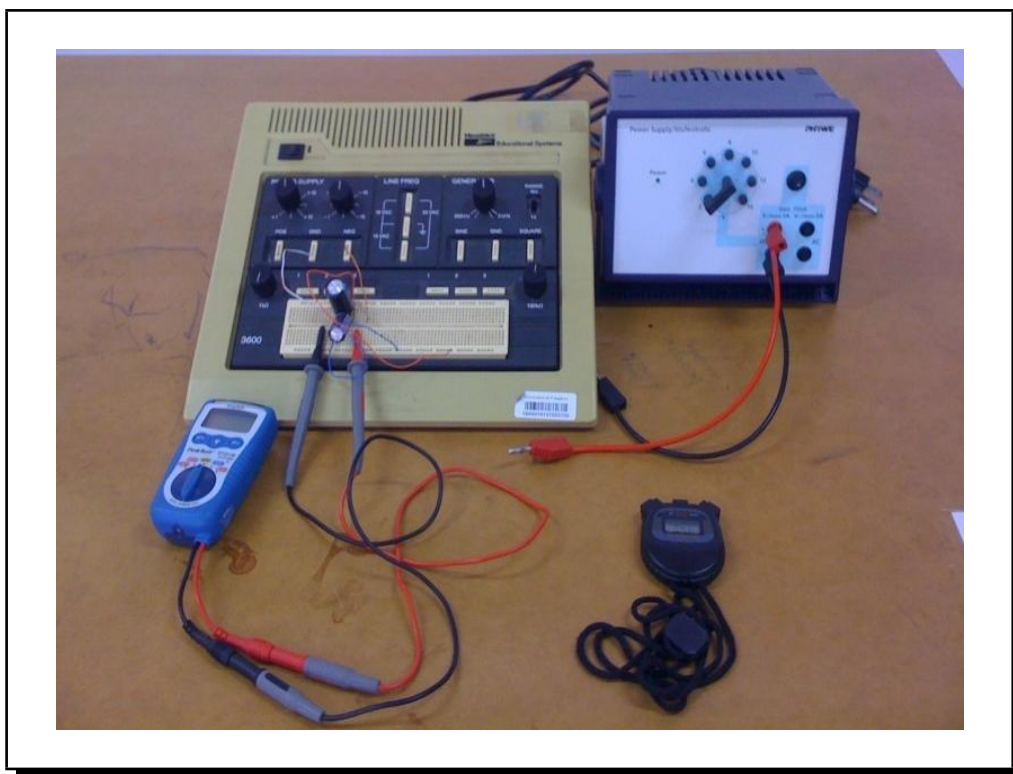



Figura 3.16: Montaje para el estudio de la carga y descarga de un condensador

- 3 Espere hasta que el potencial en el capacitor se estabilice en un potencial final de  $U = 9V$  y cambie el interruptor a la posición  $b$ , y mida nuevamente los porcentajes del potencial correspondientes, registre sus resultados en la Tabla 3.13.
- 4 Repita el procedimiento de los numerales 1-3 pero manteniendo constante el valor de la capacitancia y variando el valor de la resistencia, , registre sus resultados en la Tabla 3.14.
- 5 Repita el numeral anterior pero en este caso, fije un valor de resistencia,  $R = 4M\Omega$  capacitancia  $C = 20\mu F$  y varié el potencial aplicado, , registre sus resultados en la Tabla 3.15.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 5

- 1 Realice tres gráficas en una misma hoja del potencial vs tiempo, para la carga de un condensador, utilizando los valores de la Tabla 3.13.
  - 2 Realice tres gráficas en una misma hoja del potencial vs tiempo, para la descarga de un condensador, utilizando los valores de la Tabla 3.13.
  - 3 Calcule la pendiente de cada una de las gráficas realizadas.
  - 4 Repetir los numerales 1-3 para cada una de las Tablas 3.14 y 3.15
- 1 Explique el significado físico de las pendientes obtenidas para las gráficas.
  - 2 ¿Coinciden los valores de  $\tau = RC$ , con los valores experimentales?. En caso de no ser así explique porque

## 6. Nivel de riego

Nivel 1 (Bajo)

## 7. Anexos


### Cuestionario

- a) Obtener las ecuaciones 3.19 y 3.20.
- b) Investigar el comportamiento gráfico de las ecuaciones 3.19 y 3.20.

$R = 2,2M\Omega$				$V = 9V$			
Carga	Tiempo (s)			Descarga	Tiempo (s)		
Porcentajes	$C_1 =$	$C_2 =$	$C_3 =$	Porcentajes	$C_1 =$	$C_2 =$	$C_3 =$
10 % = 0.9				10 % = 0.9			
15 % =				15 % =			
25 % =				25 % =			
35 % =				35 % =			
45 % =				45 % =			
55 % =				55 % =			
63 % =				63 % =			
70 % =				70 % =			
80 % =				80 % =			
90 % =				90 % =			

Tabla 3.13: Carga y descarga de un condensador para varios valores de capacitancia



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 5

$C = 20\mu F$				$V = 9V$			
Carga	Tiempo (s)			Descarga	Tiempo (s)		
Porcentajes	$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$	Porcentajes	$R_1 =$	$R_2 =$	$R_3 =$
10 %=0.9				10 %=0.9			
15 %=				15 %=			
25 %=				25 %=			
35 %=				35 %=			
45 %=				45 %=			
55 %=				55 %=			
63 %=				63 %=			
70 %=				70 %=			
80 %=				80 %=			
90 %=				90 %=			


Tabla 3.14: Carga y descarga de un condensador para varios valores de resistencia

$C = 20\mu F$				$R = 4M\Omega$			
Carga	Tiempo (s)			Descarga	Tiempo (s)		
Porcentajes	$V_1 =$	$V_2 =$	$V_3 =$	Porcentajes	$V_1 =$	$V_2 =$	$V_3 =$
10 %=				10 %=			
15 %=				15 %=			
25 %=				25 %=			
35 %=				35 %=			
45 %=				45 %=			
55 %=				55 %=			
63 %=				63 %=			
70 %=				70 %=			
80 %=				80 %=			
90 %=				90 %=			

Tabla 3.15: Carga y descarga de un condensador para varios valores del potencial aplicado

### Preguntas de control

- a) Coinciden los valores teóricos con los valores experimentales de  $\tau$ .

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 7

### 1. Título:

Amperímetros y voltímetros

### 2. Objetivos

Calcular la resistencia Interna de un Galvanómetro.

Convertir un Galvanómetro en un Amperímetro de mayor alcance.

Convertir un Galvanómetro en un Voltímetro.

### 3. Marco Teórico

#### RESISTENCIA INTERNA

Un medidor “ideal” de corriente (*Galvanómetro*), tiene una resistencia interna de valor nulo. En la práctica, a bobina móvil del galvanómetro siempre posee una resistencia propia. Por esta razón el circuito equivalente de un galvanómetro es representado conforme la Figura 3.17.

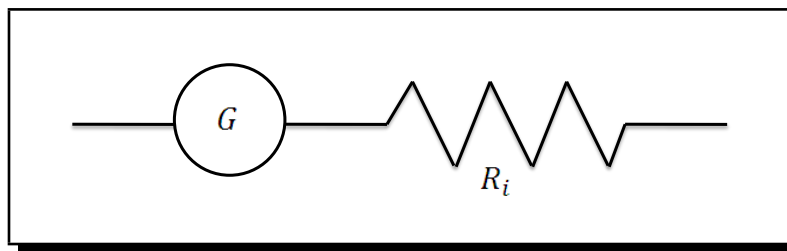



Figura 3.17: Esquema del galvanómetro

Donde  $R_i$  es la resistencia interna del instrumento de medida. La calibración de un aparato de medida se efectúa por comparación con instrumentos patrones (estándar), a su vez calibrados por métodos especiales.

