

GUÍA DE LABORATORIO LEY DE OHM Y CIRCUITOS ELÉCTRICOS

Objetivos.

- Manipular y Reconocer diversos instrumentos utilizados en el laboratorio.
- Aprender a manejar diversos instrumentos tales como una fuente de voltaje, un amperímetro, un voltímetro y una resistencia.
- Utilizar parámetros estadísticos para la determinación de errores en las medidas.
- Comprender físicamente los conceptos implicados en la ley de Ohm.
- Construir un circuito en serie, uno en paralelo y un circuito mixto en donde se mida el voltaje de estos circuitos en varios puntos, la corriente que circula por los diferentes circuitos y en sus elementos, así como las resistencias en los diferentes montajes lo cual evidenciaría la ley de Ohm.

INTRODUCCIÓN

El funcionamiento de un circuito electrónico cualquiera, como un receptor de televisión o una lámpara de destello para fotografía, puede comprenderse determinando la intensidad y el sentido de las corrientes eléctricas que circulan por todas las partes del circuito. En realidad, no es posible apreciar cómo funciona un circuito dado sin tener un conocimiento detallado de las corrientes que circulan por sus distintos componentes. Incluso los circuitos más complicados pueden examinarse por etapas sencillas considerando por separado cada una de sus partes y observando después cómo se unen los distintos subcircuitos. Por tanto, el análisis de los circuitos se iniciará tratando configuraciones básicas donde las corrientes sean estacionarias, los potenciales sean constantes en todas partes del circuito y no varíen con el tiempo, las cuales reciben el nombre de circuitos de corriente continua. En este caso podemos hablar de la corriente I que circula por el dispositivo y del voltaje V entre los terminales o a través de los terminales que significa la diferencia de sus potenciales eléctricos.

En este laboratorio ratificaremos la ley Ohm para circuitos en serie, paralelo y mixto los cuales los supondremos como conductores óhmicos que se consideran como una Resistencia R y que conducen una corriente de intensidad I dada por una diferencia de potencial o tensión V . En caso de cumplirse dicha relación, ésta permite hacer el análisis de diversos circuitos eléctricos en donde se pueden determinar las corrientes que circulan por las diferentes partes del circuito, así como sus diferencias de potencial y sus resistencias. (Tippens 1992 física 2, Santillana 2001 física 2)

LECTURAS, CONCEPTOS Y PREGUNTAS PREVIAS

- 1) Para lograr una fácil comprensión acerca la ley de Ohm y su función en los circuitos de corriente continua, es necesario que el estudiante recuerde conceptos básicos, por lo tanto debe hacer una descripción física y matemática de los siguientes conceptos.
 - Carga eléctrica
 - Electrización
 - Conservación de la carga
 - Cuantización de la carga.
 - Ley de Coulomb.
 - Energía potencial eléctrica
 - Gradiente de una función escalar
- 2) Ejemplifique la ley de ohm en un caso de las ciencias biológicas o la medicina.

3) Conteste verdadero o falso justifique sus respuestas:

a) La carga eléctrica total en un sistema aislado, es decir la suma algebraica de la carga positiva y negativa presente en cierto instante, siempre varia.

F ___ V ___; Justificación: _____

b) Las cargas eléctricas que hallamos en la naturaleza son múltiplos enteros de solamente una magnitud, igual a la carga que lleva el electrón? F ___ V ___;

Justificación _____

c) En la ley de coulomb se cumple que la fuerza eléctrica es directamente proporcional al cuadrado de la distancia que separa las cargas F ___ V ___

Justificación _____

d) El campo eléctrico brinda información acerca de la dirección, magnitud y sentido de la fuerza eléctrica F ___ V ___

Justificación _____

e) La Energía potencial electrostática o Energía potencial eléctrica es un tipo de energía potencial que resulta de la fuerza de Coulomb y está asociada a la configuración particular de un conjunto de cargas puntuales en un sistema definido? F ___ V ___

Justificación _____

f) “Sea $f(x, y, z)$ cierta función continua y derivable de las coordenadas. Con sus derivadas parciales $\frac{\partial f}{\partial x}, \frac{\partial f}{\partial y}, \frac{\partial f}{\partial z}$ podemos definir en cada punto del espacio un vector, cuyas componentes x, y, z son iguales a las respectivas derivadas parciales. Llamamos a este vector gradiente de f , escrito $\text{grad } f$ o:

$$\nabla f = \frac{\partial f}{\partial x} \hat{x} + \frac{\partial f}{\partial y} \hat{y} + \frac{\partial f}{\partial z} \hat{z}$$

El gradiente de una función es un vector que expresa como varía la función f en la proximidad de un punto. El sentido del vector ∇f en un punto es el sentido en que debemos movernos a partir del punto para hallar el incremento más rápido de la función f .” (Berkeley physics course vol.2 1988).

A partir de la definición anterior halle ∇f si $f = 3x^2yz + 5xz + 6$

4) Describa cada uno de los componentes de la siguiente ecuación, explique qué significado tiene.

$$F = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \frac{Q_1 Q_2}{r_{2-1}^2} r_{2-1}$$

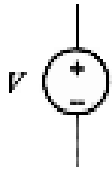
5) Demuestre la siguiente relación

$$E = k \frac{Q}{r^2}$$

Qué conceptos físicos están relacionados en esta ecuación.

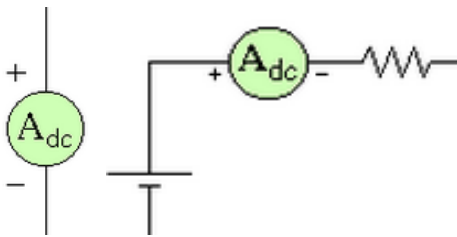
Materiales

Fuente de Voltaje



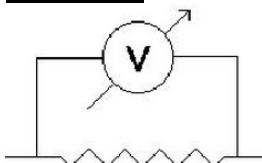
Defina para que sirve y cómo se utiliza

Amperímetro



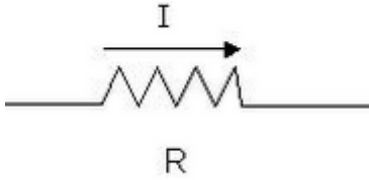
Defina para que sirve y cómo se utiliza

Voltímetro



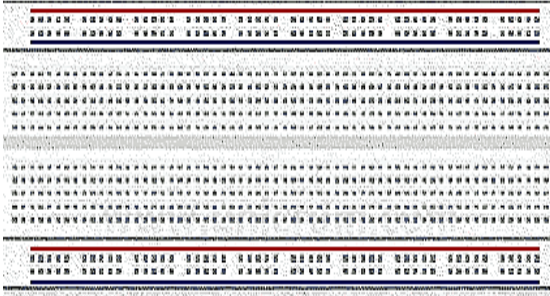
Defina para que sirve y cómo se utiliza

Resistencias



I intensidad de la corriente (definición lectura anexa)

Protoboard



(Definición lectura anexa)

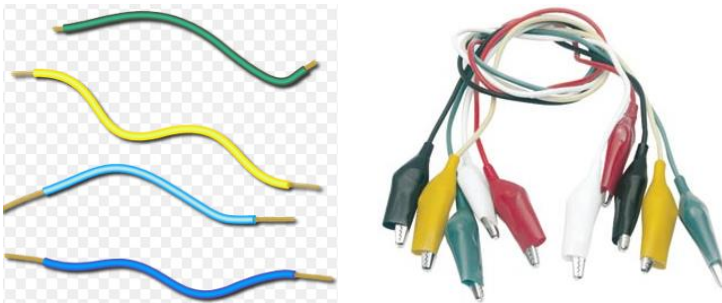
(Imagen recuperada de: http://www.unicrom.com/tut_protoboard.asp)

