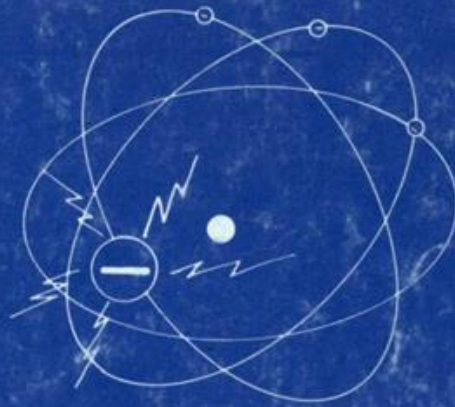


SENATI

FORMACION ABIERTA Y A DISTANCIA



INSTALACIONES ELECTRICAS

8

MODULO

29

UNIDAD

LA LEY DE JOULE



LA LEY DE JOULE
MODULO INSTRUCCIONAL 8
UNIDAD 29

GRUPO DE TRABAJO

Coordinación General del Proyecto: **Cecilia Molina Amaya**
Contenido Técnico: **Gerardo Mantilla Quijano**
Instructor Regional Bogotá
Asesoría y Diseño Pedagógico: **Darío Restrepo**
Asesor Nal. Dirección General
Adecuación Pedagógica
y corrección de Estilo: **Clemencia Losada Páramo**
Ilustraciones: **Álvaro Motivar C.**

Derechos Reservados a favor del Servicio Nacional de Aprendizaje SENA
Tarifa Postal reducida No. 196 de Adpostal
Bogotá, Abril de 1985.

CONTENIDO

	Página
INTRODUCCIÓN	5
AUTOPRUEBA DE AVANCE	6
OBJETIVOS	9
1. EQUIVALENCIA ENTRE TRABAJO Y CALOR. LA LEY DE JOULE	10
A. Cantidad de calor producido por una corriente eléctrica	11
B. Energía eléctrica y calor	12
Autocontrol No. 1	15
2. APLICACIONES E INCONVENIENTES DEL EFECTO JOULE	17
A. Aplicaciones	17
B. Inconvenientes	19
Autocontrol No. 2	28
RECAPITULACIÓN	30
VOCABULARIO	31
AUTOEVALUACION FINAL	33
RESPUESTAS	34
BIBLIOGRAFÍA	40
TRABAJO PRÁCTICO	41
TRABAJO ESCRITO	42
HOJA DE RESPUESTAS	43
FICHA DE PRUEBA	44

INTRODUCCIÓN

A medida que usted avanza en el estudio de los Principios Eléctricos, irá comprendiendo con mayor claridad algunos fenómenos, que para una persona sin conocimientos del tema pasarían desapercibidos, pero que para un alumno de electricidad son de gran significado.

Usted ha visto que en las instalaciones eléctricas los conductores son de diferentes secciones y que los electrodomésticos (licuadoras, brilladoras, n itores, máquinas de afeitarse, etc.) se "calientan" cuando se dejan conectadas por algún tiempo; igualmente al conectar un cautín, una hornilla o una estufa sus resistencias se ponen al "rojo vivo".

Los casos anteriores son ejemplos de las aplicaciones —e inconvenientes— del "efecto Joule".

James Joule, físico inglés, estableció las leyes que permiten calcular el valor de la energía, transformada en calor, en una resistencia.

Esta unidad le explicará cómo aprovechar en forma adecuada los beneficios del efecto Joule y cómo tomar medidas apropiadas para evitar, en parte, sus efectos perjudiciales.

LES DESEAMOS ÉXITOS EN SUS ESTUDIOS

AUTOPRUEBA DE AVANCE

Si usted cree tener conocimientos sobre el tema que vamos a tratar, le sugerimos que conteste la siguiente prueba. Debe resolver correctamente el 100% de las preguntas; no se engañe, sea sincero consigo mismo. Usted se está evaluando, no lo haga mal... sería imperdonable.

PRUEBA

1. La cantidad de calor necesaria para elevar un gramo de agua en un grado de temperatura, se llama:
 - a. Julio
 - b. Amperio
 - c. Caloría
 - d. Calor

2. Equivalente mecánico del calor es la relación entre:
 - a. Calor y trabajo
 - b. Calor y energía
 - c. Energía y trabajo
 - d. Calor y potencia

3. La ley de Joule se refiere a:
 - a. Calor producido en un conductor
 - b. Potencia producida en un receptor
 - c. Energía producida por un receptor
 - d. Trabajo producido por un receptor

4. El término $Q = 0,24 \times I^2 \times R t$ es la expresión de la:

- a. Ley de Watt
- b. Ley de Joule
- c. Ley de calor
- d. Ley de Ohm

5. Un motor se calienta demasiado y se dice que es por el efecto Joule (o sea, que no es una falla mecánica). Anote dos posibles causas de ese calentamiento.

6. Señale, mediante líneas, las aplicaciones y los inconvenientes del efecto Joule.

Aplicaciones	Alumbrado
	Calentamiento de motores
	Corto - circuito
	Planta eléctrica
Inconvenientes	Estufa Eléctrica
	Caída de tensión
	Soldadura de punto Horno eléctrico

7. La caída de tensión generalmente admitida en una instalación de alumbrado, de la acometida al receptor más alejado, es generalmente de:

- a. El 10% de la tensión de línea
- b. El 5% de la tensión de línea
- c. El 8% de la tensión de línea
- d. El 9% de la tensión de línea

8. ¿Cuál es el fusible de plomo adecuado para proteger una instalación compuesta de 10 lámparas de 100W, un televisor de 150 Watios y un calentador de 1.000 Watios, si la tensión es de 110 voltios?

9. "El efecto Joule" produjo una pérdida de potencia de 100 Watios. Diga si la expresión anterior es correcta o no, y por qué.

10. Diga si el siguiente enunciado es verdadero o falso, y por qué.

"El soldador de puntos funciona debido al "efecto Joule".

**Verifique sus respuestas con las que aparecen en la
pág._40_de la presente unidad.**

OBJETIVOS

El estudio cuidadoso de esta unidad le permitirá comprender la importancia del fenómeno conocido como "efecto Joule". Conocerá sus principios y la aplicación práctica de las leyes que lo rigen.

A medida que usted avance en el estudio de la presente unidad, estará en capacidad de:

1. Indicar las equivalencias entre trabajo, calor y energía.
2. Conocer las aplicaciones del "efecto Joule".
3. Identificar los inconvenientes del "efecto Joule" y las medidas preventivas que se pueden tomar.

