
	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	1/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


# Manual de prácticas del laboratorio de Electricidad y Magnetismo

Elaborado por:	Revisado por:	Autorizado por:	Vigente desde:
M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez M.I. Rigel Gámez Leal Ing. Juan Manuel Gil Pérez Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales M.I. Mayverena Jurado Pineda Ing. Francisco Miguel Pérez Ramírez	<b>M.I. Juan Carlos Cedeño Vázquez</b> <b>M.I. Rigel Gámez Leal</b> <b>Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales</b> <b>M.I. Adriana Yoloxóchil Jiménez Rodríguez</b> <b>M.I. Mayverena Jurado Pineda</b> <b>Q. Antonia del Carmen Pérez León</b>	<b>Ing. Gabriel Alejandro Jaramillo Morales</b>	<b>11 de agosto de 2022</b>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	2/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Índice


Práctica 1. Carga eléctrica.....	<a href="#">3</a>
Práctica 2. Distribución de carga eléctrica y campo eléctrico.....	<a href="#">11</a>
Práctica 3. Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo.....	<a href="#">20</a>
Práctica 4. Potencial y diferencia de potencial eléctricos.....	<a href="#">29</a>
Práctica 5. Constantes dieléctricas y capacitancia.....	<a href="#">38</a>
Práctica 6. Conexiones con capacitores.....	<a href="#">47</a>
Práctica 7. Corriente y resistencia eléctricas.....	<a href="#">55</a>
Práctica 8. Leyes de Kirchhoff.....	<a href="#">63</a>
Práctica 9. Fundamentos del magnetismo.....	<a href="#">72</a>
Práctica 10. Fuerza de origen magnético sobre conductores.....	<a href="#">80</a>
Práctica 11. Inducción electromagnética.....	<a href="#">90</a>
Práctica 12. Inductancia.....	<a href="#">99</a>
Apéndice .....	<a href="#">108</a>

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	3/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 1

## Carga eléctrica



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	4/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General

El alumno conocerá los conceptos básicos en que se fundamenta el estudio de los fenómenos eléctricos. Realizará experimentos que le ayuden a comprender dichos fenómenos, para después analizarlos y discutirlos con sus compañeros de brigada y con su profesor.

### II. Objetivos específicos

- Comprender el concepto de carga eléctrica y verificar los tipos de carga existentes.
- A partir de la Convención de Benjamín Franklin, deducir el tipo de carga que tiene un cuerpo previamente cargado.
- Comprobar los métodos para cargar y descargar eléctricamente un cuerpo.
- Comprender el funcionamiento de un generador de Van de Graaff.


## 3. Introducción

Por el año 600 a.c., Tales de Mileto comprobó que si se frotaba el ámbar, éste atraía objetos más ligeros de algunos materiales.

Hasta principios del siglo XX que se comprendió cómo era que los objetos podían cargarse eléctricamente, al conocer que los materiales están constituidos por átomos.

Se sabe que existen dos tipos de cargas eléctricas. Con base en la convención de Benjamín Franklin a una se le llama positiva y a la otra negativa. Por otra parte se sabe que cargas eléctricas del mismo tipo se repelen y de diferente tipo se atraen.

En la actualidad la energía eléctrica se ha convertido en una fuente indispensable, presentado ventajas como amigable con el medio ambiente, bajo costo, transporte relativamente fácil y una amplia gama de conversión a otros tipos de energía.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	5/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### 4. Equipo y material



Foto1.  
Generador de Van de Graaff.



Foto 2.  
Esfera de descarga.



Foto 3.  
Esfera aislada.



Foto 4.  
Soporte universal,  
tornillo de sujeción y  
varilla de aluminio.



Foto 5.  
Tira de polietileno, piel  
de conejo, paño de  
franela y paño de seda.



Foto 6.  
Punta de descarga.



Foto 7.  
Barras de vidrio,  
hule, acrílico y  
policloruro  
de vinilo.




Foto 8.  
Muestreador.



Foto 9.  
Encendedor.



Foto 10.  
Hélice de aluminio.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	6/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad I Carga eléctrica y convención de Benjamín Franklin

Con el material propuesto, construye un electroscopio simple, dibújalo en el recuadro y a partir de la convención de Benjamín Franklin, identifica cómo quedaron cargadas las barras después de cada frotamiento. A continuación analiza y discute con tus compañeros el experimento, indica los tipos de carga y fuerzas eléctricas observadas.

#### Equipo y material

- a. Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio.
- b. Tira de polietileno, piel de conejo, paño de franela y paño de seda.
- c. Barras de vidrio, ebonita, acrílico y policloruro de vinilo.



En la siguiente tabla, anota el signo del tipo de carga adquirida por cada barra, después de utilizar el método por frotamiento.

	Barra de:			
	ebonita	vidrio	acrílico	policloruro de vinilo (PVC)
piel de conejo				
seda				
franela				



Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	7/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 2 **Procesos de carga**

Utilizando el equipo y material propuesto, experimenta otras formas para cargar un cuerpo eléctricamente (contacto e inducción).

#### Equipo y material

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| a. Generador de Van de Graaff. | e. Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio. |
| b. Esfera de descarga.         | f. Tira de polietileno.   |
| c. Esfera aislada.             |   |
| d. Muestreador.                |   |

En el siguiente espacio explica cada uno de los experimentos mediante ilustraciones e incluye el tipo de carga obtenido.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	8/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 3 **Procesos de descarga**

Con el equipo y material propuesto, experimenta los procedimientos para descargar un cuerpo (conexión a tierra, ionización del aire: efecto de punta y viento eléctrico).

#### **Equipo y material**

- |                                |   |
|--------------------------------|---|
| a. Generador de Van de Graaff. | f. Hélice de aluminio.  |
| b. Esfera de descarga.         | g. Tira de polietileno.   |
| c. Esfera aislada.             | h. Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio. |
| d. Encendedor de gas.          |   |
| e. Punta metálica.             |   |

En el siguiente espacio explica en qué consisten los métodos mencionados y realiza ilustraciones para cada uno, indicando el flujo de las cargas eléctricas.





Conclusiones del experimento

---



---




---



---



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	9/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


#### Actividad 4 **Generador de Van de Graaff**

Observa y analiza el principio de operación del generador de Van de Graaff. Identifica y clasifica los materiales conductores y dieléctricos empleados en su construcción.

#### **Equipo y material**

- a. Generador de Van de Graaff.

En el siguiente espacio describe en un esquema el principio de operación del generador de Van de Graaff, quita el casco e identifica cada una de sus partes indicando si son materiales conductores o dieléctricos.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	10/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


1. Investiga un concepto de carga eléctrica.
2. Enuncia la convención de Benjamín Franklin.
3. ¿Qué es la serie triboeléctrica y cómo se utiliza?
4. Investiga los métodos para cargar y descargar eléctricamente un cuerpo.
5. ¿En qué consiste el fenómeno de cargar un cuerpo por inducción?
6. ¿Cómo funciona un electroscopio?
7. Investiga el principio de funcionamiento del generador de Van de Graaff.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	11/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 2

# Distribución de carga eléctrica y campo eléctrico



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	12/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo general:

El alumno conocerá la forma de distribución de la carga eléctrica en cuerpos conductores. Comprenderá el concepto de campo eléctrico y podrá visualizar diferentes configuraciones de las líneas de dicho campo.

### II. Objetivos específicos:


- Conocer el modo de la distribución de la carga eléctrica en superficies metálicas.
- Medir indirectamente la carga eléctrica empleando el electrómetro.
- Deducir algunas propiedades de las líneas de campo eléctrico.

## 3. Introducción

Las cargas eléctricas no necesitan de ningún medio material para influir entre ellas, por tanto, las fuerzas asociadas a ellas se les considera como fuerzas de acción a distancia o fuerzas de campo. Esta es la razón por la que se recurre al concepto de campo eléctrico para facilitar la descripción en términos físicos, de la influencia que una o más cargas ejercen sobre el espacio que les rodea.

El concepto de campo surge ante la necesidad de explicar la forma de interacción entre cuerpos en ausencia de contacto físico y sin medios de sustentación para las posibles interacciones. La acción a distancia se explica entonces, mediante efectos provocados por la entidad causante de la interacción, sobre el espacio mismo que la rodea, permitiendo asignar a dicho espacio propiedades medibles. Así, será posible hacer corresponder a cada punto del espacio, valores que dependerán de la magnitud de la propiedad del cuerpo que provoca la interacción y de la ubicación del punto que se considera.

El campo eléctrico representa en cada punto del espacio afectado por una carga, una propiedad local asociada a dicho punto. Una vez conocido el campo eléctrico en un punto no es necesario saber qué lo origina para calcular la fuerza eléctrica sobre una carga.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	13/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Además de las fuerzas y campos eléctricos debidos a cargas puntuales, también es posible asociarlos a distribuciones continuas de carga, a lo largo de una línea, sobre una superficie o en un volumen.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Base y soportes de acrílico.



Foto 2.  
Juego de electrodos metálicos.



Foto 3.  
Fuente de luz.



Foto 4.  
Dos cables para diferencias de potencial elevadas.



Foto 5.  
Recipiente de vidrio con aceite y semillas de pasto



Foto 6.  
Muestreador.



Foto 7.  
Generador de Van de Graaff.



Foto 8.  
Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	14/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.  
Cilindro metálico.



Foto 10.  
Esfera de unicel  
con hilo



Foto 11.  
Cilindro  
de cobre.




Foto 12.  
Electrómetro.



Foto 13.  
Punta atenuadora



Foto 14.  
Cilindro metálico con  
terminación en forma  
de cono.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	15/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad 1. Distribución de carga en cuerpos conductores


Con el equipo y material propuesto comprueba que la carga eléctrica se distribuye uniformemente en el casco del generador de Van de Graaff y en el cilindro metálico. Pon especial atención en qué sucede en la parte interna de dicho cilindro.

Adicionalmente verifica cómo se distribuye la carga en el cilindro metálico con terminación en forma de cono.

#### Equipo y material

- |                                  |  |
|----------------------------------|--|
| a. Generador de Van de Graaff.   | d. Cilindro metálico con terminación en forma de cono. |
| b. Dos cables para alto voltaje. |  |
| c. Cilindro metálico.            |  |

En el siguiente espacio realiza un esquema que indique la forma de la distribución de carga para cada caso.





Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	16/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 2. Identificación del tipo de carga y medición del potencial eléctrico del generador de Van de Graaff

Empleando el equipo propuesto y con la asesoría de tu profesor, comprueba el tipo de carga existente en el generador de Van de Graaff, así como el potencial eléctrico que produce.

#### Equipo y material

- |   |   |
|---|---|
| a. Generador de Van de Graaff.            | d. Soporte universal, tornillo de sujeción y varilla de aluminio. |
| b. Electrómetro y cable BNC con caimanes. |   |
| c. Punta atenuadora (relación 1:1000).    |   |

En el siguiente espacio escribe mediante un diagrama tus observaciones y resultados.





Conclusiones del experimento

---



---




---



---



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	17/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3. Medición de la carga eléctrica

Determina la **magnitud de la carga eléctrica de la esfera** de unicel, previamente cargada por contacto con el generador de Van de Graaff.

Nota: Las mediciones de carga realizadas con el electrómetro son indirectas, por tanto, el valor de la carga se obtiene mediante la siguiente relación:

$$V = \frac{Q}{C}$$

Donde:  $Q=C\cdot V$

C: constante dada por el fabricante,  $C = 27[\text{pF}]$ .

V: diferencia de potencial leída en el electrómetro, en volts.

#### Equipo y material

- a. Generador de Van de Graaff.
- b. Electrómetro y cable BNC con caimanes.
- c. Esfera de unicel con hilo.

En el siguiente espacio anota tus resultados.



Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	18/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4. Campo eléctrico y líneas de fuerza


Con el equipo propuesto, diseña un experimento que te permita visualizar y demostrar las propiedades de las líneas de fuerza de campo eléctrico en los casos siguientes:

- a) Una carga puntual.
- b) Dos cargas puntuales de diferente signo.
- c) Dos superficies planas.
- d) Un anillo abierto.
- e) Un cilindro.

#### Equipo y material

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| a. Base y soportes de acrílico.                         | d. Generador de Van de Graaff.    |
| b. Recipiente de vidrio con aceite y semillas de pasto. | e. Dos cables para alto voltaje.  |
| c. Cilindro de cobre.                                   | f. Fuente de luz.                 |
|   | g. Juego de electrodos metálicos. |

En el siguiente espacio dibuja la representación esquemática para cada caso.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	19/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


1. Define el concepto de campo eléctrico y escribe sus unidades en el Sistema Internacional (SI).
2. Investiga algunas propiedades de las líneas de campo eléctrico.
3. ¿Qué es un electrómetro y para qué se utiliza?
4. ¿Qué es la capacitancia y cómo se calcula?

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	20/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 3

## Instrumentación: multímetro digital y osciloscopio de doble trazo



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	21/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno conocerá dos instrumentos de medición empleados en el laboratorio y algunos conceptos básicos de metrología, que le permitan utilizar correctamente dichos instrumentos.

### II. Objetivos específicos:


- Conocer la forma de medir diferencia de potencial, intensidad de corriente y resistencia eléctricas con un multímetro digital, las precauciones indispensables para su utilización y las características estáticas: rango, resolución y legibilidad.
- Conocer el osciloscopio, las precauciones indispensables para la obtención de diferentes tipos de gráficas, así como las cantidades físicas que pueden medirse y su utilidad para medir diferencias de potencial: alterna sinusoidal y continua.

## 3. Introducción

En general, el valor numérico obtenido en una medición no corresponde al valor real de la magnitud que se mide, sin embargo, por ello en la ingeniería siempre será necesario tener un valor de referencia. Los resultados que se obtienen en el proceso de medición son aproximados, debido a la presencia del error experimental.

El error experimental es inseparable al proceso de medición, su valor solamente se puede estimar. Debido a que los errores pueden surgir por distintas causas, para su análisis se clasifican en dos amplias categorías: los errores sistemáticos y los aleatorios o accidentales.

Los *errores sistemáticos* son los que se pueden evitar, corregir o compensar. Este tipo de errores alteran la medida por no tomar en cuenta alguna circunstancia que siempre afecta de igual manera al resultado, dando lugar a un alejamiento hacia un sentido del valor de referencia. Se les llama sistemáticos porque cuando se presentan siempre se obtienen valores más altos o más bajos que el valor de referencia. Se pueden originar por:

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	22/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

- Defectos o falta de calibración del instrumento empleado en la medición.
- Las condiciones del medio ambiente en que se realiza la medición y que pueden afectar al instrumento de medición y/o al objeto a medir.
- Malos hábitos y una forma peculiar de realizar las observaciones por parte del experimentador, como cuando se toman lecturas cometiendo el error de paralaje.
- Por el empleo de constantes cuyos valores no correspondan al lugar en donde se realizan las mediciones y cálculos, o a la limitada exactitud de las constantes físicas empleadas en los cálculos.

Los *errores aleatorios o accidentales* se deben, por lo general, a la combinación de un gran número de perturbaciones individuales y fluctuaciones que dan lugar a que la repetición de una misma medición dé, en cada ocasión, un valor distinto. Estos errores siempre están presentes en las mediciones y, en ausencia de los errores sistemáticos, son la causa de que los valores obtenidos en mediciones sucesivas se dispersen alrededor del valor real de la magnitud medida. En general, los errores aleatorios no se pueden eliminar, pero sí se pueden estimar.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Multímetro digital.

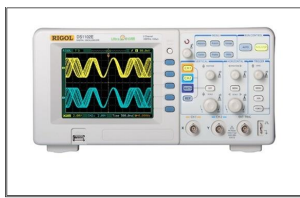



Foto 2.  
Osciloscopio.



Foto 3.  
Transformador  
reductor.



Foto 4.  
Pila eléctrica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	23/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

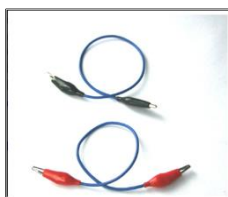


Foto 5.  
Cables para  
conexión  
(proporcionados  
por  
los alumnos).

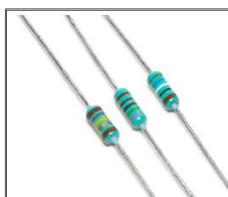


Foto 6.  
Resistencias  
eléctricas de  
diferentes valores  
(proporcionadas  
por los alumnos).



Foto 7.  
Fuente de poder de 0-  
20 [V] 0-10 [A] de cd.

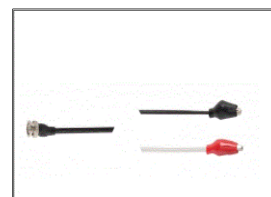



Foto 8. Conector  
BNC con caimanes.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	24/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo


### Actividad 1 **Multímetro digital (medición de una diferencia de potencial o voltaje)**

Comenta con el grupo las precauciones, cuidados necesarios y la forma correcta para el uso del multímetro en la medición de voltaje o diferencia de potencial. Realiza las mediciones de las diferencias de potencial eléctricas en las terminales del transformador y de la pila eléctrica. Comenta con tus compañeros lo observado.

#### Equipo y material

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Transformador reductor.
- c. Pila eléctrica.

En el siguiente espacio anota tus resultados y con la ayuda de tu profesor traza el diagrama eléctrico.





Conclusiones del experimento

---



---




---



---



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	25/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 2 **Multímetro digital (medición de corriente eléctrica)**

Comenta con el grupo las precauciones, cuidados necesarios y la forma correcta para el uso del multímetro en la medición de corriente eléctrica. Realiza las mediciones de las corrientes eléctricas sugeridas por el profesor. Comenta con tus compañeros lo observado.

#### **Equipo y material**

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Fuente de poder con 6[V] de diferencia de potencial.
- c. Resistencias eléctricas de diferentes valores (proporcionadas por los alumnos).
- d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

En el siguiente espacio dibuja los circuitos y anota tus resultados en cada uno de ellos.





**Conclusiones del experimento**


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	26/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 3 **Osciloscopio**

Comenta con el grupo las precauciones, cuidados necesarios y la forma correcta para el uso del osciloscopio. Realiza las mediciones sugeridas por el profesor de acuerdo con la actividad que él te indique. Comenta con tus compañeros lo observado.

#### Equipo y material

- a. Osciloscopio de doble trazo.
- b. Pila eléctrica.
- c. Transformador reductor.
- d. Conector BNC con caimanos.

En el siguiente espacio dibuja las señales observadas en la pantalla del osciloscopio incluyendo las mediciones correspondientes. En el caso de la señal del transformador mida su amplitud y con base en ésta determine el valor eficaz.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	27/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


#### Actividad 4 **Osciloscopio**

Con la diferencia de potencial obtenida del transformador reductor mide el periodo de esta señal y con base en este valor determina la frecuencia de la misma.

#### Equipo y material

- a. Osciloscopio de doble trazo.
- b. Conector BNC con caimanes.
- c. Transformador reductor.

En el siguiente espacio dibuja la señal observada y las mediciones realizadas.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	28/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


1. Investiga y describe las características estáticas de un instrumento de medición.
2. Investiga en qué consiste un error sistemático y un error aleatorio en una medición.
3. ¿En qué consiste el error de exactitud en una medición?
4. Explica qué se entiende por exactitud de un instrumento de medición y cómo se calcula.
5. Investiga qué cantidades físicas miden los siguientes instrumentos:
  - a. multímetro.
  - b. osciloscopio.
6. Investiga las características de las diferencias de potencial: continua, directa y alterna mediante un esquema que muestre ambos voltajes en función del tiempo.
7. Define para el voltaje alterno, los conceptos de amplitud (valor pico), periodo, frecuencia y valor eficaz (rms).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	29/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 4

## Potencial y diferencia de potencial eléctricos



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	30/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno diseñará diversos experimentos que le permitan comprender los conceptos de potencial y diferencia de potencial eléctricos, así como algunos fenómenos relacionados. Desarrollará su habilidad en el manejo del multímetro digital operando como voltímetro.

### II. Objetivos específicos:


- Utilizar los conceptos de potencial eléctrico y diferencia de potencial.
- Aplicar los conceptos de potencial eléctrico de referencia y de superficie, volumen y línea equipotenciales.
- Comprobar experimentalmente la ecuación del gradiente de potencial eléctrico.

## 3. Introducción

La diferencia de potencial (conocida también como voltaje o tensión) es el trabajo en cada unidad de carga que se aplica en un circuito para que se establezca un flujo de cargas llamado corriente eléctrica. Al elemento o agente que logra establecer el efecto mencionado a través de un campo eléctrico en el conductor se le conoce como fuente de fuerza electromotriz o fem sobre las cargas eléctricas o electrones en un circuito eléctrico cerrado, para que se establezca una corriente eléctrica.

A mayor trabajo en cada unidad de carga que realice una fuente de fuerza electromotriz en un conductor, mayor será la diferencia de potencial o voltaje aplicado al circuito que corresponda a ese conductor.

Una fuente de fuerza electromotriz es cualquier dispositivo capaz de suministrar energía eléctrica, ya sea a partir de una reacción química como en las baterías o a partir de una conversión de energía electromecánica en eléctrica como ocurre en los denominados generadores.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	31/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Existen también otros tipos de dispositivos como, por ejemplo, las fotoceldas o celdas solares, que convierten la energía radiante de luz en energía eléctrica; los termopares, cuyos alambres transforman la diferencia de temperaturas que reciben en el punto de unión en diferencias de potencial muy pequeñas, y los dispositivos piezoeléctricos, que también producen diferencias de potencial pequeñas cuando se les aplica una presión sobre ellos.

Con base en lo anterior, mediante el uso de celdas solares se puede suministrar energía eléctrica a viviendas situadas en lugares muy apartados donde es imposible o poco rentable transmitirla por cables desde una central eléctrica.

Los termopares se utilizan como sensores en instrumentos electrónicos como los destinados a medir, por ejemplo, temperatura en hornos y calderas. Los dispositivos piezoeléctricos constituyen por su parte, la pieza fundamental para convertir las vibraciones mecánicas que capta dicho dispositivo en pulsaciones eléctricas, como ocurre en algunos tipos de micrófonos y en las cápsulas de tocadiscos o giradiscos.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Generador de Van  
de Graaff.



Foto2.  
Esfera de descarga.



Foto 3.  
Multímetro digital.



Foto 4.  
Fuente de poder.



Foto 5.  
Juego de placas  
metálicas.



Foto 6.  
Juego de  
cilindros metálicos



Foto 7.  
Recipiente con  
arena húmeda



Foto 8.  
Regla graduada de  
plástico.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	32/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			




Foto 9.  
Dos cables para  
diferencias de  
potencial elevadas.



Foto 10.  
Pelillos de conejo.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	33/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo


### Actividad 1 **Diferencia de potencial**

Analiza con tus compañeros el concepto de diferencia de potencial. Realiza un experimento donde un pelillo de conejo se comporte como una carga dentro de un campo eléctrico. Utiliza el generador de Van de Graaff como fuente generadora de campo eléctrico y la esfera de descarga como referencia potencial nulo (tierra).

#### Equipo y material

- a. Generador de Van de Graaff.
- b. Esfera de descarga.
- c. Pelillos de conejo.

En el siguiente espacio anota tus resultados y realiza un diagrama de conexiones que represente el experimento (no olvides los signos de las cargas).





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	34/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 2. **Potencial eléctrico y superficies equipotenciales (placas metálicas)**

A partir de la definición de potencial eléctrico y del diagrama de la figura 1, anota el potencial eléctrico con respecto a la placa negativa (0 [V]). Localiza las superficies equipotenciales moviendo la punta de prueba perpendicular y paralelamente a las placas metálicas; también considera que el potencial de referencia es 0 [V].

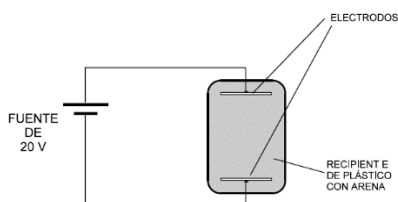



Figura 1. Diagrama de conexiones.

#### Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Caja plástica con arena húmeda.
- Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
- Dos placas metálicas planas.

En el siguiente espacio anota tus resultados en un esquema donde muestres la forma de las superficies equipotenciales localizadas.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	35/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3. Superficies equipotenciales (cilindros metálicos)

Localiza cuatro superficies equipotenciales entre los dos cilindros metálicos (ver figura 2). Considera que el potencial de referencia es 0 [V].

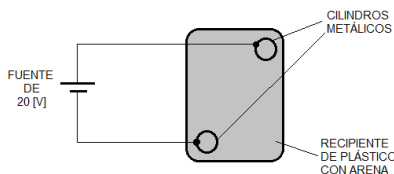



Figura 2. Diagrama de conexiones.

#### Equipo y material

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Caja plástica con arena húmeda.
- c. Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.
- d. Dos cilindros metálicos.

En el siguiente espacio anota tus resultados en un esquema donde muestres la forma de las superficies equipotenciales localizadas.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	36/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4. Gradiente de potencial eléctrico


Diseña un experimento donde puedas observar que el potencial eléctrico varía si se mueve la punta paralelo a las líneas de campo eléctrico. Comprueba que la máxima variación de potencial eléctrico se presenta en la dirección opuesta al campo eléctrico. Considerando un potencial de referencia de 0 [V] en una de las placas y con base en tus observaciones realiza lo siguiente:

1. Toma al menos 6 lecturas de potencial eléctrico a diferentes distancias y regístralas en una tabla.
2. Obtén el modelo gráfico de potencial eléctrico en función de la distancia a la referencia.
3. Obtén el modelo matemático de la gráfica anterior.
4. Interpreta el significado físico de la pendiente.

#### Equipo y material

- |                                    |   |
|------------------------------------|---|
| a. Multímetro digital con cables.  | c. Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd. |
| b. Caja plástica con arena húmeda. | d. Juego de placas metálicas.           |

En el siguiente espacio anota tus resultados.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	37/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


1. Escribe la expresión para calcular el potencial eléctrico en un punto, explique su significado y anote sus unidades en el SI.
2. Escribe la expresión para calcular la diferencia de potencial entre cualesquiera dos puntos en un campo eléctrico, explique su significado y anote sus unidades en el SI.
3. ¿Cómo se puede determinar el campo eléctrico en una región a partir de la función de potencial eléctrico?
4. ¿Qué es una superficie equipotencial?
5. Escribe la expresión del gradiente de potencial eléctrico y explique su significado.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	38/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 5

## Constantes dieléctricas y capacitancia



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	39/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno determinará la propiedad de los conductores conocida como capacitancia. Realizará experimentos que le ayuden a determinar la relación de la capacitancia en función de sus propiedades geométricas y observará la influencia de los dieléctricos en las características de los capacitores.

### II. Objetivos específicos:


- Definir y comprender el concepto de capacitancia.
- Conocer las constantes dieléctricas: susceptibilidad, permitividad y permitividad relativa.
- Definir y comprender el concepto de campo eléctrico de ruptura también llamada rigidez dieléctrica.
- Comprender que el capacitor es un elemento que almacena carga y su energía eléctrica asociada.

## 3. Introducción

El condensador, también llamado capacitor, es un dispositivo formado por conductores separados por un material dieléctrico, que sometidos a diferencias de potencial adquieren carga eléctrica.

Si el campo eléctrico aplicado al dieléctrico es muy intenso provocará ionización en el material y éste conduce la carga eléctrica debido a que una chispa o descarga disruptiva atraviesa el material y el dieléctrico se perfora.

Para cada dieléctrico existe un límite en la intensidad de campo eléctrico, por encima del cual el material pierde sus propiedades aislantes. La intensidad máxima de campo eléctrico que un dieléctrico puede soportar sin dañarse se denomina rigidez dieléctrica, medida normalmente en V/m.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	40/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La rigidez dieléctrica de un dieléctrico depende de las propiedades físicas del material y de la diferencia de potencial aplicada.

La capacitancia de un capacitor no depende de su carga almacenada ni de la diferencia de potencial aplicada, sino de factores geométricos del dispositivo.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Fuente de 0-60 [V]  
y 0-3.3 [A] de cd.



Foto 2.  
Puente de  
impedancias.



Foto 3.  
Multímetro digital  
con cables.



Foto 4.  
Calibrador con vernier.



Foto 5.  
Muestras de cartón,  
hule y madera.



Foto 6.  
Foco de 6.3 [V] y  
capacitor de 1[F].



Foto 7.  
Caja para prueba de  
rigidez dieléctrica.



Foto 8.  
Autotransformador  
(Variac).




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	41/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.  
Capacitor de placas  
planas y paralelas.

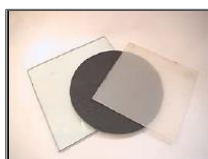


Foto 10.  
Muestras de vidrio,  
hule y acrílico.



Foto 11.  
Regla graduada de  
plástico.

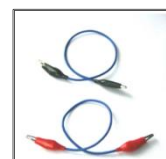



Foto 12.  
Cables para conexión  
(proporcionados por los  
alumnos).



Foto 13.  
Capacitor de placas  
planas y paralelas.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	42/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad 1 Relación entre la capacitancia y los factores geométricos de un capacitor con aire como dieléctrico


Con el equipo y material propuesto determina la dependencia de la capacitancia ( $C$ ) con respecto de la distancia de separación ( $d$ ) entre las placas. Dibuja el modelo gráfico del comportamiento de “ $C$ ” con respecto de “ $d$ ” ( $C=f(d)$ ), manteniendo el área común máxima entre las placas; se sugiere utilizar el intervalo  $1[cm] \leq d \leq 3[cm]$ , variando cada  $0.5 [cm]$  y registrando la capacitancia correspondiente.

#### Equipo y material

- Puente de impedancias.
- Capacitor de placas planas y paralelas.
- Regla de plástico graduada.

Determina de manera cualitativa la relación de proporcionalidad que existe entre la capacitancia ( $C$ ) y el área común ( $A$ ) de las placas. Escribe la relación de proporcionalidad que existe entre la capacitancia y los factores geométricos: área común entre electrodos y distancia de separación entre ellos.

Si la constante de proporcionalidad entre la capacitancia ( $C$ ) y los factores geométricos distancia y área en este capacitor es la permitividad del aire ( $\epsilon_{\text{aire}}$ ), con un sólo valor de “ $C$ ” determina dicha permitividad. Registra tus resultados en el recuadro.





Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	43/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Actividad 2 Relación entre la capacitancia y el material dieléctrico utilizado


Con el puente de impedancias mide el valor de capacitancia ( $C$ ) leído cuando colocas entre las placas planas y paralelas uno de los materiales dieléctricos proporcionados; después retira el material, teniendo cuidado de mantener la separación entre las placas, y registra de nuevo el valor de capacitancia ( $C_0$ ). Repite lo anterior para cada muestra proporcionada y elabora una tabla; a partir de dicha tabla determina el valor de la permitividad eléctrica relativa ( $k_e$ ), la permitividad eléctrica ( $\epsilon$ ) y susceptibilidad eléctrica ( $\chi_e$ ) para el dieléctrico.

### Equipo y material

- Puente de impedancias.
- Capacitor variable de placas planas paralelas.
- Muestras de vidrio, hule o neopreno, madera, acrílico y cartón o papel.
- Calibrador con vernier.

En el siguiente espacio anota tus resultados

Dieléctrico	$C$ [ $\mu\text{F}$ ]	$C_0$ [ $\mu\text{F}$ ]	$k_e$ [1]	$\epsilon$ [ $\frac{\text{C}^2}{\text{N m}^2}$ ]	$\chi_e$ [1]
vidrio					
hule					
madera					
acrílico					
cartón					




Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	44/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3 **Campo eléctrico de ruptura**


Con el equipo propuesto, determina el campo eléctrico de ruptura del aire y de las distintas muestras de materiales. Elabora una tabla para el registro de resultados.

$$E_r = V_{AB} / d$$

#### Equipo y material

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Autotransformador (variac).
- c. Caja para prueba de ruptura.
- d. Muestras de madera, hule y cartón.

En el siguiente espacio anota lo solicitado.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	45/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4 Utilidad del capacitor y cálculo de la energía

Conecta el capacitor de 1[F] a las terminales de la fuente de corriente directa (cd) proporcionándole una diferencia de potencial de 5[V] durante 3 minutos. Después conecta el capacitor a los extremos del foco y observe lo que sucede. Determina la energía proporcionada por el capacitor al foco a partir de principio de conservación de la energía.

#### Equipo y material

- a. Fuente de poder de 60[V] a 0- 3.3 [A] de cd.
- b. Multímetro digital con cables.
- c. Foco de 6.3 [V] y capacitor de 1 [F].
- d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

En el siguiente espacio anota tus resultados.



Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	46/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

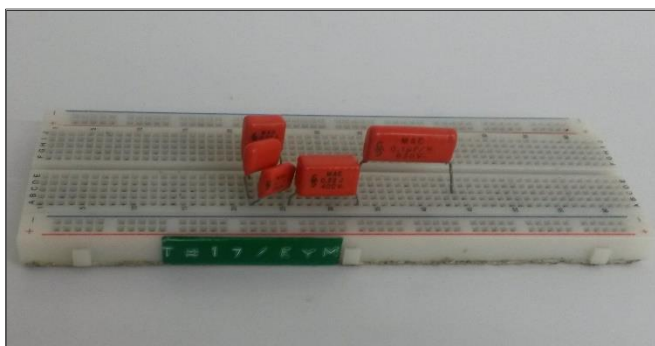
### Cuestionario previo.


1. Define el concepto de capacitancia y menciona cuáles son sus unidades en el SI.
2. ¿Qué es un capacitor y cómo funciona?
3. ¿Qué es un material dieléctrico y qué es el campo eléctrico de ruptura?
4. Investiga y elabora una tabla donde se indique el valor de la permitividad eléctrica, la permitividad eléctrica relativa y el campo eléctrico de ruptura de al menos 10 materiales dieléctricos, incluyendo al vidrio, hule o neopreno, madera, acrílico y cartón o papel.
5. Investiga el modelo matemático que relaciona el campo eléctrico de ruptura con la diferencia de potencial máxima que se le puede aplicar a un capacitor

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	47/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 6

## Conexiones con capacitores



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	48/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno analizará el comportamiento de las variables eléctricas en conexiones de capacitores en serie y en paralelo, y comentará con el grupo sobre las aplicaciones de este tipo de arreglos.

### II. Objetivos específicos:

- Identificar los valores nominales de un capacitor y realizar una prueba destructiva.
- Definir y comprender lo que es una conexión en serie y una conexión en paralelo.
- Encontrar experimentalmente la relación que existe entre las diferencias de potencial y la carga almacenada en conexiones de capacitores.

## 3. Introducción


Como algunas aplicaciones típicas de los capacitores podemos citar:

- Bancos de capacitores, por su cualidad de almacenar energía.
- Filtros eléctricos.
- Asociados al flash de las cámaras fotográficas.
- Conectados a tubos fluorescentes.
- Circuitos electrónicos que logren mantener la corriente eléctrica (fuentes de corriente) y circuitos que conserven las diferencias de potencial.

Son utilizados también en circuitos asociados a: ventiladores, motores de aire acondicionado, en iluminación, refrigeración, compresores, bombas de agua y motores de corriente alterna.

En los circuitos eléctricos, dos de las conexiones más comunes y básicas de sus ramas o elementos son en serie y en paralelo.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	49/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Fuente de 0-60 [V] y  
0-5.1 [A] de cd.



Foto 2.  
Puente de  
impedancias



Foto 3.  
Capacitores  
electrolíticos  
proporcionados por  
los alumnos).

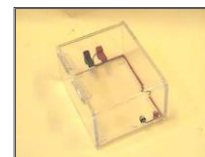


Foto 4.  
Caja para prueba  
destructiva.

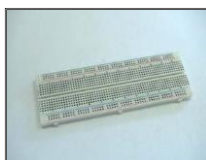


Foto 5.  
Tableta de proyectos  
(proporcionada por  
los alumnos).

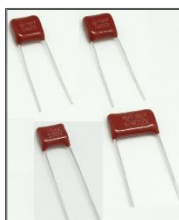



Foto 6.  
Capacitores de  
poliéster.



Foto 7.  
Cables para conexión  
(proporcionados por  
los alumnos).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	50/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad 1 Conexión de capacitores en serie

De los capacitores disponibles, selecciona tres de valores diferentes; mide el valor de capacitancia de cada uno y regístralos. Conecta los tres capacitores en serie, calcula el capacitor equivalente de la conexión con los valores medidos y compáralo con la lectura obtenida con el puente de impedancias. Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V]. Calcula la carga del capacitor equivalente ( $Q_{eq}$ ).

Como las cargas en los capacitores conectados en serie son iguales, entre sí y a la del equivalente, calcula la diferencia de potencial en cada capacitor, con ellas verifica que la suma de las diferencias de potencial es igual a la aplicada por la fuente.

#### Equipo y material

- a. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.
- b. Puente de impedancias.
- c. Capacitores de poliéster.
- d. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- e. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

En el siguiente espacio dibuja el circuito y anota tus resultados.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	51/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 2 Conexión de capacitores en paralelo

Conecta los tres capacitores empleados en la actividad 1, en un arreglo en paralelo. Compara el valor del capacitor equivalente calculado con el medido con el puente de impedancias.

Aplica una diferencia de potencial de 12[V] al arreglo y calcula la carga en cada uno de los capacitores y compara la suma de las cargas individuales con la carga del capacitor equivalente.

#### Equipo y material

- |  |   |
|--|---|
| a. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd. | d. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).  |
| b. Puente de impedancias.                | e. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |
| c. Capacitores de poliéster.             |   |

En el siguiente espacio dibuja el circuito y anota tus resultados.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	52/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3 Conexión mixta de capacitores

Con los mismos tres capacitores empleados, realiza una conexión mixta en la tableta de proyectos y calcula el valor del capacitor equivalente. Compara este valor con el obtenido con el puente de impedancias.

Aplica una diferencia de potencial de 12 [V] en las terminales de la conexión. Calcula la carga en el capacitor equivalente ( $Q_{eq}$ ).


Calcula la diferencia de potencial en cada capacitor, recuerda que los capacitores en serie tienen carga almacenada del mismo valor, y los capacitores en paralelo tienen el mismo valor de diferencia de potencial.

Verifica que la suma de las diferencias de potencial en la conexión mixta es igual a la aplicada por la fuente.

#### Equipo y material

- |   |   |
|---|---|
| a. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.                      | d. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).  |
| b. Puente de impedancias.                                     | e. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |
| c. Capacitores de poliéster (proporcionados por los alumnos). |   |

En el siguiente espacio dibuja el circuito y anota tus resultados





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	53/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


#### Actividad 4 Capacitores polarizados y sus valores nominales

Utilizando el equipo y material disponible conecta el capacitor, de menor diferencia de potencial máxima, con su polaridad invertida a las terminales interiores de la caja de prueba destructiva. Conecta la fuente de poder a la caja de prueba, y empezando desde 0 [V] incrementa su diferencia de potencial de manera gradual hasta observar algún efecto en el capacitor bajo prueba.

#### Equipo y material

- |   |                                   |
|---|-----------------------------------|
| a. Capacitores electrolíticos .         | d. Cables para conexión           |
| b. Caja para prueba destructiva.        | (proporcionados por los alumnos). |
| c. Fuente de 60 [V] y 0- 5.1 [A] de cd. |                                   |

En el siguiente espacio anota si el capacitor sufrió algún daño y si así fue registra, para qué valor de diferencia de potencial ocurrió; compara este valor con la diferencia de potencial nominal. Anota tus observaciones.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	54/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


1. Explica la diferencia entre el valor nominal y el valor experimental de un capacitor.
2. Investiga las expresiones para obtener la capacitancia equivalente de una conexión de capacitores en serie y una conexión en paralelo.
3. ¿Cómo es la carga eléctrica y la diferencia de potencial en cada uno de los capacitores conectados en serie comparados estos valores con los del capacitor equivalente?
4. Considera una conexión en serie de tres capacitores: 4  $[\mu\text{F}]$ , 6  $[\mu\text{F}]$  y 12  $[\mu\text{F}]$  a la que se le aplica una diferencia de potencial de 24 [V]. Calcula la carga y la diferencia de potencial en cada capacitor incluyendo el equivalente.
5. Considera una conexión en paralelo de tres capacitores: 4  $[\mu\text{F}]$ , 6  $[\mu\text{F}]$  y 12  $[\mu\text{F}]$  a la que se le aplica una diferencia de potencial de 24 [V]. Calcula la carga y la diferencia de potencial en cada capacitor incluyendo el equivalente.
6. Investiga algunas aplicaciones de los capacitores.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	55/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 7

## Corriente y resistencia eléctricas



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	56/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno analizará los conceptos de corriente, resistencia eléctrica y resistividad; los relacionará a través de la ecuación de Ohm. Conocerá el concepto de potencia eléctrica y lo cuantificará mediante el estudio del efecto Joule en materiales conductores.

### II. Objetivos específicos:

- Conocer y aplicar el concepto de corriente eléctrica.
- Calcular la cantidad llamada resistencia eléctrica.
- Aplicar la ecuación de Ohm.
- Calcular la potencia eléctrica de un elemento conductor y la energía disipada en un intervalo de tiempo.

## 3. Introducción


La ecuación de Ohm, postulada por el físico y matemático alemán Georg Simon Ohm, es una de las relaciones fundamentales de la electrodinámica, estrechamente vinculada con los valores de las cantidades físicas básicas presentes en cualquier circuito eléctrico como son:

1. Diferencia de potencial (**V**), en volts [V].
2. Intensidad de corriente eléctrica (**I**), en amperes [A].
3. Resistencia eléctrica (**R**), en ohms [ $\Omega$ ].

Existen materiales que presentan oposición al paso de la corriente eléctrica en su interior, en estos materiales de acuerdo con la ecuación de Ohm, para una diferencia de potencial constante, el valor de la resistencia eléctrica varía inversamente proporcional al valor de la corriente eléctrica; es decir, si la resistencia aumenta, la corriente disminuye y viceversa, siempre y cuando, en ambos casos, la diferencia de potencial se mantenga fija.

Por otro lado, de acuerdo con la propia ecuación de Ohm, el valor de la diferencia de potenciales directamente proporcional a la intensidad de la corriente; por tanto, si la



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	57/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

diferencia de potencial aumenta o disminuye la corriente que circula por el circuito aumentará o disminuirá en la misma proporción, siempre y cuando el valor de la resistencia conectada al circuito se mantenga constante.

El postulado general de la ecuación de Ohm afirma que el flujo de carga o corriente eléctrica que circula por un circuito eléctrico, es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada, e inversamente proporcional a la resistencia total que tiene conectada.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Fuente de 0-60 [V] y  
0-3.3 [A] de cd.



Foto 2.  
Multímetro digital con  
cables.



Foto 3.  
Soporte con alambre  
de nicrómel.

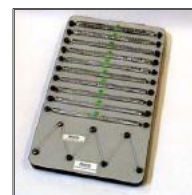



Foto 4.  
Tablero con  
diferentes muestras  
de alambre nicrómel.



Foto 5.  
Cables para conexión  
(proporcionados por los  
alumnos).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	58/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad 1 Resistencia eléctrica en función de la longitud del conductor


Con el equipo y material disponible, verifica el tipo de relación de proporcionalidad que existen entre los valores de resistencia eléctrica en función de la longitud de un alambre de nicrómel, como el colocado en forma de zig-zag en el tablero de muestras de conductores.

#### Equipo y material

- a. Multímetro digital con cables.
- b. Tablero con diferentes muestras de alambre de nicrómel.

En el siguiente espacio escribe la tabla de valores y dibuja la gráfica del comportamiento de la resistencia ( $R$ ) en función de la longitud ( $L$ ) del conductor.

L[m]	R[Ω]





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	59/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 2 Resistencia eléctrica en función del área de la sección transversal del conductor

Con el equipo y material disponible, verifica la relación de proporcionalidad que existe entre los valores de la resistencia eléctrica en función del área de la sección transversal del alambre de níquel, utiliza los distintos calibres de este tipo de alambre que se especifican en el tablero con diferentes muestras de alambre de níquel.

#### Equipo y material

- Multímetro digital con cables.
- Tablero con diferentes muestras de alambre de níquel, cada uno con 2[m] de longitud.

En el siguiente espacio escribe la tabla de valores y dibuja la gráfica correspondiente al comportamiento de la resistencia (R) en función del área de la sección transversal (A) del conductor. Anota tus resultados.

Elabora una tabla con los valores de resistencia (R) recién obtenidos y con los valores del cociente (L/A), donde L=2 [m]. Traza la gráfica que muestre la relación de proporcionalidad de “R” en función de “L/A”.

Obtén el modelo matemático del último modelo gráfico e interpreta el significado físico de su pendiente *m*. Si

$\rho_{referencia} = 108 \times 10^{-8} [\Omega \cdot m]$  a  $T = 20 [^{\circ}C]$ . Calcula el error de exactitud de la  $\rho_{exp}$  obtenida.

A [ $10^{-6} m^2$ ]	R [ $\Omega$ ]

$\frac{L}{A} \left[ \frac{m}{m^2} \right]$	R [ $\Omega$ ]



Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	60/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3 La ecuación de Ohm


Con el equipo y material propuesto, diseña un experimento para determinar el valor de la resistencia ( $R$ ) de un conductor, por el cual circularán corrientes eléctricas ( $I$ ) impulsadas por la fuente de poder para distintos valores de diferencia de potencial ( $V_{ab}$ ). *Se recomienda tomar 6 lecturas de diferencia de potencial en intervalos de 3 [V].*

#### Equipo y material

- |  |   |
|--|---|
| a. Fuente de 0-60 [V] y 0-3.3 [A] de cd. | c. Soporte con alambre de níquel.                         |
| b. Multímetro digital con cables.        | d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |

En el siguiente espacio registra la tabla de valores obtenidos y traza la gráfica correspondiente a la variación de la corriente ( $I$ ) en función de la diferencia de potencial ( $V_{ab}$ ) aplicada,  $I=f(V_{ab})$ . Obtén el modelo matemático correspondiente a la gráfica obtenida. A partir de la pendiente del modelo matemático anterior determina el valor de la resistencia del conductor.

Mide la resistencia del alambre de níquel utilizado ( $R_{referencia}$ ) y calcula el error de exactitud del valor de resistencia obtenido a través del modelo matemático ( $R_{experimental}$ )





Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	61/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


#### Actividad 4 Potencia eléctrica (efecto Joule)

Con el equipo y material propuesto, diseña un experimento donde el objetivo principal sea la obtención de la potencia eléctrica disipada por el conductor. Verifica y analiza con tus compañeros las variables eléctricas involucradas en este experimento. *Se recomienda tomar lecturas en intervalos de diferencia de potencial de 5 [V], hasta 25 [V] como máximo.*

#### Equipo y material

- a. Fuente de 0-60 [V] y 0-3.3 [A] de cd.
- b. Multímetro digital con cables.
- c. Soporte con alambre de níquel.
- d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).

Registra en la tabla la información que permita verificar el comportamiento de las variables presentes en el experimento. Analiza y comenta con tus compañeros sobre la importancia de los efectos de la energía disipada en un material conductor en un lapso determinado.



$V_{ab}$ [V]	I [A]	R [ $\Omega$ ]	P [W]



Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	62/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.


## 7. Anexos

### Cuestionario previo.

1. Define la corriente eléctrica, sus tipos, menciona cuál es su unidad en el Sistema Internacional (SI) y da una explicación de esta cantidad física.
2. Define la resistencia eléctrica, menciona cuál es su unidad en el SI y explica en qué consiste esta propiedad de los conductores.
3. En qué consiste la propiedad de los conductores denominada resistividad y cómo se comporta ante los cambios de temperatura.
4. Enuncia la ecuación de Ohm.
5. Define la ecuación de la potencia eléctrica, menciona cuál es su unidad en el SI y da una explicación de este fenómeno.
6. Explica en qué consiste el efecto Joule.

### Expresiones matemáticas necesarias


$$V = Ri \quad P = Vi \quad P = Ri^2 \quad R = \frac{\rho l}{A}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	63/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 8

## Leyes de Kirchhoff



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	64/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno analizará el comportamiento de las variables eléctricas: diferencia de potencial eléctrico, corriente eléctrica y resistencia eléctrica en circuitos resistivos con conexiones en serie y en paralelo, aplicando las leyes de Kirchhoff en el estudio de circuitos resistivos con fuentes de diferencia de potencial continuo.

### II. Objetivos específicos:

- Comprobar experimentalmente que la suma algebraica de las diferencias de potencial en una malla en un circuito eléctrico es cero.
- Comprobar experimentalmente que la suma algebraica de las corrientes eléctricas que coinciden en un nodo es cero.
- Deducir las leyes de Kirchhoff a partir de los resultados anteriores.
- Observar la diferencia de potencial en función del tiempo de un capacitor en un circuito RC serie y determina su constante de tiempo.


## 3. Introducción

*Gustav Robert Kirchhoff (1824 - 1887)*

Físico de origen alemán que realizó numerosas aportaciones a la ciencia, destacando las que hizo en espectroscopía, en la óptica, en los circuitos eléctricos y en la emisión de cuerpo negro, entre otras.

Llegó a ser muy conocido por sus leyes en los circuitos eléctricos, ampliamente utilizadas en la ingeniería eléctrica las cuales se basan en dos principios fundamentales de la Física.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	65/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

La ley de las corrientes de Kirchhoff afirma que en cualquier punto de conexión de un circuito eléctrico, la suma de las corrientes que entran es igual a la suma de las corrientes que salen; esta ley se basa en la aplicación práctica del Principio de Conservación de la carga eléctrica.

La ley de los voltajes (o diferencias de potencial) de Kirchhoff enuncia que, en un circuito, la suma algebraica de las diferencias de potencial eléctrico en una malla, o trayectoria cerrada, debe ser igual a cero; esta ley se basa en el Principio de Conservación de la energía.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Fuente 0 - 60  
[V] y 0-5.1 [A]  
de cd.



Foto 2.  
Multímetro digital con  
cables.

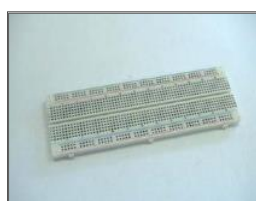


Foto 3.  
Tabla de proyectos  
(proporcionada por los  
alumnos).

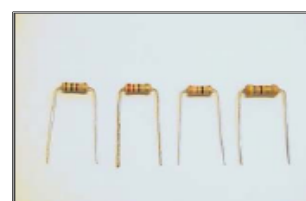


Foto 4.  
Resistores de carbón  
de: 1000[Ω], 470[Ω],  
330[Ω], 220[Ω], 180[Ω],  
120[Ω], 100[Ω], 39[Ω],  
27[Ω], 22[Ω] y 18[Ω],  
todos a 1[W]  
(proporcionados por los  
alumnos).



Foto 5.  
Cables para  
conexión  
(proporcionados  
por los  
alumnos).



Foto 6.  
Focos  
(proporcionados por  
los alumnos).

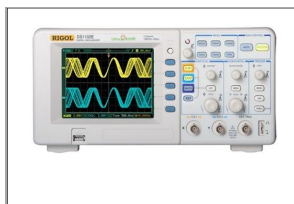



Foto 7.  
Osciloscopio



Foto 8.  
Generador de funciones

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	66/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad 1 Circuito de resistores en serie

De los resistores disponibles, selecciona el de 1000  $[\Omega]$ , el de 470  $[\Omega]$  y el de 330  $[\Omega]$ ; mide el valor de resistencia de cada uno y regístralos. Conecta los tres resistores en serie, calcula el resistor equivalente de la conexión con los valores medidos y compáralo con la lectura medida con el multímetro. Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V]. Calcula la corriente eléctrica en el resistor equivalente. Presta especial atención en la forma de conectar el multímetro cuando se desea medir corriente o diferencia de potencial eléctricas.

#### Equipo y material:

- Multímetro digital con cables.
- Resistores de 1000 $[\Omega]$ , 470 $[\Omega]$  y 330 $[\Omega]$  (proporcionados por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Fuente de 0-60[V] y 0-5.1 [A] de cd.

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito rotulando todos los nodos, anota en la tabla los resultados de los cálculos y mediciones de corriente, diferencia de potencial y potencia realizadas según corresponda. Identifica las relaciones entre las corrientes en los diferentes resistores; así como las relaciones entre las diferencias de potencial. Determina la potencia total disipada por los resistores del circuito y compárala con la potencia suministrada por la fuente, calculada a través de la ley de Joule.

$R_{med.} [ \Omega ]$	$I_{med.} [ A ]$	$V_{calc.} [ V ]$	$V_{med.} [ V ]$	$P_{calc.} [ W ]$



Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	67/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 2 Circuito de resistores en paralelo

Con los resistores seleccionados en la actividad 1, realiza una conexión en paralelo, calcula el resistor equivalente de la conexión con los valores medidos y compáralo con la lectura medida con el multímetro. Aplica en los extremos de la conexión una diferencia de potencial de 12 [V]. Calcula la corriente eléctrica en el resistor equivalente. Presta especial atención en la forma de conectar el multímetro cuando se desea medir corriente o diferencia de potencial eléctricas.

#### Equipo y material:

- |   |  |
|---|--|
| a. Multímetro digital con cables.                         | e. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos). |
| b. Resistores de 1000[Ω], 470[Ω] y 330[Ω]                 | f. Fuente de 0-60[V] y 0-5.1 [A] de cd.                  |
| c. (proporcionados por los alumnos).                      |  |
| d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |  |

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito rotulando todos los nodos, anota en la tabla los resultados de los cálculos y mediciones de corriente, diferencia de potencial y potencia, según corresponda. Identifica las relaciones entre las corrientes en los diferentes resistores; así como las relaciones entre las diferencias de potencial. Determina la potencia total disipada por los resistores del circuito y compárala con la potencia suministrada por la fuente, obtenida con la aplicación de la ley de Joule.

R <sub>med.</sub> [Ω]	V <sub>med.</sub> [V]	I <sub>calc.</sub> [A]	I <sub>med.</sub> [A]	P <sub>calc.</sub> [W]



Conclusiones del experimento

---




---



---



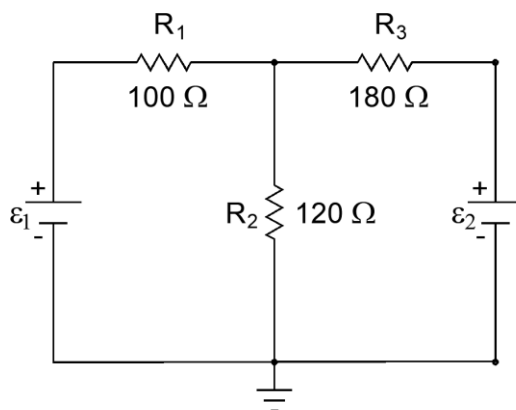
---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	68/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3 Circuito resistivo con dos fuentes de valor constante.

Implementa el circuito mostrado en la figura. Mide la diferencia de potencial y la corriente eléctrica en cada elemento, verifique que las leyes de Kirchhoff se cumplan.

NOTA: antes de encender las fuentes solicita a tu profesor la verificación de las conexiones.



#### Equipo y material:

- Multímetro digital con cables.
- Resistores de 100[Ω], 120[Ω] y 180[Ω] (proporcionados por los alumnos).
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).
- Dos Fuentes de 0-60[V] y 0-2 [A] de cd. Aplicar máximo 12 V

En el siguiente espacio elabora la tabla para los resultados de los cálculos y mediciones realizados. Dibuje el diagrama con la conexión de los instrumentos de medición y su polaridad. Indique si las fuentes suministran energía, justifique su respuesta.



Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	69/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4 Aplicación de las leyes de Kirchhoff

Considerando los valores nominales de voltaje y corriente (datos del fabricante), de los focos proporcionados por el alumno, realiza los cálculos necesarios (resistencia y potencia), para encontrar el resistor que permita el funcionamiento correcto e independiente de cada foco. El valor de la diferencia de potencial de la fuente deberá ser de 8[V].

La ecuación para el cálculo de cada resistencia se muestra a continuación, obtenida de la aplicación de la ley de voltajes de Kirchhoff (LKV).

$$R = \frac{V_{fuente} - V_{foco}}{i_{foco}}$$

En donde:  $R$  es la resistencia necesaria,  $V_{fuente}$  es la diferencia de potencial suministrada por la fuente,

$V_{foco}$  es la diferencia de potencial nominal del foco e  $i_{foco}$  es la corriente nominal del foco.

Con la ayuda de la tableta de proyectos arma el circuito y energízalo para verificar la validez de las leyes de Kirchhoff midiendo la diferencia de potencial y corrientes eléctricas en cada elemento.

#### Equipo y material:

- |  |  |
|--|--|
| a. Resistores de valores diversos.<br>(proporcionados por los alumnos) | d. Focos (proporcionado por por los alumnos).            |
| b. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).              | e. Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos). |
| c. Fuente de 0-60 [V] y 0-5.1 [A] de cd.                               | f. Bases para focos.                                     |

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito, anota tus cálculos, mediciones y ecuaciones correspondientes.






Conclusiones del experimento

---

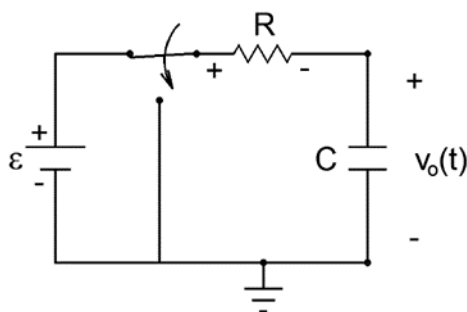


---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	70/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 5 Circuito RC serie.

Arma el circuito que se muestra en la figura, en la tableta de proyectos (protoboard) y observa en el osciloscopio el comportamiento de la diferencia de potencial en el capacitor. Obtenga el valor de la constante de tiempo ( $\tau$ ) con el osciloscopio y compárala con el valor de referencia  $\tau = RC$ .



#### Equipo y material:

- Resistor 1 k $\Omega$
- Generador de funciones (200 Hz)
- Capacitor 0.22  $\mu$ F
- Cables para conexión (proporcionados por los alumnos).
- Osciloscopio.
- Tableta de proyectos (proporcionada por los alumnos).

En el siguiente espacio dibuja el diagrama eléctrico del circuito, anota tus cálculos, mediciones y ecuaciones correspondientes.



Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	71/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.

1. Investiga y enuncia el principio de conservación de la carga y el de la energía.
2. Investiga cómo se utiliza el código de colores para determinar el valor de un resistor.
3. Investiga las expresiones para obtener la resistencia equivalente de una conexión de resistores en serie y una conexión en paralelo.
4. ¿Cómo es la corriente eléctrica y la diferencia de potencial en cada uno de los resistores conectados en serie comparados estos valores con los del resistor equivalente?
5. ¿Cómo es la corriente eléctrica y la diferencia de potencial en cada uno de los resistores conectados en paralelo comparados estos valores con los del resistor equivalente?
6. Describe el comportamiento de un circuito RC y menciona algunas de sus aplicaciones.
7. Para un circuito RC en serie con fuente de diferencia de potencial continua, ¿Cuál es el modelo matemático que describe el comportamiento de la diferencia de potencial del capacitor, en función del tiempo, así como su gráfica correspondiente?
8. ¿Cómo se determina la constante de tiempo para un circuito RC de la pregunta anterior?


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	72/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Práctica 9

# Fundamentos del magnetismo





	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	73/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	
3	Retirar el núcleo del solenoide energizado.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno conocerá los fundamentos del magnetismo, comprenderá el concepto de campo magnético, deducirá las propiedades de las líneas de campo y comentará con el grupo algunas aplicaciones.


### II. Objetivos específicos:

- Explicar el concepto de campo magnético.
- Conocer las unidades de medición del campo magnético.
- Conocer los fenómenos magnéticos fundamentales.
- Deducir y comprender las condiciones bajo las que se manifiesta el campo magnético.
- Conocer y utilizar el concepto de líneas de inducción de campo magnético.

## 3. Introducción

Las primeras descripciones de fenómenos relacionados con magnetismo se remontan a la Grecia antigua con el descubrimiento de la magnetita y su efecto de atracción y repulsión en piezas de hierro. Históricamente el estudio formal del magnetismo fue abordado mediante los experimentos de H. C. Oersted en el año de 1820 en donde se detalló la generación de campo magnético con ayuda de una corriente circulando por un medio conductor, en el mismo siglo XIX se dieron una serie de descubrimientos encabezados por personalidades como: André Marie Ampere, Carl Friedrich Gauss, Michael Faraday y James Clerk Maxwell, llevaron a la comprensión de la teoría actual del magnetismo.

En la actualidad las aplicaciones de fenómenos relacionados con magnetismo son muy variadas y la ciencia del magnetismo se ha vuelto indispensable en el desarrollo tecnológico. Entre las principales aplicaciones se encuentra la fabricación de materiales magnéticos como

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	74/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

medio ideal de almacenamiento de datos, lo que ha permitido aumentar la capacidad de almacenamiento de información a menor costo.

También se ha logrado el diseño de instrumentos y materiales para la medicina como es el caso de *la resonancia magnética* para el diagnóstico de enfermedades, en estos equipos mediante la ingesta de materiales magnéticos como medio de contraste y la aplicación de campos magnéticos intensos, es posible obtener imágenes tridimensionales de diferentes órganos y tejidos.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Brújula.



Foto 2.  
Brújula con  
transportador.

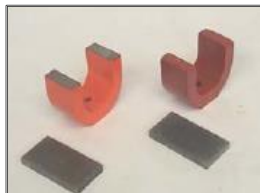


Foto 3.  
Dos imanes en forma  
de herradura.



Foto 4.  
Limadura de hierro.



Foto 5.  
Fuente de poder de 0-  
20 [V] 0-10 [A] de cd.



Foto 6.  
Bobina de 80 espiras.



Foto 7.  
Solenoides de 800  
vueltas y núcleo recto  
de acero.



Foto 8.  
Osciloscopio.

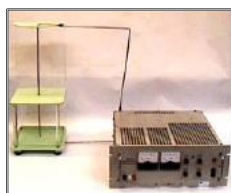



Foto 9.  
Conductor recto de  
cobre conectado a una  
fuente de alto voltaje  
(para uso del  
profesor).



Foto 10.  
Cables para conexión  
(proporcionados por  
los alumnos).

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	75/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo


### Actividad 1 Polos magnéticos

Con el material propuesto, verifica la existencia de los polos magnéticos de la Tierra y de los imanes en forma de herradura.

#### Equipo y material

- |                               |                                      |
|-------------------------------|--------------------------------------|
| a. Brújula con transportador. | c. Dos imanes en forma de herradura. |
| b. Brújula.                   | d. Limadura de hierro.               |

Analiza y comenta con el grupo lo realizado. En el siguiente espacio anota tus resultados. Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético que se forman alrededor de un imán en forma de herradura.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	76/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 2 Campo magnético producido por un conductor recto (experimento de Oersted)

Empleando el equipo propuesto, comprueba la existencia del campo magnético producido por un conductor a través del cual circula una corriente eléctrica. Identifica las características de las líneas de configuración de ese campo magnético.

#### Equipo y material:

- a. Conductor recto con una corriente continua de 60 [A] (para uso del profesor).
- b. Juego de brújulas y limadura de hierro.

Dibuja el esquema correspondiente a las líneas de campo magnético que se forman alrededor del conductor recto e indica su dirección. Comprueba la regla de la mano derecha y escribe las características de las líneas de campo que hayas identificado. Comenta con el profesor los resultados obtenidos.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	77/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

### Actividad 3 Campo magnético producido por una bobina y por un solenoide

Con el equipo y material propuesto, comprueba la existencia de un campo magnético producido por:

Una bobina por la cual circulan 4[A] de corriente.


Un solenoide por el cual circulan 2 [A] de corriente.

**ADVERTENCIA:** Cuando el solenoide este energizado, por ningún motivo retires el núcleo de hierro.

#### Equipo y material:

- |   |   |
|---|---|
| a. Brújula.                             | d. Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero.      |
| b. Limadura de hierro.                  | e. Bobina de 80 espiras.                                  |
| c. Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd. | f. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |

Dibuja los diagramas donde muestres las configuraciones de las líneas de campo.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	78/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


#### Actividad 4 Efectos del campo magnético

Con el osciloscopio y el imán de herradura proporcionados provoca la desviación del haz de electrones del osciloscopio. Observa qué le sucede al haz de electrones cuando le acercas de manera independiente el polo norte y el polo el sur del imán.

#### Equipo y material

- a. Imán de herradura.
- b. Osciloscopio.

Dibuja un esquema que muestre la velocidad ( $\vec{v}$ ) del electrón, el campo magnético ( $\vec{B}$ ) y la fuerza de origen magnético ( $\vec{F}$ ) que actúa sobre el electrón. Indique las direcciones de estos vectores.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	79/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

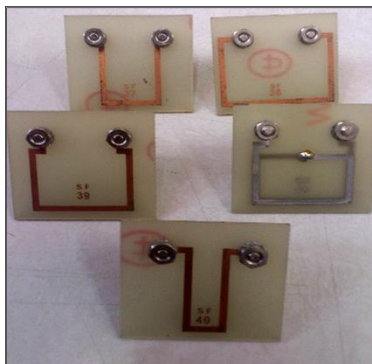
### Cuestionario previo.

1. Explica el concepto de campo magnético.
2. ¿Qué instrumento se utiliza para medir un campo magnético? y ¿cuál es su unidad en el SI?
3. ¿Qué propiedades tienen las líneas de campo magnético?
4. ¿Dónde se localizan los polos magnéticos de la Tierra? Explica mediante un diagrama.
5. Describe en qué consiste el experimento de Oersted.
6. ¿Qué es un solenoide?
7. Investiga el funcionamiento del tubo de Crookes.
8. Investiga el modelo matemático de la fuerza de origen magnético que experimenta una partícula con carga que se mueve dentro de un campo magnético.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	80/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 10

## Fuerza de origen magnético sobre conductores





	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	81/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno comprenderá los efectos producidos por la interacción de campos magnéticos y obtendrá el modelo matemático de la fuerza magnética sobre conductores con corriente eléctrica.

### II. Objetivos específicos:


- Deducir el modelo matemático para el cálculo del vector fuerza magnética que actúa en un conductor recto con corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético.
- Obtener experimentalmente el modelo matemático de la fuerza magnética con respecto a la variación de corriente en el conductor.
- Obtener experimentalmente el modelo matemático de la fuerza magnética con respecto a la variación de la longitud del conductor.
- Conocer la estructura básica de un motor de corriente directa.

## 3. Introducción

Sabemos que una carga eléctrica crea un campo eléctrico y que éste es capaz de ejercer una fuerza sobre otra carga. Un campo magnético ejerce una fuerza sobre una carga siempre y cuando esta última esté en movimiento. Podemos afirmar que una carga genera un campo magnético sólo cuando está en movimiento.

La fuerza de origen magnético ( $\vec{F}_m$ ) que experimenta una carga ( $q$ ) en movimiento, se puede calcular con la expresión (obtenida experimentalmente):  $\vec{F}_m = q \vec{v} \times \vec{B}$  en la que  $\vec{v}$  es la velocidad de dicha carga y  $\vec{B}$  es el campo magnético en el que se halla inmersa. A partir de esta expresión, resulta sencillo determinar la fuerza magnética que experimenta un conductor con corriente eléctrica cuando éste se halla inmerso en un campo magnético.

Con base en lo anterior, podemos tener una configuración en la que se tienen fuerzas de interacción entre conductores con corriente, las cuales desempeñan un papel importante en muchas situaciones prácticas en las que los conductores con corriente se hallan muy cerca

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	82/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

uno del otro; inclusive esta configuración tiene un papel relevante asociada a la definición de la unidad del Sistema Internacional denominada ampere. Cada conductor se encuentra en el campo magnético producido por el otro por lo que cada uno experimenta una fuerza.

Vale la pena destacar que, adicionalmente, lo anterior es el principio básico de funcionamiento de un motor eléctrico, así como del instrumento de medición denominado multímetro.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Teslámetro digital  
(Para uso del  
profesor).



Foto 2.  
Teslámetro analógico.



Foto 3.  
Soporte, imán y  
conductor recto.



Foto 4.  
Soporte universal.



Foto 5.  
Regla graduada.



Foto 6.  
Balanza de 400 [g] y  
resolución de 0.01 [g].



Foto 7.  
Imán en forma de  
herradura.



Foto 8.  
Fuente de poder de  
0-20 [V] 0-10 [A] de  
cd.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	83/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 9.  
Conductor en forma  
de columpio.

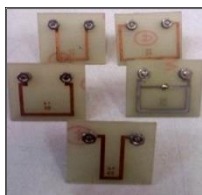


Foto 10.  
Juego de  
conductores  
impresos (SF-38,  
SF-39, SF-40, SF-  
41 y SF-42).



Foto 11.  
Módulo feedback  
Machine control  
panel MCP182.



Foto 12.  
Motor feedback  
EMT180.




Foto 13.  
Tacómetro manual.



Foto 14.  
Brújula.



Foto 15.  
Lámpara  
Estroboscópica.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	84/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

### Actividad 1 Fuerza magnética sobre un conductor con corriente


Utilizando el material y equipo propuesto, diseña un experimento para comprobar la existencia de una fuerza magnética sobre un conductor, a partir de la corriente eléctrica que circula en él estando inmerso en un campo magnético externo.

Con la fuente de poder suministra una corriente eléctrica máxima de 4 [A]. Elabora el esquema de conexión propuesto e indica la posición relativa de los vectores: *longitud del conductor* ( $\vec{l}$ ), *campo magnético externo* ( $\vec{B}_{ext}$ ) y *fuerza magnética* ( $\vec{F}_m$ ) involucrados en este experimento. Después invierte únicamente el sentido de la corriente y observa que sucede con el vector fuerza magnética.

#### Equipo y material:

- |                                    |  |
|------------------------------------|--|
| a. Soporte universal.              | d. Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd. |
| b. Imán en forma de herradura.     | e. Soporte.                                      |
| c. Conductor en forma de columpio. |  |

Comenta con tus compañeros sobre los experimentos y registra tus observaciones.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	85/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**Actividad 2 Fuerza magnética con respecto a la variación de la corriente eléctrica en un conductor inmerso en un campo magnético externo.**

Con el material y equipo propuesto, realiza un experimento donde puedas verificar el comportamiento de la magnitud de la fuerza magnética cuando varía la corriente eléctrica en el conductor.

**Equipo y material:**

- |   |   |
|---|---|
| a. Soporte universal.                           | d. Soporte, imán y conductor recto impreso (SF-42, L= 8[cm]). |
| b. Regla graduada.                              | e. Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd.              |
| c. Balanza de 400 [g] y resolución de 0.01 [g]. |   |

Registra en la tabla el comportamiento de las variables del experimento ( $F_m$  e  $I$ ), para los valores de corriente indicados. Considere  $g_{CU}=9.78 \text{ [m/s}^2\text{]}$ . Dibuja el modelo gráfico y obtén el modelo matemático de la fuerza magnética en función de la corriente eléctrica ( $F_m = m I + b$ ). A partir de la pendiente obtenida, determina el valor del campo magnético del imán utilizado y compáralo con su valor de referencia. Recuerda que  $\vec{F} = i\vec{l} \times \vec{B}_{ext}$ .

I[A]	m [kg]	$\Delta m =  m_i - m_0 $ [kg]	$F_m = (\Delta m)(g)$ [N]
0	$m_0 =$		
0.5	$m_1 =$		
1.0	$m_2 =$		
1.5	$m_3 =$		
2.0	$m_4 =$		
2.5	$m_5 =$		
3.0	$m_6 =$		



Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	86/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

**Actividad 3 Fuerza magnética con respecto a la variación de la longitud de un conductor inmerso en un campo magnético externo.**

Con el material y equipo propuesto, realiza un experimento donde puedas verificar el comportamiento de la magnitud de la fuerza magnética cuando varía la longitud del conductor con una corriente de 2[A], inmerso en un campo magnético externo.

**Equipo y material:**

- |  |   |
|--|---|
| a. Soporte universal.                          | d. Soporte, imán y juego de conductores impresos de diferente longitud. |
| b. Regla graduada.                             | e. Fuente de poder de 0 a 20 [V] 0-10 [A] de cd.                        |
| c. Balanza de 400 [g] y resolución de 0.01 [g] |   |

Registra en una tabla el comportamiento de las variables del experimento ( $F_m$  y  $L$ ), para los valores de longitud proporcionados. Considere  $g_{CU}=9.78$  [m/s<sup>2</sup>]. Dibuja el modelo gráfico y obtén el modelo matemático de la magnitud de la fuerza magnética en función de la longitud del conductor ( $F_m = m L + b$ ). A partir de la pendiente obtenida, determina el valor del campo magnético del imán utilizado y compáralo con su valor de referencia. Mida la masa de referencia del imán ( $m_0$ ).

L[m]	m [kg]	$\Delta m =  m_i - m_0 $ [kg]	$F_m = (\Delta m)(g)$ [N]
L <sub>1</sub> =	m <sub>1</sub> =		
L <sub>2</sub> =	m <sub>2</sub> =		
L <sub>3</sub> =	m <sub>3</sub> =		
L <sub>4</sub> =	m <sub>4</sub> =		
L <sub>5</sub> =	m <sub>5</sub> =		



Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	87/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4 Puesta en marcha del motor de CD

Identifica las partes fundamentales que constituyen al motor de corriente directa y analiza la función que desempeñan. Comenta con tus compañeros y tu profesor las precauciones y cuidados necesarios para la puesta en marcha del motor. Enseguida, realiza la conexión indicada en el diagrama de la Figura 1.

**ADVERTENCIA:** Toda máquina rotatoria es potencialmente peligrosa, desde el punto de vista mecánico y eléctrico.

#### PRECAUCIONES

1. Desconecta la fuente de alimentación antes de realizar una conexión eléctrica.
2. Verifica que las partes del motor estén aseguradas con los tornillos antes de energizarlo.
3. Verifica que las partes del rotor se encuentre fijas para evitar que se disparen bajo la acción del giro del motor.
4. Antes de arrancar el motor, revisa manualmente que el rotor gire libremente.
5. No realices cambios mecánicos o eléctricos cuando la máquina esté funcionando.
6. Evita usar ropa holgada u objetos personales tales como pulseras o similares cerca de la máquina rotatoria, si tienes el cabello largo mantenlo recogido.
7. Maneja el equipo con cuidado, el alto voltaje está presente en algunas terminales.

#### EN CASO DE EMERGENCIA APAGAR LA FUENTE CON EL BOTON ROJO

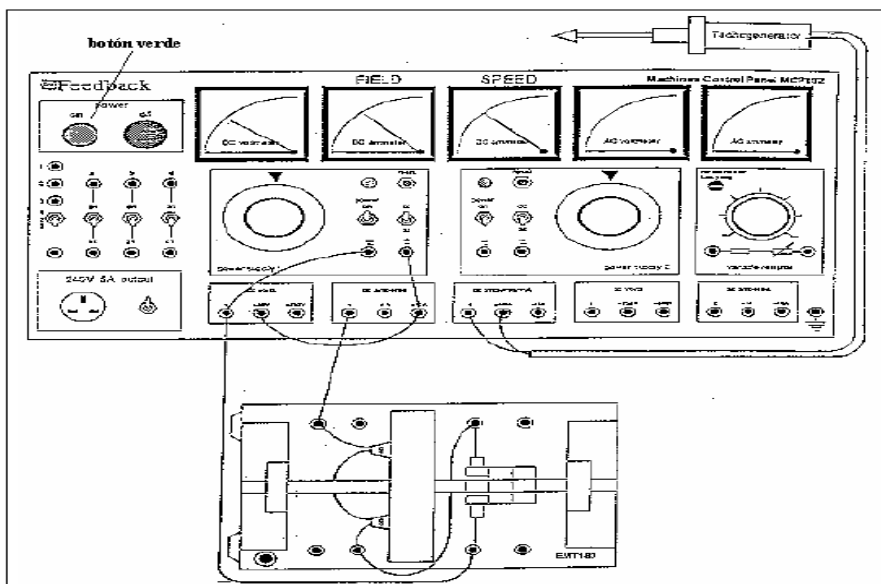



Figura 1 Diagrama de conexiones para un motor serie

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	88/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Enciende el motor y no apliques más de 30[V] para evitar daños.

Cuando el motor esté en marcha observa el sentido de giro de la flecha y verifica el sentido de la fuerza de origen magnético. Elabora un esquema que represente lo anterior y su explicación correspondiente.

En el espacio siguiente registra tus observaciones.



Conclusiones del experimento

---



---




---



---



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	89/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


- 1 ¿Cuál es la expresión que permite calcular la fuerza de origen magnético ( $\vec{F}_m$ ) sobre un conductor recto, por el cual circula una corriente eléctrica ( $i$ ), inmerso en un campo magnético externo ( $\vec{B}_{ext}$ )?
- 2 Con relación a la ecuación de la pregunta anterior ¿qué pareja de vectores son perpendiculares siempre?
- 3 Si se tienen dos conductores paralelos con corriente eléctrica en el mismo sentido, ¿los conductores experimentan una fuerza magnética de repulsión o de atracción?
- 4 Y si los conductores son paralelos y sus corrientes circulan en sentidos contrarios, ¿la fuerza magnética es de atracción o de repulsión?
- 5 ¿Qué instrumento se utiliza para medir un campo magnético? y ¿cuál es su unidad en el SI?
- 6 Describe los componentes principales de un motor de corriente directa.
- 7 Describe el principio de operación de un motor de corriente directa
- 8 Describe lo que establece la fuerza de Lorentz y anote su expresión matemática.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	90/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 11

## Inducción electromagnética



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	91/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	
3	Retirar el núcleo del solenoide energizado.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivo General:

El alumno comprenderá el fenómeno de inducción electromagnética y conocerá las condiciones bajo las cuales se presenta.


### II. Objetivos específicos:

- Comprender y aplicar el concepto de flujo magnético.
- Demostrar que puede obtenerse una diferencia de potencial a partir de un campo magnético y deducir las condiciones bajo las cuales ocurre esto.
- Comprender el concepto de fuerza electromotriz (*fem*) inducida.
- Deducir la ley de inducción de Faraday y el principio de Lenz de los fenómenos observados.
- Explicar la ocurrencia de diversos fenómenos con base en la aplicación de la ley del punto anterior.

## 3. Introducción

La inducción electromagnética es el fenómeno en el que se origina una diferencia de potencial inducida (o fuerza electromotriz inducida) en un medio o cuerpo expuesto a un campo magnético variable, o bien en un medio móvil respecto a un campo magnético estático. Es así que, cuando dicho cuerpo es un conductor en el que se forma una trayectoria cerrada, se produce una corriente inducida. Este fenómeno fue descubierto por Michael Faraday quien lo expresó indicando que la magnitud de la diferencia de potencial inducida es proporcional a la variación del flujo magnético (*Ley de Faraday*).

Por otra parte, Heinrich Lenz comprobó que la corriente debida a la *fem* inducida genera un flujo magnético que se opone al cambio de flujo magnético externo, de forma tal que la corriente tiende a mantener el flujo constante.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	92/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

Los principios de la inducción electromagnética son aplicados en muchos dispositivos y sistemas, por ejemplo:

- Horno de inducción.
- Generador eléctrico.
- Transformador.
- Inductor.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Limadura de hierro.



Foto 2.  
Autotransformador  
(Variac).



Foto 3.  
Micro-amperímetro de  
 $\pm 50$  [ $\mu\text{A}$ ] y cero central.



Foto 4.  
Brújula.



Foto 5.  
Imán en forma de  
herradura.



Foto 6.  
Solenoide de 800  
vueltas y núcleo recto de  
acero.



Foto 7.  
Bobina sin aislamiento.



Foto 8.  
Anillo cerrado.



Foto 9.  
Anillo abierto.



Foto 10.  
Bobina con foco.



Foto 11.  
Disco giratorio y plato.



Foto 12.  
Solenoide de 1600  
espiras.


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	93/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			



Foto 13.  
Fuente de 0-20 [V] y  
0-10 [A] de cd.



Foto 14. Cables  
para conexión  
(proporcionados por  
los alumnos).



Foto 15.  
Osciloscopio



Foto 16.  
Transformador  
reductor (127 [V] a 10  
[V] de c.a).

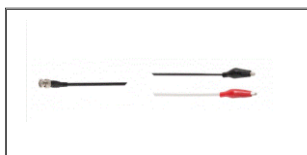


Foto 17.  
Conector BNC con  
caimanes.



Foto 18.  
Núcleo de hierro en  
forma de O.




Foto 19.  
Solenoides de 200  
vueltas.



Foto 20.  
Solenoides de 400  
vueltas.



Foto 21.  
Cables banana- banana y  
cables caimán-banana.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	94/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo


### Actividad 1 **Fuerza electromotriz inducida a partir del movimiento**

Analiza y comenta con tu profesor los conceptos de diferencia de potencial inducida (con su polaridad), corriente inducida (con su sentido) y campo magnético variable, cuando se acerca o se aleja un imán. Con el equipo y material propuestos plantea un experimento para lo anterior.

#### Equipo y material

- |  |   |
|--|---|
| a. Micro-amperímetro de $\pm 50$ [ $\mu\text{A}$ ] y cero central. | c. Solenoide de 1600 espiras.                             |
| b. Imán en forma de herradura.                                     | d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |

Dibuja los esquemas donde indiques el análisis de tu experimentación.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	95/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


**Actividad 2 Fuerza electromotriz inducida a partir de corrientes variables  
(ley de Faraday y principio de Lenz)**

Comenta y analiza con tu profesor la ley de Faraday y el principio de Lenz. Posteriormente, con el equipo y material propuestos realiza distintos experimentos en los que se manifiesten los fenómenos descritos por Faraday y Lenz.

**Equipo y material**

- |   |                             |
|---|-----------------------------|
| a. Autotransformador (Variac).                            | e. Anillo cerrado.          |
| b. Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero.      | f. Bobina con foco.         |
| c. Anillo abierto.  | g. Bobina sin aislamiento.  |
| d. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). | h. Disco giratorio y plato. |

¿El solenoide energizado puede transferir energía a la bobina con foco? Utiliza el espacio siguiente para describir, por medio de diagramas, tus observaciones.





Conclusiones del experimento

---




---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	96/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


### Actividad 3 Flujo magnético constante

Analiza y comprueba, empleando el equipo y material propuestos, el comportamiento del solenoide vertical si se hace circular una intensidad de corriente eléctrica de 2 [A] de corriente continua.

#### Equipo y material

- |   |                        |
|---|------------------------|
| a. Solenoide de 800 vueltas y núcleo recto de acero.      | d. Bobina con foco.    |
| b. Fuente de 0-20 [V] y 0-10 [A] de cd.                   | e. Limadura de hierro. |
| c. Cables para conexión (proporcionados por los alumnos). |                        |

¿El solenoide energizado puede transferir energía a la bobina con foco? Comenta con tus compañeros y justifica tu respuesta. Elabora tu diagrama de conexiones.





Conclusiones del experimento

---



---




---



---




	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	97/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

#### Actividad 4 Transformador elevador

Con el material y equipo proporcionado, construye un transformador elevador. Dibuja el diagrama de conexiones y obtén las gráficas de las señales de entrada y salida del transformador observadas en el osciloscopio. Registra las características de dichas gráficas: amplitud ( $V_{\text{pico}}$ ), valor eficaz ( $V_{\text{rms}}$ ) y frecuencia ( $f$ ) y con ellas verifica la relación de transformación correspondiente.

#### Equipo y material

- |                               |                                    |
|-------------------------------|------------------------------------|
| a. Osciloscopio.              | d. Núcleo de hierro en forma de O. |
| b. Conector BNC con caimanes. | e. Solenoide de 400 vueltas.       |
| c. Transformador reductor.    | f. Solenoide de 200 vueltas.       |





Conclusiones del experimento


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	98/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos

### Cuestionario previo.


1. Describe brevemente el fenómeno de inducción electromagnética.
2. Define el concepto de flujo magnético.
3. ¿Qué entiendes por un flujo magnético concatenado por una espira?
4. Enuncia la ley de Faraday y el principio de Lenz.
5. Investiga en qué consiste el fenómeno de las corrientes parásitas (o remolino).
6. Describe el principio de operación de un transformador eléctrico monofásico.
7. Investiga algunas aplicaciones de los transformadores eléctricos.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	99/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Práctica 12

## Inductancia



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	100/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 1. Seguridad en la ejecución

	Peligro o fuente de energía	Riesgo asociado
1	Diferencia de potencial alterna.	Descarga eléctrica y daño a equipo.
2	Diferencia de potencial continua.	
3	Retirar el núcleo del solenoide energizado.	

## 2. Objetivos de aprendizaje

### I. Objetivos General

- Comprender el concepto de inductancia y deducir experimentalmente de qué parámetros depende, tales como: número de vueltas, permeabilidad magnética del núcleo y su sección transversal.
- Determinar el inductor equivalente para una conexión en serie y en paralelo de inductores.


### II. Objetivos específicos

- Definir y comprender el concepto de inductancia.
- Medir el valor de la inductancia y el efecto resistivo en un inductor real.
- Comprobar el comportamiento inductivo y resistivo de un solenoide largo.
- Cuantificar el efecto en el valor de inductancia de un solenoide cuando se emplean núcleos de materiales diversos: paramagnéticos, diamagnéticos y ferromagnéticos.
- Definir y comprender lo que es una conexión en serie y una conexión en paralelo de inductores, así como la relación con la inductancia mutua en la conexión en serie.

## 3. Introducción

Una corriente eléctrica genera un campo magnético y asociado a este último tenemos presente un flujo magnético. La cantidad de flujo magnético en cada unidad de corriente se conoce como inductancia. Al dispositivo que presenta esta característica se le conoce como inductor el cual, al igual que el capacitor, puede almacenar energía; sin embargo, el primero lo hace a partir de un campo magnético, a diferencia del capacitor que lo hace a partir de un campo eléctrico.

Vale la pena resaltar que, con base en la ley de inducción de Faraday, en un inductor la diferencia de potencial en sus terminales es proporcional a la variación de corriente eléctrica

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	101/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

respecto al tiempo que circula en él. Esto permite que este dispositivo sea muy utilizado en diversas aplicaciones; entre muchas otras podemos citar: en las bujías de un automóvil de combustión interna, a partir de la diferencia de potencial de la batería ( 12 V ) se puede alcanzar un valor de miles de volts para lograr la ignición de la mezcla aire-combustible; en circuitos electrónicos con una combinación de capacitores e inductores se pueden seleccionar cierto tipo de señales (filtros electrónicos); también los inductores son dispositivos que permiten mantener encendidas las lámparas de luz fluorescentes, entre otras aplicaciones.

#### 4. Equipo y material



Foto 1.  
Multímetro digital  
con cables.



Foto 2.  
Medidor LCR.



Foto 3. Fuente de  
diferencia de  
potencial continua.




Foto 4. Solenoide de 800  
vueltas.



Foto 6.  
Autotransformador  
(Variac).



Foto 5.  
Juego de bobinas.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	102/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## 5. Desarrollo

**Nota 1.** Para las mediciones de inductancia verifique que el medidor LCR (puente de impedancias) se encuentra en modo SER y frecuencia de 1kHz oprimiendo la tecla superior derecha del instrumento.

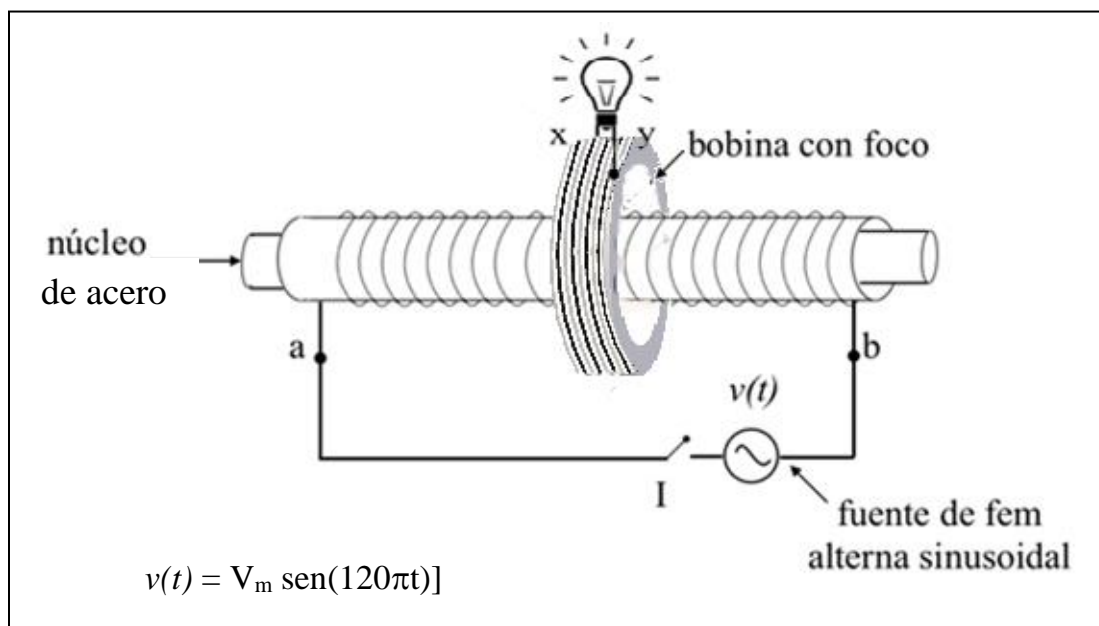
### Actividad 1 Identificación del efecto inductivo.

- a) Con ayuda del medidor LCR determina el valor de la autoinductancia  $L$  y con el multímetro mida la resistencia interna  $R$  del solenoide largo de  $N$  espiras, con núcleo de acero.


$$L = \text{_____} \text{ [H]}$$

$$R = \text{_____} \text{ [\Omega]}$$

- b) Arma el dispositivo experimental de la figura 12.1 con el interruptor  $I$  abierto. Cierra el interruptor y vaya aumentando la diferencia de potencial de la fuente  $v(t)$  poco a poco hasta alcanzar  $V_{\text{rms}} = 30 \text{ [V]}$  indicado en la perilla del autotransformador (variac), observe lo que ocurre en el foco; con ayuda del multímetro, mida la diferencia de potencial  $V_{xy}$  (valor rms o eficaz) en las terminales de la bobina con foco.

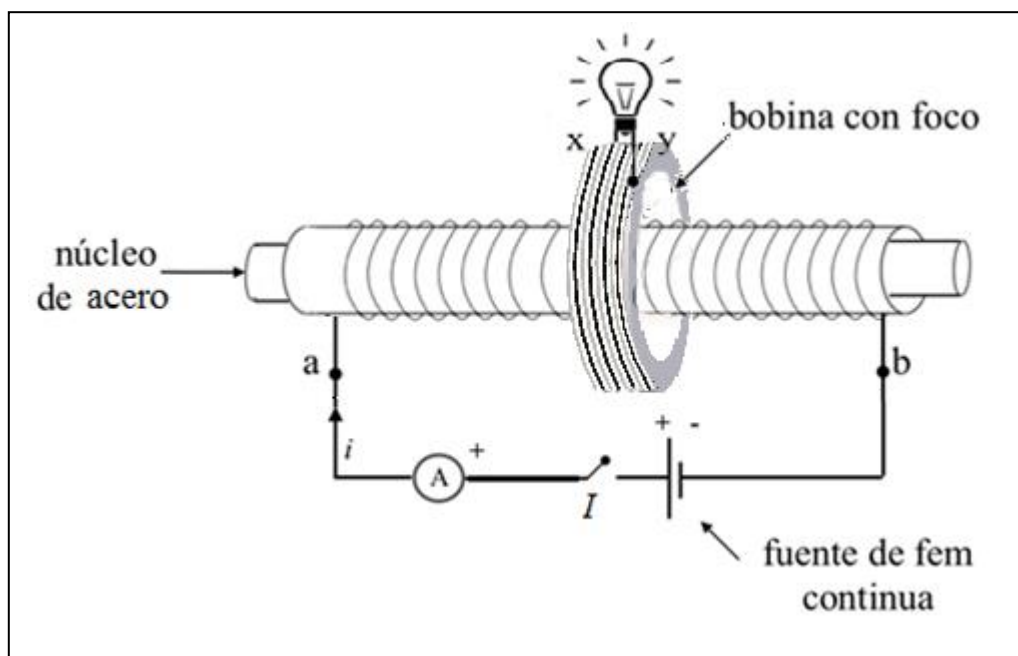


**Figura 12.1.** Esquema de conexión.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	103/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$V_{xy} = \text{_____} \text{ [V]}$$

c) Con el mismo dispositivo experimental del inciso anterior, sustituya la fuente de fem alterna y en su lugar coloque la fuente de diferencia de potencial continua, con un valor máximo de 10 [V] y mida la corriente “ $i$ ” en el circuito; como se muestra en la figura 12.2.




**Figura 12.2.** Esquema de conexión.

Cierra el interruptor I y observe lo que ocurre en la bobina con foco, mide la diferencia de potencial  $V_{xy}$ . Con la medición de la corriente “ $i$ ” y la diferencia de potencial aplicada por la fuente, determina la resistencia R del solenoide largo.

**Nota 2. No energizar por mucho tiempo al solenoide con la fuente.**

$$V_{ab} = \text{_____} \text{ [V]}$$

$$i = \text{_____} \text{ [A]}$$

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	104/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

$$V_{xy} = \text{_____} \text{ [V]}$$

$$R_{calculada} = \text{_____} \text{ [\Omega]}$$

En este circuito: ¿hay efecto inductivo? ¿se produce campo magnético en el solenoide? ¿por qué?

---



---




---

**Actividad 2 Influencia de la permeabilidad magnética ( $\mu$ ) del material del núcleo, en el valor de la autoinductancia (L).**

- En el solenoide largo utilizado en la actividad 1 retire el núcleo ferromagnético estando apagado el circuito y, con aire en el núcleo, mida la autoinductancia  $L_{\text{aire}}$ . Registra la medición en el cuadro siguiente. El aire, por su composición mayoritaria es un material paramagnético.
- Ahora introduce en el núcleo del solenoide la barra cilíndrica de cobre; registre la medición de la inductancia  $L_{\text{cobre}}$ ; cabe aclarar que el cobre es un material denominado diamagnético.
- Finalmente, sustituye el núcleo de cobre e introduzca la barra cilíndrica de acero en el solenoide y registre la medición  $L_{\text{acero}}$ ; el acero es un material de tipo ferromagnético.

Para determinar un valor, aunque aproximado, de la permeabilidad magnética de los materiales utilizados, supongamos que los parámetros geométricos y de construcción son los mismos para los núcleos empleados; es decir que el factor  $\left[ \frac{N^2 A}{l} \right]$  es el mismo para los núcleos que se utilizan.



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	105/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

De esta forma como:

$$L_{aire} = \frac{\mu_0 N^2 A}{l} \quad \text{y} \quad L_{cobre} = \frac{\mu_{cobre} N^2 A}{l}, \quad \text{se puede obtener} \quad \frac{L_{aire}}{\mu_0} = \frac{L_{cobre}}{\mu_{cobre}} \quad \text{y concluir que}$$


$$\mu_{cobre} = \mu_0 \frac{L_{cobre}}{L_{aire}} \quad \text{y en forma análoga} \quad \mu_{acero} = \mu_0 \frac{L_{acero}}{L_{aire}}.$$

Material del núcleo	inductancia propia [H]	permeabilidad magnética $\mu \left[ \frac{Wb}{A \cdot m} \right]$	$k_m = \frac{\mu}{\mu_0}$	clasificación magnética del material (paramagnético, diamagnético y ferromagnético)
aire				
acero				
cobre				

**Actividad 3** Determinar el efecto del número de vueltas de un embobinado en el valor de su autoinductancia.

Con ayuda del medidor LCR determina el valor de la autoinductancia con núcleo ferromagnético y, con el multímetro, el de la resistencia interna de cada embobinado, para cada valor de N (número de vueltas). Registra sus mediciones en el cuadro siguiente.

Embobinado	número de vueltas (N)	autoinductancia [H]	resistencia interna [ $\Omega$ ]
L <sub>1</sub>	200		
L <sub>2</sub>	400		
L <sub>3</sub>	800		
L <sub>4</sub>	1600		
L <sub>5</sub>	3200		

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	106/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

¿Qué concluye? Explique su respuesta.

---



---



---

**Actividad 4 Conexión de inductores.**

- a) Conecta los inductores  $L_4$  y  $L_5$  de la actividad anterior en el núcleo ferromagnético cerrado y en serie, de manera que los flujos magnéticos de ambos vayan en el mismo sentido (observe que cada bobina indica el sentido del enrollado) y mida la autoinductancia equivalente con el medidor LCR. Pon los embobinados muy cercanos.

$$L_{eq} = \text{_____} \text{ [H]}$$

- b) A continuación coloca dichos inductores, manteniéndolos en el núcleo ferromagnético cerrado, de manera que los flujos magnéticos vayan en sentidos opuestos. Mide la autoinductancia equivalente nuevamente poniendo los embobinados cercanos y uno sobre el otro.

$$L_{eq} = \text{_____} \text{ [H]}$$

- c) A partir de las mediciones anteriores y con ayuda de las expresiones para la autoinductancia ( $L$ ) equivalente del cuestionario previo, determina la inductancia mutua ( $M$ ) para la conexión de esta actividad.

$$M = \text{_____} \text{ [H]}$$

- d) Después, manteniéndolos conectados en serie y cada uno en un núcleo ferromagnético aléjelos entre sí lo más que se pueda. Mide la autoinductancia equivalente del arreglo.

$$L_{eq} = \text{_____} \text{ [H]}$$

¿Qué concluye? Explica su respuesta.


---



---



---

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	107/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


## 6. Bibliografía

- ❖ Jaramillo Morales, Gabriel Alejandro, Alvarado Castellanos, Alfonso Alejandro. Electricidad y Magnetismo. Reimpresión 2008. Ed. Trillas, México, 2008.
- ❖ Serway Raymond, Jewett, John W. Física para ciencias e ingeniería con física moderna. Vol 2. Séptima edición. Ed. Cengage Learning. México, 2009.
- ❖ Young, Hugh D., Freedman, Roger A. Sears y Zemansky Física universitaria con física moderna. Vol.2. Décimo tercera edición Ed. Pearson. México, 2013.
- ❖ Tipler, P. A. Física para la ciencia y la tecnología .Vol. 2. Sexta edición. Ed. Reverté, Barcelona, 2003.
- ❖ Resnick, Robert, Halliday, David, et al. Física. Vol. 2, Ed. Patria, México, 2011.

## 7. Anexos


### Cuestionario previo.

1. Explica los conceptos de inductancia propia y mutua, así como sus unidades en el SI.
2. Escribe la ley de Faraday en términos de la variación de flujo magnético y de la variación de corriente eléctrica.
3. Deduzce la expresión que permite calcular la inductancia propia de un solenoide largo.
4. Escribe la expresión matemática para calcular el inductor equivalente de dos inductores ( $L_1$  y  $L_2$ ) conectados en serie:
  - a) cuando están muy alejados entre sí,
  - b) cuando están cercanos y sus flujos magnéticos se superponen constructivamente,
  - c) cuando están cercanos, pero sus flujos magnéticos se superponen destructivamente.
5. Escribe la expresión para calcular el inductor equivalente de dos inductores ( $L_1$  y  $L_2$ ), alejados entre sí, conectados en paralelo.

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	108/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Apéndice

**En el presente apartado se muestra parte del equipo de instrumentación con que cuenta el Laboratorio de Electricidad y Magnetismo. Su uso dependerá de la disponibilidad y planeación del curso, por lo que puede haber variación en los modelos presentados en el apartado "Equipo y material" mostrado en cada una de las prácticas.**

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	109/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Fuentes de alimentación DC

Marca y modelo                      Rango

BK PRECISION  
1744A                                  0 – 35 VDC  
   0 – 10 A



LAMBDA LK 340A                  0 – 20 VDC  
FM                                      0 – 5 A




LAMBDA LQ-531                  0 – 20 VDC  
   0 – 8.6 A



BK PRECISION 9110              0 – 60 VDC  
   0 – 5 A



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	110/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Multímetros

**Fluke 87**




**Fluke 117**



**Fluke 175**



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	111/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

# Osciloscopios

---

## GW GOS-622G

Osciloscopio Analógico de Banco de 20 MHz, 2 Canales





---

## HAMEG HM203-6

Osciloscopio Analógico de Banco de 20 MHz, 2 Canales



	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	112/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

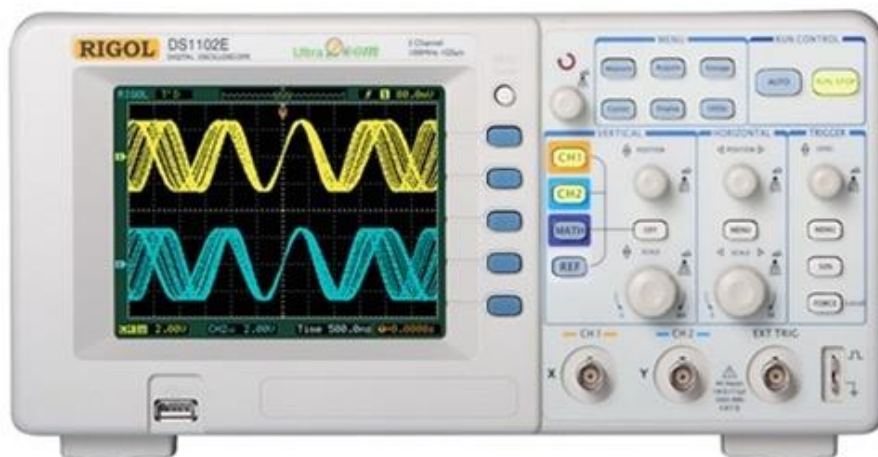
### BK PRECISION 2120

Osciloscopio Analógico de Banco de 20 MHz, 2 Canales




### RIGOL DS1052E

osciloscopio digital de 50 Mhz, 2 Canales analógicos





	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	113/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			


# Medidores digitales LCR (Puente de Impedancia)

## EXTECH 380193



## Recomendaciones

- Seleccionar con el botón 2, la opción a medir, L, C, o R. En esquina inferior derecha de la pantalla se observan las unidades.
- Verificar que este seleccionada la el modo SER, oprimiendo la tecla superior derecha del instrumento.
- La frecuencia deberá ser de 1kHz


	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	114/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## BK PRECISION 875B



## Recomendaciones

- Encienda el instrumento colocando el interruptor LCR.
- Seleccione con la perilla el rango a medir, si se desconoce ponerlo en la escala menor.
- Conecte los cables banana – caimán en los bornes, sin colocar el dispositivo
- Con la perilla "0 Adj", ajuste a cero la pantalla
- Coloque el dispositivo a medir

	<b>Manual de prácticas del Laboratorio de Electricidad y Magnetismo</b>	Código:	MADO-15
		Versión:	05
		Página	115/115
		Sección ISO	8.3
		Fecha de emisión	11 de agosto de 2022
Facultad de Ingeniería		Área/Departamento: Laboratorio de Electricidad y Magnetismo	
La impresión de este documento es una copia no controlada			

## Medidores de campo magnético

**Teslámetro  
RLF Modelo 904T**



**Gaussmetro  
FW Bell  
5170**



Solo para uso del profesor