#### AMPERIMETRO

Todo instrumento de medida tiene constructivamente una deflexión a fondo de escala fundamental, que es el máximo valor para el cual fue diseñado, basándose en ella se puede efectuar un rediseño para medir escalas mayores que la escala básica del instrumento de medición.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 7

Para convertir un galvanómetro en un amperímetro de mayor rango, es necesario conocer la intensidad del galvanómetro a fondo de escala, el rango de corriente que se desea medir y la resistencia interna del galvanómetro. El circuito de un amperímetro elemental es mostrado en la Figura 3.18.

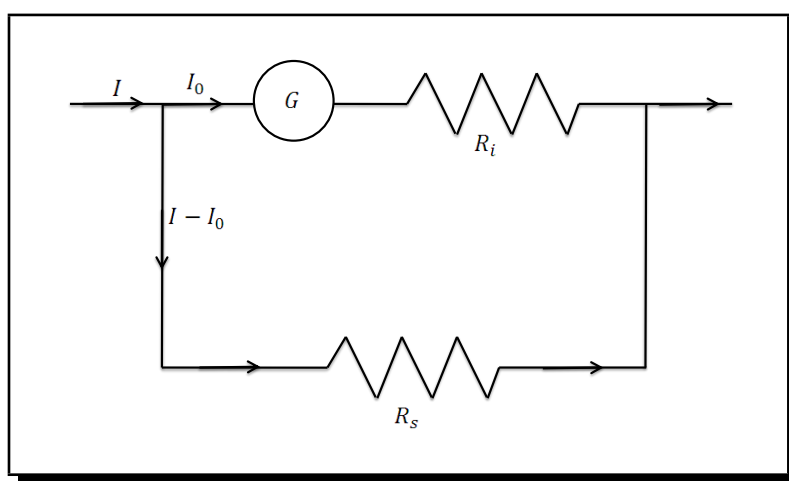


Figura 3.18: Circuito de un amperímetro elemental

La resistencia de derivación o Shunt ( $R_s$ ) para el alcance de un número  $I$  de amperios a fondo de escala está dado por:


$$R_s = \frac{R_i}{n - 1} \quad (3.21)$$

donde  $n = I/I_0$  es el factor multiplicador e  $I_0$  es la corriente a fondo de escala del galvanómetro. Según esto, las resistencias de derivación, permiten ampliar el alcance del instrumento tanto como se quiera.

Debe prestarse mucha atención al hecho de que la inserción de un medidor de corriente en un circuito altera las condiciones normales del mismo, debido a la resistencia interna del instrumento. Este efecto se denomina efecto de carga.

### VOLTIMETRO

Un medidor de corriente puede medir también voltajes, con los ajustes adecuados. Debido a que la resistencia interna del aparato medidor es constante, y de acuerdo con la ley de ohm se deduce que la corriente será proporcional al voltaje aplicado, y por lo tanto la deflexión de la aguja indicadora del instrumento

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 7

será también proporcional al voltaje o tensión aplicado. Se puede entonces calibrar directamente un aparato para medir voltaje (voltímetro). Para aumentar el alcance del galvanómetro, se conecta en serie una resistencia cuya función es limitar la corriente cuando el instrumento se usa en medición de voltajes más altos. La resistencia multiplicadora de voltaje ( $R_m$ ), para aumentar el alcance del instrumento se determina por:

$$R_m = \frac{V_0}{I_0} - R_i \quad (3.22)$$

donde  $V_0$  es el voltaje de fondo de escala del voltímetro e  $I_0$  y  $R_i$ , son la corriente y la resistencia propias del galvanómetro.

El conjunto  $R_m + R_i$  se denomina resistencia interna del voltímetro ( $R_V$ ). La relación  $R_V/V_0$  constituye una característica muy importante del instrumento, es el valor ohmio/voltio del voltímetro y caracteriza la sensibilidad del aparato de medida. De la misma forma que para el amperímetro, también debe tenerse en cuenta el efecto de carga del voltímetro sobre un circuito.

#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

##### 2. Galvanómetro

##### 1. Amperímetro

##### 1. Voltímetros

##### 1. Fuente de Alimentación

##### Materiales

##### 6. Bananas


##### 1. Resistencia Variable(0.1,1,10 $\Omega$ ) $R_2$

##### 1. Resistencia Variable 1-1 M $\Omega$ $R_1$

#### 5. Procedimiento

##### PARTE A (Resistencia interna del Galvanómetro)

- 1 Realizar el montaje del circuito de la Figura 3.20;  $R_2$  es una década de resistencia variable de protección;  $A_1$  es el multímetro patrón y  $G$  es el galvanómetro.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 7

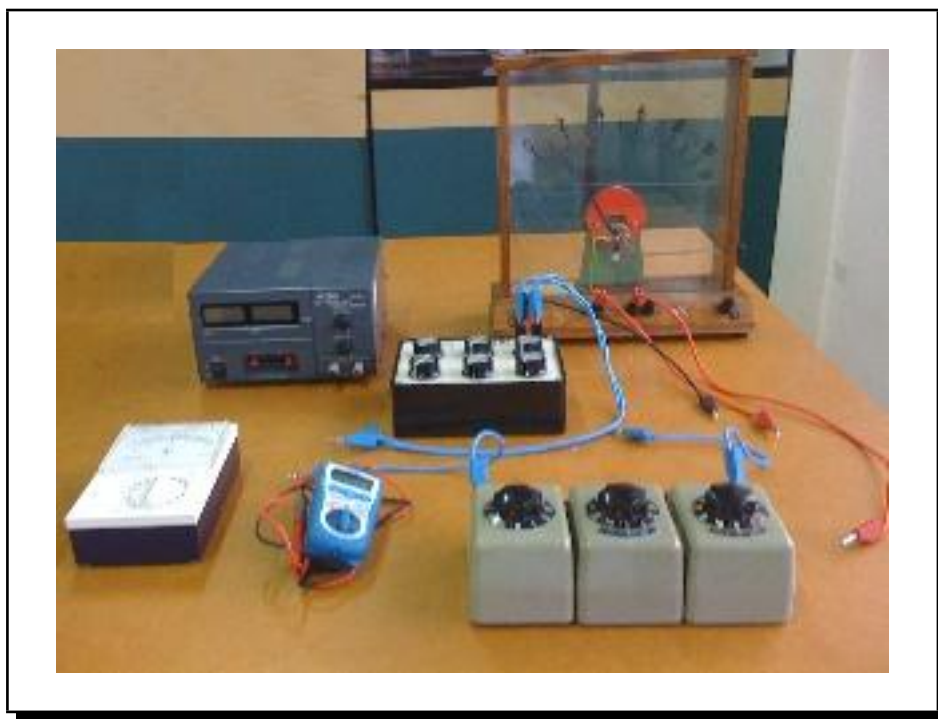



Figura 3.19: Montaje para el estudio del galvanómetro

- 2 Con el interruptor  $S_2$  abierto y la fuente con voltaje en cero, cerrar el interruptor  $S_1$  y ajustar el voltaje de la fuente, así como  $R_1$ , hasta que el galvanómetro marque el fondo de escala. Tome nota del valor de la corriente de fondo de escala del galvanómetro ( $I_0$ ), indicada en el amperímetro patrón.
- 3 Manteniendo las condiciones anteriores cerrar  $S_2$  y ajustar  $R_2$  hasta que el galvanómetro marque la mitad de la escala. Si es necesario ajuste el voltaje de la fuente para mantener constante la corriente indicada por el medidor patrón ( $I_0$ ). Tome el valor de la resistencia interna del galvanómetro, la que es igual a la indicada por la década  $R_2$ .

