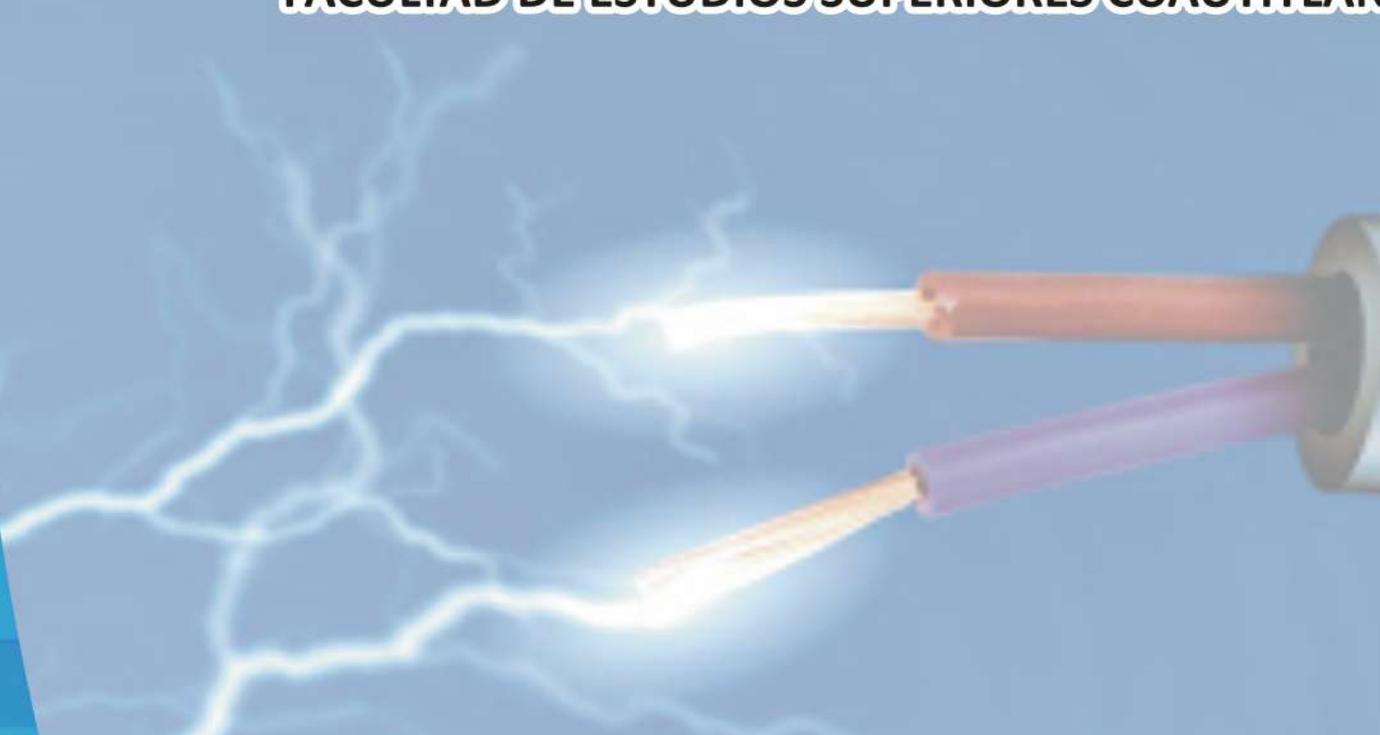


**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN**



# **Electromagnetismo**

**(Prácticas para la Licenciatura en Tecnología)**

**AUTORES**

**Aidé Castro Fuentes**

**Pedro Guzmán Tinajero**

**Ramón Osorio Galicia**

**Jaime Rodríguez Martínez**

**Hermenegildo Bonifacio Paz**



Edición  **FESC**



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO  
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLÁN  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
SECCIÓN DE ELECTRICIDAD Y MAGNETISMO

# Electromagnetismo

(Prácticas para la Licenciatura en Tecnología)

Asignatura: Electromagnetismo

Clave: 0403

Carrera: Licenciatura en Tecnología

Clave: 195

Autores:

Aidé Castro Fuentes

Pedro Guzmán Tinajero

Ramón Osorio Galicia

Jaime Rodríguez Martínez

Hermenegildo Bonifacio Paz (QEPD)

Fecha de revisión:

1 de junio de 2013



# CONTENIDO

Introducción	7
Objetivos	7
Reglamento del laboratorio	7
Prácticas del laboratorio de electromagnetismo para la Licenciatura en Tecnología	11
Práctica 1. Carga eléctrica, campo y potencial eléctrico	13
Práctica 2. Capacitancia y arreglos capacitivos	23
Práctica 3. Resistencia y resistividad	33
Práctica 4. Circuitos resistivos, ley de Ohm y leyes de Kirchhoff	41
Práctica 5. Magnetismo	49
Práctica 6. Ley de la inducción electromagnética de Faraday	59
Práctica 7. Oscilaciones electromagnéticas	65
Práctica 8. Circuitos de corriente alterna	71
Práctica 9. Ecuaciones de Maxwell	79
Bibliografía	85



# INTRODUCCIÓN

El presente manual forma parte de la actualización de prácticas de la asignatura de Electromagnetismo. Las prácticas han sido modificadas y actualizadas de acuerdo al programa de la asignatura, dando como resultado la elaboración de nueve prácticas.

Debido al cambio tecnológico, se requiere una constante actualización de prácticas tradicionales y el establecimiento de nuevos procedimientos y métodos.

## OBJETIVO GENERAL DE LA ASIGNATURA

Mostrar al alumno los conceptos y las leyes que rigen el comportamiento de las partículas cargadas y de los campos eléctricos y magnéticos clásicos. Introducir al alumno a los métodos de solución de problemas básicos del electromagnetismo.

## OBJETIVO DEL CURSO EXPERIMENTAL

Desarrollar la capacidad de observación y la habilidad del estudiante en el manejo de dispositivos experimentales, para la correcta realización de experimentos relacionados con fenómenos eléctricos y magnéticos, como antecedente en su formación y práctica profesional.

## REGLAMENTO DEL LABORATORIO

### *OBJETIVO*

Establecer los lineamientos de funcionamiento del laboratorio para que los profesores, alumnos y personal administrativo, puedan aplicar el método científico en la realización de las prácticas.

### *ALCANCE*

Aplica a las siguientes asignaturas teórico-prácticas de las carreras que se imparten en la Facultad: Electricidad y Magnetismo y Óptica de IME; Física II y Mecánica de Ingeniería Agrícola; Electromagnetismo y Física de Ondas de Ingeniería Química; Física II y Física III ambas de Químico y Químico Industrial, y Química de Materiales Cerámicos de Químico.

Para dar cumplimiento a dicho objetivo es necesario llevar a cabo, en apego estricto, los siguientes lineamientos:

1. El aviso para inscripciones a los laboratorios de Física se publicará oportunamente, especificando lugar, fecha y horario de atención.
2. Para poder inscribirse, el alumno deberá presentar su tira de materias con las asignaturas respectivas e identificación oficial vigente.
3. La inscripción a los laboratorios se realizará únicamente en la fecha establecida (después del período de altas y bajas).
4. El jefe de sección entregará a cada profesor la relación de alumnos inscritos antes de la primera sesión.
5. Las prácticas de laboratorio iniciarán después del periodo de altas y bajas, finalizando en la penúltima semana de clases de acuerdo al programa de prácticas de laboratorio, lo cual será publicado oportunamente.
6. En cada sesión se deberá realizar una sola práctica, para poder cumplir con los objetivos de la misma.
7. En la primera sesión de prácticas, el profesor presentará su plan de trabajo y dará a conocer los reglamentos establecidos para el laboratorio (reglamento de seguridad e higiene y reglamento interno).
8. Para realizar cada práctica, el alumno podrá disponer del equipo y material necesario listado en la práctica, llenando el vale de préstamo de material/equipo, dejando en garantía su credencial vigente.
9. Es responsabilidad del profesor y alumnos el buen uso y manejo del equipo y material, así como también la devolución en buen estado de los mismos.
10. Cuando se presente una descompostura o falla imprevista del equipo y/o material, la brigada deberá comunicárselo a su profesor y éste a su vez al encargado en turno o responsable, para que sea reemplazado por otro en buen estado.
11. En caso de presentarse una descompostura o rotura del equipo y/o material por negligencia, uso indebido, o la pérdida del mismo; la brigada deberá cubrir, ya sea el costo de la reparación o reposición, a través de la supervisión y coordinación del profesor antes del fin de clases del semestre; de no ser así, se detendrán las calificaciones de toda la brigada y no se asentarán en listas hasta que sea saldado el adeudo. La credencial de respaldo del vale quedará en el laboratorio como garantía.
12. Al finalizar la práctica el alumno deberá mantener limpio el salón, no dejando papeles o basura y colocar los bancos sobre la mesa, así como informar de cualquier anomalía durante su estancia en el laboratorio.

13. La persona que sea sorprendida maltratando, haciendo mal uso del mobiliario o instalaciones de laboratorio, será sancionada con la reparación del daño y lo que indique la legislación universitaria.
14. La calificación será numérica del 0 a 10, considerándose como mínima aprobatoria el 6.
15. Es obligación del profesor cubrir el 100 % de prácticas programadas.
16. Será responsabilidad del profesor de laboratorio dar a conocer a sus alumnos la calificación final obtenida.
17. Los profesores deberán entregar sus calificaciones a la jefatura de sección con la copia del formato FPE-FS-DEX-01-04 (listado de alumnos inscritos) de acuerdo al aviso de finalización de prácticas, FPE-FS-DEX-01-09.
18. Es requisito acreditar el laboratorio para que el profesor de teoría asiente la calificación.
19. La sección correspondiente proporcionará el listado final de calificaciones a los profesores de teoría, para considerar dichas calificaciones en la evaluación final de la asignatura.
20. Cuando el alumno no apruebe la parte teórica de la asignatura y acredite el laboratorio correspondiente, su calificación aprobatoria tendrá vigencia de dos semestres posteriores al que se haya cursado.
21. Para la presentación del examen extraordinario el alumno debe solicitar un comprobante de su calificación de laboratorio a la jefatura de sección correspondiente, si lo requiere el sinodal.
22. Quien haga uso de los laboratorios en la realización de proyectos académicos, acatará lo dispuesto en el presente reglamento y en el de Seguridad e higiene.
23. Situaciones no contempladas en este reglamento deberán acordarse por las partes involucradas y el departamento de Física.



# PRÁCTICAS DEL LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO PARA LA LICENCIATURA EN TECNOLOGÍA

- I. CARGA ELÉCTRICA, CAMPO Y POTENCIAL ELÉCTRICO (Unidad temática de licenciatura, I Electrostática).
- II. CAPACITANCIA Y ARREGLOS CAPACITIVOS (Unidad temática de licenciatura, II Corrientes eléctricas).
- III. RESISTENCIA Y RESISTIVIDAD (Unidad temática de licenciatura, II Corrientes eléctricas).
- IV. CIRCUITOS RESISTIVOS, LEY DE OHM Y LEYES DE KIRCHHOFF (Unidad temática de licenciatura, II Corrientes eléctricas).
- V. MAGNETISMO (Unidad temática de licenciatura, III Campo magnético).
- VI. LEY DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE FARADAY (Unidad temática de licenciatura, IV Inducción electromagnética).
- VII. OSCILACIONES ELECTROMAGNÉTICAS (Unidad temática de licenciatura, V Oscilaciones electromagnéticas).
- VIII. CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA (Unidad temática de licenciatura, VI Circuitos de corriente alterna).
- IX. ECUACIONES DE MAXWELL (Unidad temática de licenciatura, VII Ecuaciones de Maxwell).
- X. BIBLIOGRAFÍA (Se muestra una bibliografía general al final de las prácticas).



