

CORRIENTE CONTINUA (I) CONCEPTOS BÁSICOS

**IES La Magdalena.
Avilés. Asturias**

Denominamos corriente eléctrica a un flujo de cargas eléctricas entre dos puntos conectados físicamente mediante una sustancia conductora.

Para que exista ese flujo de cargas es necesario que exista una diferencia de potencial entre ambos puntos (ver símil)

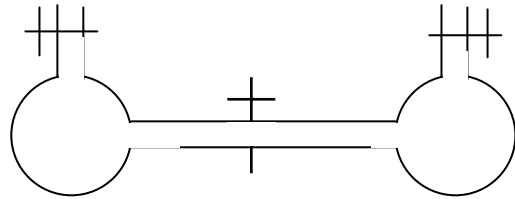
Para mantener la corriente es necesario que se mantenga la diferencia de potencial (gastando una cantidad equivalente de otro tipo de energía). Esto se consigue acumulando cargas negativas en uno de los puntos (punto a potencial negativo o polo negativo) y cargas positivas en el otro (punto a potencial positivo o polo positivo). Esto es lo que hacen las **pilas o generadores**.

En el caso de la corriente continua las cargas circulan siempre en el mismo sentido.

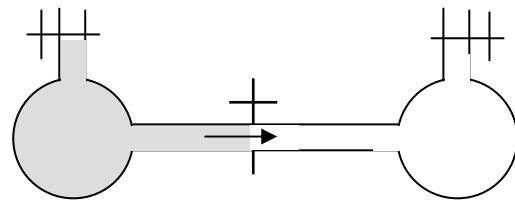
En los circuitos eléctricos las cargas que circulan son los electrones (cargas negativas) que salen del polo negativo y circulan hacia el positivo (sentido real)

Cuando se empezó a investigar la corriente eléctrica se suponía que las cargas que circulaban eran cargas positivas e irían, en consecuencia, del polo positivo al negativo. Aún hoy se sigue considerando que la corriente circula de esta manera (sentido convencional)

Símil de la corriente eléctrica



Los recipientes con aire a la misma presión y conectados por un tubo. El aire no pasa de uno a otro aunque esté abierta la llave que los comunica

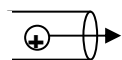


Si mediante una bomba se inyecta aire en uno de ellos (para lo cual hay que gastar energía que queda almacenada como energía potencial en el aire comprimido), al abrir la llave aparece una corriente de aire en el tubo de conexión (la energía potencia se transforma en cinética)

La diferencia de presión en ambos depósitos hace posible una corriente de aire en el tubo.

Se denomina **intensidad de corriente (I)** a la carga que atraviesa la sección de un conductor en la unidad de tiempo. La intensidad de corriente es una magnitud fundamental del S.I. y su unidad es el amperio (A)

$$I = \frac{q}{t}$$



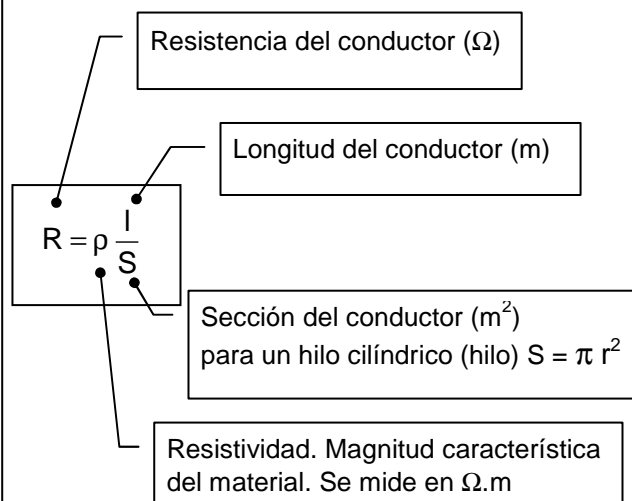
Si por un conductor circula una corriente de 1 A significa que a través de una sección cualquiera del conductor pasa una carga de 1 C por segundo.

