



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA DE CIENCIAS

DEPARTAMENTO DE FISICA

MANUAL DE LABORATORIO DE FISICA DOS

Ing. Walter Giovanni Alvarez Marroquin
Coordinador de Laboratorios de Física, 201 S-11.
Facultad de Ingeniería, USAC.

Índice general

1. Conociendo el uso y cuidado del equipo de laboratorio	3
1.1. Conceptos Básicos	3
1.1.1. Diferencia de Potencial	3
1.1.2. Corriente Alterna (AC)	3
1.1.3. Corriente Continua (DC)	3
1.2. Uso y cuidado de los instrumentos de laboratorio	4
1.2.1. Fuente de Alimentación	4
1.2.2. Multímetro	4
1.2.3. Cálculo de Incertezas del Multímetro	5
1.2.4. Voltaje DC	5
1.2.5. Corriente DC	5
1.2.6. Resistencia	6
1.2.7. Voltímetro	6
1.2.8. Omhímetro	7
1.2.9. Amperímetro	8
1.2.10. Protoboard	9
1.2.11. Resistencia	10
1.2.12. Cables de conexión	11
2. Superficies Equipotenciales	12
2.1. Dibujar curvas equipotenciales para diferentes distribuciones de carga	12
2.2. Equipo de Laboratorio	12
2.3. Desarrollo de la Práctica	13
2.4. Hoja de datos	15
3. Mediciones Eléctricas	16
3.1. Circuitos en Serie	16
3.1.1. Circuitos en Paralelo	16
3.1.2. Circuitos Mixtos	16
3.2. Aplicaciones de Circuitos Eléctricos	16
3.3. Equipo de Laboratorio	17
3.4. Desarrollo de la Práctica	17
3.5. Hoja de datos	19

4. Ley de Ohm, Resistencia y Resistividad	20
4.1. Cálculo experimental de la resistencia de un alambre conductor para diferentes longitudes	20
4.2. Equipo	21
4.3. Desarrollo de la Práctica	21
4.4. Procesamiento Estadístico de los Datos	21
4.5. Hoja de datos	22
5. Análisis de un circuito resistivo sencillo con una fuente de tensión directa DC	24
5.1. Leyes de Kirchhoff	24
5.1.1. Nodos	24
5.1.2. Mallas	24
5.1.3. Segunda Ley	24
5.2. Potencia Eléctrica	25
5.3. Equipo de Laboratorio	25
5.4. Desarrollo de la Práctica	25
5.5. Hoja de datos	27
6. Proceso de carga de un capacitor	28
6.1. Determinación de la capacitancia de un capacitor en un circuito RC	28
6.2. Capacitor	28
6.3. Equipo	29
6.4. Desarrollo de la Práctica	29
6.5. Procesamiento estadístico de los datos	29
6.6. Hoja de datos	31

1 | Conociendo el uso y cuidado del equipo de laboratorio

1.1. Conceptos Básicos

1.1.1. Diferencia de Potencial

Suponga que un punto A esta conectado a un punto B por medio de un material conductor, generalmente un alambre, si el punto A posee un potencial V_A y el punto B posee un potencial V_B , se producirá un campo eléctrico entre ambos puntos, por lo que se producirá un movimiento de cargas eléctricas desde un punto hacia el otro, por lo que se podría definir que la diferencia de potencial es el trabajo por unidad de carga ejercido por el campo eléctrico sobre una partícula cargada para moverla entre dos posiciones determinadas, es decir:

$$\Delta V = V_B - V_A = \frac{W_{AB}}{q} \quad (1.1)$$

por lo que es evidente que la corriente eléctrica es un flujo de carga eléctrica por unidad de tiempo que recorre un material, es decir:

$$i = \frac{dq}{dt} \quad (1.2)$$

Esta corriente siempre viaja desde el polo negativo al positivo de la fuente suministradora de FEM, que es la fuerza electromotriz. Existen dos tipos de corriente: la continua y la alterna.

1.1.2. Corriente Alterna (AC)

Se denomina corriente alterna (Alternating Current) a la corriente eléctrica en la que la magnitud

y dirección varían cíclicamente. La forma de onda de la corriente alterna más comúnmente utilizada es la de una onda sinusoidal.

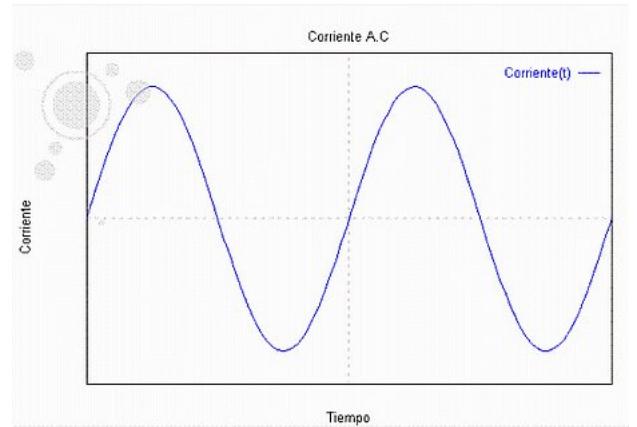


Figura 1.1: Gráfica de como varia la corriente respecto del tiempo para la corriente alterna.

1.1.3. Corriente Continua (DC)

Se denomina corriente directa (Direct Current) al flujo de cargas eléctricas que no cambia de sentido con el tiempo. La corriente eléctrica a través de un material se establece entre dos puntos de distinto potencial. Cuando hay corriente continua, los terminales de mayor y menor potencial no se intercambian entre sí. Es errónea la identificación de la corriente continua con la corriente constante (ninguna lo es, ni siquiera la suministrada por una batería).

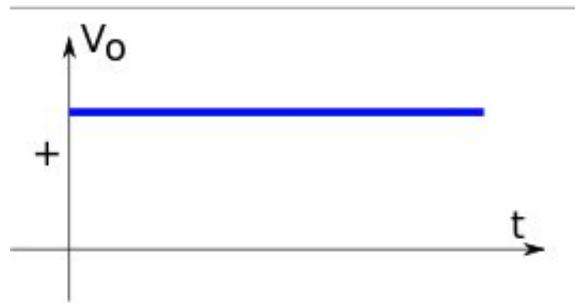


Figura 1.2: Gráfica de como varia la corriente respecto del tiempo para la corriente directa.



Figura 1.3: Fuente de alimentación 33032

1.2. Uso y cuidado de los instrumentos de laboratorio

1.2.1. Fuente de Alimentación

Esta fuente brinda dos tipos de voltaje (tensión o diferencia de potencial).

- Voltaje directo DC que se puede variar de 0 a 15 volts cuya salida se simboliza por las terminales roja (+) y negro (-); viene dos indicadores para medir voltaje y corriente en ampere solo en DC con un rango de 0 a 5 A (Ampere), cuando se enciende el aparato el voltaje no empieza desde cero sino que aproximadamente a los 3 volt. (Criterio del fabricante).
- Voltaje alterno AC no variable (o fijo) con un valor eficaz de 35 volts la salida se simboliza por las terminales de color verde.

Cuidado de la fuente: según indicaciones del fabricante, el máximo de corriente permisible es de 5 A, para evitar que se dañe el aparato debe seguir las siguientes recomendaciones:

- NO juntar las terminales roja y negra, ni las verdes por medio de un alambre conductor.
- No sobrepasar la corriente máxima, para ello se recomienda que la resistencia de entrada de un circuito en DC sea mayor de 5 Ohm.

1.2.2. Multímetro

El multímetro es el aparato más común de los instrumentos de medición eléctrica. Este instrumento agrupa en un solo aparato un voltímetro para medir diferencial de potencial (o voltaje) DCV (voltaje en DC) y ACV (Voltaje en AC); un amperímetro para medir la corriente en DCA, un Ohmímetro para medir resistencias Ω , también posee un zócalo para chequear diodos y prueba de ganancia de transistores h_{FE} .