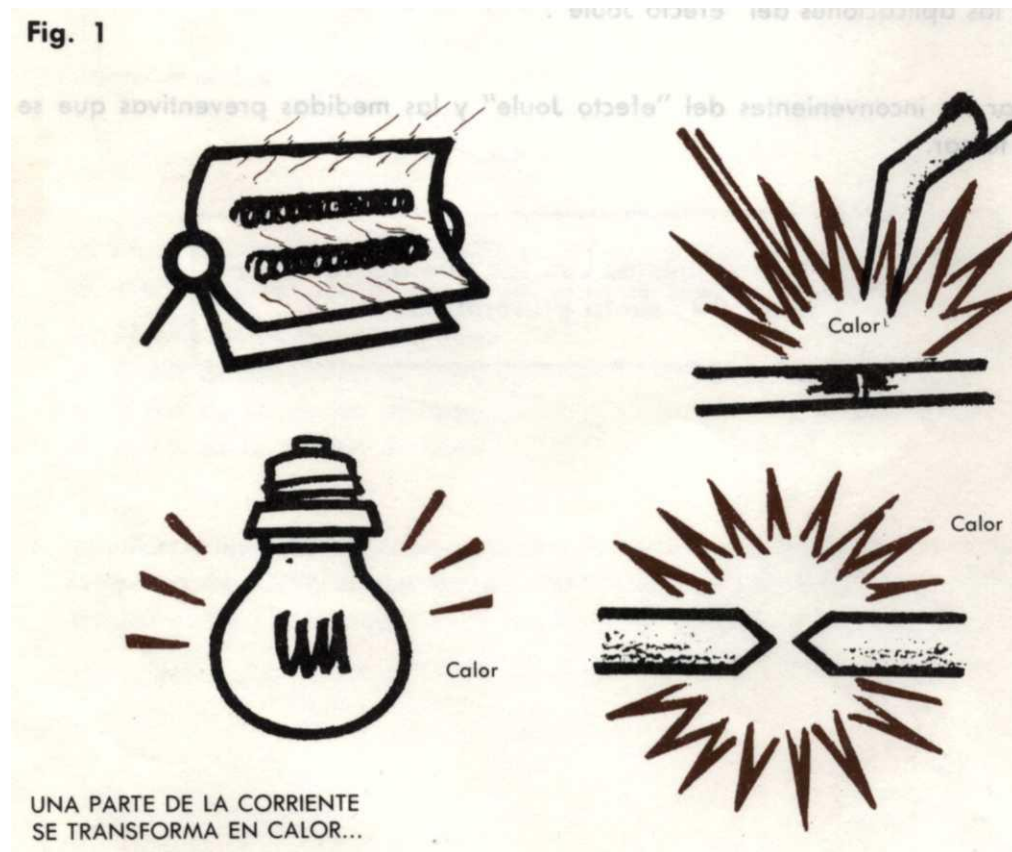
1. EQUIVALENCIA ENTRE TRABAJO Y CALOR.

LA LEY DE JOULE

Hemos llegado a una de las partes básicas de nuestro estudio. Debemos relacionar dos conceptos fundamentales: el calor y el trabajo. Donde hay trabajo se produce calor; donde existe un foco de calor hay una fuente de trabajo.

Lo anterior se demuestra fácilmente. Por ejemplo, basta con frotarse las manos para que nuestros músculos experimenten cansancio y nuestras manos un calentamiento.

Todo motor o transformador eléctrico se calienta después de un tiempo de funcionar. Parte de la corriente que absorben se pierde en forma de calor (perjudicial) y solo el resto se transforma en energía mecánica. (Fig. 1).



Las locomotoras de los trenes de vapor utilizan calor, que se transforma en seguida en energía mecánica. Esta le permite arrastrar los vagones. El CALOR es pues, una forma de energía y produce por lo tanto un trabajo.

La cantidad de calor necesaria para elevar en un grado centígrado de temperatura un gramo de agua se llama **caloría** y la representamos por C.

Después de múltiples experiencias se logró obtener una constante matemática (0,427) que es el valor numérico de la relación que existe entre el calor (en calorías) y el trabajo (Kgm).

Lo anterior quiere decir que una caloría equivale a 0,427 kilográmetros de trabajo mecánico. Dicho de otra manera, con una caloría podemos transportar 0,427 kilogramosa la distancia de un metro.

La constante 0,427 recibe el nombre de **Equivalente mecánico del calor**.

Ejemplo: ¿Cuántas calorías son necesarias para transportar cinco (5) kilogramos a una distancia de dos (2) metros?

$$\begin{array}{l} 1 \text{ C} \Rightarrow 0,427 \\ X \Rightarrow \end{array}$$

$$X = \frac{5 \times 1}{0,427} = 11,7 \text{ calorías a 1 metro de distancia. Como son 2 mts, se necesitarán } 23,4 \text{ C.}$$

A. CANTIDAD DE CALOR PRODUCIDO POR UNA CORRIENTE ELÉCTRICA

Es evidente, que si la corriente eléctrica lleva implícita una producción de calor, entre ambas manifestaciones de energía DEBE EXISTIR una relación matemática, que unida al valor de la resistencia por la intensidad, nos diga cuál es el calor producido por dicha corriente eléctrica.

Fue el físico inglés James Joule quien se dedicó al estudio de los efectos caloríficos producidos por la corriente eléctrica. Después de varias experiencias, observó que:

1. La corriente eléctrica produce calentamiento en un conductor.
2. Este calentamiento del conductor recorrido por una corriente es proporcional al tiempo que dure el paso de dicha corriente.
3. El calentamiento varía con la intensidad de la corriente.
4. El calentamiento es proporcional a la resistencia del conductor.

Hechas estas observaciones formuló la siguiente Ley:

La cantidad de calor producido por un conductor eléctrico es directamente proporcional al cuadrado de la intensidad (I^2), al valor de la resistencia del conductor y al tiempo, en segundos, durante el cual circule la corriente.

En la práctica se calcula la cantidad de calor producido (en calorías) y se representa por Q. Para esto se necesita multiplicar todo lo anterior por una constante cuyo valor es 0,2392. Por lo tanto:

$$Q = 0,2392 \times I^2 \times R \times t \quad \text{LEY DE JOULE}$$

Siendo

- Q = Calor en calorías
- I = Intensidad en amperios
- R = Resistencia en Ohmios
- 0,239 = Constante (K)
- t = Tiempo

La constante 0,239 se aproxima por exceso a 0,24 y se tiene entonces:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t \quad \text{calorías}$$

B. ENERGÍA ELÉCTRICA Y CALOR

Se dijo antes que si al concepto de trabajo le unimos el factor tiempo (t), tendremos la noción de POTENCIA, que es "el trabajo realizado en la unidad de tiempo". Siendo la potencia una consecuencia del trabajo, y éste una causa del calor, es inmediata la conclusión que nos lleva a relacionar calor y trabajo.

Si relacionamos la potencia con el factor tiempo, obtendremos el concepto de ENERGÍA ELÉCTRICA.

Energía Eléctrica es la POTENCIA desarrollada en la UNIDAD DE TIEMPO considerada.

La unidad de energía eléctrica es el vatio – hora (Wh), que representa el trabajo suministrado por una máquina de 1 vatio funcionando durante una hora.

Si observa la fórmula inicial de la Ley de Joule:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$$

Recuerda que:

$$P = I^2 R$$

Entonces:

$$Q = 0,24 \times P \times t \text{ Calorías}$$

En esta fórmula, $P \times t$ es la expresión de la energía, que en el caso de ser 1 Wh (1 h = 3.600 segundos), dará como resultados:

$$Q = 0,24 \times 1 \times 3.600 = 864 \text{ Calorías}$$

Lo que indica que una resistencia de un watio de potencia producirá 864 calorías en un tiempo de una (1) hora.

En consecuencia una resistencia cuya potencia sea de un (1) kilowatio (1.000 watios), producirá en una hora una cantidad de calor 1.000 veces mayor.

$$1 \text{ Kwh} = 864.000 \text{ calorías}$$

Ejemplo: por una resistencia conectada a 220 voltios circula una corriente de 4 A. ¿Qué cantidad de calor producirá en una hora?

1. Sabemos que una hora tiene 3.600 segundos

2. Datos conocidos: $V = 220$ voltios
 $I = 4$ Amperios
 $t = 3.600$ segundos
Constante = 0,24

3. Aplicamos la Ley de Joule

Recuerde que según la Ley de Watt $P = U \times I$ y que P también es igual a $I^2 R$. $Q = 0,24 \times I^2 R \times t$



Por lo tanto, la ley de Joule se puede generalizar diciendo que:

$$Q = 0,24 \times P \times t \text{ y en vista de que}$$

$$P = U \times I, \text{ tendremos que:}$$

$$Q = 0,24 \times U \times I \times t$$

$$Q = 0,24 \times 220 \times 4 \times 3.600$$

$$Q = 760.320 \text{ Calorías}$$

De acuerdo con lo anterior, si se sustituyen en la fórmula

$Q = 0,24 \times U \times I \times t$, el valor de I , hallado por la Ley de Ohm $I = \frac{U}{R}$
tendremos:

$$Q = 0,24 \times U \times \frac{U}{R} \times t \text{ Calorías}$$

$$Q = 0,24 \times \frac{U^2}{R} \times t \text{ Calorías}$$

Resumiendo, se tienen tres expresiones de la Ley de Joule:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t \text{ Calorías}$$

$$Q = 0,24 \times U \times I \times t \text{ Calorías}$$

$$Q = 0,24 \times \frac{U^2}{R} \times t \text{ Calorías}$$

La primera fórmula, nos da el calor en calorías, en función de la resistencia R y la intensidad I .

