ELECTROTECNIA I

CAPITULO 1

CORRIENTE Y RESISTENCIA

CAPITULO 1
CORRIENTE Y RESISTENCIA

CAPITULO 1
CORRIENTE Y RESISTENCIA

1. INTRODUCCION

Se postula la carga eléctrica como el ingrediente fundamental de la materia. En forma preliminar se define a la corriente eléctrica como un movimiento organizado de cargas eléctricas.

Un conductor metálico está constituido por una estructura cristalina, cuyos átomos contienen electrones capaces de moverse libremente por la estructura (electrones libres). Estos electrones contienen una energía cinética (parte de la energía térmica del metal) que se manifiesta en un conjunto de movimientos recti1íneos interrumpidos por los choques con los átomos de la red.

Cada vez que un electrón choca con un átomo de la red cristalina se produce un intercambio de energía y un cambio de dirección. El resultado para un determinado intervalo de tiempo es un movimiento aleatorio tal que en promedio cada electrón siempre se encuentra aproximadamente en el mismo lugar, o sea, equivale a que no se hubiera movido.

También se puede razonar que este movimiento desordenado, por azar, da como resultado que para cada instante de tiempo hay igual cantidad de electrones moviéndose en una dirección que en la dirección contraria, lo que de acuerdo a lo postulado resulta en una corriente nula.

Si en los extremos de un trozo de conductor figura 1.1 se aplica una diferencia de potencial

$$\Delta V = V_A - V_B = \text{cte} \quad \Rightarrow \quad V(x) = \frac{V_B - V_A}{l_{AB}} \cdot x + V_A \qquad (1.1)$$

Como se deduce de (1.1), se origina una función “$V(x)$”, cuyo gradiente en la dirección del eje del conductor y con signo negativo, resulta en un campo eléctrico “$\boldsymbol{E}$” que en condiciones ideales llena en forma uniforme todo el volumen del mencionado trozo de conductor. De acuerdo a lo estudiado en Física II vendrá dado por:

$$\overline{E} = -\frac{dV}{dx} \qquad (1.2)$$

Para el caso particular de este campo que es uniforme, la expresión anterior se reduce a:

$$\overline{E} = \frac{V_A - V_B}{l_{AB}} \qquad (1.3)$$

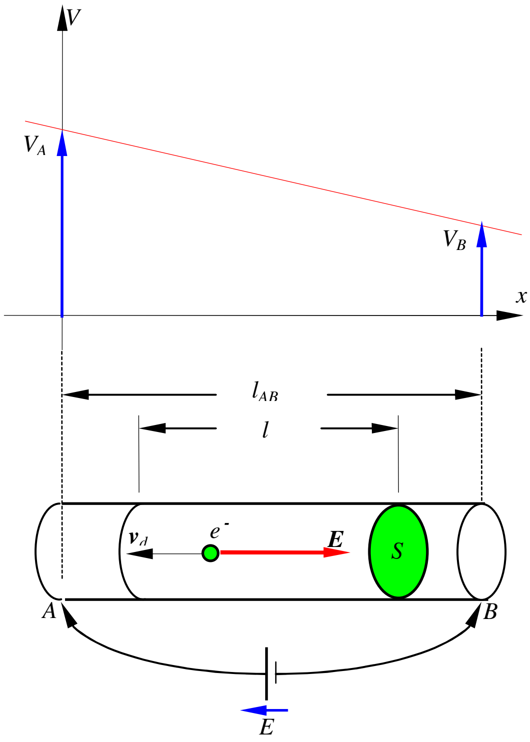


Figura 1.1

A esta altura uno debería haberse formulado la siguiente pregunta:

"¿ No se había estudiado en Física II que el campo eléctrico en el interior de un conductor debe ser "0" ?

Efectivamente la diferencia de potencial "ΔV = V_A - V_B" debe ser mantenida externamente por un generador. En su defecto las cargas se redistribuirían en la superficie (desapareciendo la distribución de cargas que mantiene "ΔV"), de forma tal que el campo "***E***" se anula.

De ahora en adelante, las letras que en el texto o en las figuras, aparecen entre comillas, escritas en Times New Roman, inclinación itálica y en negritas, representan magnitudes vectoriales y rige la siguiente equivalencia "$\boldsymbol{E} \equiv \overline{E}$"

Todas las cargas libres en el interior del conductor, las que a cualquier temperatura tienen el movimiento aleatorio antes explicado, al experimentar la presencia de este "***E***" son asiento de una fuerza "***F***" dada por:

$$\overline{F} = -e \cdot \overline{E} \qquad (1.4)$$

Fuerza que acelera las cargas provocando una componente de movimiento con velocidad creciente. Esta nueva componente de velocidad aumenta linealmente de 0 a un valor máximo entre dos choques sucesivos con los átomos de la red cristalina.

