

# ANUNCIOS

Primer evaluación corta: la haremos hoy sobre la hora 10:00.  
Temas: los correspondientes a toda la Unidad 1.

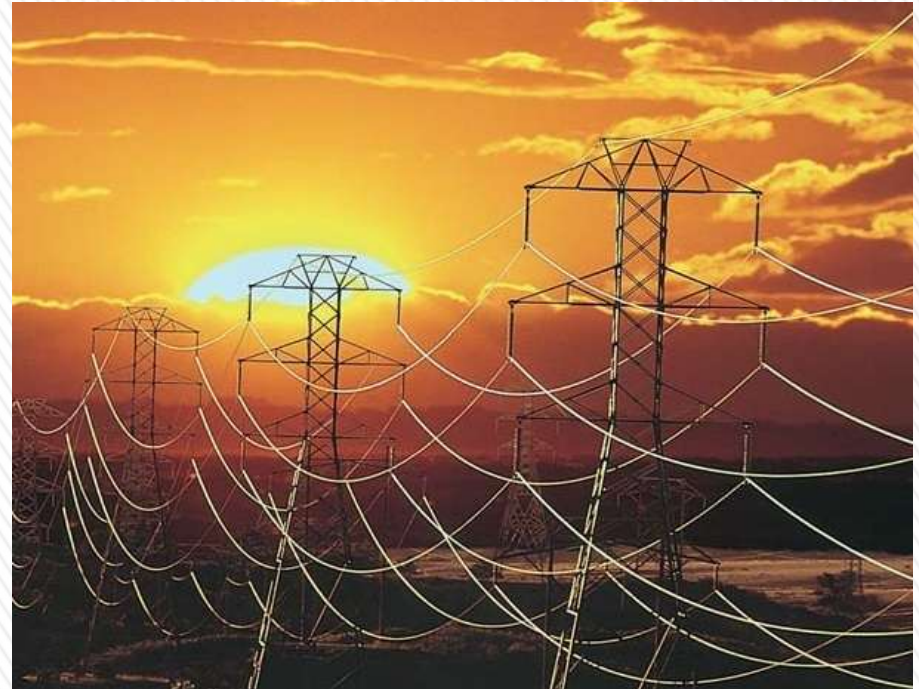
Clase de consultas: por zoom los lunes a las 17:30 (antes de la clase del teórico virtual que empieza a las 18:00). Enlace el mismo que para el teórico virtual.



## 1.5-CORRIENTE, RESISTENCIA Y FUERZA ELECTROMOTRIZ



Dos lamparillas de luz: de igual potencia de salida lumínica, pero la lámpara fluorescente de la izquierda, produce esta iluminación con mucho menos potencia eléctrica que la incandescente de la derecha. Las lámparas fluorescentes (“de bajo consumo”), es menos costosa de operar, pues consume menos potencia y resulta más económica.



Líneas de transmisión eléctrica transportan energía a hogares e industrias. La energía se transfiere a un voltaje muy elevado, hasta de cientos de miles de volts. Si bien es peligroso, el elevado voltaje origina una menor pérdida de energía, debido a la resistencia en los alambres.



# PREGUNTAS RÁPIDAS

## ¿VERDADERO O FALSO?

- 1) De acuerdo a la convención adoptada, el flujo de electrones de conducción por un campo eléctrico tiene sentido opuesto al de la corriente eléctrica.
- 2) La velocidad de deriva es independiente del área de la sección transversal del conductor, si la corriente se mantiene constante.
- 3) Al aumentar la temperatura de un conductor no modifica su resistencia.
- 4) En un conductor óhmico la corriente varía proporcionalmente con la diferencia de potencial.
- 5) La resistividad de un conductor aumenta al disminuir su sección transversal.



### EJEMPLO: Ejercicio 2.1.3

Un alambre de resistencia  $R$ , longitud  $L$  y sección transversal constante se estira para formar otro cuya longitud es tres veces la original. Encuentre la resistencia del nuevo alambre en función de  $R$  suponiendo que la resistividad y la densidad del material no cambian durante el estiramiento

Sean  $L'$  y  $A'$  las nuevas dimensiones del material estirado y  $R'$  la nueva resistencia.

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

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

Al estirarse, la masa y por tanto en volumen se mantiene por lo que:  $L.A = L'.A'$

$$L' = 3L$$

$$A' = A/3$$

$$R' = \frac{\rho 3L}{\frac{A}{3}} = 9 \frac{\rho L}{A} = 9R$$

$$\mathbf{R' = 9R}$$



# FUERZA ELECTROMOTRIZ

En un circuito eléctrico debe haber un dispositivo que mueva las cargas desde el lugar donde hay menor potencial eléctrico hacia donde hay más, a pesar de que la fuerza electrostática trate de llevarla de la mayor energía potencial a la menor (como una bomba de agua que eleva la misma a un depósito).

La corriente fluye del potencial menor al mayor debido a lo que se denomina **fuerza electromotriz** (**fem** y se simboliza  $\mathcal{E}$ ), aunque no es una fuerza.

La unidad del SI de la fem es la misma que la del potencial, el volt ( $1 \text{ V} = 1 \text{ J/C}$ ).

Todo circuito completo con corriente constante debe incluir alguna **fuerza de fem**, ejemplos: baterías, generadores eléctricos, celdas solares, etc.

Estos dispositivos convierten energía de algún tipo (mecánica, química, solar, térmica, etc.) en energía potencial eléctrica y la transfieren al circuito al que está conectado el dispositivo.



# FUERZA ELECTROMOTRIZ

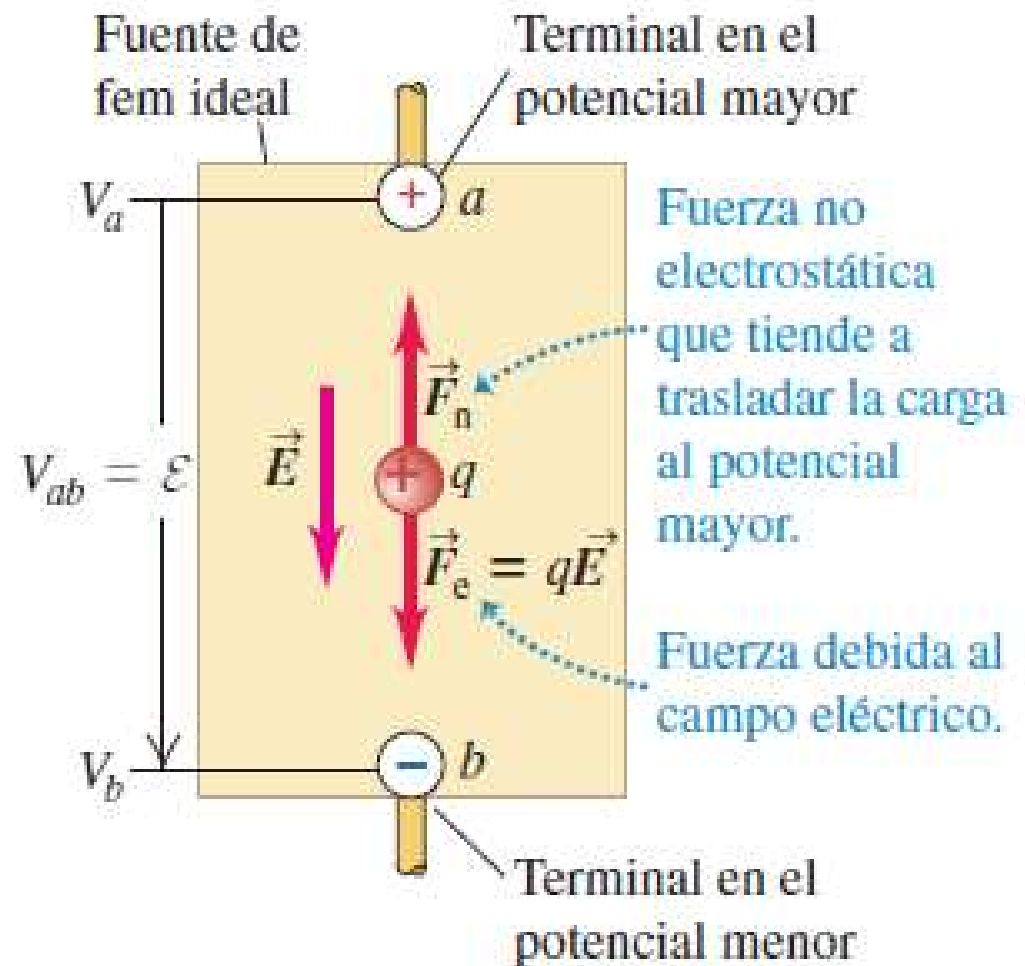
Modelo de una **fuerza ideal de fem** mantiene una diferencia de potencial constante entre sus terminales, independientemente de la corriente que pase a través de ella.

Una fuente de fem ideal mantiene una diferencia de potencial entre los conductores  $a$  y  $b$ , **llamados terminales del dispositivo**.

La terminal  $a$ , marcada con  $+$ , se mantiene a un potencial mayor que la terminal  $b$ , marcada con  $-$ .

El incremento en la energía potencial es igual al trabajo no electrostático que realiza la fuente

$$V_{ab} = \mathcal{E}$$



Cuando la fuente de fem no es parte de un circuito cerrado,  $F_n = F_e$  y no hay movimiento neto de carga entre las terminales.



# FUERZA ELECTROMOTRIZ

Ahora, consideremos un circuito completo conectando un alambre con resistencia  $R$  a las terminales de una fuente.

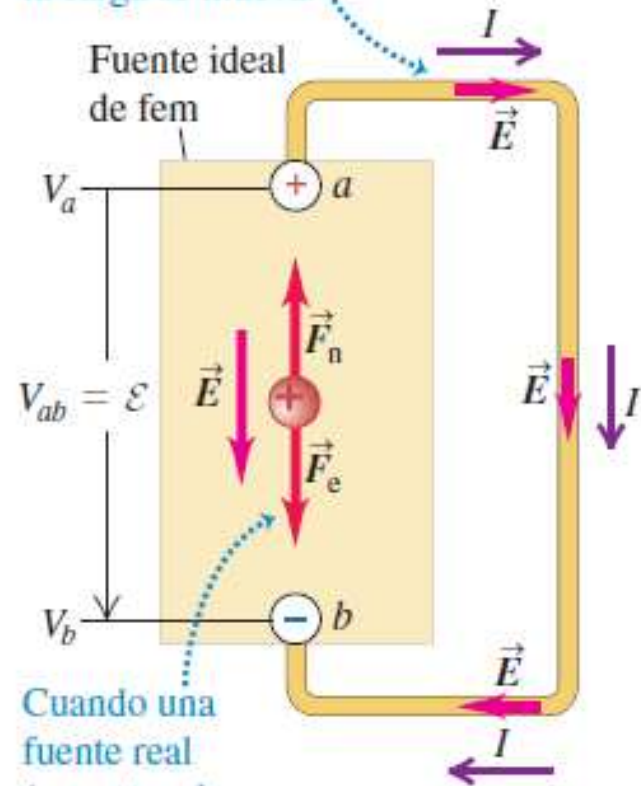
La diferencia de potencial entre las terminales  $a$  y  $b$  genera un campo eléctrico dentro del alambre; esto hace que la corriente fluya alrededor del circuito de  $a$  hacia  $b$ , del potencial más alto al más bajo.

La diferencia de potencial entre los extremos del alambre en la figura está dada por  $V_{ab} = IR$ .

$$\mathcal{E} = V_{ab} = IR$$

Cuando una carga positiva  $q$  fluye alrededor del circuito, el aumento de potencial  $\mathcal{E}$  conforme pasa a través de la fuente ideal, es numéricamente igual a la caída de potencial  $V_{ab} = IR$  conforme pasa por el resto del circuito.

El potencial a través de las terminales crea un campo eléctrico en el circuito, lo que hace que la carga se mueva.



Cuando una fuente real (opuesta a la ideal) de fem se conecta a un circuito, disminuye,  $V_{ab}$  y por lo tanto  $F_e$  de modo que  $F_n > F_e$  y  $\vec{F}_n$  realiza trabajo sobre las cargas.



# RESISTENCIA INTERNA

Las fuentes reales de fem en un circuito no se comportan exactamente del modo descrito; **la diferencia de potencial a través de una fuente real en un circuito no es igual a la fem.**

La razón es que la carga en movimiento a través del material de cualquier fuente real encuentra una *resistencia*: la **resistencia interna de la fuente ( $r$ )**.

*Si esta resistencia se comporta de acuerdo con la ley de Ohm,  $r$  es constante e independiente de la corriente  $I$ .*

*Conforme la corriente avanza a través de  $r$ , experimenta una caída de potencial asociada que es igual a  $Ir$ .*

*Cuando una corriente fluye a través de una fuente de la terminal negativa  $b$  a la terminal positiva  $a$ , la diferencia de potencial  $V_{ab}$  entre las terminales es:*

$$V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$$

El **potencial  $V_{ab}$** , llamado **voltaje terminal**, es menor que la fem ya que el término  $Ir$  representa la caída de potencial a través de la resistencia interna  $r$ .

Una batería de 1,5 V tiene una fem de 1,5 V, pero el voltaje terminal  $V_{ab}$  de la batería es igual a 1,5 V únicamente si no hay corriente que fluya a través de ella.

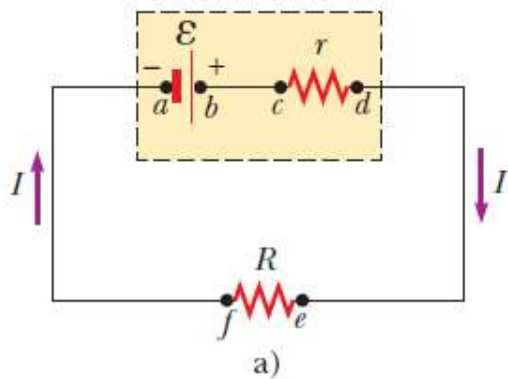
*Si la batería forma parte de un circuito completo a través del cual fluye corriente, el voltaje terminal será menor de 1,5 V.*

Como:  $V_{ab} = \mathcal{E} - Ir$  y además  $V_{ab} = IR$  se tiene que:

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R + r}$$

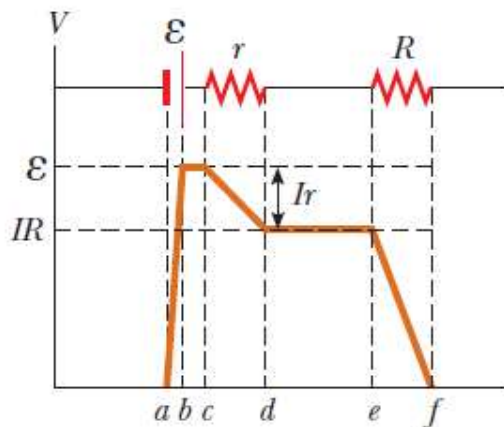


# FUERZA ELECTROMOTRIZ



a) Diagrama de un circuito de una fuente de fem  $\varepsilon$  (en este caso, una batería), de resistencia interna  $r$ , conectada a un resistor externo, de resistencia  $R$ .

b) Gráfica variación del potencial eléctrico a lo largo del circuito en a) en sentido de las manecillas del reloj.



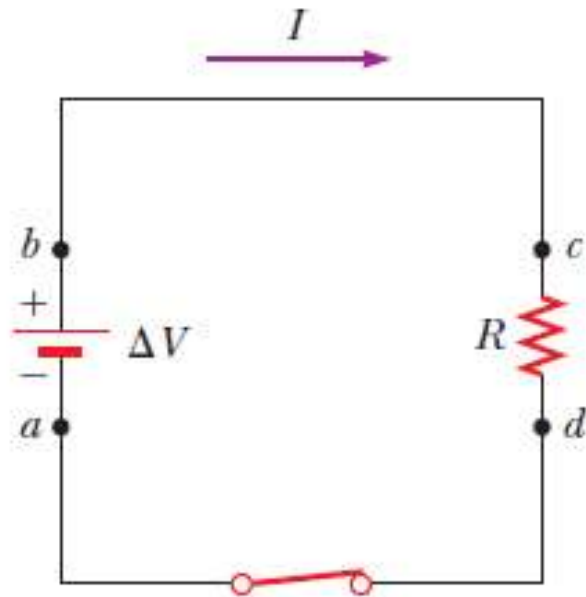
El voltaje entre las terminales de la batería  $\Delta V$  vale:  **$\Delta V = \varepsilon - Ir$**

$$\varepsilon = Ir + IR \quad I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

**IMPORTANTE: La batería no suministra electrones.**

Una batería no suministra electrones al circuito, sino que establece el campo eléctrico que ejerce una fuerza sobre los electrones existentes en los alambres y en los elementos del circuito.

# POTENCIA ELÉCTRICA



Circuito constituido por un resistor de resistencia  $R$  y una batería con una diferencia de potencial  $\Delta V$  entre sus terminales.

La carga positiva fluye en dirección de las manecillas del reloj.

Cuando una carga se mueve de  $a$  a  $b$  a través de la batería, la **energía potencial eléctrica del sistema  $U$  aumenta** en  $Q \cdot \Delta V$  (a expensas de la energía potencial química de la batería que se reduce en la misma cantidad).

La rapidez a la cual el sistema pierde energía potencial eléctrica conforme la carga  $Q$  pasa a través del resistor:

$$\frac{dU}{dt} = \frac{d(Q \cdot \Delta V)}{dt} = \frac{dQ}{dt} \cdot \Delta V = I \cdot \Delta V$$

$I$  es la corriente en el circuito.

El sistema recupera su energía potencial cuando la carga pasa a través de la batería, a expensas de la energía química de la misma.

La potencia  $\mathcal{P}$ , que representa la rapidez a la cual se entrega energía al resistor, es

$$\mathcal{P} = I \cdot \Delta V$$



# POTENCIA ELÉCTRICA

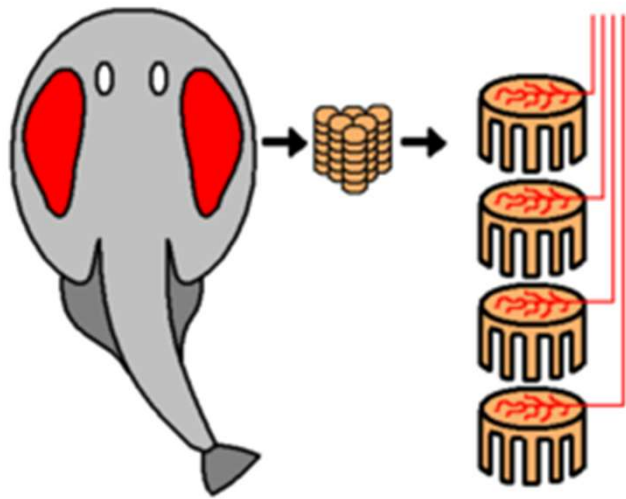
**Potencia entregada** por una fuente de voltaje a *cualquier dispositivo que tenga una corriente  $I$  y esté sujeto a una diferencia de potencial  $\Delta V$  entre sus terminales.*

$$\mathcal{P} = I \cdot \Delta V = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

Unidad SI de potencia es el **watt (W)**

El proceso mediante el que se pierde potencia en forma de energía interna en un conductor de resistencia  $R$ , a menudo se llama **calentamiento Joule**; esta transformación también es conocida como una **pérdida  $I^2 R$** .

# PECES ELÉCTRICOS



Los peces eléctricos han desarrollado órganos capaces de producir un campo eléctrico, a través de células especializadas denominados **electrocitos**. Los electrocitos son células en forma de discos que están dispuestas en una secuencia de manera similar a una batería eléctrica. Pueden tener miles de esas células, produciendo cada una alrededor de 150 mV. Las células funcionan por bombeo positivo de iones sodio y potasio fuera de la célula

Las mantarrayas eléctricas dan electrochoques para aturdir a sus presas y ahuyentar a sus predadores.

Miles de electrocitos se apilan una sobre otra, de modo que sus fems se suman para producir un total de hasta 200 V.

Estas pilas forman más de la mitad de la masa corporal de las mantarrayas eléctricas.

Una mantarraya puede usar esto para generar una corriente impresionante de hasta 30 A por unos cuantos milisegundos.





## EJEMPLO: Ejercicio 2.1.10 a)

**2.1.10- a) Anguilas eléctricas.** Las anguilas eléctricas generan pulsos eléctricos, a lo largo de su piel, que usan para aturdir un enemigo cuando entran en contacto con él. Las pruebas han demostrado que tales pulsos pueden ser hasta de 500 V y producir corrientes de 80 mA (o incluso mayores). Un pulso normal dura 10 ms. ¿Qué potencia y cuánta energía se transmite al infortunado enemigo en un solo pulso, suponiendo una corriente constante?

$$P = I \cdot \Delta V = (80 \times 10^{-3} \text{ A}) \times (500 \text{ V}) = 40 \text{ W}$$

$$U = P \cdot \Delta t = (40 \text{ W}) \times (10 \times 10^{-3} \text{ s}) = 0,40 \text{ J}$$

$$P = 40 \text{ W}$$

$$U = 0,40 \text{ J} = 400 \text{ mJ}$$



## EJEMPLO: Ejercicio 2.1.8

Un calefactor eléctrico está alimentado con una tensión de 220 V y consume una corriente de 10 A.

Calcular la potencia y la energía consumidas si está funcionando durante 5,0 horas.

$$P = I \cdot \Delta V = I^2 R = \frac{\Delta V^2}{R}$$

$$P = I \cdot \Delta V = (10 \text{ A}) \times (220 \text{ V}) = 2.200 \text{ W}$$

$$U = P \cdot \Delta t = (2.200 \text{ W}) \times (5,0 \times 3600 \text{ s}) = 39.600.000 \text{ J}$$

$$P = 2,2 \times 10^3 \text{ W} = 2,2 \text{ KW}$$

$$U = 4.0 \times 10^7 \text{ J} = 11 \text{ KWH}$$





## EJEMPLO: Ejercicio 2.1.9

Considere un conductor de sección  $2,00 \text{ mm}^2$  y longitud  $5,00 \text{ cm}$ , hecho de un material desconocido. Al conectar los extremos de dicho conductor a una batería ideal de  $5,00 \text{ mV}$ , se observa que el conductor disipa una potencia de  $40,0 \text{ mW}$ . ¿Cuánto vale la resistividad del material de dicho conductor?

**Datos:**  $L = 5,00 \text{ cm} = 5,00 \times 10^{-2} \text{ m}$ ;  $A = 2,00 \text{ mm}^2 = 2,00 \times 10^{-6} \text{ m}^2$ ;

$\Delta V = 5,00 \text{ mV} = 5,00 \times 10^{-3} \text{ V}$ ;  $P = 40,0 \text{ mW} = 4,00 \times 10^{-2} \text{ W}$

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

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

$$P = \frac{(\Delta V)^2}{R}$$

$$R = \frac{(\Delta V)^2}{P}$$

$$R = \frac{(\Delta V)^2}{P} = \frac{(5,00 \times 10^{-3})^2}{4,00 \times 10^{-2}} = 6,25 \times 10^{-4} \Omega$$

$$\rho = \frac{R.A}{L} = \frac{(6,25 \times 10^{-4}).(2,00 \times 10^{-6})}{5,00 \times 10^{-2}} = 2,50 \times 10^{-8} \Omega.m$$

$$\rho = 2,50 \times 10^{-8} \Omega.m$$

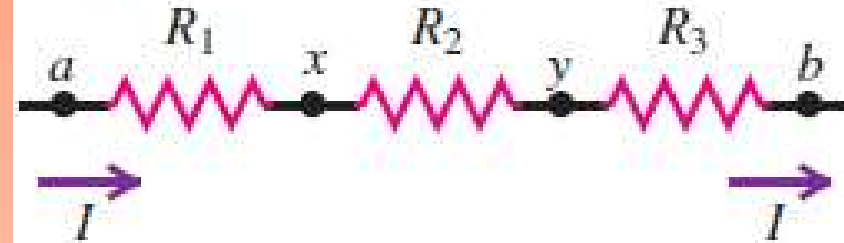
# RESISTORES EN SERIE Y EN PARALELO

Es frecuente que los circuitos tengan varios resistores, lo que constituye *combinaciones de resistores*.

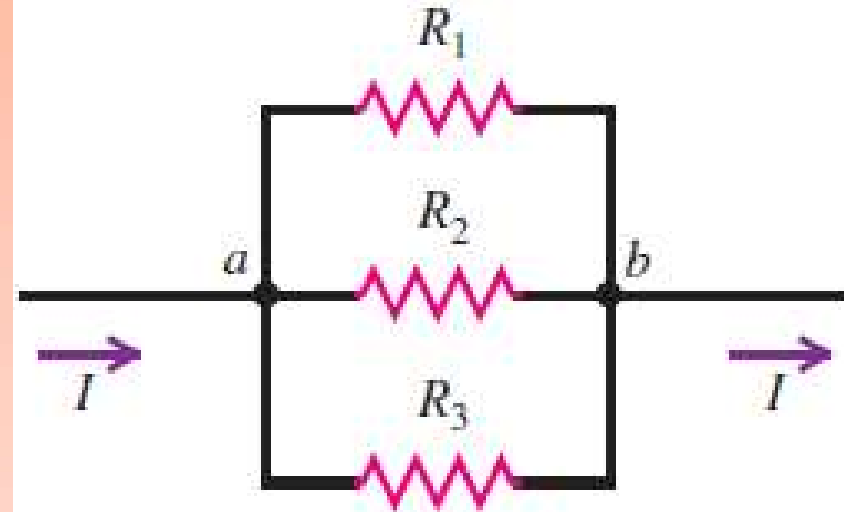
Cuando se conectan en secuencia varios elementos de circuito, como resistores, baterías y motores, como en la **figura a**, con una sola trayectoria de corriente entre los puntos, se dice que están conectados en **serie**.

Se dice que los resistores de la **figura b** están conectados en **paralelo entre los puntos a y b**. Cada resistor ofrece una trayectoria alternativa entre los puntos. Para los elementos de circuito conectados en paralelo, la *diferencia de potencial es la misma* a través de cada elemento.

a)  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  en serie



b)  $R_1$ ,  $R_2$  y  $R_3$  en paralelo





# RESISTORES EN SERIE Y EN PARALELO

Para cualquier combinación de resistores, **es posible encontrar un resistor único que podría reemplazar la combinación y dar como resultado la misma corriente y diferencia de potencial totales.**

Por ejemplo, una serie de lamparitas navideñas podría reemplazarse por una sola bombilla, elegida de manera adecuada, que tome la misma corriente y tenga la misma diferencia de potencial entre sus terminales que la serie original.

La resistencia de este resistor único se llama **resistencia equivalente**  $R_{eq}$  de la combinación.

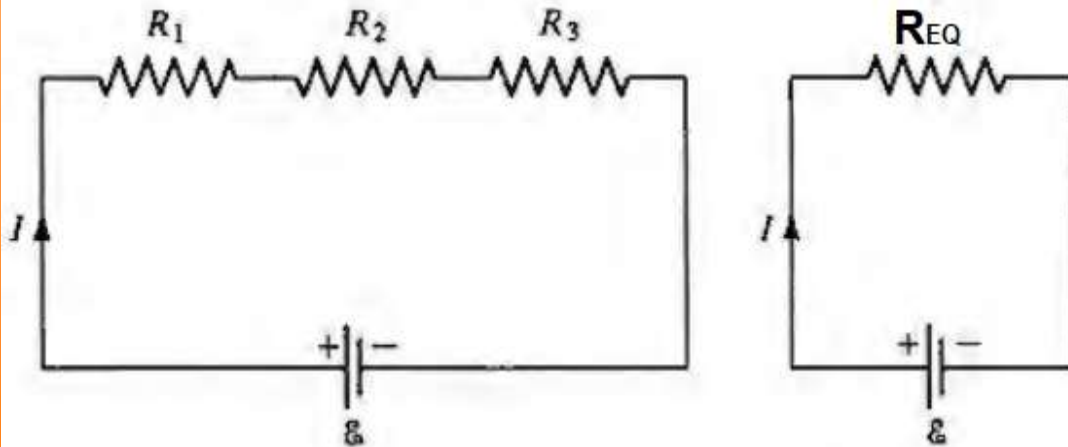
Si se reemplazara cualquiera de las redes de la figura anterior por su resistencia equivalente  $R_{eq}$ , se podría escribir :  $V_{ab} = R_{eq} \cdot I$  ó  $R_{eq} = V_{ab} / I$

donde  $V_{ab}$  es la diferencia de potencial entre las terminales a y b de la red, e  $I$  es la corriente en el punto a o b.

