

Examen Parcial

Apellidos y Nombres: _____ Teoría: _____

Indicaciones

- La duración del examen es de 100 minutos.
- Se permite el uso personal de calculadoras.
- No se permite el uso de celulares, relojes o cualquier otro dispositivo de comunicación.
- No se permite el uso de copias, apuntes, libros u hojas propias.
- De usar una fórmula que no se encuentre en el formulario debe demostrarla.
- **No se considerarán soluciones sin justificación o procedimiento.**

Pregunta 1 (5,5 puntos)

a) (2,5 puntos) Cuando una persona está cerca de una tormenta eléctrica, justo antes que caiga un rayo, su cabello comienza a erizarse. Explique detalladamente por qué ocurre este fenómeno, teniendo en cuenta el comportamiento de las cargas eléctricas en el entorno de la tormenta y en el cuerpo de la persona. Además, describa qué medidas tomar para protegerse en esta situación.

Durante una tormenta eléctrica, las nubes se cargan eléctricamente, lo que genera un campo eléctrico intenso en el ambiente. Este campo induce una separación de cargas en el suelo y en los objetos cercanos, incluyendo los cabellos de la persona. Las cargas de signo opuesto a las de las nubes se acumulan en los cabellos de las personas al fenómeno de inducción. Como las cargas son del mismo signo, hacen que los cabellos se separen entre sí y se ericen.

Para protegerse, la persona debería alejarse de áreas abiertas y evitar estar cerca de objetos altos o metálicos, como postes o árboles, pues actúan como conductores. Esto se debe a que el campo eléctrico es más intenso en las puntas o zonas elevadas.

También, podría buscar refugio en un edificio cerrado o en un vehículo, pues proporcionan protección de manera similar a una jaula de Faraday (la carga solo se distribuye en la superficie y el campo eléctrico dentro es nulo).

También, podría agacharse con los pies juntos y mantenerse lo más bajo posible, minimizando el contacto con el suelo para reducir el riesgo de que la corriente del rayo pase a través de su cuerpo. Así, disminuye la diferencia de potencial entre sus pies y que la corriente fluya a través de su cuerpo.

b) (3 puntos) En las figuras 1 y 2, se muestra a tres personas entre dos láminas conductoras conectadas a una fuente de voltaje en dos situaciones distintas.

- En la figura 1, se muestran tres personas (A, B y C) tomadas de la mano. La persona B está de pie sobre un bloque de madera, mientras que A y C están descalzos sobre el piso. La

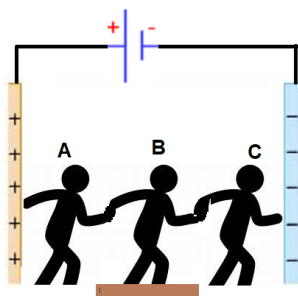


Figura 1

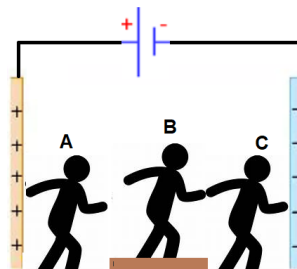


Figura 2

persona A está en contacto con la lámina positiva y la persona C con la negativa. Explicar y analizar la situación de peligro de cada una de ellas.

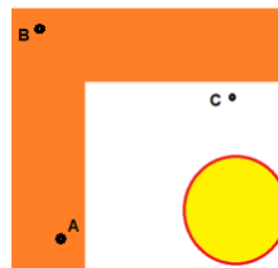
- En la figura 2, las personas A y B se sueltan las manos. La persona A sigue agarrando la lámina positiva y la persona C sigue en contacto con la negativa. Explicar y analizar la situación de peligro de cada una de ellas en este nuevo escenario

- En la figura 1, las tres personas, al estar conectadas físicamente y, al estar en contacto con las láminas conductoras, son susceptibles a que la electricidad pueda fluir entre sus cuerpos. Las personas A y C, al estar descalzas, están en mayor peligro por estar en contacto directo a tierra, lo que permite que la corriente fluya con mayor facilidad a través de sus cuerpos. La persona B, que está sobre el bloque de madera, está relativamente más segura ya que la madera actúa como un aislante.
- En la figura 2, B sigue estando relativamente protegido por el bloque de madera; pero, ahora, A y C siguen en contacto con las láminas conductoras y descalzos. El riesgo de descarga eléctrica sigue presente, ya que sus cuerpos podrían seguir siendo un camino para que la corriente eléctrica se dirija hacia tierra.

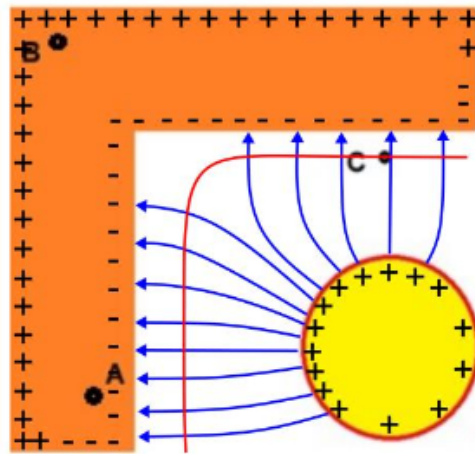
Pregunta 2 (3 puntos)

La figura muestra una lámina conductora neutra (en forma de L) y un disco conductor con carga $+Q$.

- (1 punto) Represente la distribución de cargas eléctricas en el disco y la lámina conductora.
- (1,5 puntos) Dibuje las líneas de campo eléctrico en la región comprendida entre la lámina y el disco. Además, dibuje una línea equipotencial que pase por el punto C.
- (0,5 puntos) ¿Cuál es la relación entre los potenciales eléctricos entre los puntos A y B?



a)
b)

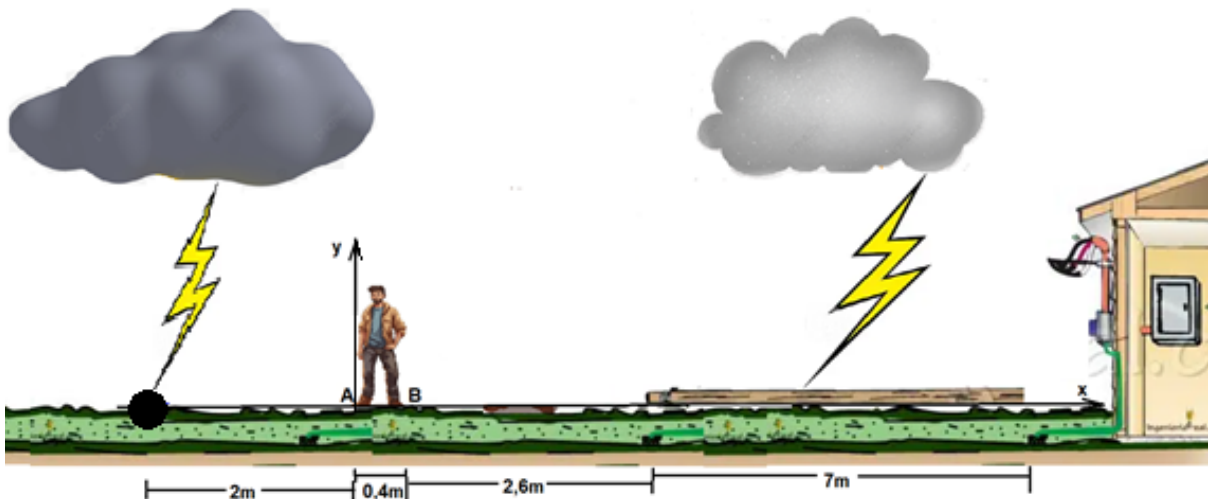


Notas:

- Las cargas deben estar ubicadas en las superficies, porque los objetos son conductores.
- El campo eléctrico debe ser perpendicular a las superficies, así como a la línea equipotencial.
- Las líneas de campo eléctrico no pueden estar dentro de un conductor ni pueden cruzarse entre sí.

c) Como es un conductor, $V_A = V_B$

Pregunta 3 (6 puntos)



En una madrugada con clima tormentoso, una persona se encuentra caminando por una pradera. En un momento dado, se encuentra entre una lámpara metálica de forma esférica y un poste caído en el suelo que contiene una varilla conductora en su interior.

De repente, ocurren dos descargas eléctricas: la lámpara se carga positivamente y el poste se carga negativamente. Se pide considerar lo siguiente:

- La lámpara se comporta como una esfera conductora cuyo centro está al nivel del suelo, con un radio de 0,6 m y presenta una densidad volumétrica de carga uniforme $\rho = 0,7618 \times 10^{-9} \text{ C/m}^3$.
- El poste actúa como un alambre conductor recto de 7 m de largo y recibió $0,6 \times 10^{10}$ electrones durante la descarga.

- La resistencia eléctrica de la persona es 2000Ω , mientras que la resistencia de cada zapatilla es 500Ω . Sus pies se encuentran separados $0,4 \text{ m}$ uno del otro.

a) (0.5 puntos) Demuestre que la lámpara tiene una deficiencia de $4,31 \times 10^9$ electrones.

$$Q = \rho V = \rho \left(\frac{4}{3} \pi r^3 \right)$$

$$Q = (0,7618 \times 10^{-9}) \left(\frac{4}{3} \pi (0,6)^3 \right)$$

$$Q = 6,893 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$n = \frac{Q}{|e|}$$

$$n = \frac{6,893 \times 10^{-10}}{1,6 \times 10^{-19}}$$

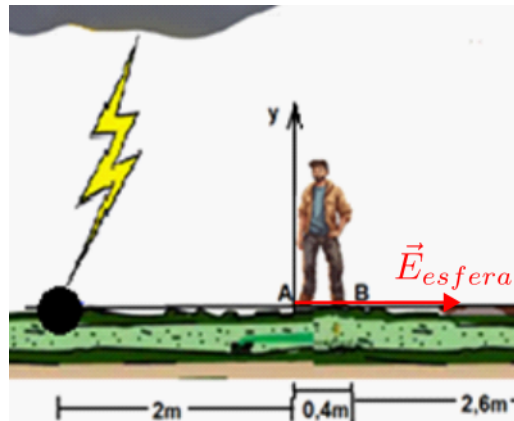
$$n = 4,31 \times 10^9$$

b) (2 puntos) Hallar el campo eléctrico total sobre el punto A.

El campo eléctrico en A se calcula como la resultante de los campos generados por la esfera y el poste:

$$\vec{E}_A = \vec{E}_{esfera} + \vec{E}_{poste}$$

Por la *esfera*:



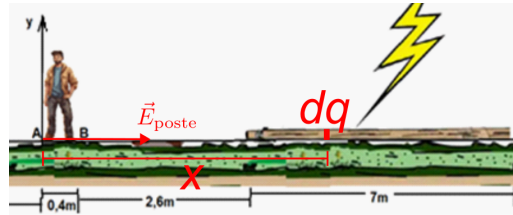
$$E_{esfera} = k \frac{Q}{r^2}$$

$$E_{esfera} = 9 \times 10^9 \cdot \frac{6,893 \times 10^{-10}}{2^2}$$

$$E_{esfera} = 1,551 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_{esfera} = 1,551 \hat{i} \text{ N/C}$$

Por el *poste*:



$$|Q|_{\text{poste}} = n |e|$$

$$|Q|_{\text{poste}} = (0,6 \times 10^{10})(1,6 \times 10^{-19})$$

$$|Q|_{\text{poste}} = 9,6 \times 10^{-10} \text{ C}$$

Dado que el poste adquirió electrones, su carga es negativa:

$$Q_{\text{poste}} = -9,6 \times 10^{-10} \text{ C}$$

$$\lambda_{\text{poste}} = \frac{Q}{L} = \frac{-9,6 \times 10^{-10}}{7}$$

$$\lambda_{\text{poste}} = -1,37 \times 10^{-10} \text{ C/m}$$

$$\begin{cases} E_{\text{poste}} &= \int k \frac{dq}{r^2} \\ dq &= \lambda dx \end{cases}$$

$$E_{\text{poste}} = \int_3^{10} k \frac{|\lambda| dx}{x^2} = k |\lambda| \int_3^{10} \frac{dx}{x^2}$$

$$E_{\text{poste}} = 0,2877 \text{ N/C}$$

$$\vec{E}_{\text{poste}} = 0,2877 \hat{i} \text{ N/C}$$

Calculamos el campo eléctrico resultante:

$$\vec{E}_A = 1,551 \hat{i} + 0,2877 \hat{i}$$

$$\vec{E}_A = 1,834 \hat{i} \text{ N/C}$$

c) (2 puntos) ¿Qué cantidad de corriente eléctrica atraviesa a la persona en este escenario?

La **corriente** se puede calcular como:

$$I = \frac{|V_A - V_B|}{R}$$

Calculamos el **potencial en el punto A**:

$$V_A = V_{\text{esfera}_A} + V_{\text{poste}_A}$$

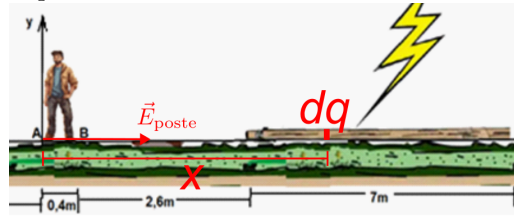
Potencial en **A** por la *esfera*:

$$V_{\text{esfera}_A} = k \frac{Q}{r}$$

$$V_{\text{esfera}_A} = (9 \times 10^9) \left(\frac{6,893 \times 10^{-10}}{2} \right)$$

$$V_{\text{esfera}_A} = 3,102 \text{ V}$$

Potencial en **A** por el *poste*:



$$\begin{cases} V_{poste_A} &= \int k \frac{dq}{r} \\ dq &= \lambda dx \end{cases}$$

$$V_{poste_A} = \int_3^{10} k \frac{\lambda dx}{x} = k\lambda \int_3^{10} \frac{dx}{x}$$

$$V_{poste_A} = (9 \times 10^9) \cdot (-1,37 \times 10^{-10}) \int_3^{10} \frac{dx}{x}$$

$$V_{poste_A} = -1,485 \text{ V}$$

Potencial neto en **A**,

$$V_A = 3,102 \text{ V} - 1,485 \text{ V} = 1,617 \text{ V}$$

Calculamos el **potencial en el punto B**:

$$V_B = V_{esfera_B} + V_{poste_B}$$

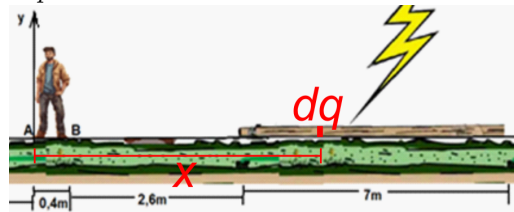
Potencial en **B** por la *esfera*:

$$V_{esfera_B} = k \frac{Q}{r}$$

$$V_{esfera_B} = (9 \times 10^9) \left(\frac{6,893 \times 10^{-10}}{2,4} \right)$$

$$V_{esfera_B} = 2,585 \text{ V}$$

Potencial en **B** por el *poste*:



$$\begin{cases} V_{poste_B} &= \int k \frac{dq}{r} \\ dq &= \lambda dx \end{cases}$$

$$V_{poste_B} = \int_3^{10} k \frac{\lambda dx}{x - 0,4} = k\lambda \int_3^{10} \frac{dx}{x - 0,4}$$

$$V_{poste_B} = (9 \times 10^9) \cdot (-1,37 \times 10^{-10}) \int_3^{10} \frac{dx}{x - 0,4}$$

$$V_{poste_B} = -1,61 \text{ V}$$

El potencial neto en **B**:

$$V_B = 2,585\text{V} - 1,61\text{ V} = 0,975\text{ V}$$

Como la corriente se mueve desde uno de los pies de la persona, pasa por su cuerpo y luego sale por el otro pie, la **resistencia de la persona** es de:

$$R = 500 + 2000 + 500 = 3000\ \Omega$$

Entonces,

$$I = \frac{|V_A - V_B|}{R}$$

$$I = \frac{1,617 - 0,975}{3000}$$

$$I = 2,14 \times 10^{-4}\text{ A}$$

d) (0.5 puntos) Si la lámpara hubiera recibido una descarga eléctrica de igual magnitud, pero con carga negativa, ¿sería más peligrosa para la persona? Justifique su respuesta sin necesidad de realizar cálculos.

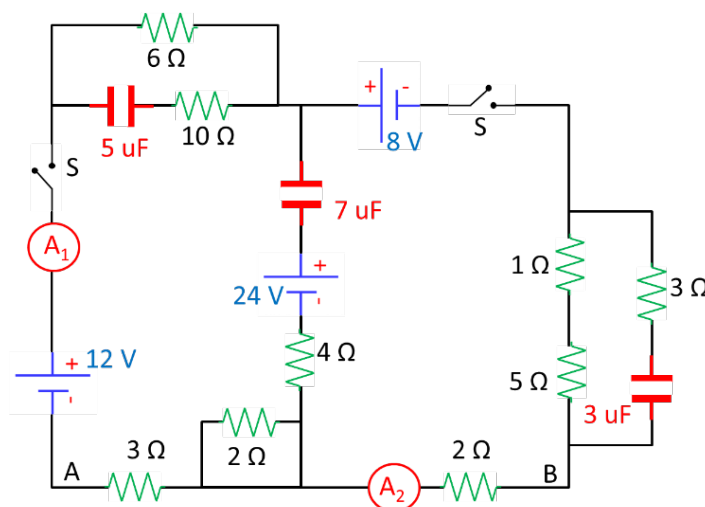
Sí, porque los potenciales del avión y esfera habrían sido ambos negativos y se sumarían tanto en A como en B. Entonces, los potenciales en cada punto tendrían más magnitud y generarían mayor ΔV , lo que causaría mayor corriente.

e) (1 punto) Mencione dos maneras en las que la persona podría salir de la región sin sufrir una descarga eléctrica.

- Dando pasos muy cortos para que la diferencia de potencial entre sus pies sea la menor posible.
- Dando saltos con los pies juntos para evitar con el contacto prologando con el suelo y evitar la diferencia de potencial.

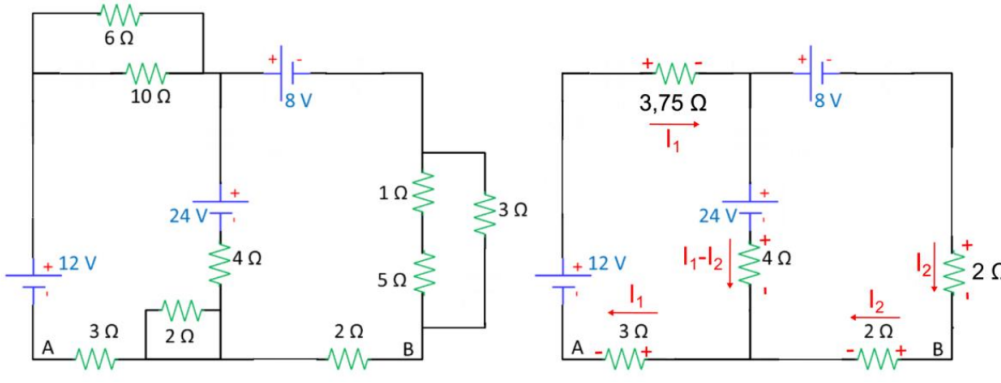
Pregunta 4 (7 puntos)

En el circuito mostrado, los capacitores están inicialmente descargados. Los instrumentos son ideales.



En el instante que se cierran los interruptores (S), determinar:

a) (3 puntos) La lectura del amperímetro A_1 .



$$\begin{cases} 12 - 3,75I_2 - 24 - 4(I_1 - I_2) - 3I_1 = 0 \\ -8 - 2I_2 - 2I_2 + 4(I_1 - I_2) + 24 = 0 \end{cases}$$

$$I_1 = -0,457 \text{ A}$$

$$I_2 = 1,771 \text{ A}$$

La lectura del amperímetro es de 0,457 A.

b) (1 punto) La diferencia de potencial $V_A - V_B$.

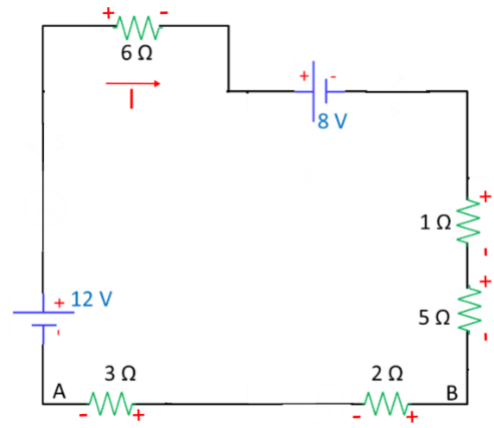
$$V_A + 3I_1 + 2I_2 = V_B$$

$$V_A + 3 \cdot (-0,457) + 2 \cdot (1,771) = V_B$$

$$V_A - V_B = -2,17 \text{ V}$$

Mucho tiempo después de permanecer cerrados los interruptores (S), determinar:

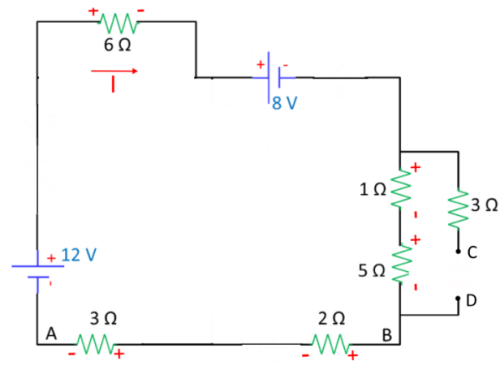
c) (1 punto) La lectura del amperímetro A_2 .



$$12 - 6I - 8 - 1I - 5I - 2I - 3I = 0$$

$$I = -0,235 \text{ A}$$

d) (1 punto) La carga en el capacitor de $3 \mu\text{F}$.



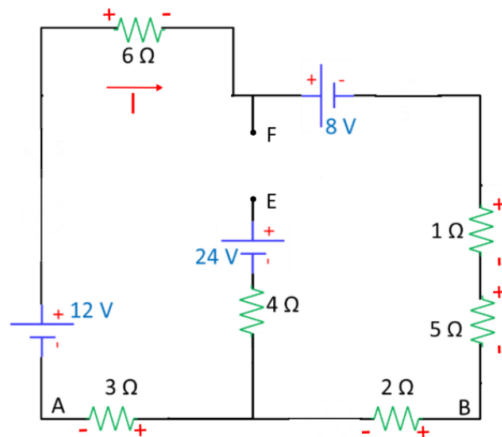
$$V_D + 5I + 1I - 3(0) = V_C$$

$$|V_{CD}| = 1,41 \text{ V}$$

$$Q = V_{CD} \cdot C = 1,41 \cdot (3)$$

$$Q = 4,23 \mu\text{C}$$

e) (1 punto) El voltaje en el capacitor de $7 \mu\text{F}$.



$$V_E - 24 - 4(0) - 3I + 12 - 6I = V_F$$

$$|V_{EF}| = 14,12 \text{ V}$$

Formulario

Constantes:

$$\epsilon_0 = 8,85 \times 10^{-12} \text{ C}^2/(\text{Nm}^2)$$

$$K = 9 \times 10^9 \text{ Nm}^2/\text{C}^2$$

$$q_e = -1,6 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$g = 9,8 \text{ m/s}^2$$

Para cargas puntuales:

$$\vec{F}_e = \frac{K |q_1 q_2|}{d^2} \hat{u}$$

$$\vec{E}_p = \frac{K |q|}{d^2} \hat{u}$$

$$V_p = \frac{Kq}{d}$$

$$\vec{F}_e = q\vec{E}_p$$

$$W_{F_e, A \rightarrow B} = q(V_A - V_B)$$

Densidad de carga:

$$\lambda = \frac{dq}{dL} \quad \rho = \frac{dq}{dV}$$

Para carga uniforme:

$$\lambda = \frac{q}{L} \quad \lambda = \frac{q}{V}$$

Leyes de Kirchhoff:

En un nodo:

$$\sum I_{\text{entrantes}} = \sum I_{\text{salientes}}$$

En una malla:

$$\sum V = 0$$

Longitud de arco:

$$L = \theta R$$

Área de sector circular:

$$S = \frac{\theta R^2}{2}$$

Relación entre campo y potencial:

$$V_B - V_A = - \int_A^B \vec{E} \cdot d\vec{r}$$

En un campo uniforme:

$$E = \frac{\Delta V}{d}$$

Capacitancia:

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

Energía almacenada:

$$U = \frac{QV}{2}$$

Capacitor de placas paralelas:

$$C = \frac{\epsilon_0 A}{d} \text{ (vacío)}$$

$$C = \frac{K_d \epsilon_0 A}{d} \text{ (dieléctrico)}$$

Suma de resistencias en serie:

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

$$I_{eq} = I_1 = I_2 = I_3$$

Suma de resistencias en paralelo:

$$1/R_{eq} = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$V_{eq} = V_1 = V_2 = V_3$$

Capacitores en serie:

$$\frac{1}{C_{eq}} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

$$V_{eq} = V_1 + V_2$$

$$Q_{eq} = Q_1 = Q_2$$

Capacitores en paralelo:

$$C_{eq} = C_1 + C_2$$

$$V_{eq} = V_1 = V_2$$

$$Q_{eq} = Q_1 + Q_2$$

Ley de Ohm:

$$V_R = IR$$

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

Potencia en una resistencia:

$$P = IV_R = I^2 R = \frac{V_R^2}{R}$$

Amperímetro ideal:

$$R = 0$$

Voltímetro ideal:

$$R = \infty$$