La segunda fórmula nos da el calor en calorías, en función de la tensión U y la intensidad I .

La tercera fórmula, nos da el calor en calorías, en función de la tensión U y la resistencia R .

En todas las fórmulas anteriores la resistencia (R) debe darse en ohmios, la tensión (U) en voltios, la intensidad (I) en amperios, el tiempo (t) en segundos y el calor (Q) en calorías.

AUTOCONTROL No. 1

1. Cuál es la cantidad de calor producido por una resistencia R de 10.000Ω si la tensión U es de 220 voltios y permanece conectada durante un tiempo t de 90 minutos?
2. Cuál será el valor de la resistencia de un receptor que está conectado durante un tiempo t de 5 minutos y circula por él una intensidad de 8 amperios, produciendo 56.000 calorías?
3. Durante cuánto tiempo estaría conectado un calentador de 3 KW que produjo 20.000 calorías?
4. Una hornilla eléctrica tiene una resistencia de 20Ω y circula por ella una intensidad de 5 Amperios. Si permanece conectada durante media hora, ¿Qué calor Q producirá?

5. Un calentador eléctrico está conectado a una tensión de MU V y tiene una resistencia de 81Ω .
Si dura conectada 3 minutos:

a) ¿Cuál es su potencia?

b) ¿Cuántas calorías nos suministra en dicho tiempo?

6. Mencione 5 aparatos en los cuales se presente el efecto Joule

Compare sus respuestas con las que aparecen en la página_36. Si todas son correctas, ¡Felicitaciones y continúe adelante!. Si por el contrario, tuvo algún error, por favor estudie nuevamente el tema.

2. APLICACIONES E INCONVENIENTES DEL EFECTO JOULE

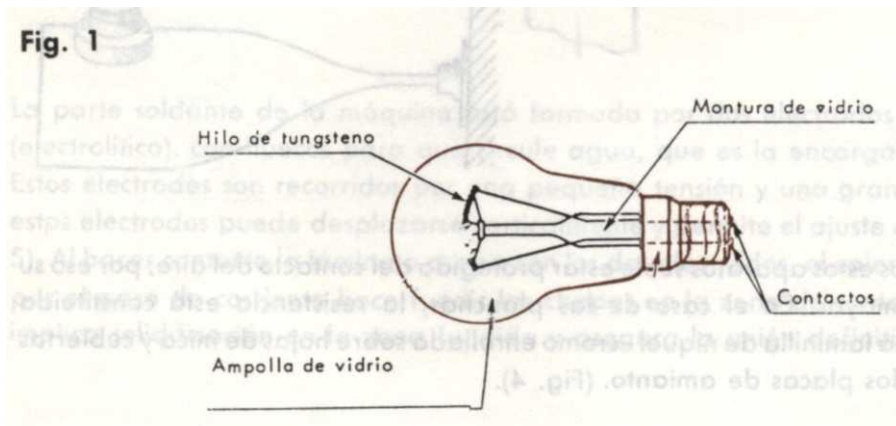
A. APLICACIONES

El calentamiento de los conductores es un fenómeno sumamente importante. En él se basan dos de las principales aplicaciones de la electricidad:

- El alumbrado eléctrico por lámparas incandescentes.
- El calentamiento eléctrico por resistencia.

1. ALUMBRADO ELÉCTRICO

Se utilizan para el alumbrado lámparas, bombillas o ampollas llamadas de incandescencia. Estas constan de una ampolla de vidrio que puede ser transparente, opaca (o sea cubierta con una pequeña capa de polvo especial), o esmerilada. En el interior de esta ampolla de vidrio se encuentra un filamento de tungsteno o wolframio, muy resistente, que al ser atravesado por una corriente eléctrica suficiente, se enrojece y se hace incandescente. (Fig. 1).



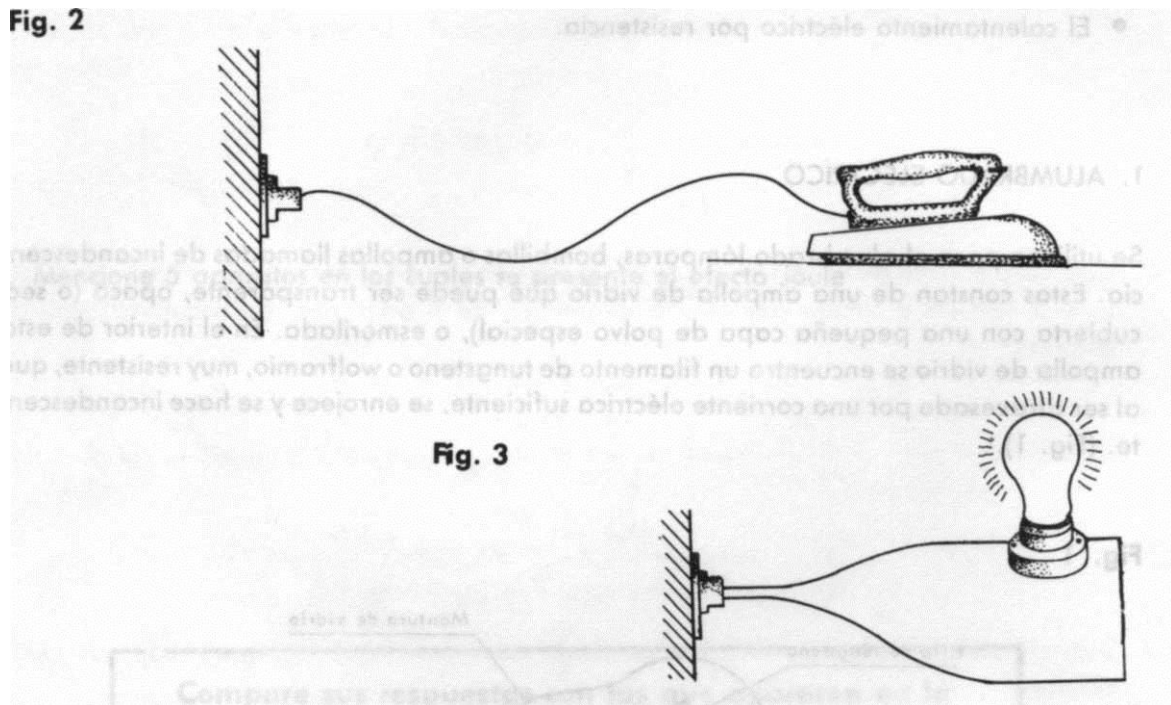
La ampolla está al vacío (sin aire) o llena de un gas inerte (Nitrógeno, neón, argón, etc.). Si este fenómeno tuviese lugar al aire libre, el filamento se quemaría inmediatamente. Por no existir oxígeno en su interior, no hay combustión.

2. CALEFACCION ELECTRICA

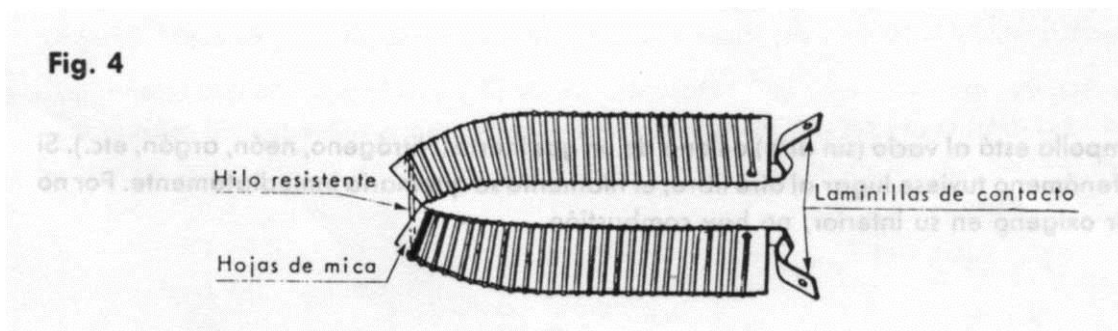
El desprendimiento de calor producido por el paso de la electricidad, se aprovecha en numerosas aplicaciones tanto domésticas como industriales.

a. Aplicaciones Domésticas:

Muchas aplicaciones prácticas del efecto Joule intervienen en la construcción de los aparatos electrodomésticos, tales como planchas, hervidores, hornos, calentadores de ambiente y de agua, secadores, rizadores. (Fig. 2 y 3).



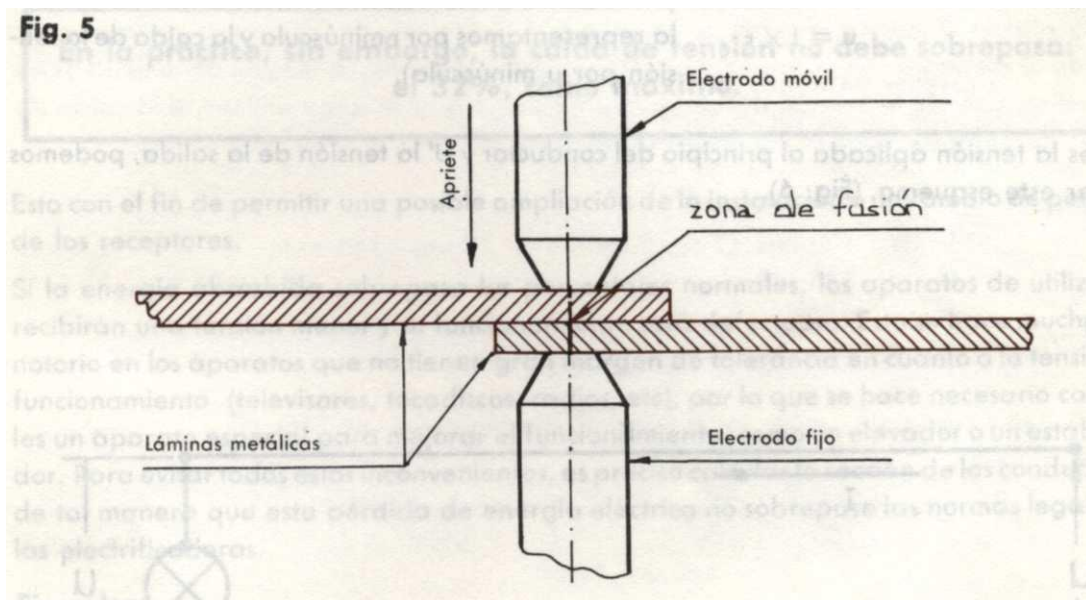
La resistencia de todos estos aparatos suele estar protegida del contacto del aire; por eso su duración es mucho mayor. En el caso de las planchas, la resistencia está constituida generalmente por una laminilla de níquel - cromo enrollada sobre hojas de mica y cubiertas a continuación por dos placas de amianto. (Fig. 4).



Otros aparatos eléctricos de uso doméstico poseen una resistencia tubular, que sencillamente es un hilo de níquel - cromo en espiral metido dentro de un tubo que está aislado internamente por yeso, arena fina o cualquier otro material aislante. Este sistema es el empleado en las estufas, calentadores de agua y ambiente, hornos, etc.

b. Aplicaciones Industriales

El efecto Joule permite el funcionamiento de aparatos industriales, como aparatos de soldadura, hornos eléctricos para la fundición y metalurgia y soldadores de punto. Este último, muy utilizado en la industria automotriz y en la chapistería, reemplaza con ventaja el sistema de remachado. (Fig. 5).



La parte soldante de la máquina está formada por dos electrodos de cobre muy puro (electrolítico), con huecos para que circule agua, que es la encargada de refrigerarlos. Estos electrodos son recorridos por una pequeña tensión y una gran intensidad. Uno de estos electrodos puede desplazarse verticalmente y permite el ajuste de las planchas (Fig. 5). Al hacer contacto la lámina o chapa con los dos electrodos, el calentamiento producido por el paso de corriente hace fundir las chapas en la zona de contacto. El enfriamiento implica solidificación en la zona fundida y asegura la unión definitiva de las planchas.

B. INCONVENIENTES

El efecto Joule ofrece algunas ventajas, pero presenta también inconvenientes que es preciso evitar:

- Caída de tensión en los conductores.
- Cortocircuito, que puede ocasionar un incendio.
- Calentamiento excesivo de los aparatos eléctricos (motores, transformadores, televisores, radios, etc).

1. CAIDA DE TENSION EN LOS CONDUCTORES

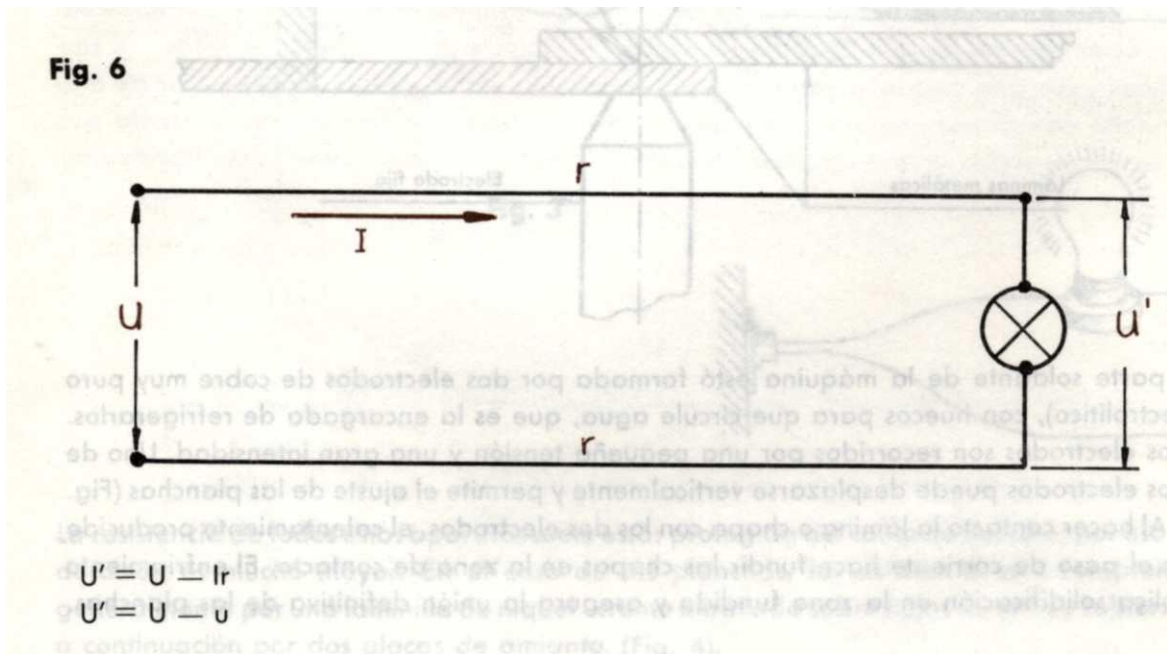
El calentamiento de los conductores, que como se dijo siempre tienen una resistencia (R), absorbe parte de la energía eléctrica y la transforma en calor; es decir, hay una **"Caída de Tensión"** en la red, y esto es perjudicial.

Si tenemos que I es la intensidad que recorre un conductor de resistencia (r) que alimenta un receptor (lámpara, motor, televisor, etc.), según la Ley de Ohm se produce a lo largo del conductor una caída de tensión (u) provocada por la resistencia (r), que es igual a:

$$u = I \times r$$

(Cuando nos referimos a la resistencia del conductor la representamos por r minúscula y la caída de la tensión por u minúscula).

Si U es la tensión aplicada al principio del conductor y U' la tensión de la salida, podemos utilizar este esquema. (Fig. 6).



Siendo

- U = Tensión de entrada, en voltios
- U' = Tensión en el receptor, en voltios
- r = Resistencia de los conductores, en Ohmios
- I = Intensidad total del circuito, en amperios
- U = Ir (caída de tensión)

Si la caída de tensión (u) es grande, el funcionamiento del receptor puede ser defectuoso. Por tal motivo las electricadoras del país han limitado el valor de estas caídas de tensión a los siguientes porcentajes:

- Alumbrado: 5% máximo para la lámpara más distante.
- Fuerza motriz: 10% máximo para el aparato más distante.

Estas cifras deben calcularse con la instalación totalmente en funcionamiento, es decir, lámparas y receptores funcionando.

En la práctica, sin embargo, la caída de tensión no debe sobrepasar el 32%. como máximo.

Esto con el fin de permitir una posible ampliación de la instalación o un cambio de potencia de los receptores.

Si la energía absorbida sobrepasa los porcentajes normales, los aparatos de utilización recibirán una tensión menor y su funcionamiento será defectuoso. Esto se hace mucho más notorio en los aparatos que no tienen gran margen de tolerancia en cuanto a la tensión de funcionamiento (televisores, tocadiscos, radios, etc), por lo que se hace necesario colocarles un aparato especial para mejorar el funcionamiento, como un elevador o un estabilizador. Para evitar todos estos inconvenientes, es preciso calcular la sección de los conductores, de tal manera que esta pérdida de energía eléctrica no sobrepase las normas legales de las electricadoras.

Ejemplos:

La resistencia de los conductores que alimentan una lámpara de 200 vatios, 110 voltios, es de 4 ohmios. Calcular la tensión a la que funciona la lámpara.

$$\begin{aligned} r &= 4 \text{ ohmios} \\ U &= 110 \text{ voltios} \\ \text{Datos: } P &= 200 \text{ vatios} \\ U' &= \text{Tensión de funcionamiento (no la conocemos).} \end{aligned}$$

Tenemos que $U' = U - Ir$. Conocemos u y r , pero no conocemos I . Por lo tanto debemos hallarla.

Sabemos que $P = U \times I$, de lo cual podemos deducir que:

$$I = \frac{P}{U} = \frac{200}{110} = 1.81 \text{ Amperios}$$

Ya tenemos el valor de la intensidad.

Ahora sí podemos aplicar la fórmula $U' = U - I r$

$$U' = 100 - (1,81 \times 4)$$

$$U' = 110 - 7,272$$

$$U' = 102,72 \text{ voltios}$$

La lámpara funciona, entonces, con una tensión de 102,72 voltios.

Desarrollaremos a continuación otro ejemplo:

En una oficina se quiere instalar un grupo de 10 lámparas, de 200 watios cada una. La toma de la alimentación se encuentra a 50 mts. del despacho. La tensión de la línea es de 220 voltios. Calcule la sección del conductor de cobre que se debe utilizar, si la caída de tensión no debe exceder el 2% (resistividad para el cobre $\varphi = 0,018 \text{ mm}^2/\text{m}$).

Datos: $P = 200$ watios
 $L = 100$ mts. (2 conductores de 50 mts cada uno)
 $U = 220$ voltios
 $\varphi = 0,018$
 $\% = 2\%$

Primero debe calcular la caída de tensión (u) que es el 2% de 220

$$U = \frac{220 \times 2}{100} = \frac{440}{100} = 4,4 \text{ voltios (caída máxima)}$$

Ahora calcule la intensidad (I) a partir de la fórmula de Potencia:

$$P = U \times I \quad \Rightarrow \quad I = \frac{P}{U}$$

El valor de la potencia total (P) es igual al valor de una lámpara (220 watios) multiplicado por las 10 lámparas que se van a instalar.

$$P = 200 \times 10$$

$$P = 2000 \text{ watios (Potencia Total)}$$

Ahora calcule I :

$$I = \frac{P}{U}; I = \frac{2.000}{220} = 9,09 \text{ Amperios}$$

(Intensidad total para los conductores).

En seguida calcule la resistencia de los conductores de cobre:

$$r = \frac{u}{I} \qquad r = \frac{4,4}{9,09} = 0,484 \text{ Ohmios}$$

Finalmente, calcule la sección del conductor partiendo de la fórmula que usted conoce:

$$R = \varphi \frac{L}{S}$$

De donde $S = \frac{L}{r}$

S = Sección del conductor en mm²
φ = Resistividad del conductor (cobre)
L = Longitud total de los conductores en metros,
r = Resistencia de los conductores en ohmios.

En esta fórmula conoce

φ = 0,018 mm²/m
L = 100 mts.
r = 0,484

Entonces
$$S = \frac{0,018}{0,484} \times \frac{100}{0,484} = 3,72 \text{ mm}^2$$

2. CORTOCIRCUITO

En una instalación eléctrica, una falsa maniobra, un aislamiento defectuoso, una sobrecarga, un error en la conexión de aparatos, pueden ser causas de cortocircuito.

Con el montaje que aparece en la figura 7 usted puede provocar un cortocircuito. Ya que la corriente de la pila no le representa ningún peligro, refuerce los dos hilos (que deben estar sin aislamiento) por debajo del bombillo.

Observe que la lámpara no enciende. ¿Por qué?

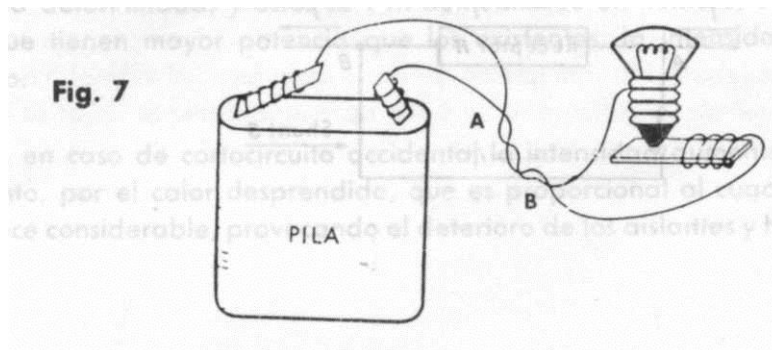
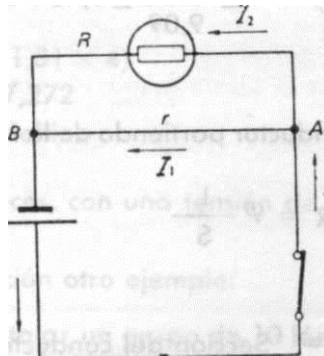


Fig. 8



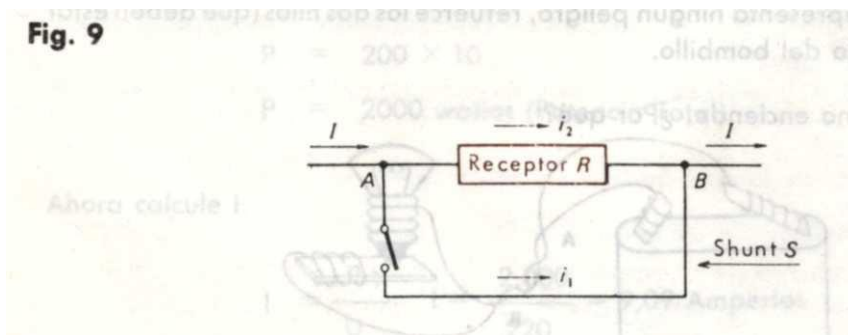
Cuando la corriente I llega al punto A se divide en dos partes: una I_1 , que pasa por la r del tramo AB y otro I_2 que pasa por el receptor R . La resistencia de la lámpara R es mucho mayor que la resistencia r del tramo AB. Por lo tanto la I_1 , que se deriva por este tramo es mucho mayor (I_1 , está en relación inversa a la resistencia r) que la corriente I_2 que circula por la bombillita. Esta última corriente (I_2) resultará muy pequeña y por tanto la lámpara no alumbrará. Se dice que la lámpara está cortocircuitada.