Bombillos o LEDES



(Imagen recuperada de <https://sites.google.com/site/tehnitron/zanimljivosti/led-diode>)

Cables eléctricos



(Imágenes recuperadas de <http://www.todogimp.com/images/tutoriales/cables.png> y <http://initonline.co/images/cai-202.jpg>)

PRÁCTICAS

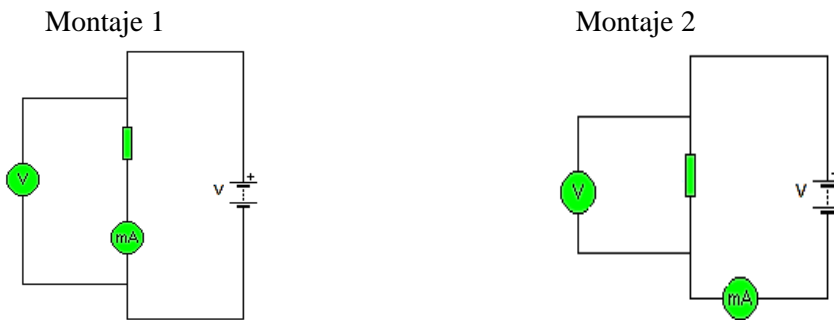
Práctica # 1 Reconocimiento y manejo de los elementos de un circuito

En la construcción de este montaje vamos a utilizar los siguientes materiales: Un voltímetro, un amperímetro, reóstato y una fuente de poder

Objetivos.

- Manipular y Reconocer diversos instrumentos utilizados en laboratorio
- Aprender a manejar diversos instrumentos tales como una fuente de voltaje, un amperímetro, un voltímetro, un reóstato
- Obtener el valor de una resistencia
- Utilizar la estadística para la determinación del error en las medidas

Realice los siguientes montajes



Pasos a Seguir en el laboratorio.

1. Realice el primer montaje
2. Hágalo verificar del profesor
3. Antes de encender la fuente de voltaje, observe cual es el máximo voltaje y corriente que se le puede suministrar al reóstato; y verifique que el voltaje sea cero.
4. Empiece a subir el voltaje en la fuente, y ubique una escala óptima de medidas tanto para el voltaje como para la corriente,
5. Tome 15 medidas de corriente y voltaje con el montaje 1 y con el montaje 2.
6. Si es necesario haga de una vez los factores de corrección debido a la escala del equipo de medida
7. Para cada juego de valores (V), halle la resistencia en cada montaje.
- 6) Averigüé el promedio o media aritmética de las medidas de resistencia, como la varianza de sus medidas, S^2 , la desviación Estándar, S, el coeficiente de variación CV y el error estándar de la media eem, para cada montaje de la misma, tenga en cuenta los indicadores de posición.
- 7) Grafique los datos de voltaje vs corriente.
- 8) Halle: la pendiente de la gráfica, y de una explicación de la misma.
- 9) Halle la ecuación característica de la recta por el método de mínimos cuadrados.
- 10) Observe si esta tiene incidencia con la resistencia tomada y luego mire si esta se encuentra cercana o lejana a la misma, como si está en el siguiente rango de valores ($R-S$, $R+S$).

Consigne estos valores en una tabla, como la siguiente para cada montaje

Tabla 1. Consigne los valores del montaje 1

V															
I															
R															

Tabla 2. Consigne los valores del montaje 2

V															
I															
R															

Resultados y conclusiones _____

Práctica # 2 Resistencia interna de una fuente de voltaje

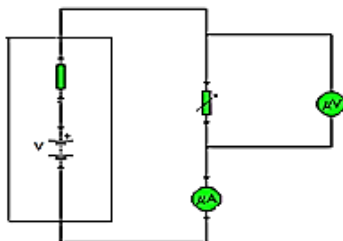
En la construcción de este montaje vamos a utilizar los siguientes materiales: Un voltímetro, un amperímetro, reóstato y una fuente de poder

Objetivos

- Hallar la resistencia interna de una fuente de voltaje.
- Manipular y Reconocer diversos instrumentos utilizados en laboratorios.
- Aprender a manejar diversos instrumentos tales como una fuente de voltaje, un amperímetro, un voltímetro, un reóstato.
- Utilizar la estadística para la determinación rangos de error en las medidas y observar la confiabilidad de su laboratorio.

Realice el siguiente montaje

Montaje 3



Nota: (Los valores de corriente y voltaje que aparecen en el montaje pertenecen al simulador crocodile clips). El estudiante debe cambiar los valores de los elementos que componen el circuito, y hacer las mediciones pedidas.

Pasos a Seguir en el laboratorio.

1. Realice el montaje
2. Hágalo verificar del profesor

3. Antes de encender la fuente de voltaje, observe cual es el máximo voltaje y corriente que se le puede suministrar al reóstato, a la década de resistencias, o potenciómetro si es el caso.
4. Encienda la fuente, el voltaje en la misma debe ser cero o el más bajo que se obtenga.
5. Empiece a subir el voltaje en la fuente, y ubique una escala óptima para las medidas de voltaje y corriente
6. Tome el voltaje sobre la fuente y mantenga constante el mismo a lo largo de todo el laboratorio, esta medida se conoce como la Fem (fuerza electromotriz), ϵ .
7. Modifique la resistencia externa R_{ext} 15 veces, y por cada modificación halle la corriente y voltaje sobre la resistencia externa.
8. Si es necesario haga de una vez los factores de corrección debido a la escala del equipo de medida
9. Consigne estos valores en una tabla, como la siguiente

Tabla 3. Consigne los valores del montaje 3

ϵ (V)															
V_{ext} (V)															
V_{int} (V)															
I (A)															
R_{ext} (Ω)															
R_{int} (Ω)															

Tenga en cuenta que las medidas de voltaje que usted hace sobre el voltímetro son sobre la resistencia externa, esto quiere decir que estas medidas son consignadas en V_{ext} (V)

11. Mida la resistencia externa, está se realiza con los equipos apagados.
12. Además tenga en cuenta que, $V_{int} = \epsilon - V_{ext}$
13. Adicionalmente utilice la ley de Ohm para determinar la Resistencia Interna de la Fuente.
 $\Delta V = IR$
14. Asimismo, halle el promedio de la resistencia interna, como la varianza de sus medidas, la desviación estándar, S, el coeficiente de variación CV y el error estándar de la media eem, para cada montaje de la misma, tenga en cuenta los indicadores de posición (guía anterior).
15. Grafique los datos de Voltaje sobre la resistencia externa vs corriente y los de Voltaje sobre la resistencia interna vs corriente, en la misma gráfica, que significan los puntos de intercepción
16. En el programa Excel halle la ecuación para cada curva, o por algún método que ustedes conozcan.
17. Luego con estas ecuaciones iguálelas y encuentre el punto en el que se encuentran las dos curvas, también, explique qué significa ese punto.

Nota.

El voltaje con el cual ustedes van a trabajar sobre la fuente de voltaje debe ser el mismo, en el caso de que se modifique por algún caso, deben tomar de nuevo todas las medidas.

Resultados y conclusiones _____

Práctica # 3 Construcción de circuitos en serie, paralelo y circuito mixto.

Objetivos

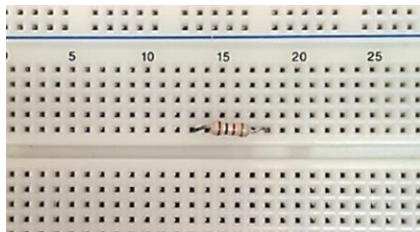
- Utilizar elementos ya conocidos como resistencias, fuente de voltaje bombillos led y Protoboard en la construcción de un circuito en serie, paralelo y mixto.
- Hacer las medidas experimentales de corriente, voltaje y resistencia que corroboren la ley de Ohm para cada uno de estos circuitos.
- Poniendo en práctica, fortalecer el conocimiento ya adquirido.
- Utilizar la estadística para determinar rangos de error en las medidas y observar la confiabilidad de su laboratorio.

CIRCUITO EN SERIE

En la construcción de este circuito vamos a utilizar los siguientes materiales: protoboard, 4 bombillos o leds (de dos extremos uno positivo el largo y uno negativo el corto), Resistencia, máximo de $1K\Omega$ (revisar código de colores), fuente de voltaje y cables de conexión. Pasos a seguir en la construcción de un circuito en serie:

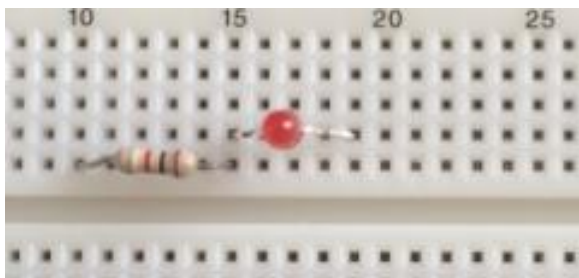
1. Conecte la resistencia en la parte central de la protoboard de forma horizontal. Foto 1.

Foto 1. Ubicación resistencia en el protoboard.



2. Mirando la resistencia de frente sobre la conexión derecha. Conecte el primer bombillo o led donde termina la resistencia, tenga en cuenta utilizar el mismo bus y la polaridad. Como muestra la foto 2.

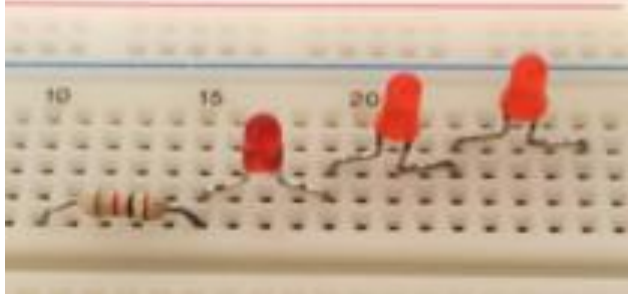
Foto 2 ubicación en serie de la resistencia y el primer led



3. Ensamble el segundo bombillo o led conectándolo de manera que donde termina un bombillo o led comienza el otro; sobre el mismo bus (tenga en cuenta la polaridad)

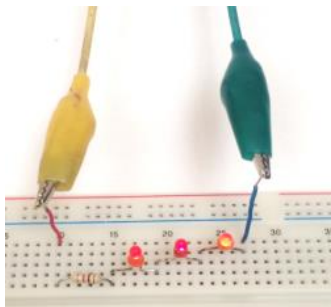
- Acople los otros bombillos o leds en serie teniendo en cuenta que donde termina uno comienza el otro, como muestra la foto 3.

Foto 3. Ubicación en serie de la resistencia con los tres leds

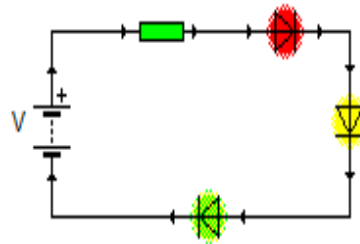


- Instale la fuente de poder (leer indicaciones en la lectura anexa sobre el uso eficiente de la protoboard) El cable rojo o (positivo) al bus superior y el azul o (negativo) al bus de abajo.
- De la conexión del extremo izquierdo de la resistencia sobre el mismo bus conectar un cable que es la parte positiva y de la conexión del extremo derecho del último led o bombillo conectar un cable que es la parte negativa, de manera que se cierra el circuito. En este momento se deben encender los bombillos o leds conectados. Como se muestra en la foto 4.

Foto 4 circuito en serie



montaje del circuito en serie



- Compruebe que el anterior montaje realmente corresponde a un circuito en serie; desconecte un bombillo y observe que la corriente deja de fluir, si lo vuelve a conectar la corriente fluye nuevamente.
- Corrobore empíricamente que la suma de los voltajes de cada elemento del circuito es el voltaje suministrado por la fuente. Primero mida con el voltímetro el voltaje de la fuente, luego con las puntas del voltímetro mida el voltaje en los extremos de la resistencia y en los extremos de cada led.

Tabla 4. Consigne los valores de voltaje del circuito en serie

Elemento del Circuito	Voltaje
Resistencia	
Led 1	
Led 2	
Led 3	

Suma de voltajes	
------------------	--

Fuente	
--------	--

9. Después de las medidas se corrobora el numeral 8? Si o no y por qué?:

10. Confirme experimentalmente que la intensidad de corriente que fluye por la resistencia y los bombillos o leds es la misma en todo el circuito. Para medir la intensidad de corriente que pasa por la resistencia desconecte la conexión derecha de la resistencia y sobre esta conexión ponga una punta del voltímetro y la otra hace puente con la conexión izquierda del primer led. Para medir la corriente que pasa por el primer led desconecte la conexión derecha del led y haga puente eléctrico con la conexión izquierda del segundo led.

Tabla 5. Consigne los valores de corriente para el circuito en serie

Elementos del circuito	Intensidad de corriente
Entre la fuente y la resistencia	
Entre la resistencia y el primer led	
Entre el primer led y el segundo led	
Entre el segundo led y el tercer led	

Se corrobora el numeral 10? Si o no por qué?

11. Mida la resistencia total del montaje conectando las puntas del multímetro sobre la conexión izquierda de la resistencia y la conexión derecha del último led. Anote el valor

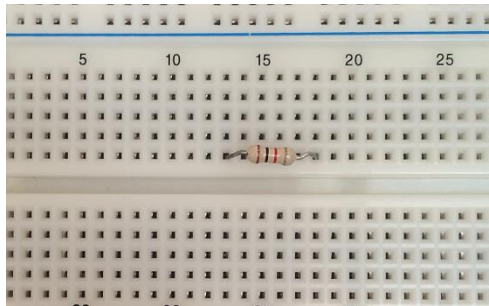
Resultados y conclusiones

CIRCUITO EN PARALELO

En la construcción de este circuito vamos a utilizar los siguientes materiales: protoboard, 3 bombillos o leds (de dos extremos uno positivo el largo y uno negativo el corto), 3 Resistencias, fuente de voltaje y cables de conexión. Pasos a seguir en la construcción de un circuito en paralelo:

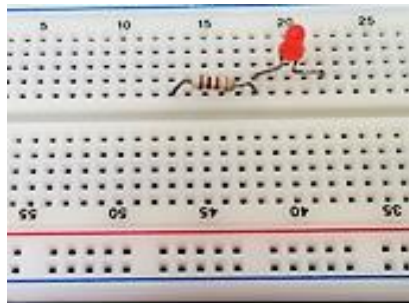
1. Conecte la resistencia en la parte central de la protoboard de forma horizontal como muestra la foto 1.