**Para calcular una resistencia equivalente, se supone una diferencia de potencial  $V_{ab}$  a través de la red real, se calcula la corriente  $I$  correspondiente y se obtiene la razón  $V_{ab}/I$ .**



# RESISTORES EN SERIE



La corriente  $I$  es la misma en todos los resistores.

La fem que entrega la batería es igual a la suma de las caídas de potencial en c/u de los resistores:  
 $\mathcal{E} = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3)$

$$I = \frac{\mathcal{E}}{R_1 + R_2 + R_3}$$

Una sola *resistencia equivalente*  $R_{EQ}$ , conectada a la batería producirá la misma corriente si  $I = \mathcal{E}/R_{EQ}$ :

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + R_3$$

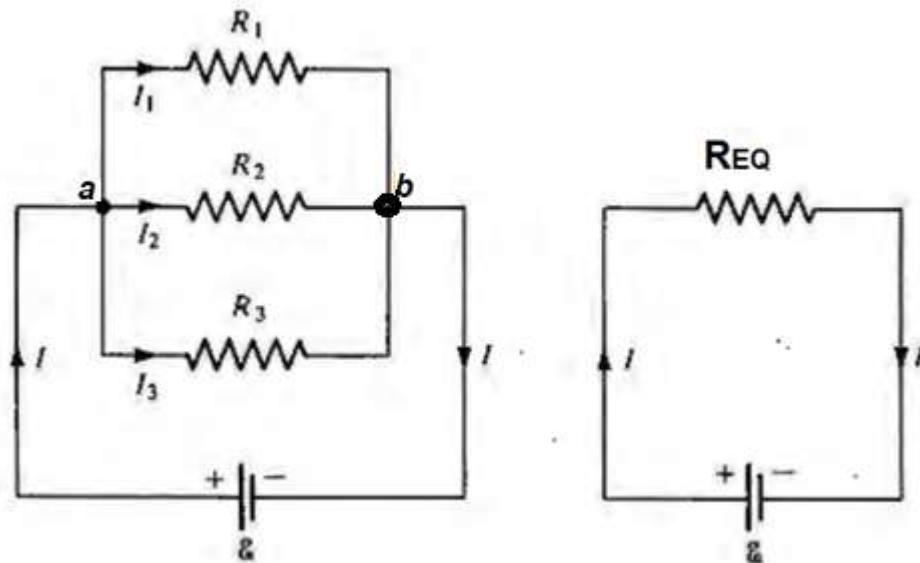
Se puede generalizar para más resistores:

$$R_{EQ} = R_1 + R_2 + R_3 \dots = \sum_{i=1}^n R_i$$

**La resistencia equivalente de cualquier número de resistores en serie es igual a la suma de sus resistencias individuales.**



# RESISTORES EN PARALELO



La diferencia de potencial entre las terminales de cada resistor debe ser la misma e igual a  $V_{ab}$ :

$$I_1 = \frac{V_{ab}}{R_1} \quad I_2 = \frac{V_{ab}}{R_2} \quad I_3 = \frac{V_{ab}}{R_3}$$

La corriente total que sale de la batería se divide en 3 corrientes que pasan por c/u de los resistores de modo que:

$$I = I_1 + I_2 + I_3$$

$$I = I_1 + I_2 + I_3 = V_{ab} \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right)$$

$$\frac{I}{V_{ab}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \quad \frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

**Para cualquier número de resistores en paralelo, el recíproco de la resistencia equivalente es igual a la suma de los recíprocos de sus resistencias individuales.**

$$\frac{1}{R_{EQ}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots$$

Para el caso especial de *dos resistores en paralelo*

$$R_{EQ} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$