Si en lugar de la pila usted conecta un generador o una fuente cualquiera que pudiera suministrar una corriente mayor, la I_1 , se haría tan grande que provocaría un calentamiento peligroso de los conductores con desprendimiento de luz y calor, capaz de ocasionar un incendio.

Este sistema de puente es empleado en circuito serie cuando se desea que un receptor no funcione.

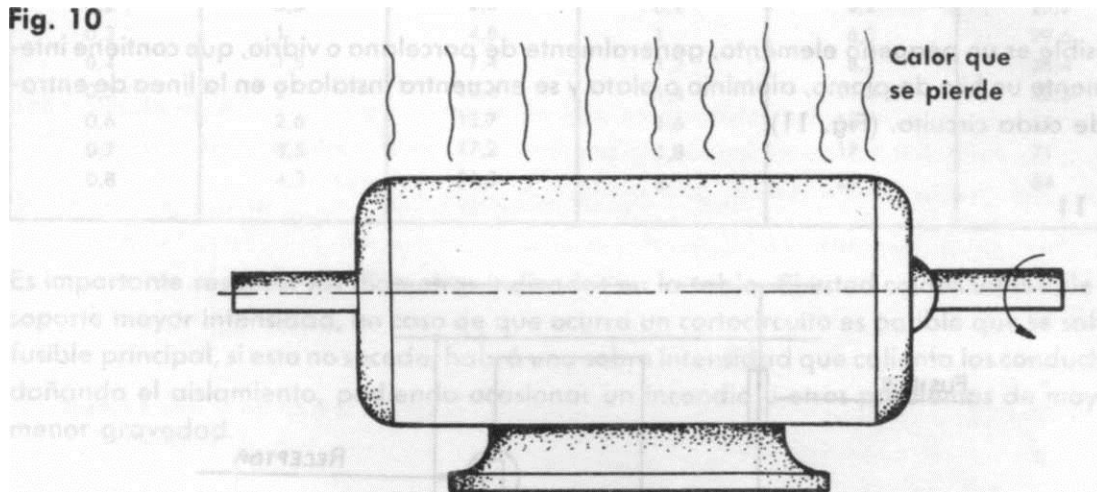
En este caso se dice que el receptor R está puesto en cortocircuito o SHUNTADO. (Fig. 9).

Fig. 9



3. CALENTAMIENTO DE LOS APARATOS ELECTRICOS

Todos los artefactos eléctricos como motores, licuadoras, transformadores, estabilizadores, cuando duran mucho tiempo funcionando se CALIENTAN. Esto se debe al efecto Joule, que en estos aparatos podemos reducir al mínimo, pero no eliminar totalmente. (Fig. 10).



Como todos estos aparatos funcionan por medio de bobinas (alambre de cobre enrollado adecuadamente), que tienen una resistencia r y por ella va a circular una intensidad I , es natural que se presente un pequeño calentamiento por efecto Joule. Cuando este calentamiento es elevado, una de las causas, (además de las mecánicas), puede ser un cálculo inadecuado de la sección del alambre de las bobinas. ¿Cómo se disminuye este calentamiento? Aumentando correctamente la sección del alambre del bobinado, y empleando materiales de pequeña resistividad como el cobre y el aluminio.

4. PROTECCIÓN DE LOS CIRCUITOS ELÉCTRICOS

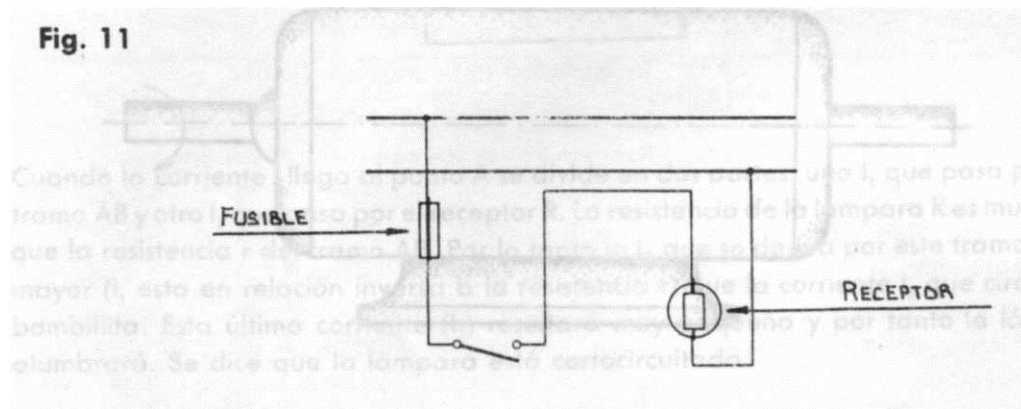
Si una instalación eléctrica, se ha calculado previendo el funcionamiento de aparatos de una potencia determinada, y estos se van aumentando en número, o compramos otros aparatos que tienen mayor potencia que los existentes, la intensidad de la línea va aumentando.

Igualmente, en caso de cortocircuito accidental la intensidad aumenta bruscamente. El calentamiento, por el calor desprendido, que es proporcional al cuadrado de I (I^2 , Ley Joule) se hace considerable, provocando el deterioro de los aislantes y hasta ocasionando un incendio.

Por lo tanto es indispensable, como medida de seguridad, prever un CORTE INMEDIATO del circuito en caso de que la intensidad llegue a alcanzar un valor peligroso.

El más sencillo de los dispositivos de seguridad, en caso de sobrecarga o cortocircuito, es el **Fusible**, llamado también **Cortacircuitos**. Aunque ya lo estudió en la unidad de materiales eléctricos, conviene dar un repaso al papel que juega este dispositivo.

El fusible es un pequeño elemento, generalmente de porcelana o vidrio, que contiene interiormente un hilo de plomo, aluminio o plata y se encuentra instalado en la línea de entrada de cada circuito. (Fig. 11).



Cuando hay una sobrecarga o un cortocircuito en la instalación hay un aumento de intensidad y esta intensidad provoca un calentamiento del hilo fusible. Si la anomalía continúa un cierto tiempo, el calentamiento del hilo fusible continúa hasta llegar a un cierto valor donde se funde, interrumpiendo la continuidad del circuito y haciendo así de interruptor automático.

El diámetro del hilo fusible depende de su naturaleza (pueden ser de plomo, aluminio, etc. y sus diámetros serán diferentes) y de la intensidad que vayan a soportar. Ejemplo un hilo fusible de plomo para 20A, será diferente su diámetro de un hilo fusible de aluminio para 20A, y un hilo fusible de plomo para 20A será diferente su diámetro de un hilo fusible de plomo para 10A.

El siguiente cuadro indica la intensidad que puede soportar normalmente un fusible de acuerdo a la naturaleza del fusible (plomo, plata, o aluminio) y el diámetro del hilo. El hilo fusible se funde cuando la intensidad se hace aproximadamente igual al doble de la indicada en la tabla.

Diámetro del Fusible (en mm)	Intensidad de la Corriente (en A)		Diámetro del Fusible (en mm)	Intensidad de la Corriente (en A)	
	Fusible de Plomo	Fusible de Aluminio		Fusible de Plomo	Fusible de Aluminio
0,2	0,5	2,6	0,9	5,2	25,2
0,3	1	4,8	1	6,3	29,6
0,4	1,5	7,4	1,2	8,7	38,4
0,5	2	10,4	1,4	11,3	48,3
0,6	2,6	13,7	1,6	14	53
0,7	3,5	17,2	1,8	17	71
0,8	4,3	21,3	2	20	84

Es importante respetar los diámetros indicados en la tabla. Si usted coloca un fusible que soporte mayor intensidad, en caso de que ocurra un cortocircuito es posible que se salte el fusible principal, si esto no sucede, habrá una sobre intensidad que calienta los conductores dañando el aislamiento, pudiendo ocasionar un incendio u otros problemas de mayor o menor gravedad.

En las instalaciones modernas, se colocan frecuentemente "**Tacos**" o Breakers, que son interruptores que desconectan automáticamente, cuando hay una sobre intensidad. Con estos "**Tacos**" no hay que reemplazar el fusible. Basta con volver a conectarlos, después de haber investigado y suprimido la causa de la desconexión.

5. Nombre tres gases que se emplean en el alumbrado eléctrico:

a.

b.

c.

6. Diga si el siguiente enunciado es verdadero o falso:

"El calentamiento de los motores por el efecto Joule, es ventajoso, pues produce un aumento de la potencia".

7. Indique con la letra **B** si es benéfica, o con la letra **P** si es perjudicial cada característica del efecto Joule.

- Alumbrado incandescente
- Calentamiento de motores
- Calentamiento de transformadores
- Calentamiento de planchas
- Calentamiento de secadores
- Caída de tensión
- Cortocircuitos
- Calentamiento de rizados
- Calentamiento del televisor

Compare las respuestas con las que aparecen en la pág.38. Si todas son correctas, ¡Felicitaciones! Y lo invitamos a continuar adelante! Si por el contrario tuvo algún error, por favor repase nuevamente el tema.

¡MUCHOS ÉXITOS!

RECAPITULACION

Es importante relacionar dos conceptos fundamentales: el calor y el trabajo. El calor es una forma de energía que puede producir un trabajo. El calor se puede medir y su unidad es la caloría. La relación entre calor y trabajo se llama **Equivalente Mecánico del Calor**.

La corriente eléctrica produce efectos caloríficos, los cuales podemos medir por medio de la Ley de Joule, que dice: "El calor producido por una corriente eléctrica es directamente proporcional a la RESISTENCIA del conductor, a la INTENSIDAD elevada al cuadrado y al TIEMPO que dure circulando esta corriente". El número 0,24 es el factor de conversión, para que el resultado sea en calorías.

$$Q = 0,24 I^2 R t$$

Como $I^2 R$ es potencia según la ley Watt, podemos generalizar la Ley de Joule diciendo que $Q = 0,24 X P X t$ y podemos aplicarla con todas las fórmulas de potencia conocidas.

El efecto Joule, cuando no está destinado al aprovechamiento del calor, constituye una pérdida y siempre debe tenerse en cuenta en los cálculos eléctricos:

En el siguiente cuadro se resumen las aplicaciones y los inconvenientes del efecto Joule.

Aplicaciones	{ Alumbrado incandescente Calefacción eléctrica Aplicaciones domésticas Aplicaciones Industriales
Inconvenientes	{ Caída de tensión en los conductores Cortocircuito Calentamiento de los aparatos eléctricos

Para evitar estos inconvenientes, se debe calcular correctamente la sección de los conductores y emplear materiales que tengan baja resistividad, como la plata, cobre y el aluminio.

VOCABULARIO

Acometida

Línea de entrada de una instalación.

Amianto

Mineral que se caracteriza por ser muy resistente a la acción del fuego.

Ampolla

Vasija de vidrio de cuello largo.

Caloría

Cantidad de calor necesaria para elevar en un grado de temperatura un gramo de agua.

Calorífico

Que produce calor.

Chapistería

Oficio de la persona que trabaja láminas gruesas de metal, madera, etc.

Electrolítico

Que produce la descomposición de un cuerpo, cuando se hace pasar por él una corriente eléctrica.

Filamento

Cuerpo en forma de hilo.

Implícita

Que está contenido o incluido en otra cosa, lo lleva en sí.

Joule (James)

Físico inglés, nacido en 1818 y muerto en 1889, que determinó el equivalente mecánico de la caloría.

Mica

Mineral brillante que se encuentra en forma de hojas o láminas.

Relacionados

Que se conectan o enlazan entre sí.

Shunt

Derivación que se toma en un circuito para que sólo pase una fracción de corriente.

Tubular

Que tiene figura de tubo, o que está formado por tubos.

Wolframio

Metal de color gris, muy duro y difícil de fundir. También se llama Tungsteno.

AUTOEVALUACION FINAL

Estimado Alumno:

Ha llegado al final de la unidad y necesita saber si su aprendizaje ha sido efectivo. Por lo tanto, le pedimos que conteste la autoprueba de avance que usted hallará al principio de la unidad, haciéndolo con sinceridad, seriedad y dedicación. Recuerde que sólo así logrará su objetivo terminal. Luego compare sus respuestas con las que aparecen en la página _____

RESPUESTAS

AUTOCONTROL No. 1

1. Datos: Q = ?
 R = 10.000 Ω
 U = 220 voltios
 t = 90 minutos = 5.400 segundos

$$Q = 0,24 \times \frac{U^2 \times t}{R}$$

$$Q = 0,24 \times \frac{220^2 \times 5.400}{10.000}$$

$$Q = 0,24 \times \frac{48400 \times 5.400}{10.000}$$

$$Q = 0,24 \times 484 \times 54$$

$$Q = 6.272,64 \text{ Calorías}$$

2. Datos: R = ?
 t = 5 minutos = 300 seg.
 I = 8 Amperios
 Q = 56.000 Calorías

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$$

$$56.000 = 0,24 \times 8^2 \times R \times 300$$

$$R = \frac{56.000}{0,24 \times 64 \times 300} = \frac{56.000}{4.608}$$

$$R = 12,1 \text{ Ohmios}$$

3. Datos:

Potencia t = ?

$$P = 3 \text{ Kw} = 3.000 \text{ W}$$

$$Q = 90.000 \text{ Calorías}$$

$$Q = 0,24 \times P \times t$$

$$t = \frac{Q}{0,24P}$$

$$t = \frac{90.000}{0,24 \times 3.000}$$

$$t = \frac{90.000}{720} = \frac{9.000}{72}$$

$$t = 125 \text{ segundos o también}$$

$$t = 2 \text{ minutos } 5 \text{ segundos}$$

4. $Q = ?$

$$R = 20 \Omega$$

$$I = 5 \text{ A}$$

$$t = 30 \text{ minutos} = 1.800 \text{ segundos}$$

$$Q = 0,24 I^2 R t$$

$$Q = 0,24 \times 25 \times 20 \times 1.800$$

$$Q = 186.000 \text{ Calorías}$$

5. $P = ?$

$$Q = ?$$

$$U = 110 \text{ voltios}$$

$$R = 81 \Omega$$

$$t = 3 \text{ minutos} = 180 \text{ segundos}$$

$$\text{a. } P = \frac{U^2}{R} = \frac{110^2}{81} = \frac{12.100}{81} = 149,3 \text{ Watios}$$

$$\text{b. } Q = 0,24 \times 149,3 \times 180 = 6.449,7 \text{ Calorías}$$

6. Su respuesta es correcta si ha mencionado cinco de estos aparatos:

- Cautín eléctrico
- Estufa eléctrica
- Calentador de agua
- Tostador Eléctrico
- Horno eléctrico
- Plancha eléctrica
- Rizador de pelo
- Secador de pelo
- Calentador de ambiente

AUTOCONTROL No. 2

1. Podemos reducir la caída aumentando adecuadamente la sección del conductor.

2. Desempeña el papel de aislante entre la resistencia y la base de la plancha.

3. Su respuesta es correcta si ha mencionado 3 de estos aparatos:

- a. Estufa eléctrica
- b. Calentador de agua
- c. Horno eléctrico
- d. Plancha eléctrica automática
- e. Hornilla

4. $U = 220$ voltios

5 lámparas cada una de 100 watos

1 calentador de 1.000 watos

a) Hallamos la potencia total

$$5 \times 100 = 500 \text{ Watos}$$

$$500 \times 1.000 = 1.500 \text{ Watos de potencia total}$$

b) Luego hallamos la Intensidad, conociendo la Potencia y la tensión.

$$I = \frac{P}{U} \quad I = \frac{1.500}{220} = 6,81 \text{ Amperios}$$

Miramos la tabla y vemos que el fusible de plomo que más se acerca a 6,8 amperios, por exceso, es 1.2 mm de diámetro, que está adecuado para esta instalación.