Foto 1 ubicación de la resistencia



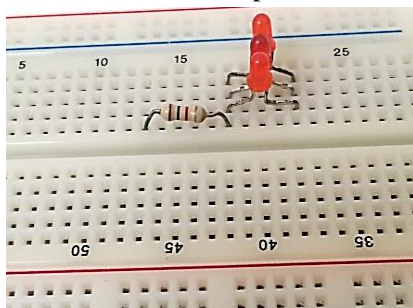
2. Ensamble el primer bombillo o led conectándolo paralelamente de manera que donde termine el extremo derecho de la resistencia conecta la parte positiva del led, foto 2.

Foto 2 ubicación del primer led



3. A continuación acople los otros 2 bombillos o leds de manera paralela como indica la foto 3.

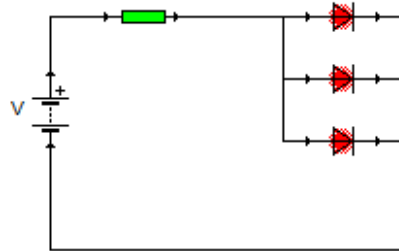
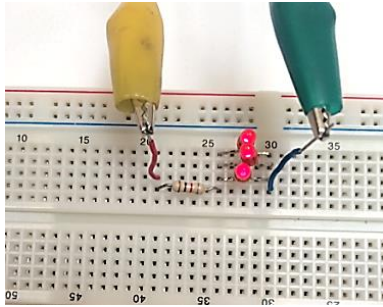
Foto 3 formación en paralelo de los tres leds



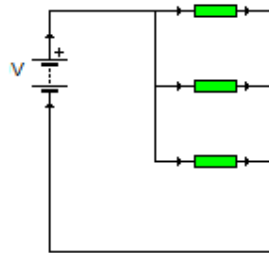
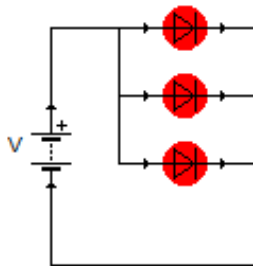
4. Cierre el circuito como muestra la foto 4.

Montaje del circuito

Foto 4 circuito en paralelo



5. Compruebe que el anterior montaje realmente corresponde a un circuito en paralelo; desconecte un bombillo y observe que la corriente continua fluyendo a través del circuito.
6. Para realizar las mediciones experimentales se debe realizar el montaje anterior reemplazando los tres leds por resistencias. (omite la resistencia que aparece en la foto 4). Haga el montaje con solo 3 resistencias como muestra la siguiente figura.



7. Mida la resistencia total del circuito en paralelo conectando las puntas del multímetro, de manera que una punta haga contacto con el extremo izquierdo de la primera resistencia, y la otra punta con el extremo derecho de la última resistencia. Anote el valor, _____
8. Para calcular el voltaje que se le está suministrando al circuito, conecte la fuente y haga contacto con las puntas del multímetro sobre los cables de conexión positiva y negativa que cierran el circuito y tome el valor. Compare con este valor con el voltaje de la fuente, después de realizar ésta medida qué puede observar? _____

9. Consigne la medida de voltaje para cada uno de los elementos del circuito en paralelo en la tabla 6

Elemento del Circuito	Voltaje
Resistencia 1	
Resistencia 2	
Resistencia 3	

10. Qué observa de esta medición _____

11. (Calibrar el multímetro de forma que mida corriente). Ahora se determinara la intensidad de corriente que circula a través del circuito, para esto es necesario abrir el circuito de forma

tal que en ese punto se ubique o coloque las puntas del multímetro. Registre el valor en la tabla.

12. Para medir la corriente sobre cada elemento del circuito es necesario que se desconecte el extremo izquierdo de la primera resistencia y con las puntas del multímetro haga contacto entre éste extremo desconectado de la resistencia y el cable de conexión negativo de la fuente. Para medir la corriente en la segunda resistencia desconecte el extremo izquierdo de la segunda resistencia y con las puntas del multímetro haga contacto entre el extremo desconectado de la resistencia y el cable de conexión negativo. Realice el mismo procedimiento para la tercera resistencia.

Registre los valores de corriente del circuito en paralelo en la tabla 7.

Elemento de circuito	Intensidad de corriente
Resistencia 1	
Resistencia 2	
Resistencia 3	
Suma de corriente	

Corriente Total en el circuito	
--------------------------------	--

13. Explique otra manera de realizar la medición de la intensidad de la corriente en este tipo de circuitos.

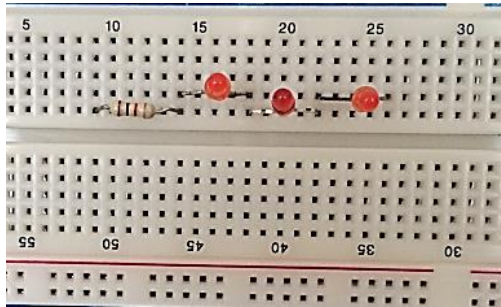
Resultados y conclusiones _____

CIRCUITO MIXTO

En la construcción de este circuito vamos a utilizar los siguientes materiales: protoboard, 6 bombillos o leds (de dos extremos uno positivo el largo y uno negativo el corto), 6 Resistencias, (revisar código de colores), fuente de voltaje y cables de conexión. Como se mencionó anteriormente, el circuito mixto es la combinación de los circuitos en serie y en paralelo. Pasos a seguir en la construcción de un circuito mixto:

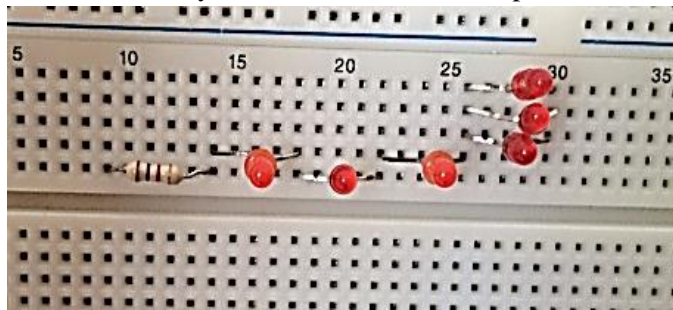
1. Haga un circuito en serie como muestra la foto 1.

Foto 1 ubicación del circuito en serie en la construcción del montaje mixto

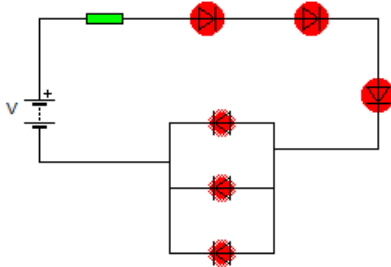


2. Sobre el último led del circuito en serie conecte paralelamente sobre el mismo bus los otros 3 leds (tenga en cuenta la polarización de los leds) formando así un circuito mixto como indica la foto 2.

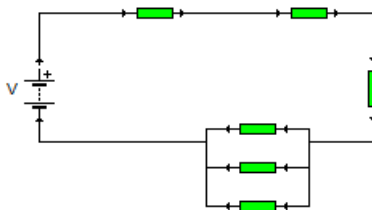
Foto 2 ubicación y ensamble del circuito en paralelo al montaje mixto



Montaje del circuito



3. Para realizar las mediciones experimentales es necesario que el anterior montaje sea realizado con 6 resistencias las cuales reemplazarían los leds mostrados en la foto 2 (omite la resistencia que aparece en la foto 2) haga el montaje con solo 6 resistencias. Como muestra la figura



4. Sobre el nuevo montaje de 6 resistencias 3 de ellas conectadas en serie y 3 conectadas en paralelo. Mida la resistencia que hay en la conexión en serie haciendo contacto entre las puntas del multímetro y el extremo izquierdo de la primera resistencia con el extremo derecho de la tercera resistencia. Anote el valor _____.

5. Ahora mida la resistencia que existe en la conexión en paralelo, haciendo que las puntas del multímetro hagan contacto con el extremo izquierdo de la cuarta resistencia y el extremo derecho de la última resistencia. Anote éste valor _____
6. Mida la resistencia de todo el montaje haciendo que una punta del multímetro haga contacto con el extremo izquierdo de la primera resistencia y la otra punta del multímetro haga contacto con el extremo derecho de la última resistencia. Consigne el valor _____
7. Qué deduce de las anteriores mediciones _____

8. Para medir el voltaje en el circuito mixto primero conecte la fuente a los cables de conexión (cierre el circuito). Mida el voltaje que existe en la conexión en serie conectando una punta del multímetro al cable de conexión positiva de la fuente que esta sobre el mismo bus en el extremo izquierdo de la primera resistencia y la otra punta del multímetro al extremo derecho de la tercera resistencia. Anote éste valor _____.
9. Ahora mida el voltaje en la conexión en paralelo haciendo que una punta del multímetro haga contacto con el extremo izquierdo de la cuarta resistencia y la otra punta del multímetro haga contacto con el cable de conexión negativa de la fuente. Anote el valor _____.
10. Mida ahora el voltaje de todo el circuito mixto haciendo que las puntas del multímetro hagan contacto con los extremos de los cables de conexión de las combinaciones serie y paralelo (las puntas del multímetro se colocan en el cable positivo y el cable negativo que cierran el circuito). Anote éste valor _____.
11. Que puede concluir sobre los valores del voltaje cuando se mide en el circuito mixto este valor para cada conexión y cuando se mide el voltaje en conjunto? _____

12. Para calcular la intensidad de corriente a través de la primera resistencia es necesario que se desconecte el extremo izquierdo de ésta resistencia y con las puntas del multímetro haga contacto entre éste extremo desconectado de la resistencia y el cable de conexión positivo de la fuente. Consigne el valor en la tabla.
13. Para calcular la corriente en la segunda resistencia desconecte el extremo izquierdo de ésta resistencia y ponga las puntas del multímetro una sobre el extremo derecho de la primera resistencia y la otra punta sobre el extremo izquierdo desconectado de la resistencia 2. Consigne el valor en la tabla.
14. Para calcular la corriente sobre la tercera resistencia desconecte el extremo izquierdo de ésta resistencia y ponga las puntas del multímetro una sobre la conexión izquierda de la resistencia desconectada y la otra punta sobre el extremo derecho de la segunda resistencia. Consigne el valor en la tabla.
15. En el cálculo de la corriente que circula por la resistencia 4 desconecte el extremo derecho de la resistencia 4 y conecte una punta del multímetro a la conexión negativa de la fuente y la otra punta al extremo derecho desconectado de la resistencia 4. Consigne el valor en la tabla.

16. Para hallar la corriente en la resistencia 5 desconecte el extremo derecho de esta resistencia y conecte una punta del multímetro a la conexión negativa de la fuente y la otra punta del multímetro al extremo desconectado de la resistencia 5. Anote el valor en la tabla. Haga el mismo procedimiento para la resistencia 6.
17. Mida la intensidad total de corriente en el circuito mixto conectado las puntas del multímetro a los cables de conexión positivo y negativo del circuito (puntas del multímetro sobre los cables que cierran el circuito).

Consigne el valor de corriente de los elementos del circuito mixto en tabla 8.

Elemento del circuito	Intensidad de corriente
Resistencia 1	
Resistencia 2	
Resistencia 3	
Circuito en serie	
Resistencia 4	
Resistencia 5	
Resistencia 6	
Circuito paralelo	
En el circuito Mixto (serie-Paralelo)	

Resultados y conclusiones _____

LECTURA ANEXA

LEY DE OHM

Hoy en día existe un sin número de mecanismos, domésticos e industriales que funcionan gracias a la electricidad. Estos dispositivos operan debido al movimiento de las cargas eléctricas que fluyen a través de circuitos eléctricos. El flujo de cargas eléctricas genera una corriente eléctrica. El movimiento de las cargas eléctricas es producido por fuentes tales como pilas o generadores de electricidad. Las leyes que explican el funcionamiento de los circuitos eléctricos son aplicaciones de los principios de conservación de la carga eléctrica y de la energía. (Física 2 Santillana 2001 pág.158)

Nos interesa la corriente total I que circula por un conductor de cualquier geometría con extremos bien definidos, o terminales, y la diferencia de potencial entre estos terminales, para la cual se usa el símbolo V (por voltaje). La relación entre V e I es, por tanto la ley de Ohm, que escribiré de esta manera.

$$V = I R$$

La relación V/I para una corriente de intensidad dada I es un cierto número de unidades de resistencia. Si la ley de Ohm se cumple en todo lugar del objeto a través de cual circula la corriente, dicho número será constante independiente de la corriente. Este número define completamente el comportamiento eléctrico del objeto, para flujo estacionario de corriente (cc) entre los terminales dados. (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 123)

A continuación se realiza una explicación física de cada uno de los elementos de un circuito y conceptos que involucra la relación de Ohm con el fin que los estudiantes partan de bases sólidas en el estudio de los circuitos eléctricos.

Interpretación Física de Corriente eléctrica y densidad de corriente

El movimiento de cargas eléctricas (por ejemplo, de los electrones en un material conductor) constituye una corriente eléctrica. Se expresa en coulombs/ s (C/s), o amperes (A). Una corriente de 1 ampere equivale a $6,24 \times 10^{18}$ cargas electrónicas elementales por segundo. (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág. 2, Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 118).

Si la corriente es estacionaria es decir, no varía con el tiempo, debe ser la misma en cada punto a lo largo de un hilo. Un tipo de carga, supone portadores que se mueven en un volumen tridimensional; para describirlo necesitaremos del concepto de densidad de corriente. Las corrientes estacionarias tienen que obedecer la ley de conservación de la carga. (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 118)

Se considera el caso particular en el cual, hay n partículas por centímetro cubico moviéndose todas con el mismo vector velocidad v y transportando la misma carga q . Sea un cuadro de área a como el de la figura 1. ¿Cuántas partículas traspasan el cuadro en un intervalo de tiempo Δt ?, las partículas destinadas a atravesar el cuadro en los próximos Δt segundos serán precisamente las que ahora están situadas dentro del prisma oblicuo en la fig 2 (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 118)

Fig 1

Fig 2



(Imagen recuperada de Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 118)

“El cuadro es la base del prisma y la longitud de su arista es $v\Delta t$, que es la distancia que recorre una partícula cualquiera en el tiempo Δt . El volumen del prisma es el producto base \times altura, o bien $av\Delta t\cos\theta$, que puede escribirse como $av\Delta t$. El número de partículas que se encuentran en este volumen es $nav\Delta t$. De aquí que el valor medio de la carga que atraviesa el cuadro por unidad de tiempo, es decir, la corriente a través del cuadro a la que llamamos I_a . es:” (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 118)

$$I_a = \frac{q(na \cdot v\Delta t)}{\Delta t} = nqa \cdot v$$

Ecuación 1

Supongamos que tenemos partícula, que difieren en la carga, en el vector velocidad o en ambas cosas. Cada una contribuiría a la corriente a través de la región a . Denotando cada clase por el subíndice k , la clase k –ésima tiene carga q_k en cada partícula, se mueve con la velocidad v_k , y está presente con una concentración media de n_k partículas de esta clase por metro cubico, lo que podemos establecer de manera formal: (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 119)

$$I_a = n_1q_1av_1 + n_2q_2av_2 + \dots = a \sum_k n_kq_kv_k$$

Ecuación 2

A la magnitud vectorial que en la ecuación 2 multiplica a a la llamamos densidad de corriente J . Puede expresarse J en ampere por metro cuadrado (A/m^2) (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 119)

$$J = \sum_k n_kq_kv_k$$

Ecuación 3

Observemos la contribución a la densidad de corriente de los electrones que pueden estar presentes con distintas velocidades. Si N_e es el número total de electrones por unidad de volumen, de todas velocidades y ordenamos a los electrones en grupos, cada uno de los cuales tiene electrones con casi la misma celeridad y dirección. La velocidad media de todos los electrones, como promedio, se calcularía sumando cada grupo ponderando cada velocidad por el número en el grupo, y dividiendo por el número total. Es decir, (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 119)

$$\bar{U} = \frac{1}{N_e} \sum_k n_k v_k$$

Ecuación 4

\bar{U} Indica el valor medio en la distribución. Contrastando la Ec.4 con la Ec.3, se ve que la contribución de los electrones a la densidad de corriente se escribe en función de la velocidad media de éstos. Recordando que para el electrón $q = -e$, y usando el subíndice e para indicar que todas las magnitudes se refieren a este tipo de portador de carga, podemos escribir (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 120)

$$J_e = -eN_e\bar{U}_e$$

Ecuación 5

Entonces la corriente I que circula a través de cualquier superficie S es precisamente la integral de superficie

$$I = \int J \cdot da$$

Ecuación 6

Las corrientes estacionarias obedecen la ley de conservación de la carga. La integral de superficie de J extendida a toda la S nos proporciona la velocidad con que la carga sale del volumen encerrado.

Para que exista una distribución de corriente realmente independiente del tiempo, ésta integral de superficie de J extendida a cualquier área cerrada debe ser nula. Esto es establecer que, en todo punto del espacio. (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 120)

$$\nabla \cdot J = 0$$

Ecuación 7

Al hacer una exposición más general de la Ec.7. Supondremos que la corriente no es estacionaria, siendo J función de t así como de x, y, z . Ya que $\int J \cdot da$ es la velocidad instantánea con que la carga abandona el volumen cerrado, mientras que $\int_V \rho d\vartheta$ es la carga total en el interior del volumen en cualquier instante, tenemos ((Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 120)

$$\int_S J da = - \frac{d}{dt} \int_V \rho d\vartheta$$

Ecuación 8

Considerando que el volumen considerado decrezca en torno a un punto cualquiera (x, y, z) la relación expresada en la Ec.8 se convierte en:

$$\nabla \cdot J = - \frac{\partial \rho}{\partial t}$$

Ecuación 9

Esta ecuación expresa la distribución de carga dependiente del tiempo. La derivada con respecto al tiempo de la densidad de carga ρ se ha escrito como derivada parcial ya que ρ será generalmente

función de las coordenadas espaciales como lo es del tiempo. Las ecuaciones 8 y 9 expresan la conservación de la carga: No puede salir carga de un lugar sin disminuir la cantidad de carga allí existente. (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 122)

En el transporte de carga el agente más común es la fuerza ejercida por un campo eléctrico sobre un portador de carga. Un campo eléctrico tiende a mover a los portadores de carga positiva en un sentido y a los portadores de carga negativa en sentido contrario. Si cada uno o ambos se mueven, el resultado es una corriente eléctrica en el sentido del campo eléctrico (E). La relación que expresa que la densidad de corriente es proporcional a la intensidad de campo eléctrico que la causa es: (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 pág. 122)

$$J = \sigma E$$

Ecuación 10

σ se le llama conductividad del material y su valor depende del material en cuestión. La Ec.10 es una expresión de la ley de Ohm. Es una ley empírica, una generalización deducida de los experimentos, no un teorema que debe cumplirse universalmente. De hecho, la ley de Ohm está obligada a fallar, en el caso de cualquier material particular, si el campo eléctrico es demasiado intenso.

El movimiento de cargas eléctricas (por ejemplo, de los electrones en un material conductor) constituye una corriente eléctrica. La intensidad I de la corriente eléctrica es la carga (Q) que pasa por unidad de tiempo por un punto dado con lo cual (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág. 2)

$$I = \frac{dQ}{dt}$$

Ecuación 11

Interpretación Física de Campo Eléctrico

Es un campo eléctrico algo real, o es solo un nombre que se le da a un elemento en una ecuación que ha de multiplicarse por otro para obtener el valor numérico de la fuerza que medimos en un experimento de carácter eléctrico? Presumamos que tenemos una distribución de cargas $q_1, q_2, q_3 \dots, q_N$, fijas en el espacio, y nos interesan, no las fuerzas que se ejercen mutuamente las cargas, sino su efecto sobre otra carga q_0 que puede situarse en sus proximidades. La fuerza sobre esta carga dada su posición (que podemos determinar por sus coordenadas x, y, z) es.” (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 págs.16,17).

$$F_0 = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j=1}^N \frac{q_0 q_j \widehat{r}_{0j}}{r_{0j}^2}$$

Ecuación 12

“Donde r_{0j} es el vector de origen de la carga j ésima en el sistema. La fuerza es proporcional a q_0 , así que si dividimos la Ec.11 por q_0 obtenemos una magnitud vectorial que depende solamente de la estructura de nuestro sistema de cargas original $q_1, q_2, q_3 \dots, q_N$ y de la posición del punto (x, y, z) .”

A este vector función de x, y, z le llamamos campo eléctrico originado por las cargas $q_1, q_2, q_3 \dots, q_N$, y usamos el símbolo de \vec{E} . Podemos tomar como definición del campo eléctrico \vec{E} de una distribución de cargas en el punto (x, y, z) ” (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 págs.16.).

$$E_{(x,y,z)} = \frac{1}{4\pi\epsilon_0} \sum_{j=1}^N \frac{q_j \widehat{r}_{0j}}{r_{0j}^2}$$

Ecuación13

El describir el campo eléctrico de esta manera nos proporciona la fuerza por unidad de carga, en modulo y dirección que una carga de prueba q_0 experimentaría en cada punto, no es más que otra manera de describir un sistema de cargas.

El flujo del campo eléctrico E a través de una superficie cerrada cualquiera, es decir, la $\oint E \cdot da$ extendida a toda la superficie, es igual a $\frac{1}{\epsilon_0} q$

$$\oint E \cdot da = \frac{1}{\epsilon_0} \sum_i q_i = \frac{1}{\epsilon_0} \int \rho d\vartheta$$

Ecuación 14

Donde ρ es la densidad de carga, la cual es función de la posición, es una función escalar, se da en dimensiones de carga/volumen y define una distribución cubica de cargas. $\rho d\vartheta$ Se define como la carga contenida en el elemento de volumen dx, dy, dz . (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 págs.25.).

Diferencia de potencial y función Potencial

Los metales como el cobre y la plata, contienen numerosos electrones libres que se mueven al ser sometidos a campos eléctricos creados por otras cargas eléctricas exteriores y por ello, éstos materiales pueden transportar una corriente eléctrica. Cada electrón libre que transporta corriente está acelerado por un campo eléctrico hasta que pierde su velocidad a consecuencia de un choque en el interior del metal. Vuelve a acelerarse hasta sufrir un nuevo choque, etc. La energía necesaria para efectuar las aceleraciones sucesivas y llevar un electrón de un punto a otro se denomina diferencia de potencial eléctrico entre dichos puntos. Debido a que la integral curvilínea en el campo electroestático es independiente del camino, podemos usarla para definir una magnitud escalar V como sigue (Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988 págs.25.).

$$V_{2-1} = - \int_{P_1}^{P_2} E \cdot ds$$

Ecuación 15

La diferencia de potencial V se mide en forma de trabajo por unidad de carga o sea se le denomina (volt). Un voltio es, entonces, la diferencia de potencial entre dos puntos tales que al trasladar una

carga de 1C de un punto al otro, se realiza un trabajo de 1 Joule (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág. 2)

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

Ecuación 16

Esto significa que si dos puntos A y B se encuentran a potenciales eléctricos V_A y V_B respectivamente, la diferencia de potencial entre A y B es $\Delta V = V_B - V_A$.

Resistencia

Es importante tener en cuenta que todos los materiales ejercen una cierta resistencia al paso de la corriente eléctrica. Esto quiere decir que la totalidad de las sustancias se oponen, con mayor o menor éxito, a la circulación de la corriente. Aquellos materiales que ejercen una resistencia eléctrica muy reducida son denominados conductores. El oro y el aluminio, por ejemplo, suelen emplearse como conductores. Un componente eléctrico muy frecuentemente empleado en los circuitos electrónicos es la resistencia. Los valores de las resistencias que se encuentran frecuentemente van desde pocos ohms hasta miles de kilohms ($k\Omega$). Las resistencias localizadas que se conectan en los circuitos son grandes frente a las de los hilos y sus contactos. Según la ley de Ohm, en el lugar donde se intercale la resistencia deberá aparecer una diferencia de potencial a consecuencia de la corriente que circula por ella.

La resistencia del conductor entre dos terminales R depende de la forma y tamaño del conductor y de la conductividad σ del material y se expresa como: (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 págs. 4,5)

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

Ecuación 17 a

La resistencia que halla el electrón, a consecuencia de sus numerosos choques en su movimiento por el conductor, depende de una propiedad del material denominada resistividad, y la resistencia en términos de la resistividad es:

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

Ecuación 17 b.

La ley de Ohm dice que para mantener una corriente intensa en un conductor se precisará más energía y, por tanto mayor diferencia de potencial, que para mantener en el mismo conductor una corriente débil. Otra forma de la ley de Ohm es que, para que un conductor de resistencia R conduzca una corriente de intensidad I deberá existir entre sus extremos una diferencia de potencial, o tensión V (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág.5)

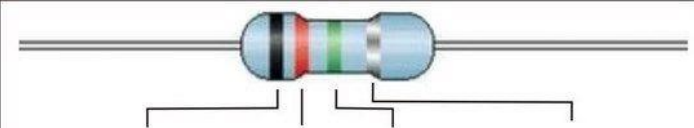
Resistencias de Carbón Prensado

Están constituidas en su mayor parte por grafito en polvo, el cual se prensa hasta formar un tubo. Las patas de conexión se implementaban con hilo enrollado en los extremos del tubo de grafito, y

posteriormente se mejoró el sistema mediante un tubo hueco cerámico en el que se prensaba el grafito en el interior y finalmente se disponían unos bornes a presión con patillas de conexión. (http://www.lcardaba.com/articulos/R_tipos/R_tipos.htm).

El valor de este tipo de resistencias se obtiene mediante el cálculo del código de colores; Para saber el valor de una resistencia tenemos que fijarnos que tiene 3 bandas de colores seguidas y una cuarta más separada. Leyendo las bandas de colores de izquierda a derecha las 3 primeras bandas nos dice su valor, la cuarta banda nos indica la tolerancia, es decir el valor + - que puede tener por encima o por debajo del valor que marcan las 3 primeras bandas. Ahora vamos a ver como se calcula su valor. El color de la primera banda nos indica la cifra del primer número del valor de la resistencia, el color de la segunda banda la cifra del segundo número del valor de la resistencia y el tercer color nos indica por cuanto tenemos que multiplicar esas dos cifras para obtener el valor, o si nos es más fácil, el número de ceros que hay que añadir a los dos primeros números obtenidos con las dos primeras bandas de colores. (<http://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-electrica.html>)

Fig.3.



Color	1ra. Banda	2da. Banda	3ra. Banda Multiplicador	Tolerancia %
Negro	0	0	x1	
Cafe	1	1	x10	
Rojo	2	2	x100	2%
Naranja	3	3	x1000	
Amarillo	4	4	x10000	
Verde	5	5	x100000	
Azul	6	6	x1000000	
Violeta	7	7	x10000000	
Gris	8	8	x100000000	
Blanco	9	9	x1000000000	
				Dorado 5%
				Plata 10%

Circuitos Básicos

(Imagen recuperada de

<http://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-electrica.html>)

Pilas

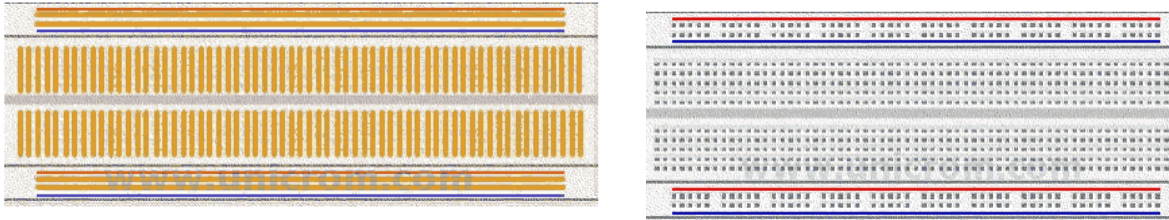
Según la ley de joule, en todo conductor que transporte una corriente se disipa energía. En los circuitos más sencillos de c.c. el generador de esta energía que hay que suministrar para mantener la corriente es, frecuentemente, una pila química. En una pila se convierte energía química en energía eléctrica y las reacciones químicas mantienen una diferencia de potencial entre los terminales de la batería, tanto si circula corriente como si no. A esta diferencia de potencial suele dársele el nombre de fuerza electromotriz. (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág. 6)

PROTOBOARD O TABLA DE PRUEBAS

Es un dispositivo en forma de tablero con orificios o bloques de plástico que se encuentran conectados eléctricamente por numerosas placas delgadas, de una aleación de cobre, estaño y fosforo que une dichas perforaciones, creando una serie de líneas de conducción paralelas. En la parte superior e inferior de la placa son las líneas horizontales rojas (buses positivos o de voltaje), y azules (buses negativos o de tierra).

En la parte central de la protoboard se ubican los componentes electrónicos para crear el prototipo de circuito en estudio.

En la figura se muestra las conexiones internas y la vista exterior de una protoboard.
Fig. 4.



(Imágenes recuperadas de: http://www.unicrom.com/tut_protoboard.asp)

Debido a las características de capacitancia (de 2 a 30 pF por punto de contacto) y resistencia que suelen tener los protoboard están confinados a trabajar a relativamente baja frecuencia (inferior a 10 ó 20 MHz, dependiendo del tipo y calidad de los componentes electrónicos utilizados). (https://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_pruebas).

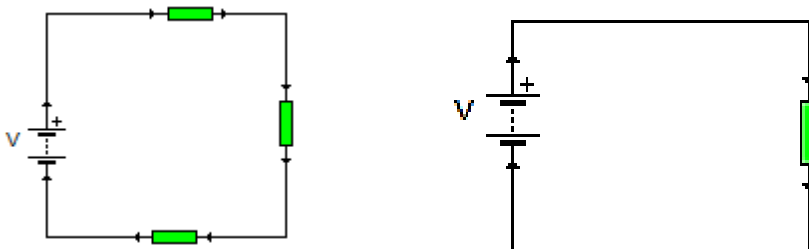
“Para un uso eficiente de esta herramienta, se recomienda:

- Trabajar en orden.
- Utilizar las buses horizontales superiores e inferiores para conectar la fuente de poder para el circuito en prueba.
- Usar cable rojo para el positivo de la fuente y el azul para el negativo de la misma.
- La alimentación del circuito se hace desde las pistas horizontales, no directamente desde la fuente.
- Ordenar los elementos del circuito de manera que su revisión posterior por el diseñador u otra persona sea lo más fácil posible.
- Es recomendable evitar, en lo posible, que los cables de conexión que se utilicen entre dos partes del circuito sea muy larga y sobresalga del mismo.” (http://www.unicrom.com/tut_protoboard.asp)

CIRCUITO EN SERIE

Si se conectan varios componentes eléctricos, tales como resistencias, de manera que la corriente que circula por todos ellos sea la misma, se dice que los componentes constituyen un circuito en serie.

Fig 5 Circuito en serie y su equivalente



Consideremos el circuito en serie constituido por la pila y tres resistencias, representado en la figura 5. La corriente de intensidad I origina una fuente de potencial entre los terminales de cada resistencia viniendo aquélla por la ley de Ohm. Es decir,

$$V_1 = I R_1 \qquad V_2 = I R_2 \qquad V_3 = I R_3$$

Ecuación 18

Es evidente que la suma de estas tensiones es igual a la *fem* de la batería o sea,

$$V = V_1 + V_2 + V_3$$

Ecuación 19

Esta ecuación establece que la suma algebraica de las diferencias de potencial a lo largo de un circuito cerrado es igual a cero. Como el potencial disminuye en el sentido de la circulación de la corriente por una resistencia, a la diferencia de potencial correspondiente suele dársele el nombre de caída óhmica de tensión en la resistencia.

Si hacemos la sustitución de la Ec 18. En la Ec 19. Obtenemos: (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág. 10)

$$V = I R_1 + I R_2 + I R_3 = I (R_1 + R_2 + R_3)$$

Ecuación 20

Así pues, la intensidad de la corriente que circula por un circuito en serie es:

$$I = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{V}{R_{eq}}$$

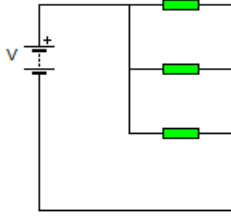
Ecuación 21

Evidentemente, la resistencia equivalente de un número cualquiera de resistencias en serie es igual a la suma de las resistencias

CIRCUITO EN PARALELO

Otra forma de conectar componentes eléctricos, tales como resistencias, es la representada en la figura 6. En este caso, la diferencia de potencial entre los extremos de cada resistencia del circuito es la misma; a esta forma de conexión se le da el nombre de circuito en paralelo. (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág.10). En este tipo de circuitos la intensidad de corriente se reparte entre los nodos del circuito y el voltaje permanece igual.

Fig 6



Las intensidades de las corrientes que circulan por cada resistencia están dadas por la ley de Ohm en la forma:

$$I_1 = \frac{V}{R_1} \qquad I_2 = \frac{V}{R_2} \qquad y \qquad I_3 = \frac{V}{R_3}$$

Ecuación 22.

En este caso, la suma de las intensidades es igual a la intensidad de la corriente que suministra el generador, o sea

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

Ecuación 23

Y sustituyendo aquí las intensidades dadas por la ecuación 22, queda

$$I = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

Ecuación 24.

Para determinar la resistencia equivalente de varias resistencias en paralelo, definiremos R_{eq} utilizando la ley de Ohm en la forma

$$V = I R_{eq}$$

Ecuación 25

Sustituyendo la ecuación 25 en la ecuación 24

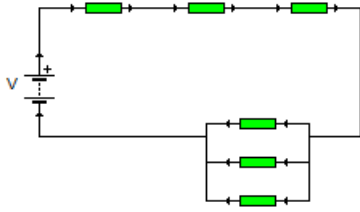
$$I = \frac{V}{R_{eq}} = V \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad o \quad R = \frac{R_1 R_2 R_3}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Ecuación 26

CIRCUITO MIXTO

Es una combinación de elementos conectados en serie y en paralelo por donde circula una corriente. En este tipo de circuitos se combinan a la vez los efectos de los circuitos en serie y en paralelo, por lo que en cada caso habrá que interpretar su funcionamiento, en el estudio de este tipo de circuitos se tiene en cuenta la topología y se hace combinando las reglas de cálculo para los circuitos en serie y en paralelo. (Electrónica fundamental para científicos 2 edición 1979 pág.15)

Fig.7



PREGUNTAS SOBRE LA LECTURA ANEXA

1. A partir de las figuras 1, 2 y de las ecuaciones 1 y 3 defina qué es corriente y densidad de corriente.
2. Porque las ecuaciones 8 y 9 expresan la conservación de la carga eléctrica.
3. Defina cada uno de los términos de la ecuación 13 y explique su significado
4. A partir de la ecuación 15 que entiende por diferencia de potencial
5. Utilizando su ingenio cree diferentes circuitos en serie, paralelo y circuitos mixtos con el fin de corroborar la ley de Ohm

BIBLIOGRAFÍA

https://es.wikipedia.org/wiki/Placa_de_pruebas

<http://www.circuitoselectronicos.org/2007/10/el-protoboard-tableta-de-experimentacin.html>

http://www.unicrom.com/tut_protoboard.asp

http://www.tecnoclase.es/esquema%20t-2%20de%203_archivos/image006.gif

<http://www.areatecnologia.com/electricidad/resistencia-electrica.html>

http://www.lcardaba.com/articles/R_tipos/R_tipos.htm

<http://www.electronicasi.com/wp-content/uploads/2013/02/R.paralelo.png>

<https://sites.google.com/site/tehnitron/zanimljivosti/led-diode>

<http://www.todogimp.com/images/tutoriales/cables.png>

<http://initonline.co/images/cai-202.jpg>

<https://technologymechatronic.files.wordpress.com>

Electrónica fundamental para científicos J.J Brophy 1979

Berkeley Physics Course volumen 2 Electricity and Magnetism 1988

Física 2 Paul E Tippens 1992

Física general 2 Beatriz Alvarenga, Antonio Máximo 1980.