En resumen, a los efectos prácticos de la corriente se puede considerar, para simplificar, que la velocidad es constante e igual al promedio del conjunto de velocidades entre dos choques sucesivos y se la designará como "$\boldsymbol{v}_d$ = cte" o también podrá ser llamada velocidad de arrastre de los electrones. Cabe aclarar que los choques debido a esta componente de movimiento, impuesta externamente, se consideran de tipo plástico; o sea que en cada choque se entrega toda la energía cinética acumulada previa al choque que esta dada por "$E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v_{df}^2$", donde "$\boldsymbol{v}_{df}$" es la velocidad final en el instante antes del choque.

Hay que recordar que como consecuencia de la energía térmica existente a la temperatura que se encuentre el conductor, las cargas en libertad no están en reposo. Ellas se mueven aleatoriamente dentro de la red cristalina a grandes velocidades (que dependiendo de la temperatura pueden ser del orden de miles a decena de miles de m/s). En cada choque con los átomos de la red cristalina, como producto de este movimiento aleatorio de los electrones, estos sólo sufren cambio de dirección conservando la energía cinética antes y después de cada choque. A los choques de los electrones debidos a este movimiento aleatorio, se los puede considerar para simplificar, como perfectamente "elásticos". Esto contrasta con el hecho de que la energía cinética debida a la velocidad introducida por el campo "$\boldsymbol{E}$", es entregada a los átomo de la red en cada choque, dando origen a un incremento de energía térmica del metal con el consecuente aumento de temperatura.

Esta componente de velocidad de arrastre "$\boldsymbol{v}_d$" en dirección de la fuerza eléctrica "$\boldsymbol{F}$" provoca un movimiento organizado de cargas, que fue definido preliminarmente como corriente eléctrica.

2. CORRIENTE ELECTRICA

2.1 Definición

Se define como corriente eléctrica a la cantidad de carga que atraviesa la sección transversal del conductor por unidad de tiempo. Para el ejemplo propuesto esto se expresa:

$$i = \frac{\Delta q}{\Delta t} \tag{1.5}$$

Δq: cantidad de coulombios que atraviesan la sección transversal "S" en el intervalo de tiempo "Δt".

En la práctica hay muchos casos en que el movimiento organizado de cargas no es provocado por un campo eléctrico "$\boldsymbol{E}$ = cte" y consecuentemente tampoco lo es la corriente. De manera tal que para definirla se recurre a considerar un intervalo de tiempo infinitesimal tal que para ese intervalo de tiempo "dt", el infinitésimo "dq" que atraviesa la sección "$\boldsymbol{S}$ " pueda considerarse constante. De esta forma se generaliza el concepto de corriente con la siguiente expresión:

$$i = \frac{dq}{dt} \tag{1.6}$$

2.2 Otros portadores

Así como en los metales los portadores libres son los electrones, cargas cuyo signo es negativo, en otro tipo de conductores tales como algunos líquidos y gases puede haber también portadores libres "iones" que son átomos cargados de signo positivo o negativo. Existe incluso un tipo de material sólido muy importante, llamado semiconductor, que se comporta como si tuviera dos tipos de portadores libres del mismo valor que la carga que tiene un electrón, pero de ambos signos (los negativos que son los propios electrones y los positivos denominados huecos o lagunas que son la falta de algún electrón que rompió su ligadura dejando una vacante que puede moverse en el nivel de valencia, como si fuera una carga positiva del mismo valor de la del electrón).

2.3 Sentido convencional y electrónico de la corriente

Cualquier carga negativa moviéndose a determinada velocidad y dirección, para casi todos los efectos externos, puede ser considerada equivalente a otra carga del mismo valor, de signo positivo pero moviéndose a la misma velocidad en sentido contrario.

La corriente en un metal está constituida por cargas negativas (los electrones libres), razón por la que al sentido real de la corriente, de negativo a positivo, se denomina sentido electrónico.

Casi todos los libros toman el sentido de la corriente de positivo a negativo, y es denominado sentido convencional de la corriente. Este sentido obedece a una razón histórica, ya que originalmente se supuso que las cargas libres eran positivas y en consecuencia se movían de positivo a negativo.

2.4 Calculo de la corriente y de la densidad de corriente

La corriente en un conductor, como característica física, es una cantidad macroscópica, como la masa, el color, etc.

Si "*n*" el número de electrones libres por unidad de volumen del conductor de la figura 1.1, que se mueven con "$\boldsymbol{v}_d$ = cte" la cantidad "Δq" de cargas encerradas en determinado instante en el volumen "*l.S*" será:

$$\Delta q = n \cdot e \cdot l \cdot S \qquad (1.7)$$

Siendo $\boldsymbol{v}_d$ = cte se puede escribir

$$v_d = \frac{l}{\Delta t} \quad \text{de donde} \quad \Delta t = \frac{l}{v_d} \qquad (1.8)$$

Reemplazando 1.7 y 1.8 en 1.5 se obtiene:

$$i = \frac{n \cdot e \cdot l \cdot S}{l / v_d} = n \cdot e \cdot \overline{S} \cdot \overline{v}_d \qquad (1.9)$$

La intensidad de corriente es una magnitud escalar ya que en su expresión interviene el producto escalar "$\boldsymbol{v}_d.\boldsymbol{S}$" que se debe interpretar como el flujo de "$\boldsymbol{v}_d$" a través de "$\boldsymbol{S}$".

La densidad de corriente "$\boldsymbol{J}$" queda definida por:

$$\overline{J} = \frac{i}{S} = n \cdot e \cdot \overline{v}_d \qquad (1.10)$$

Como se desprende de la expresión (1.10) esta resulta ser una magnitud vectorial y la corriente puede ser definida también como el producto escalar

$$i = \overline{J} \cdot \overline{S} \tag{1.11}$$

El sistema SI de medidas adopta como unidad básica de corriente el Amperio (A). En consecuencia la carga designada como Coulombio (C), resulta una unidad derivada.

1 Coulombio = 1 Amperio x 1 segundo

3. LEY DE OHM, RESISTENCIA ELECTRICA, CONDUCTIVIDAD Y RESISTIVIDAD

El choque plástico de los electrones con los átomos de la red cristalina, ya descrito y la consiguiente absorción por parte de los átomos, de la cantidad de movimiento que les imprime el campo a los electrones, equivale a la presencia de una fuerza de fricción que la red presenta a este movimiento organizado de electrones. Esta fuerza naturalmente puede imaginarse proporcional a la velocidad de arrastre. Dicho de otra manera, para la mayoría de los conductores metálicos (que obedecen a la Ley de Ohm), la densidad de corriente es proporcional al campo eléctrico inmerso en su interior, esto se expresa:

$$\overline{J} = \sigma \cdot \overline{E} \tag{1.12}$$

Ohm comprobó esta proporcionalidad en una serie de sustancias denominadas ohmicas. El coeficiente de proporcionalidad "σ" denominado conductividad, es una cantidad microscópica independiente de las dimensiones físicas del conductor. Por definición es el cociente de

$$\sigma = \frac{J}{E} \tag{1.13}$$

Ambos parámetros "*J y E*", si el material es isotrópico, están referidos a un mismo punto. Este coeficiente de conductividad es entonces una característica intrínseca del material conductor. Aquellos materiales en los que se cumple esta proporcionalidad se denominan ohmicos.

En el caso de sustancias no ohmicas no se cumple dicha proporcionalidad. La ley de Ohm <u>no</u> es una ley fundamental de la naturaleza, sólo es una propiedad empírica que cumplen una cantidad de sustancias.

Para el caso de la figura 1.1 se puede escribir por lo aprendido que

$$\Delta V = E \cdot l \tag{1.14}$$

y tomando en cuenta (1.11) y (1.12)

$$I = \sigma \cdot E \cdot S \tag{1.15}$$

Despejando "*E*" de (1.14) y reemplazando en (1.15) se tiene:

$$I = \sigma \cdot \frac{S}{l} \cdot V \qquad (1.16)$$

De donde:

$$V = \frac{1}{\sigma} \cdot \frac{l}{S} \cdot I = \rho \frac{l}{S} \cdot I = R \cdot I \qquad (1.17)$$

La (1.17) es la conclusión a la que arribó Ohm luego de experimentar con varias sustancias, razón por la que se conoce como ley de Ohm y una de sus expresiones es.

El cociente $R = \frac{V}{I}$ "ley de Ohm" (1.18)

Lo que significa que es la resistencia que manifiesta el trozo de conductor, de la figura 1.1, a la corriente impulsada por la ddp "ΔV" aplicada entre los puntos "*A*" y "*B*".