Para que circule 1 C por segundo en un conductor es necesario que pasen a través de la sección considerada $6,3 \cdot 10^{18}$ electrones (más de seis trillones de electrones) por segundo.

La materia al ser atravesada por la corriente eléctrica opone una resistencia a su paso (incluso los conductores).

La **resistencia (R)** que opone un material al ser atravesado por una corriente eléctrica se mide en ohmios (Ω)

Si consideramos un hilo conductor, su resistencia puede calcularse a partir de la siguiente ecuación:



La resistividad varía con la temperatura según:
 $\rho = \rho_0 (1 + \alpha t)$

Donde:
 ρ_0 : resistividad a $0^\circ C$.
 α : constante característica.
 t : temperatura en $^\circ C$.

Ley de Ohm

La Ley de Ohm (1827) relaciona las tres magnitudes básicas de la corriente eléctrica:

- Intensidad de corriente (I)
- Voltaje o diferencia de potencial (V)
- Resistencia eléctrica (R)

“La intensidad de corriente que circula entre dos puntos de un conductor es directamente proporcional a la diferencia de potencial entre esos puntos e inversamente proporcional a la resistencia existente entre ellos.”

$$I = \frac{V}{R}$$

Rigurosamente la Ley de Ohm solamente la cumplen algunos conductores (por ejemplo los metales, denominados por esta razón “conductores ohmicos”).



G.S. Ohm.
Erlangen (Alemania)
1789-1854

Corriente eléctrica y energía

Los circuitos eléctricos son un perfecto ejemplo del Principio de Conservación de la Energía, ya que en ellos se produce una transformación de la energía de las cargas eléctricas que circulan (energía eléctrica) en otros tipos de energía:

- Energía luminosa (lámparas)
- Energía calorífica (resistencias)
- Energía mecánica (motores)

La energía inicial que tienen las cargas debe ser suministrada por el generador o pila, para lo cual deberá transformar en eléctrica una cantidad equivalente de otro tipo de energía.

Uno de los efectos más característicos de la corriente eléctrica consiste en que al atravesar un material parte de la energía eléctrica se convierte en calor. Este efecto de calentamiento de las sustancias al ser atravesadas por una corriente eléctrica recibe el nombre de **efecto Joule**.

En el circuito de la figura supongamos que entre los puntos **A** y **D** existe una diferencia de potencial de 1 V, y que las líneas representan conductores con resistencia nula.

Pensemos, para mayor simplicidad, que el potencial de **A** es 1 V y el de **D** 0 V. Esto significa que una carga de 1 C sale de A con 1 J de energía y llega a B con 0 J (la energía de una carga se obtiene multiplicando el potencial por el valor de la carga). La carga, por tanto, recorre el circuito cediendo la diferencia de energía que hay entre A y B.

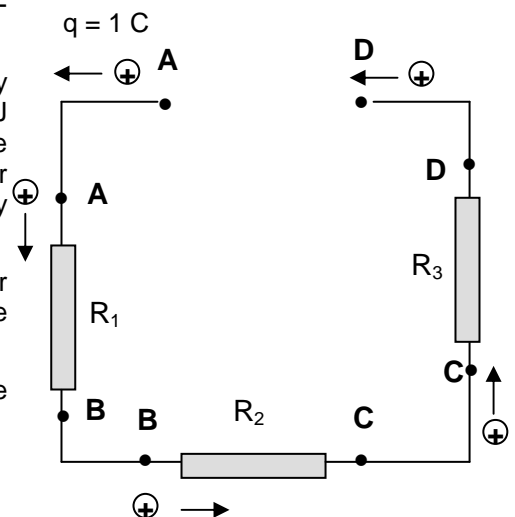
Cuando la carga circula entre dos puntos unidos por un conductor sin resistencia no pierde energía, razón por la cual se dice que ambos puntos están al mismo potencial.

Si la carga atraviesa una resistencia, parte de su energía se transformará en calor:

$$\left. \begin{aligned} E_A &= q V_A \\ E_B &= q V_B \end{aligned} \right\} Q = (E_A - E_B) = q V_A - q V_B = q (V_A - V_B)$$

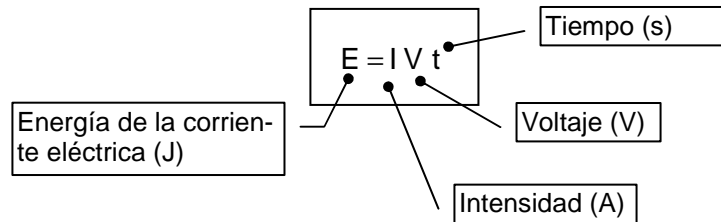
La energía de la carga será menor después de atravesar la resistencia que antes. O lo que es lo mismo, el potencial en **B** es inferior al potencial en **A**. De ahí que se diga que se produce una *caída de potencial* en la resistencia.

La pérdida de energía “se reparte” entre las resistencias de tal manera que al final (punto D) se pierda 1 J



$V_A - V_D = 1,0 \text{ V}$	$E_A = 1,0 \text{ J}$
$V_A - V_B = 0,2 \text{ V}$	$E_B = 0,8 \text{ J}$
$V_B - V_C = 0,3 \text{ V}$	$E_C = 0,5 \text{ J}$
$V_C - V_D = 0,5 \text{ V}$	$E_D = 0,0 \text{ J}$

Según lo dicho más arriba es fácil deducir que **la cantidad de energía que circula por el circuito será tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de potencial entre sus polos, la intensidad de corriente y el tiempo que consideremos:**



Teniendo en cuenta la Ley de Ohm podríamos escribir la expresión anterior en las formas equivalentes:

$$\left. \begin{aligned} E &= I V t \\ I &= \frac{V}{R} \end{aligned} \right\} \begin{aligned} E &= \frac{V}{R} V t = \frac{V^2}{R} t \\ E &= I (IR) t = I^2 R t \end{aligned}$$

Si consideramos la potencia o la rapidez con que la energía eléctrica se transforma en otro tipo de energía en los elementos del circuito:

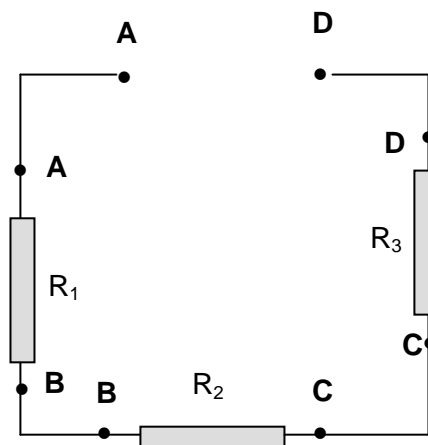
$$P = \frac{E}{t} = I V = I^2 R = \frac{V^2}{R}$$

Recordemos que la potencia se mide en watos (W) y que es muy corriente en electricidad expresar **la energía** consumida en **kWh** ($E = P \cdot t$) para lo cual hay que expresar la potencia en kW y el tiempo en horas

Ejemplo 1

Hacer un estudio del intercambio de energía en el circuito que se muestra, teniendo en cuenta los datos siguientes:

- $V_A - V_D = 30 \text{ V}$
- $I = 1/6 \text{ A (0,167 A)}$
- $R_1 = 60 \Omega$
- $R_2 = 90 \Omega$
- $R_3 = 30 \Omega$



Solución:

La diferencia de potencial entre A y D (V_{AD}) es de 30 V lo que significa que la diferencia de energía entre el punto A y el D es de 30 J por culombio que circula.

Las cargas saldrán del punto A y recorrerán el circuito transformando la energía eléctrica en calor en las tres resistencias (efecto Joule). ¿Qué cantidad de calor se desprenderá en cada resistencia?