# PRÁCTICA 1

## CARGA ELÉCTRICA, CAMPO Y POTENCIAL ELÉCTRICO

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA I. ELECTROSTÁTICA

SUBTEMAS a), b), c), d), e) y f)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 1	

## INTRODUCCIÓN

En esta práctica se demostrarán las leyes de Coulomb, campo eléctrico y Gauss para campos eléctricos. Además se demostrará el concepto de superficies equipotenciales.

## OBJETIVOS

- Demostrar experimentalmente la forma de cargar y descargar un cuerpo eléctricamente.
- Observar el funcionamiento del electroscopio de láminas y del generador Van de Graaff.
- Observar la configuración del campo eléctrico debido a diferentes formas geométricas de cuerpos cargados.
- Determinar las superficies equipotenciales debidas a un campo eléctrico uniforme.
- Determinar el campo eléctrico a partir del gradiente de potencial.

## CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina los siguientes conceptos: carga eléctrica y ley de la conservación de la carga eléctrica.
2. La unidad de carga es el Coulomb, ¿a cuántos electrones equivale?
3. Los tres procedimientos para cargar un cuerpo eléctricamente son frotamiento, inducción y contacto. ¿En qué consiste cada procedimiento?
4. Charles Augustin Coulomb estableció la ley que cuantifica las fuerzas electrostáticas. Enuncie brevemente en qué consiste su experimento, establezca su ecuación e identifique cada término en ella.
5. Mencione el principio de funcionamiento de:
  - a. Un generador Van de Graaff de efecto corona.
  - b. Un generador Van de Graaff por fricción.
6. Defina el concepto de intensidad de campo eléctrico y establezca la expresión matemática debido a una carga puntual aislada.
7. Enuncie las características de las líneas de fuerza que representan un campo eléctrico y dibuje las líneas de campo eléctrico, debido a tres formas geométricas diferentes de cuerpos cargados uniformemente.
8. Se afirma que en el interior de un material conductor cargado el campo eléctrico es cero. Dé una explicación al respecto.

9. Defina el concepto de potencial eléctrico (voltaje) en función del campo eléctrico y establezca su ecuación.
10. La distribución del potencial eléctrico en un campo eléctrico puede representarse gráficamente por superficies equipotenciales. Describa las características de una superficie equipotencial y dibuje tres ejemplos.
11. Si se conoce la función de potencial eléctrico en cierta región del espacio, defina la ecuación que permite calcular el campo eléctrico en esa región (gradiente de potencial eléctrico). Dar su respuesta en coordenadas cartesianas.

## *CONCEPTOS NECESARIOS*

- Carga eléctrica y formas de cargar eléctricamente un cuerpo
- Ley de la conservación de la carga eléctrica
- Ley de los signos de las cargas eléctricas
- Ley de Coulomb
- Tipos de distribución de carga
- Campo y potencial eléctrico
- Superficies equipotenciales
- Gradiente de potencial

## *MATERIAL Y EQUIPO*

- Una piel de conejo
- Una barra de vidrio
- Un electroscopio de láminas
- Un generador Van de Graaff
- Una caja de acrílico con aceite comestible
- Electrodo: dos puntuales, cuatro placas planas, dos cilindros huecos
- Una caja de acrílico con arena cernida y húmeda

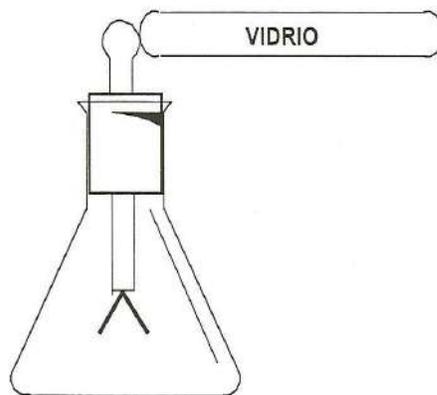
- Una fuente de poder
- Cables de conexión
- Un multímetro digital
- Dos esferas, una de cargas inducidas y otra de descarga
- Semillas de pasto
- Una regla de plástico graduada de 30 cm
- Un guante de látex
- Un soporte universal

## DESARROLLO

### *Formas de cargar un cuerpo eléctricamente*

- a) Explicación por parte del profesor del principio de funcionamiento del electroscopio de láminas.
- b) Frote la piel de conejo con la barra de vidrio y póngala en contacto con el electroscopio de láminas, como se muestra en la figura 1.1a.

Sugerencia: Usar el guante de látex para tomar la barra de vidrio.



**Figura 1.1a Electroscopio de láminas, carga por contacto**

1. Explique qué sucede con las hojas del electroscopio en el inciso b.

---

---

---

- c) Frote nuevamente la barra de vidrio con la piel de conejo y acérquela lentamente al electroscopio de láminas sin que se toque (figura 1.1b).

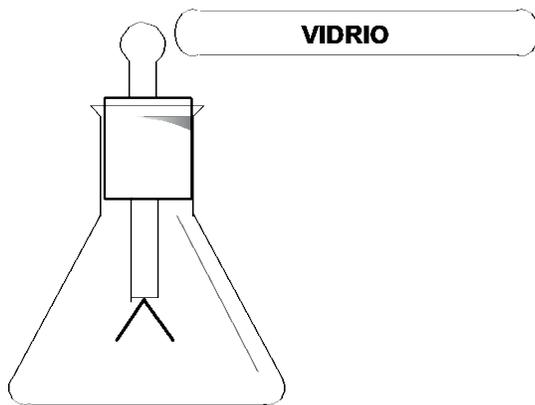


Figura 1.1b Electroscopio de láminas, carga por inducción

2. ¿Qué sucede con las hojas del electroscopio en el inciso c?

---

---

---

3. Con respecto a los incisos b y c, ¿qué formas de cargar un cuerpo observó? Explique.

---

---

---

### ***Operación del generador Van de Graaff***

- d) El instructor explicará el funcionamiento del generador Van de Graaff.
- e) Acerque la esfera de carga inducida al casco del generador Van de Graaff y aproxímela lentamente al electroscopio de láminas (Figura 1.2).



Figura 1.2 Generador Van de Graaff

4. En el generador Van de Graaff, ¿dónde se acumularon las cargas?

---

---

---

### ***Configuración del campo eléctrico***

f) Considerar el siguiente dispositivo (Figura 1.3).

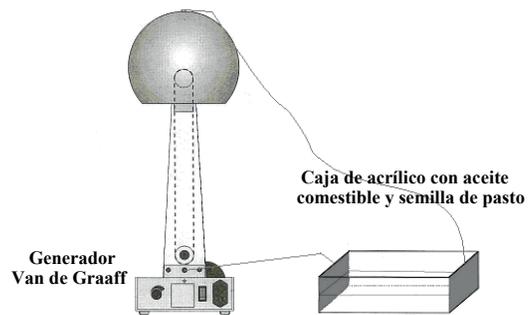


Figura 1.3 Configuración de campo eléctrico

- g) Coloque de manera correspondiente los siguientes electrodos en la caja de acrílico con aceite comestible.
- Un puntual (antes conecte al casco del generador).
  - Dos puntuales (conecte uno al casco del generador y el otro a la base del mismo).
  - Una placa plana (conecte al casco del generador).
  - Dos placas planas (conecte una al casco del generador y la otra a la base del mismo), añadiendo posteriormente un cilindro hueco entre ellas.
  - Un cilindro hueco (antes conecte éste al casco del generador).
5. Dibuje auxiliándose con líneas de fuerza, las configuraciones que representan al campo eléctrico debido a los electrodos utilizados en el inciso g.

Dibuje:

6. Compare sus configuraciones anteriores con las representaciones de su libro de texto, ¿qué concluye al respecto?

---

---

## Determinación de superficies equipotenciales debido a un campo eléctrico uniforme existente entre dos placas paralelas

h) Arme el dispositivo de la figura 1.4 y aplique un voltaje de 20 [VCD].

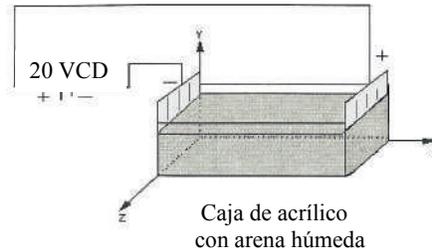
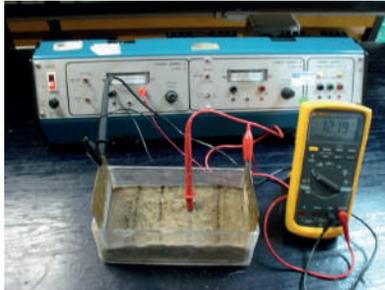


Figura 1.4 Superficies equipotenciales debido a un  $\vec{E}$  entre placas planas

**Nota:** Verifique que la arena esté húmeda y las placas libres de aceite.

i) Con ayuda del multímetro en la función de voltímetro, localice superficies equipotenciales entre las placas en donde el voltaje sea constante e igual a 4, 8, 12, 16 y 20 [VCD]. Anote sus resultados en la tabla 1.1.

Voltaje [V]	Distancia (eje x) [m]	Campo eléctrico [V/m]
4		
8		
12		
16		
20		

Tabla 1.1 Superficies equipotenciales debido a un  $\vec{E}$  entre placas planas

- Con los datos de la tabla 1.1 calcule el campo eléctrico para cada caso y concentre sus resultados en la misma.
- El campo eléctrico calculado en la tabla 1.1 ¿se comportó de manera uniforme? Explique.

---



---



---

- Represente en tres dimensiones, por medio de un diagrama, las superficies equipotenciales correspondientes a la tabla 1.1.

Dibuje:

10. ¿Qué sucede con el campo eléctrico respecto a los demás ejes en el inciso i)?

---



---



---

j) Introduzca un cilindro electrostático centrándolo en la caja de superficies equipotenciales según se muestra en la figura 1.5.

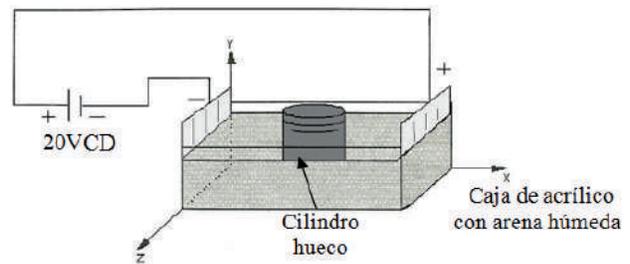
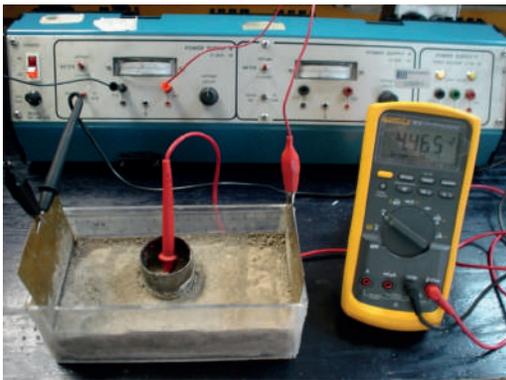


Figura 1.5 Superficies equipotenciales al insertar un cilindro

**Nota:** Verifique que la arena esté húmeda y el cilindro libre de aceite.

k) Con ayuda del multímetro en la función de voltímetro, mida en dos puntos diferentes dentro del cilindro y anote el valor en la siguiente tabla.

Lecturas	Voltaje
1	
2	

Tabla 1.2 Superficies equipotenciales con cilindro

Escriba sus conclusiones y comentarios de la práctica.

---



---



---



## PRÁCTICA 2

### CAPACITANCIA Y ARREGLOS CAPACITIVOS

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA II. CORRIENTES ELÉCTRICAS

SUBTEMAS b) y c)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 2	

## INTRODUCCIÓN

En esta práctica se analizarán los conceptos de capacitor y capacitancia, además de observar el comportamiento del capacitor en corriente directa.

## OBJETIVOS

- Distinguirá los diferentes tipos de capacitores y sus características.
- Verificará que los capacitores almacenan energía.
- Verificará la relación que cuantifica la carga y el voltaje en un arreglo de capacitores en sus diferentes tipos de conexión.

## CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de capacitancia eléctrica, además describa los elementos fundamentales que forman un capacitor.
2. ¿Cuántos tipos de capacitores existen? Dé una clasificación de acuerdo al material dieléctrico empleado entre sus placas, además indique cuáles son los capacitores polarizados y no polarizados.
3. ¿Cuál es el código de colores para los capacitores?
4. ¿Qué es un LED y cómo se conecta? Además dibuje su símbolo eléctrico.
5. Al conectarse un capacitor a las terminales de una batería de fuerza electromotriz (fem):
  - a. ¿Por qué cada placa adquiere una carga de la misma magnitud exactamente?
  - b. ¿En qué situación se considera que el capacitor adquirió su carga máxima?
6. Una vez que se ha cargado completamente un capacitor, ¿en dónde almacena su energía acumulada?
7. ¿Qué parámetros se deben cuidar para no dañar un capacitor?
8. Deduzca la relación que cuantifica un arreglo de capacitores en paralelo. ¿Qué relación guardan entre sí los voltajes entre placas de cada capacitor en este tipo de arreglos?
9. Deduzca la relación que cuantifica un arreglo de capacitores en serie. ¿Qué relación guardan entre sí las cargas en las placas de los capacitores en este tipo de arreglo?
10. Mencione tres aplicaciones de capacitores.

## CONCEPTOS NECESARIOS

- Capacitor y capacitancia
- Clasificación de capacitores
- Arreglo de capacitores en serie y paralelo
- Energía almacenada en los capacitores

## MATERIAL Y EQUIPO

- Un medidor de capacitancia
- Un capacitor de placas circulares
- Muestras circulares de madera, papel cascarón, hule y fibra de vidrio
- Un tablero con muestras de capacitores
- Una fuente de poder de CD
- Un multímetro
- Capacitores de 2200  $\mu\text{F}$  a 16V, 500 $\mu\text{F}$  a 50V, 100  $\mu\text{F}$  a 16V, 47  $\mu\text{F}$  a 16V y 22  $\mu\text{F}$  a 16V
- Un Capacitor de 22  $\mu\text{F}$  a 16V para prueba destructiva
- Una caja de acrílico
- Diez cables de conexión tipo bula
- Cables de conexión

## DESARROLLO

### ***Tipos de capacitores y sus características***

- a) Explicación por parte del profesor con ayuda del tablero de muestra de capacitores, de los diferentes tipos y sus características (Figura 2.1).

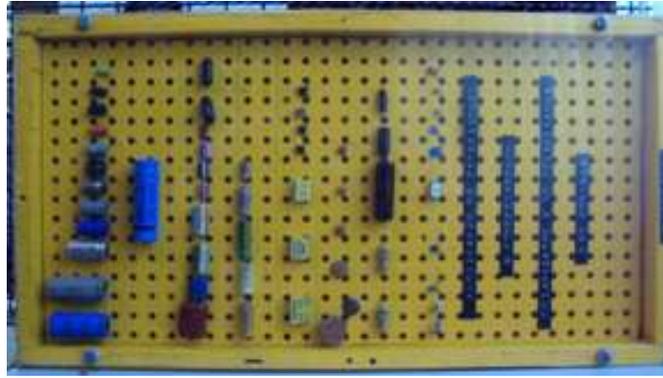


Figura 2.1 Tablero de capacitores

1. Con base a la explicación y a lo observado, ¿qué parámetros debe especificar el fabricante de un capacitor?

---

---

---

### ***Determinación de la permitividad del aire***

- b) Con ayuda del profesor, mida la capacitancia del capacitor de placas paralelas separadas 1mm, como se indica en la figura 2.2.

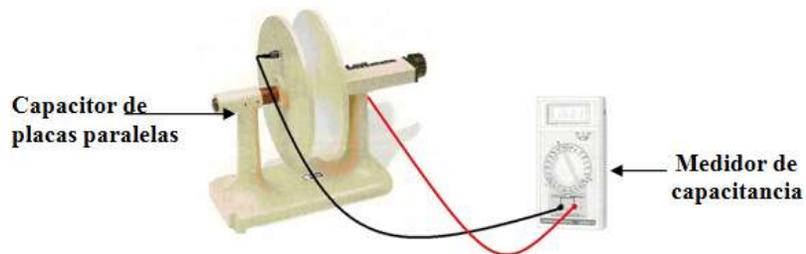


Figura 2.2 Medición de capacitancia

c) Obtenga los valores de capacitancia requeridos en la tabla 2.1.

d [mm]	C [F]	$\epsilon_0$ (aire)
1		
2		
3		
4		
5		

Tabla 2.1 Constante de permitividad eléctrica

**Nota:** Para calcular la constante de permitividad eléctrica del aire, considere que el diámetro de las placas circulares es de 25.4cm.

2. Con los valores obtenidos en la tabla 2.1, determine el valor de la permitividad del aire y compárelo con la permitividad del vacío.

---



---



---

### Determinación de las constantes dieléctricas

d) Haciendo referencia a la figura 2.2, coloque entre las placas del capacitor: madera, papel cascarón, hule y fibra de vidrio (una a la vez); midiendo la capacitancia en cada caso, primero con dieléctrico y luego sin él, conservando la distancia al sacar el dieléctrico. Concentre sus mediciones en la tabla 2.2.

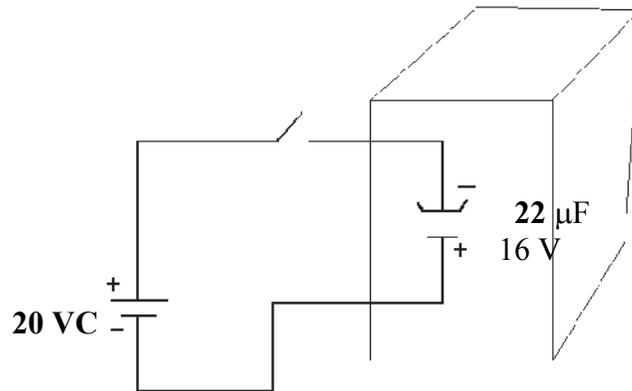
Material	C (con dieléctrico)	C (con aire)	Kr
Madera			
Papel cascarón			
Hule			
Fibra de vidrio			

Tabla 2.2 Constantes dieléctricas

3. Atendiendo a las mediciones de la tabla 2.2, calcule la constante dieléctrica de cada muestra, anotando sus resultados en la misma.
- 
- 
- 

### ***Prueba destructiva de capacitores***

- e) Arme el circuito de la figura 2.3, observe que en la conexión de la polaridad del capacitor está invertida y además tiene un voltaje mayor al voltaje de trabajo. Antes de energizar el circuito debe estar puesta la caja de acrílico.
- f) Energice el circuito, déjelo conectado por un lapso de tiempo y observe lo que sucede.



**Figura 2.3 Prueba destructiva de capacitor**

4. ¿Por qué debemos respetar el valor del voltaje y la polaridad especificados en los capacitores, cuánto tardó el capacitor en explotar?
- 
- 
- 

### ***Almacenamiento de energía en un capacitor***

- g) Verifique que el capacitor de  $2200 \mu\text{F}$  se encuentre descargado y posteriormente conéctelo a la fuente de poder, como se indica en la figura 2.4.

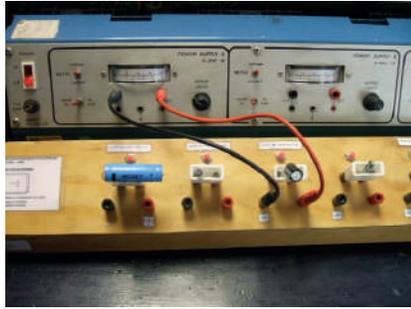


Figura 2.4 Energización de un capacitor

- h) Desconecte el capacitor, teniendo cuidado de no tocar sus terminales y conéctelo a las terminales del voltímetro según se muestra en la figura 2.5.

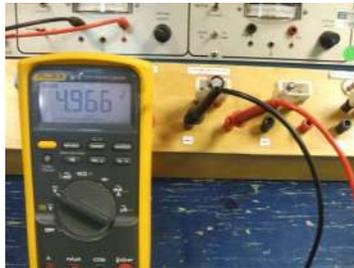


Figura 2.5 Desenergización de un capacitor

5. De acuerdo a lo sucedido, explique por qué el voltímetro marca un voltaje al conectarse al capacitor.

---



---



---

### Circuitos con capacitores

- i) Arme el circuito de la figura 2.6, cuidando la polaridad de los capacitores.

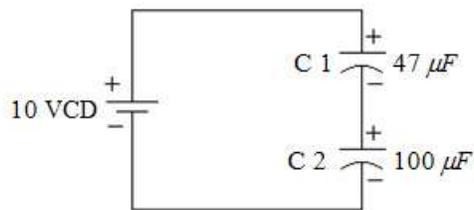


Figura 2.6 Capacitores en serie

- j) Mida el voltaje en los capacitores  $C_1$  y  $C_2$ , anotando los valores obtenidos en la tabla 2.3.
- k) Arme el circuito de la figura 2.7.

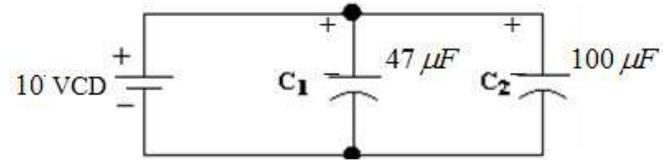
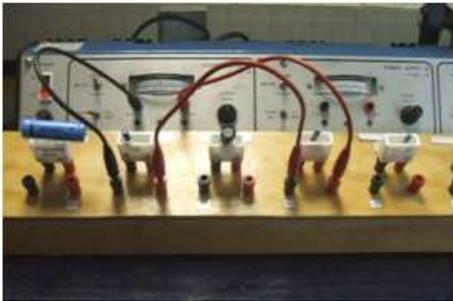


Figura 2.7 Capacitores en paralelo

- l) Mida el voltaje en cada capacitor  $C_1$  y  $C_2$  y concentre sus resultados en la tabla 2.3.
- m) Arme el circuito de la figura 2.8.

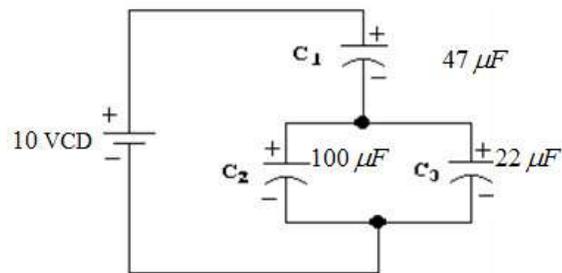
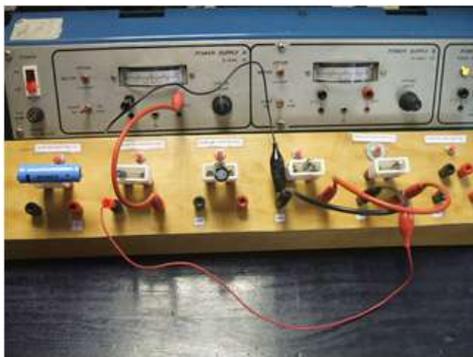


Figura 2.8 Capacitores serie-paralelo

- n) Mida el voltaje en cada capacitor  $C_1$ ,  $C_2$  y  $C_3$ , concentrando sus resultados en la tabla 2.3.

Circuito	$V_{C1}$ [V]	$V_{C2}$ [V]	$V_{C3}$ [V]
Figura 2.6			
Figura 2.7			
Figura 2.8			

Tabla 2.3 Concentrado de voltajes en capacitores

- 6. A partir de la tabla 2.3, diga si se cumple o no la relación de carga igual en capacitores en serie y justifique su respuesta con cálculos.

---



---



---

Cálculos:

7. Para capacitores conectados en paralelo el voltaje es igual entre sus terminales. De acuerdo a los valores de la tabla 2.3, ¿se cumple para los circuitos de las figuras 2.7 y 2.8?

---

---

---

8. De acuerdo a las mediciones de la figura 2.4 y 2.5, ¿en qué circuito se almacena una mayor energía? Justifique su respuesta con cálculos.

---

---

---

Cálculos:

Escriba sus conclusiones y comentarios de la práctica.

---

---

---



## PRÁCTICA 3

### RESISTENCIA Y RESISTIVIDAD

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA II. CORRIENTES ELÉCTRICAS

SUBTEMA b)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 4	

## INTRODUCCIÓN

En esta práctica se demostrarán los elementos que intervienen para la definición de resistencia y resistividad.

## OBJETIVO

- Verificar la dependencia de la resistencia respecto a la longitud, el área de sección transversal, resistividad y temperatura.

## CUESTIONARIO PREVIO

1. ¿Qué características nominales proporciona el fabricante de una resistencia óhmica?
2. Defina los conceptos: conductividad eléctrica y resistividad eléctrica.
3. ¿De qué parámetros geométricos y físicos depende la resistencia óhmica de un alambre conductor? Indique la ecuación de resistencia óhmica en función de estos parámetros.
4. Defina el concepto densidad de corriente eléctrica y escriba su expresión correspondiente.
5. Escriba la expresión matemática de variación de la resistencia con respecto a la temperatura y defina cada término.

## CONCEPTOS NECESARIOS

- Resistencia óhmica
- Resistividad y conductividad
- Variación de la resistencia con respecto a la temperatura

## MATERIAL Y EQUIPO

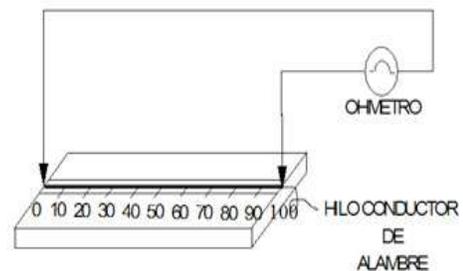
- Dos multímetros
- Una fuente de poder
- Cables de conexión
- Un hilo conductor de alambre con su base
- Un tablero con conductores de alambre magneto de diferentes calibres

- Un termistor
- Una parrilla
- Un soporte universal y sus accesorios
- Un vaso Pírex
- Un termómetro digital y/o de bulbo de mercurio
- Un vernier

## DESARROLLO

### ***Medición de la resistencia óhmica en función de la longitud del conductor***

a) Conecte los elementos como se muestra en la figura 3.1.



**Figura 3.1** Medición de la resistencia óhmica en función de la longitud

b) De acuerdo a la tabla 3.1, mida la resistencia óhmica en cada caso y concentre los resultados en la misma.

Longitud [cm]	Resistencia [ $\Omega$ ]
0	
10	
20	
30	
40	
50	

60	
70	
80	
90	
100	

**Tabla 3.1 Resistencia óhmica en función de la longitud**

1. Realice una gráfica de resistencia contra longitud a partir de los valores obtenidos en la tabla 3.1.

Dibuje:

2. ¿Qué relación nos muestra la gráfica y la tabla 3.1, respecto a resistencia contra longitud?

---



---



---

### ***Determinación de la resistencia óhmica en función del área de sección transversal del alambre conductor***

- c) Mida el diámetro de sección transversal de los conductores, llene las columnas correspondientes al diámetro y al área en la tabla 3.2.
- d) Mida la resistencia óhmica de cada uno de los conductores contenidos en el tablero (Figura 3.2) y concentre sus valores obtenidos en la tabla 3.2.

***Nota: Los diámetros considerados son sin aislante.***

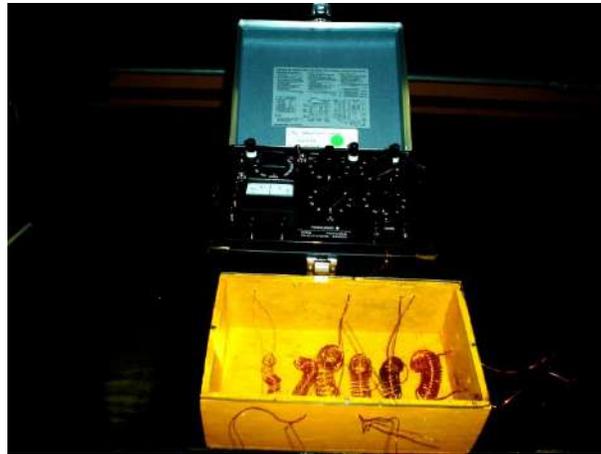


Figura 3.2 Medición de la resistencia óhmica de conductores de diferentes calibres

Calibre	Diámetro	Área	Resistencia
#	[mm]	[mm <sup>2</sup> ]	[Ω]
15			
22			
30			

Tabla 3.2 Resistencia óhmica en función del área de sección transversal

3. ¿Coinciden los datos obtenidos de diámetro y área de los conductores, con la tabla de datos del fabricante de conductores de cobre?

---



---



---

4. Con los valores de la tabla 3.2 realice una gráfica de resistencia contra área.

Dibuje:

5. ¿Qué relación de proporcionalidad observa a partir de la gráfica elaborada en la pregunta 9?

---



---



---

**Determinación de la resistencia respecto a la conductividad de los materiales**

e) Conecte las minas una a la vez como se muestra en la figura 3.3.

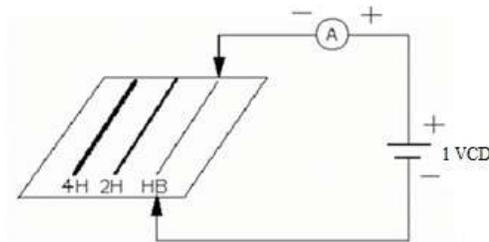


Figura 3.3 Medición de conductividad y resistividad eléctrica

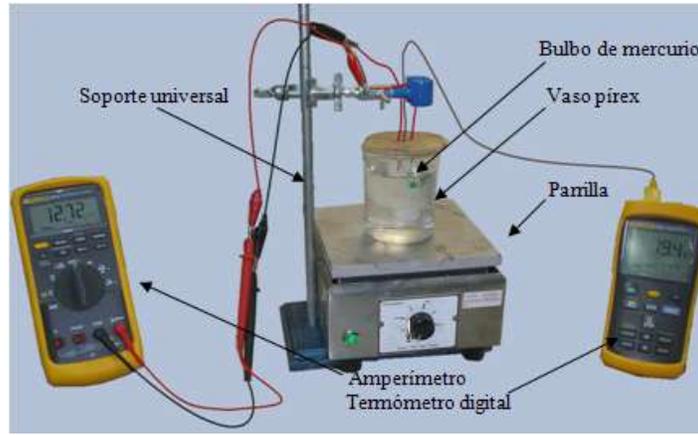
f) Aplique una diferencia de potencial de 1 [V] a cada una de las minas de carbón, mida la intensidad de corriente eléctrica y concentre sus mediciones en la tabla 3.3 calculando lo que se indica.

Minas de Carbón	Longitud [m]	Diámetro [m]	Área [m <sup>2</sup> ]	Corriente [A]	Densidad de Corriente [A/m <sup>2</sup> ]	Campo Eléctrico. [V/m]	Resistividad [Ω·m]	Conductividad [1/Ω·m]
HB								
2H								
4H								

Tabla 3.3 Conductividad y resistividad eléctrica

### ***Determinación de la resistencia debido a la variación de la temperatura***

- g) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 3.4 cuidando de ubicar el sensor de temperatura junto al termistor.



**Figura 3.4 Resistencia en función de la temperatura**

- h) Con el multímetro usado como óhmetro, tome el valor de la resistencia del termistor de acuerdo a los valores de temperatura de la tabla 3.4 y concentre sus resultados en la misma.

T [°C]	R [Ω]
Temperatura inicial	
30	
35	
40	
45	
50	
55	
60	
65	
70	
80	
90	

**Tabla 3.4 Resistencia en función de la temperatura**

6. Elabore una gráfica de resistencia contra temperatura con los datos de la tabla 3.4.

Dibuje:



7. En el caso de un conductor, ¿cómo varía la resistencia en función de la temperatura y por qué?

---

---

---

Escriba sus comentarios y conclusiones de la práctica.

---

---

---

## PRÁCTICA 4

# CIRCUITOS RESISTIVOS, LEY DE OHM Y LEYES DE KIRCHHOFF

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA II. CORRIENTES ELÉCTRICAS

SUBTEMAS b) y c)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

<b>ALUMNO</b>	<b>NÚMERO DE CUENTA</b>	<b>GRUPO</b>
<b>PROFESOR</b>		<b>FIRMA</b>

<b>CONCEPTO</b>	<b>CALIFICACIÓN</b>
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 4	

## INTRODUCCIÓN

En esta práctica se demostrarán las leyes de Kirchhoff y la ley de Ohm, observando su importancia en el análisis de circuitos de corriente directa.

## OBJETIVOS

- Aplicar el método del Puente de Wheatstone para medición de resistencia óhmica.
- Aplicar el método de caída de potencial (Ley de Ohm), para medición de resistencia óhmica.
- Verificar experimentalmente las leyes de Kirchhoff aplicadas a circuitos de corriente directa.

## CUESTIONARIO PREVIO

1. Enuncie la ley de Ohm en su forma escalar, describiendo sus variables y unidades correspondientes.
2. Los valores de resistencia óhmica se pueden obtener a través de un código de colores. Investigue y muestre en una tabla el mismo.
3. Enuncie la ley de corrientes de Kirchhoff, así como su expresión matemática.
4. Enuncie la ley de voltajes de Kirchhoff, así como su expresión matemática.
5. ¿Qué características nominales proporciona el fabricante de una resistencia óhmica?

## CONCEPTOS NECESARIOS

- Resistencia óhmica
- Ley de Ohm en su forma vectorial y escalar
- Caída de potencial
- Puente de Wheatstone
- Leyes de Kirchhoff

## MATERIAL Y EQUIPO

- Dos multímetros
- Un puente de Wheatstone
- Una fuente de poder
- Tres resistencias (100  $\Omega$ , 2.7 K $\Omega$ , 47 K $\Omega$ , todas a 1/2 W)
- Cables de conexión

## DESARROLLO

### *Medición de resistencia óhmica por diferentes métodos*

#### Código de colores

- a) Usando el código de colores (Figura 4.1) identifique los valores de tres resistencias y concentre los resultados en la tabla 4.1.

Color de la banda	Valor de la 1ª cifra significativa	Valor de la 2ª cifra significativa	Multiplicador	Tolerancia
Negro	-	0	1	
Marrón	1	1	10	±1%
Rojo	2	2	100	±2%
Naranja	3	3	1 000	
Amarillo	4	4	10 000	
Verde	5	5	100 000	
Azul	6	6	1 000 000	
Violeta	7	7	-	
Gris	8	8	-	
Blanco	9	9	-	
Dorado	-	-	0,1	±5%
Plateado	-	-	0,01	±10%
Ninguno	-	-	-	±20%

Figura 4.1 Código de colores para resistencias de carbón

## Equipo puente de Wheatstone

b) El profesor describirá el uso y manejo del equipo puente de Wheatstone (Figura 4.2).



Figura 4.2 Equipo puente de Wheatstone

c) Realice con el puente de Wheatstone la medición de las tres resistencias indicadas en la tabla 4.1 y concentre sus resultados en la misma.

## Óhmetro

d) Utilice el multímetro en su función de óhmetro (Figura 4.3) para medir las mismas resistencias anteriores y concentre sus valores en la tabla 4.1.

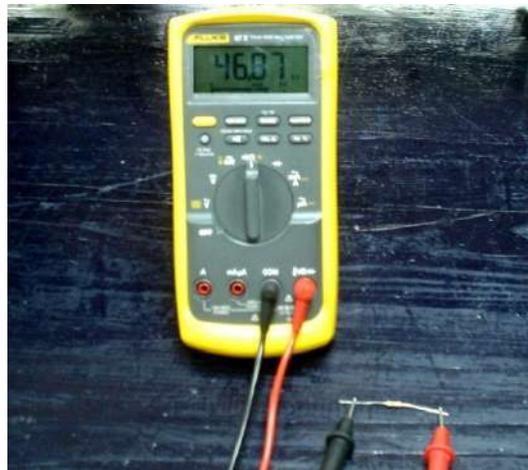


Figura 4.3 Medición de resistencia con multímetro

Resistencia	Código de colores [Ω]	Puente de Wheatstone [Ω]	Ohmetro [Ω]
R1 = 100 W			
R2 = 2.7 KW			
R3 = 47 KW			

Tabla 4.1 Medición de resistencia óhmica

1. ¿Qué condiciones se deben cumplir para medir el valor de la resistencia desconocida por medio del puente de Wheatstone?

---



---



---

- e) Arme el circuito de la figura 4.4 considerando las resistencias empleadas en el inciso a una a la vez.

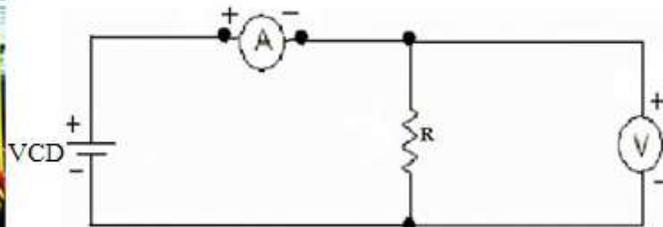


Figura 4.4 Medición de resistencia por potencial inducido

- f) Alimente el circuito de la figura 4.4 con el voltaje indicado para cada resistencia y realice mediciones de intensidad de corriente. Concentre sus resultados en la tabla 4.2.

Resistencia	Voltaje [V]	Corriente [A]	Resistencia [Ω]
R1 = 100 W	5		
R2 = 2.7 KW	20		
R3 = 47 KW	20		

Tabla 4.2 Cálculo de resistencia por potencial inducido

2. Aplicando la ley de Ohm, encuentre el valor para cada una de las resistencias de la tabla 4.2 y concentre sus resultados en la misma.
3. ¿Con qué método obtuvo mayor exactitud en la medición de resistencia óhmica? (Tome como referencia el valor obtenido por código de colores, sin considerar la tolerancia).

### Potencia eléctrica en una resistencia

g) Arme el circuito mostrado en la figura 4.5.

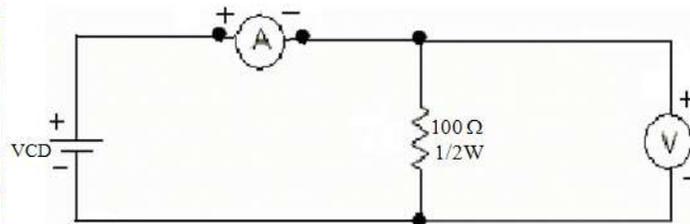


Figura 4.5. Potencia eléctrica en una resistencia

h) Para cada caso de voltaje indicado en la tabla 4.3 mida la corriente eléctrica y concentre sus mediciones en la misma.

Voltaje	Corriente	Potencia
[V]	[A]	[W]
2		
4		
6		
8		
10		

Tabla 4.3 Potencia eléctrica

4. Tomando los valores de corriente y voltaje de la tabla 4.4, calcule la potencia y concentre sus resultados en la misma. ¿Coincide la potencia calculada con la especificada por el fabricante? Explique.

---



---



---

5. Realice una gráfica de voltaje contra corriente tomando como referencia los valores obtenidos en la tabla 4.3.

Dibuje:

### Circuitos de corriente directa y leyes de Kirchhoff

- i) Arme el circuito mostrado en la figura 4.6.
- j) Realice mediciones de voltaje y corriente de acuerdo a la tabla 4.4 y concentre sus mediciones en la misma.

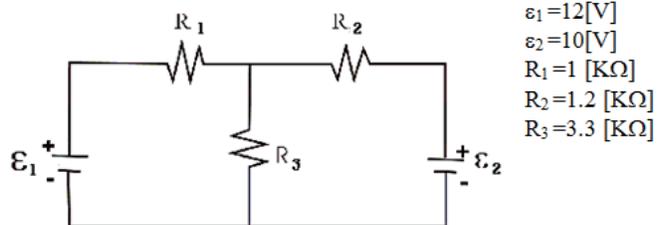


Figura 4.6 Circuito resistivo serie-paralelo, con dos FEMs

Resistencia	Corriente [A]	Voltaje [V]
$R_1$		
$R_2$		
$R_3$		

Tabla 4.4 Medidas de intensidad de corriente y caída de voltaje

6. Con los valores indicados en el circuito de la figura 4.6 encuentre de manera teórica la intensidad de corriente y el voltaje para cada resistencia.

---

---

---

7. ¿Qué concluye respecto a los valores obtenidos experimentalmente y teóricamente en el circuito de la figura 4.6?

---

---

---

Escriba sus comentarios y conclusiones de la práctica.

---

---

---

# PRÁCTICA 5

## MAGNETISMO

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA III. CAMPO MAGNÉTICO

SUBTEMAS IV.1, IV.2, IV.3, IV.4 y IV.5

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 8	

## INTRODUCCIÓN

En esta práctica se partirá de los conceptos elementales del magnetismo, para establecer de manera experimental la ley de Ampère.

## OBJETIVOS

- El alumno observará configuraciones de campo magnético debido a imanes de diferente forma geométrica, también la de una corriente eléctrica que circula en un hilo conductor de forma rectilínea y de un solenoide.
- Observará la relación de la fuerza magnética entre los polos de un imán y los producidos por un electroimán.
- Aprenderá a utilizar el teslametro para la medición de campo magnético.
- Clasificará los materiales utilizados según sea el caso en diamagnéticos, paramagnéticos o ferromagnéticos.

## CUESTIONARIO PREVIO

1. Defina el concepto de magnetismo y enuncie algunas fuentes de campo magnético estacionario.
2. Enuncie las características más relevantes de las líneas de fuerza que representan un campo magnético estacionario. Además, dibuje auxiliándose por medio de líneas de fuerza la configuración de campo magnético debido a un imán recto y uno en forma de U.
3. Describa el experimento de Oersted y la regla de la mano derecha para establecer la dirección del campo magnético.
4. Enuncie la ley de Ampere así como su expresión matemática.
5. Defina qué significa Diamagnetismo.
6. Defina qué significa Paramagnetismo.
7. Defina qué significa Ferromagnetismo.
8. Deduzca la expresión matemática que relaciona el campo magnético generado en el núcleo del solenoide con la corriente eléctrica que fluye en el mismo y describa sus características.
9. Indique las unidades de campo magnético  $\vec{H}$  y el de inducción magnética  $\vec{B}$  así como la expresión que relaciona ambas.
10. Defina el fenómeno de histéresis en los materiales ferromagnéticos.

## CONCEPTOS NECESARIOS

- Campo magnético
- Características de las líneas de inducción magnética
- Experimento de Oersted
- Ley de Ampere
- Fuerza magnética
- Propiedad magnética de la materia
- Diamagnetismo
- Paramagnetismo
- Ferromagnetismo

## MATERIAL Y EQUIPO

- Un solenoide
- Tres núcleos (aluminio, cobre, hierro)
- Un medidor de campo magnético (teslametro)
- Una fuente de poder de 0-30 VCD; 10 A
- Dos imanes de barra rectos
- Dos imanes tipo dona
- Un imán en forma de U (herradura)
- Un dispositivo de Oersted
- Limadura de hierro
- Cuatro brújulas
- Cables para conexión

- Una regla graduada
- Una hoja de papel nueva
- Un salero

## DESARROLLO

### ***Configuraciones de campo magnético***

- a) Coloque el imán de barra horizontalmente sobre la mesa de trabajo, a continuación sobre él ponga una hoja de papel y rocíe limadura de hierro finamente con el salero de manera uniforme.
1. Dibuje la forma de las líneas de campo magnético producidas en el plano de la hoja por el imán recto. ¿Qué concluye al respecto?



- b) Repita el procedimiento indicado en el inciso a, utilizando el imán en forma de U.
2. Dibuje la forma de las líneas de campo magnético producidas en el plano de la hoja por el imán en U. ¿Qué concluye al respecto?



- c) Coloque dos imanes de barra como se indica en la figura 5.1. Para cada caso ponga una hoja sobre ellos y rocíe finamente limadura de hierro.

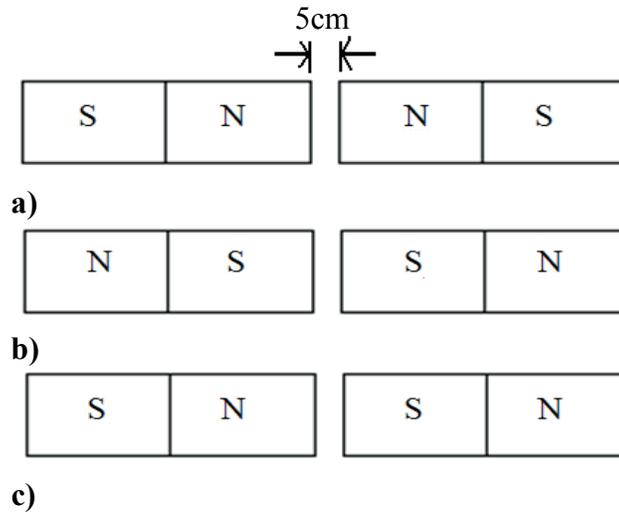


Figura 5.1 Imanes permanentes

3. Dibuje las líneas de campo magnético producido en el plano de la hoja por los dos imanes del inciso c en cada posición.



### ***Experimento de Oersted***

- d) Utilizando el dispositivo de Oersted, coloque cuatro brújulas en la base de acrílico alrededor del hilo conductor en un radio de aproximadamente 3 cm, como se muestra en la figura 5.2 (cerciórese antes de que todas las brújulas señalen en dirección del norte geográfico).

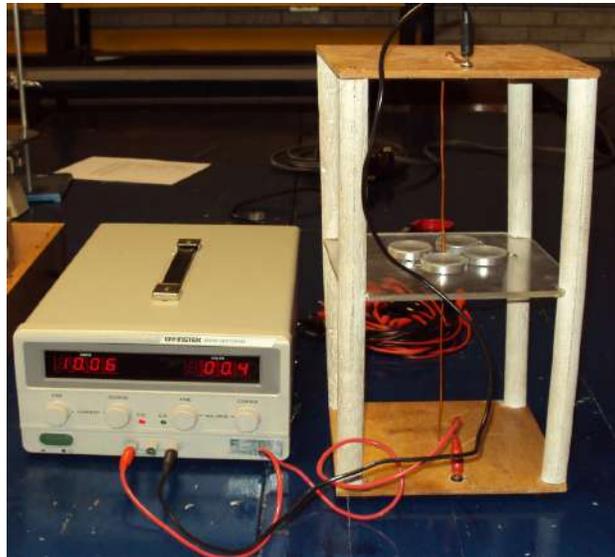


Figura 5.2 Dispositivo de Oersted

- e) Ajuste la fuente de poder hasta obtener una corriente eléctrica de 5A aproximadamente y observe el sentido del campo magnético indicado por las brújulas.
4. Auxíliese con las brújulas para obtener la configuración del campo magnético del alambre conductor utilizado en el inciso e. ¿Qué concluye al respecto?

5. Si invierte el sentido de la corriente, ¿cuáles serían sus conclusiones respecto a las líneas de fuerza en el inciso e?

---



---

6. La dirección del campo magnético indicada por las brújulas en el inciso e, ¿coincide con la regla de la mano derecha?

---



---

- f) Conecte la fuente de poder al solenoide como se muestra en la figura 5.3 y ajuste el voltaje hasta tener una corriente de 1.5A. A continuación coloque las brújulas alrededor.

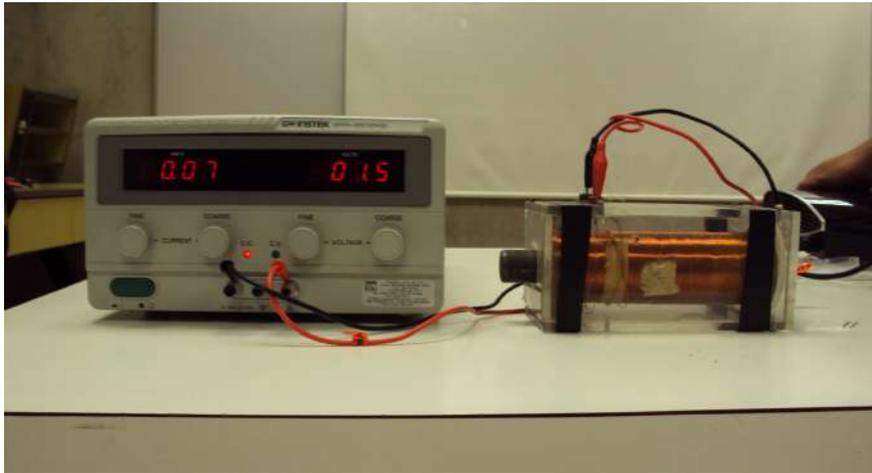


Figura 5.3 Electroimán

7. Dibuje la configuración de campo magnético auxiliándose por medio de líneas de fuerza observadas en el inciso anterior.



- g) El profesor explicará el uso y manejo del teslametro (Figura 5.4), para medición de campo magnético.



Figura 5.4 Teslametro

- h) Arme el dispositivo que se muestra en la figura 5.5. Asegúrese que la punta de la sonda del teslametro quede en el centro de la bobina bien fija y aproximadamente a 1mm por arriba del entrehierro.

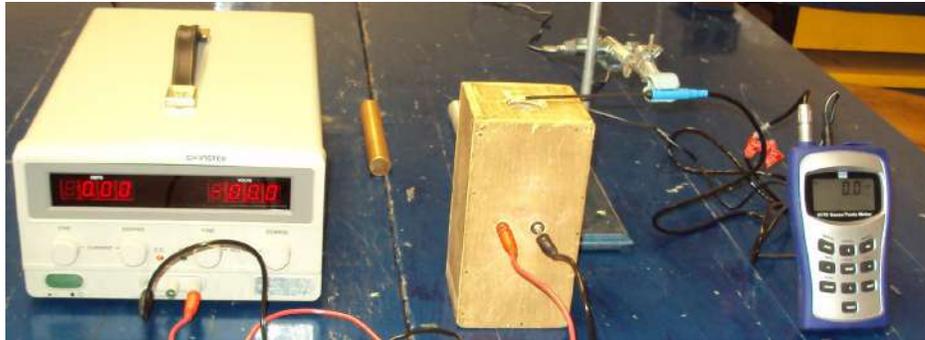


Figura 5.5 Medición del campo magnético de un solenoide

- i) Para llevar a cabo el experimento es conveniente que siga el orden siguiente: hierro, aluminio, cobre y aire.
- j) Coloque el hierro dentro de la bobina (Figura 5.6).

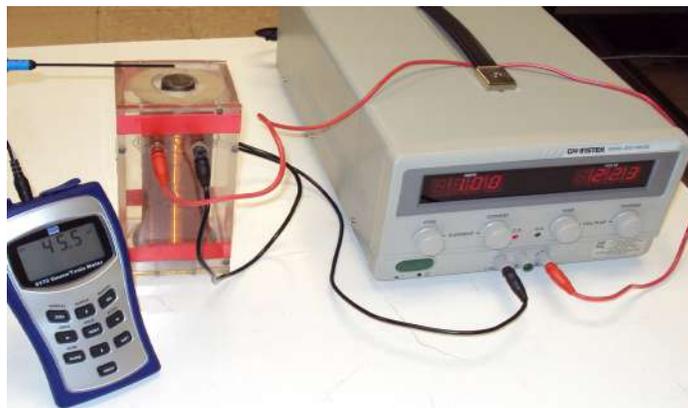


Figura 5.6 Medición de campo magnético de un solenoide con entrehierro

- k) Ajuste la fuente de alimentación hasta obtener la intensidad de corriente que se indica la tabla 5.1 y concentre los resultados en la misma.

**Notas:**

- *Durante la toma de lecturas evite usar anillos, relojes o adornos metálicos.*
- *Evite cambiar de núcleo cuando esté pasando corriente.*

- *Se recomienda realizar las lecturas sin cambiar la escala en lo posible.*
  - *Las tomas de lectura con aire deben realizarse en el menor tiempo posible, pues sin núcleo la bobina sufre un calentamiento excesivo.*
- l) Para cada uno de los núcleos se repite el procedimiento a partir del inciso e, al cambiar el núcleo calibre nuevamente el teslametro y concentre sus lecturas en la tabla 5.1.

I [A]	Campo magnético (B)			
	[mT]			
	Hierro	Aluminio	Cobre	Aire
0.0				
0.2				
0.4				
0.6				
0.8				
1.0				
1.2				

Tabla 5.1

8. Para cada uno de los núcleos (incluyendo el aire), realice una gráfica con la variable independiente en el eje de las abscisas y con la variable dependiente en el de las ordenadas. Use papel milimétrico.
9. Calcule la permeabilidad relativa de cada uno de los materiales en las unidades adecuadas.

$$\mu_r = \frac{|\vec{B}|}{|\vec{B}_o|}$$

B = Inducción del campo magnético en el material

Bo = Inducción del campo magnético en el aire

10. Clasifique magnéticamente los núcleos y corrobore con los libros de texto. Escriba sus observaciones y conclusiones de la práctica.

---



---



---



## PRÁCTICA 6

# LEY DE LA INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA DE FARADAY

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA IV. INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

SUBTEMAS a), b) y c)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 9	

## *INTRODUCCIÓN*

En esta práctica se demostrará la ley de Faraday-Lenz, principalmente en su aplicación a transformadores monofásicos.

## *OBJETIVOS*

- Demostrar la ley de inducción de Faraday.
- Conocer el transformador como elevador o reductor de voltaje.

## *CUESTIONARIO PREVIO*

1. Defina la ley de inducción Electromagnética de Faraday.
2. Defina la ley de Lenz.
3. Enuncie el principio básico del transformador eléctrico.
4. Enuncie el principio básico del generador de corriente alterna (C.A.).
5. Defina el concepto de inductancia.

## *CONCEPTOS NECESARIOS*

- Inducción Electromagnética
- Ley de Lenz
- Principio básico del transformador
- Inductancia

## *MATERIAL Y EQUIPO*

- Una bobina de 1000 espiras
- Dos bobinas de 250 espiras
- Un núcleo de hierro en forma de “U”

- Dos multímetros
- Cables de conexión
- Un variac

## DESARROLLO

### **Principio básico del transformador eléctrico**

a) Coloque una bobina de 250 espiras y aliméntela con 20 V, coloque otra bobina a 5 centímetros de distancia con un voltímetro en sus terminales sin el núcleo de hierro.

1. ¿Qué voltaje marca el voltímetro?

---

---

2. Si acerca las bobinas hasta tocarse, ¿cuál es ahora el valor del voltaje?

---

---

b) Coloque ahora el núcleo de hierro sin cerrar (formando una U) y en cada brazo coloque una bobina.

3. ¿Cuál es el nuevo valor de voltaje?

---

---

### **Transformador regulador o unitario**

c) Cierre ahora la trayectoria del hierro armando el circuito mostrado en la figura 6.1 empleando las bobinas iguales de 250 espiras.

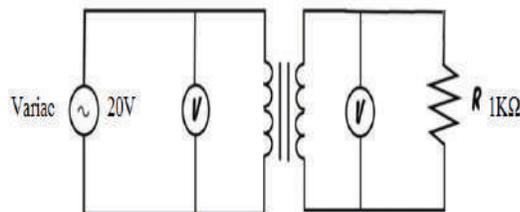


Figura 6.1 Transformador regulador

- d) Mida el voltaje en el primario en vacío.
- e) Mida el voltaje en el secundario en vacío.
- f) Anote los datos obtenidos en la tabla 6.1.

Circuito	Voltaje [V]	
	Primario	Secundario
En vacío		

Tabla 6.1 Transformador regulador

4. ¿Se verificó el fenómeno de inducción electromagnética del circuito primario al secundario?
- 
- 

### ***Transformador reductor de voltaje***

- g) Reemplazar en el circuito primario de la figura 6.1, la bobina de 250 espiras por una de 1000 espiras.
- h) Realice las mediciones de la misma forma en que lo hizo en el experimento anterior y anote los resultados en la tabla 6.2.

Circuito	Voltaje [V]	
	Primario	Secundario
En vacío		

Tabla 6.2 Transformador reductor

5. ¿Se comprobó la acción transformadora?
- 
- 

### ***Transformador elevador de voltaje***

- i) Realice las mismas mediciones que los experimentos anteriores, pero ahora colocando la bobina de 250 espiras en el primario y la de 1000 espiras en el secundario y anote los resultados en la tabla 6.3.

Circuito	Voltaje [V]	
	Primario	Secundario
En vacío		

Tabla 6.3 Transformador elevador

6. Con los datos de los experimentos realizados, llene la tabla 6.4 y calcule el voltaje del secundario y los flujos magnéticos para cada caso.

Transformador	$N_1$	$N_2$	$a$	$V_1(t)$	$V_2(t)$		$\phi B1$	$\phi B2$
					Exp.	Teóricos	Maxwell	Maxwell
Básico								
Reductor								
Elevador								

Tabla 6.4 Comparativo de datos

7. ¿Qué factores cree que intervengan respecto de sus resultados teóricos y experimentales?

---



---



---

Escriba sus comentarios y conclusiones de la práctica.

---



---



---



# PRÁCTICA 7

## OSCILACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA V. OSCILACIONES ELECTROMAGNÉTICAS

SUBTEMAS a) y b)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 5	

## *INTRODUCCIÓN*

En esta práctica se utilizará el osciloscopio como herramienta para entender el concepto de oscilaciones electromagnéticas.

## *OBJETIVOS*

- Capacitar al alumno en el uso y manejo del osciloscopio.
- Realizar mediciones de los parámetros de los diferentes tipos de onda usando el osciloscopio.

## *CUESTIONARIO PREVIO*

1. Describa brevemente el principio básico del osciloscopio.
2. ¿Qué diferencias existen entre los osciloscopios analógicos y digitales?
3. ¿Qué tipo de mediciones se pueden realizar con el osciloscopio?
4. Mencione algunas aplicaciones en donde se requiere el uso del osciloscopio.
5. Mencione las características de voltaje de corriente alterna.
6. Para una señal periódica defina los conceptos de amplitud, periodo y frecuencia.
7. Dibuje algunas formas de onda periódicas.

## *CONCEPTOS NECESARIOS*

- Señales de C.A.
- Voltaje eficaz y voltaje pico a pico
- Frecuencia y periodo

## *MATERIAL Y EQUIPO*

- Dos osciloscopios y accesorios (un digital y un analógico)
- Un Multímetro
- Un generador de señales

- Una fuente escalonada
- Cables de conexión

## DESARROLLO

### *Osciloscopio analógico*

- a) El profesor explicará el funcionamiento y uso del osciloscopio analógico.



Figura 7.1 Osciloscopio analógico

### *Determinación de la frecuencia mediante la medición del periodo*

- b) Conecte la señal de salida ( $50\Omega$ ) del generador de señales a la entrada del osciloscopio, como se muestra en la figura 7.2.



Figura 7.2 Conexión del generador de señales al osciloscopio

- c) Obtenga una señal senoidal con un voltaje de salida de  $2.5 [V_p]$ , para cada una de las frecuencias indicadas en la tabla 7.1, midiendo el periodo y concétrele en la misma.

Frecuencia de entrada [Hz]	Periodo[s]	Frecuencia calculada [Hz]
1000		
2000		
3000		

Tabla 7.1 Medición de periodo y frecuencia

- Atendiendo a los valores del periodo registrados en la tabla 7.1, determine la frecuencia.

---



---



---

### Medición de ondas de C.A.

- Conecte la señal de salida de C.A. de la fuente escalonada a la entrada del osciloscopio como se muestra en la figura 7.3.



Figura 7.3 Medición de onda de C.A.

- De acuerdo a los valores dados en la tabla 7.2, mida los voltajes:  $V_p$  y  $V_{pp}$  y regístrelos en la misma.
- Mida el valor eficaz con el multímetro para cada uno de los valores dados en la tabla 7.2 y regístrelo en la columna correspondiente.

Señal senoidal de corriente alterna [V]	Voltaje pico (Vp) [V]	Voltaje pico a pico (Vpp) [V]	Valor eficaz medido [V]	Valor eficaz calculado [V]
2				
4				
6				
8				
10				

Tabla 7.2 Medición de voltaje de corriente alterna

2. Calcule el valor eficaz pedido en la tabla 7.2.

---



---



---

3. ¿Difieren los valores de voltaje eficaz medido y calculado en la tabla 7.2?

---



---



---

Explique.

---



---



---

### Osciloscopio digital

- g) El profesor explicará el funcionamiento y uso del osciloscopio digital.



Figura 7.4 Osciloscopio digital

## Medición de los parámetros de una señal de voltaje senoidal de C.A. utilizando el osciloscopio digital

- h) Conecte la señal de salida de C.A. de la fuente escalonada a la entrada del osciloscopio como se muestra en la figura 7.5.

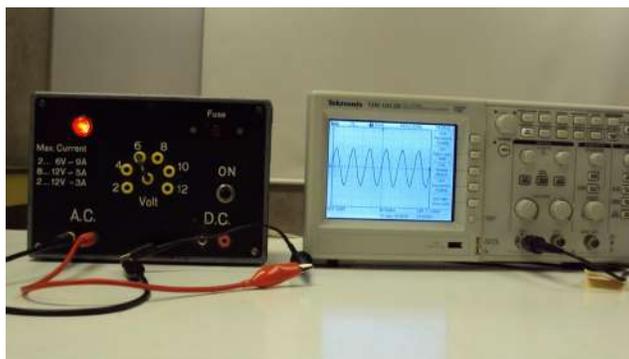


Figura 7.5 Osciloscopio digital, midiendo señal de C.A.

- i) De acuerdo a los valores dados en la tabla 7.3, mida los parámetros indicados y regístrelos en la misma.

Señal senoidal de corriente alterna [V]	Periodo [s]	Frecuencia [Hz]	Voltaje pico a pico ( $V_{pp}$ ) [V]	Voltaje pico ( $V_p$ ) [V]	Voltaje Eficaz ( $V_{RMS}$ ) [V]
2					
4					
6					
8					
10					

Tabla 7.3 Medición de voltaje y frecuencia de C.A.

Escriba sus comentarios y conclusiones de la práctica.

---



---



---

# PRÁCTICA 8

## CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA VI. CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

SUBTEMAS a) y b)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 5	

## INTRODUCCIÓN

En esta práctica se analizarán los procesos de carga y descarga de los arreglos RC y RL, con voltaje de corriente alterna.

## OBJETIVOS

- Efectuará mediciones de voltaje en el capacitor y la resistencia durante la carga y descarga en el desarrollo experimental del circuito RC.
- Medirá la constante de tiempo de un circuito RC.
- Comprobará en forma experimental la energización y desenergización en el inductor.
- Observará la curva de energización y desenergización en el inductor, para un circuito serie RL excitado en corriente directa.
- Verificará experimentalmente la constante de tiempo en un circuito RL.

## CUESTIONARIO PREVIO

1. Para un circuito RC en serie, deduzca la ecuación  $V_R(t)$  en el proceso de carga y descarga del capacitor y realice las gráficas correspondientes para cada caso.
2. Auxílese por medio de la gráfica de voltaje de carga en un capacitor y represente el significado de la constante de tiempo para un circuito RC.
3. Para un circuito serie RL deduzca las expresiones de voltaje y corriente en el inductor.
  - a) En el proceso de energización (figura 8.1).
  - b) En el proceso de desenergización (figura 8.2).

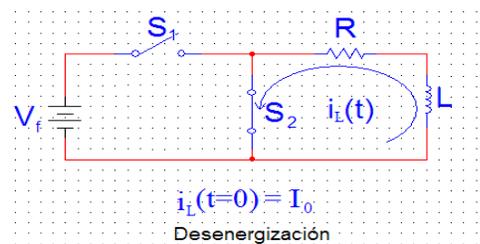
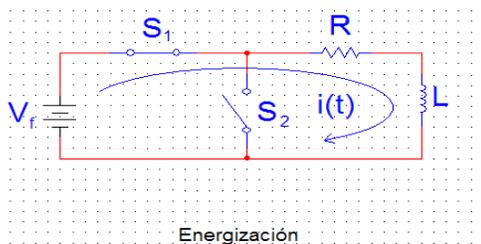


Figura 8.1. Proceso de energización

Figura 8.2. Proceso de desenergización

4. Enuncia el significado de la constante de tiempo inductiva:  $\tau_L = \frac{L}{R}$
5. Al fluir una corriente eléctrica en un inductor, el campo magnético del inductor almacena energía eléctrica. Escriba la expresión de energía describiendo los parámetros y unidades en la misma.

## CONCEPTOS NECESARIOS

- Uso y manejo del osciloscopio.
- Proceso de energización y desenergización de un circuito RC.
- Constante de tiempo de un circuito RC.
- Proceso de energización y desenergización de un circuito RL.
- Constante de tiempo de un circuito RL.

## MATERIAL Y EQUIPO

- Un potenciómetro de 0 – 10 [K $\Omega$ ] a 1[W]
- Un capacitor de 0.047 [ $\mu$ F] a 10 [V]
- Un potenciómetro 0-10,000 ( $\Omega$ )
- Una inductancia de 36 [mHr] o valor aproximado
- Un generador de funciones
- Una bocina
- Cables para conexión

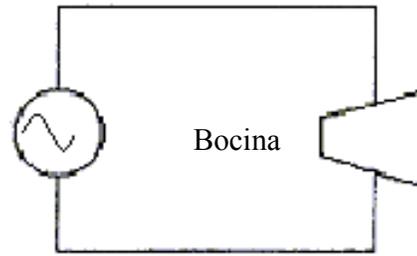
## DESARROLLO

### **Capacitor como filtro de señal de audio**

- a) Explicación por parte del profesor del funcionamiento de un capacitor como filtro de señal de audio.
- b) Arme el circuito de la figura 8.3.



Generador de funciones



Bocina

Figura 8.3 Circuito de audio

c) Varíe la frecuencia en el generador, hasta escuchar un sonido y siga incrementándola hasta que se deje de oír.

1. De acuerdo a lo escuchado ¿cuál es el rango de la frecuencia audible?

---



---



---

d) Mantenga una frecuencia audible y a continuación agregue un capacitor que sirva como filtro, según se muestra en la figura 8.4 y escuche el cambio de sonido.

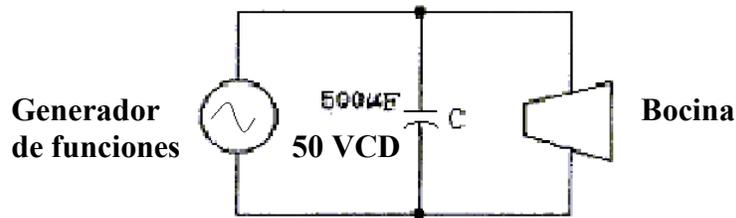


Figura 8.4 Circuito de audio con capacitor (filtro)

2. ¿Cómo funciona un capacitor como filtro para señales de audio y qué concluye respecto a lo sucedido?

---



---



---

### Circuito RC

e) Calibre el osciloscopio.

f) Ajuste el generador de funciones de tal manera que obtenga una señal cuadrada de 2V de amplitud y 2 KHz de frecuencia.

g) Arme el circuito como es mostrado en la figura 8.5.

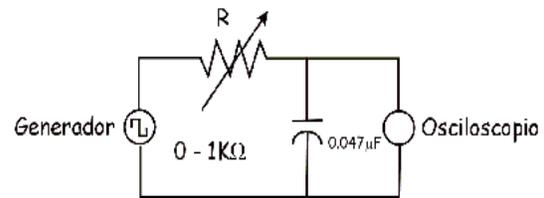
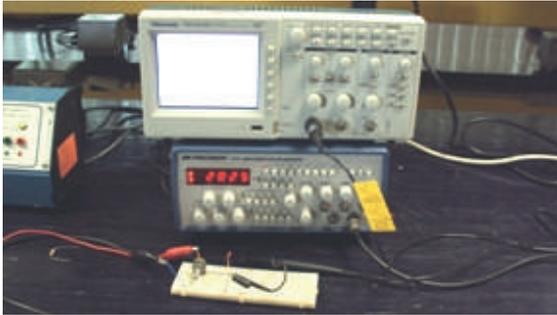


Figura 8.5 Circuito RC

- h) Varíe el potenciómetro hasta obtener una señal fácil de medir en el osciloscopio.
- i) Con ayuda del osciloscopio, observe el voltaje en el capacitor y en la resistencia.
- j) Desconecte la resistencia del circuito y mídala con el óhmetro anotando su valor.

R = \_\_\_\_\_

3. Realice una gráfica acotada del voltaje en el capacitor y en la resistencia, en el proceso de carga y descarga respectivamente del inciso f.

---



---



---

4. De la gráfica de voltaje de carga del capacitor, anote el voltaje y encuentre el valor de la constante de tiempo.

---



---



---

5. Calcule el valor de la capacitancia del capacitor empleado a partir de la constante de tiempo y el valor de la resistencia medida en el inciso i.

---



---



---

### Circuito RL

- k) Ajuste el generador de tal manera que obtenga una señal de pulso de 10V de amplitud y 6 [KHz] de frecuencia.
- l) Arme el circuito que se muestra en la figura 8.6.

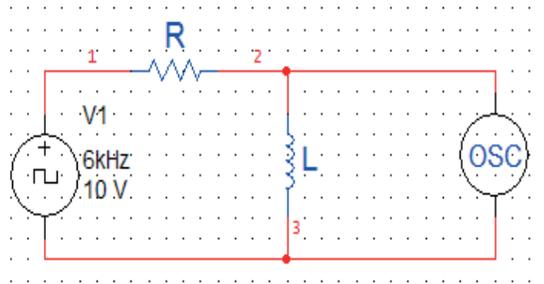
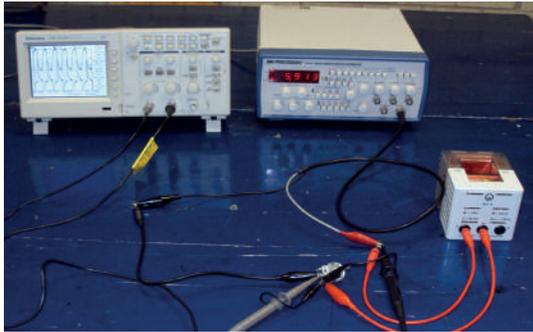


Figura 8.6 Circuito R-L

Reóstato de rango 100-10,000 ( $\Omega$ )

$L = 36$  [mHr]

- m) Observe la variación con el tiempo, de la diferencia de potencial en el inductor y el resistor. Mida el valor máximo y el mínimo.
6. Haga una gráfica voltaje-tiempo para la resistencia y otra para el inductor según lo observado en el osciloscopio. Acote ambos ejes de las gráficas.



- n) Para un valor de resistencia, mida la constante de tiempo del circuito.

7. Haga una gráfica acotada de voltaje en el resistor-tiempo e indique como determinó la constante de tiempo. Anote el valor medido.

o) Varíe el valor de R, de su valor mínimo al máximo.

8. Explique en términos de la constante de tiempo, las variaciones de las formas de onda observadas.

---

---

---

9. ¿Por qué cuando la corriente en el inductor es constante, la diferencia de potencial en sus extremos es cero?

---

---

---

Escriba sus comentarios y conclusiones de la práctica.

---

---

---



# PRÁCTICA 9

## ECUACIONES DE MAXWELL

CONTENIDO PROGRAMÁTICO RELACIONADO:

TEMA VII. ECUACIONES DE MAXWELL

SUBTEMAS a) y b)

SEMESTRE LECTIVO: \_\_\_\_\_

ALUMNO	NÚMERO DE CUENTA	GRUPO
PROFESOR		FIRMA

CONCEPTO	CALIFICACIÓN
Cuestionario previo (30 %)	
Desarrollo (35 %)	
Cuestionario final (35 %)	
Calificación práctica 5	

## *INTRODUCCIÓN*

En esta práctica se analizará el comportamiento de las ondas TEM a través de microondas, para demostrar la relación de éstas con las cuatro ecuaciones de Maxwell.

## *OBJETIVO*

- Conocer la interpretación de las ecuaciones de Maxwell a través de microondas.

## *CUESTIONARIO PREVIO*

1. Escriba las cuatro ecuaciones de Maxwell forma diferencial y explíquelas.
2. Defina y dibuje el espectro electromagnético.
3. Defina el concepto de microondas.
4. Defina el concepto de radiación.
5. Defina el concepto de ondas TEM.

## *CONCEPTOS NECESARIOS*

- Microondas
- Ecuaciones de Maxwell

## *MATERIAL Y EQUIPO*

- Equipo de microondas
- Cables para conexión

## *DESARROLLO*

### *Propagación de ondas TEM*

- a) Arme el dispositivo de la figura 9.1.

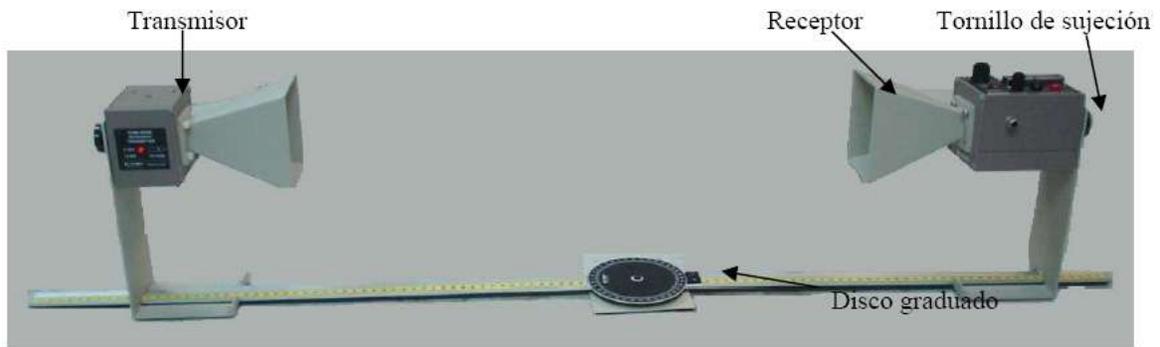


Figura 9.1 Equipo de microondas

b) Llene la tabla 9.1 girando el transmisor o el receptor con los ángulos que se indican.

Ángulo del receptor $\theta$ [grados]	Corriente $I$ [mA]
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	

Tabla 9.1 Polarización de las microondas

c) Realice una gráfica con los datos obtenidos en la tabla 9.1.

d) Mueva ahora el brazo del goniómetro con incrementos de 10 grados sin variar la polarización. Llene la tabla 9.2.

Ángulo del receptor $\theta$ [grados]	Corriente $I$ [mA]
0	
10	
20	
30	
40	
50	
60	
70	
80	
90	

Tabla 9.2 Polarización de las microondas

e) Arme el dispositivo de la figura 9.2 colocando la rejilla en posición horizontal a 45 grados y vertical.



Figura 9.2 Polarización por rejilla

1. ¿Qué puede concluir con respecto a la polarización de las ondas TEM?

---

---

---

Escriba sus comentarios y conclusiones de la práctica.

---

---

---



## BIBLIOGRAFÍA

1. Bueche. *Física*, Tomo II, 10.<sup>a</sup> ed. McGraw-Hill. 2007.
2. R.M. Eisberg- L.S Lerner. *Física Fundamentos y aplicaciones*, McGraw Hill. 1981.
3. Feynman. *Física Electromagnetismo y materia*, Tomo II. Fondo Educativo Interamericano. 1987.
4. Giancoli. *Física*, Tomo II, 4.<sup>a</sup> ed. Prentice Hall. 2008.
5. Jaramillo – Alvarado. *Electricidad y magnetismo*, 2.<sup>a</sup> ed. Trillas. 2001.
6. Kip. *Fundamentos de Electricidad y magnetismo*, McGraw Hill. 1982.
7. S.M Lea. *Física “La naturaleza de la cosas”, Vol. II*. Editorial Internacional Thomson. 1999.
8. Harry Mileaf. *Electricidad serie 1-7*, Limusa. 2004.
9. Resnick Halladay-Krane. *Física*. Tomo II, 8.<sup>a</sup> ed. CECSA. 2008.
10. Sears-Zemansky-Young. *Física universitaria*. 12.<sup>a</sup> ed. Addison-Wesley. 2009.

## ***Electromagnetismo***

*(Prácticas para la Licenciatura en Tecnología)*

Atendiendo a los requerimientos que el cambio tecnológico plantea, las prácticas tradicionales de Electromagnetismo han sido actualizadas en este texto. De esta manera, se establecieron nuevos procedimientos y métodos dirigidos a mostrar al alumno los conceptos y las leyes que rigen el comportamiento de las partículas cargadas y de los campos eléctricos magnéticos clásicos; se promueve también en el estudiante el desarrollo de la capacidad de observación y la habilidad en el manejo de dispositivos experimentales para la correcta realización de experimentos relacionados con fenómenos eléctricos y magnéticos.

colección: manuales de ciencias físico - matemáticas y de las ingenierías