Ya que la resistencia es una característica macroscópica del conductor, de la (1.17) y (1.18) se obtiene la resistencia como función del material y la geometría del conductor:

$$R = \rho \cdot \frac{l}{S} \qquad (1.19)$$

Donde "ρ", la inversa de la conductividad, se denomina resistividad.

La unidad de resistencia en el sistema SI es el Ohm ó "Ω" y esta dada por el cociente de (1 Voltio / 1 Amperio).

4. RESISTENCIAS LINEALES Y NO LINEALES

En realidad la resistencia de cualquier metal depende de la temperatura. Esto se debe a que la resistividad "ρ" depende de la temperatura y en consecuencia la resistencia tiene un comportamiento no lineal con el aumento de la temperatura. Como la temperatura a su vez es función de la corriente, ocurre que a un aumento de "ΔV" le corresponde uno de corriente "I", seguido por un nuevo aumento de temperatura, el cual produce un aumento de "R" y ésta, consecuentemente para cada incremento de tensión del mismo valor, hará que los incrementos de corriente sean cada vez menores. Se da así a una función "$I = f(V)$" no lineal de pendiente decreciente.

Las resistencias lineales no existen en la realidad. Se pueden aproximar con materiales de coeficiente "$\rho \cong$ cte".

En general en las tablas de resistividad se suele dar el valor para 20 °C "ρ_{20}" y al mismo tiempo se da el coeficiente "α" de variación de resistencia con la temperatura. Para determinar la resistividad que corresponde a otra temperatura del conductor se aplica la siguiente expresión:

$$\rho_t = \rho_{20} \cdot \left[1 + \alpha \cdot (t - 20)\right] \tag{1.20}$$

<u>Tabla 1.1</u> Resistividad y Coeficientes de Temperatura

MATERIAL	**RESISTIVIDAD A 20 °C** ρ $(\Omega\text{-}m)$	**COEFICIENTE DE TEMPERATURA** α $(1/°C)$
Plata	1.6×10^{-8}	3.8×10^{-3}
Cobre	1.7×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Aluminio	2.8×10^{-8}	3.9×10^{-3}
Tungsten	5.5×10^{-8}	4.5×10^{-3}
Hierro	10×10^{-8}	5.0×10^{-3}
Plomo	22×10^{-8}	4.3×10^{-3}
Mercurio	96×10^{-8}	0.9×10^{-3}
Micrón	100×10^{-8}	0.4×10^{-3}
Carbono	35000×10^{-8}	-0.5×10^{-3}
Germanio	0.45	-48×10^{-3}
Silicio	640	-75×10^{-3}
Madera	10^{8}-10^{14}	-
Vidrio	10^{10}-10^{14}	-
Goma dura	10^{13}-10^{16}	-
Ambar	5×10^{14}	-
Azufre	10^{15}	-

5. TRABAJO O ENERGIA Y POTENCIA ELECTRICA

Sea el trozo de conductor de la figura 1.1, de acuerdo a lo estudiado en Física II, el trabajo puesto en juego al transportar una cantidad de carga "Δq" a través de "$\Delta V= V_{AB}$" está dado por:

$$T_{AB} = V_{AB} \cdot \Delta q \tag{1.21}$$

Si el tiempo empleado en realizar este trabajo fue "Δt", la potencia eléctrica puesta en juego es:

$$P = \frac{T_{AB}}{\Delta t} = V_{AB} \cdot \frac{\Delta q}{\Delta t} = V_{AB} \cdot I \tag{1.22}$$

Y si se considera que por ley de Ohm

$$V_{AB} = R \cdot I \qquad \text{ó} \qquad I = \frac{V_{AB}}{R} \tag{1.23}$$

La (1.22) puede ser expresada por lo que se conoce como ley de Joule

$$P = V_{AB} \cdot I = I^2 \cdot R = \frac{V_{AB}^2}{R} \tag{1.24}$$

Que es la cantidad de energía que por unidad de tiempo es transformada en calor en una resistencia.

6. EQUILIBRIO TERMICO Y TEMPERATURA DE REGIMEN

Cuando se conecta una resistencia a una fuente de fuerza electromotriz "E" constante, como la de la figura 1.2, ésta se encarga de mantener, entre los extremos de la resistencia, una diferencia de potencial constante "$V_{AB} = E$". La "V_{AB}" origina así una corriente que también es constante y que a través de la resistencia del conductor, por efecto Joule, produce un calentamiento del mismo que eleva su temperatura.

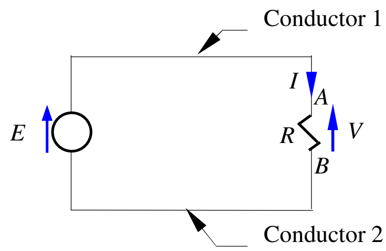


Figura 1.2

Se sabe que todo cuerpo que se encuentra a temperatura distinta del cero absoluto, cede y recibe energía calórica de su entorno. El equilibrio entre estas dos energías la cedida y la recibida fija la temperatura final del cuerpo conocida como temperatura de régimen.

Cuando por alguna causa un cuerpo recibe una cantidad adicional de calor, más allá del equilibrio antes mencionado, se traduce en un crecimiento de la temperatura que se detiene con una nueva condición de equilibrio, cosa que se logra a una temperatura mayor.

Las distintas formas que tiene un cuerpo para evacuar o ceder energía calórica son:

1) conducción,
2) convección y
3) radiación.

La conducción y convección son función lineal del salto térmico "$\Delta t = t - t_a$", con "t" como temperatura actual del cuerpo y "t_a" como temperatura ambiente del entorno.

La radiación en cambio es función de "T^4", donde "T" es temperatura absoluta. La suma de estas energías entregadas al medio da la energía total evacuada.

Se puede concluir entonces que un conductor recorrido por una corriente genera calor por efecto Joule, lo que produce una elevación de temperatura que irá en aumento hasta que la energía generada por unidad de tiempo sea igual a la evacuada por unidad de tiempo. En otras palabras la potencia transformada en calor por efecto Joule, debe ser íntegramente cedida al medio por los tres conceptos antes descriptos. Lo que se expresa por:

$$I^2.R = P_r + P_c \qquad (1.25)$$

Donde: "P_r" es la potencia calórica evacuada por radiación y "P_c" la evacuada por convección.

Cabe aclarar que la potencia evacuada por conducción ha sido dejada de lado intencionalmente, habida cuenta de que ésta en la realidad es muy pequeña, lo que es lógico ya que el conductor esta rodeado normalmente de un aislante que es mal conductor del calor.

7. GENERACION DE CALOR Y CAPACIDAD TERMICA DE CIRCUITOS

La resistencia eléctrica puede ser buscada exprofeso cuando se quiere producir calor (calefacción eléctrica, iluminación con lámparas incandescentes, etc) o puede ser no deseada, como es el caso de los circuitos de interconexión entre un generador y la carga (conductores 1 y 2), de la figura 1.2.

En el caso de los conductores de interconexión de la figura 1.2, caso habitualmente encontrado en la práctica, cuya resistencia eléctrica es de "r (Ω/m)", si bien es de valor muy pequeño es un parámetro no querido en el circuito, ya que produce tres inconvenientes:

1) La resistencia de los conductores de interconexión de ida y vuelta, cada uno de longitud "l", da lugar a una caida de tensión de manera que "V_{AB}" es menor que la tensión disponible en bornes del generador.

$$V_{AB} = E - 2rl.I \qquad (1.26)$$

2) Esta resistencia da lugar también a una pérdida de potencia "$2rl.I^2$" que se transforma en calor, aumentando la temperatura de funcionamiento de estos conductores. Si la temperatura resulta excesiva deteriora prematuramente el aislante y/o altera las características mecánicas del conductor.

3) La energía perdida en los (conductores 1 y 2) del circuito o línea de alimentación, disminuye la eficiencia del circuito.

Con relación al segundo inconveniente, los fabricantes de conductores dan la máxima temperatura a la que puede ser sometido el aislante sin que sufra envejecimiento prematuro y fijan para tal fin la máxima corriente permanente que puede circular para que no se supere esta temperatura. A este concepto se lo conoce como "capacidad térmica" y es uno de los conceptos básicos a emplear en el diseño de circuitos.

8. PUNTO DE TRABAJO DE UNA RESISTENCIA EN UN CIRCUITO

Según se ha explicado la resistencia de la figura 1.2, podría ser idealmente lineal o realmente no-lineal, ambos casos se encuentran representados en la figura 1.3. Esta resistencia establece una relación entre la corriente y la caída de tensión en sus extremos, representada por una recta en línea de trazos si es lineal y por una línea curva llena con pendiente decreciente, si es real (no-lineal).

Por otra parte, la corriente que circula en el circuito como función de la caída de potencial entre los puntos "A" y "B" llamada "V_{AB}" viene dada por la siguiente expresión:

$$I = \frac{E - V_{AB}}{2rl} \tag{1.27}$$

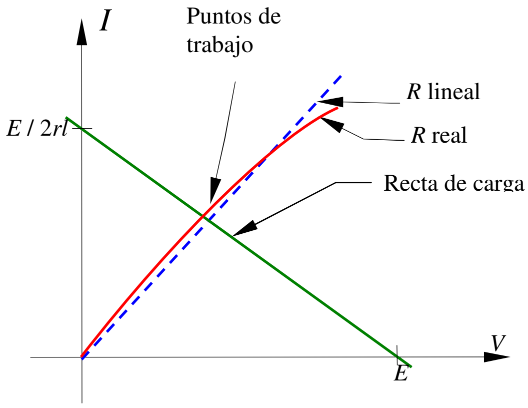


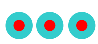
Figura 1.3

De la expresión anterior se ve que si la resistencia del circuito de la figura 1.2, fuera "R=0", que equivale a tener un cortocircuito entre "A" y "B", el punto de trabajo estaría dado por la ordenada de la "recta de carga". Por otra parte si la resistencia del circuito de la figura 1.2, fuera "R=∞", equivale a que el circuito estuviera abierto, "I = 0", implicaría "$2rlI$ = 0" y en consecuencia se obtiene "V_{AB}=E", sería la abscisa al origen de la recta de carga. Estos dos puntos definen la recta de carga que determina las relaciones posibles, para "V_{AB} e I", entre "A" y "B".

La intersección de cualquiera de las curvas representativas, resistencia lineal o real, con la recta de carga que representa los posibles estados de funcionamiento del circuito, define el punto de trabajo de la resistencia intercalada en ese circuito. Es importante resaltar que en forma parecida a como lo muestra la figura 1.3, si se linealiza la curva real, el error que se comete, generalmente resulta despreciable. En consecuencia en teoría de circuitos, las resistencias se asumen ideales y por lo tanto establecen una relación lineal entre la diferencia de potencial aplicada en sus extremos y la corriente que las circula.

Tabla 1.2 características de conductores de Cu, aislación PVC 1.1 kV, 80 °C

SECCION S (mm^2)	**RESISTENCIA** r (Ω/km a 20 °C) en corriente contínua	**CORRIENTE ADMISIBLE I (A)** enterrados 3c x 1	enterrados 1c x 2	enterrados 1c x 4	en aire 3c x 1	en aire 1c x 2	en aire 1c x 4
1	18.1	22	23	20	20	21	14
1.5	12.7	30	32	27	25	26	18
2.5	7.28	42	44	37	35	37	25
4	4.56	54	57	47	47	49	33
6	3.05	63	66	55	55	58	39
10	1.83	83	87	77	77	80	54
16	1.15	109	114	96	100	104	71
25	0.727	142	149	124	134	140	94
35	0.524	174	183	153	144	151	102
50	0.387	210	-	179	204	-	144
70	0.268	256	-	223	234	-	165
95	0.193	309	-	269	283	-	200
120	0.153	351	-	305	328	-	231
150	0.124	400	-	348	378	-	266
185	0.099	448	-	391	430	-	303
240	0.075	515	-	447	505	-	356
300	0.060	590	-	499	582	-	410

 3c x 1 tres cables unipolares

 1c x 2 un cable bipolar

 1c x 3 un cable tripolar

PROBLEMAS PROPUESTOS
CAPITULO 1
CORRIENTE Y RESISTENCIA

OBJETIVO PRINCIPAL

Introducir al lector en la electrotecnia. Aprender a ver donde están los circuitos en la vida ordinaria. Utilizar los conceptos de ley de Ohm, resistencia, caída de tensión y aprender a diseñar sencillos circuitos de alimentación.

Problema 1.1

Se dispone de un carrete de alambre de cobre para bobinados, de 1.02 mm de diámetro. Determinar que longitud habrá que cortar para que a 20°C de temperatura ambiente, se tenga una resistencia de 32 Ω.

Problema 1.2

El limite máximo de potencia que puede disipar un conductor de cobre de 2.5 mm^2 de sección, aislado en PVC para 1.1 kV, 80°C de temperatura de régimen, para una temperatura ambiente de 40°C, es de 11000 W/km. A esta potencia el aislante alcanza los 80°C señalados que es su límite de capacidad térmica. Se quiere averiguar: 1) Cuánta más corriente podrá soportar, en régimen permanente, sin que se excedan los 11000 W/km, si la temperatura ambiente en el sitio de instalación fuera de 0°C? y 2) Cuanto será la caída de tensión por kilómetro en ambos casos?

Problema 1.3

Dadas tres resistencias "R_1", "R_2" y "R_3", conéctelas primero en paralelo, luego en serie y marque con flechas, de sentido arbitrario pero coherente, las diferentes corrientes y tensiones de cada una, distinguiéndolas con letras y subíndices apropiados. Señale qué parámetro se caracteriza por ser común en la conexión serie y cuál en la conexión paralelo.

Problema 1.4

Se dispone de un conductor de cobre de 1.5 mm^2 de sección aislado en PVC 1.1 kV, 80°C de temperatura de régimen. El conductor puede llevar 25 A permanentes, con una temperatura ambiente de 40°C, alcanzando su aislante, 80°C de temperatura limite. Se quiere averiguar de qué longitud, con relación a la fuente de 220 V, se podrá diseñar un circuito bipolar, para que su caída de tensión no exceda el 3% máximo. La resistencia dada por el fabricante del conductor es de "r=12.7 Ω /km a 20°C".

Problema 1.5

Una instalación de alumbrado compuesta de 120 lámparas incandescentes de 60W/110V cada una, es alimentada por un generador de corriente continua de 120 V, localizado a 500 m de la carga. Tomando en cuenta la tabla 1.2, calcular:

1) Mínimo conductor a utilizar por capacidad térmica o de corriente, con una temperatura ambiente de 40°C.
2) Mínimo conductor a utilizar por caída de tensión. Considerar para el caso que se permite una desviación máxima de tensión de ± 5%.
3) La tensión en los terminales de la carga.
4) La potencia de pérdida en los cables de interconexión.
5) Considerando que el rendimiento lumínico de las lámparas utilizadas sea el 3%, cuántos vatios se habrán de convertir en luz y cuántos en calor.

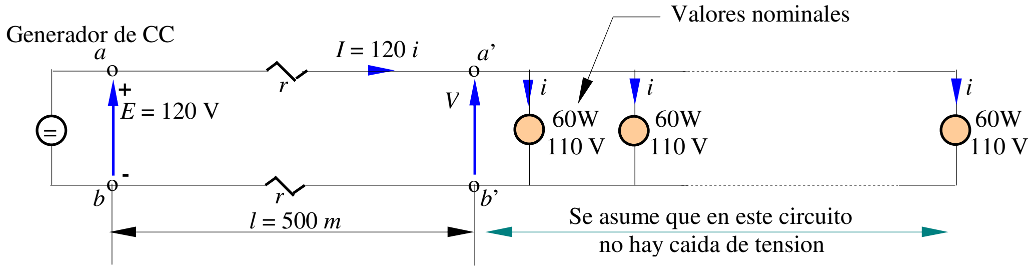


Figura P1.1

<u>Aspectos a considerar</u>:

1) La formación del circuito alimentador estará dada por un cable bipolar, "1c x 2", su canalización o forma de instalación será, directamente enterrado y su sección por capacidad térmica será determinada por la tabla 1.2.
2) No se deberá considerar caída de tensión a la derecha de " a'- b' ".

<u>Resultados</u>:

- "$I \approx 65.45$ A" considerando la tensión entre " a'- b' ", "$V \approx 110$ V", terminales de la carga.
- "S = 6 mm^2", sección determinada por capacidad térmica.
- "S = 95 mm^2", sección determinada por caída de tensión para "$V \approx 0.95$ x 110V", expresión (1.26) del capítulo 1.
- El resto de los resultados los determina el lector.

Problema 1.6

Un circuito de corriente continua formado por una línea de 500 m de longitud y conductores de 150 mm^2 de cobre, alimenta una obra en construcción. La tensión en el origen de la línea se supone constante e igual a 220 V y la demanda máxima de potencia es de 20 kW a 220 V. En el transcurso de la obra, se presenta la necesidad de suministrar corriente continua a un punto localizado a 400 m. del origen de la línea. Se quiere determinar:

1) ¿Cuál es la tensión en el extremo receptor cuando en la obra se consume la máxima demanda de potencia?
2) ¿Cuál es la máxima intensidad que se puede derivar a 400 m. del origen para que la tensión en el extremo receptor no sea inferior al 95% de la nominal?
3) Con la carga extraída a los 400 m determinada anteriormente ¿cuál será la tensión en el punto de extracción?