### **PARTE B (Conversión de un galvanómetro en un amperímetro de mayor alcance)**

- 1 Calcular mediante la ecuación (3.21) el valor de la resistencia de derivación ( $R_s$ ) necesaria para aumentar en cinco veces el alcance del galvanómetro

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 7

( $A_2$ ). Verificar experimentalmente el cálculo colocando en paralelo con el galvanómetro el valor de  $R_s$  como se muestra en la Figura 3.20.

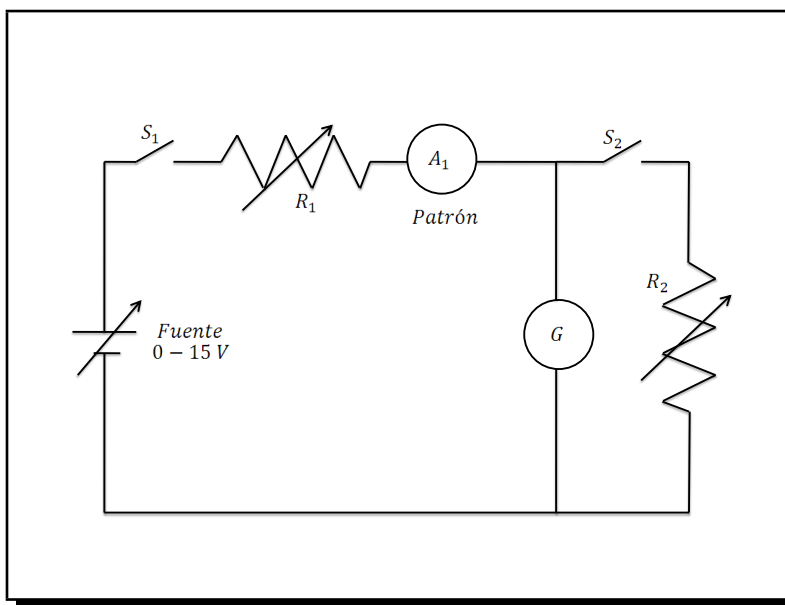



Figura 3.20: Circuito para determinar la resistencia interna de un galvanómetro

- 2 Ajustar el voltaje de la fuente hasta llevar el galvanómetro al fondo de la escala que debe corresponder a  $5I_0$  en el nuevo rango (escala ampliada). En caso de que las lecturas de  $A_1$  y  $A_2$  no coincidan en  $5I_0$ , ajuste alternativamente la fuente y  $R_2$  hasta hacerlos coincidir. El valor de  $R_s$  obtenido mediante este procedimiento corresponde a su valor experimental. Tome nota de este valor.
- 3 Compare las lecturas de  $A_2$  con respecto a las de  $A_1$  para diez valores comprendidos entre cero y fondo de escala y complete la Tabla 3.16. El error absoluto corresponde a la diferencia  $A_1 - A_2$  y la corrección al valor absoluto del error.

### PARTE C (Conversión de un galvanómetro en un voltímetro de mayor alcance)

- 1 Calcular, utilizando la ecuación (3.22), el valor de la resistencia

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 7

multiplicadora ( $R_m$ ) que se debe colocar en serie con el galvanómetro para convertirlo en un voltímetro de deflexión a fondo de escala ( $V_0$ ) de 5V.

- Realizar el montaje indicado en la Figura 3.21 y ajustar el valor de  $R_m$  calculado en la década de resistencia  $R_1$ . Con voltaje nulo en la fuente cierre los interruptores  $S_1$  y  $S_2$  y proceda a aumentar gradualmente el voltaje, desde cero hasta llevar el galvanómetro al fondo de escala.

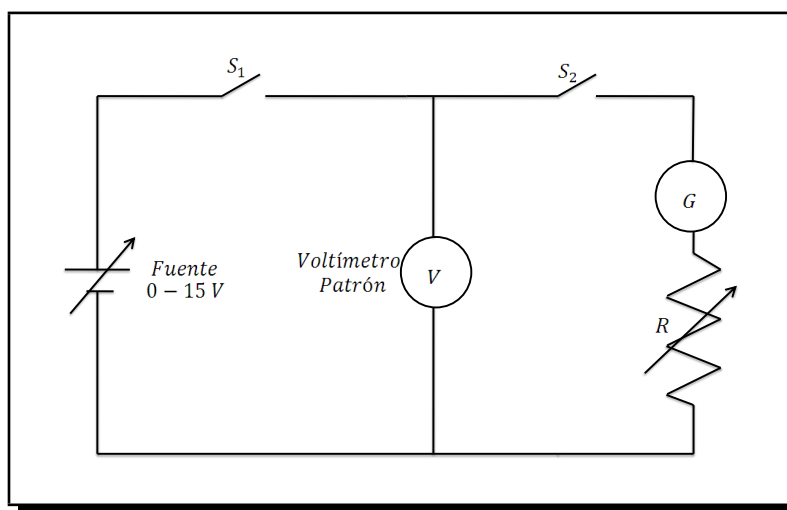



Figura 3.21: Circuito para convertir un galvanómetro en un voltímetro

- Si las lecturas del voltímetro patrón y del experimental no coinciden, ajustar alternativamente  $R_m$  y el voltaje de la fuente hasta que ellas coincidan. El valor de  $R_m$  obtenido mediante este procedimiento corresponde a su valor experimental. Tomar nota de este valor.
- Para diez valores comprendidos entre cero y fondo de escala, tome los valores de corriente en el galvanómetro y voltaje en el voltímetro patrón y llene la Tabla 3.17.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	7 de 7

## 7. Anexos

Medida	$A_1(\text{mA})$	$A_2(\text{mA})$	Error(mA)	Corrección(mA)
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				

Tabla 3.16: Datos de comparación para el amperímetro


Medida	$V(\text{V})$	divisiones	$I(\text{mA})$
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			

Tabla 3.17: Datos de comparación para el voltímetro

## Cuestionario

- ¿Cómo se convierte un galvanómetro en un amperímetro de mayor alcance?
- ¿Cómo se convierte un galvanómetro en un voltímetro?
- ¿Que características tiene un voltímetro real?
- ¿Que características tiene un amperímetro real?



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 9

### 1. Título:

Inducción electromagnética

### 2. Objetivos

Estudiar y comprobar los principios de la inducción electromagnética descritos por la ley de inducción de Faraday Lenz.

Estudiar el funcionamiento de un motor eléctrico.

Estudiar el funcionamiento de un galvanómetro.

### 3. Marco Teórico

Cuando se conecta una bobina a un galvanómetro y se hace variar un campo magnético introduciendo un imán, se produce una desviación en el galvanómetro lo que es equivalente a producirse una corriente en la bobina, pero este fenómeno existe solamente cuando el imán está en movimiento, este fenómeno se puede describir con una ecuación conocida como la ley de la inducción de Faraday:

$$\epsilon = -\frac{d\Phi_B}{dt} \quad (3.23)$$

Donde  $\epsilon$  es la fuerza electromotriz inducida y  $(d\Phi_B)/dt$  es la razón de cambio del flujo magnético con respecto al tiempo, el signo menos en la ecuación está relacionado con la polaridad de la fem inducida, mediante una ley conocida como la ley de Lenz que establece que “La corriente inducida en un circuito tendrá una dirección de tal forma que se oponga a la causa que la produce”, la cual es una consecuencia directa del principio de conservación de la energía.