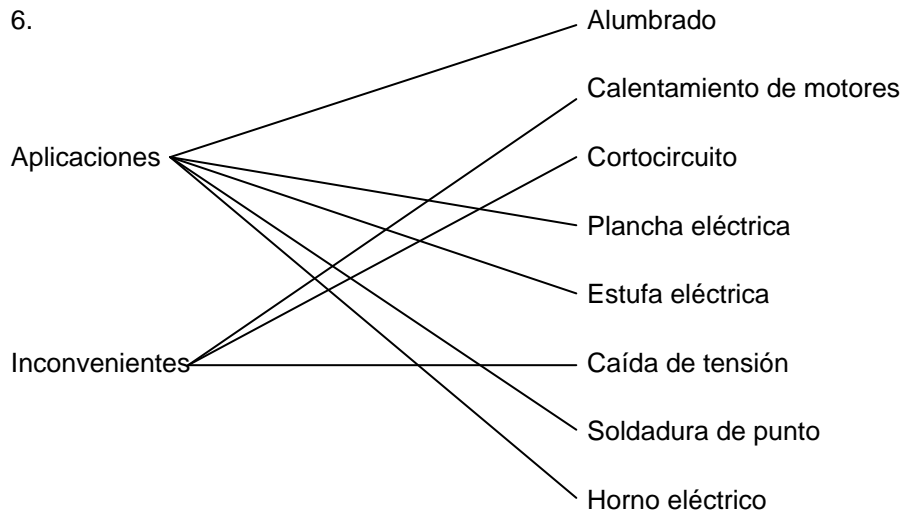
5. Su respuesta es correcta si ha mencionado 3 de estos gases:

- a. Neón
- b. Argón
- c. Nitrógeno
- d. Gas de sodio
- e. Gas de yodo

6. El enunciado "El calentamiento de los motores eléctricos por el efecto Joule es ventajoso, pues nos produce un aumento de potencia" es falso, pues el calor producido en los motores eléctricos por el efecto Joule, es una pérdida.

7. B Alumbrado incandescente
 P Calentamiento de motores
 P Calentamiento de transformadores
 B Calentamiento de planchas
 B Calentamiento de secadores
 P Caída de tensión
 P Cortocircuitos
 B Calentamiento de rizadores
 P Calentamiento del televisor

Si todas sus respuestas fueron correctas ¡Felicitaciones! y por favor haga los trabajos escritos y las prácticas. Si tuvo algún error estudie nuevamente la unidad.



7. La caída de tensión admitida es generalmente del 5% de la tensión de alimentación.

8. $10 \times 100 = 1.000 \text{ Watios}$
 1.000 ''
 150 ''

 $2.150 \text{ Watios (Potencia Total)}$

Hallamos la I conociendo la potencia y la tensión

$$I = \frac{P}{U} = \frac{2.150}{110} = 19,5 \text{ Amperios}$$

Se necesita un fusible de 20 A

9. La expresión: "El Efecto Joule produjo una pérdida de potencia de 100 Watios", es correcta porque el calentamiento en máquinas es pérdida.

10. El enunciado "El soldador de puntos funciona debido al efecto Joule" es verdadero, porque el calentamiento eléctrico es una consecuencia del efecto Joule.

BIBLIOGRAFÍA

PERRIN, M., "**Electricidad Industrial**", III Volumen.

AGGER, L.T., "**Introducción a la Electricidad**", Editorial Continental, México, 1975, 2a. edición.

CHICK, Kurt, "**Principios de Electricidad**", Editorial Carvajal y Cía, Cali, 1971.

SHEPHERD, Walter, "**La Electricidad**", Editorial Amaya, México, 1974.

ROBINSON, Rester, "**Conceptos de Electricidad**", Editorial Diana, México, 1973.

DAWES, Ch. L., "**Tratado de Electricidad**", Editorial Gustavo Gili, México, 1974, Tomo I.

SINGER, Francisco L., "**Electricidad**", Editorial Continental, México, 1975.

TRABAJO PRÁCTICO

Estimado alumno:

Es indispensable que todos los conocimientos adquiridos los practique, ya que las experiencias vividas nos ayudan a recordar más fácilmente la teoría estudiada. Recuerde que este curso es autoformativo, lo que significa, FORMARSE POR SU CUENTA Y AUTOEVALUARSE. Por eso, evalúese bien, no se engañe, sería imperdonable.

Como trabajo práctico, le sugerimos lo siguiente: En la unidad anterior usted calculó la potencia de 1, 2, 3 lámparas. Con esos datos, haga un pequeño cuadro de las calorías que producen dichas lámparas y preséntelas al tutor en la próxima visita. Él le hará las observaciones adecuadas y así podrá darse cuenta de su progreso.

Deseamos sinceramente que usted continúe avanzando hacia el éxito.

TRABAJO ESCRITO

Este trabajo consta de preguntas relacionadas con los temas vistos en la presente unidad.

Hágase el firme propósito de responder por sí mismo todas las preguntas del cuestionario, sin necesidad de releer el tema. ¡No se engañe a sí mismo!. Tenga en cuenta que nada hay tan formativo (en caso de contestar erróneamente), como el volver sobre lo estudiado y rectificar el concepto que se formó equivocadamente.

Envíe la hoja de respuestas junto con los datos que se le piden.

CUESTIONARIO

1. Defina qué es caloría.

2. Nombre 3 inconvenientes del "efecto Joule".

3. ¿Cuál es el fusible de plomo adecuado, para proteger una instalación de 1.600 Watios de potencia o una tensión de 110 voltios?

4. Se desea instalar en una oficina un grupo de 10 lámparas de 100 Watios cada una, 2 máquinas de escribir de 200 Watios cada una y un ventilador de 300 Watios. La toma de alimentación está a 50 mts. de la oficina, la tensión de la línea de cobre, es de 110 voltios. Calcular:
 - a. La sección de conductor, si la caída no debe exceder del 2%.

 - b. ¿El fusible conveniente para esta instalación?

HOJA DE RESPUESTAS

Nombres y Apellidos _____

Número de matrícula _____

Dirección _____

Municipio _____ Departamento _____

Fecha de envío _____ Número de la Unidad _____

1.

2.

3.

4.

a.

b.

FICHA DE PRUEBA

En nuestro afán de mejorar el material de enseñanza le solicitamos revise su contenido y responda las preguntas que le hacemos a continuación. Haga sus observaciones sin temor y tenga la seguridad que serán tomadas en cuenta.

1. Cómo calificaría esta unidad?

Excelente _____ Buena _____ Regular ----- Mala-----

2. ¿En qué preguntas de los autocontroles se equivocó? _____

3. ¿A qué se debió el error?

Pregunta confusa _____ Mala información _____ Poca información -----

Falta de ejemplos _____ Falta de ilustraciones-----

Redacción confusa _____ ¿Otras? ----- ¿Cuáles?-----

4. Qué sugiere para mejorar la Unidad:

Alargarla _____ Acortarla _____ Más ejemplos.

Redacción más clara _____ Estilo más serio _____

Más ilustraciones _____ Estilo menos serio -----

Más ejercicios _____ Menos técnica _____

Más explicación _____ Lenguaje más sencillo -----

Lenguaje menos elemental _____ Más extensión del tema -----

Otros _____

5. ¿En qué parte u hoja sugiere la mejora?

6. ¿Cómo le parece el tamaño de la unidad? Bueno _____ Regular _____
¿Por qué?:

7. ¿Es el tamaño de la letra adecuado? Sí _____ No _____
¿Por qué?:

8. ¿Son los dibujos y las ilustraciones claros? Sí _____ No _____
¿Por qué?:

9. Si tiene alguna otra sugerencia, por favor, escríbala en este espacio: