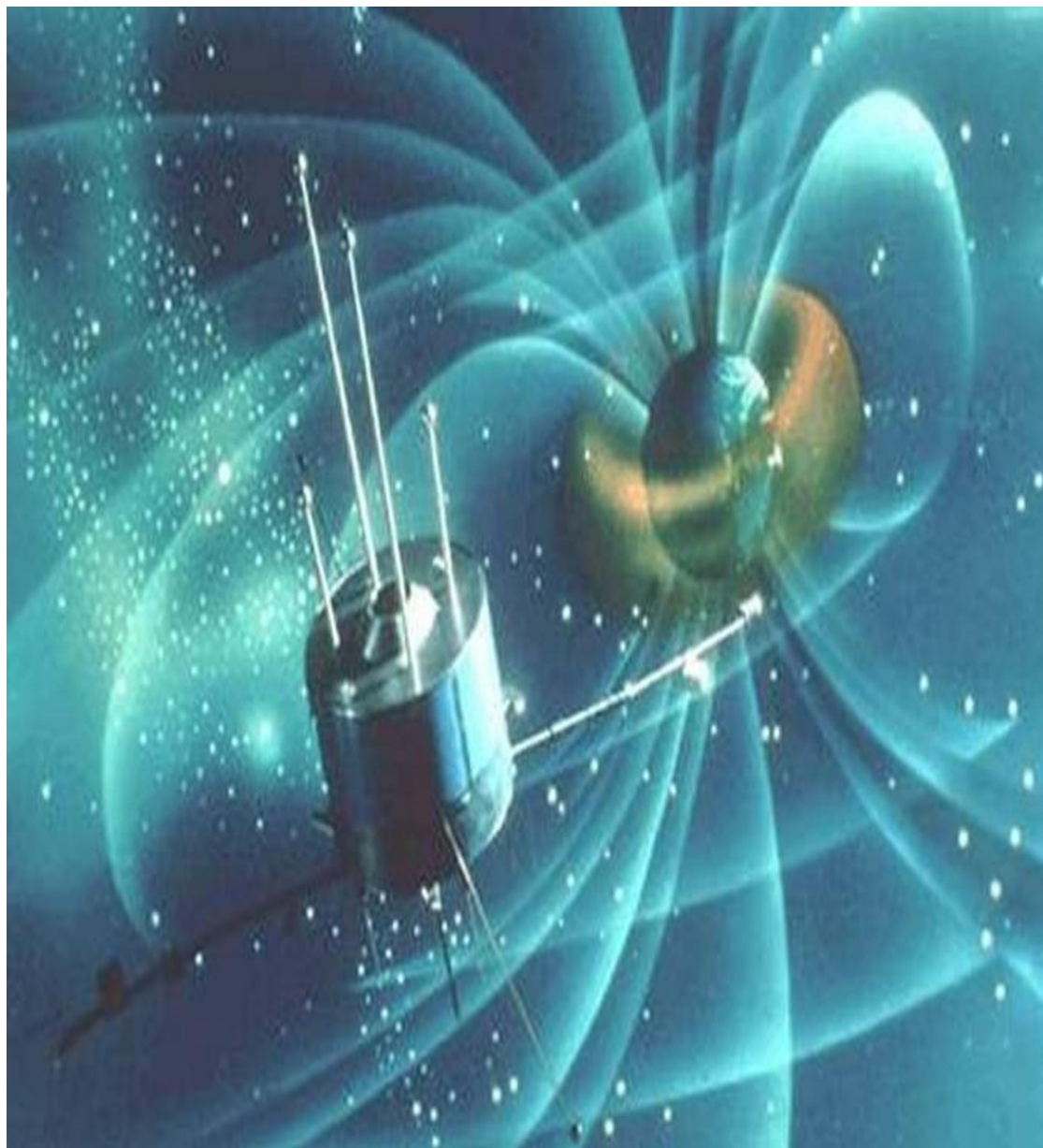




LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO



**FACULTAD DE CIENCIAS BÁSICAS
DEPARTAMENTO DE FÍSICA
UNIVERSIDAD DE PAMPLONA
NORTE DE SANTANDER, COLOMBIA
2025**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	2 de 85

INDICE DE CONTENIDO

	pág
INTRODUCCIÓN	3
Práctica 0.1: MAGNITUDES, UNIDADES Y MEDIDAS	4
Práctica 1: FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS	6
Práctica 2: JAULA DE FARADAY	13
Práctica 3: SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES	22
Práctica 4: RESISTIVIDAD	31
Práctica 5: LEY DE OHM	39
Práctica 6: LEYES DE KIRCHHOFF	46
Práctica 7: MEDICIÓN DEL CAMPO MAGNÉTICO EN UN SOLENOIDE	51
Práctica 8: RECTIFICACIÓN DE LA CORRIENTE ALTERNA	58
Práctica 9: INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA	71
Práctica 10: CARGA Y DESCARGA DE CONDENSADORES	79

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	3 de 85

INTRODUCCIÓN

Este manual ha sido desarrollado con el objetivo de encaminar al lector en el curso “Laboratorio de Electromagnetismo” que es impartido en la Universidad de Pamplona por los docentes del departamento de Física y Geología que forman parte de la facultad de ciencias básicas.

La física es una ciencia lógicamente estructurada, que al igual que otras; representa un conocimiento acerca de un conjunto amplio de fenómenos fundamentados en definiciones, postulados y leyes, que enmarcados como ciencia exacta describen un conjunto de fenómenos naturales, donde la objetividad se regula bajo la verificación experimental.

El laboratorio de electromagnetismo complementa el conocimiento adquirido en el curso teórico “electromagnetismo”, brindando la posibilidad de realizar experimentos de diversos fenómenos eléctricos y magnéticos, con la ayuda de este manual y la información y tutoría que sea impartida por el docente del curso. Los experimentos o prácticas se llevarán a cabo en forma rotativa por grupos de 3 a 4 estudiantes según crea conveniente el docente.

El laboratorio de electromagnetismo está equipado con todos los equipos y dispositivos necesarios para la realización de las prácticas, entre los que se incluyen fuentes de alimentación de directa y alterna, elementos de medición (voltaje, resistencia, capacitancia, corriente), galvanómetro, productores de carga, transformadores, cronómetros, entre otros. galvanómetro, productores de carga, transformadores, cronómetros, entre otros.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	4 de 85

Practica Nro. 0.1 **Magnitudes Y Unidades**

La descripción por el lenguaje natural del mundo observado a nuestro alrededor hace uso de calificativos opuestos: grande-pequeño, muchos-pocos, ancho-estrecho, duro suave, grave-agudo, liviano pesado, claro-oscuro, rápido-lento, efímero-durable, etc., para denotar diferentes propiedades y comportamientos de los objetos. Sin embargo, estas descripciones cualitativas son relativas e imprecisas cuando se trasladan al ámbito científico o técnico, pues un objeto puede ser grande comparado con un segundo y al mismo tiempo ser más pequeño comparado que un tercero. Por tanto, es conveniente tomar un objeto o sistema que, con respecto a esa propiedad, nos sirva de referencia. La propiedad comparable de este objeto constituye un patrón. La elaboración de una escala comparativa basada en un patrón determinado nos permite establecer cuantitativamente la propiedad correspondiente en otros objetos. El proceso de comparación con algún patrón es la esencia de la medida, y el uso de escalas basadas en los patrones facilita el proceso de medida. Los objetos que portan escalas comparativas son denominados instrumentos de medida. Cualquier propiedad susceptible de ser medida es llamada magnitud física. Ejemplos de patrones de tiempo pueden ser el intervalo que existe entre dos amaneceres (día), o entre dos lunas llenas (mes), entre dos primaveras (año), etc.; patrones de longitud pueden ser el tamaño de la última falange del pulgar (pulgada), la máxima extensión entre los dedos de una mano (cuarta), la máxima extensión entre las manos (brazada), etc. Los patrones en sí mismos y sus múltiplos y submúltiplos constituyen unidades de medida. En el sistema métrico decimal los múltiplos y submúltiplos usuales corresponden a potencias enteras de 10.

Es usual asociar a cada magnitud física una dimensión. Por ejemplo, la altura de una persona tiene dimensión de longitud y su peso dimensión de fuerza. El producto o división de dimensiones constituyen nuevas dimensiones, sin embargo, de ninguna manera está definida la suma de cantidades con dimensiones diferentes. Es un buen hábito, por tanto, probar la consistencia dimensional de las expresiones matemáticas, esto es, que todos los sumandos de una expresión tengan la misma dimensión. En dinámica existen básicamente tres dimensiones fundamentales: longitud (L), tiempo (T) y masa (M), todas las otras dimensiones se pueden reducir a productos de las potencias de estas. En el sistema internacional de medidas (SI) las unidades asociadas a esas magnitudes fundamentales son respectivamente el metro, el segundo y el kilogramo.



MAGNITUDES FÍSICAS USADAS EN ELECTROMAGNETISMO

Magnitud física	Símbolo	Unidad SI
Carga eléctrica	q, Q	C
Densidad de carga	ρ	Cm^{-3}
Corriente eléctrica	i, I	A
Densidad de corriente	j	Am^{-2}
Potencial eléctrico	V	V
Diferencia de potencial o voltaje	ΔV	V
Campo eléctrico	$\vec{E}$	NC^{-1}
Capacitancia	C	F
Permitividad eléctrica	ϵ	Fm^{-1}
Permitividad relativa	ϵ_r	Adimensional
Momento dipolar eléctrico	$\vec{p}$	Cm
Flujo magnético	Φ	wb
Campo magnético	$\vec{B}$	T
Permeabilidad magnética	μ	$Hm^{-1} ; NA^{-2}$
Permeabilidad relativa	μ_r	Adimensional
Resistencia	R	Ω
Resistividad	ρ	Ωm
Inductancia	L	H
Inductancia mutua	M	H
Constate de tiempo	τ	s

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	6 de 85

PRACTICA Nro. 1 FENÓMENOS ELECTROSTÁTICOS

1 OBJETIVOS

1. Estudiar cualitativamente la fuerza eléctrica entre objetos cargados y no cargados eléctricamente.
2. Estudiar los diferentes métodos utilizados para cargar los cuerpos eléctricamente (inducción, contacto y fricción).
3. Interactuar con materiales conductores y dieléctricos.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Barra de plástico	1	
Barra de vidrio	1	
Barra de acrílico	1	
Barra de ebonita	1	
Paño de seda	1	
Bola de icopor forrada de aluminio	1	
Soporte metálico	1	
Generador de Van de Graaff	1	
Globo pequeño	2	Traerlos el estudiante



Esquema 1. Montaje de laboratorio

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	7 de 85

MARCO TEÓRICO

ELECTROSTÁTICA

Todos los objetos del día a día están compuestos por átomos que están constituidos por protones y electrones los cuales tiene carga eléctrica. Existen dos tipos de carga eléctrica en la naturaleza: carga eléctrica positiva (+) y carga eléctrica negativa (-). La carga eléctrica positiva (+) es una de las características los protones. La carga eléctrica negativa (-) es una característica de los electrones y ellos transportan esta carga eléctrica.

Cargas eléctricas sienten una fuerza entre ellas llamada fuerza de Coulomb (fuerza eléctrica). Esta fuerza es repulsiva cuando las cargas eléctricas tienen el mismo signo de carga por ejemplo, la fuerza eléctrica entre dos protones (+) es repulsiva y entre dos electrones (-) es repulsiva. La fuerza eléctrica es atractiva cuando las cargas eléctricas tienen signo diferente por ejemplo, la fuerza eléctrica entre protón (+) y electrón (-).

Los objetos del día a día son usualmente neutros es decir, tienen el mismo número de cargas eléctricas positivas y negativas. Estos objetos se pueden cargar a través de diferentes medios como por ejemplo, al frotar un objeto con otro objeto. Hay que tener presente que: (i) un objeto está cargado cuando posee más cargas eléctricas de un tipo que de otro tipo (por ejemplo, más cargas positivas que cargas negativas). (ii) Los electrones, las cargas eléctricas negativas, son las partículas que se pueden mover libremente mientras que, los protones están fijos en el núcleo atómico. Un objeto o un material que tenga un exceso de electrones será un objeto cargado negativamente. Si un objeto o material tiene menos electrones que protones será un objeto cargado positivamente.

LEY DE COULOMB

La ecuación fundamental de la electrostática es la ley de Coulomb, que describe la fuerza entre dos cargas puntuales q_1 y q_2 . Dentro de un medio homogéneo como es el aire, la relación se expresa como:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\epsilon r^2} \hat{r} \quad (1.1)$$

Donde F es la fuerza, ϵ es una constante característica del medio, llamada permitividad. En el caso del vacío, se denota como ϵ_0 . La permitividad del aire es solo un 0,5% superior a la del vacío, por lo que a menudo se usan indistintamente.

Las cargas del mismo signo se repelen entre sí, mientras que las cargas de signo opuesto se atraen entre sí. La fuerza es proporcional al producto de las cargas eléctricas e inversamente proporcional al cuadrado de la distancia entre las cargas. La acción a distancia se efectúa por medio del campo eléctrico.

EL CAMPO ELÉCTRICO

El campo eléctrico (en unidades de voltios por metro) se define como la fuerza (en

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	8 de 85

newtons) por unidad de carga (en coulombs). De esta definición y de la ley de Coulomb, se desprende que la magnitud de un campo eléctrico E creado por una carga puntual Q es:

$$F = \frac{Q}{4\pi\epsilon_0 r^2} \hat{r} \quad (1.2)$$

4 PROCEDIMIENTO

1. Remueva el exceso de carga eléctrica de los materiales de esta práctica. Esto se hace tocando las barras de plástico, vidrio, acrílico y ebonita con sus manos y sacudiendo el paño de seda.
2. Durante toda la práctica NO se apoye en la mesa ni la golpee.
3. Suspenda la barra de **plástico** en forma horizontal usando uno de lo extremos del hilo y el otro extremo del hilo colóquelo en el soporte metálico.
4. Acerque, **sin tocar**, a uno de los extremos de la barra de plástico suspendida, la barra de vidrio, la barra de acrílico, la barra de ebonita y el bolígrafo. Complete la **Tabla 1** describiendo lo que observó cuando acercó cada barra.

Material 1	Material 2		¿Qué observó?
Plástico Sin frotar	Vidrio Sin frotar	Acercar sin tocar	
	Acrílico Sin frotar		
	Ebonita Sin frotar		
	Bolígrafo Sin frotar		

Tabla 1. Interacción de materiales no frotados con el paño de seda.



5. Encienda el generador de Van e Graaff y gire la perilla hasta la mitad.
6. Acerque la barra de plástico por uno de sus extremos al generador de Van de Graaff hasta tocarlo y suspenda la barra cuidadosamente del soporte metálico sin que oscile ni rote. Apague el generador de Van de Graaff.
7. Usando el paño de seda, rote vigorosamente, **sin romper**, la barra de vidrio (*tenga cuidado de no cortarse*) y acérquela al extremo de la barra de plástico que toco el generador. Describa lo que observó en la **Tabla 2**.
8. Realice el inciso 7 pero ahora en vez de usar la barra de vidrio use la barra de acrílico, ebonita y bolígrafo. Complete la **Tabla 2**.

Material	Plástico
Vidrio	
Acrílico	
Ebonita	
Bolígrafo	

Tabla 2. Tipo de fuerza eléctrica generada entre dos objetos cargados.

9. Quite la barra de plástico del soporte metálico y ahora cuelgue de este soporte una bolita de icopor previamente forrada con aluminio.
10. Encienda el generador de Van de Graaff y gire la perilla hasta la mitad. Aproxime la bola de icopor lentamente al generador **sin que lo toque**. Llene la segunda fila de la **Tabla 3** indicando que se observó y que tipo electrización ocurre con la bola.
11. Repita el inciso 10 pero ahora la bolita de aluminio debe **tocar** el generador. Complete la **Tabla 3**.



Material	¿Qué observó?	Tipo de electrización
Acercar sin tocar		
Tocar		

Tabla 3. Interacción entre bolita de aluminio y el generador de Van de Graaff.

12. Acerque nuevamente la bolita de aluminio al generador hasta que haya contacto entre ellos. Acerque su dedo índice, de forma paralela al generador, hasta tocar la bolita (conexión a tierra). Complete la primera fila de la **Tabla 4** indicando: ¿Qué observó? Y ¿Por qué ocurrió esto?

13. Retire la bolita de icopor del soporte metálico y ubique el globo pequeño inflado en el soporte metálico y repita el inciso 12 y complete la **Tabla 4**.

Material	¿Qué observó?	¿Por qué ocurrió esto?
Bolita forrada de aluminio		
Globo pequeño		

Tabla 4. Interacción entre diferentes materiales con el generador de Van de Graaff con conexión a tierra.

Análisis De Datos

1. A partir de lo observado en cada uno de los pasos del procedimiento de esta práctica de laboratorio que estudia los fenómenos electrostáticos, complete la **Tabla 1, Tabla 2, Tabla 3, Tabla 4**.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	11 de 85

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. ¿Qué es carga eléctrica? y ¿qué es el principio de conservación y cuantización de la carga?
2. Explique brevemente el proceso de electrización y cada uno de los tipos de electrización.
3. Consulte la tabla triboeléctrica y ¿para qué sirve?
4. Investigue las características y propiedades de los conductores y dieléctricos y mencione cinco ejemplos de cada uno.
5. Explique el funcionamiento de un generador de Van de Graaff.
6. Explique cómo afecta un clima seco y/o húmedo a un objeto cargado.
7. Enuncie siete ejemplos donde se manifiesten fenómenos electrostáticos.
8. Describir cada uno de los elementos que componen la fuerza de Coulomb, con sus respectivas unidades en el S.I.

Preguntas De Control

1. A partir de lo observado en la **Tabla 1**, ¿Qué ocurre con la fuerza electrostática entre dos objetos que no están cargados?
2. Describa las formas de cargar un objeto. ¿Estos métodos para cargar objetos se pudieron apreciar en la práctica? **Sustente su respuesta.**
3. De los elementos utilizados en el desarrollo de la práctica ¿cuáles pertenecen al grupo de conductores y cuáles al grupo de materiales dieléctricos?
4. Sabiendo que el vidrio al frotarse con la seda queda cargado positivamente, analice la **Tabla 2** e identifique el tipo de carga de los diferentes cuerpos frotados.
5. A partir de los resultados de la pregunta de control 4 indique ¿Cuál es el tipo de carga eléctrica que tiene la cúpula del generador Van de Graaff cuando está funcionando?
6. Para la **Tabla 3**, haga dos figuras indicando como se distribuye la carga eléctrica en la bolita de aluminio cuando se acerca al generador y cuando toca al generador.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	12 de 85

7. ¿Se pudo apreciar el principio de conservación de la carga? Sustente su respuesta.
8. Enuncie específica y detalladamente las fuentes de error presentes en el desarrollo del laboratorio y como desde una perspectiva física e ingenieril las disminuiría o eliminaría totalmente.

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- Serway, R. A., Jewett J. W., (2008). *Física para ciencias e ingeniería* (7ma. ed.). Vol. 2. México DF, México: Cengage Learning.
- Giancoli, D. C., (2008). *Física para Ciencias e Ingeniería* (4ta. ed.). Vol. I. México DF, México: Pearson Education.
- Sears y Zemmansky, (2013). *Física Universitaria* (13ra. ed.). México DF, México: Pearson Education.



PRACTICA Nro. 2 JAULA DE FARADAY

1 OBJETIVOS

1. Determinar la relación entre la carga inducida en la jaula de Faraday, por un objeto cargado dentro del mismo y la diferencia de potencial presente en la Jaula.
2. Analizar la naturaleza eléctrica de objetos cargados.
3. Verificar el principio de conservación de la carga.
4. Estudiar la distribución de carga sobre una esfera conductora.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Multímetro	1	
Portadores de carga	3	
Jaula de Faraday	1	
Esferas conductoras	2	
Electrostatics voltage source	1	



Esquema 1. Montaje de laboratorio

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	14 de 85

3 MARCO TEÓRICO

JAULA DE FARADAY

Una jaula de Faraday es una caja metálica que protege de los campos eléctricos estáticos. Debe su nombre al físico Michael Faraday, que construyó una en 1836. Se emplean para proteger de descargas eléctricas, ya que en su interior el campo eléctrico es nulo. El funcionamiento de la jaula de Faraday se basa en las propiedades de un conductor en equilibrio electrostático. Michael Faraday, fue un físico y químico británico que estudió de forma determinante el electromagnetismo y la electroquímica. Su experimento consiste en que en un cubo hueco por dentro con una abertura en la parte superior se introduce una esfera de metal y se conecta a un electroscopio (electrómetro). En ese momento el electroscopio indicará una carga dentro de dicho recipiente que será opuesta a la carga de la esfera. Afuera de la cubeta la carga será igual que en la esfera. Mientras la esfera este dentro, el electrómetro mostrará la misma carga; cuando la esfera se saca de la cubeta, el electrómetro dejará de mostrar la carga. Así en el momento de descargar la esfera, si este objeto con carga negativa hace tierra, los electrones se mueven hacia el suelo y si tiene carga positiva atrae electrones del suelo y se neutraliza.

Cuando la caja metálica se coloca en presencia de un campo eléctrico externo, las cargas positivas se quedan en las posiciones de la red; los electrones, sin embargo, que en un metal son libres, empiezan a moverse puesto que sobre ellos actúa una fuerza dada por:

$$\vec{F} = e \vec{E}_{Ext} \quad (2.1)$$

Donde “e” es la carga del electrón. Como la carga del electrón es negativa, los electrones se mueven en sentido contrario al campo eléctrico y, aunque la carga total del conductor es cero, uno de los lados de la caja (en el que se acumulan los electrones) se queda con un exceso de carga negativa, mientras que el otro lado queda con un defecto de electrones (carga positiva). Este desplazamiento de las cargas hace que en el interior de la caja se cree un campo eléctrico (representado en rojo en la siguiente animación) de sentido contrario al campo externo, representado en azul. **El campo eléctrico resultante en el interior del conductor es por tanto nulo.**

Como en el interior de la caja no hay campo, ninguna carga puede atravesarla; por ello se emplea para proteger dispositivos de cargas eléctricas. El fenómeno se denomina apantallamiento eléctrico. Muchos dispositivos que empleamos en nuestra vida cotidiana están provistos de una jaula de Faraday: los microondas, escáneres, cables, etc. Otros dispositivos, sin estar provistos de una jaula de Faraday actúan como tal: los ascensores, los coches, los aviones, etc. Por esta razón se recomienda permanecer en el interior del coche durante una tormenta eléctrica: su carrocería metálica actúa como una jaula de Faraday.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	15 de 85

4 PROCEDIMIENTO

Si tiene un saco o chaqueta de lana o de plástico, quíteselo mientras realiza la práctica, debido a que puede interferir en las mediciones durante la práctica, debido a que almacenan cargas más fácilmente.

PRIMERA PARTE: Carga por inducción y Carga por contacto

1. Verifique si el multímetro está conectado a la jaula de Faraday, de la siguiente manera: el cable negro que sale de la terminal de tierra (**COM**) del multímetro, debe estar conectado al enrejado metálico cilíndrico interior de la jaula mediante una terminación en caimán y el cable rojo que sale del terminal utilizado para medir resistencia y voltaje del multímetro, debe estar conectado al enrejado metálico externo de forma cilíndrica con una terminación de caimán. **Ver el montaje 1.**
2. Encienda el multímetro, girando la perilla hasta que coincida con la región destinada para medir voltaje en continua, debido a que el voltaje que será medido en la jaula es muy pequeño, ubique la perilla en la escala de milivoltios [**mV**]. **Ver montaje 2.** En la pantalla del multímetro debe registrar un voltaje de cero, de no ser así es debido a que la jaula está cargada, espere a que marque cero, antes de hacer cualquier medición. (**nota: si al girar la perilla el multímetro no enciende, solicite al auxiliar de laboratorio un cambio de pila del multímetro dado que está descargado**)



Montaje 1. Conexión multímetro a la jaula de Faraday

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	16 de 85

3. Escoja dos **portadores de carga**, (paletas con terminación en disco). Tenga claro en todo momento del laboratorio cual será el portador uno y cual el portador dos, realice la diferenciación basado en los recubrimientos de las terminaciones en disco. (*nota: el portador de carga metálico se utilizará solo en la tercera parte del procedimiento*)



Montaje 2. Configuración medición multímetro.

4. Frote los dos portadores de carga uno contra el otro por las superficies, realice este proceso por **diez segundos**, con una fuerza e intensidad considerable. (*nota: tenga cuidado de no partir los portadores de carga*).
5. Inmediatamente al terminar de frotar, introduzca **ÚNICAMENTE** el **portador uno**, en el enrejado cilíndrico interno de la jaula de Faraday, **hasta la mitad, SIN TOCAR LA JAULA**.
6. Registre en la **tabla 1** con todos los decimales el primer valor de voltaje que registre el multímetro o el valor que se mantenga más estable en el tiempo más corto posible o el dato que más se repita en las diferentes repeticiones, esto dado que el voltaje comenzará a disminuir hasta cero.

Nota: si no se marca ningún voltaje aumente el tiempo e intensidad con que frota los portadores de carga.

Si en la pantalla del multímetro aparece una pila o batería, solicite al auxiliar que cambie la pila del multímetro.

7. Repita los pasos 4, 5 y 6 otras dos veces para completar las 3 primeras mediciones de la **tabla 1**. (*nota: recuerde que el multímetro debe estar en cero antes de comenzar cualquier medición*)
8. Repita los pasos 4, 5 y 6 otras tres veces, pero ahora introduciendo **ÚNICAMENTE** el **portador dos** para completar la **tabla 1**. (*nota: si se presenta un cambio de signo regístrelo*)



Medición	Potencial [mV]
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
Promedio	

Tabla 1. Carga por inducción.

9. Para completar la **tabla 2** se deben realizar de forma análoga los pasos 4, 5, 6, 7 y 8, pero ahora cuando introduzca el portador de carga hasta la mitad de la jaula de Faraday, debe **TOCAR** el enrejado es decir la Jaula.

Medición	Potencial [mV]
1.	
2.	
3.	
4.	
5.	
6.	
Promedio	

Tabla 2. Carga por contacto.

SEGUNDA PARTE: CONSERVACIÓN DE LA CARGA

1. Frote los dos portadores de carga **fuera** de la jaula, realice este proceso por **diez segundos**, con una fuerza e intensidad considerable. (*nota: tenga cuidado de no partir los portadores de carga*).
2. Inmediatamente al terminar de frotar, introduzca el portador de cargas azul, en el enrejado cilíndrico interno de la jaula de Faraday, **hasta la mitad, SIN TOCAR LA JAULA**, por solo **un segundo**; retire el portador de carga azul de la jaula de Faraday y de forma simultanea ahora introduzca el portador de cargas negro de la misma forma y por **un segundo**. (*nota: no debe pasar mucho tiempo entre introducir un portador y el otro*)
3. Durante el proceso anterior. un integrante del grupo se encarga de registrar el voltaje del portador de cargas azul y otro integrante el valor del voltaje del portador negro; esto dado que el proceso del paso dos se debe realizar lo más rápido posible para evitar la pérdida de carga con el ambiente u algún otro elemento. Registre ambos datos en la **tabla 3**. (*nota: tenga en cuenta el signo en las mediciones*)
4. Repita los pasos 1, 2 y 3 otras cuatro veces hasta que complete la **tabla 3**.



Medición	Potencial portador de carga AZUL [mV]	Potencial portador de carga NEGRO [mV]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
Promedio		

Tabla 3. Conservación de la carga identificando la polaridad. Frotando FUERA de la Jaula de Faraday.

5. Introduzca los dos portadores de carga **DENTRO** de la Jaula de Faraday y proceda a frotarlos por **10 segundos** sin sacarlos y sin tocar la Jaula Faraday. Culminado este tiempo **retire únicamente** el portador de carga negro por un lapso corto (1 a 2 segundos), **registre** el valor del potencial que aparece en el multímetro el cual corresponderá al portador de carga azul, introduzca de nuevo el portador de carga negro y **ahora saque** el portador de cargas azul, **registre** el valor del potencial que aparece en el multímetro el cual corresponderá al portador de carga negro. Anote ambos resultados en la **tabla 4**. (*nota: procure hacer el procedimiento lo más rápido posible y tenga en cuenta el signo en las mediciones*)
6. Repita el paso 5 otras cuatro veces hasta que complete la **tabla 4**.

Medición	Potencial portador de carga AZUL [mV]	Potencial portador de carga NEGRO [mV]
1.		
2.		
3.		
4.		
5.		
Promedio		

Tabla 4. Conservación de la carga identificando la polaridad. Frotando DENTRO de la Jaula de Faraday.

TERCERA PARTE: DISTRIBUCIÓN DE LA CARGA

1. A continuación, se utilizarán las esferas metálicas, aleje una esfera de la otra una distancia considerable, encienda el ELECTROSTATICS VOLTAGE SOURCE con el interruptor que se encuentra detrás de él, cuando lo haga se encenderá un led verde. **Ver montaje 3**.



Montaje 3. Distribución esferas metálicas.

2. Si el multímetro comienza a marcar algún valor cuando se encienda el ELECTROSTATIC VOLTAGE SOURCE, entonces aleje la jaula de Faraday de las esferas, dado que cuando se vayan a realizar las mediciones el multímetro debe estar en cero.
3. Tome solo el portador de carga metálico, y ubíquelo de tal forma que haga contacto por **10 segundos** sobre una posición aleatoria de la superficie de la esfera metálica del lado izquierdo.
4. Terminado el proceso anterior, inmediatamente introduzca el portador de carga metálico dentro de la Jaula de Faraday, **hasta la mitad sin tocarla**, registre el resultado del voltaje mostrado en el multímetro en la **tabla 5**.
5. Repita el paso 3 y 4 otras cuatro veces cambiando cada vez el lugar donde toca la esfera metálica, el propósito es muestrear la superficie de la esfera.

Puntos seleccionados en la esfera	Potencial [mV]
Punto 1.	
Punto 2.	
Punto 3.	
Punto 4.	
Punto 5.	
Promedio	

Tabla 5. Distribución de la carga en la esfera conductora.

Análisis De Datos

1. Calcule los respectivos promedios de datos que aparecen en las tablas 1, 2, 3, 4 y 5, y complete dichas tablas.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	20 de 85

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre-informe según indicaciones del docente.

1. ¿Defina qué es diferencia de potencial y cuáles son sus unidades?
2. Defina carga superficial y mencione cuatro ejemplos donde se observe.
3. ¿Qué es un electrómetro y cómo funciona?
4. ¿Qué son cargas remanentes?
5. ¿Investigue cómo se distribuyen las cargas en los conductores y dieléctricos?
6. Mencione y explique los métodos para cargar eléctricamente los cuerpos.
7. ¿Consulte qué es un multímetro y cómo medir voltaje utilizándolo?
8. Enuncie cuatro dispositivos, elementos o ejemplos de situaciones que funcionen como una jaula de Faraday
9. Consulte el principio de conservación y cuantización de la carga.

Preguntas De Control

1. ¿Qué métodos para cargar eléctricamente los cuerpos fueron utilizados en la práctica y en qué momentos específicos del procedimiento?
2. ¿Se presentaron cargas remanentes en la práctica? ¿En qué instante? **Sustente su respuesta**
3. ¿Por qué cree que existe una diferencia de potencial entre los dos cilindros de enrejado metálico, solamente mientras que el objeto cargado está adentro?
4. Según los datos de la tabla 3 y 4 responda: ¿Cuál es la relación entre las magnitudes de la carga? ¿Cuál es la relación entre la polaridad de las cargas? ¿Se conserva la carga en la demostración?
5. ¿Cómo se distribuye la carga en una esfera conductora?
6. ¿Por qué es necesario esperar o garantizar que el multímetro este en cero para la realización de la práctica?
7. Identifique todas las fuentes de error y explíquelas.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	21 de 85

8. ¿Cómo podría disminuir o eliminar las fuentes de error?

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**
- **Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	22 de 85

PRACTICA Nro.3 SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

1 OBJETIVOS

1. Dibujar líneas de campo a través del mapeo de líneas equipotenciales.
2. Medir el valor del potencial eléctrico en la dirección de su gradiente para corrientes estacionarias y realizar la analogía correspondiente con la situación electrostática.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Papel conductor con diferentes configuraciones	3	
Fuente de Voltaje	1	
Cables banana- caimán	2	
Multímetro	1	
Copia de papel conductor (se encuentra al final de la guía)	3	Suministrados por el estudiante



Esquema 1. Montaje de laboratorio

3 MARCO TEÓRICO

La fuerza eléctrica entre dos cargas está dirigida a lo largo de la línea que une las dos cargas y depende inversamente del cuadrado de su separación, lo mismo que la fuerza gravitacional entre dos masas. Tal como la fuerza gravitacional, la fuerza eléctrica es conservativa, luego hay una función de energía potencial (U) asociada con ella. Si se coloca una carga q dentro de un campo eléctrico, su energía potencial es inversamente

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	23 de 85

proporcional a la posición de la carga y directamente proporcional al valor de q . Pero, la energía potencial por unidad de carga se denomina potencial eléctrico (V), es una función de la posición en el espacio donde se quiera calcular q

Campos Eléctricos Estáticos: Son aquellos cuyo valor en un determinado punto del espacio no cambia con el tiempo.

POTENCIAL ELÉCTRICO (V) Y DIFERENCIA DE POTENCIAL (ΔV)

Cuando una carga eléctrica q se coloca dentro de una región donde existe un campo eléctrico estático $\vec{E}(x, y, z)$, una fuerza eléctrica ($\vec{F}$) actúa sobre la carga moviéndola a través de una trayectoria C que dependerá de la función vectorial $\vec{E}(x, y, z)$. La carga al realizar un desplazamiento infinitesimal $d\vec{l}$, cambia su energía potencial a una cantidad $d\vec{U}$ dada por:

$$d\vec{U} = -\vec{F} \cdot d\vec{l} \quad (3.1)$$

Como la fuerza eléctrica ejercida por el campo eléctrico sobre la carga puntual es $\vec{F} = q\vec{E}$, entonces, cuando la carga realiza el pequeño desplazamiento debido al campo eléctrico, el cambio en su energía potencial electrostática es:

$$d\vec{U} = -q\vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.2)$$

El cambio en su energía potencial es proporcional al valor de la carga q . El cambio de energía potencial por unidad de carga (llamado diferencia de potencial dV) es:

$$dV = \frac{d\vec{U}}{q} = -\vec{E} \cdot d\vec{l} \quad (3.3)$$

Si la carga se desplaza desde un punto a hasta un punto b , el cambio de su potencial eléctrico es:

$$\Delta V = V_b - V_a = \frac{\Delta U}{q} = - \int_a^b \vec{E}(x, y, z) \cdot d\vec{l} \quad (3.4)$$

La función V es llamada potencial eléctrico o simplemente potencial. Tal como el campo eléctrico estático, V es una función de la posición, con la diferencia que el potencial es una función escalar y el campo eléctrico estático es una función vectorial. Pero, ambas son propiedades del espacio que no dependen del valor de la carga.

Si la energía potencial eléctrica de la carga q y el potencial eléctrico en el espacio son cero en el mismo punto, la relación entre ellos está dado por:

$$U = qV \quad (3.5)$$

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	24 de 85

CÁLCULO DEL CAMPO ELÉCTRICO A PARTIR DEL POTENCIAL ELÉCTRICO

Si se conoce el potencial en todo punto de una región del espacio, se puede usar para calcular el campo eléctrico. Considerando un desplazamiento pequeño $d\vec{l}$ en un campo eléctrico estático $\vec{E}(x, y, z)$. El cambio en el potencial es:

$$\vec{E} = -\nabla V(r) \quad (3.6)$$

En donde E_l es la componente de $\vec{E}(x, y, z)$ paralelo al desplazamiento. Entonces,

$$E_l = -\frac{dV}{dl} \quad (3.7)$$

Si no hay cambio en el potencial al pasar de un punto a otro, es decir, $dV = 0$, el desplazamiento $d\vec{E}$ es perpendicular al campo eléctrico $\vec{E}(x, y, z)$. El cambio más grande ocurre cuando el desplazamiento es a lo largo del campo eléctrico. Como un vector que apunta en la dirección del cambio más grande en una función escalar y que tiene magnitud igual a la derivada de esa función respecto a la distancia en esa dirección es llamada gradiente de la función, entonces, el campo eléctrico $\vec{E}(x, y, z)$ es el **gradiente** negativo del potencial V . Esto es:

$$\vec{E}(x, y, z) = -\vec{\nabla} V(x, y, z) = -\left(\hat{i}\frac{\partial V}{\partial x} + \hat{j}\frac{\partial V}{\partial y} + \hat{k}\frac{\partial V}{\partial z}\right) \quad (3.8)$$

SUPERFICIES EQUIPOTENCIALES

Es una región donde existe un campo eléctrico, las superficies donde el potencial tiene el mismo valor se llaman equipotenciales. Es decir, la diferencia de potencial entre dos puntos sobre una superficie equipotencial es cero. Cuando una carga se desplaza un $d\vec{l}$ sobre una superficie equipotencial, el cambio en el potencial es:

$$dV = -\vec{E} \cdot d\vec{l} = 0 \quad (3.9)$$

Las líneas de campo eléctrico que emanan desde una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a la superficie.

4 PROCEDIMIENTO

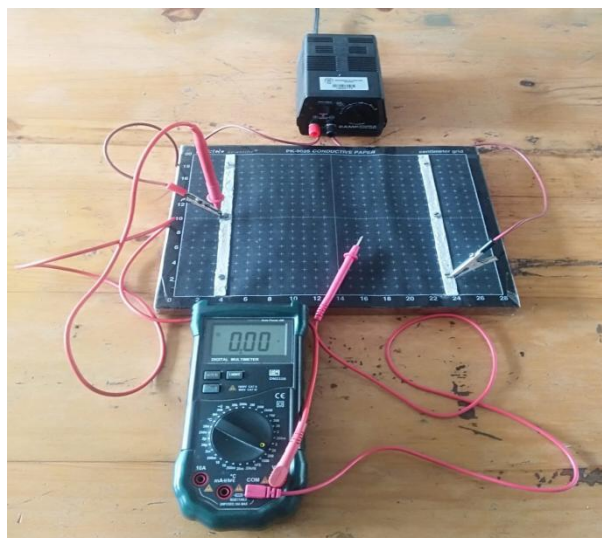
Sobre papeles conductores de color negro se han implementado diversos electrodos, así al aplicar una diferencia de potencial entre los distintos electrodos circularán sobre los mismos unas corrientes, por tanto, se estará estudiando también un problema de electrostática

PRIMERA PARTE: CAPACITOR DE PLACAS PARALELAS

1. Para la configuración de electrodos en forma de capacitor de placas paralelas, conecte la fuente de voltaje regulable de la siguiente forma:

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	25 de 85

- Cerciórese primero que el origen de coordenadas de la placa comience de la esquina izquierda inferior.
- Conecte el caimán del terminal positivo de la fuente (tornillo rojo) al electrodo rectangular izquierdo, mordiendo un conector metálico que sobresale del electrodo.
- Conecte el caimán del terminal negativo de la fuente (tornillo negro) al electrodo rectangular derecho, mordiendo un tornillo de dicho electrodo.
- Gire la perilla de la fuente hasta que coincida con un voltaje de **6V**.
- Encienda la fuente con el interruptor en la parte frontal, se debe encender un LED rojo. **Ver montaje 1.**



Montaje 1: conexión fuente de voltaje a la configuración de placas paralelas, con ubicación de multímetro para realizar medición.

2. Gire la perilla del multímetro hasta **20V** en la región de voltaje en continuo.
3. Oprima el botón ON/OFF para encender el multímetro.

Notas:

- Si en la pantalla del multímetro aparece un símbolo de batería, significa que esta descargado, por lo cual solicite al auxiliar un cambio de batería.
 - Si al oprimir el botón ON/OFF el multímetro no enciende, solicite al auxiliar de laboratorio un cambio de pila del multímetro.
4. Verifique que una punta del cable del multímetro esté conectada al terminal para medir "voltaje y resistencia" (primer orificio del lado derecho del multímetro), y su terminación metálica al electrodo rectangular del lado derecho, introduciéndola dentro del orificio del conector metálico.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	26 de 85

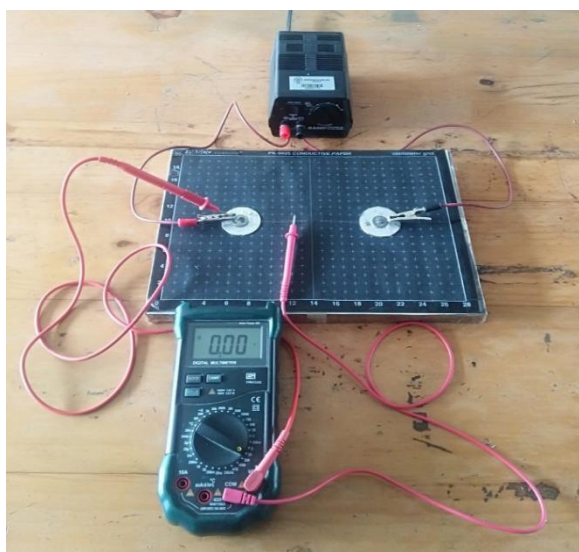
5. Verifique que la otra punta del cable del multímetro esté conectada al terminal de tierra (**COM**) de esté. Esta punta será ubicada en diferentes posiciones (coordenadas) sobre el montaje para medir el voltaje en dichos puntos.
6. Antes de medir, dibuje sobre una de las **copias de papel conductor** los electrodos rectangulares, en la misma posición y con el mismo tamaño, para hacer un bosquejo más fiel al montaje real. Sobre el mismo grafico ubique **oresalte** cual es el electrodo positivo y cual el negativo y colóquele el nombre de la configuración estudiada.
7. Ubique la punta del **paso 5** sobre la coordenada **(6,2)**, el multímetro registrara un voltaje, anote dicho valor sobre la **copia de papel conductor** en la misma posición. Proceda a buscar **ese mismo valor de voltaje** o uno muy cercano de forma vertical ascendente cada dos posiciones. Para cada una de esas posiciones anote el voltaje con sus unidades sobre la **copia** y unos dichos puntos. Este será la **primera línea o superficie equipotencial**, la cual debe coincidir con lo consultado en la pregunta 5 del cuestionario.
 - **Nota: si el multímetro no le registra ningún valor, sostenga o mueva las conexiones de las puntas sobre esté, mientras realiza las mediciones.**
8. Repita el paso 7, para las siguientes coordenadas: **(10,2), (14,2) y (18,2)** para un total de **cuatro** líneas equipotenciales.
9. Mida el voltaje en 4 puntos aleatorios fuera de los electrodos en configuración de placas paralelas a la izquierda de la placa y 4 puntos a la derecha de las placas y registre esos resultados sobre la misma **copia** de papel conductor.
10. Apague la fuente de voltaje.

SEGUNDA PARTE: DIPOLO DE CARGA OPUESTA

1. Para la configuración de electrodos en forma de dipolo eléctrico conecte la fuente de voltaje regulable, de la siguiente forma:
 - Cerciórese primero que el origen de coordenadas de la placa comience de la esquina izquierda inferior.
 - Conecte el caimán del terminal positivo de la fuente (tornillo rojo) al electrodo circular izquierdo, mordiendo un conector metálico que sobresale del electrodo.
 - Conecte el caimán del terminal negativo de la fuente (tornillo negro) al electrodo circular derecho, mordiendo un conector metálico que sobresale del electrodo.
 - Encienda la fuente con el interruptor en la parte frontal, se debe encender un LED rojo. **Ver montaje 2.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	27 de 85

- Introduzca la punta del multímetro para medir voltaje y resistencia en el conector metálico del electrodo circular del lado izquierdo.
- Antes de medir, dibuje sobre otra de las **copias de papel conductor** los electrodos circulares, en la misma posición y con el mismo tamaño, para hacer un bosquejo más fiel al montaje real. Sobre el mismo grafico ubique o resalte cual es el electrodo positivo y cual el negativo y colóquele el nombre de la configuración estudiada



Montaje 2: conexión fuente de voltaje a la configuración de dipolo de carga opuesta, con ubicación de multímetro para realizar medición.

- Ubique la punta de tierra del multímetro sobre la coordenada **(11,10)**, el multímetro registrara un voltaje, anote dicho valor sobre la copia de papel conductor en la misma posición. Proceda a buscar **ese mismo valor de voltaje** o uno muy cercano **alrededor** del electrodo circular del lado izquierdo cada dos posiciones hasta que llegue de nuevo a la posición de donde partió, para cada una de esas posiciones **anote** el voltaje con sus unidades sobre la **copia** y unos dichos puntos, esta será la **primera línea o superficie equipotencial**, la cual debe coincidir con lo consultado en la pregunta 5 del cuestionario.
- Repita el paso anterior para la coordenada **(12,10)**.
- Realice de forma análoga al paso 4 la medición del voltaje para las coordenadas **(16,10) y (17,10)** pero realice la toma de datos alrededor del electrodo circular del lado derecho.
- Terminado esto debe registrar en la copia de papel conductor **cuatro** líneas equipotenciales, dos alrededor del electrodo del lado derecho y dos alrededor del lado izquierdo.
- Apague la fuente de voltaje.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	28 de 85

TERCERA PARTE: FUENTE PUNTUAL Y ANILLO DE PROTECCIÓN

1. Para la configuración de electrodos en forma de fuente puntual y anillo de protección, conecte la fuente de voltaje regulable, de la siguiente forma:
 - Cerciórese primero que el origen de coordenadas de la placa comience de la esquina izquierda inferior.
 - Conecte el caimán del terminal positivo de la fuente (tornillo rojo) al electrodo circular central, mordiendo un conector metálico que sobresale del electrodo.
 - Conecte el caimán del terminal negativo de la fuente (tornillo negro) al electrodo en forma de anillo, mordiendo un conector metálico que sobresale del electrodo.
 - Encienda la fuente con el interruptor en la parte frontal, se debe encender un LED rojo. **Ver montaje 3.**



Montaje 3: conexión fuente de voltaje a la configuración de fuente puntual y anillo de protección, con ubicación de multímetro para realizar medición.

2. Introduzca la punta del multímetro para medir voltaje y resistencia en el conector metálico del electrodo circular central.
3. Antes de medir, dibuje sobre otra de las **copias de papel conductor** el electrodo circular y en forma de anillo, en la misma posición y con el mismo tamaño, para hacer un bosquejo más fiel al montaje real. Sobre el mismo grafico ubique o resalte cual es el electrodo positivo y cual el negativo y colóquele el nombre de la configuración estudiada.
4. Ubique la punta de tierra del multímetro sobre la coordenada **(15,10)**, el multímetro registrara un voltaje, anote dicho valor sobre la copia de papel conductor en la misma posición. Proceda a buscar **ese mismo valor de voltaje**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	29 de 85

o uno muy cercano **alrededor** del electrodo circular hasta que llegue de nuevo a la posición de donde partió, para cada una de esas posiciones **anote** el voltaje con sus unidades sobre la **copia** y unos dichos puntos, esta será la **primera línea o superficie equipotencial**, la cual debe coincidir con lo consultado en la pregunta 5 del cuestionario.

5. Repita el paso 4 para las coordenadas **(16,10)** para un total de **dos** líneas equipotenciales.
6. Mida el voltaje en 10 puntos aleatorios fuera del anillo y registre esos resultados sobre la misma copia de papel conductor.
7. Apague la fuente de voltaje.

Análisis De Datos

1. Dibuje las líneas de **campo eléctrico** para cada una de las tres configuraciones que se trabajaron en el laboratorio, en la correspondiente copia de papel conductor, para ello utilice otro color diferente al empleado en las líneas equipotenciales. (*nota: guíese con la información consultada en la pregunta 4 del cuestionario*)

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. ¿Por qué las líneas de campo eléctrico que emanan desde una superficie equipotencial deben ser perpendiculares a la superficie?
2. Consultar las Propiedades de un conductor en equilibrio electrostático.
3. ¿Qué es un capacitor de cargas paralelas, un dipolo eléctrico y una carga puntual?
4. ¿Consultar y graficar cómo son las líneas de campo eléctrico para un capacitor de placas paralelas, para un dipolo eléctrico y para una carga puntual?
5. ¿Consultar y graficar cómo son las líneas equipotenciales para un capacitor de placas paralelas, para un dipolo eléctrico y para una carga puntual?
6. ¿Consulte qué es un multímetro y cómo medir voltaje utilizándolo?
7. ¿Cómo es el potencial eléctrico en el interior y en la superficie de un conductor cargado y aislado en condiciones electrostáticas?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	30 de 85

Preguntas De Control

1. ¿Qué valor tiene el campo eléctrico fuera de las placas del capacitor?, ¿concuerda esto con lo obtenido en la práctica?, **sustente su respuesta.**
2. ¿Qué sucede con la diferencia de potencial dentro del capacitor de placas paralelas, a medida que se aleja de uno de los electrodos?, ¿Qué pasaría con las mediciones si intercambia de lugar la ubicación de las puntas del multímetro?
3. ¿Cuál es la diferencia de potencial en puntos fuera del anillo de protección?
4. ¿Qué valor tiene el campo eléctrico fuera del anillo de protección? y ¿Para qué sirve el anillo de protección según lo observado en el laboratorio?
5. ¿Correspondieron los resultados obtenidos en el dipolo de carga opuesta con la teoría, por qué?, ¿si se utilizara solo una carga puntual se hubiera obtenido el mismo resultado?
6. Enuncie e identifique específicamente las fuentes de error presentes en el laboratorio, que influyeron en la toma de datos y que generaron discordancia con la teoría.

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	31 de 85

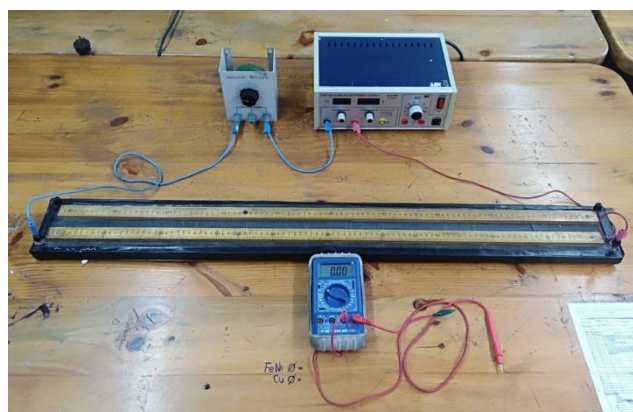
PRACTICA Nro. 4 RESISTIVIDAD

1 OBJETIVOS

1. Comprender que la resistencia eléctrica de un elemento conductor depende de su geometría, las características del material, así como de su temperatura
2. Determinar la resistividad eléctrica de un alambre conductor a partir de la resistencia eléctrica R , el área A de la sección transversal y la longitud L del segmento de prueba.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Conductores óhmicos	2	
Fuentes de poder CD	1	
Multímetro	1	
Cables de conexión	2	
Reóstato	1	
Escala métrica	2	
Papel milimetrado	2	Traerlas el estudiante



Esquema 1. Montaje de laboratorio

3 MARCO TEÓRICO

RESISTIVIDAD

La resistencia de un conductor depende principalmente de cuatro parámetros:

- Naturaleza del material.
- Longitud “L”
- Área de la sección transversal “A”
- Temperatura del material

La resistencia de un conductor como se acabó de mencionar depende de la naturaleza



del material; Existe una relación matemática que permite identificar esta dependencia basándose en la definición de **resistividad del material** (ρ) mediante la ecuación:

$$\rho = \frac{E}{I/A} \quad (4.1)$$

En donde E es el campo eléctrico en el conductor en un punto dado y la relación I/A es la corriente en un punto, dividida por el área de la sección transversal correspondiente. Algunos de estos parámetros se pueden apreciar en la **Figura 1**

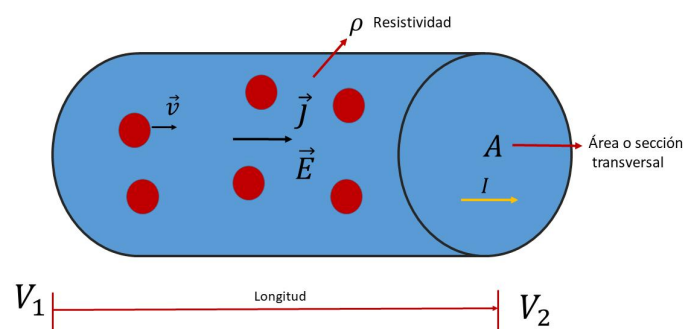


Figura 1. Conductor cilíndrico

La resistencia de un conductor puede relacionarse con su resistividad ρ , longitud L y sección transversal A . En primer lugar, debe recordarse que el voltaje V entre los extremos del conductor está relacionado con el campo eléctrico uniforme E en el conductor por la expresión:

$$E = \frac{V}{L} \quad (4.2)$$

Además, si se tiene en cuenta que la expresión para la resistencia en términos de corriente I y el voltaje V es equivalente a:

$$R = \frac{V}{I} \quad (4.3)$$

El equivalente para la resistividad de un material en términos matemáticos a base de la expresión (4.1) se podrá expresar en función de R , L y A aplicando las expresiones (4.2) y (4.3) de la siguiente manera:

$$\rho = \frac{E}{I/A} = \frac{RA}{L} \quad (4.4)$$

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4.5)$$

En algunos materiales el valor de la resistencia R depende de la corriente I que los atraviesa. La resistividad ρ de tales materiales depende del valor I/A . Sin embargo, los metales y algunos otros materiales conservan el mismo valor de la resistividad y por tanto el mismo valor de la resistencia sin depender de la razón I/A . Se dice que en estos casos se cumple la **ley de Ohm**.

De la ecuación (4.5) se deduce que si L está dada en metros (m), A en metros cuadrados (m^2) y R en ohmios (Ω), la unidad de ρ deberá estar en dada en Ohmios metro ($\Omega \cdot m$). En la **figura 2** se muestran los valores de resistividad de algunos materiales.

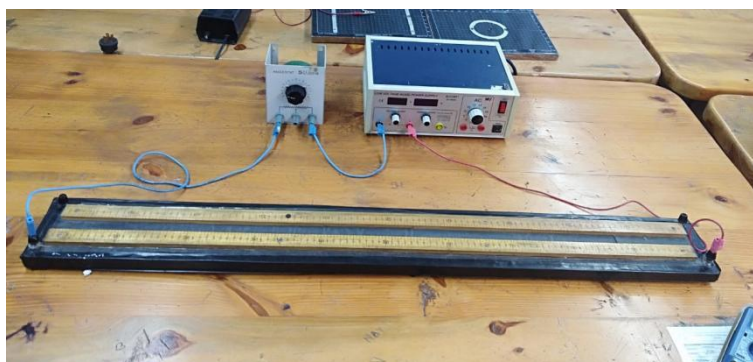
Material	$\rho (\Omega \cdot m)$
Plata	$1,6 \times 10^{-8}$
Cobre	$1,7 \times 10^{-8}$
Aluminio	$2,7 \times 10^{-8}$
Tungsteno	$5,6 \times 10^{-8}$
Plomo	$2,1 \times 10^{-7}$
Constantán (Ni+Cu)	$4,91 \times 10^{-7}$
Aleación de Fe y Ni	$1,7 \times 10^{-6}$
Carbón	$3,5 \times 10^{-5}$
Agua salada	$2,0 \times 10^{-1}$
Germanio	$5,0 \times 10^{-1}$
Oxido de cobre (CuO)	$1,0 \times 10^3$
Agua destilada	$5,0 \times 10^3$
Vidrio	$1,0 \times 10^{12}$
Aceite de transformador	$2,0 \times 10^{14}$
Caucho	$1,0 \times 10^{15}$

Figura 2. Valores de resistividad de algunos materiales a una temperatura de 20°C

4 PROCEDIMIENTO

PRIMERA PARTE: Medición del conductor óhmico de ferroníquel "FeNi"

1. Acople los cables banana-banana en los extremos del alambre conductor de FeNi (color gris), como se observa en la **Montaje 1**.



Montaje 1. Conexiones de la fuente al conductor de FeNi.



2. Conecte el cable del multímetro con terminal en caimán al extremo izquierdo del alambre de FeNi, en la posición de **0[cm]** de la regla de madera, ver **Montaje 2**.



Montaje 2. Conexiones del multímetro al conductor de FeNi, para la toma de datos.

3. Encienda el multímetro girando la perilla hasta la región de voltaje, ubíquelo en la escala de **20[V]**. (*nota: verifique que el interruptor negro del lado izquierdo superior del multímetro este ubicado en DC*)

Nota: si el multímetro no enciende, solicite un cambio de batería al auxiliar de laboratorio o al docente.

Nota: si aparece un símbolo de batería en la pantalla del multímetro, solicite un cambio de batería al auxiliar de laboratorio o al docente.

4. Encienda la fuente con el interruptor rojo, en la fuente aparecen el voltaje y corriente total que se suministran al conductor. Registre únicamente el valor de la corriente en la **tabla 1**.
5. Ubique la otra punta del multímetro (*destinada para medir voltaje y resistencia*) sobre el conductor en la posición de **10cm** (0,1m), cerciórese de hacer buen contacto y registre el voltaje que muestra el multímetro en la **tabla 1**.
6. Repita el proceso anterior aumentando en **10cm** la ubicación de la punta del multímetro, hasta que complete las mediciones de voltaje de la **tabla 1**.
7. Apague la fuente.
8. Gire la perilla del multímetro hasta la región destinada para medir resistencia y ubíquela en la escala de **200Ω**.
9. Ubique la punta del multímetro sobre el conductor en la posición de **10cm** (0,1m), cerciórese de hacer buen contacto y registre la resistencia que muestra el multímetro en la **tabla 1**.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	35 de 85

- 10.** Repita el proceso anterior aumentando en **10cm** la ubicación de la punta del multímetro, hasta que complete las mediciones de voltaje de la **tabla 1**.

Longitud L [m]	Corriente I [A]	Voltaje V [V]	Resistencia R[Ω]	Radio sección transversal [m]	Relación Longitud/área $Q=L/A$ [m ⁻¹]
0,1					
0,2					
0,3					
0,4					
0,5				Área sección transversal [m ²]	
0,6					
0,7					
0,8					
0,9					
1					

Tabla 1. Datos y mediciones conductor óhmico de ferroníquel “FeNi”

SEGUNDA PARTE: Medición del conductor óhmico de Cobre “Cu”

- Desconecte los cables banana-banana de los extremos del conductor óhmico utilizado en las mediciones anteriores.
- Gire la regleta de madera para que el conductor de cobre (*color café*) quede frente a usted.
- Acople los cables banana-banana en los extremos del alambre conductor de cobre.
- Conecte el cable del multímetro con terminal en caimán al extremo izquierdo del alambre de Cu, en la posición de **0[cm]** de la regla de madera, ver **Montaje 2**.
- Encienda el multímetro girando la perilla hasta la región de voltaje, ubíquelo en la escala de **200[mV]**.
- Encienda la fuente con el interruptor rojo, en la fuente aparecen el voltaje y corriente total que se suministran al conductor. Registre únicamente el valor de la corriente en la **tabla 2**.
- Ubique la otra punta del multímetro (*destinada para medir voltaje y resistencia*) sobre el conductor en la posición de **10cm** (0,1m), cerciórese de hacer buen contacto y registre el voltaje que muestra el multímetro en la **tabla2**. (*nota: Tenga cuidado con la escala de voltaje y con las unidades solicitadas en la tabla 2*)
- Repita el proceso anterior aumentando en **10cm** la ubicación de la punta del multímetro, hasta que complete las mediciones de voltaje de la **tabla 1**.

9. Apague la fuente.

10. La resistencia en este conductor no se puede medir directamente con el multímetro, se procederá a llenar siguiendo los pasos de la siguiente sección.

Longitud L [m]	Corriente I [A]	Voltaje V [v]	Resistencia R[Ω]	Radio sección transversal [m]	Relación Longitud/área Q=L/A [m ⁻¹]
0,1					
0,2					
0,3					
0,4					
0,5					
0,6				Área sección transversal [m ²]	
0,7					
0,8					
0,9					
1					

Tabla 2. Datos y mediciones conductor óhmico de cobre “Cu”

Análisis De Datos

1. El conductor de cobre posee un diámetro de: **0,99mm** y el diámetro del ferroníquel es: **0,44mm**. Convierta este resultado a metros y calcule el radio para cada uno, registre los resultados en las **tabas 1 y 2**.
2. Calcule el área de la sección transversal de cada conductor usando la **ecuación 4.6** y registre dichos valores en la **tabla 1 y 2**.

$$A = \pi * R^2 \quad (4.6)$$

3. Realice el cálculo del valor **Q** para cada conductor haciendo uso de la **ecuación 4.7**. Complete las tabas 1 y 2.

$$Q = \frac{Longitud}{Area} \quad (4.7)$$

4. Calcule la resistencia para el conductor óhmico de cobre, haciendo uso de los datos de la **tabla 2**, a partir de la ley de ohm **ecuación 4.3**, registre dichos valores en esta tabla.
5. Realice la **gráfica** de resistencia (ordenada) en función de Q (abscisa), para cada conductor óhmico, haciendo uso de los datos de la tabla 1 y 2.
6. Encuentre la ecuación de la recta para cada gráfica, haciendo uso de la regresión lineal de la calculadora. Bosqueje sobre las gráficas del punto anterior dicha ecuación.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	37 de 85

7. Teniendo en cuenta que la pendiente de cada grafica equivale a la resistividad “ ρ ” de cada conductor utilizado, regístrelos en la **tabla 3** como valor experimental. Tome los valores de la **Figura 2** para cada conductor como valor teórico y calcule el error porcentual con la **ecuación 4.8**.

$$\%E = \left| \frac{V_{exp} - V_{teo}}{V_{teo}} \right| \times 100\% \quad (4.8)$$

CONDUCTOR ÓHMICO DE FERRONÍQUEL		
Resistividad teórica [Ωm]	Resistividad Experimental [Ωm]	% ERROR
CONDUCTOR ÓHMICO DE COBRE		
Resistividad teórica [Ωm]	Resistividad Experimental [Ωm]	% ERROR

Tabla 3. Análisis de Resistividad en los conductores óhmicos.

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. ¿Qué es corriente eléctrica, densidad de corriente, voltaje, resistividad y conductividad?
2. ¿En qué consiste la Ley de Ohm?
3. ¿De qué factores depende la resistencia y la resistividad de un material óhmico?
4. ¿Qué son materiales conductores y dieléctricos? Y ¿Cuáles son sus características?
5. ¿Qué es superconductividad y cuándo se presenta?
6. ¿Consulte qué es un multímetro y cómo medir resistencia y voltaje utilizándolo?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	38 de 85

7. ¿Investigue qué es corriente continua, unidades y aplicaciones?

8. ¿consulte qué es un reóstato y cuáles son sus aplicaciones?

Preguntas De Control

1. Enuncie e identifique específicamente todas las fuentes de error presentes en el laboratorio, que influyeron en la toma de datos y que generaron discordancia con la teoría.
2. Si se aumentara la longitud de cada conductor, ¿qué sucedería con la resistencia de dicho alambre? y ¿Qué pasaría con el voltaje y la corriente total que recorren el conductor? **Justifique sus respuestas.**
3. Para los mismos conductores si su longitud se mantuviera constante, pero el área de su sección transversal aumenta, ¿Qué pasaría con la resistencia? **Justifique su respuesta.**
4. Considere el siguiente escenario: Si repitiera la práctica, con un valor diferente de voltaje y corriente suministrada por la fuente de poder: ¿cambiaría el valor de la resistividad? **Justifique su respuesta.**
5. ¿Por qué varía el valor de la corriente en la fuente de forma automática, cuando se hace el cambio de conexión del alambre de ferroníquel al de cobre?

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	39 de 85

PRACTICA Nro. 5 LEY DE OHM

1 OBJETIVOS

1. Investigar y analizar las tres variables involucradas en la relación matemática conocida como Ley de Ohm (Voltaje, corriente y resistencia).
2. Comprobar las variables involucradas en la ley de Ohm para diferentes topologías de circuitos resistivos.
3. Comprender el comportamiento de resistencias conectadas en serie, paralelo y mixto.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Protoboard	1	
Multímetro Digital	1	Debe medir corriente
Fuente de voltaje DC	1	
Cables banana-caimán	2	
Cables de Conexión	varios	Suministrados por el estudiante
Resistencias $100\Omega \leq R \leq 1000\Omega$	3	Suministradas por el estudiante

3 MARCO TEÓRICO

LEY DE OHM

"La intensidad de corriente eléctrica que circula por un conductor eléctrico es directamente proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo".

La ley de Ohm recibe este nombre en honor del físico alemán Georg Simon Ohm a quien se le acredita el establecimiento de la relación voltaje-corriente para la resistencia. Como resultado de su trabajo pionero, la unidad de la resistencia eléctrica lleva su nombre. La ley de Ohm establece que el voltaje a través de una resistencia es directamente proporcional a la corriente que fluye a lo largo de ésta. Se representa mediante la ecuación:

$$V = IR \quad (5.1)$$



Donde, empleando unidades del sistema internacional de medidas, tenemos:

- V = Diferencia de potencial en voltios (V)
- I = Intensidad en amperios (A)
- R = Resistencia en ohmios (Ω)

La resistencia medida en ohm, es la constante de proporcionalidad entre el voltaje y la corriente, y depende de las características geométricas y del tipo de material con que la resistencia este construida. Un elemento de circuito cuya característica eléctrica principal es que se opone al establecimiento de la corriente se llama resistencia, y se representa con el símbolo que se muestra en la **Figura 1**.

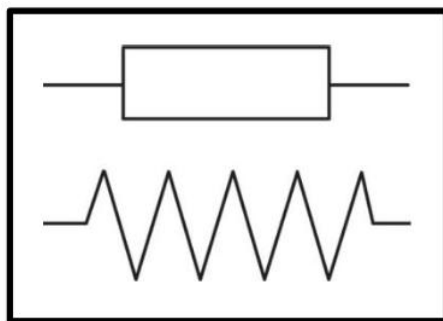


Figura 1. Símbolo de la Resistencia.

RESISTENCIAS EN SERIE Y EN PARALELO

Cuando varios elementos de un circuito, como resistencias, baterías, están conectados en sucesión como se indica en la **Figura 2**; con un solo camino de corriente entre los puntos, se dice que están conectadas en serie. Resistencias en serie se suman para obtener una resistencia equivalente de la siguiente manera:

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + \dots R_n \quad (5.2)$$

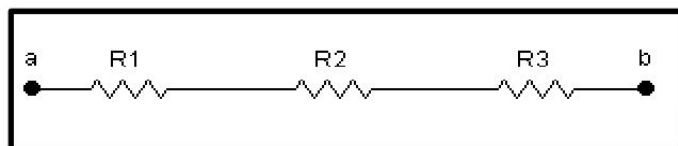


Figura 2. Resistencias en serie.

De las resistencias de la **Figura 3** se dice que están conectadas en paralelo entre los puntos a y b, porque cada resistencia ofrece un camino diferente entre los puntos y están sometidos a la misma diferencia de potencial 'voltaje'. La resistencia equivalente de resistencias en paralelo, es el producto de las resistencias dividido por la suma de las mismas:



$$R_{eq} = \frac{R_1 * R_2 * R_3}{R_1 + R_2 + R_3} \quad (5.3)$$

Para el caso en que se presentan más de tres resistencias se tiene:

$$R_{eq} = \frac{R_1 * R_2 * R_3 * \dots * R_n}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n} \quad \text{ó} \quad \frac{1}{R_{eq}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \dots \frac{1}{R_n} \quad (5.4)$$

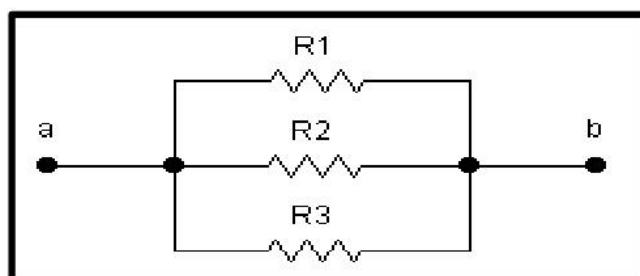


Figura 3. Resistencias en paralelo.

Con respecto a cualquier combinación de resistores como en la **Figura 4**, siempre se puede hallar un solo resistor que podría tomar el lugar de la combinación y dar por resultado la misma corriente y diferencia de potencial totales, la resistencia de este único resistor se conoce como resistencia equivalente.

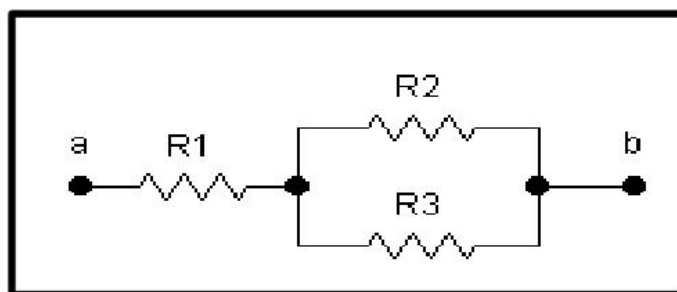


Figura 4. Circuito Mixto.

4 PROCEDIMIENTO

PRIMERA PARTE: Identificación del valor de la resistencia a partir del código de colores

Modifique el selector del multímetro girándolo a la escala que indica Resistencia las puntas se distribuyen así:

- La punta roja se conecta en la parte que indica Ω (Ohmios)
- La punta negra se conecta en la parte que indica COM (Tierra).

1. Seleccione tres resistencias de diferente valor que se encuentren en el rango de 100Ω a 1000Ω . Anote su código de colores en la **Tabla 1**. Llamaremos a las resistencias R_1 , R_2 y R_3 .



2. Determine el valor de las resistencias utilizando el código de colores. Anote este valor en la columna Resistencia codificada de la **Tabla 1**. Anote el valor de la tolerancia según lo indica el color en la columna correspondiente.
3. Con ayuda del multímetro digital realice la medición de resistencia para las tres resistencias seleccionadas y registre estos valores como “Resistencia medida” en la **Tabla 1** y la **Tabla 3**

SEGUNDA PARTE: Medición de resistencia en circuito serie, paralelo y mixto

4. Conecte las tres resistencias en serie como se muestra en la **Figura 5**. Mida los valores R_{12} , R_{23} y R_{123} conectando las puntas del multímetro en los extremos de las flechas indicadas en el diagrama de la **Figura 5**. Registre estos valores en la **Tabla 2**

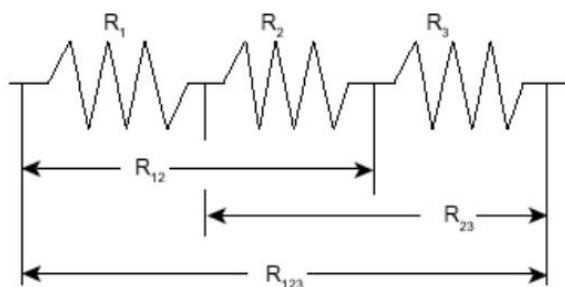


Figura 5. Circuito resistencias en serie.

5. Conecte las tres resistencias en paralelo como se muestra en la **Figura 6**. Mida los valores R_{12} , R_{23} y R_{123} conectando las puntas del multímetro en los extremos de las flechas indicadas en el diagrama de la **Figura 6**. Registre estos valores en la **Tabla 2**. Importante: para la medición de R_{12} , solo deben estar conectadas las resistencias R_1 y R_2 ; para la medición de R_{23} solo deben estar conectadas las resistencias R_2 y R_3 .

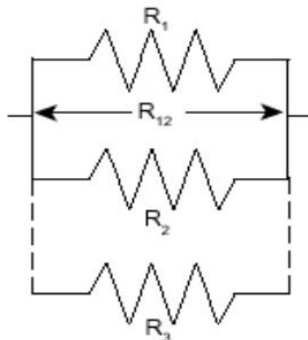


Figura 6. Circuito resistencias en paralelo.



6. Conecte las tres resistencias en un circuito mixto como se muestra en la **Figura 7**. Mida los valores R_{12} , R_{23} y R_{123} conectando las puntas del multímetro en los extremos de las flechas indicadas en el diagrama de la **Figura 7**. Registre estos valores en la **Tabla 2**.

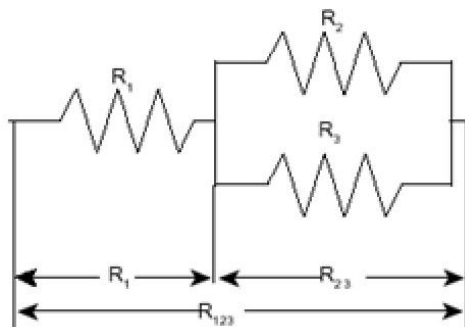


Figura 7. Circuito mixto de resistencias.

TERCERA PARTE: Medición de voltaje y corriente en circuito mixto

7. Con la misma configuración de la **Figura 7** realice la medición del voltaje y corriente presentes en cada una de las resistencias al momento de suministrar un voltaje de **5V** al circuito con ayuda de la fuente de voltaje DC. Registre los datos obtenidos en la **Tabla 3**. Tenga en cuenta las unidades en las cuales se realizan las mediciones de voltaje y corriente. (recuerde la manera adecuada de realizar las mediciones de voltaje y corriente, estudiadas previamente en el cuestionario).

Análisis De Datos

	1°	Colores 2°	3°	Resistencia Codificada(Ω)	Resistencia Medida(Ω)	Tolerancia 4°
R_1						
R_2						
R_3						

Tabla 1. Medición de Resistencias

1. Determine el porcentaje de error de cada resistencia según la siguiente ecuación:

$$\%Error = \left| \frac{Resistencia_{Codificada} - Resistencia_{Medida}}{Resistencia_{Codificada}} \right| * 100 \quad (5.5)$$

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	44 de 85

	Circuito Serie	Circuito Paralelo	Circuito Mixto
$R_{12}(\Omega)$			
$R_{23}(\Omega)$			
$R_{123}(\Omega)$			

Tabla 2. Medición de Resistencia equivalente en circuito serie, paralelo y mixto.

2. Con los datos registrados en la **Tabla 3** para el voltaje y la corriente de las resistencias en la configuración de circuito mixto realice la operación “Voltaje/Corriente” y complete la **Tabla 3**.

	Resistencia Medida(Ω)	Corriente (A)	Voltaje (V)	Voltaje/Corriente (Ω)
R_1				
R_2				
R_3				

Tabla 3. Medición de voltaje y corriente en circuito mixto.

3. Determine el porcentaje de error para los valores de cada una de las resistencias de la **Tabla 3** de la siguiente manera:

$$\%Error = \left| \frac{Resistencia\ medida - (voltaje/corriente)}{Resistencia\ medida} \right| * 100 \quad (5.6)$$

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. ¿Qué es un Circuito Eléctrico?
2. ¿En qué consiste la Ley de Ohm?
3. Consultar los conceptos: nodo, rama y malla.
4. ¿cómo se operan las resistencias en un circuito Serie, paralelo y mixto?
5. Consultar la manera adecuada de medir: corriente, voltaje y resistencia utilizando un multímetro digital.
6. Consultar los trazos de continuidad presentes en una protoboard.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	45 de 85

7. ¿Qué significado tiene el porcentaje de tolerancia de las resistencias?

8. Consultar el código de colores de las resistencias

Preguntas De Control

1. Enuncie e identifique específicamente todas las fuentes de error presentes en el laboratorio, ¿influyeron en la toma de datos y los resultados obtenidos?
2. ¿Es posible corroborar la Ley de Ohm a partir de los porcentajes de error obtenidos con la ecuación (5,6)?
3. ¿Qué relación existe entre el porcentaje de error obtenido en el **inciso 1** del análisis de datos y la tolerancia registrada en la **Tabla 1** para cada caso?
4. Explique con sus palabras el comportamiento de las resistencias para cada caso (configuración serie, paralelo y mixto).

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.
- Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.
- Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	46 de 85

PRACTICA Nro.6 LEYES DE KIRCHHOFF

1 OBJETIVOS

1. Entender las leyes de conservación de energía eléctrica y de la conservación de la carga en circuitos eléctricos
2. comprobar experimentalmente las Leyes de Kirchhoff a partir de las tensiones y corrientes en los circuitos eléctricos.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Protoboard	1	
Multímetro Digital	1	Debe medir corriente
Fuente de voltaje DC	1	
Cables banana-caimán	2	
Cables de Conexión	varios	Suministrados por el estudiante
Resistencias $100\Omega \leq R \leq 1000\Omega$	9	Suministradas por el estudiante

3 MARCO TEÓRICO

LEYES DE KIRCHHOFF

En la práctica, muchas redes de resistencias no se pueden reducir a combinaciones simples en serie o en paralelo. La **Figura 1** representa un circuito de “puente”, que se utiliza en muchos tipos distintos de sistemas de medición y control. No es necesario recurrir a ningún principio nuevo para calcular las corrientes en estas redes, pero hay ciertas técnicas que facilitan el manejo sistemático de este tipo de problemas.

Describiremos las técnicas ideadas por el físico alemán Gustav Robert **Kirchhoff**, que están basadas en dos leyes importantes. La primera ley, la Ley de corriente de Kirchhoff; establece que la suma algebraica de las corrientes que entran a cualquier nodo (punto de conexión de dos o más elementos del circuito) es cero o también que la suma de las corrientes que entran en un nodo es igual a las sumas de las corrientes que salen del nodo. En forma matemática, la ley aparece como:

$$\sum_{j=1}^N I_j = 0 \quad (6.1)$$

y físicamente significa que en un punto del conductor (nodo) la carga no puede acumularse, donde I_j es la j-ésima corriente que entra al nodo a través de la rama j y N es el número de ramas (parte del circuito que tiene un solo elemento) conectados al

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	47 de 85

nodo.

La segunda ley de Kirchhoff, llamada Ley del voltaje de Kirchhoff, establece que la suma algebraica de los voltajes alrededor de cualquier malla (trayectoria cerrada en la cual un nodo no se encuentra más de una vez) es cero. Físicamente significa la conservación de la energía eléctrica. En general la representación matemática de la ley de voltaje de Kirchhoff es:

$$\sum_{j=1}^N V_j = 0 \quad (6.2)$$

Donde V_j es el voltaje a través de la j-ésima rama en una malla que contiene N voltajes.

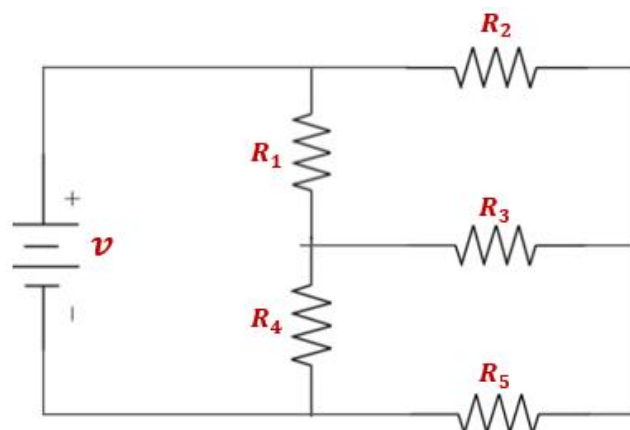


Figura 1. Circuito puente

4 PROCEDIMIENTO

PRIMERA PARTE: Identificación del valor de la resistencia a partir del código de colores

Modifique el selector del multímetro girándolo a la escala que indica Resistencia las puntas se distribuyen así:

- La punta roja se conecta en la parte que indica Ω (Ohmios)
- La punta negra se conecta en la parte que indica COM (Tierra).

1. Seleccione siete resistencias de diferente valor que se encuentren en el rango de 100Ω a 1000Ω . Utilizando el código de colores determine el valor de cada resistencia y registre estos valores como “resistencia codificada” en la **Tabla 1**.
2. Con ayuda del multímetro digital realice la medición de las resistencias seleccionadas y registre estos valores como “Resistencia medida” en la **Tabla 1**.
3. Implemente el circuito de la **Figura 2** utilizando las resistencias seleccionadas y una fuente de voltaje DC.



4. Encienda la fuente de voltaje DC y suministre una diferencia de potencial de **10 v** al circuito de la **Figura 2**.
5. Teniendo en cuenta lo consultado en el cuestionario, realice las mediciones de voltaje de cada una de las resistencias implementadas en el circuito haciendo uso del multímetro digital. Asegúrese de medir y anotar todos los voltajes individuales. Registre estos valores en la **Tabla 1**.

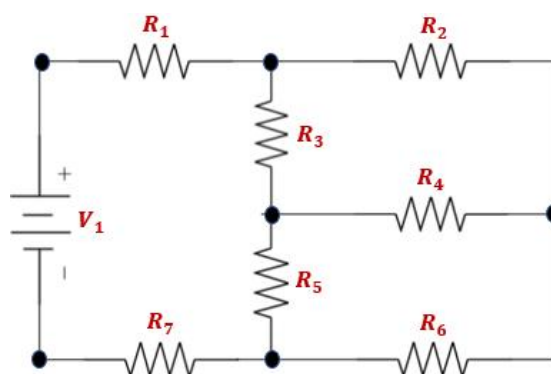


Figura 2.

Análisis De Datos

	Resistencia codificada(Ω)	Resistencia medida(Ω)	Tensión (V)		Corriente (mA)	
R_1			V_1		I_1	
R_2			V_2		I_2	
R_3			V_3		I_3	
R_4			V_4		I_4	
R_5			V_5		I_5	
R_6			V_6		I_6	
R_7			V_7		I_7	
			V_T			

Tabla 1. Medición de resistencia, voltaje y corriente

	I_1	I_2	I_3	I_4	I_5	I_6	I_7
Corriente medida							
Corriente calculada							
Error							

Tabla 2. Medición de corrientes y cálculo de error

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	49 de 85

$$\%Error = \left| \frac{V_{calculado} - V_{medido}}{V_{calculado}} \right| * 100\% \quad (6.3)$$

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. Explicar detalladamente las Leyes de Kirchhoff.
2. Realizar un ejercicio donde se aplique la ley de corrientes de Kirchhoff.
3. Realizar un ejercicio donde se aplique la ley de voltajes de Kirchhoff
4. Consultar en que consiste en método Delta-Estrella ¿para qué sirve?
5. Consultar la manera adecuada de medir: corriente, voltaje y resistencia utilizando un multímetro digital.
6. Consultar el código de colores de las resistencias

Preguntas De Control

1. Utilizando alguna de las leyes de Kirchhoff determine el flujo de corriente que circula por cada una de las resistencias, es decir; determine analíticamente las corrientes del circuito. Anótelas en la **Tabla 2** y calcule el error.
2. ¿Coinciden los datos medidos con los calculados? Justifique su respuesta.
3. Al determinar los valores de corriente del circuito: ¿es posible corroborar el principio de conservación de la energía?
4. Según lo observado en la práctica, ¿cuáles fueron las fuentes de error en la toma de datos y el análisis de resultados.?

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	50 de 85

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**
- **Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.**



PRACTICA Nro. 7 CAMPO MAGNÉTICO DE UN SOLENOIDE

1 objetivos

Medir el campo magnético producido en el interior de un solenoide por una corriente continua a través de la fuerza magnética sobre una espira que conduce una corriente.

2 materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Fuentes de Voltaje (10A)	2	
Solenoide (N = 118 espiras, L=15cm)	1	
Espira rectangular	1	
Hilo de diferentes longitudes	3	
Cables de conexión	4	
Hojas papel milimetrado	1	Traerlo el estudiante



Esquema 1. Montaje de laboratorio

3 MARCO TEÓRICO

CAMPO MAGNÉTICO

Un campo magnético " B " es una magnitud vectorial que puede estar producida por una carga puntual en movimiento o por un conjunto de cargas en movimiento, es decir, por una corriente eléctrica. La intensidad de un campo magnético se mide en **Tesla** (T) o **Gauss** (G).

Los **campos magnéticos estáticos** son campos magnéticos que no varían con el tiempo (frecuencia de 0 Hz). Se generan por un imán o por el flujo constante de electricidad.



SOLENOIDE

Un solenoide es definido como una bobina de forma cilíndrica que cuenta con un hilo de material conductor enrollada sobre sí a fin de que, con el paso de la corriente eléctrica se genere un intenso campo magnético que al aparecer provoca en el mismo un comportamiento similar al de un imán.

Es importante denotar que con la configuración cilíndrica o en hélice cómo se muestra en la **figura 1** del solenoide es posible producir un campo magnético razonablemente uniforme en el espacio rodeado por las vueltas del alambre. Cuando las vueltas están muy próximas entre sí, cada una puede considerarse como una vuelta circular, y el campo magnético neto es el vector suma de los campos debido a todas las vueltas.

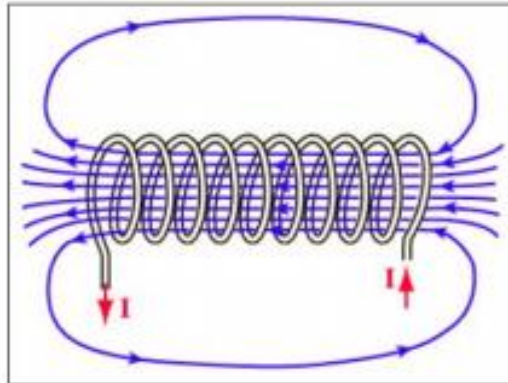


Figura 1. Solenoide

Un solenoide ideal es aquel cuando el espacio entre las vueltas es muy pequeño y la longitud es grande en comparación con el radio. En este caso, el campo fuera del solenoide es débil comparado con el campo dentro y el campo ahí es uniforme en un gran volumen. La expresión para calcular la magnitud del campo magnético “B” dentro de un solenoide ideal, con espacio vacío es:

$$B = \frac{\mu_0 N I_b}{L} \quad (7.1)$$

Dónde:

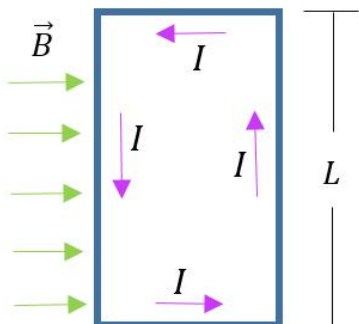
- N = Número de vueltas del Solenoide.
- L = Longitud del Solenoide.
- μ_0 = Constante de permeabilidad (espacio libre).
- I_b = Corriente que circula en el Solenoide.

FUERZA MAGNÉTICA SOBRE LA ESPIRA

Cuando una partícula cargada aislada se mueve a través de un campo magnético, sobre ella se ejerce una fuerza magnética. No debe sorprender entonces, que un alambre que conduce una corriente experimente también una fuerza cuando se pone en un campo magnético.



Esto es el resultado de que la corriente representa una colección de muchas partículas cargadas en movimiento; por tanto, la fuerza resultante sobre el alambre se debe a la suma de las fuerzas individuales ejercidas sobre las partículas cargadas.



La expresión para calcular la **fuerza magnética** “ F ” sobre un alambre recto en un campo magnético uniforme “ B ”, está dado por la expresión:

$$\vec{F} = I\vec{L} \times \vec{B} \quad (7.2)$$

Donde “ L ” es un vector de magnitud igual a la longitud del alambre con dirección igual a la dirección de la corriente “ I ” que conduce el alambre.

Cuando se cierra el interruptor como se muestra en la **figura 3** la balanza se desequilibra debido a la fuerza magnética sobre la espira. La magnitud de esta fuerza se puede calcular con la expresión:

$$F_m = I_e dB \quad (7.3)$$

Donde F_m es la fuerza magnética, I_e la corriente de la espira, “ d ” el ancho de la espira y “ B ” el campo magnético dentro de la bobina.

CÁLCULO EXPERIMENTAL DEL CAMPO MAGNÉTICO DENTRO DE LA BOBINA

De la expresión (7.3) se puede calcular el campo magnético “ B ” dentro de la espira, si conocemos la fuerza “ F_m ”. Después que la espira se ha desequilibrado debido a la fuerza magnética, colocamos un cuerpo de peso conocido “ W ” (**Figura 4**) en el otro extremo de la espira, de tal forma que logre equilibrar la fuerza magnética. Entonces podemos calcular la magnitud del campo magnético con la siguiente expresión:

$$B = \frac{W}{I_e d} \quad (7.4)$$

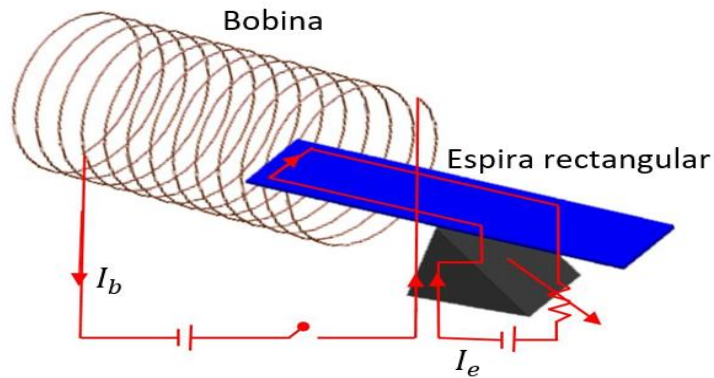


Figura 2. Montaje experimental.

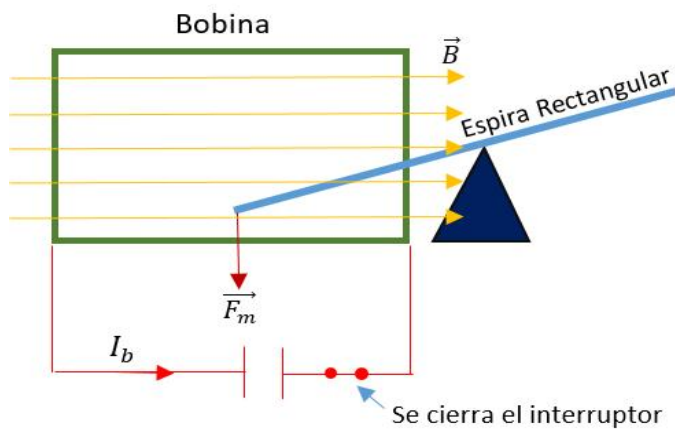


Figura 3. Montaje experimental al circular corriente por la bobina y por la espira.

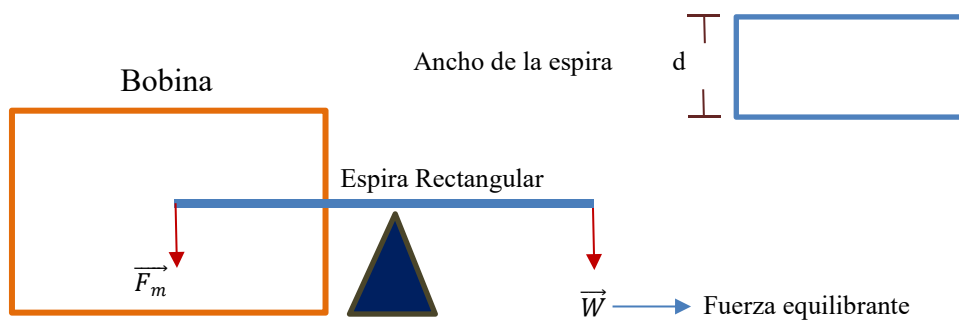


Figura 4. Montaje experimental al colocar peso en el extremo de la espira (fuerza equilibrante).

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	55 de 85

4 PROCEDIMIENTO

Primera parte: Cálculo de los armónicos en una cuerda para diferentes tensiones

1. Conecte la fuente de corriente directa a la bobina y ajuste una corriente inicial de 3,4 A.
2. Conecte la fuente de corriente directa a la espira y ajuste una corriente inicial de 1 A de tal forma que la balanza se desequilibre del lado mostrado en la **figura 2** por acción de la fuerza magnética.
3. Registre en la **tabla 1** los datos necesarios para calcular el campo magnético en la bobina utilizando la ecuación (7.1).
4. Coloque la corriente de la espira en 0 A de tal manera que la espira quede equilibrada. Coloque en el extremo de la balanza un hilo de longitud y masa conocida y varíe la corriente sobre la espira hasta que la balanza se equilibre.
5. Repita el numeral 4 para dos hilos más de diferentes longitudes y registre en la **tabla 2** los datos necesarios para calcular el campo magnético en la bobina utilizando la ecuación (7.4) para los tres hilos seleccionados. Tenga en cuenta que el peso que se debe registrar en la **tabla 2** para cada uno de los hilos corresponde a la multiplicación de la masa de cada uno de ellos y el valor de la gravedad 9.8 m/s^2 .

Permeabilidad magnética del espacio libre, μ_0	Número de espiras en el solenoide, N	Corriente en el Solenoide, I_b	Longitud del Solenoide, L	Campo Magnético, B

Tabla 1. Cálculo del Campo Magnético.

	ANCHO DE LA ESPIRA d=				
	MASA (Kg)	PESO W	Corriente de la espira I_e	Campo Magnético B	Fuerza Magnética F_m
HILO 1					
HILO 2					
HILO 3					

Tabla 2. Cálculo del campo magnético.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	56 de 85

CAMPO MAGNÉTICO		
$B = \frac{\mu_0 N I_b}{L}$	$\bar{B} = \frac{W}{I_e d}$	Campo magnético hallado gráficamente

Tabla 3. Campo Magnético.

Análisis De Datos

Tome el valor calculado con la ecuación (7.1) para el campo magnético en la bobina que se encuentra registrado en la **tabla 1** y regístrelo en la **tabla 3**.

1. Tome los tres valores calculados para el campo magnético en la bobina para cada valor de corriente en la espira presentes en la **tabla 2**, promedie y registre en la **tabla 3**.
2. Con los datos de la **tabla 2** calcule la fuerza magnética para cada caso utilizando la ecuación (7.3) y realice una gráfica de fuerza magnética en función de la corriente en la espira. Realice un análisis gráfico para encontrar una pendiente con el fin de encontrar el campo magnético. Registre este valor en la **tabla 3**.

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. Investigar que representa la constante de permeabilidad magnética del espacio libre μ_0 y cuál es su valor.
2. Consultar sobre el campo magnético producido por un alambre recto que conduce una corriente (**ecuación y gráfica**).
3. Calcular la fuerza magnética entre dos conductores.
4. ¿Consultar qué es una bobina toroidal y cómo es su campo magnético?
5. Explicar por qué se crea un campo magnético dentro del solenoide
6. Consulte ¿Qué es un imán, tipos y aplicaciones?
7. ¿Qué es un electroimán y sus características?
8. ¿Qué es un material ferromagnético y de cinco ejemplos de este material?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	57 de 85

Preguntas De Control

1. ¿Está de acuerdo la deflexión de la espira (dirección de la fuerza magnética) con la ecuación (7.2)? **Justifique.**
2. ¿Qué sucederá si cambia el sentido de la corriente en la bobina?
3. ¿Qué sucederá si cambia el sentido de la corriente en la espira?
4. Según lo observado en la práctica, ¿cuáles fueron las fuentes de error en la toma de datos y el análisis de resultados.?
5. ¿El campo magnético dentro del solenoide varia durante la practica? **Justifique.**

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).
- Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.
- Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.
- Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.
- Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.
- Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	58 de 85

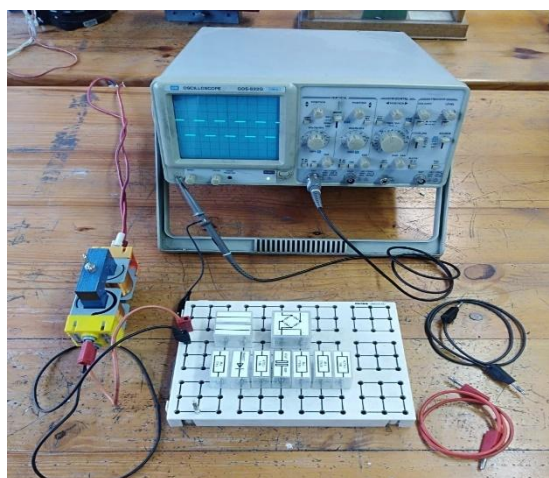
PRACTICA Nro.8 RECTIFICACIÓN DE LA CORRIENTE ALTERNA

1 objetivos

1. Diferenciar una señal de corriente alterna de una señal continua.
2. Estudiar la función rectificadora de un diodo.
3. Analizar el circuito rectificador básico.
4. Analizar el montaje del circuito de un rectificador de media onda y onda completa.
5. Realizar, Analizar e interpretar mediciones con el osciloscopio

2 materiales

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Transformador	1	
Protoboard	1	
Osciloscopio	1	
Capacitor	1	
Resistencias	2	
Cables de conexión	2	
Puente rectificador	1	
Hojas papel milimetrado	4	Traerlo el estudiante



Esquema 1. Montaje de laboratorio



3 MARCO TEÓRICO

CORRIENTE ALTERNA

La corriente eléctrica variable en la que las cargas eléctricas cambian el sentido del movimiento de manera periódica se denomina corriente alterna o CA. La red de energía eléctrica comercial de Colombia es una CA sinusoidal con una tensión rms de 120 V y frecuencia de 60 Hz. La corriente alterna C.A en un momento posee valores positivos, luego valores negativos, el valor de la amplitud de la onda irá alternando sinusoidalmente en el tiempo, el tiempo que tardan en repetirse un ciclo se le llama periodo. La figura 1 muestra la corriente alterna que se observa en un osciloscopio.

La mayoría de los dispositivos electrónicos trabajan con corriente continua CC o corriente directa CD o DC. Es común el uso de pilas o baterías como fuentes de corriente continua. Sin embargo, es necesario tener fuentes de corriente y de voltajes que puedan ser más versátiles, que permitan variar sus parámetros y que sean regulables.

La rectificación de la corriente alterna o conversión de CA a CC, es un proceso muy eficaz, de bajo costo, y es una tarea muy fácil de realizar, solo se necesita un transformador reductor, un diodo o un puente rectificador.

El rectificador convierte la corriente alterna sinusoidal que sale del secundario del transformador en una corriente continua pulsante, esta corriente aún no es totalmente continua, lo que se puede corregir con ayuda de un filtro capacitivo.

El rectificador está compuesto por uno o más diodos, el principio físico de funcionamiento de un diodo está basado en las propiedades rectificadoras de las uniones PN semiconductoras, ellas tienen la particularidad de conducir la corriente eléctrica en un solo sentido, cuando conducen se dice que están polarizados en forma directa y cuando no conducen se dice que están polarizados inversamente.

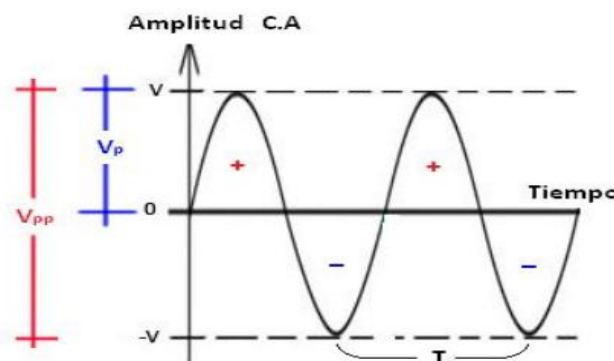


Figura 1. Corriente alterna en el tiempo.

Dónde: **Vp** es el voltaje Pico medido con el osciloscopio, **Vpp** es el voltaje Pico-pico medido con el osciloscopio y **T** es el periodo, para calcular la frecuencia tenemos:

$$f = \frac{1}{T} \quad (8.1)$$

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	60 de 85

Cuando medimos la diferencia de potenciales con un multímetro, lo que se mide es el valor eficaz o valor rms de la tensión alterna y su representación matemática es:

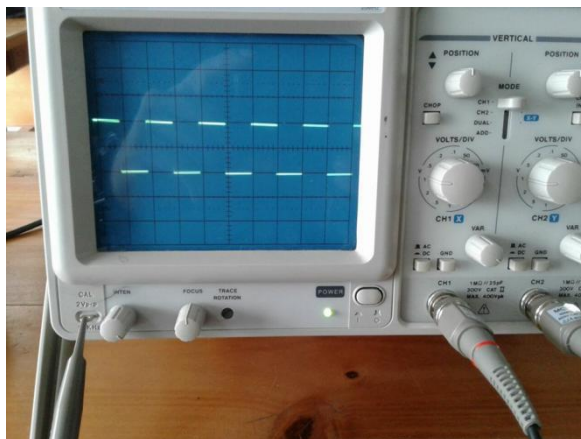
$$V_{rms} = \frac{V_p}{\sqrt{2}} \quad (8.2)$$

4 PROCEDIMIENTO

PRIMERA PARTE: Calibración del osciloscopio

El siguiente procedimiento se realiza con el objetivo de comprobar si las puntas del osciloscopio están en óptimas condiciones y a una escala adecuada, así como el osciloscopio.

1. Verifique si el osciloscopio está conectado a la mesa y enciéndalo.
2. Se procederá a calibrar la punta del canal 1 (CH 1), para lo cual conecte está en el orificio metálico en el extremo izquierdo inferior del osciloscopio el cual tiene como nombre **CAL 2Vp-p** (señal interna y de prueba del osciloscopio), esto se debe realizar deslizando hacia abajo la punta del osciloscopio, observándose así el gancho de conexión, la conexión debe quedar tal y como se observa en el **montaje 1**.



Montaje 1: conexión punta osciloscopio canal 1 (ch1) a la señal de calibración y visualización de esta señal.

3. Observara en la pantalla del osciloscopio que aparece una señal de onda cuadrada, de no ser este el caso debe escoger una escala mejor tanto en el eje horizontal como vertical.
4. **Escala vertical:** en el eje vertical se muestra la amplitud de la señal interna de calibración o cualquier otra en unidades de voltios; la escala de este eje se puede modificar con la perilla **VOLTS/DIV CH1** para el canal 1; según la posición de la perilla nos indicara el valor de la escala vertical. (**ver montaje2**).



Manual de Practicas

Código

FGA-73 v.00

Página

61 de 85

5. Proceda a calcular la amplitud de la señal de calibración de amplitud **2Vp-p**, de la siguiente forma: cuente cuantos cuadros existen desde la parte superior de la señal hasta la parte inferior y multiplíquelos por la escala seleccionada, su resultado debe ser igual a 2 Voltios; registre este resultado en la sección de procedimientos del informe de laboratorio. (Amplitud p-p= #cuadros*escala de voltaje).



Montaje 2: tablero de comandos del osciloscopio analógico.

6. Si la señal no está correctamente centrada o ubicada dificultando el cálculo de la amplitud, puede desplazarla usando la perilla de **VERTICAL POSITION** del canal 1 (CH1), hasta una posición en la que la parte superior e inferior de la señal coincida con una de las divisiones verticales como se observa en el montaje 1.
7. **Escala horizontal:** en el eje horizontal se muestra la evolución temporal de la señal interna de calibración o cualquier otra en unidades de segundos; la escala de este eje se puede modificar con la perilla **TIME/DIV** la cual funciona tanto para el canal 1 como el canal 2; según la posición de la perilla nos indicara el valor de la escala horizontal. (**ver montaje 2**)
8. Proceda a calcular el periodo de la señal de calibración de frecuencia **1KHz**, de la siguiente forma: cuente cuantos cuadros horizontales existen desde donde comienza la señal hasta donde vuelve y se repite y multiplíquelos por la escala temporal seleccionada (Periodo = #cuadros horizontales*escala de tiempo); registre este resultado en la sección de procedimientos del informe de laboratorio.
9. Si la señal no está correctamente centrada o ubicada dificultando el cálculo del periodo, puede desplazarla usando la perilla de **HORIZONTAL POSITION**, hasta una posición en la que donde comienza la onda coincida con uno de los cuadros o una posición que usted considere pertinente observe el montaje 1.
10. Calcule la frecuencia de la onda cuadrada usando la **ecuación 8.1**, su resultado debe ser igual a 1KHz, que es la frecuencia de esta señal.
11. **GRAFIQUE** esta señal cuadrada, indicando sobre ella el voltaje pico-pico, el

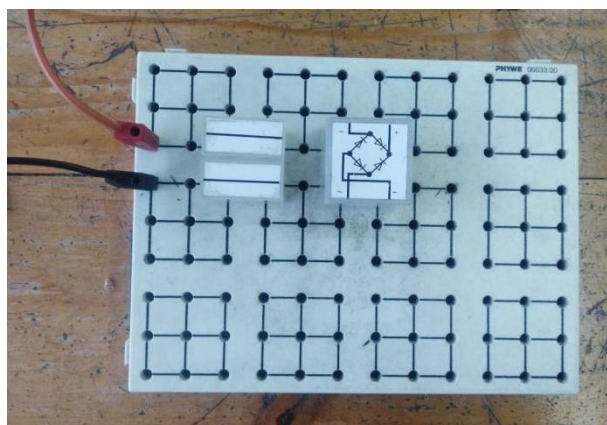
	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	62 de 85

periodo, el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

SEGUNDA PARTE: Señal de salida del transformador

Tenga en cuenta la siguiente información: la protoboard que va a utilizar posee divisiones en cuadros, cada cuadro es considerado un nodo independiente, dichos nodos se pueden unir con algún elemento electrónico como conectores, capacitores, resistencias diodo rectificador, etc.

1. Verifique que el diodo puente rectificador se encuentra conectado en la protoboard de la siguiente forma: cada pata del diodo debe estar en un nodo diferente y con los signos más (+) y menos (–) del lado derecho y los signos de corriente alterna (~) del lado izquierdo, posicionando el diodo además en la mitad de la protoboard. **Ver montaje 3.**
2. Revise que se encuentren dos elementos conductores (filamentos metálicos) conectados a los nodos del diodo dispuestos para corriente alterna (~), esta conexión se hace para unir los dos primeros nodos del lado derecho de la protoboard. **Ver montaje 3.**



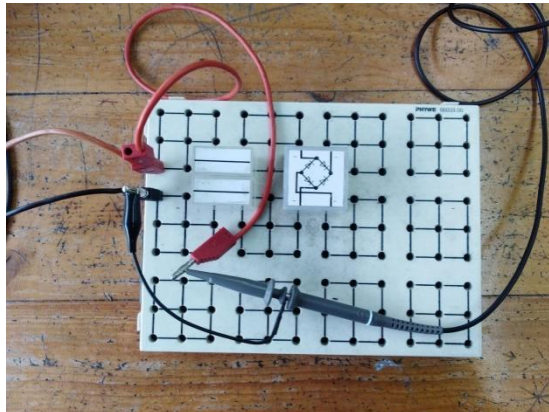
Montaje 3. conexión diodo puente rectificador y transformador a la protoboard.

3. Conecte el cable banana de color rojo que sale del transformador a uno de los puntos del primer nodo de la protoboard, este indicara la polaridad positiva del transformador y del puente rectificador. Conecte ahora el cable de banana negro del transformador en uno de los puntos del segundo nodo de la protoboard, este indicara la polaridad negativa del transformador y del puente rectificador. **Ver montaje 3.**
4. Conecte el transformador a un toma corriente de la mesa.
5. Conecte un cable banana-banana (rojo ó negro) a la punta del osciloscopio. Conecte el caimán negro (tierra) de la punta del osciloscopio al conector metálico, **Ver montaje 4.** Estas conexiones serán utilizadas para observar las diferentes señales.



Montaje 4: conexiones punta del osciloscopio.

6. Introduzca la banana conectada a la punta del osciloscopio, en el orificio del cable rojo del transformador que está conectado en la protoboard. Conecte también el terminal metálico de tierra de la punta del osciloscopio al cable negro del transformador que está conectado en la protoboard. **Ver montaje5.**



Montaje 5: Conexión punta del osciloscopio en la salida del transformador.

7. La conexión anterior permite la visualización de la señal del transformador, para mejorarla seleccione con un botón negro en la punta del osciloscopio una sensibilidad de **X10** (*este botón se utiliza para señales muy pequeñas*), si aún no logra ver bien la señal del transformador, modifique las escalas de voltaje y tiempo y alinee la señal con la cuadrícula de la pantalla del osciloscopio.
8. Proceda a calcular la amplitud pico-pico de la señal del transformador, de la siguiente forma: cuente cuantos cuadros existen desde la parte superior de la señal hasta la parte inferior y multiplíquelos por la escala seleccionada y por diez ($\text{Amplitud p-p} = \text{\#cuadros} \times \text{escala de voltaje} \times 10$); registre este resultado en la **tabla 1**.

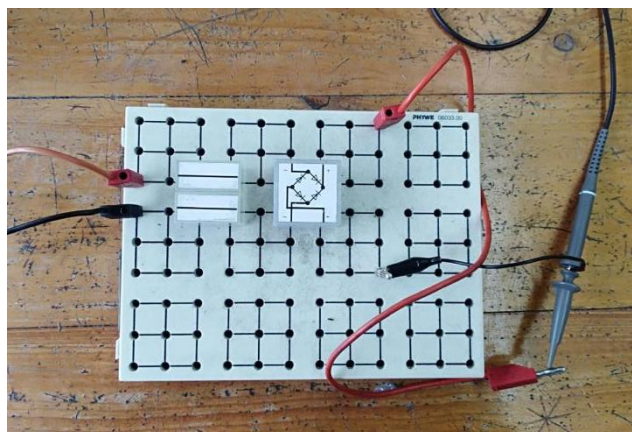
9. Calcule el periodo de la señal del transformador, de la siguiente forma: cuente cuantos cuadros horizontales existen desde donde comienza la señal hasta donde vuelve y se repite y multiplíquelos por la escala temporal seleccionada y por diez (Periodo = #cuadros horizontales*escala de tiempo*10); registre este resultado en la **tabla 1**.
10. Encuentre la frecuencia de la señal utilizando la **ecuación 8.1**, y registre dicho valor en la **tabla 1** como valor experimental.
11. **GRAFIQUE** esta señal de salida del transformador, indicando sobre ella el voltaje pico-pico, el periodo, el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

Señal de salida del transformador	Amplitud pico-pico [V]	Periodo [s]	Frecuencia [Hz]

Tabla 1. Datos y mediciones señal de salida del transformador.

TERCERA PARTE: Señal de Onda completa puente rectificador.

1. Conecte ahora la punta del multímetro con cable de banana al nodo del puente rectificador con el signo positivo (+); además conecte el terminal metálico de tierra de la punta del osciloscopio al nodo del puente rectificador con el signo positivo (-). **Ver montaje 6.**
2. La conexión anterior permite la visualización de la señal de onda completa del puente rectificador. Puede modificar las escalas del osciloscopio para una mejor visualización.
3. Calcule el voltaje pico-pico, el periodo y la frecuencia de esta señal de forma análoga a como lo hizo para la señal del transformador y registre estos valores en la **tabla 2**.



Montaje 6: conexión punta del osciloscopio para ver la señal de onda completa del puente rectificador.

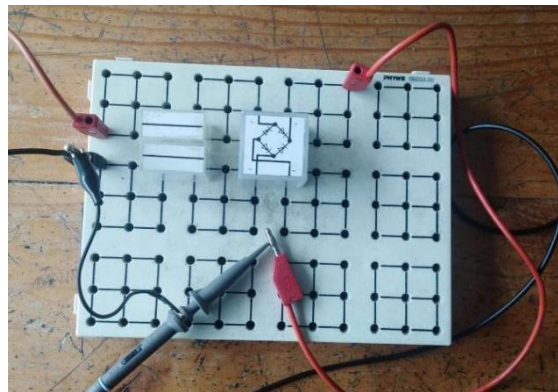


4. **GRAFIQUE** esta señal de onda completa del puente rectificador, indicando sobre ella el voltaje pico-pico, el periodo, el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

Señal de onda completa del puente rectificador	Amplitud pico-pico [V]	Periodo [s]	Frecuencia [Hz]

Tabla 2. Datos y mediciones señal de onda completa del puente rectificador.

CUARTA PARTE: Señal de media onda puente rectificador.



Montaje 7: conexión punta del osciloscopio para ver la señal de media onda del puente rectificador.

1. Desconecte el terminal metálico de tierra de la punta del osciloscopio del procedimiento anterior y conéctelo ahora en el orificio del cable negro del transformador que se encuentra conectado en la protoboard. **Ver montaje 7.**
2. La conexión anterior permite la visualización de la señal de media onda del puente rectificador. Puede modificar las escalas del osciloscopio para una mejor visualización.
3. Calcule el voltaje pico-pico, el periodo y la frecuencia de esta señal de forma análoga a como lo hizo para la señal del transformador y registre estos valores en la **tabla 3.**
4. **GRAFIQUE** esta señal de media onda del puente rectificador, indicando sobre ella el voltaje pico-pico, el periodo, el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

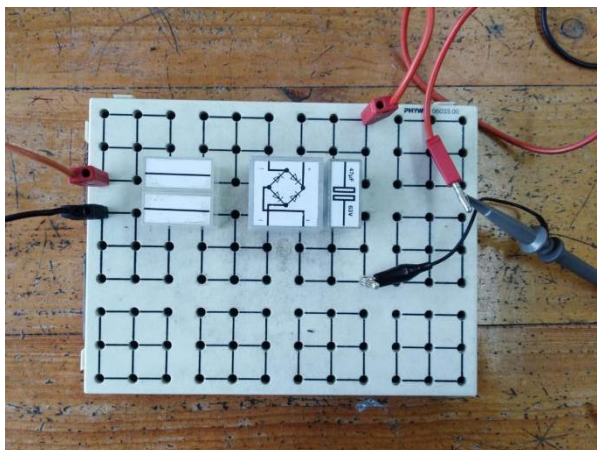
Señal de media onda del puente rectificador	Amplitud pico-pico [V]	Periodo [s]	Frecuencia [Hz]

Tabla 3. Datos y mediciones señal de media onda del puente rectificador.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	66 de 85

QUINTA PARTE: Señal del puente rectificador con capacitor.

1. Conecte ahora la punta del multímetro con cable de banana al nodo del puente rectificador con el signo positivo (+); además conecte el terminal metálico de la punta del osciloscopio al nodo del puente rectificador con el signo positivo (–).
Ver montaje 6. Estas conexiones se van a mantener fijas el resto de la práctica.

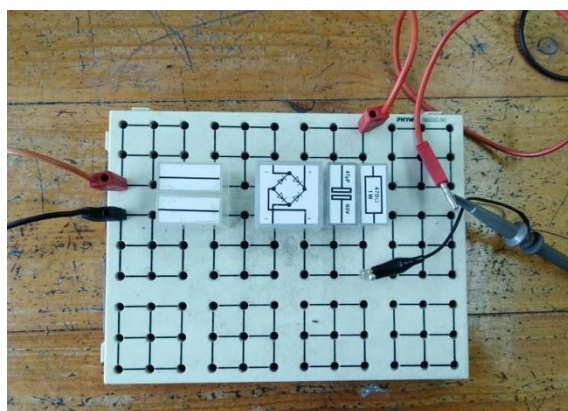


Montaje 8. conexión punta del osciloscopio para ver la señal de onda completa del rectificador con capacitor.

2. Conecte en paralelo el capacitor de $47\mu F$ con el puente rectificador. **Ver montaje 8.**
3. En la pantalla del osciloscopio aparece la señal de puente rectificador con capacitor.
4. **GRAFIQUE** esta señal de puente rectificador con capacitor, indicando sobre ella el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

SEXTA PARTE: Señal del puente rectificador con capacitor y resistencia de 470Ω .

1. Al montaje anterior conéctele en paralelo una resistencia de 470Ω . **Ver montaje 9.**



Montaje 9. conexión punta del osciloscopio para ver la señal de onda completa del rectificador con capacitor y resistencia.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	67 de 85

- En la pantalla del osciloscopio aparece la señal de puente rectificador con capacitor y resistencia de 470Ω .
- GRAFIQUE** esta señal de puente rectificador con capacitor y resistencia de 470Ω , indicando sobre ella el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

SÉPTIMA PARTE: Señal del puente rectificador con capacitor y resistencia de $47K\Omega$.

- Retire la resistencia de 470Ω y cámbiela por una de $47K\Omega$.
- En la pantalla del osciloscopio aparece la señal de puente rectificador con capacitor y resistencia de $47K\Omega$.
- GRAFIQUE** esta señal de puente rectificador con capacitor y resistencia de $47K\Omega$, indicando sobre ella el título y los respectivos ejes con las escalas utilizadas.

OCTAVA PARTE: Análisis de la función de un capacitor y una resistencia en un circuito rectificador.

- Quite la resistencia del montaje anterior y **observe** que sucede con la señal mostrada en el osciloscopio.
- Retire las puntas del transformador que se encuentran conectadas a la protoboard, tenga cuidado de que ambas no hagan contacto, dado que se puede ocasionar una chispa o un corto. **Observe** que sucede con la señal mostrada en el osciloscopio.
- Conecte la resistencia de $47K\Omega$ de nuevo en la protoboard y **observe** que sucede con la señal mostrada en el osciloscopio.
- Acople de nuevo el transformador en la protoboard.
- Apague el osciloscopio y desenchufe el transformador junto con el osciloscopio.

Análisis De Datos

- Utilizando el voltaje pico-pico de la **tabla 1** y la **ecuación 8.2** encuentre el V_{rms} del transformador y regístrelo en la tabla 4 como el valor experimental.

V_{rms} EXPERIMENTAL [V]	V_{rms} TEÓRICO [V]	%ERROR
FRECUENCIA EXPERIMENTAL [Hz]	FRECUENCIA TEÓRICA [Hz]	%ERROR

Tabla 4. Características de la señal de salida del transformador



2. El valor teórico de voltaje pico-pico de salida del transformador es de **31.7V**, calcule con la **ecuación 8.2** el V_{rms} y regístrelo en la tabla 4 como el valor teórico.
3. Registre la frecuencia de la **tabla 1**, en la **tabla 4** como la frecuencia experimental y el valor de **60Hz** como la frecuencia teórica.
4. Encuentre el porcentaje de error para los datos de la tabla 4 haciendo uso de la **ecuación 8.3**

$$\%E = \left| \frac{V_{exp} - V_{teo}}{V_{teo}} \right| \times 100\% \quad (8.3)$$

5. Complete la **tabla 5** describiendo cada una de las señales observadas en la pantalla del osciloscopio, durante el transcurso de la práctica. Base su descripción en la forma, periodo, frecuencia, función, escalas de calibración utilizadas. Etc.

SEÑAL	DESCRIPCIÓN
1. CALIBRACIÓN	
2. SALIDA TRANSFORMADOR	
3. ONDA COMPLETA PUENTE RECTIFICADOR	
4. MEDIA ONDA PUENTE RECTIFICADOR	
5. PUENTE RECTIFICADOR CON CAPACITOR	
6. PUENTE RECTIFICADOR CON CAPACITOR Y RESISTENCIA DE 470Ω	
7. PUENTE RECTIFICADOR CON CAPACITOR Y RESISTENCIA DE 470Ω	

Tabla 5. Análisis de las señales observadas en la práctica de laboratorio.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	69 de 85

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el informe según indicaciones del docente.

1. Consultar que es corriente alterna y corriente directa, establezca diferencias.
2. Consultar la función de un diodo y tipos de diodo.
3. Consultar la función de un diodo como rectificador
4. Describir el fenómeno que ocurre en la unión PN de un diodo.
5. Explicar ¿cómo se polariza un diodo en directa e inversa?
6. Consultar el concepto de voltaje de rizado.
7. Consultar y realizar las gráficas de la rectificación de onda completa y de media onda.
8. Explique: ¿cómo funciona un transformador? y sus aplicaciones
9. ¿Qué es un osciloscopio y consulte los comandos principales de un osciloscopio analógico?
10. ¿Qué es voltaje pico-pico, periodo y frecuencia de una señal?
11. ¿Qué es un capacitor? y ¿cuáles son sus aplicaciones?
12. ¿Qué es una resistencia y su función en un circuito eléctrico?

Preguntas De Control

1. Enuncie e identifique específicamente todas las fuentes de error presentes en el laboratorio, que influyeron en la toma de datos y que generaron discordancia con la teoría.
2. De acuerdo a la señal observada en la quinta parte del procedimiento, ¿cuál es la función del capacitor en un circuito rectificador?
3. Según lo observado en la sexta y séptima parte del procedimiento, ¿Cuál es la función de las resistencias en un circuito rectificador?
4. ¿Por qué la señal observada en el osciloscopio con una resistencia de 470Ω difiere de la señal visualizada con una resistencia de $47K\Omega$?
5. De acuerdo a la octava parte del procedimiento: ¿Qué esperaba que sucediera cuando desconecto el transformador de la protoboard?, ¿la señal observada sufrió algún cambio?, ¿por qué sucedió esto?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	70 de 85

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**
- **Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	71 de 85

PRACTICA Nro 9 INDUCCIÓN ELECTROMAGNÉTICA

1 OBJETIVOS

1. Estudiar y comprobar los principios de la inducción electromagnética descritos por la ley de inducción de Faraday y la ley de Lenz.
2. Aplicar los conceptos involucrados en la ley de Faraday y la ley de Lenz al transformador.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Galvanómetro de cuadro móvil con cero en el centro de la escala	1	
Bobinas cilíndricas	2	
Barras magnéticas	2	
Fuente de CC	1	
Transformador de bobinas desmontables y bobinas	1	
Auto transformador variable	1	
Multímetro de Corriente alterna	1	
Cables para conexión	varios	
Barras de diferentes materiales	4	
Hojas papel milimetrado	2	Traerlo el estudiante

3 MARCO TEÓRICO

LEY DE INDUCCIÓN DE FARADAY

En 1831 Faraday observó experimentalmente que cuando en una bobina se establece un flujo magnético variable mediante el movimiento de un imán, como se ilustra en la **figura 1**.

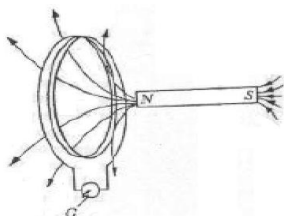


Figura 1. Circuito con flujo magnético variable.

Y se produce una desviación en el galvanómetro lo que es equivalente a producir una corriente inducida en la bobina. Este fenómeno sucede únicamente cuando el imán está

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	72 de 85

en movimiento. De este y otros experimentos, Faraday estableció que se induce una fem (fuerza electromotriz) en la bobina donde está conectado el galvanómetro, y que la magnitud de la fem inducida depende de la rapidez de la variación de flujo magnético.

El flujo magnético está definido como:

$$\phi = \oint \vec{B} \cdot d\vec{s} \quad (9.1)$$

Y la fem inducida está definida como:

$$\varepsilon = \frac{-d\phi_B}{dt} \quad (9.2)$$

A la ecuación anterior se conoce como “Ley de la Inducción de Faraday”, donde “ ε ” es la fem inducida, y $\frac{d\phi_B}{dt}$ es la razón del cambio del flujo magnético con respecto al tiempo.

LEY DE LENZ

En la sección anterior se analizó cómo se inducen las fem pero no se mencionó nada acerca de la dirección de esta fem, y por tanto de la corriente inducida. Fue el físico Alemán Heinrich Lenz

(Dorpat, 1804 - Roma, 1865), contemporáneo de Faraday, que, en forma sencilla, estableció el sentido de las corrientes inducidas, mediante el siguiente enunciado que se conoce con el nombre de Ley de Lenz: “La corriente que es inducida en un circuito tendrá una dirección de tal forma que se oponga a la causa que la produce”; que es una consecuencia directa del principio de la conservación de la energía.

Quando a la espira le aproximas un polo norte de un imán como se observa en la **figura 2**, la corriente inducida circulará en un sentido tal que la cara enfrentada al polo norte del imán es también Norte, con lo que ejercerá una acción magnética repulsiva sobre el imán, repulsión que debes vencer para que se siga manteniendo el fenómeno de la inducción.

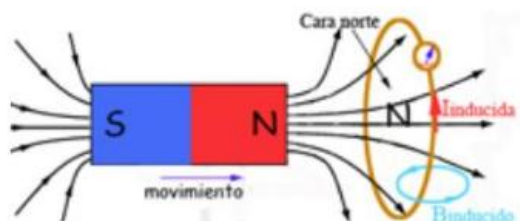


Figura 2. Campo magnético en dirección sur-norte.

A la inversa como se observa en la **figura 3**, si alejas el polo norte del imán, de la espira, la corriente inducida creará un polo Sur que se oponga a la separación de ambos.

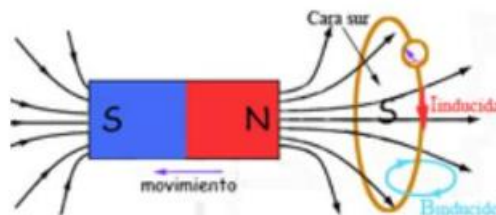


Figura 3. Campo magnético en dirección norte-sur.

FEM INDUCIDA

De acuerdo a la Ley de Faraday que se define con la ecuación (9.1) se pueden inducir fem cuando existe una razón de cambio del flujo magnético con respecto al tiempo, vamos a considerar un ejemplo sencillo en el cual se tiene una espira dentro de un campo magnético (el eje de la espira es paralelo a la dirección del campo para simplificar el ejemplo) si el campo magnético varía con el tiempo, entonces, se induce una fem en la espira, si movemos la espira perpendicularmente a la dirección del campo magnético, que se mantiene uniforme (con una velocidad constante), también se induce una fem.

PROPIEDADES MAGNÉTICAS DE LOS MATERIALES

No todos los materiales se comportan de igual manera frente a los campos magnéticos. El comportamiento de los materiales frente a los campos magnéticos depende de la estructura interna del material. El movimiento de los electrones que forman un material hace que se induzcan pequeños campos magnéticos. En función de cómo se orienten estos pequeños campos magnéticos en presencia de un campo magnético externo los materiales presentan estas propiedades:

- **Diamagnéticos:** Esta propiedad magnética consiste en que parte de los pequeños campos magnéticos inducidos por el movimiento de rotación de los electrones del propio material, en presencia de un campo magnético externo, se orientan de forma opuesta este. Como consecuencia, un material diamagnético tiende a desplazarse a la zona donde el campo magnético externo es más débil.
- **Paramagnéticos:** Esta propiedad magnética consiste en que parte de los pequeños campos magnéticos inducidos por el movimiento de rotación de los electrones del propio material, en presencia de un campo magnético externo se alinean en la misma dirección que este. Como consecuencia, el campo magnético en el interior se hace más intenso, y el material tiende a desplazarse al lugar donde el campo magnético externo es más intenso.
- **Ferromagnéticos:** En los materiales ferromagnéticos, las fuerzas entre los átomos próximos, hace que se creen pequeñas regiones, llamadas dominios, en las que el campo magnético originado por el movimiento de rotación de los electrones está alineado en la misma dirección. En ausencia de campo magnético externo, los dominios están orientados al azar, pero al aplicar un

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	74 de 85

campo magnético externo, estos dominios se alinean en la dirección del campo aplicado, haciendo que este se intensifique en el interior del material de forma considerable. Parte de estos dominios conservan la orientación incluso una vez que el campo magnético externo desaparece, hecho que explica el fenómeno de la imanación.

4 PROCEDIMIENTO

PRIMERA PARTE: Inducción electromagnética

La corriente en una bobina puede describirse a partir de la deflexión del galvanómetro como circulan en sentido horario o anti horario. Para cada uno de los experimentos tomar nota de la dirección de la corriente en las bobinas.

1. Conectar los terminales de la bobina a los terminales del galvanómetro como se observa en la **figura 4**.

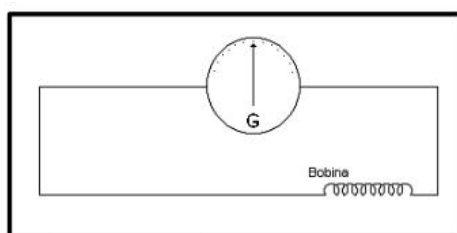


Figura 4. Montaje para generar una fem.

2. Coloque la barra magnética, con el polo norte hacia abajo, dentro de la bobina. Tomar nota de lo observado en el galvanómetro. (Completar **tabla 1**)
3. Insertar el imán con la polaridad invertida. Tomar nota de las observaciones. (Completar **tabla 1**)
4. Colocar la bobina primaria dentro de la secundaria y conectar aquella, a la fuente de corriente continua como se observa en la **figura 5**.

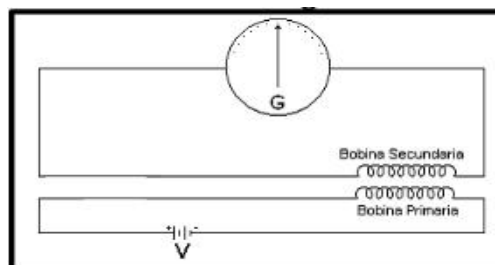


Figura 5. Montaje para generar una FEM inducida en la bobina secundaria

5. Con la polaridad de la fuente e inspeccionando los arrollamientos de las bobinas, determine la dirección de la corriente inducida en la bobina secundaria. (Tome nota de lo observado para dar solución a las preguntas de control)



6. Relacionar las deflexiones del galvanómetro; con la dirección de la corriente en la bobina secundaria. Reducir al mínimo el tiempo de conexión del circuito para evitar recalentamiento de la bobina.
7. Con la bobina secundaria introducida en la primaria, introduzca las barras de diferentes materiales alternadamente y registre lo sucedido en la tabla 2.

SEGUNDA PARTE: Transformador

1. Realizar el montaje como se observa en la **figura 6**.

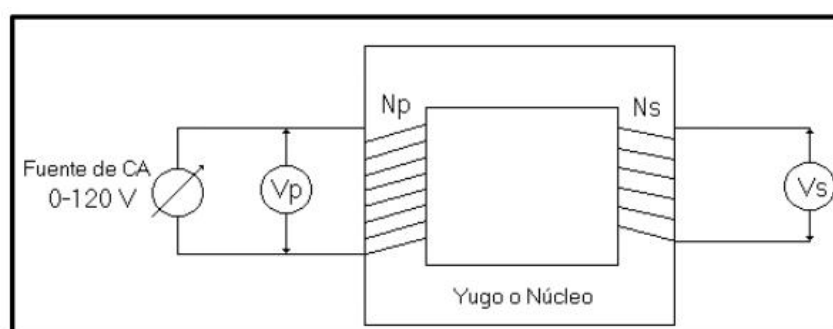


Figura 6. Circuito del transformador

2. Utilizando una bobina de 500 espiras en el primario (N_p) y otra de 250 vueltas en el secundario (N_s). Variar el voltaje de entrada de 10 en 10 voltios hasta 120 V y en cada caso registre los valores correspondientes a V_s , sin sobrepasar el máximo de la escala del voltímetro y registre estos datos en la **tabla 3**.
3. Invierta el transformador de manera que en el primario se tengan las 250 vueltas y en el secundario las 500 vueltas, Variar el voltaje de entrada de 10 en 10 voltios hasta 120 V y en cada caso registre los valores correspondientes a V_s , y registre estos datos en la **tabla 3**.

Análisis De Datos

DISPOSICIÓN DE LA BARRA MAGNÉTICA	¿ QUÉ OBSERVO?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
POLO NORTE HACIA ABAJO		
POLO SUR HACIA ABAJO		

Tabla 1. Comportamiento del Galvanómetro al introducir barras de diferentes materiales en el circuito de bobina primaria dentro de secundaria.



MATERIAL	¿ QUÉ OBSERVÓ?	¿POR QUÉ OCURRIÓ ESTO?
COBRE		
ALUMINIO		
ACERO		
BRONCE		

Tabla 2. Comportamiento del Galvanómetro al introducir barras de diferentes materiales en el circuito de bobina primaria dentro de secundaria.

Primario: 500		Primario:250	
Secundario: 250		Secundario: 500	
V _p [V]	V _s [V]	V _p [V]	V _s [V]
0		0	
10		10	
20		20	
30		30	
40		40	
50		50	
60		60	
70		70	
80		80	
90		90	
100		100	
110		110	
120		120	

Tabla 3. Datos del transformador.

1. Con los datos de la **tabla 3** realice las gráficas del voltaje en la bobina secundaria “V_s” en función de del voltaje de la bobina primaria “V_p” para los dos casos. Interprete las gráficas obtenidas.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	77 de 85

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el informe según indicaciones del docente.

9. Explicar el concepto de Flujo Magnético y realizar un esquema que lo represente.
10. Explicar cómo se genera una FEM (Fuerza electromotriz) inducida a partir de un campo magnético.
11. Explicar las propiedades de Paramagnetismo, Ferromagnetismo y diamagnetismo. Dar ejemplos de materiales para cada caso.
12. Explicar el funcionamiento del transformador
 - Razón de voltajes.
 - Potencia.
 - Pérdidas.
 - Relación del transformador.
 - Partes de un transformador.
13. Explicar el principio de funcionamiento del galvanómetro.
14. Explicar el comportamiento de la señal de corriente alterna.
15. ¿qué medidas de seguridad se deben tomar al trabajar con corriente alterna?
16. ¿Qué es una turbina y cómo funciona?

Preguntas De Control

8. Enuncie e identifique específicamente todas las fuentes de error presentes en el laboratorio, que influyeron en la toma de datos y que generaron discordancia con la teoría.
9. Según las propiedades de paramagnetismo, ferromagnetismo y diamagnetismo estudiadas según lo planteado en el cuestionario, ¿Cómo clasificaría los materiales mencionados en la **tabla 2**?
10. Si se aumentara el voltaje en la fuente, ¿qué sucedería con el campo magnético dentro del solenoide? ¿qué ocurriría al introducir las barras con propiedades magnéticas?
11. Según los datos medidos y registrados en la **tabla 3** ¿qué relación se puede establecer entre los voltajes del primario y el secundario a partir del número de vueltas de los dos bobinados?
12. ¿Qué sucedería con un transformador cuyo número de espiras en el primario sea el mismo en el devanado secundario?

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	78 de 85

6 BIBLIOGRAFÍA

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I y II 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I y II 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**
- **Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	79 de 85

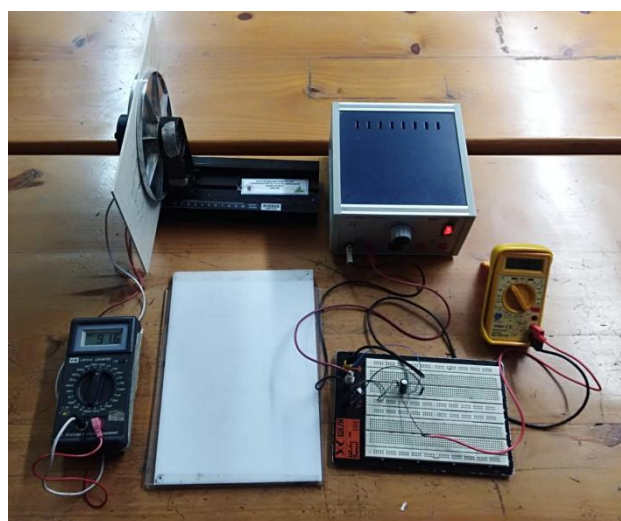
PRACTICA Nro. 10.
LABORATORIO DE ELECTROMAGNETISMO – CARGA Y DESCARGA DE
CAPACITORES

1 OBJETIVOS

1. Estudiar la constante de tiempo RC, utilizando valores calculados y medidos.
2. Leer correctamente la carta universal para la carga y descarga de un condensador.
3. Analizar la dependencia de la capacitancia de un condensador de placas paralelas con respecto a su geometría y al material dieléctrico.

2 MATERIALES

Equipo requerido	Cantidad	Observaciones
Condensadores Electrolíticos	4	
Módulo de conexiones	1	
Multímetro	1	
Cronometro	1	
Fuente de Voltaje	1	
Capacitor de placas paralelas	1	
Materiales dieléctricos	3	
Hojas papel milimetrado	2	Traer el estudiante



Esquema 1. Montaje de laboratorio



3 MARCO TEÓRICO

CONDENSADORES

Un condensador es un dispositivo capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico. Está formado por dos conductores paralelos, separados por un material dieléctrico.

Un condensador o también llamado capacitor se opone al cambio de voltaje, un inductor (bobina o solenoide) se opone al cambio en la corriente, y una resistencia se opone al voltaje y a la corriente ya sea que estén cambiando o no.

CONDENSADORES ELECTROLÍTICOS

Los condensadores electrolíticos son aquellos que tienen el dieléctrico formado por papel impregnado en electrolito. Siempre tienen polaridad definida y una capacitancia superior a $1\mu F$ (un microfaradio).

CIRCUITO RC

Se le llama circuito RC a un circuito que contiene una combinación en serie de un resistor y un capacitor. Cuando el interruptor está en el punto a, el capacitor se conecta en serie a la fuente $\mathcal{E}$ y a la resistencia R , entonces el capacitor se carga. Cuando el interruptor se mueve al punto b, el capacitor se desconecta de la fuente, y se conecta en serie a la resistencia. Luego el capacitor se descarga.

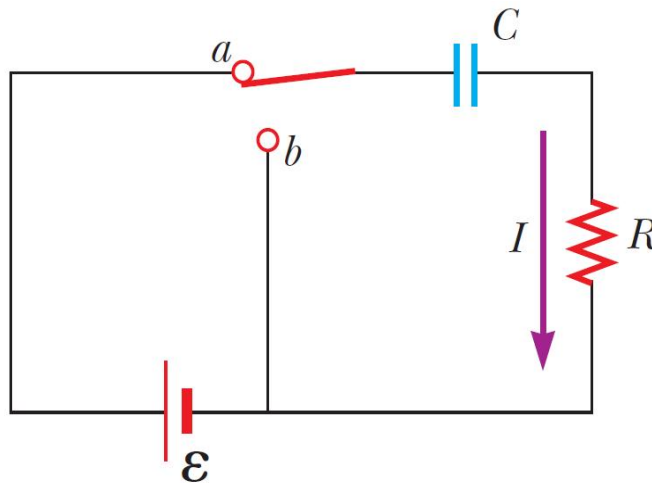


Figura 1. Circuito RC en serie



CONSTANTE DE TIEMPO

La constante de tiempo de un circuito es la cantidad de tiempo requerido para que la corriente en un circuito inductivo o el voltaje en un circuito capacitivo, alcancen aproximadamente el 63% de su valor máximo. La constante de tiempo “ τ ” de un circuito RC, circuito con resistencia y capacitancia como se ilustra en la **figura 1**; depende de los valores de resistencia R y capacitancia C , donde:

$$\tau = RC \quad (10.1)$$

El voltaje a través de C es el 63% del voltaje aplicado por la fuente, después de haber transcurrido una constante de tiempo.

Por ejemplo; si $R = 400K\Omega$ y $C = 100\mu F$, entonces:

$$\tau = (400 \times 10^3 \Omega)(100 \times 10^{-6} F) = 4s \quad (10.2)$$

Después de 5 constantes de tiempo el voltaje alcanza aproximadamente el 99 % de su valor máximo. El condensador se considera cargado o descargado después de 5 constantes de tiempo. En este ejemplo, el tiempo requerido para que el condensador se cargue (o descargue) completamente es:

$$5\tau = 5 \times 4s = 20s \quad (10.3)$$

En la **figura 2** se muestra una carta universal de tiempo. Con ayuda de esta carta, se puede determinar la cantidad de voltaje presente en un condensador.

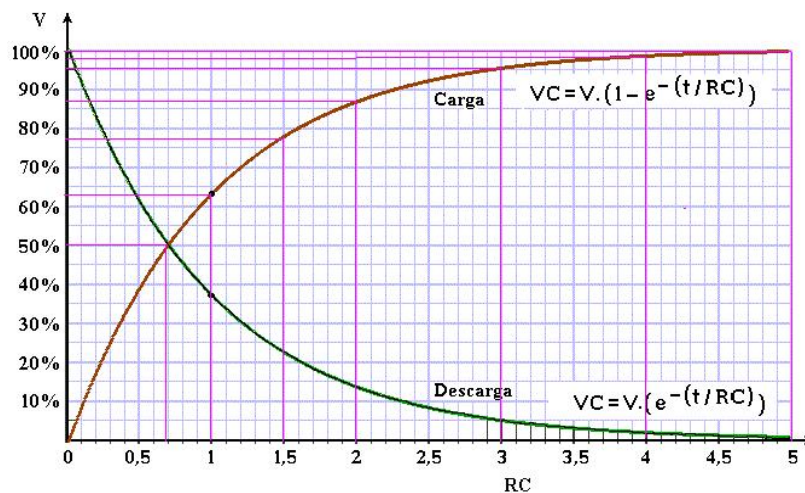


Figura 2. Carta universal para circuitos RC



Retomando el ejemplo anterior, y al circuito RC se le suministra un voltaje de $10V$, asumiendo que el condensador está completamente cargado cuando el interruptor está en el punto a de la **figura 1**, al medir el voltaje entre las extremidades de este, la lectura será de $10V$. Cuando se cierra el interruptor al punto b de la **figura 1**, el condensador se descarga a través de la resistencia a una velocidad dictada por la constante de tiempo τ .

Suponga que se desea calcular el voltaje a través del capacitor V_C , después de $8s$ (2 constantes de tiempo). Observando en la carta universal de constante de tiempo, se puede ver que el voltaje a través del condensador debe ser el 14% del valor original de la fuente V_A , después de 2 constantes de tiempo, luego:

$$\begin{aligned} V_C &= V_A \times 14\% \\ V_C &= 10V \times 0.14 = 1.4V \end{aligned} \quad (10.4)$$

4 PROCEDIMIENTO

PRIMERA PARTE: Carga y descarga

1. Ensamble en el módulo de conexiones del circuito del **esquema 1**. (solicite ayuda al profesor o a la persona encargada del laboratorio).
2. Conecte la fuente al circuito para suministrar $10V$.
3. Ajuste el multímetro a la escala de voltaje directo; conéctelo a los bornes del capacitor.
4. Una vez realizados los numerales 2 y 3 oprima el interruptor de encendido de la fuente. Aquí el voltaje en el capacitor empezará a aumentar rápidamente. Tome el voltaje leído en el multímetro en intervalos de tiempo dados por el docente, esto requiere de mucha atención, recuerde que es un procedimiento rápido. Registre las lecturas hasta que el multímetro se mantenga constante, e iguale el voltaje de la fuente. Consígnelos en la Tabla 1.
5. Ahora apague la fuente permitiendo que el capacitor se descargue sobre la resistencia. El voltaje en el capacitor disminuirá rápidamente, tome los datos de la descarga del capacitor en los mismos intervalos de tiempo del procedimiento en el numeral 4. Consígnelos en la Tabla 1.
6. Desconecte la fuente de alimentación del circuito sin desconectar el multímetro.

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	83 de 85

SEGUNDA PARTE: Relación de la capacitancia con la geometría

Para estudiar la variación de la capacitancia con la geometría del capacitor, utilice el capacitor de placas paralelas. Varíe la distancia entre las placas del capacitor en intervalos iguales, midiendo la capacitancia con el LCR METER; para esto ubique el interruptor del dispositivo el LCR, y con la perilla central ubique la escala de medida adecuada. Llene la Tabla 3.

TERCERA PARTE: Relación de la capacitancia con el medio dieléctrico.

Introduzca uno de los medios dieléctricos entre las placas del capacitor de placas paralelas, de tal manera que ocupen todo el volumen entre las placas, manteniendo la distancia entre las placas fija registre la capacitancia del capacitor con dieléctrico y sin este (aire). Repita el proceso para todos los dieléctricos disponibles. Registre los valores en la tabla 4. El cociente entre la capacitancia con dieléctrico y la capacitancia sin dieléctrico para una misma geometría del capacitor, determina el valor de la constante dieléctrica, K , del medio.

Carga								Descarga							
t(s)								t(s)							
V(V)								V(V)							

Tabla 1. Carga y descarga de un condensador

Carga	C	R	τ	V(63%)	V(86%)	V(95%)	V(98%)	V(100%)
Teórico								
Experimental								

Tabla 2.1. Extrapolación de los datos de carga

Descarga	C	R	τ	V(37%)	V(14%)	V(5%)	V(2%)	V(1%)
Teórico								
Experimental								

Tabla 2.2. Extrapolación de los datos de descarga

D(cm)								
C(pF)								

Tabla 3. Variación de la capacitancia con la geometría

Medio	Capacitancia aire	Capacitancia dieléctrico	Valor de k
Vidrio			
Acrílico			
Plástico			

Tabla 4. Constante dieléctrica de materiales

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	84 de 85

Análisis De Datos

1. Grafique los datos de la **Tabla 1** Voltaje en función del tiempo. De la gráfica extrapole los datos y llene la **Tabla 2**.
2. Con los datos de la **Tabla 3**, realice una gráfica de capacitancia C en función de $\frac{A}{d}$ (área de una de las placas sobre la distancia). Linealice y encuentre su pendiente.
3. Para todos los materiales dieléctricos utilizados en el procedimiento 3, determine el valor de la constante dieléctrica $k = \frac{C_d}{C_a}$, regístrelos en la **tabla 4**.

5 CUESTIONARIO

Estas preguntas deben desarrollarse antes de la realización de la práctica y debe entregarse en el pre informe según indicaciones del docente.

1. Investigar el concepto de Condensador o capacitor.
2. Investigar el concepto de dieléctrico.
3. Deducir matemáticamente las expresiones para el voltaje y corriente para la carga y la descarga en un capacitor (aplicar Kirchhoff al circuito RC).
4. Investigar cómo cambia la capacitancia con un material dieléctrico.
5. ¿Consulte qué es permitividad y su valor para el vacío?
6. Investigar de que depende la capacitancia y las expresiones matemáticas para las configuraciones más comunes, capacitor de placas paralelas, capacitor cilíndrico, capacitor esférico.

Preguntas De Control

1. Demuestre a partir del formalismo matemático que consultó para el presente laboratorio, que para una constante de tiempo el voltaje máximo en el capacitor equivale al 63% del valor máximo de fem, haga lo mismo para los otros porcentajes.
2. De la primera parte del procedimiento, ¿corresponden los valores extrapolados a los medidos? Calcule el error para cada caso.
3. De la linealización de los datos de la Tabla 3. ¿Qué significado tiene la pendiente obtenida? **Calcule el error.**

	Manual de Practicas	Código	FGA-73 v.00
		Página	85 de 85

Conclusiones

Las conclusiones se deben formular de los resultados experimentales obtenidos en la práctica.

6 BIBLIOGRAFÍA

Para ampliar la información, puede consultar las siguientes referencias:

- **Alonso, M. y Finn, E. J., Física, vol. I y II, Edición Revisada y Aumentada, Mecánica, Fondo Educativo Interamericano, 1967, Reimpresión 1998 (Texto Guía).**
- **Gettys, Killer, Skove, Física para ciencias e ingeniería, tomo I y II. Editorial McGraw-Hill.**
- **Sears, F., Zemansky., Young G. y Freedman, R. Física Universitaria, vol. I 9ª Ed. Addison-Wesley Longman, México, 1999.**
- **Halliday, R., Resnick, D. y Krane, K. S. Física, vol. I 5ª ed., Compañía Editorial Continental, S.A. México, 1994.**
- **Serway, Raymond. A., Física, Tomo 1 y 2, 5ª ed. McGraw-Hill, Bogotá, 1999.**
- **Giancoli, Douglas c. física para ciencias e ingeniería. Cuarta edición. Pearson educación, México, 2008. Vol. I y II.**