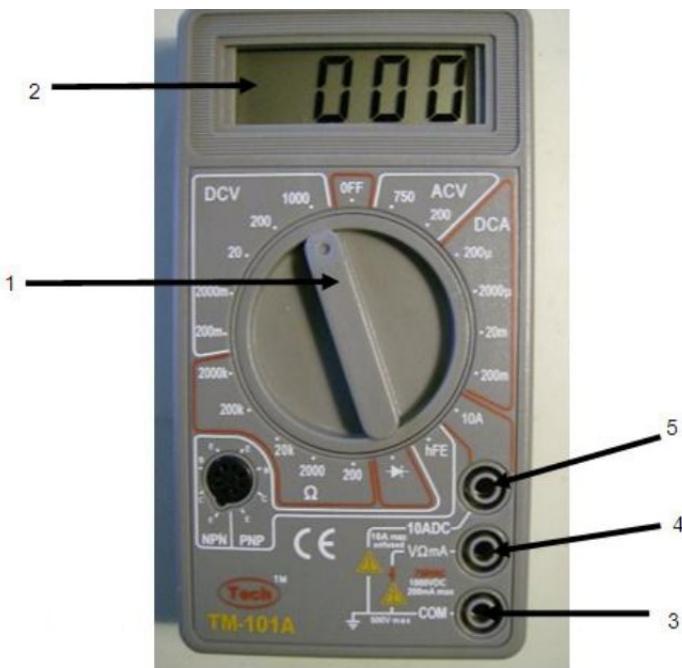


Figura 1.4: Multímetro usado para realizar mediciones electrónicas.

1. Perilla selectora de funciones y rangos y encendido.
2. Pantalla
3. Conexión de la polaridad negativa (o tierra) de la punta de medición.
4. Conexión de la polaridad positiva de la punta de medición para medir Voltaje, Corriente y Resistencia (excepto para las medidas de 0 a 10 A)
5. Conexión de la polaridad positiva de la punta de medición para medir entre 0 y 10 amperios.

1.2.3. Cálculo de Incertezas del Multímetro

Hay que recordar que hay varios tipos de errores y dependiendo de la naturaleza de los mismos así es el método que se utiliza, los errores sistemáticos son debidos a defectos en los aparatos de medida o al método de trabajo. Normalmente actúan en el mismo sentido, no son aleatorios, siguiendo unas leyes físicas

determinadas, de tal forma que en ocasiones se podrán calcular y compensar matemáticamente tras la medida. Un ejemplo es la medida de la corriente eléctrica que circula por un conductor mediante un amperímetro. Al introducir el amperímetro en el circuito éste se modifica, de manera que la corriente medida no es exactamente igual a la corriente que circulaba antes de colocar el amperímetro. En este ejemplo el propio aparato de medida modifica el resultado.

Lo primero es consultar el manual del aparato, debido a que los errores sistemáticos varían dependiendo del fabricante y el modelo del mismo, el manual de los multímetros utilizados en el laboratorio poseen unas tablas similares a las siguientes:

1.2.4. Voltaje DC

Rango	Resolución	Precisión
200mV	$100\mu\text{V}$	$\pm 1.0\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
2000mV	1mV	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
20V	10mV	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
200V	100mV	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
1000V	1V	$\pm 1.5\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$

1.2.5. Corriente DC

Rango	Resolución	Precisión
$200\mu\text{A}$	100nA	$\pm 1.5\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
$2000\mu\text{A}$	$1\mu\text{A}$	$\pm 1.5\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
20mA	$10\mu\text{A}$	$\pm 1.5\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
200mA	$100\mu\text{A}$	$\pm 2.0\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
10A	$10\mu\text{A}$	$\pm 3.0\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$

1.2.6. Resistencia

Rango	Resolución	Precisión
200 Ω	100m Ω	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
2000 Ω	1 Ω	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
20K Ω	10 Ω	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
200K Ω	100 Ω	$\pm 1.2\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$
2000K Ω	1K Ω	$\pm 1.5\% \text{ of rdg} \pm 2\text{D}$

Por ejemplo, si usted realizo una medición de 3.23 V en la escala de 20V tal como se muestra en la Fig. 1.5, la incerteza se calcula mediante lo que dice la tabla de voltaje en dc, la cual dice que en la escala de 20V la resolución o los dígitos es de 10mV y la precisión o la incerteza es de $\pm 1.2\% \text{ of rdg}$ (reading) $\pm 2\text{D}$ (Dígitos), por lo tanto la incerteza de esta medida es:

$$3.23V \times 1.2\% + 2(10mV)$$

$$0.03876V + 0.020V = 0.05876V$$

redondeando el error a una cifra significativa queda

$$0.06V$$

por lo que la medida sería

$$(3.23 \pm 0.06)V$$

de la misma forma se interpreta la información brindada en las tablas para la medición de la corriente en DC y las Resistencias.

1.2.7. Voltímetro

Un voltímetro es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico. Para efectuar la medida de la diferencia de potencial el voltímetro ha de colocarse en paralelo; esto se debe a que al colocarse en paralelo la diferencia de potencial que experimenta el voltímetro es la misma que experimenta el dispositivo al que se le desea medir la diferencia de potencial.

Como medir voltaje en DC :

- Coloque la perilla selectora en la función de voltaje DCV, en el rango adecuado. como la fuente de alimentación provee unos 15 V DC el rango adecuado será de 0 a 20 V.
- Coloque las puntas de prueba en el multímetro (roja en + y negra en -)
- Las medidas de tensión DC se obtienen conectando las puntas de prueba directamente a los extremos o bornes del dispositivo, se dice que este tipo de conexión es en paralelo con el circuito o componente.
- Proceda a leer en la escala adecuada, conforme al rango escogido

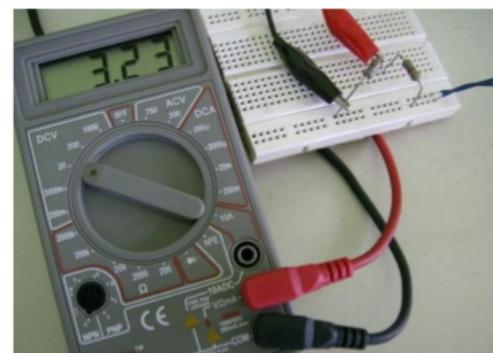


Figura 1.5: Medición del voltaje en una resistencia, recuerde que el voltaje se mide en paralelo.

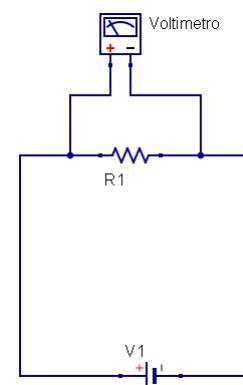


Figura 1.6: Diagrama sobre como debe medirse el voltaje

Cuidado del Voltímetro:

- No debe conectar el voltímetro en serie en el circuito.
- En el momento de tomar la medida, asegúrese que la perilla indicadora del multímetro, este en la posición para medir voltaje en DC.
- Asegúrese que la perilla indicadora esté colocada en el rango apropiado de la tensión que se desea medir.
- Si la tensión a medir se desconoce, se recomienda comenzar con el rango más alto (1000 V), de no ser apreciable la lectura, disminuya el rango, hasta obtener una lectura apropiada a ser medida.
- Siempre que la pantalla marque un signo negativo indica que la polaridad de sus puntas de conexión están en sentido contrario al usual, intercambie las puntas de conexión en el circuito o componente.

1.2.8. Omhímetro

Un omhímetro es un instrumento que sirve para medir la resistencia que posee un dispositivo en un

circuito eléctrico. Para efectuar la medida de la resistencia es importante que no este circulando ninguna corriente por el circuito.