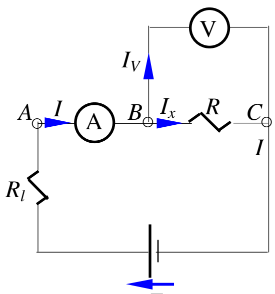
Problema 1.7

Un generador de corriente continua, cuya f.e.m. es de 110 V. y de 0,014 ohmios de resistencia interna, alimenta a través de una línea de 350 m, constituida por 2 conductores de cobre de 400 mm^2 de sección, un motor que consume 45 A, y a 550 m una instalación de alumbrado de 8 kW y 110 V. Calcular:

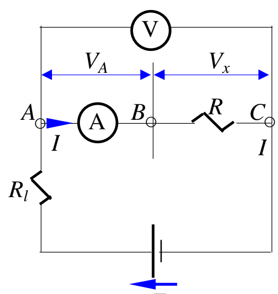
1) La tensión en bornes del motor.
2) La tensión al final de la línea.
3) La intensidad suministrada por el generador.
4) La potencia disipada en la línea.
5) La potencia desarrollada por el generador.

Problema 1.8

Para medir una resistencia desconocida se cuenta con un voltímetro cuya resistencia interna es “r_v = 5 kΩ” y con un amperímetro con “r_a = 4.5 Ω” también de resistencia interna. La medición se hace para las conexiones establecidas en los circuitos de la figura siguiente:



Amperímetro fuera
Figura P1.2(*a*)



Amperímetro dentro
Figura P1.2(*b*)

Se quiere determinar:

a) “$R_m = V / I$” conocido como valor medido
- V = 1.30 V e I = 6.00 mA (amperímetro fuera o conexión corta)
- V = 1.35 V e I = 5.70 mA (amperímetro dentro o conexión larga)

b) Valor corregido de la resistencia
- Para la conexión corta “$R_c = V / I_x$”
- Para la conexión larga “$R_c = V_x / I$”

c) “$\Delta R = R_m - R_c$” Error absoluto
d) “$\varepsilon_r = \Delta R / R_c = \Delta R/R_c$”

Como se deduce de los valores indicados de lectura del amperímetro y voltímetro el error cometido por la capacidad de apreciación es del orden de las centésimas.

Problema 1.9

Se dispone de un circuito como el de la figura P1.3 en el que se desea determinar las condiciones de funcionamiento para diferentes valores de resistencias a ser conectadas entre los terminales "*A*-*B*". La relación entre los valores "$I = f(V_{ab})$" para las resistencias de diferente valor que podrán ser conectadas entre dichos terminales del circuito se conoce como recta de carga. Consecuentemente lo que se desea determinar y graficar es dicha recta de carga.

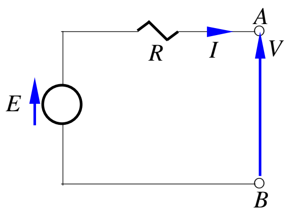


Figura P1.3

$E = 10$ V

$R = 33.33\ \Omega$

Previo a la resolución del problema, se sugiere afianzar el conocimiento de recta de carga, dado en el punto 8 del capitulo 1.

Problema 1.10

Si entre los terminales "*A*-*B*" del circuito de la figura P1.3, se conecta un elemento pasivo de resistencia no lineal, como el indicado en la figura P1.4 y cuya resistencia está definida por la siguiente función:

- Para "V" entre 0 V y 7.5 V$\Rightarrow i = 0.004.V$
- Para "V" entre 7.5 V y 30 V$\Rightarrow i = 0.016.V - 0.1$

¿Cual será el punto de trabajo (V_Q e I_Q) del mismo cuando es conectado entre los terminales "*A*-*B*"?.

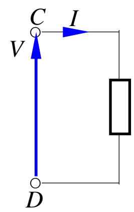


Figura P1.4

Problema 1.11

Encontrar la resistencia equivalente vista desde los nodos "*A* - *B*"

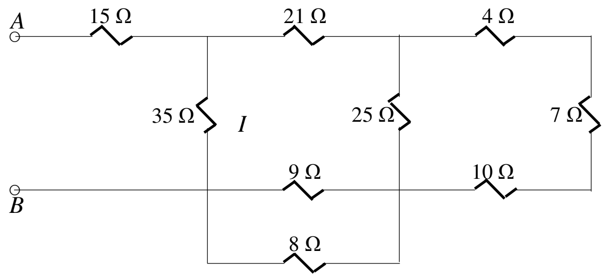


Figura P1.5