Podemos saber la caída de potencial en cada una (o pérdida de energía eléctrica por culombio) aplicando la ley de Ohm:

$$V_{AB} = I \cdot R_{AB} = 1/6 \text{ A} \cdot 60 \Omega = 10 \text{ V}$$

$$V_{BC} = I \cdot R_{BC} = 1/6 \text{ A} \cdot 90 \Omega = 15 \text{ V}$$

$$V_{CD} = I \cdot R_{CD} = 1/6 \text{ A} \cdot 30 \Omega = 5 \text{ V}$$

Como por todas ellas circula la misma intensidad de corriente la mayor caída de potencial (pérdida de energía eléctrica que se transforma en calor) se produce en la resistencia de 90 Ω.

Si suponemos que circula 1 C se obtendrán en forma de calor:

$$E_{AB} = V_{AB} \cdot q = 10 \text{ V} \cdot 1 \text{ c} = 10 \text{ J} = 2,4 \text{ cal}$$

$$E_{BC} = V_{BC} \cdot q = 15 \text{ V} \cdot 1 \text{ c} = 15 \text{ J} = 3,6 \text{ cal}$$

$$E_{CD} = V_{CD} \cdot q = 5 \text{ V} \cdot 1 \text{ c} = 5 \text{ J} = 1,2 \text{ cal}$$

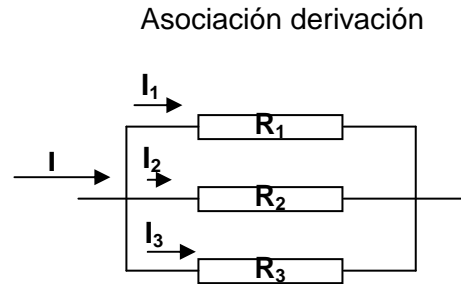
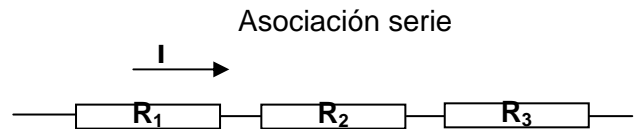
El generador o pila devuelve la energía perdida a las cargas (a costa de transformar una cantidad equivalente de otro tipo de energía) que pueden volver al circuito obteniéndose una corriente continua mientras el generador suministre la energía necesaria.

Asociación de resistencias

Uno de los elementos básicos de un circuito son las resistencias. Con ellas se puede regular (entre otras cosas) la intensidad de corriente que circula por el circuito o por alguna de sus ramas. Si se dispone de más una resistencia se pueden conectar entre ellas para formar asociaciones de dos tipos:

Asociación serie o en línea. Las resistencias se conectan una a continuación de la otra, en el mismo conductor de forma tal que por todas circula la misma intensidad de corriente.

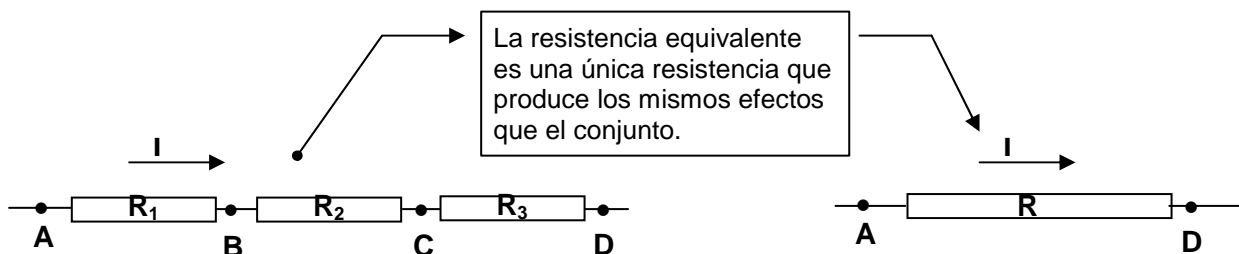
Asociación derivación o paralelo. Las resistencias se conectan cada una en una rama o conductor, de forma tal que la corriente se divide cuando llega al punto de conexión. Si las resistencias no son iguales por cada una de ellas circulará una intensidad distinta.