### 4. Materiales, equipos e insumos:

#### Equipos


1. Motor

1. Fuente de alimentación

1. Multímetro

#### Materiales

6. Bobinas

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 9

2. Núcleos de transformador

1. Aguja indicadora

2. Imanes

1. Núcleo de hierro

## 5. Procedimiento

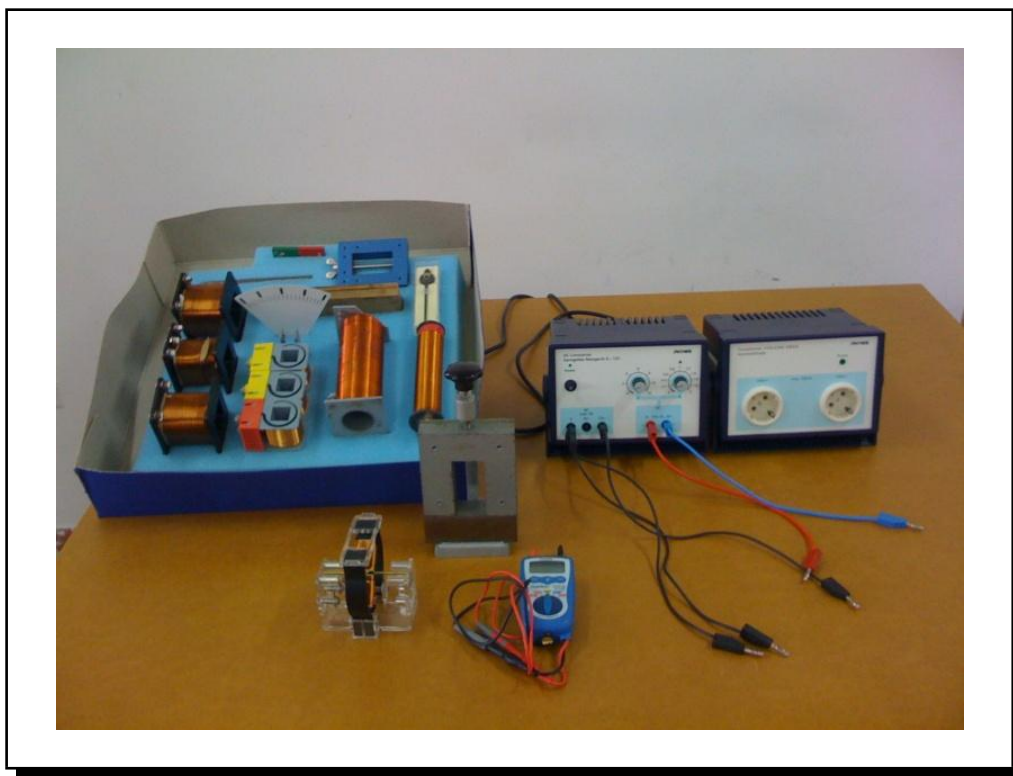



Figura 3.22: Elementos utilizados en el estudio de la inducción electromagnética

### PARTE A (Inducción Electromagnética)

- 1 Conectar los terminales de la bobina secundaria a los terminales del galvanómetro, como se muestra en la Figura 3.23.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 9

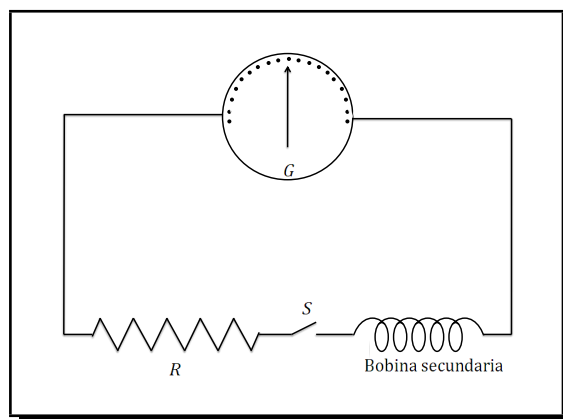


Figura 3.23: Generación de una fem inducida

- 2 Coloque una de las barras magnéticas, con el polo norte hacia abajo, dentro de la bobina secundaria y cierre el interruptor  $S$ . Tomar nota de los resultados.
- 3 Retirar el imán de un solo halon. Tomar nota de los resultados.
- 4 Insertar el imán con la polaridad invertida. Tomar nota de las observaciones.
- 5 Colocar la bobina primaria (la más delgada) dentro de la secundaria (la más gruesa) y conectar a la bobina primaria, a la fuente de Corriente Continua (CC) colocando el interruptor  $S$  en serie, Figura 3.24.

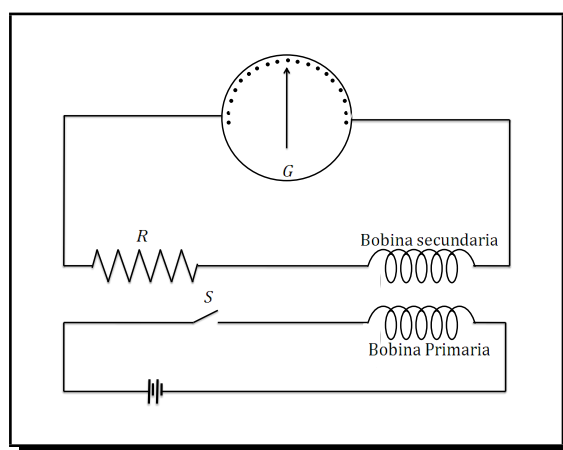



Figura 3.24: Inducción de una fem en una bobina secundaria.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 9

- 6 Cerrar el interruptor  $S$  y tomar nota de sus resultados.
- 7 Abrir el interruptor  $S$  y tomar nota de sus resultados.
- 8 Repetir los dos numerales anteriores, pero ahora colocando el núcleo (varilla delgada) entre las bobinas.
- 9 Repetir el numeral anterior pero retirando el núcleo cada vez un centímetro y anotar los valores de las deflexiones en la Tabla 3.18.

## PARTE B (Aplicaciones de la inducción electromagnética)

### EL TRANSFORMADOR

- 1 Realice el montaje como se muestra en la Figura 3.25, las bobinas primaria y secundaria deben, primero, tener el mismo número de espiras ( $N_s = N_p = 400$ ).

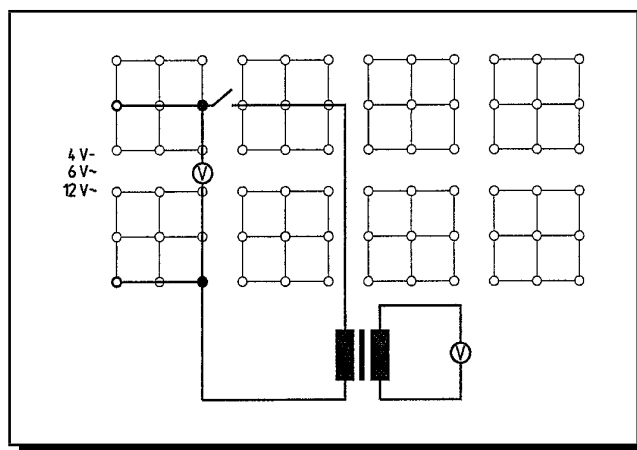



Figura 3.25: Funcionamiento del transformador

- 2 Encienda la fuente de alimentación y ajuste el potencial a 4 V~, cierre y abra varias veces el interruptor; observe el voltímetro en la bobina secundaria y anote su observación.
- 3 Cambie el potencial a 6 V~, tener cuidado con los rangos de medición.
- 4 Cierre el interruptor y mida la tensión en la bobina primaria ( $U_p$ ) y en la bobina secundaria ( $U_s$ ); registre los valores medidos en la Tabla 3.19.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 9

- 5 Reemplace la bobina secundaria de 400 espiras por una de 1600 espiras.
- 6 Cierre el interruptor y mida la tensión en la bobina primaria ( $U_p$ ) y en la bobina secundaria ( $U_s$ ); registre los valores medidos en la Tabla 3.19.
- 7 Intercambie las bobinas en la primaria coloque la de 1600 espiras y en la secundaria la de 400 espiras, para lograr esto gire el transformador  $180^\circ$ .
- 8 Cierre el interruptor y mida la tensión en la bobina primaria ( $U_p$ ) y en la bobina secundaria ( $U_s$ ); registre los valores medidos en la Tabla 3.19.
- 9 Repetir los pasos 4-8 pero en este caso toma el valor de la tensión de alimentación como  $12\text{ V}\sim$ .

## EL GALVANOMETRO

- 1 Ensamble el modelo de galvanómetro, como se muestra en la Figura 3.26

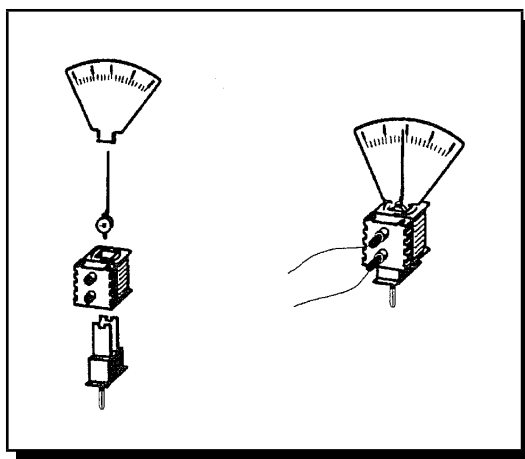



Figura 3.26: Ensamble del galvanómetro

- 2 Monte el circuito de la Figura 3.27, donde el símbolo de la flecha significa galvanómetro, el cual se conecta a la bobina.
- 3 Cierre el interruptor y aumente lentamente la tensión, hasta que el puntero se desvíe totalmente, seguidamente, incremente aún más la tensión a un máximo de  $4\text{ V}$  observando la lámpara.
- 4 Reduzca la tensión a  $0\text{ V}$ , observando el puntero y la lámpara, anote sus observaciones.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 9

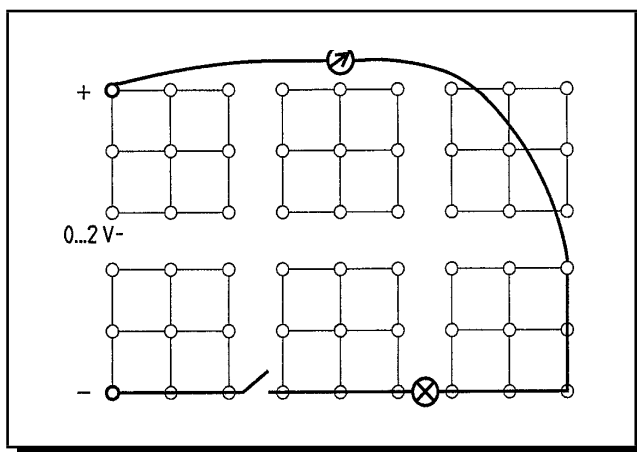


Figura 3.27: Funcionamiento del galvanómetro

- 5 Invierta los polos del modelo del instrumento de medición.
- a) Repetir los numerales 3 y 4, anote sus observaciones.

## EL MOTOR ELECTRICO

- 1 Coloque el imán permanente en el modelo de motor de la Figura 3.28

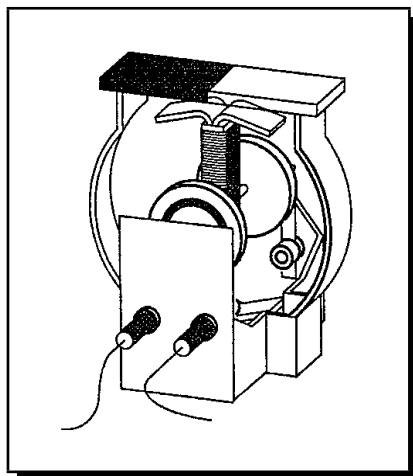



Figura 3.28: Ensamble del motor

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	7 de 9

- 2 Monte el experimento como se ilustra en la Figura 3.29, donde M es el símbolo del motor.

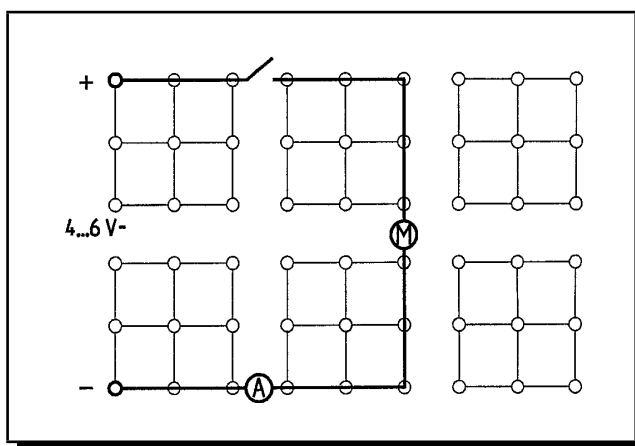



Figura 3.29: Funcionamiento del motor

- 3 Encienda la fuente de alimentación y fíjela a 5 V.
- 4 Lleve el rotor a la posición vertical del motor y cierre el interruptor.
- 5 Abra el interruptor, lleve el rotor a la posición horizontal y cierre el interruptor; observe el rotor y si es necesario empújelo ligeramente con la mano (no muestre su fuerza suavemente).
- 6 Con el motor en funcionamiento, varíe la tensión de operación, entre 4 y 6V, observe la velocidad de la revolución del motor y anote su observación, además observe la dirección de giro del rotor.
- 7 Abra el interruptor y gire el imán alrededor, cierre el interruptor.
- 8 Observe la dirección de giro del rotor y compárela con la anterior.
- 9 Abra el circuito e intercambie las conexiones del motor.
- 10 Cierre el circuito y observe la dirección de giro del rotor y compárela con la anterior.
- 11 Fije la tensión en 6V y detenga el motor con su dedo, ponga atención a la desviación del amperímetro y anote sus observaciones.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	8 de 9

## 7. Anexos

### Cuestionario

- ¿Cómo funciona un motor eléctrico?
- ¿Cómo funciona un galvanómetro?
- ¿Describa diferentes aplicaciones de la inducción electromagnética?
- Consultar que es el flujo magnético y como se puede variar.
- Realizar la gráfica correspondiente a la tabla anterior.


Longitud	Deflexión

Tabla 3.18: Deflexión del amperímetro vs longitud del núcleo

$N_p = 400$	$N_s = 400$
$U_p$	$U_s$
$N_p = 400$	$N_s = 1600$
$U_p$	$U_s$
$N_p = 1600$	$N_s = 400$
$U_p$	$U_s$


Tabla 3.19: Diferencias de potencial en el transformador



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	9 de 9

### Preguntas de control

- Explicar que sucede cuando se invierte la polaridad del imán, ¿Este debe ser el efecto?, de ser o no ser así explique porque.
- Cuando se conecta la fuente de corriente continua, que sucede ¿Este debe ser el efecto?, de ser o no ser así explique porque.
- Que efecto produce introducir el núcleo entre las bobinas.
- Explicar que diferencia existe en alimentar el transformador con una fuente de corriente continua y una fuente de corriente alterna. ¿Qué puede afirmar de este resultado?
- De acuerdo a lo observado en el experimento ¿Cómo funciona un galvanómetro?
- Explique cada una de las situaciones del motor en forma horizontal y en forma vertical, en caso de que en alguna de las situaciones anteriores el motor no funcione explique porque, ¿Qué afirmaciones puede usted deducir de este experimento?
- Explique detalladamente utilizando las ecuaciones adecuadas en su explicación de como funciona el timbre analizado.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 7

### 1. Título:

Relación carga masa

### 2. Objetivos

Observar y describir la interacción magnética entre cargas eléctricas en movimiento y campos magnéticos creados por bobinas.

Determinar que clase de partícula emite un filamento al calentarse midiendo su relación carga-masa.

### 3. Marco Teórico

#### BOBINAS DE HELMHOLTZ


El montaje experimental según el cual se producen campos magnéticos homogéneos según (Helmholtz-Guagain), se caracteriza por el hecho de que a través de dos conductores separados circulares del mismo radio, cuyos centros se encuentran sobre un eje común a una distancia igual a su radio, pasa la misma corriente.

Es posible mantener pequeñas las fluctuaciones en la homogeneidad, si en lugar de conductores circulares separados, se usan bobinas con una sección transversal mejor, y se consideran ciertas condiciones respecto a la sección transversal de las bobinas, siendo la distancia entre los centros de las bobinas idénticas al radio medio de ellas.

La densidad del flujo magnético  $B$  en el interior de tal sistema de bobinas de Helmholtz podrá ser calculada partiendo del radio  $R$ , de la intensidad de corriente  $I$  en las bobinas y de la separación  $a$  de las mismas, como:

$$B = \mu_0 I R^2 \left[ \left( R^2 + \left( z - \frac{a}{2} \right)^2 \right)^{-\frac{3}{2}} + \left( R^2 + \left( z + \frac{a}{2} \right)^2 \right)^{-\frac{3}{2}} \right], \quad (3.24)$$

donde  $\mu_0 = 1,257 \times 10^{-6} \text{Vs/Am}$

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 7

Para el caso en el cual  $a = R$  y consideramos que cada bobina posee un número  $n$  de vueltas el campo se puede calcular en la forma simplificada

$$B = \left(\frac{4}{5}\right)^{\frac{3}{2}} \mu_0 \frac{nI}{R}, \quad (3.25)$$

Para las bobinas utilizadas en este experimento  $R = 0,2m$  y  $n = 154$

## MOVIMIENTO DE LAS PARTICULAS EN EL CAMPO MAGNETICO

Cuando colocamos una partícula en una diferencia de potencial está adquiere una velocidad  $v$ , que está determinada por la diferencia de potencial aplicada  $V$ , la masa  $m$  y la carga  $q$  de la partícula, esta relación se puede obtener igualando las energías potencial eléctrica y cinética de la partícula


$$qV = \frac{1}{2}mv^2 \quad (3.26)$$

Si se coloca esta partícula de velocidad  $\vec{v}$  en presencia de un campo magnético de magnitud  $B$ , la partícula experimenta una fuerza  $\vec{F} = q\vec{v} \times \vec{B}$ , si llamamos  $\theta$  al ángulo entre la velocidad y el campo magnético la velocidad tiene dos componentes una paralela al campo magnético  $v \cos \theta$  y una perpendicular al campo magnético  $v \sin \theta$  la componente perpendicular produce una trayectoria circular de radio  $R$  en la partícula y la componente paralela produce un desplazamiento en la partícula, generando finalmente una trayectoria helicoidal, en el caso en el cual la velocidad no posee componente paralela al campo es decir la velocidad es totalmente perpendicular  $\theta = 90^\circ$ , la trayectoria es solo circular, y su radio se puede calcular igualando las fuerzas magnética y centrípeta

$$qvB = m \frac{v^2}{R} \quad (3.27)$$

Despejando de (3.26) y reemplazando en (3.27), se obtiene la relación carga masa de la partícula

$$\frac{q}{m} = \frac{2V}{B^2 R^2} \quad (3.28)$$

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 7

#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

- 1. Tubo de rayos catódicos filiformes
- 1. Par de bobinas de Helmholtz
- 1. Fuente de 0-600V DC
- 1. Fuente Universal
- 1. Amperímetro
- 1. Voltímetro

##### Materiales

- 13. Conectores

#### 5. Procedimiento



Figura 3.30: Montaje para la determinación de la relación carga masa

- 1 Realice las conexiones mostradas en la Figura 3.31, teniendo en cuenta el siguiente diagrama de conexión para la alimentación del tubo de rayos catódicos filiformes.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 7

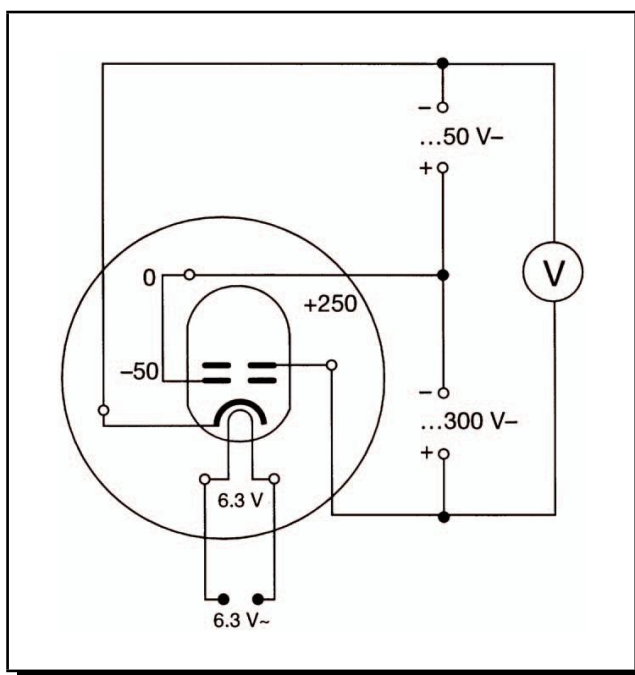


Figura 3.31: Diagrama de conexión de la alimentación del tubo de rayos catódicos

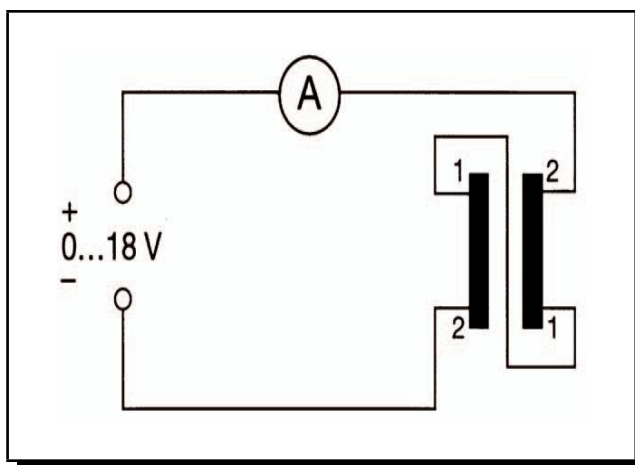



Figura 3.32: Alimentación de las bobinas de Helmholtz

- 2 Conecte la alimentación eléctrica de las bobinas de Helmholtz de acuerdo al esquema mostrado en la Figura 3.32.

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 7

- 3 Encender la fuente de alimentación del tubo de rayos catódicos, teniendo en cuenta que el voltaje aplicado este en cero voltios (0 V), en este caso solo está funcionando la fuente de calentamiento de 6.3 V, se debe observar una pequeña luz.
- 4 Ajustar el voltaje a 220 V, en este caso se debe observar un rayo de color violeta, que corresponde a las partículas en movimiento.
- 5 Encender la fuente de alimentación de las bobinas de Helmholtz, y ajustar una corriente de 3 A (**PRECAUCIÓN, SE DEBE APLICAR MAXIMO 5 A**), en este caso se debe observar la trayectoria circular, Figura 3.33.

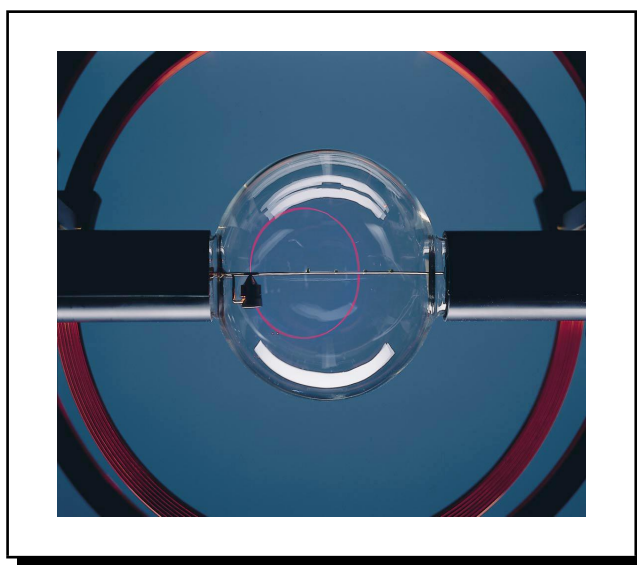



Figura 3.33: Trayectoria circular de las partículas

- 6 Colocar el voltaje en 100 V y ajustar la corriente hasta que el radio coincida con la marca  $R = 2\text{cm}$  y registre su dato en la Tabla 3.20, ajuste la corriente hasta que su radio coincida con la marca  $R = 3\text{cm}$ , registre su dato en la Tabla 3.20, repita el mismo procedimiento con todos los radios.
- 7 Realizar el procedimiento [6] para todas las diferencias de potencial descritas en la Tabla 3.20.
  - a) Para cada una de las corrientes obtenidas calcule el campo magnético de las

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 7

bobinas de Helmholtz, para tal fin utilice la ecuación (3.25) y llene la Tabla 3.21

- Obtenga los valores de  $\frac{B^2 R^2}{2}$  y llene la Tabla 3.22
- Realizar una gráfica para cada uno de los radios de  $V$  vs  $\frac{B^2 R^2}{2}$  y obtenga la pendiente.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)

## 7. Anexos

### Cuestionario

- Consultar más sobre las bobinas de Helmholtz
- Deducir la ecuación (3.24)
- Realizar el desarrollo de las ecuaciones (3.25)-(3.28)
- Consultar que es y como funciona un tubo de rayos catódicos filiformes
- Consultar la relación carga masa de varias partículas

$V(V)$	$R = 2cm$	$R = 3cm$	$R = 4cm$	$R = 5cm$
	$I$	$I$	$I$	$I$
100				
120				
140				
160				
180				
200				
220				
240				
260				
280				
300				

Tabla 3.20: Datos de la relación carga masa

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	7 de 7

$V(V)$	$R = 2cm$	$R = 3cm$	$R = 4cm$	$R = 5cm$
	$B$	$B$	$B$	$B$
100				
120				
$\vdots$				
280				
300				

Tabla 3.21: Datos de los campos magnéticos

$V(V)$	$R = 2cm$	$R = 3cm$	$R = 4cm$	$R = 5cm$
	$\frac{B^2 R^2}{2}$	$\frac{B^2 R^2}{2}$	$\frac{B^2 R^2}{2}$	$\frac{B^2 R^2}{2}$
100				
120				
$\vdots$				
280				
300				

Tabla 3.22: Datos de los campos magnéticos

### Preguntas de control

- Porque se utilizan bobinas de Helmholtz.
- A que partícula corresponde la relación carga masa
- Con que finalidad se calcula el termino  $\frac{B^2 R^2}{2}$
- Que significado físico tiene la pendiente de las gráficas obtenidas
- Explique un mecanismo que le permita con los mismos datos obtener la relación carga masa pero esta vez su gráfica debe ser con el radio y no con el potencial.
- En caso de tenerse una trayectoria helicoidal como haría para obtener el ángulo entre el campo y la velocidad de las partículas.



	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	1 de 6

### 1. Título:

Circuitos RLC en serie con fem de corriente alterna

### 2. Objetivos

Estudio y análisis de la corriente, de la diferencia de potencial, de la impedancia, del consumo de potencia y de las relaciones de fase en circuitos de corriente alterna con elementos resistivos, capacitivos e inductivos conectados en serie.

Estudiar la resonancia en un circuito RLC en serie.

### 3. Marco Teórico

Un circuito RLC está conformado por una resistencia de valor  $R$ , una inductancia de valor  $L$  y un condensador de valor  $C$ , estos elementos pueden tener diferentes configuraciones pero la configuración más común es cuando se colocan en serie y la fem que suministra energía es de corriente alterna. la diferencia de potencial en el condensador es  $V_C$ , en el inductor es  $V_L$  y en la resistencia es  $V_R$ , que de acuerdo con la ley de ohm la suma de estas diferencias de potencial debe ser igual potencial suministrado por la fem; estas diferencias de potencial están descritas por:


$$V_R = IR \quad (3.29)$$

$$V_C = \frac{Q}{C} \quad (3.30)$$

$$V_L = L \frac{dI}{dt} \quad (3.31)$$

La fuente de alimentación del circuito de corriente alterna suministra un potencial descrito por  $\varepsilon = \varepsilon_{\max} \cos \omega t$ , en el caso de tener solo el resistor:

$$V_R = \varepsilon = \varepsilon_{\max} \cos \omega t = IR \quad (3.32)$$

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	2 de 6

de donde

$$I = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} \cos \omega t \quad (3.33)$$

Si se encuentra solo el condensador  $V_C = \frac{Q}{C} = \varepsilon = \varepsilon_{\max} \cos \omega t$ , de donde:

$$Q = C \varepsilon_{\max} \cos \omega t, \quad (3.34)$$

pero utilizando  $I = \frac{dQ}{dt}$ , se tiene

$$I = C_{\max} \sin \omega t = \frac{\varepsilon_{\max}}{X_C} \sin \omega t =, \quad (3.35)$$

donde  $X_C = \frac{1}{\omega C}$ , se llama reactancia capacitiva. Cuando se tiene un inductor solo  $V_L = L \frac{dI}{dt} = \varepsilon = \varepsilon_{\max} \cos \omega t$ , de donde


$$I = -\frac{\varepsilon_{\max}}{L\omega} \cos \omega t = -\frac{\varepsilon_{\max}}{X_L} \sin \omega t, \quad (3.36)$$

donde  $X_L = \omega L$ , se llama reactancia inductiva. la reactancia tanto inductiva, como capacitiva tienen casi el mismo significado que  $R$ , pero estas dependen de la frecuencia. En un circuito RLC en serie la suma de los potenciales en los elementos debe ser igual al producido por la fuente, se puede realizar un diagrama en fasores de los potenciales en cada elemento como el que se ilustra en la figura , donde el potencial del condensador se encuentra  $\pi/2$  atrás del resistor, y el potencial del inductor se encuentra  $\pi/2$  mas adelante que el potencial del resistor. El potencial del resistor se encuentra en fase con la corriente, por tal motivo sumando los fasores se obtiene la amplitud del potencial de la fuente en términos de las amplitudes de los elementos como:

$$\varepsilon_{\max} = \sqrt{(V_{R\max})^2 + (V_{L\max} - V_{C\max})^2} \quad (3.37)$$

donde  $V_{R\max} = I_{\max} R$ ,  $V_{C\max} = I_{\max} X_C$  y  $V_{L\max} = I_{\max} X_L$ , obteniéndose

$$\frac{\varepsilon_{\max}}{I_{\max}} = \sqrt{R^2 + (X_L - X_C)^2} \quad (3.38)$$

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	3 de 6

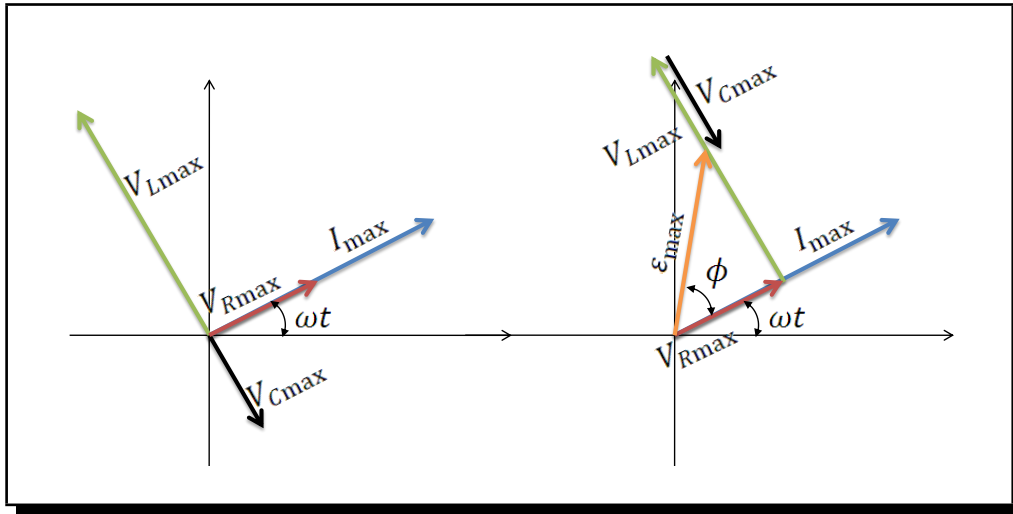


Figura 3.34: Esquema de fasores para un circuito RLC

y la diferencia de fase entre la fem y la corriente es  $\phi$ , que se calcula como:

$$\tan\phi = \frac{X_L - X_C}{R} \quad (3.39)$$

Cuando  $X_L = X_C$ , la corriente presenta un máximo y este valor es

$$I_{\max} = \frac{\varepsilon_{\max}}{R} \quad (3.40)$$


#### 4. Materiales, equipos e insumos:

##### Equipos

1. Generador de señales
1. Voltímetro
1. Amperímetro

##### Materiales

2. Inductores
2. Condensadores
2. Resistencias

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	4 de 6

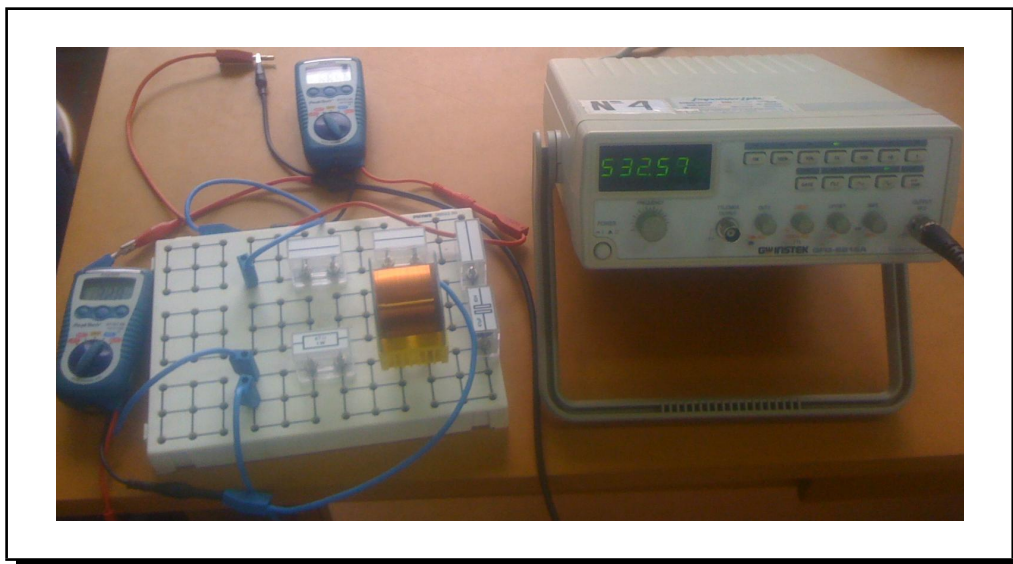


Figura 3.35: Montaje para estudiar un circuito RLC en serie

## 5. Procedimiento

- 1 Realice el montaje de la Figura 3.36 , con los valores de  $R = 47\Omega$ ,  $L = 3\text{mH}$  y  $C = 47\mu\text{C}$ .

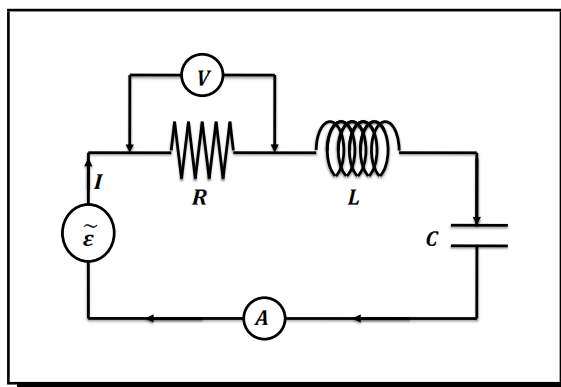


Figura 3.36: Montaje para estudiar un circuito RLC en serie

- 2 Varíe la frecuencia de la fuente entre 350 Hz y 500 Hz a incrementos de 10 Hz, y para cada valor de frecuencia determine la corriente. Registre sus valores

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	5 de 6

en la Tabla 3.23. Determine la frecuencia de resonancia ( $f_0$ ) del circuito, esto es, la frecuencia para la cual la corriente en el circuito es máxima.

- 3 Tome un valor de frecuencia superior y uno inferior a la frecuencia de resonancia y mida las diferencial de potencial en la resistencia, la inductancia y la capacitancia y registre sus datos en la Tabla 3.24.
- 4 Repita el procedimiento anterior pero cambie la resistencia por la de  $10\Omega$ .
- 5 Repita el procedimiento pero cambie el condensador por el de  $470\mu\text{F}$ . En este caso varíe la frecuencia de 80 a 200 Hz a incrementos de 10 Hz.
- 6 Repita el procedimiento pero cambie la inductancia por la de 50mH. En este caso varíe la frecuencia de 10 a 80 Hz a incrementos de 5 Hz.

## 6. Nivel de riesgo

Nivel 1 (Bajo)


## 7. Anexos

## Cuestionario

- ¿Qué potencial y corriente RMS?
- ¿Que es resonancia y cuando ocurre?

[illegible]

Tabla 3.23: Corriente en función de la frecuencia

	<b>Guía Unificada de Laboratorios</b>	<b>Código</b>	FLA -23 v.00
		<b>Páginas</b>	6 de 6

	$f_1 =$		$f_2 =$	
	V[V]	I[mA]	V[V]	I[mA]
R				
L				
C				
RLC				

Tabla 3.24: Potencial en los elementos para una frecuencia determinada

### Preguntas de control

- a) ¿Coinciden los valores teóricos con los valores experimentales de la frecuencia de resonancia?.