Como medir resistencias eléctricas :

1. Coloque la perilla selectora en la función de Ohmio (Ω), elija cierto rango multiplicativo.
2. Coloque las puntas de prueba al multímetro (roja en + y negra en -)
3. Tome la resistencia a ser medida y una las puntas de prueba a cada extremo de la resistencia y lea el valor proporcionado en la pantalla, este es el valor representativo de la resistencia.
4. El valor proporcionado debe multiplicarse por el rango que señale la perilla selectora si así es el caso. Por ejemplo si el rango es de 200 o 2000 la medida es el valor mostrado en la pantalla, pero si está en 20k la medida en la pantalla hay que multiplicarla por 1000 ya que el prefijo k significa 1000

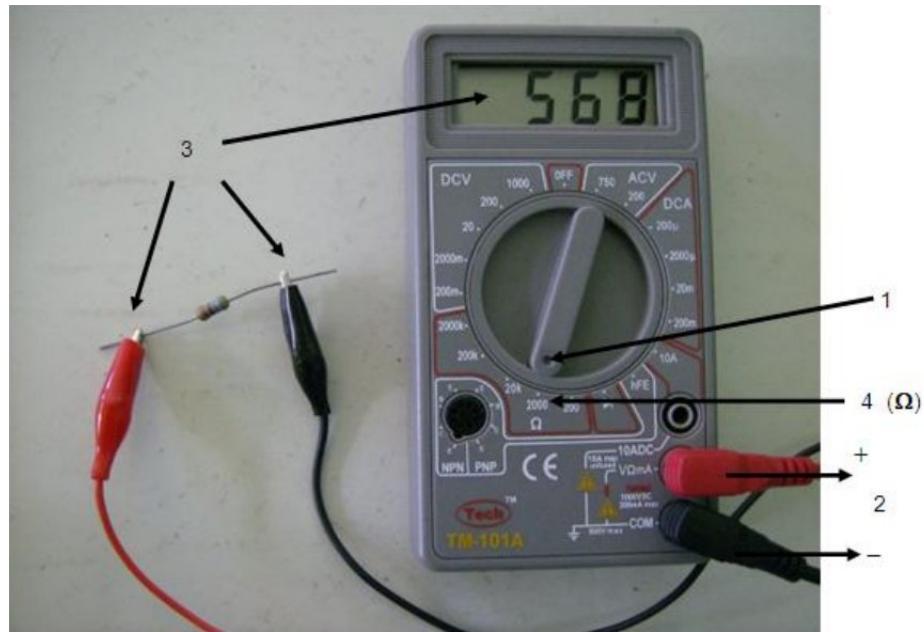


Figura 1.7:

1.2.9. Amperímetro

Un amperímetro es un instrumento que sirve para medir la corriente que pasa atravez del circuito en un punto dado, para efectuar la medida de la corriente el amperímetro se debe colocar en serie en el punto donde se desea medir la corriente, esto se debe a que al colocarse en serie la corriente que pasa por el amperímetro es la misma que pasa por ese punto del circuito.

Como medir corriente en DC :

- Coloque la perilla selectora en la función de corriente en DCA en 200 mA si al medir da un número menor que 20 pase la escala de 20 mA.
- Para la medida de una corriente, se debe conectar, el multímetro en serie con el circuito o componente, para esto se debe abrir el circuito en el sitio de interés.
- Proceda a leer en la escala adecuada, conforme al rango escogido.

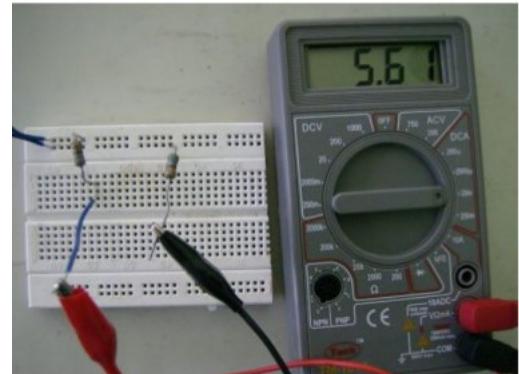


Figura 1.8: Medición de la corriente en una resistencia, recuerde que la corriente se mide en serie.

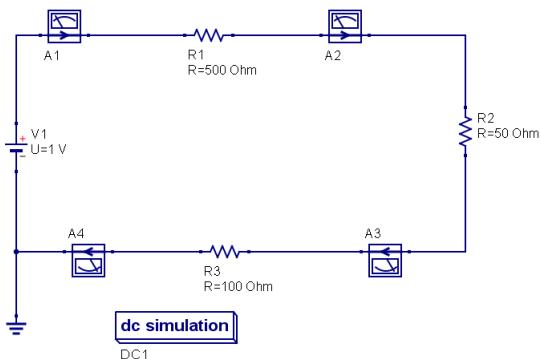


Figura 1.9: El diagrama muestra como debe medirse la corriente

Cuidado del Amperímetro:

- No debe conectar el amperímetro en paralelo en el circuito.
- En el momento de tomar la medida, asegúrese

que la perilla indicadora del multímetro, este en la posición para medir corriente DCA en mA

- Si la corriente a medir se desconoce, se recomienda comenzar con el rango más alto (200), de no ser apreciable la lectura, disminuya el rango, hasta obtener una lectura apropiada a ser medida. Si por descuido la corriente a medir excedió al máximo, es muy probable que tendrá que cambiar el fusible a su aparato.

1.2.10. Protoboard

Es un tablero con orificios conectados eléctricamente entre sí, habitualmente siguiendo patrones de líneas, en el cual se pueden insertar componentes electrónicos y cables para el armado de circuitos electrónicos. Está hecho de dos materiales, un aislante, generalmente un plástico, y un conductor que conecta los diversos orificios entre sí.

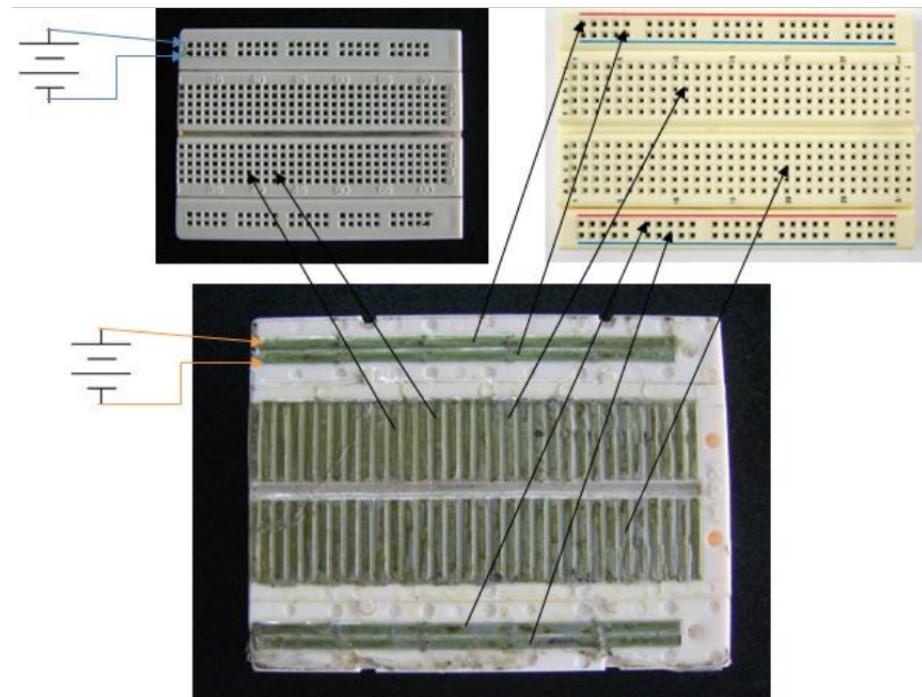


Figura 1.10: Protoboard visto desde la parte posterior para entender su funcionamiento

En la fig. 1.10 se muestra el arreglo que hay entre los agujeros y las láminas conductoras internas. Como se puede observar en la parte superior existen dos conexiones paralelas horizontales las cuales están destinadas para su utilización con la fuente de alimentación, es decir el voltaje que hará funcionar el circuito, cualquier de los agujeros sobre toda la línea horizontal superior esta al potencial positivo y abajo al potencial negativo o tierra. En la parte inferior se localizan láminas verticales todos los agujeros sobre la vertical están unidos a la misma lámina conductora, o sea que es el mismo punto o la misma unión o nodo; pero son independientes de las otras láminas verticales, la unión entre estas láminas verticales se puede lograr con el mismo dispositivo a conectar o por medio de alambres llamados puente.

Cuidado del Protoboard:

- NO derramar ningún tipo de líquido sobre los agujeros.
- Evitar los cortos circuitos: es decir no puentear la polaridad + y - en la misma línea horizontal, o colocar las puntas de una resistencia u otro dispositivo sobre la misma línea vertical y luego colocar la fuente.
- No introducir objetos o dispositivos que excedan el diámetro de los agujeros.
- Mantenerla limpia y seca, limpiándola con una brocha o un removedor de polvo por medio de aire comprimido.

1.2.11. Resistencia

El flujo de carga a través de cualquier material encuentra una fuerza opuesta que es similar en muchos aspectos a la fricción mecánica. A esta oposición, debida a las colisiones entre electrones y otros átomos en el material, que convierten la energía eléctrica en otra forma de energía como el calor, se le llama resistencia del material.

La resistencia eléctrica se puede relacionar mediante la ley de ohm

$$V = IR \quad (1.3)$$

donde V es el voltaje al que es sometida la resistencia el cual se mide en volt (V), I es la corriente que pasa por la resistencia la cual se mide en Amperes (A) y R es la magnitud de la resistencia la cual se mide en Ohm (Ω).

Dicho de otra forma la resistencia es un dispositivo electrónico pasivo el cual se opone al paso de la corriente, cuya magnitud se puede determinar mediante un ohmímetro o mediante el código de colores, el cual consiste en una serie de bandas de colores que envuelven a la resistencia, hay dos códigos de colores para los resistores de carbón. El de 4 bandas y el de 5 o 6 bandas.

Para leer el código de colores de un resistor, ésta se debe tomar en la mano y colocar de la siguiente forma: la línea o banda de color que está más cerca del borde se coloca a la izquierda, quedando generalmente a la derecha una banda de color dorado o plateado.

Cuando leemos el código de colores de 4 bandas se debe leer de la siguiente forma:

- La primera banda representa la primera cifra.
- La segunda banda representa la segunda cifra.
- La tercera banda representa el número de ceros que siguen a los dos primeros números. (Si la tercera banda es negra no hay ceros en el número, si esta banda es dorada se divide por 10 y si esta banda es plateada se divide por 100).
- La cuarta banda representa la tolerancia. Esta es usualmente dorada que representa un 5%, plateada que es del 10%, café o marrón indica el 1%, el rojo indica un 2% y si no tiene banda es del 20%.

En el caso del código de las cinco bandas se lee de la siguiente forma:

- La primera banda representa la primera cifra.
- La segunda banda representa la segunda cifra.

- La tercera banda representa la tercera cifra.
- La cuarta banda representa el número de ceros que siguen a los tres primeros números. (Si la cuarta banda es negra no hay ceros en el número, si esta banda es dorada se divide por 10 y si esta banda es plateada se divide por 100).
- La quinta banda representa la tolerancia. El ca-

fé o marrón indica el 1 %, el rojo indica un 2 % y si es verde tiene una tolerancia del 0.5 %.

- En los resistores de 6 bandas, la ultima banda especifica el coeficiente térmico expresado en ppm/ $^{\circ}\text{C}$ (partes por millón por cada grado Centígrado). Este valor determina la estabilidad resistiva a determinada temperatura.

Código de Colores	Resistencias de 4 Bandas	Resistencias de 5 Bandas	Resistencias de 6 Bandas
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 0 Negro 1 Marrón 2 Rojo 3 Naranja 4 Amarillo 5 Verde 6 Azul 7 Purpura 8 Gris 9 Blanco $\pm 1\%$ Marrón $\pm 2\%$ Rojo $\pm 5\%$ Dorado $\pm 10\%$ Plateado	 $\pm 1\%$ $\pm 2\%$ $\pm 5\%$ $\pm 10\%$ 1.5K	 $\pm 1\%$ $\pm 2\%$ $\pm 5\%$ $\pm 10\%$ 15K	 $\pm 1\%$ $\pm 2\%$ $\pm 5\%$ $\pm 10\%$ 100 50 25 15 10 5 1 620K

Figura 1.11: Código de colores utilizado para determinar de una forma rápida la magnitud de la resistencia.

1.2.12. Cables de conexión

Los cables de conexión completan el circuito de un sistema eléctrico, se suelen utilizar para conectar el protoboard a la fuente.



Figura 1.12: Cables de conexión banana-banana, banana-lagarto y lagarto-lagarto.

2 | Superficies Equipotenciales

2.1. Dibujar curvas equipotenciales para diferentes distribuciones de carga

Una superficie equipotencial es aquella donde la medida del potencial eléctrico es la misma, es decir que la diferencia de potencial entre dos puntos cualesquiera de la superficie es cero. Así si desplazamos una carga a lo largo de una superficie equipotencial el trabajo realizado es cero, en consecuencia, si el trabajo realizado es cero, la fuerza y el desplazamiento deben ser perpendiculares, y dado que el vector de la fuerza tiene siempre la misma dirección que el campo eléctrico $\vec{F} = q\vec{E}$, y que el vector desplazamiento es siempre tangente a la superficie equipotencial entonces en consecuencia el el campo también debe ser perpendicular a la superficie equipotencial.

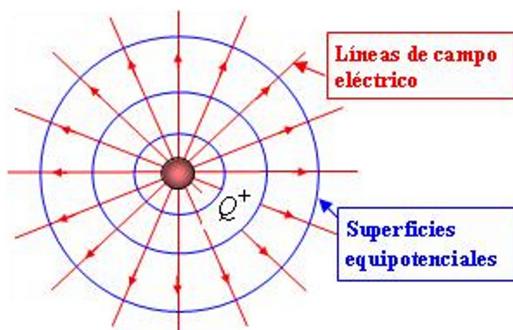


Figura 2.1: El campo eléctrico siempre es perpendicular a las superficies equipotenciales

Para una distribución de dos cargas iguales pero con diferente signo se obtiene superficies equipotenciales y de campo eléctrico como se muestra a conti-

nuación:

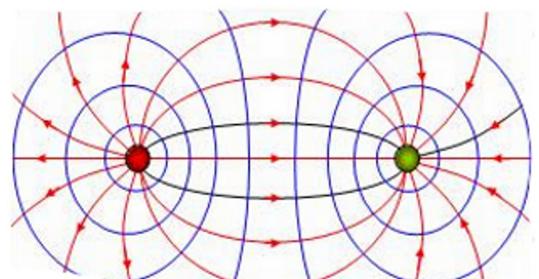


Figura 2.2: Lineas de campo y superficies equipotenciales para dos cargas iguales pero de diferente signo

2.2. Equipo de Laboratorio

- Fuente de alimentación DC
- Dos alambres tipo: banana-banana
- Multímetro digital
- Una roldana
- Papel mantequilla
- Papel Carbón
- Papel Conductor
- Dos placas metálicas



Figura 2.3: Equipo para superficies equipotenciales



Figura 2.5: Las líneas blancas se encuentran imantadas para poder sujetar los papeles

2.3. Desarrollo de la Práctica

- Coloque los tres tipos de papel sobre el tablero plástico, primero se coloca el papel mantequilla (papel blanco), seguido del papel pasante o carbón y luego el papel conductor, los cuales se fijan por unas líneas de material imantado.

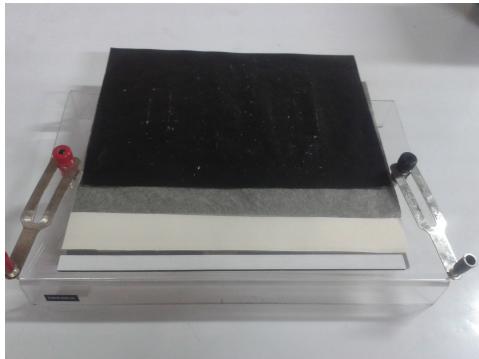


Figura 2.4: Coloque los papeles tal y como se muestra en la figura.



Figura 2.6:

- Las puntas sobre el tablero simulan las dos cargas positiva y negativa de la fig. 2.2, a continuación tome el multímetro y seleccione con la perilla medir voltaje en la escala de 20V, toque el papel conductor con la punta positiva suavemente tratando de no romper el papel (si se rompe el papel perderá sus propiedades conductoras), ubique por ejemplo un potencial de 3V y

luego muévase sobre el papel buscando aquellos puntos que midan también 3V.

- Busque de seis a siete puntos, una vez los encuentre haga una leve presión sobre el papel sin romperlo, esto es para dejar una marca en el papel mantequilla.
- Una vez tenga los puntos equipotenciales, retire el papel mantequilla y trace una curva suave uniendo los puntos, esta curva representa la superficie equipotencial en el plano.
- Repita este procedimiento para: 2V, 5V, 7V y 8V.
- Repita el procedimiento anterior para las siguientes configuraciones:

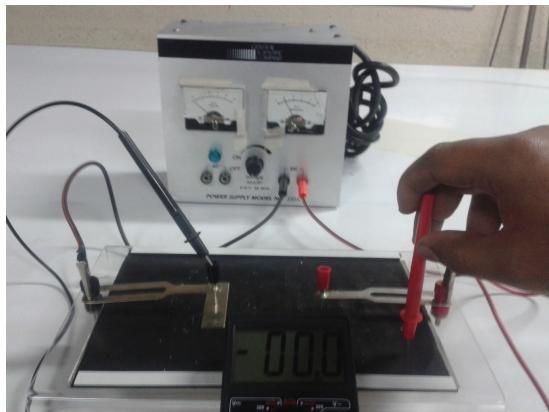


Figura 2.7: Configuración con una carga puntual y una placa metálica

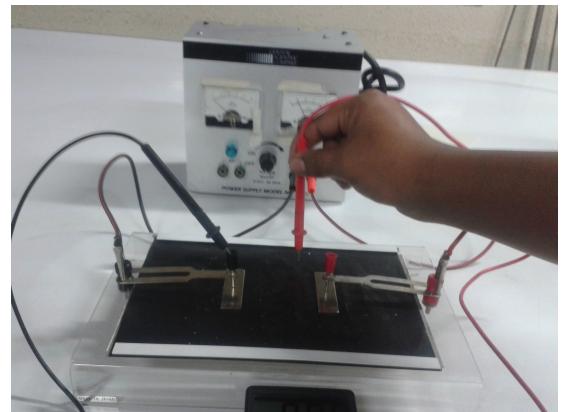


Figura 2.8: Configuración con dos placas metálicas

- Coloque una roldana en el centro del tablero y demuestre que la misma se comporta como una superficie equipotencial.

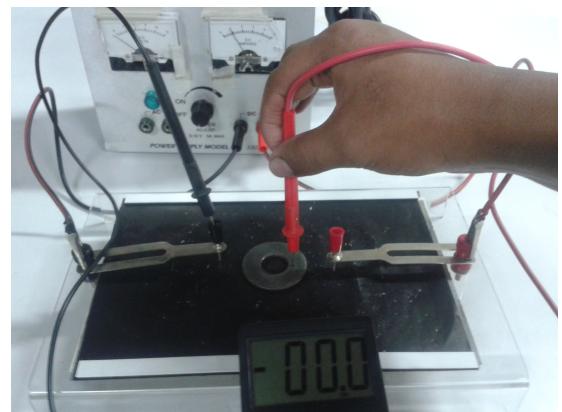


Figura 2.9: Configuración de dos cargas puntuales y una roldana

- Realice un reporte en LaTeX utilizando el formato IEEEtran.

2.4. Hoja de datos

Práctica: Superficies Equipotenciales

Fecha: _____

Hora: _____

CARNE: NOMBRE:

FIRMA:

Con ayuda del papel pasante, dibuje en esta hoja las superficies equipotenciales que encontró.

3 | Mediciones Eléctricas

Antes de realizar mediciones eléctricas en un dispositivo es necesario conocer los diferentes tipos de circuitos eléctricos tales como circuito en serie, circuito en paralelo y circuito mixto.

3.1. Circuitos en Serie

Los circuitos en serie son los que poseen sus dispositivos ordenados de forma consecutiva, es decir uno detrás de otro. Posee la característica que la corriente que circula a través de los dispositivos es la misma para todo el circuito, mientras que el voltaje se disipa de forma diferente para cada dispositivo en el circuito.

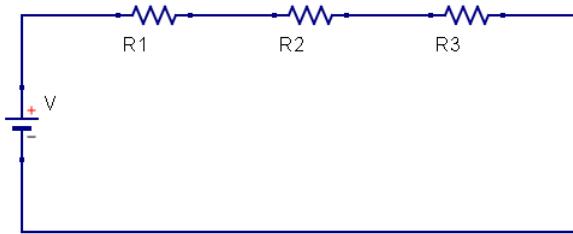


Figura 3.1: circuito en serie.

3.1.1. Circuitos en Paralelo

Los circuitos en paralelo son los que poseen sus dispositivos ordenados de manera paralela a la fuente que suministra la energía al circuito, la característica principal de este, es que el voltaje que poseen los dispositivos del circuito es el mismo para todos, mientras que la corriente se divide y es diferente para cada segmento del circuito.

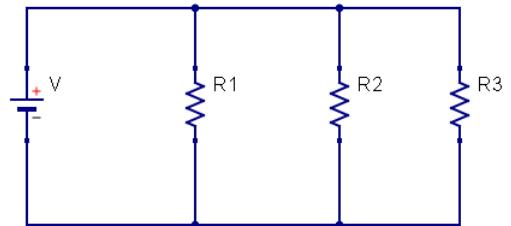


Figura 3.2: Circuito en Paralelo.

3.1.2. Circuitos Mixtos

Este tipo de circuitos es la combinación de los circuitos en serie y en paralelo, formando mallas y nodos, estos circuitos se suelen analizar mediante las leyes de kirchhoff las cuales se estudiarán a detalle más adelante.

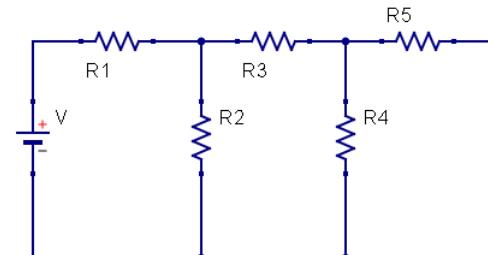


Figura 3.3: Circuito Mixto.

3.2. Aplicaciones de Circuitos Eléctricos

En la práctica No. 1 ya se explicaron las formas correctas de medir voltaje, corriente y resistencias así

como sus precauciones correspondientes, por lo que en esta sección solo encontrara un breve resumen de estas:

Como medir voltaje en DC :

- Seleccione con la perilla el rango adecuado para realizar la medición de voltaje, y conecte el voltímetro en paralelo con el dispositivo al que deseé medirle la diferencia de potencial.

Como medir corriente en DC :

- Seleccione con la perilla el rango adecuado para realizar la medición de corriente, y conecte el amperímetro en serie con el dispositivo al cual se le medirá la corriente.

Como medir resistencias eléctricas :

- Asegúrese que ninguna corriente esta pasando por el circuito, seleccione el rango adecuando para realizar la medición y conecte en paralelo el ohmímetro.

3.3. Equipo de Laboratorio

- Fuente de alimentación modelo 33032
- Un multímetro digital
- Una placa de pruebas (protoboard)
- Resistencias.
- Alambres de conexión.



Figura 3.4: Equipo

3.4. Desarrollo de la Práctica

- Mida las resistencias con el multímetro y el código de colores.
- Arme el primer circuito, el más simple, una sola resistencia y la fuente de voltaje.



Figura 3.5: primer circuito

- Una vez armado el circuito, active la fuente, colocarla en un voltaje arbitrario menor de 10 V (volt) y proceda a medir; el voltaje y la corriente en la resistencia.
- Arme el segundo circuito, tres resistencias en un arreglo en serie.

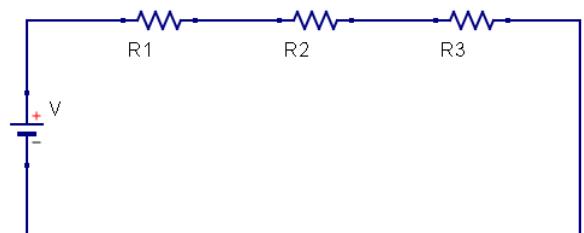


Figura 3.6: segundo circuito, circuito en serie.

- Una vez armado el circuito, active la fuente colocarla en un voltaje arbitrario menor de 10 V (volt) y proceda a medir; el voltaje y la corriente en cada resistencia.

- Arme el tercer circuito, tres resistencias en un arreglo en paralelo.

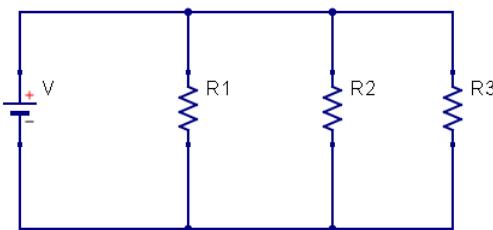


Figura 3.7: Tercer circuito, circuito en paralelo.

- Una vez armado el circuito, active la fuente colocar en un voltaje arbitrario menor de 10 V (volt)

y proceda a medir: la corriente y el voltaje en cada resistencia.

- Realice un reporte en LaTex utilizando el formato IEEEtran, respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿El voltaje fue el mismo en cada resistencia para el circuito en serie?
- ¿El voltaje fue el mismo en cada resistencia para el circuito en paralelo?
- ¿La corriente fue la misma en cada resistencia para el circuito en serie?
- ¿La corriente fue la misma en cada resistencia para el circuito en paralelo?

3.5. Hoja de datos

Práctica: Mediciones Eléctricas

Fecha: _____

Hora: _____

CARNE: NOMBRE:

FIRMA:

Primer Circuito

$R = \text{-----}$

$V = \text{-----}$

$I = \text{-----}$

Segundo Circuito

No.	Resistencia	Voltaje	Corriente
1			
2			
3			

Tercer Circuito

No.	Resistencia	Voltaje	Corriente
1			
2			
3			

4 | Ley de Ohm, Resistencia y Resistividad

4.1. Cálculo experimental de la resistencia de un alambre conductor para diferentes longitudes

El paso de electrones a través de un material conductor no se encuentra libre de obstáculos, realizándose choques inelásticos con otras partículas atómicas, habiendo pérdida de energía. Tal pérdida de energía por unidad de carga se conoce como una caída de potencial a través del material, y depende de cada material. El físico alemán George Ohm descubrió experimentalmente que existe una relación entre la corriente en el material y la caída de potencial.

La ley de Ohm establece que la corriente I en un material conductor es proporcional a la diferencia de potencial ΔV aplicada en sus extremos; la constante de proporcionalidad se denomina resistencia, R del material, o sea:

$$\Delta V = IR \quad (4.1)$$

Donde la resistencia de un alambre se puede determinar mediante

$$R = \rho \frac{L}{A} \quad (4.2)$$

Donde ρ es la resistividad del material cuya dimensionales vienen dadas en $[\Omega \cdot m]$, la cual es una propiedad única para cada material y determina que tan conductor o aislante es el material, A es el área transversal

del alambre y L es la longitud del alambre, al inverso de esta cantidad se le suele llamar conductividad

$$J = \frac{1}{\rho} \quad (4.3)$$

analizando la ecuación anterior es evidente que si la resistividad de un material es muy grande la conductividad será muy pequeña eso quiere decir que se trata de un material aislante, mientras que si la resistividad es muy pequeña la conductividad será muy alta por lo que se trata de un material conductor.

Resistividad de algunas sustancias a 20 °C			
	Sustancia	r (W·m)	Coefficiente de temperatura (K ⁻¹)
Conductores	Plata	$1.59 \cdot 10^{-8}$	$3.8 \cdot 10^{-3}$
	Cobre	$1.67 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
	Oro	$2.35 \cdot 10^{-8}$	$3.4 \cdot 10^{-3}$
	Aluminio	$2.65 \cdot 10^{-8}$	$3.9 \cdot 10^{-3}$
	Wolframio	$5.65 \cdot 10^{-8}$	$4.5 \cdot 10^{-3}$
	Níquel	$6.84 \cdot 10^{-8}$	$6.0 \cdot 10^{-3}$
	Hierro	$9.71 \cdot 10^{-8}$	$5 \cdot 10^{-3}$
	Platino	$10.6 \cdot 10^{-8}$	$3.93 \cdot 10^{-3}$
Semicongductores	Plomo	$20.65 \cdot 10^{-8}$	$4.3 \cdot 10^{-3}$
	Silicio	4300	$-7.5 \cdot 10^{-2}$
	Germanio	0.46	$-4.8 \cdot 10^{-2}$
Aislantes	Vidrio	$10^{10} - 10^{14}$	
	Cuarzo	$7.5 \cdot 10^{17}$	
	Azufre	10^{12}	
	Teflón	10^{13}	
	Caucho	$10^{13} - 10^{16}$	
	Madera	$10^8 - 10^{11}$	
	Diamante	10^{11}	

Figura 4.1: Tabla de resistividad de algunos materiales

4.2. Equipo

- Alambre conductor, sobre una regla graduada de un metro.
- Dos multímetros
- 4 alambres de conexión: 2 (banana-lagarto, negro-rojo) y 2 (lagarto-lagarto).
- Una fuente de alimentación DC 33032
- Un reostato o resistencia variable.

4.3. Desarrollo de la Práctica

- Arme el circuito como se muestra a continuación:
- Como la fuente no empieza desde cero volt, se utiliza un reóstato para crear un divisor de voltaje y poder empezar desde cero, por lo tanto el voltaje de la fuente permanecerá fijo y se moverá la perilla del reóstato para hacer variar el voltaje.
- Seleccione un voltaje por medio del reóstato, y proceda a medir el voltaje y la corriente que pasa por el alambre para las siguientes longitudes: 40, 50, 60, 70, 80, 90 y 100 cm.
- Anote sus datos en una tabla como la que se muestra a continuación:
- Repita el paso anterior para 6 voltajes diferentes.

4.4. Procesamiento Estadístico de los Datos

- Realice un gráfico en Qtiplot de voltaje vs corriente para cada una de las longitudes.

- Al observar la ley de ohm es evidente que esta posee un comportamiento lineal, por lo que al realizar un fit lineal para cada uno de los gráficos la pendiente de estos será la resistencia que posee el material para esa determinada longitud.
- Realice un gráfico en Qtiplot de Resistencia vs Longitud
- Al reescribir la Ecc. 4.2 de la siguiente manera

$$R = \frac{\rho}{A} L$$

es evidente que el comportamiento de la misma es lineal y que al realizar un fit lineal en los gráficos de resistencia vs longitud la pendiente de estos será

$$m = \frac{\rho}{A}$$

- Una vez que se conoce el valor de la pendiente, y dado que se conoce el valor del área del alambre, se puede determinar la resistividad de dicho alambre mediante:

$$\rho = A \cdot m$$

- Una vez que se conoce el valor de la resistividad se puede buscar en una tabla de resistividades a cual se asemeja más el valor y así poder determinar el material del mismo.
- Realice un reporte en LaTex utilizando el formato IEEEtran.

4.5. Hoja de datos

Práctica: Ley de Ohm, Resistencia y Resistividad

Fecha: _____

Hora: _____

CARNE: NOMBRE:

FIRMA:

L=_____

L=_____

L=_____

L=_____

Voltaje	Corriente

Voltaje	Corriente

Voltaje	Corriente

Voltaje	Corriente

L=-----

L=-----

L=-----

Voltaje	Corriente

Voltaje	Corriente

Voltaje	Corriente

5 | Análisis de un circuito resistivo sencillo con una fuente de tensión directa DC

5.1. Leyes de Kirchhoff

Cualquier problema de redes puede resolverse de una forma sistemática por medio de dos reglas llamadas leyes de Kirchhoff, pero antes de enunciar estas leyes es necesario definir ciertos términos tales como:

5.1.1. Nodos

Un nodo es un punto del circuito donde concurren tres o más conductores, tal como el punto a,b,c o d (ver fig. 5.1).

5.1.2. Mallas

Una malla es cualquier trayectoria conductora cerrada en la red.

Primeras Ley

La suma algebraica de las corrientes que circulan hacia un nodo es cero, o bien, la suma de las corrientes que entran debe ser igual a la suma de las corrientes que salen de un nodo, es decir:

$$\sum I_i = 0 \quad (5.1)$$

o bien

$$\sum I_{in} = \sum I_{out} \quad (5.2)$$

5.1.3. Segunda Ley

La suma algebraica de las diferencias de voltaje en cualquier malla de la red es cero, es decir:

$$\sum V_i = 0 \quad (5.3)$$

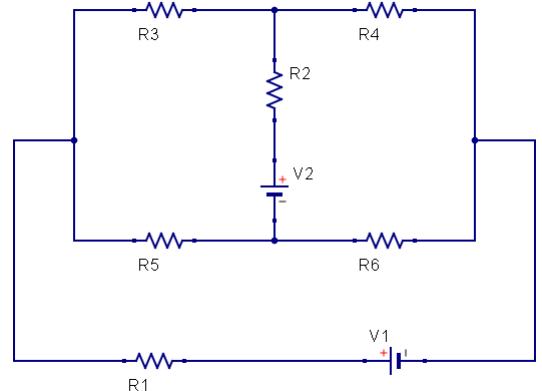


Figura 5.1: Circuito típico que requiere la aplicación de las leyes de Kirchhoff.

Antes de aplicar dichas leyes a un circuito en particular, es necesario considerar los sentidos para las corrientes en cada uno de los nodos, estos sentidos deben indicarse en el esquema del circuito. La formulación de las ecuaciones se lleva a cabo tomando como base los sentidos asignados, si la solución numérica de estas ecuaciones da un valor negativo para una corriente en particular, el sentido correcto de esa corriente es el contrario al supuesto.

5.2. Potencia Eléctrica

La potencia es el trabajo realizado por unidad de tiempo por alguna fuerza, pero cabe recordar que la diferencia de potencial es el trabajo que realiza el campo eléctrico al desplazar las cargas eléctricas a través de un material conductor y que la corriente es el flujo de cargas que existe en un conductor por unidad de tiempo, por lo que la potencia se puede escribir de la siguiente forma, mediante un cambio de variable:

$$P = \frac{dW}{dt} = \frac{dW}{dq} \frac{dq}{dt} = VI \quad (5.4)$$

al aplicar la ley de Ohm ($V = RI$) se obtiene lo siguiente:

$$P = (RI)I = RI^2 \quad (5.5)$$

5.3. Equipo de Laboratorio

- 9 Resistencias
- Un Protoboard
- Un multímetro digital
- 4 alambres de conexión, 2 banana-lagarto y 2 lagarto-lagarto
- Una fuente de voltaje DC.



Figura 5.2:

5.4. Desarrollo de la Práctica

- Mida cada una de las 9 resistencias que se le brinda en el equipo y proceda a armar el circuito que se muestra a continuación:

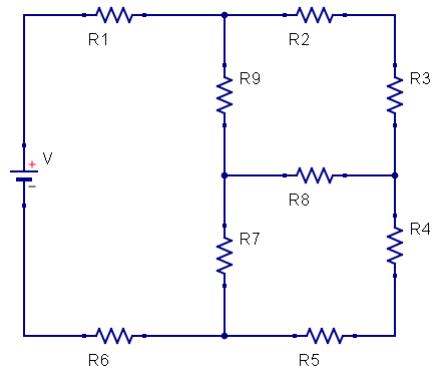


Figura 5.3:

- Antes de conectar la fuente, mida la resistencia equivalente del sistema midiendo la resistencia entre los puntos c y d.
- Como sugerencia proceda a medir la corriente neta I_1 y escoja un valor de 7 mA haciendo variar el voltaje de la fuente, con esto garantizamos valores a medir dentro de la escala de 20mA escogida.
- Proceda a medir el voltaje y la corriente en cada elemento resistivo y tabule sus datos en una tabla similar a la siguiente:

Resistencia (Ω)	Tension (V)	Corriente (mA)
R_1		

- Verifique para cada nodo si se cumple la ley de nodos

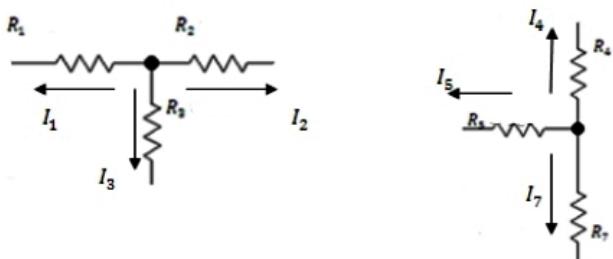


Figura 5.4:

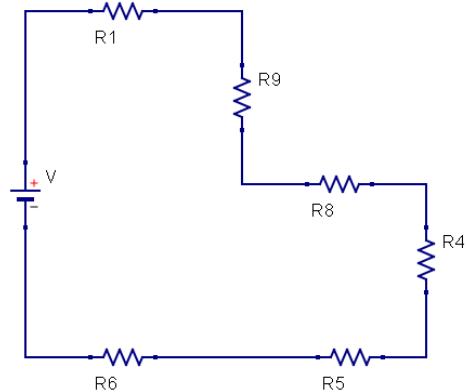


Figura 5.7:

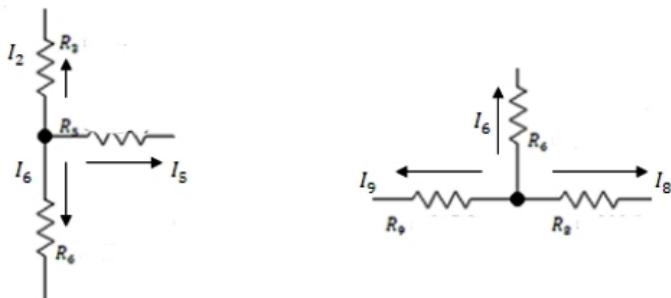


Figura 5.5:

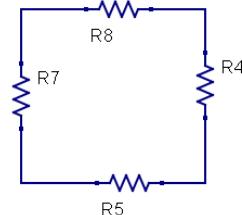


Figura 5.8:

- Verifique para cada malla si se cumple la ley de mallas.

- Proceda a calcular la potencia de cada elemento resistivo en base a los dos modelos teóricos $P = VI$ y $P = RI^2$, tabule sus datos en una tabla similar a la siguiente:

R (Ω)	V (V)	I (mA)	$P = VI$ (W)	$P = RI^2$ (W)
----------------	-------	--------	--------------	----------------

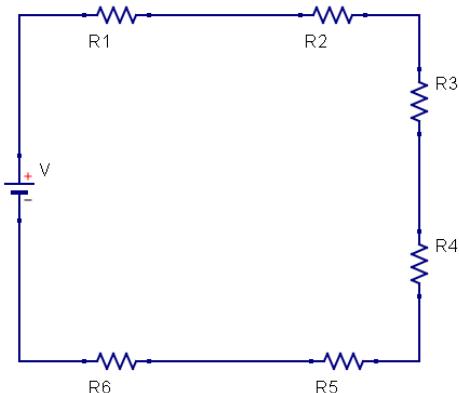


Figura 5.6:

- Compare la potencia que suministra la fuente con la suma de la potencia disipada por cada resistencia.

- Realice un reporte en LaTex utilizando el formato IEEEtran respondiendo las siguientes preguntas:

- ¿Se cumplen las leyes de Kirchhoff?
- ¿Se cumple que la suma de la potencia disipada en cada elemento resistivo es igual a la potencia suministrada por la fuente de alimentación?

5.5. Hoja de datos

Práctica: Análisis de un circuito en DC

Fecha: _____

Hora: _____

CARNE: NOMBRE:

FIRMA:

No.	Resistencia (Ω)	Tension (V)	Corriente (mA)
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			

6 | Proceso de carga de un capacitor

6.1. Determinación de la capacitancia de un capacitor en un circuito RC

6.2. Capacitor

Cuando dos conductores (generalmente dos placas paralelas) se encuentran cargados con carga $+q$ y $-q$ forman lo que se llama un condensador o capacitor, el cual es un dispositivo pasivo, capaz de almacenar energía en forma de campo eléctrico, cuya capacitancia viene dada por:

$$C = \frac{Q}{V} \quad (6.1)$$

Al ser introducido en un circuito RC (es decir un circuito formado por resistencias y capacitores) este se comporta como un elemento capaz de almacenar la energía eléctrica, al analizar este circuito por medio de la ley de mallas de kirchhoff se obtienen las ecuaciones para la fase de carga del capacitor:

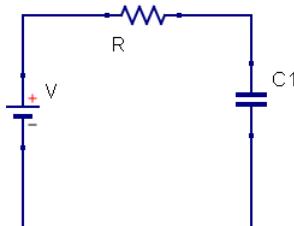


Figura 6.1: Diagrama de un circuito RC

$$V_R - V_{fuente} + V_c = 0 \quad (6.2)$$

mediante la ley de ohm se sabe que $V_R = IR$ y sabiendo que la corriente es el flujo de cargas en un conductor durante una unidad de tiempo, se obtiene:

$$R \frac{dq}{dt} - V_f + \frac{Q}{C} = 0 \quad (6.3)$$

Al resolver la ecuación diferencial se obtiene:

$$Q = CV(1 - e^{-t/RC}) \quad (6.4)$$

aplicando la ecc. 6.1 se obtiene el voltaje

$$V_c = \frac{Q}{C} = V_f(1 - e^{-t/\tau}) \quad (6.5)$$

donde $\tau = RC$ la cual se le llama constante de tiempo del capacitor, si se gráfica esta ecuación es evidente que posee una asintota

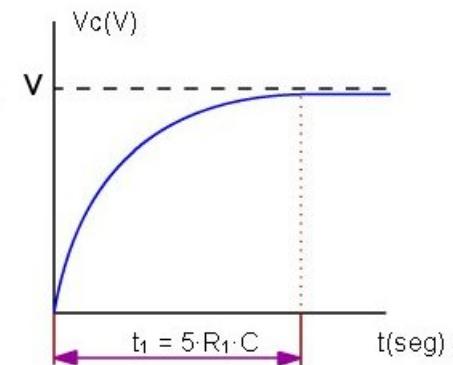


Figura 6.2: Gráfica de voltaje vs tiempo de un capacitor

esta asintota muestra que el capacitor jamás podrá almacenar el 100 % del voltaje que suministra la fuente, es por eso que se dice que una vez transcurrido

un tiempo de 5τ el capacitor se encuentra completamente cargado dado que este ya habrá almacenado el 99% del voltaje de la fuente. Al derivar la ecuación 6.4 se puede obtener la corriente

$$I = \frac{dq}{dt} = \frac{V}{R}e^{-t/\tau} \quad (6.6)$$

Para encontrar las ecuaciones de la fase de descarga del capacitor el análisis es el mismo, solo que ahora el voltaje de la fuente es cero

$$V_R - V_c = 0 \quad (6.7)$$

resolviendo se obtiene

$$Q = Q_o e^{-t/\tau} \quad (6.8)$$

de donde se pueden claramente se pueden obtener las demás ecuaciones.

6.3. Equipo

- Dos resistencias
- Un capacitor
- Un multímetro
- Protoboard
- una fuente de alimentación DC
- Cronómetro

6.4. Desarrollo de la Práctica

- Arme el circuito que se muestra en la fig. 6.1, observe que el capacitor posee una polaridad, la banda negra con un signo menos (-) indica el lado negativo del mismo, asegurarse de conectarlo correctamente ya que de lo contrario este podría explotar.
- Calcule el voltaje que debe tener el capacitor entre sus bornes cuando a transcurrido un tiempo igual a 5τ , ya que esto le servirá para conocer el voltaje que debería de almacenar el capacitor una vez este cargado.

- A continuación proceda a medir el voltaje en el capacitor, para realizar esto puede apoyarse de una cámara de video para grabar el voltaje que indica en el multímetro, si el valor de 5τ por ejemplo es de 7 minutos grabe 8 minutos para poder observar como el voltaje se mantiene constante una vez transcurrido un tiempo de 5τ .

NOTA: Recuerde que para realizar este experimento el capacitor debe estar completamente descargado, si desea descargarlo hágalo a circuito abierto, tomando un lagarto y tocando las polaridades del capacitor, NO lo toque con sus dedos los bornes del capacitor ya que de estar cargado podría recibir una descarga y puede sufrir una quemadura por el paso de la corriente.

6.5. Procesamiento estadístico de los datos

- Con el vídeo que se tomó del voltaje en el capacitor tabule sus datos como se muestra a continuación, para ello seleccione un intervalo de tiempo por ejemplo de 10 segundos y anote el voltaje que posee el capacitor cada intervalo de tiempo, en este caso cada 10 segundos. Recuerde que entre más datos tome su experimento será más preciso.

Tiempo (s)	V_c
------------	-------

- Con los datos de la tabla anterior, proceda a realizar una gráfica en Qtiplot de Voltaje vs tiempo
- Realice un fit en la gráfica anterior, y determine el valor de la constante τ . (Apoyese de la herramienta de fit wizard para poder introducir el modelo indicado)
- Compare el valor de la constante τ teórica con el valor que encontró por medio del fit.
- Dado que se conoce el valor de R y se encontró el valor de τ experimental, se puede determinar la capacitancia del capacitor, encontrarla y

compararla con la capacitancia que indica el capacitor.

- Determine el valor de la asíntota en la gráfica y compare este valor con el voltaje que debería

tener el capacitor transcurrido un tiempo de 5τ .

- Realice un reporte en LaTex utilizando el formato IEEEtran.

6.6. Hoja de datos

Práctica: Proceso de carga de un capacitor

Fecha: _____

Hora: _____

CARNE: NOMBRE:

FIRMA:

Tiempo (s)	V_c

Tiempo (s)	V_c

Tiempo (s)	V_c