Asociación serie o en línea

En esta asociación:

- Circula por todas las resistencias la misma intensidad.
- Si las resistencias son distintas la caída de potencial (o diferencia de potencial entre sus bornes) es distinta para cada una de ellas. Siendo mayor cuanto mayor es la resistencia.
- El conjunto de resistencias se puede sustituir por una única resistencia que produzca los mismos efectos que la asociación (**resistencia equivalente**) cuya resistencia es la suma de las resistencias conectadas. Por tanto, **cuando se conectan varias resistencias en serie se obtiene una resistencia mayor (suma de las que se conectan)**



Aplicando la Ley de Ohm a cada resistencia, tendríamos:

$$\begin{aligned} V_A - V_B &= IR_1 \\ V_B - V_C &= IR_2 \\ V_C - V_D &= IR_3 \end{aligned}$$

Sumando las tres expresiones miembro a miembro:

$$V_A - V_D = IR_1 + IR_2 + IR_3 = I(R_1 + R_2 + R_3) \quad (2)$$

Aplicando la Ley de Ohm a la resistencia equivalente:

$$V_A - V_D = IR \quad (1)$$

Comparando las expresiones (1) y (2) obtenemos que la resistencia equivalente, R, debe valer:

$$R = R_1 + R_2 + R_3$$

Ejemplo 1

La resistencia equivalente a tres de 100, 200 y 300 Ω conectadas en serie valdría:

$$R = R_1 + R_2 + R_3 = (100 + 200 + 300) \Omega = 600 \Omega$$

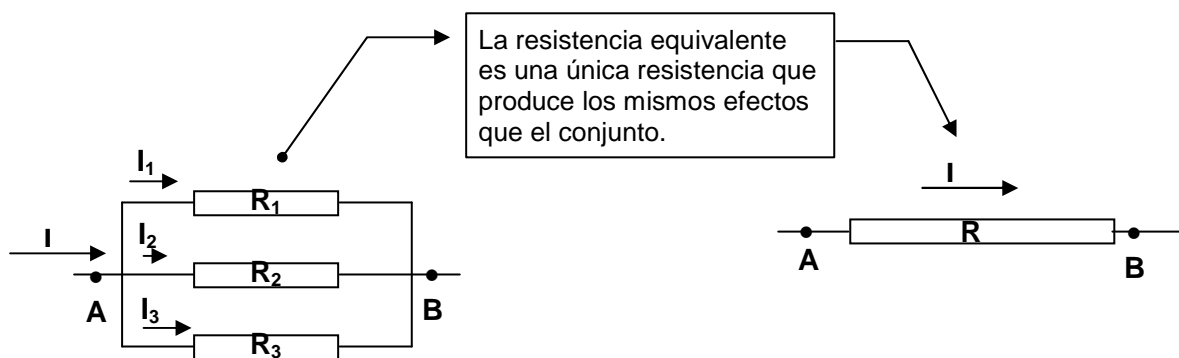
Estos es, pueden sustituirse las tres por una única resistencia de 600 Ω que produce idénticos efectos.

Asociación derivación o paralelo

En esta asociación:

- Si las resistencias son distintas por cada una de ellas circula distinta intensidad (mayor intensidad cuanto más pequeña es la resistencia)
- La diferencia de potencial entre bornes es la misma para todas las resistencias.
- El conjunto de resistencias se puede sustituir por una única resistencia que produzca los mismos efectos que la asociación (**resistencia equivalente**). **El inverso de la resistencia equivalente es igual a la suma de los inversos de las resistencias conectadas.**

Cuando se conectan varias resistencias en derivación la resistencia total (equivalente) es menor que la más pequeña de las resistencias conectadas.



Aplicando la Ley de Ohm a cada resistencia, tendríamos:

$$I_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1}$$

$$I_2 = \frac{V_A - V_B}{R_2}$$

$$I_3 = \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

Sumando las tres expresiones miembro a miembro:

$$I_1 + I_2 + I_3 = \frac{V_A - V_B}{R_1} + \frac{V_A - V_B}{R_2} + \frac{V_A - V_B}{R_3}$$

$$I = (V_A - V_B) \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} \right) \quad (2)$$

Aplicando la Ley de Ohm a la resistencia equivalente:

$$I = \frac{V_A - V_B}{R} = (V_A - V_B) \frac{1}{R} \quad (1)$$

Comparando las expresiones (1) y (2) obtenemos que la resistencia equivalente, R, debe valer:

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

Ejemplo 2.

La resistencia equivalente a tres de 100, 200 y 300 Ω conectadas en derivación valdría:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{300} = \frac{6+3+2}{600} = \frac{11}{600}$$

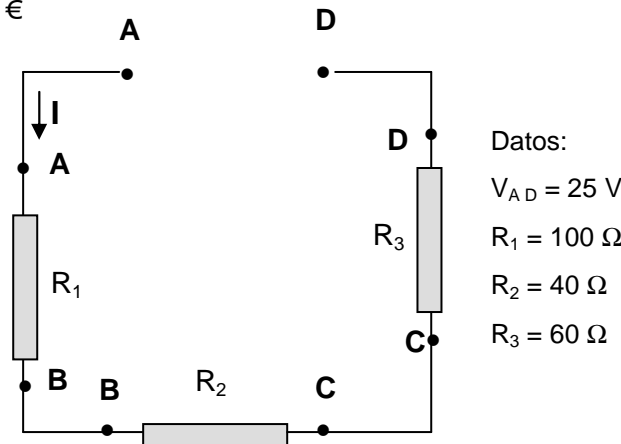
$$R = \frac{600}{11} = 54,5 \Omega$$

Que es inferior a la menor de las resistencias conectadas.

Ejemplo 3

Para el circuito de la figura calcular:

- Intensidad que circula.
- Diferencia de potencial entre los bornes de cada una de las resistencias.
- Potencia consumida en cada resistencia.
- Energía transformada en calor en la resistencia de 100Ω al cabo de 8 h.
- Importe en euros de la energía consumida en la resistencia del apartado anterior si el coste del kW.h es de $0,10 \text{ €}$



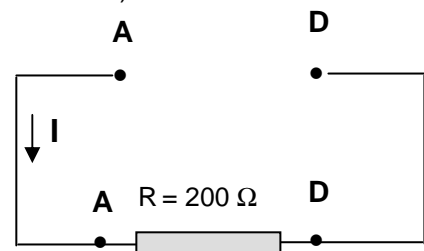
Solución:

- El dato de la intensidad que circula es básico a la hora de resolver problemas de circuitos. Para calcularla has que saber cuál es la resistencia total del circuito. Como las resistencias están acopladas en serie la resistencia total (equivalente) sería: $R = (100 + 40 + 60) \Omega = 200 \Omega$

O lo que es lo mismo, el circuito original sería equivalente a:

Aplicando la Ley de Ohm calculamos la intensidad:

$$I = \frac{V_{AD}}{R} = \frac{25 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,125 \text{ A} = 125 \text{ mA}$$



- Volviendo al circuito original, aplicamos la Ley de Ohm a cada una de las resistencias :

$$V_{AB} = I R_1 = 0,125 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 12,5 \text{ V}$$

$$V_{BC} = I R_2 = 0,125 \text{ A} \cdot 40 \Omega = 5,0 \text{ V}$$

$$V_{CD} = I R_3 = 0,125 \text{ A} \cdot 60 \Omega = 7,5 \text{ V}$$

Observar que como por todas circula la misma intensidad se produce la mayor caída de tensión en la resistencia más grande (una mayor cantidad de energía eléctrica se transforma en calor)

- La potencia consumida viene dada por $P = V \cdot I$. O en función de la resistencia: $P = I^2 R$. Luego:

$$P_{R1} = I^2 R_1 = 0,125^2 \text{ A}^2 \cdot 100 \Omega = 1,56 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 1,56 \text{ W}$$

$$P_{R2} = I^2 R_2 = 0,125^2 \text{ A}^2 \cdot 40 \Omega = 0,63 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0,63 \text{ W}$$

$$P_{R3} = I^2 R_3 = 0,125^2 \text{ A}^2 \cdot 60 \Omega = 0,94 \frac{\text{J}}{\text{s}} = 0,94 \text{ W}$$

- Se puede calcular aplicando: $E = I^2 R t$. Como en este caso ya hemos calculado la potencia:

$$P = \frac{E}{t} ; E = P \cdot t = 1,56 \frac{\text{J}}{\text{s}} \cdot 2,88 \cdot 10^4 \text{ s} = 4,50 \cdot 10^4 \text{ J} = 45 \text{ kJ}$$

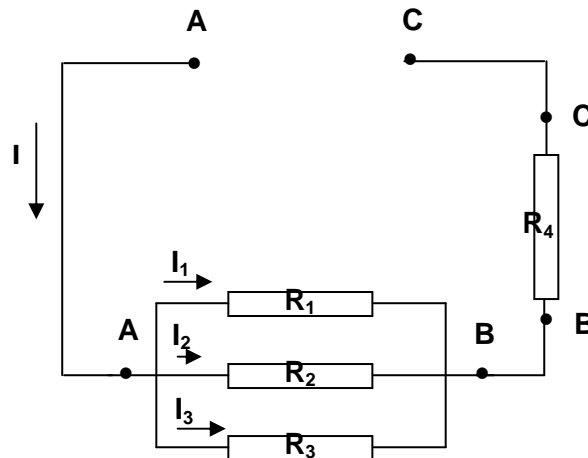
$$\text{En kW.h: } E = P \cdot t = 1,56 \cdot 10^{-3} \text{ kW} \cdot 8 \text{ h} = 1,23 \cdot 10^{-2} \text{ kW.h}$$

e) Coste : $1,23 \cdot 10^{-2} \text{ kW.h} \frac{0,1 \text{ euros}}{1 \text{ kW.h}} = 1,23 \cdot 10^{-3} \text{ euros}$

Ejemplo 4

Para el circuito de la figura calcular:

- Intensidad total que circula.
- Intensidad en cada una de las ramas de la derivación.
- Hacer un balance de energía para todo el circuito.



Datos:

$$V_{AC} = 30 \text{ V}$$

$$R_1 = 200 \Omega$$

$$R_2 = 300 \Omega$$

$$R_3 = 600 \Omega$$

$$R_4 = 50 \Omega$$

Solución:

a) Para calcular la intensidad de corriente obtenemos la resistencia total del circuito. Vamos reduciendo las asociaciones de resistencias a su resistencia equivalente:

Resistencia equivalente de la asociación en paralelo (llamémosla R_p)

$$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{200} + \frac{1}{300} + \frac{1}{600} = \frac{3+2+1}{600} = \frac{6}{600}$$

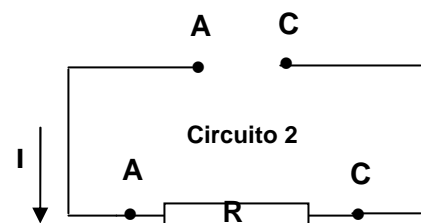
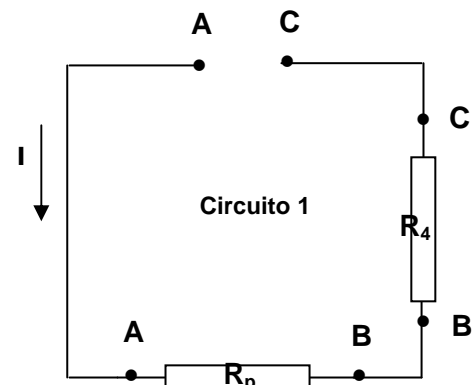
$$R_p = \frac{600}{6} = 100 \Omega$$

El que se muestra a la derecha sería un circuito equivalente al original. En él la asociación en paralelo ha sido sustituida por su resistencia equivalente R_p . La intensidad total circulante será la misma que en el original y la caída de tensión entre los puntos A y B también será idéntica.

Como paso final reducimos las dos resistencias en serie a su resistencia equivalente:

$$R = R_p + R_4 = (100 + 50) \Omega = 150 \Omega$$

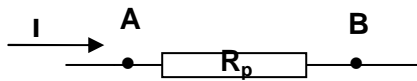
El circuito 2, también equivale al original. En él todas las resistencias han sido reducidas a sólo una, R ; o resistencia equivalente de todas las intercaladas en el circuito. Observar que la caída de tensión en la resistencia equivalente es la misma que la que existe en el circuito original entre el inicio de las resistencias conectadas (punto A) y el final de las mismas (punto C)



Podemos calcular ahora la intensidad total aplicando la Ley de Ohm al circuito 2:

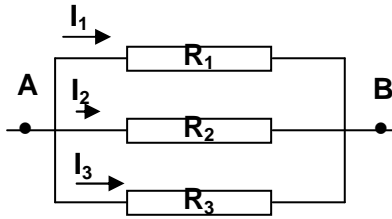
$$I = \frac{V_{AC}}{R} = \frac{30 \text{ V}}{150 \Omega} = 0,200 \text{ A} = 200 \text{ mA}$$

b) Para calcular la intensidad que circula por cada una de las ramas, calculamos primero la diferencia de potencial existente entre los extremos de la asociación ($V_A - V_B$). Para ello nos situamos en la resistencia R_p del circuito 1 y aplicamos la Ley de Ohm:



$$V_A - V_B = IR_p = 0,200 \text{ A} \cdot 100 \Omega = 20 \text{ V}$$

Una vez conocida la diferencia de potencial entre A y B, nos situamos en el circuito original y aplicamos la Ley de Ohm a cada una de sus ramas:



$$I_1 = \frac{V_{AB}}{R_1} = \frac{20 \text{ V}}{200 \Omega} = 0,100 \text{ A} = 100 \text{ mA}$$

$$I_2 = \frac{V_{AB}}{R_2} = \frac{20 \text{ V}}{300 \Omega} = 0,067 \text{ A} = 67 \text{ mA}$$

$$I_3 = \frac{V_{AB}}{R_3} = \frac{20 \text{ V}}{600 \Omega} = 0,033 \text{ A} = 33 \text{ mA}$$

Lógicamente se cumple que $I = I_1 + I_2 + I_3 = 0,200 \text{ A}$

c) Para hacer un balance de energía vamos a considerar la potencia eléctrica suministrada al circuito por el generador y la potencia consumida (transformada en calor) en cada una de las resistencias.

- Potencia eléctrica suministrada al circuito por el generador:

$$P_{\text{SUM}} = V_{AC} \cdot I = 30 \text{ V} \cdot 0,200 \text{ A} = 6,00 \text{ W}$$

- Potencia consumida en cada una de las resistencias del agrupamiento en paralelo:

$$P_{R1} = V_{AB} \cdot I_1 = 20 \text{ V} \cdot 0,100 \text{ A} = 2,00 \text{ W}$$

$$P_{R2} = V_{AB} \cdot I_2 = 20 \text{ V} \cdot 0,067 \text{ A} = 1,34 \text{ W}$$

$$P_{R3} = V_{AB} \cdot I_3 = 20 \text{ V} \cdot 0,033 \text{ A} = 0,66 \text{ W}$$

Total potencia consumida en la asociación:

$$P_{\text{ASOC}} = 4,00 \text{ W}$$

- Potencia consumida en la resistencia serie de 50Ω :

$$P_{R4} = V_{BC} \cdot I = 10 \text{ V} \cdot 0,200 \text{ A} = 2,00 \text{ W}$$

Como puede comprobarse se cumple el Principio de Conservación de la Energía, ya que toda la potencia suministrada al circuito se consume en las resistencias:

