

A large, dark vacuum tube is the central focus of the cover. Inside the tube, a cityscape is visible, with buildings and structures illuminated by red and green lights. The background is a dark, textured blue.

electronia + radio + tv

Válvulas de vacío (I)
Electrometría
teórico - práctica

ediciones **AFHA**

electronia + radio + tv

método especialmente ideado para aprender por sí mismo

electronia + radio + tv

tomo II

Válvulas de vacío I - Electrometría teórico-práctica I

AFHA

el método de

electronia radio tv

comprende los siguientes títulos:

Tomo I	Teoría y montajes iniciales
Tomo II	Válvulas de vacío. Electrometría teórico-práctica
Tomo III	Detectores. Osciladores. Amplificadores
Tomo IV	Amplificadores B.F. Altavoces. Válvulas amplificadoras
Tomo V	El superheterodino de AM
Tomo VI	Receptores de frecuencia modulada
Tomo VII	Transistores
Tomo VIII	Alta fidelidad
Tomo IX	Instrumentos de medida
Tomo X	Televisión (I)
Tomo XI	Televisión (II)
Tomo XII	Televisión (III)

© AFHA Internacional, S.A.

c/. Maestro Nicolau, 4 Barcelona (21)

Vigésimocuarta edición: Segundo trimestre 1979

N.º Registro: 4.883-71

Depósito Legal: B. 7.724-1979 (II)

ISBN: 84-201-0274-1 Obra completa

ISBN: 84-201-0342-X Tomo 2

Impreso en España

Printed in Spain

Impreso por EMOGRAPH, S.A.

Almirante Oquendo, 1-9 Barcelona (20)

prólogo

Tras el estudio de las materias preliminares de que se trató en el tomo I de este Tratado, el lector se halla en condiciones de abordar los temas que contiene este segundo volumen. Ha llegado el momento de tratar de las válvulas de vacío, base en que se asienta la ciencia radiotécnica.

El diodo de Fleming fue sólo el principio. Transcurrieron algunos años antes de que su evolución condujese a la creación de las válvulas triodo; y luego éstas a la de otras más complicadas. Su progreso llevó consigo el de otros elementos accesorios —resistencias, por ejemplo—, y a su vez fue necesario crear una técnica de medición adecuada a las necesidades de cada momento.

Ésos son los puntos a que se aplicará nuestro estudio. La teoría básica deja paso a la aplicación práctica; se abandona lo elemental y comienza lo tangible. El lector halla lo relativo a uno de los bloques funcionales de un receptor moderno: la etapa de alimentación. Estudiará la válvula rectificadora biplaca —descendiente casi directo del diodo de Fleming— y el componente radioeléctrico asociado a ella: el transformador. Conoce el porqué de la aparente contradicción que encierra el hecho de que cualquier radiorreceptor haya de funcionar con corriente continua, a pesar de que se alimente con corriente alterna.

Es lógico que también haya de estudiar la función de las resistencias y de los condensadores; no sólo eso, sino saber el cómo, el porqué y el cuándo de su aplicación. Ello le llevará de modo gradual a iniciar el estudio de un receptor regenerativo: ¡su primer receptor!

índice

Lecclón 7 - página 1

RADIOTECNIA. — *El efecto termoiónico*. Ionización. Ionización por calor: Efecto termoiónico. La corriente eléctrica genera calor: Efecto Joule. El diodo termoiónico. Sentido de la corriente en el interior del diodo. Diodos de caldeo indirecto. Poder emisor de los cuerpos. Obtención del vacío. Curvas características de un diodo. El diodo de vacío como detector. El diodo de vacío en las fuentes de alimentación. Rectificadora biplaca. PRÁCTICAS. — *Cálculo y construcción de transformadores*. Un transformador. Cálculo de un transformador. Sección del núcleo. Número de espiras. Grueso de los hilos de las bobinas.

Lecclón 8 - página 23

RADIOTECNIA. — *El triodo termoiónico*. Cómo funciona el triodo. Circuito y corriente de reja. Curvas características de un triodo. Características de reja. Un triodo moderno: la ECC82 de la serie Noval. Características de placa de un triodo. Características de corriente constante. Pendiente. Resistencia interna o de placa. Coeficiente de amplificación. El triodo como amplificador. El triodo como detector. PRÁCTICAS. — *Montaje de una fuente de alimentación para receptores de corriente alterna: primera fase*. Justificación. Nuestra fuente de alimentación. Esquema y material. El montaje. Las primeras conexiones.

Lecclón 9 - página 47

RADIOTECNIA. — *La resistencia en los circuitos de radio*. El tamaño de las resistencias. Potencia de disipación. Intensidad máxima. Tensión máxima. Aplicación. Construcción de las resistencias de radio. Resistencia bobinadas. Resistencias de carbón. Tolerancia. Asociación de resistencias. Asociación en paralelo. Asociación en serie. Comparación entre el cálculo de resistencias y el de condensadores. Resistencias variables. Reóstatos y potenciómetros. Comportamiento de una resistencia a la que se aplican impulsos eléctricos. Descarga de un condensador a través de una resistencia. Advertencia. Filtrado de una onda rectificada. La fuente de alimentación completa. Condensadores electrolíticos. PRÁCTICAS. — *Montaje de una fuente de alimentación para receptores de corriente alterna: segunda fase*. Aviso importante. Análisis del esquema.

Lecclón 10 - página 79

RADIOTECNIA. — *Medidas eléctricas*. Introducción. Medida de la intensidad de una corriente continua. El cuadro móvil. Gira controlado. La sensibilidad. Algunos detalles constructivos. Extensión del margen de medidas de intensidades. Medida de tensiones continuas. Ejemplo. Extensión del intervalo de medición de tensiones. Limitaciones del galvanómetro al medir tensiones continuas. Ohmios por voltio. PRÁCTICAS. — *Construcción de un polímetro o téster: primera fase*. Los componentes electrónicos. Componentes mecánicos. El montaje. Colocación de las hembrillas y terminales. Colocación del conmutador y del potenciómetro. Datos para la construcción de las resistencias bobinadas. Bobinado de las resistencias. Resumen.

Lecclón 11 - página 103

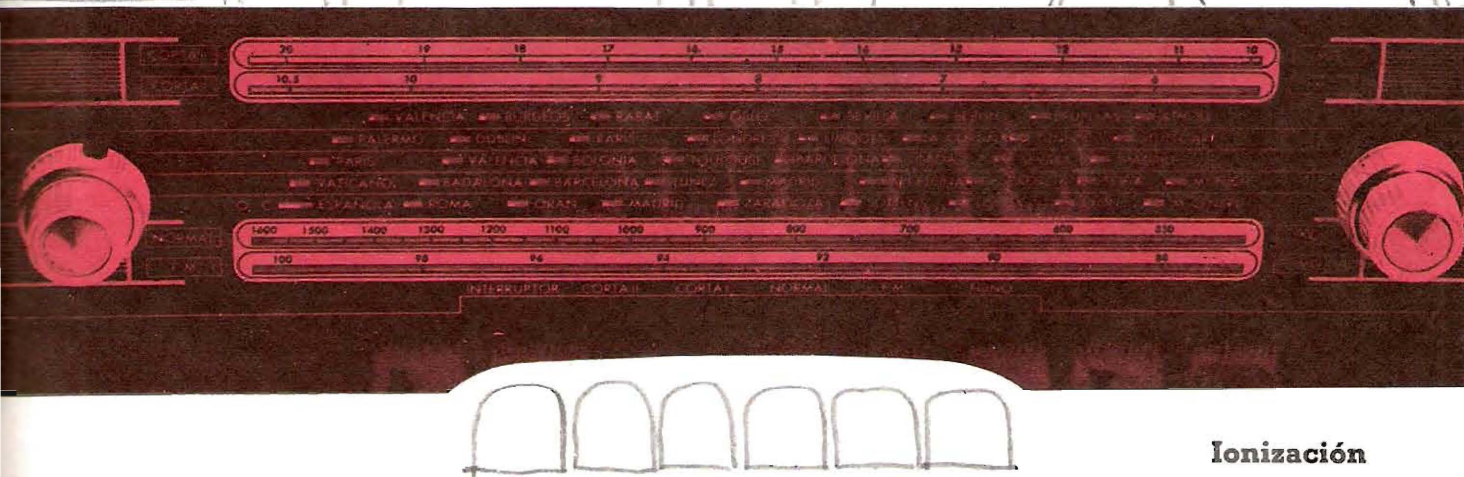
RADIOTECNIA. — *Medidor de corrientes alternas y de impedancias*. Una dificultad de principio. Valores instantáneos de una c.a. Valores eficaces de una corriente alterna. Amperímetros térmicos. Uso del galvanómetro con rectificador de onda completa. El puente de Graetz. Aplicación del puente de Graetz en las fuentes de alimentación. Distintos tipos de corrientes alternas. Relación entre el valor de pico y el valor eficaz. Otros instrumentos de medida. Forma correcta de ver las indicaciones de un instrumento de medida. PRÁCTICAS. — *Construcción de un polímetro o téster: segunda fase*. Conexión de las resistencias que corresponden a las tensiones de corriente alterna. Colocación de las resistencias correspondientes a las tensiones continuas. Preparación del conmutador. Colocación de las regletas de resistencia.

Lecclón 12 - página 125

RADIOTECNIA. — *Medida de resistencias, capacidades y autoinducciones*. Medida de resistencias. Ohmetros. Consideraciones finales. Medición de capacidades. El condensador en circuitos de corriente alterna. El capacímetro. Medida de autoinducciones. El polímetro. PRÁCTICAS. — *Construcciones de un téster: etapa final*. Colocación del instrumento de medida. Conexión entre el rectificador y la regleta de cuatro terminales. Conexión de los hilos de 15 cm. que salen de la regleta y conexiones al instrumento. Colocación de las pilas. El téster terminado.

LECCION

7



Ionización

Efecto termoiónico

Diodos de vacío

**Rectificación de media onda
y rectificación de onda completa**

Ionización El efecto termoiónico El diodo de vacío

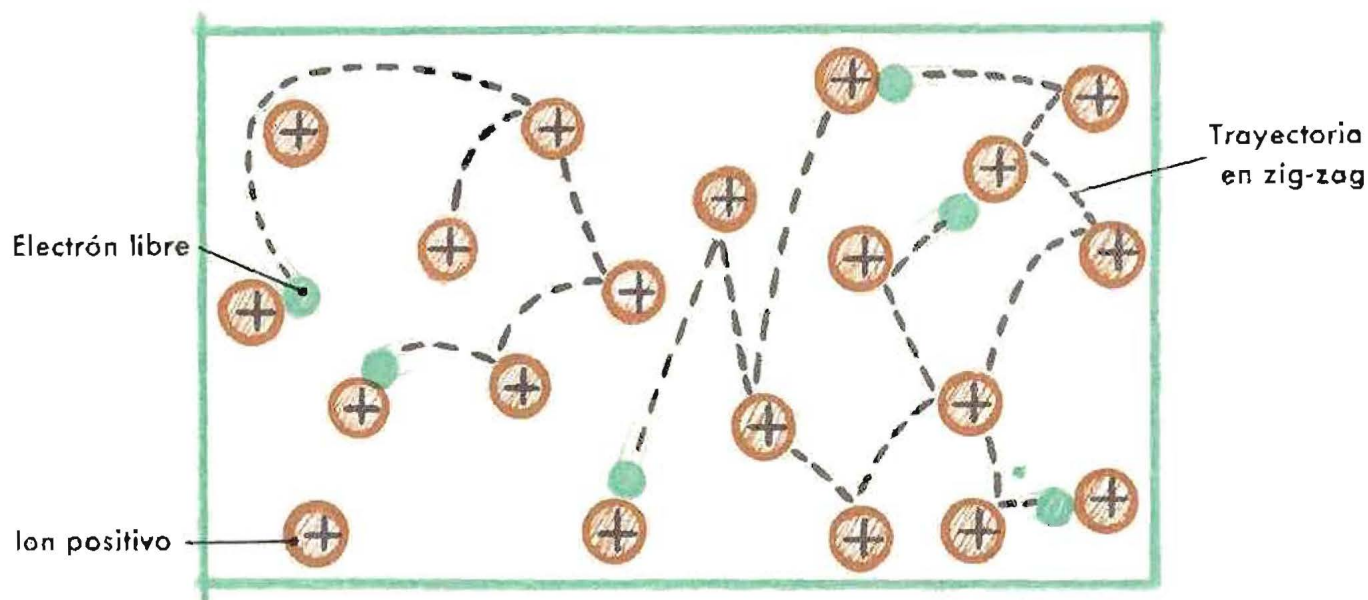
IONIZACION

El estudio de las estructuras atómicas de los elementos simples y demás minerales ha demostrado que los metales tienen una constitución tal que los núcleos de los átomos de que están formados ocupan posiciones fijas; son como puntos inmóviles en el espacio. Por entre la estructura estática formada por los núcleos atómicos pueden desplazarse libremente algunos de los electrones de dichos átomos; son estos electrones libres los que hacen del metal un buen conductor de la electricidad. Basta recordar que la corriente eléctrica es un flujo de electrones para comprender la razón de lo que acabamos de afirmar.

Así, pues, todo metal, en condiciones norma-

les, presenta una estructura atómica de núcleos fijos; núcleos que forman parte de átomos que pueden presentar un déficit de electrones. Estamos, pues, en presencia de átomos con defecto de carga negativa o, lo que es lo mismo, de átomos positivos. Son átomos con carga eléctrica que reciben el nombre de IONES.

En consecuencia, hablaremos de un fenómeno de ionización cuando se consiga que en una estructura atómica aparezcan átomos en forma de ion con carga eléctrica. A la ionización de los átomos de los metales dedicaremos la presente lección, por ser un fenómeno que ha tenido especial trascendencia en el desarrollo de la ciencia electrónica.



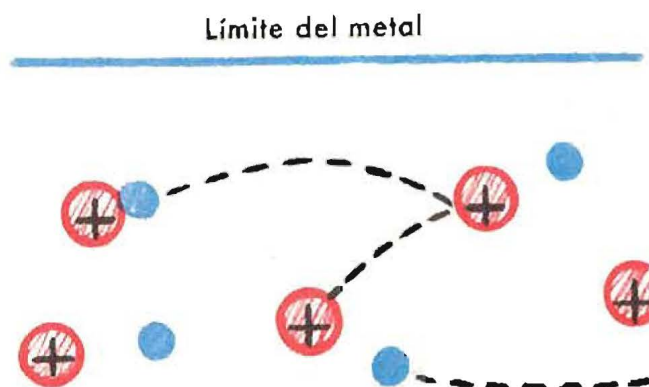
Representación simbólica del movimiento electrónico dentro de un metal.

IONIZACION POR CALOR - EFECTO TERMOIONICO

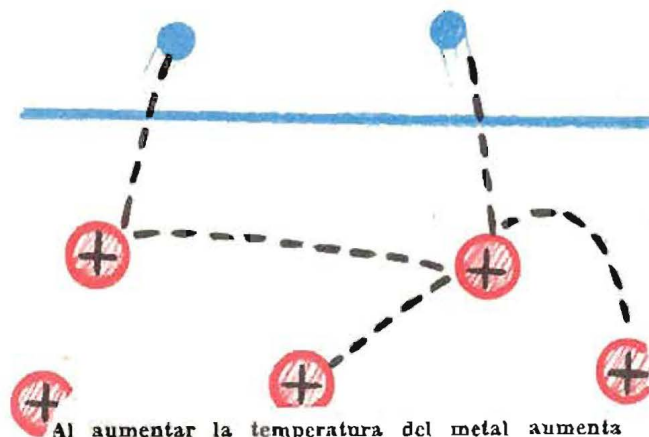
Cuando un metal se halla a la temperatura ambiente sus electrones libres se mueven en el interior de la estructura de forma anárquica; chocan continuamente con los iones y cambian a cada choque la dirección de su movimiento. Estos choques deben ser muy frecuentes, porque, siendo el electrón una partícula negativa, se siente atraído por el ion (núcleo con los electrones que no han podido escapar de sus órbitas), al que le sobra carga positiva. Y en virtud de esta atracción del ion sobre los electrones, pese a su desenfrenada carrera, se mantienen dentro de la estructura atómica sin salir al exterior del metal. En cuanto un electrón tiende a escapar del espacio que limitan los núcleos fijos, se desvía de su trayectoria y vuelve al interior.

Esto ocurre a la temperatura ambiente; pero si calentamos el metal, la velocidad de los electrones libres aumenta a medida que aumenta la temperatura. La violencia del movimiento de los electrones es tanto mayor cuanto más alta sea la temperatura alcanzada por el metal; y así puede ocurrir que para aquellos electrones cercanos a la superficie de la masa metálica, que ya tendían a escapar a temperaturas normales, la velocidad llegue a ser suficientemente elevada como para contrarrestar la fuerza de atracción que los iones ejercen sobre ellos. Estos electrones escaparán definitivamente de la estructura metálica de que formaban parte.

Como resultado de esta fuga de electrones, obtenemos un metal cargado positivamente: por cada electrón escapado, un nuevo ion positivo en el metal. Eso es lo que da a entender el nombre con que se conoce este fenómeno: efecto termoiónico, que podemos traducir por la formación de iones por efectos térmicos; del calor.



A la temperatura ambiente los electrones que tienden a escapar de la estructura son atraídos por otros núcleos.



Al aumentar la temperatura del metal aumenta la velocidad de los electrones que pueden abandonar la estructura.

LA CORRIENTE ELECTRICA GENERA CALOR - EFECTO JOULE

El efecto termoiónico depende del calor, como acabamos de ver. Este calor puede suministrarse por cualquiera de los procedimientos conocidos: desde una vela al carbón ardiendo, pasando por un mechero de gas o alcohol, todos son buenos para la ionización de un metal.

Sin embargo, nos interesa considerar una fuente de calor mucho más adecuada a nuestros fines: una corriente eléctrica. Todo conductor, debido a su resistencia, experimenta un aumento de temperatura cuando a través de él hace-

mos circular una corriente eléctrica. Este es el llamado efecto Joule: la relación entre electricidad y calor, sobre cuyas aplicaciones podríamos llenar un libro entero. Basta pensar en los calefactores eléctricos: un largo hilo resistente se pone al rojo vivo cuando por él circula la corriente suministrada a través de la red de distribución eléctrica.

Siempre que un conductor se calienta debido al efecto Joule, aparece simultáneamente una emisión de electrones debida al mismo calenta-

miento. Puede afirmarse que allí donde hay efecto Joule hay también efecto termoiónico en mayor o menor grado.

Explicarse el porqué del efecto Joule sólo requiere conocer la naturaleza corpuscular de las corrientes electrónicas y recordar que, por la ley de la conservación de la energía, todo roce implica el desprendimiento de una cierta cantidad de calor.

Según hemos dicho, en el interior de un hilo metálico los electrones se mueven con desorden, chocando frecuentemente con los iones. Si a este hilo, considerado a la temperatura ambiente, le conectamos los bornes de un generador (uno en cada extremo) los electrones se move-

rán en dirección al borne positivo, con una velocidad que será tanto mayor cuanto más grande sea la diferencia de potencial entre los dos bornes del generador.

A mayor velocidad corresponderán choques más violentos, capaces de producir más calor; y como por otra parte la trayectoria de los electrones es siempre zigzagüeante, porque los iones impiden su desplazamiento rectilíneo, la corriente que pasa por el hilo no disminuye la cantidad de choques. La temperatura alcanzada por un metal al que se aplica una corriente eléctrica se debe al calor desprendido por los millones de millones de choques entre los electrones libres del metal y los átomos ionizados y fijos.

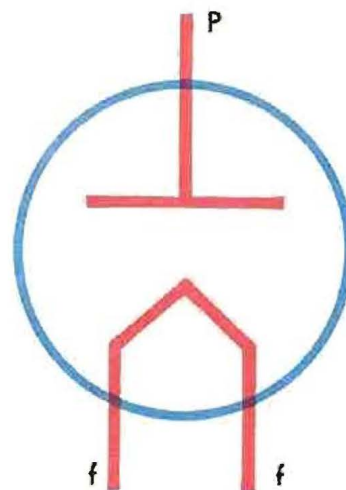
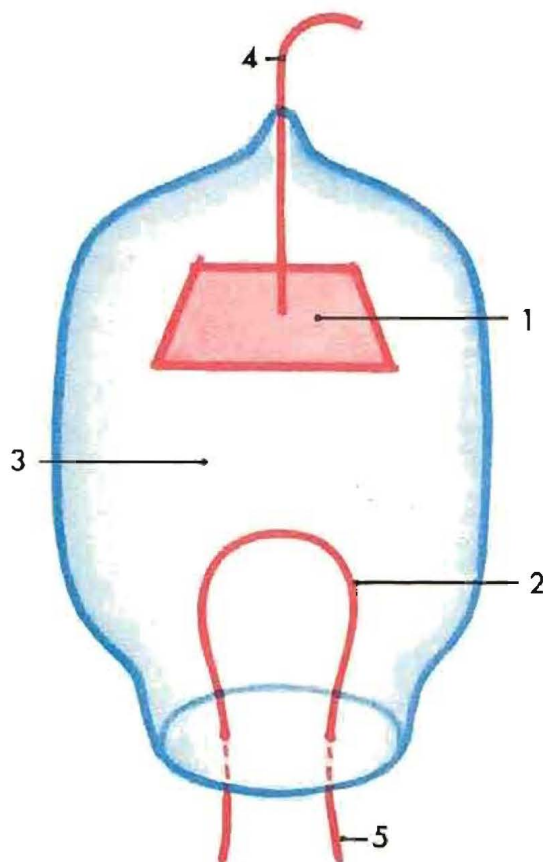
EL DIODO TERMOIONICO

Vamos a estudiar una aplicación fundamental del efecto termoiónico: el diodo de vacío o termoiónico.

Dispongamos una ampolla de vidrio completamente cerrada en la cual se ha practicado el vacío; es decir, se ha extraído el aire de su interior. En esta ampolla se han colocado dos elementos fundamentales: un hilo metálico de elevada resistencia al que se sueldan dos hilos buenos conductores que salen al exterior; enfrentada a él, una placa metálica con una co-

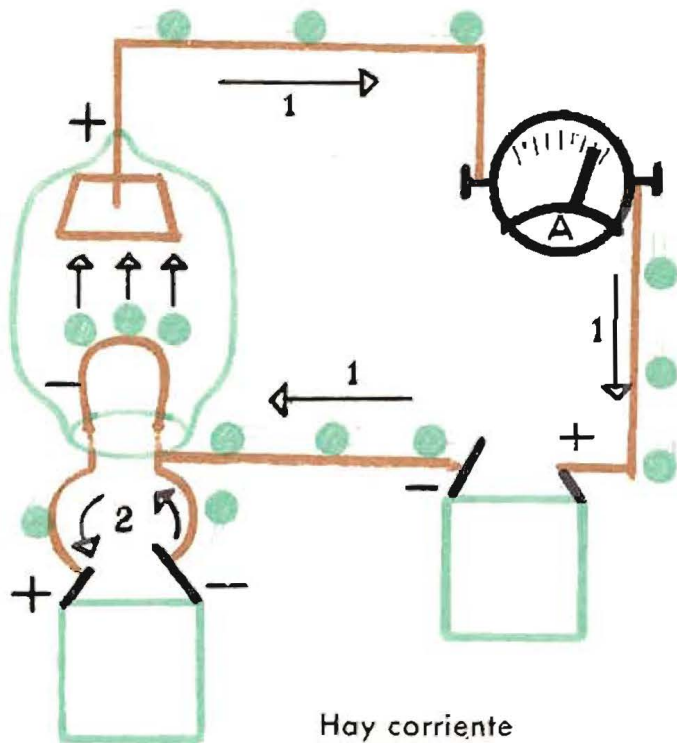
nexión que emerge también del interior de la ampolla. El primero de estos elementos (el hilo) recibe el nombre de *filamento* y el segundo el de *placa*. El conjunto formado por la ampolla, placa y filamento recibe el nombre de **DIODO DE VACÍO** o **DIODO TERMOIÓNIC**. Es la más elemental de las válvulas de radio.

Lo llamamos diodo, ¿se fija? Usted recuerda lo que es y cómo actúa un diodo de cristal: si el nombre genérico es el mismo, será porque su comportamiento es de naturaleza similar.

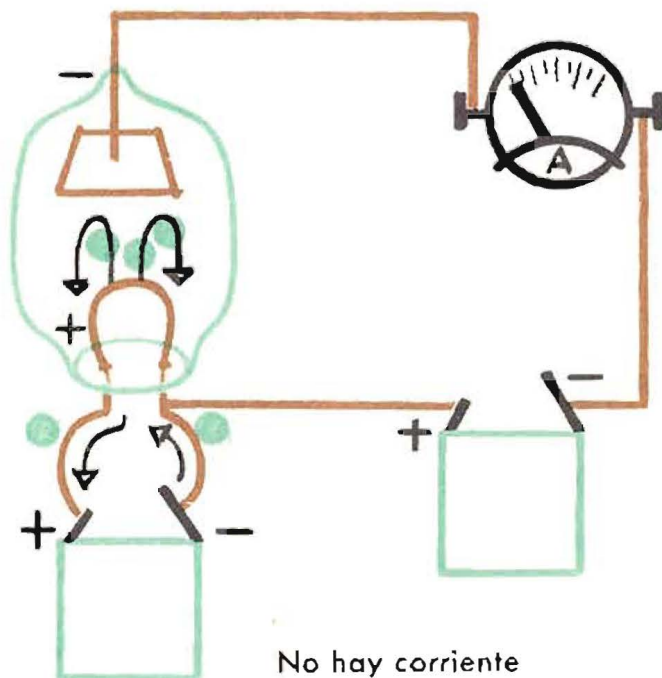


Símbolo para diodo de calentamiento directo. P. Placa. — f. Filamento.

Representación esquemática de un diodo de vacío. 1. Placa. — 2. Filamento. — 3. Ampolla de vidrio. — 4. Conductor de placa. — 5. Conductor de filamento.



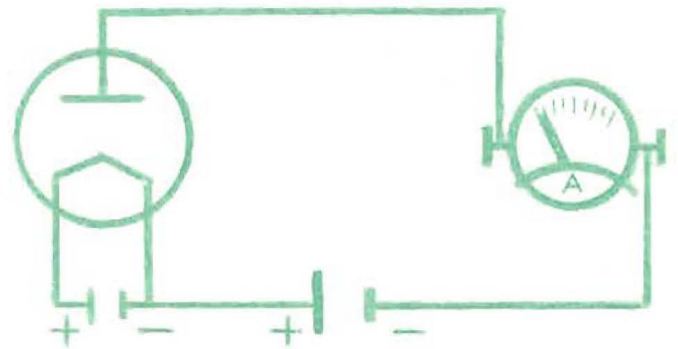
1. Sentido de los electrones en el circuito de placa. — 2. Sentido de los electrones en el circuito de filamento.



La placa se hace negativa y, cumpliendo con la ley de atracción y repulsión de cargas, rechaza los electrones emitidos por el filamento. A la derecha: esquema del montaje con placa negativa.

Así es: el diodo termoiónico puede realizar la misma función que un diodo de cristal. Puede servir de detector porque, como aquél, permite el paso de la corriente en un solo sentido. Vamos a comprobarlo.

A los extremos del filamento aplicaremos una pila capaz de calentarlo lo suficiente para que emita electrones (generalmente el hilo debe llegar al rojo); y entre uno de los extremos del filamento y el terminal de placa conectaremos otra pila de modo que su borne positivo corresponda a la conexión que va a dicha placa.

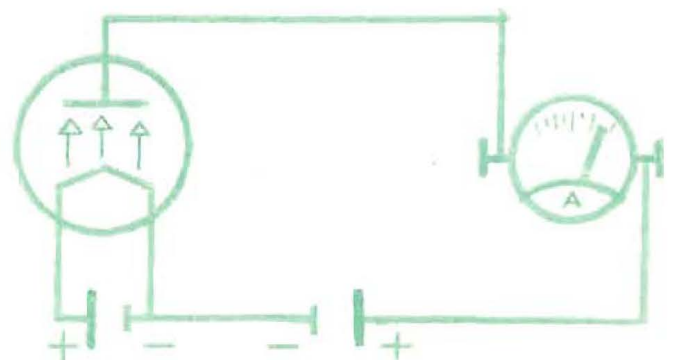


Esquema del montaje anterior.

En estas condiciones ocurre lo siguiente: la placa del diodo, por estar conectada al borne + de la pila, le cede electrones; y quedando con defecto de cargas negativas atrae los electrones que desprende el filamento. A través del vacío se establece un flujo de electrones que parte del filamento y pasa a la placa.

Estos electrones abandonan la placa para dirigirse al borne positivo de la pila por el camino señalado por el conductor. Atraviesan la pila, salen por el borne negativo y alimentan de nuevo el filamento del diodo.

Esta corriente se pone de manifiesto al intercalar un miliamperímetro entre la placa y el polo positivo de la pila.



Si tomamos esta pila y cambiamos su polaridad, resultará que la placa queda conectada al borne negativo de la pila; su carga eléctrica será también negativa, puesto que recibe electrones del generador, y en consecuencia rechazará los electrones emitidos por el filamento. El miliamperímetro no indicará corriente alguna, puesto que se interrumpe en el interior de la válvula o diodo, a través del cual no puede establecerse el anterior flujo de electrones.

A estos diodos los llamamos también de va-

cío porque, efectivamente, requieren esta condición: interior exento de cualquier gas.

Habrà, pues, alguna razón que aconseje tal medida. Es una razón comprensible: las moléculas de aire en el interior del diodo serían un obstáculo para que los electrones alcanzasen la placa, cuando es positiva. Se produciría un verdadero bombardeo de electrones sobre las moléculas del gas, que frenarían y desviarían el recorrido del flujo electrónico, haciendo prácticamente imposible que llegase a incidir en la placa.

SENTIDO DE LA CORRIENTE EN EL INTERIOR DEL DIODO

Ahora vamos a hacer una afirmación que le sorprenderá: decimos que en un diodo termoiónico la *corriente eléctrica* circula de la placa al filamento y sólo cuando la placa es positiva.

Y tal afirmación ¿no es contraria a lo que enseña la teoría electrónica al decir que por el interior de un conductor sólo se desplazan las cargas negativas o electrones...? Acabamos de ver que el flujo electrónico parte del filamento (negativo) para dirigirse a la placa (positiva), corriendo en sentido contrario al que determinamos para la corriente eléctrica. Ésta es la realidad del proceso, que no debe confundirse con lo que tradicionalmente se llama corriente eléctrica, de la cual seguimos manteniendo el sentido propugnado por Franklin: del más al menos.

Conviene no confundir el concepto de corriente eléctrica con el de corriente de electrones o, como la llamaremos desde este momento, *corriente electrónica*.

Considerando un circuito formado por una pila y un hilo metálico resistente, la corriente electrónica es simplemente el flujo de electrones

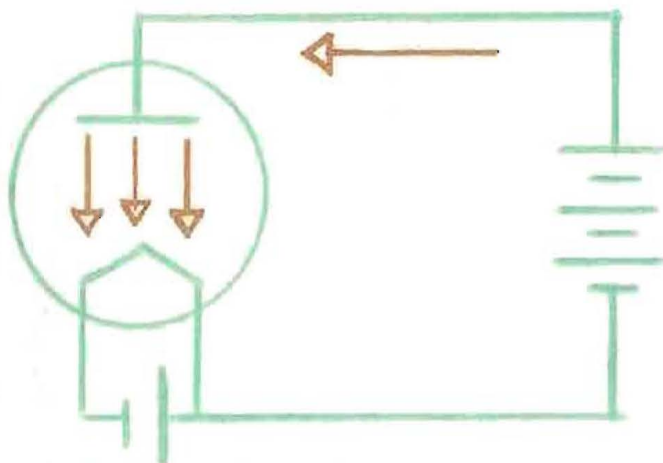
que recorre el hilo penetrando en la pila por el borne positivo y saliendo por el negativo.

Después de esta distinción, usted se preguntará: si la corriente eléctrica que hasta ahora había identificado con la corriente de electrones no es tal, ¿qué es entonces?

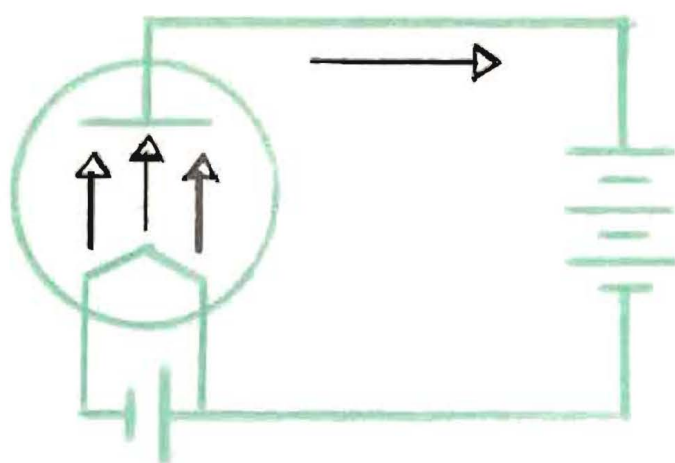
Contestar a esta pregunta significa aceptar por buena la costumbre seguida desde que Benjamín Franklin postuló la existencia de dos clases de electricidad (negativa y positiva) y supuso que los fenómenos de descarga se producían por cesión de cargas positivas a la masa negativa.

Las recientes investigaciones sobre los fenómenos electrónicos y sobre la estructura de la materia han demostrado todo lo contrario: que las cargas positivas de ordinario permanecen fijas.

Pero cuando se alcanzó este conocimiento era demasiado tarde (valga la expresión) para rectificar. Se había creado la costumbre de hablar de todos los fenómenos eléctricos dando a la corriente el sentido atribuido por Franklin, costumbre que sigue vigente y que no es probable que desaparezca.



Sentido de la corriente eléctrica en el interior del diodo: de placa a filamento. Es un sentido figurado.



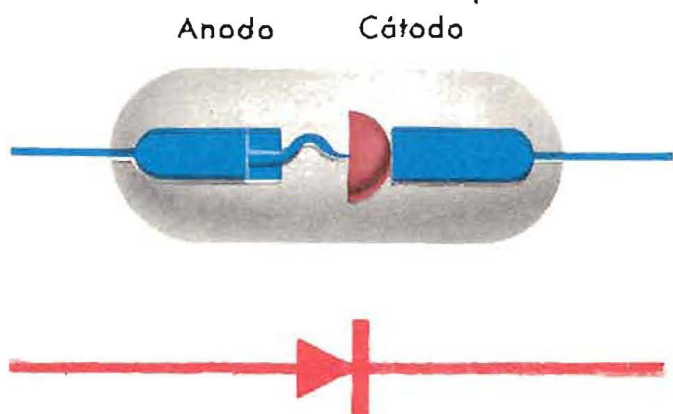
Sentido de la corriente electrónica en el interior del diodo: de filamento a placa. Es el sentido real.

Si nuestra disciplina fuese la electricidad aplicada, poca importancia tendría saber distinguir entre corriente eléctrica y corriente electrónica. El electricista supone siempre el sentido tradicional de la corriente porque en nada modifica los resultados. Pero no es así en electrónica, donde el comportamiento de los electrones es la única explicación de infinidad de fenómenos. A estas alturas, cuando empezamos a relacionar la

radio con la electrónica, era imprescindible dejar bien sentada la diferencia.

Al hablar de los diodos de cristal decíamos que la *corriente eléctrica* podía atravesarlos cuando entraba por el ánodo para salir por el cátodo. Luego, por similitud, en el diodo termoiónico el ánodo será la placa y el cátodo el filamento.

LA CORRIENTE ELECTRÓNICA, PUES, VA DE CÁTODO A ÁNODO.



Por similitud con el diodo de cristal, diremos que la corriente electrónica va de cátodo a ánodo.

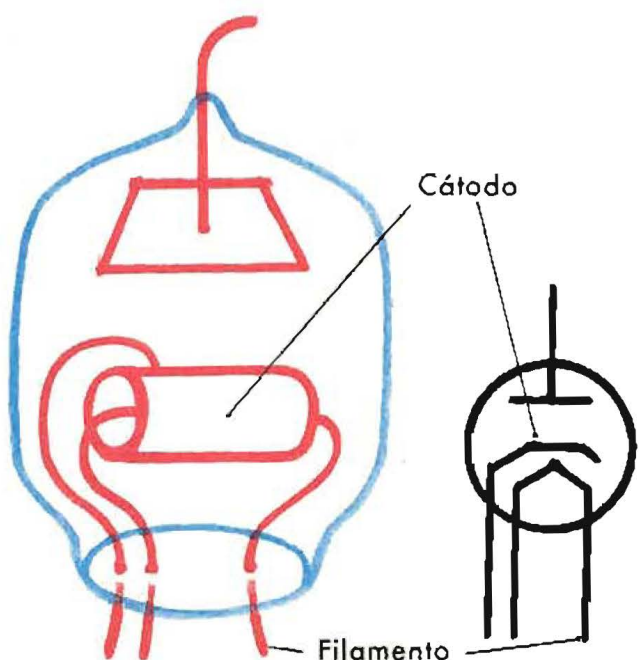
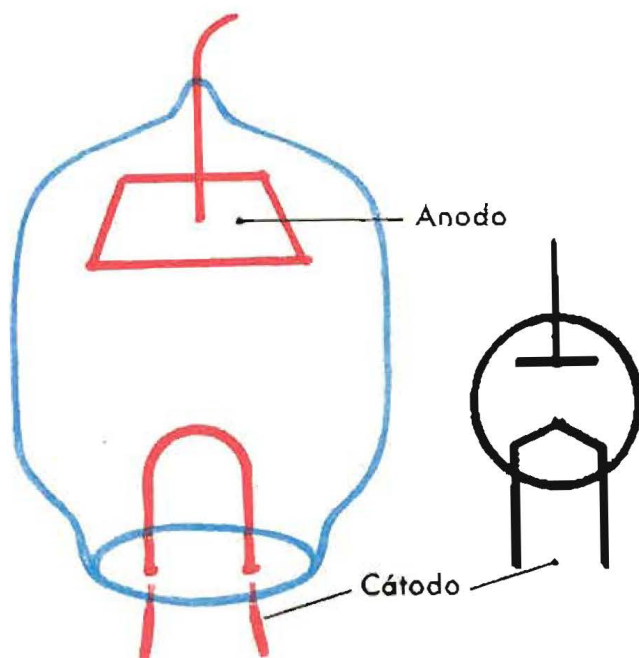
DIODOS DE CALDEO INDIRECTO

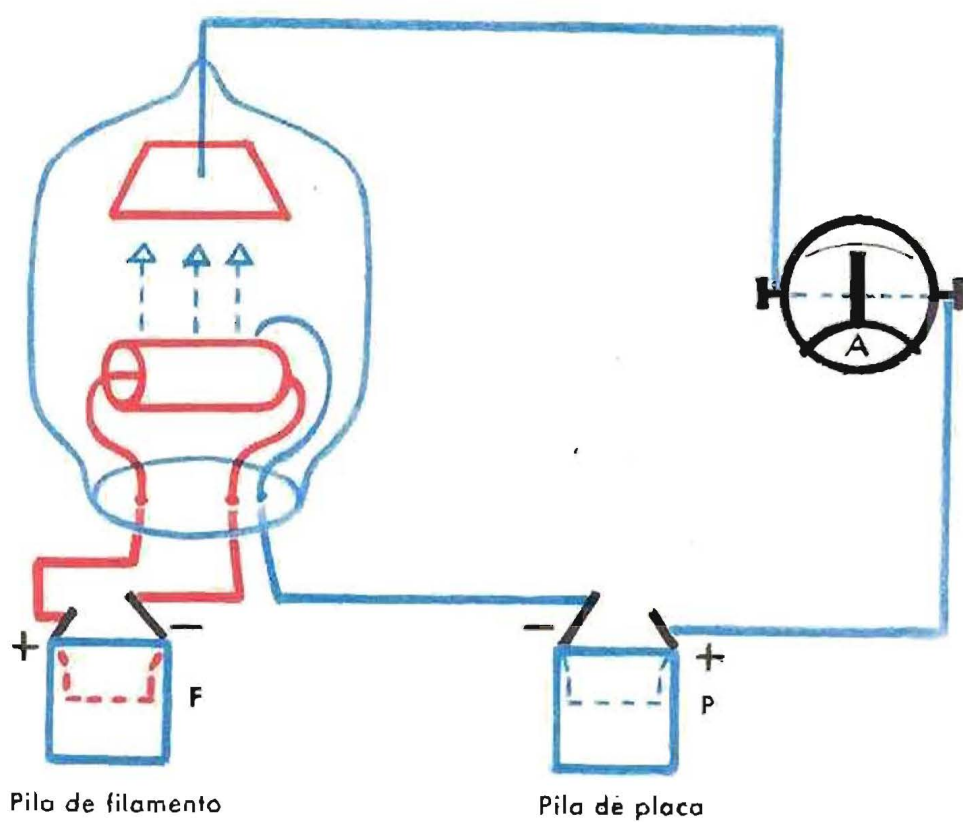
El filamento no siempre es el cátodo. Lo es cuando el diodo es de caldeo directo, o sea cuando los electrones que se desprenden provienen del filamento mismo, que se ha puesto al rojo por causa de la corriente que por él circula.

Existe otro tipo de diodos de vacío en los cuales el filamento se recubre de un pequeño cilindro metálico que se pone al rojo por el calor que recibe del filamento. En este caso el filamento no es el cátodo propiamente dicho, sino que actúa únicamente de elemento calefactor del cilindro que lo recubre y que es el verdadero emisor de electrones: el cátodo. A los diodos de este tipo se les llama de caldeo *indirecto*.

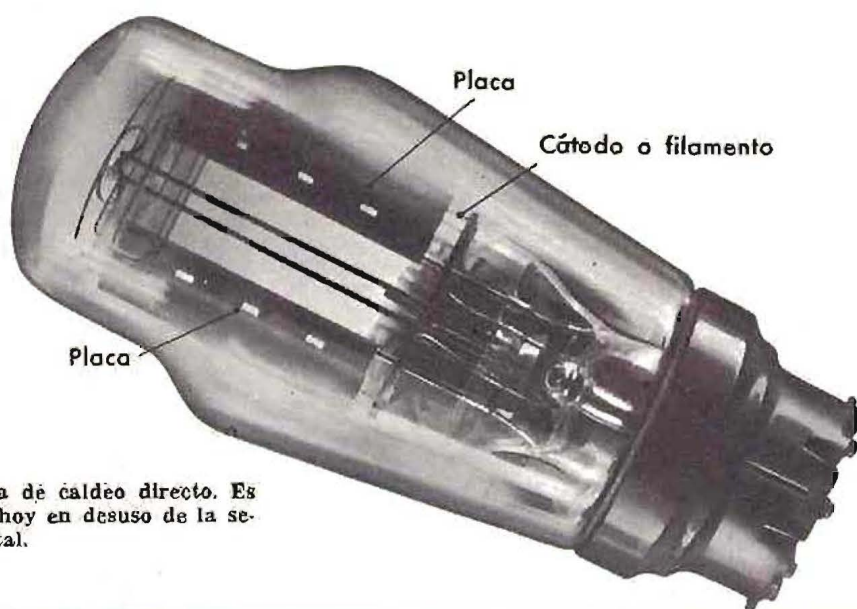
En este tipo de diodos se consigue hacer independientes por completo el generador que suministra la corriente al filamento para conseguir su caldeo y el generador que la hace circular a través del diodo, a diferencia de lo que ocurre con los diodos de caldeo directo, en los que ambos generadores están íntimamente unidos.

En los diodos de caldeo indirecto, el filamento tiene la única misión de calentar el cátodo, generalmente tubular, para que se provoque en él el efecto termoiónico.





En los diodos de caldeo indirecto la pila F queda completamente independiente de la pila P. Observe la formación de circuitos independientes.



Diodo biplaca de caldeo directo. Es una válvula hoy en desuso de la serie continental.

PODER EMISOR DE LOS CUERPOS

La capacidad de las sustancias para manifestar el efecto termoiónico es muy variable. Consideradas a una misma temperatura, encontramos sustancias capaces de emitir una gran cantidad de electrones y otras cuya capacidad de emisión es muchísimo más reducida. Expresamos la mayor o menor capacidad de las sustancias para emitir electrones hablando de su PODER EMISOR.

Entre las sustancias de mayor poder emisor se cuentan los óxidos de torio, de cesio y de

bario. Pero estos óxidos no tienen la suficiente consistencia para formar el filamento. El cátodo requiere un material muy resistente, y además, capaz de soportar temperaturas muy grandes sin fundirse ni disgregarse; por ello se usan normalmente filamentos formados por un tubo de níquel de pequeño diámetro interior, a pesar del bajo poder emisor de este metal. Este tubo alberga el filamento encargado de su calentamiento; exteriormente queda recubierto por una delgada capa de alguno de los óxidos citados.

OBTENCION DEL VACIO

Digamos alguna cosa sobre la forma de conseguir el vacío en el interior del diodo. La parte superior de la ampolla del diodo acaba en una tubuladura que se conecta a una bomba de vacío que a su través extrae la casi totalidad del aire contenido en su interior. Cuando la bomba ha efectuado su trabajo se cierra la tubuladura fundiendo el vidrio por medio de la llama de un soplete.

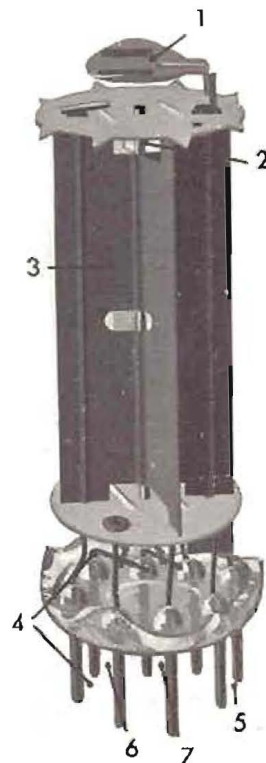
El vacío así logrado no es lo suficientemente perfecto para el buen funcionamiento del diodo, puesto que todavía permanecen en su interior demasiadas moléculas de gas que obstaculizan la marcha de los electrones. Para reducir las moléculas de gas en el interior de la ampolla a un número que haga improbables los choques con los electrones, se dispone una pequeña cápsula metálica donde se han depositado ciertas sus-

tancias químicas que, una vez cerrada la ampolla, se calientan desde el exterior y reaccionan absorbiendo la mayoría de las moléculas del gas residual. Durante la reacción la sustancia se deposita en las paredes de la ampolla, dándole ese aspecto negro-plateado característico de las válvulas electrónicas.

Aunque el efecto termoiónico fue descubierto en 1885 por Edison, su aplicación para obtener diodos adecuados para ser utilizados como detectores de radio se debe a Fleming, quien los usó por primera vez en 1904. La aparición del triodo, cuyo estudio será el tema de nuestra próxima lección, motivó que la detección por diodo dejase de emplearse. Pero puede decirse que modernamente la mayoría de los receptores de radio actúan de nuevo con detección por diodo termoiónico.



Fotografía y estructura interna de una válvula UY41. En ella distinguimos los siguientes elementos: 1. Platina para la sustancia química que completa el vacío. — 2. Cátodo tubular. — 3. Placa en cruz con aletas para disipar el calor. — 4. Conexión de cátodo. — 5. Conexión de placa. — 6 y 7. Conexiones de filamento.



CURVAS CARACTERISTICAS DE UN DIODO

Para profundizar un poco más en el funcionamiento del diodo de vacío, consideremos en él el circuito formado por el cátodo, la placa y la pila exterior conectada a ellos. A este circuito le llamamos *circuito de placa*.

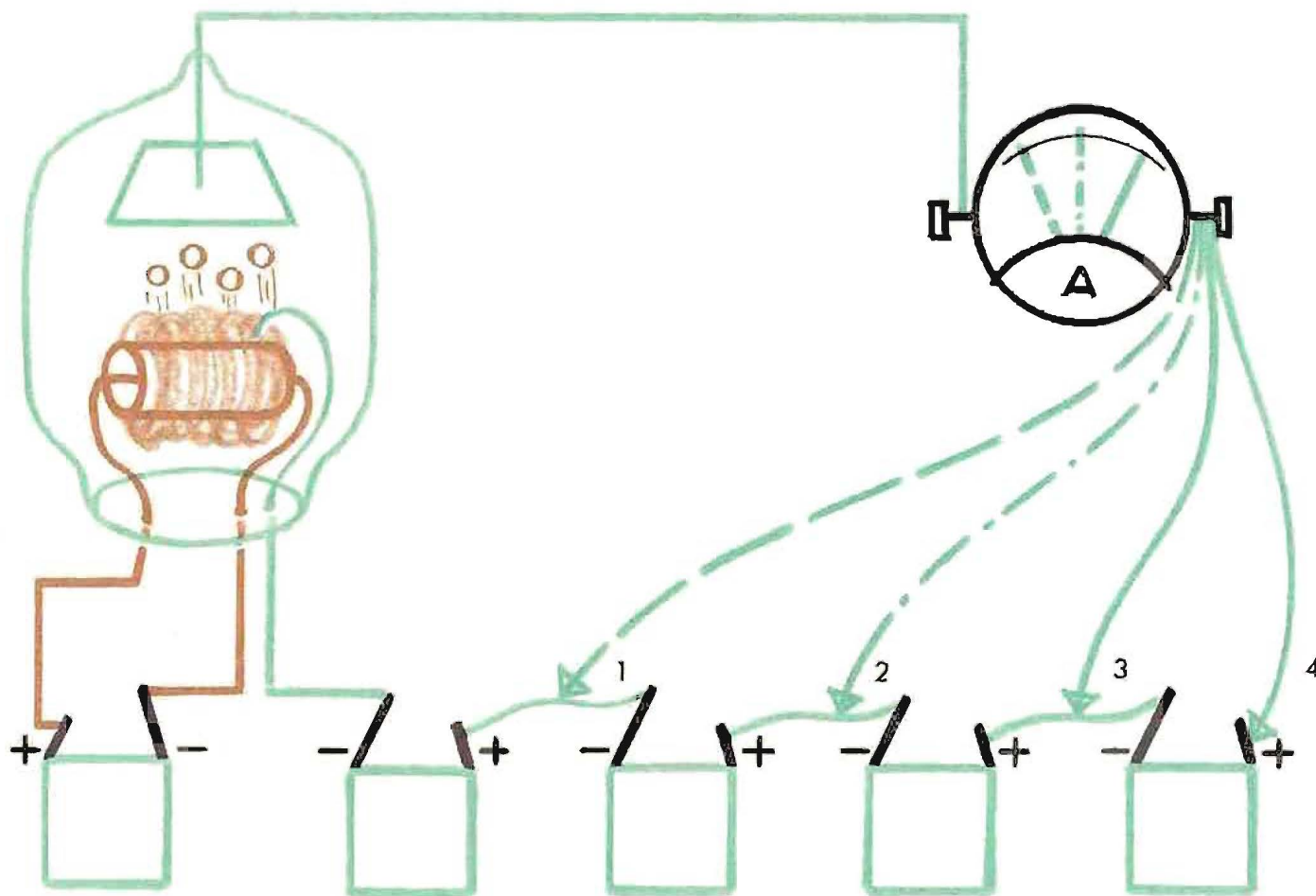
En este circuito intercalamos un miliamperímetro entre la placa y la pila, para conocer en todo momento la intensidad de la corriente que pasa por el circuito de placa.

Pero en lugar de intercalar una sola pila colocaremos varias conexiones en serie, con lo

cual podemos variar a voluntad la tensión aplicada al circuito de placa. Una pila independiente se encargará de calentar el filamento.

Anotemos las intensidades apreciadas por el miliamperímetro cuando el circuito de placa se alimenta primero por una sola pila, luego por dos, por tres, etcétera.

Estas lecturas permiten obtener una gráfica que relaciona las intensidades leídas con las tensiones aplicadas entre placa y cátodo, gráfica llamada **CARACTERÍSTICA DE PLACA**.



Para estudiar el funcionamiento del diodo de vacío requerimos este circuito. Efectuando lecturas sucesivas en el amperímetro, vemos cómo a medida que aumentamos la tensión de la placa aumenta la intensidad. Pero al sobrepasar un cierto potencial (el que corresponde a la posición 3 de nuestro gráfico) la corriente de placa permanece inalterable. Así, por ejemplo, para la conexión 4 el amperímetro señalaría la misma intensidad que en la conexión anterior.

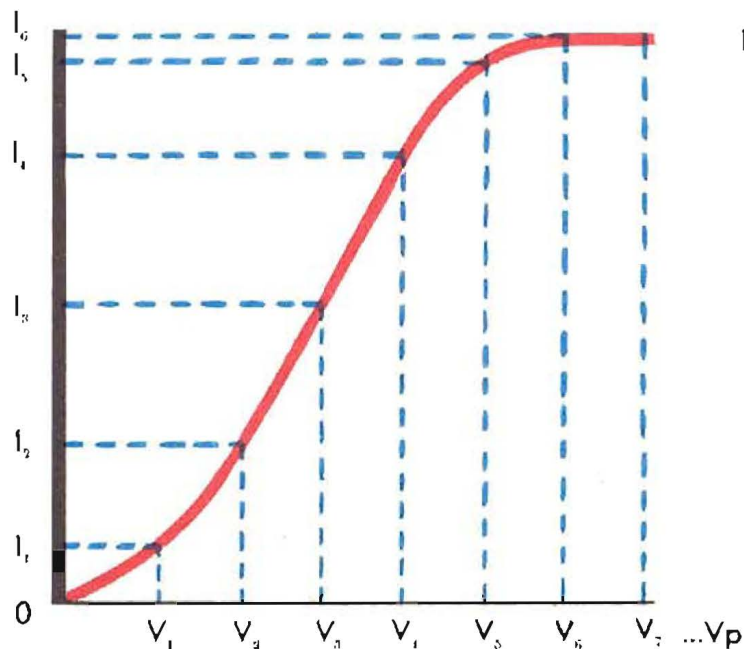
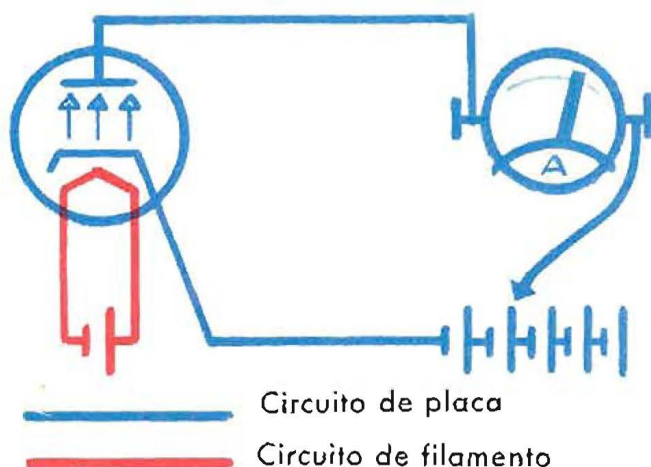
Un análisis de estas curvas permite apreciar tres zonas notables. Véalas diferenciadas: las llamaremos zona *a*, zona *b* y zona *c*. La zona *a*, que es curvada, se conoce como *codo inferior*. La zona *b*, que es un tramo recto, tiene el nombre de *región lineal*. Por último la zona *c*, recta horizontal, es la *zona de saturación*.

Recordemos que de haber conectado la batería al revés la corriente no circularía a través del diodo. Por ello, y por lo que nos revela la característica, podemos decir que un diodo de vacío permite que la corriente circule en un solo sentido, tanto más cuanto mayor sea la tensión aplicada entre placa y cátodo. Sin embargo, cuando la intensidad de la corriente que atraviesa el diodo alcanza un determinado valor I_s , correspondiente a una tensión V_s , todo aumento de tensión no afecta la intensidad, cuyo valor sigue siendo el de I_s , máxima intensidad que permite el diodo. Es la **INTENSIDAD DE SATURACIÓN**, así como la tensión que le corresponde es la **TENSIÓN DE SATURACIÓN**.

Este es el comportamiento del diodo termoiónico, que bien merece una explicación. ¿Qué sucede en el interior del diodo para que la corriente que lo atraviesa presente las caracteris-

licas que hemos podido comprobar experimentalmente?

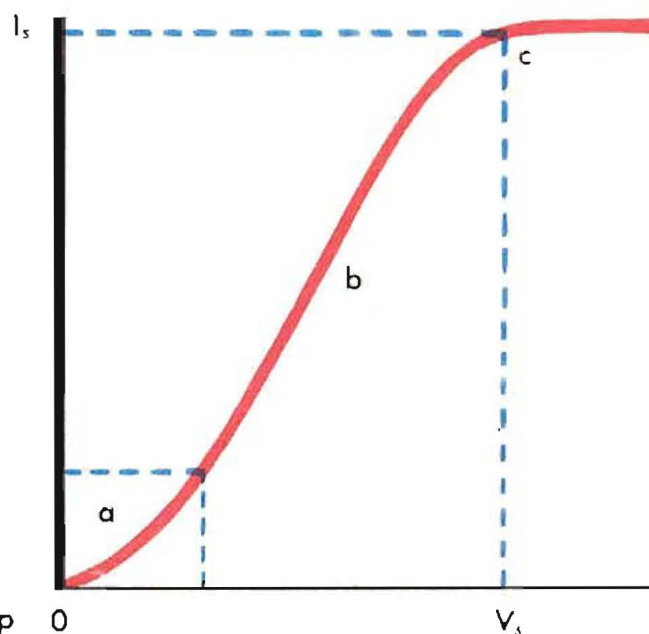
Recuerde que el cátodo es un metal que por calentamiento emite electrones, o sea cargas negativas. Por tanto, a medida que pierde electrones, la carga del cátodo se va haciendo más positiva, con poder de atracción sobre los mismos electrones que desprende. En consecuencia, parte de los electrones emitidos por el cátodo vuelven a él atraídos por el signo cada vez más positivo que adquiere.



$V_1, V_2, V_3, \dots, V_p$ — Tensiones aplicadas entre placa y cátodo.

$I_1, I_2, I_3, \dots, I_p$ — Intensidades de la corriente de placa.

En esta gráfica a partir de V_s se estabiliza la intensidad. En este caso V_s sería la tensión de saturación e I_s la intensidad de saturación.

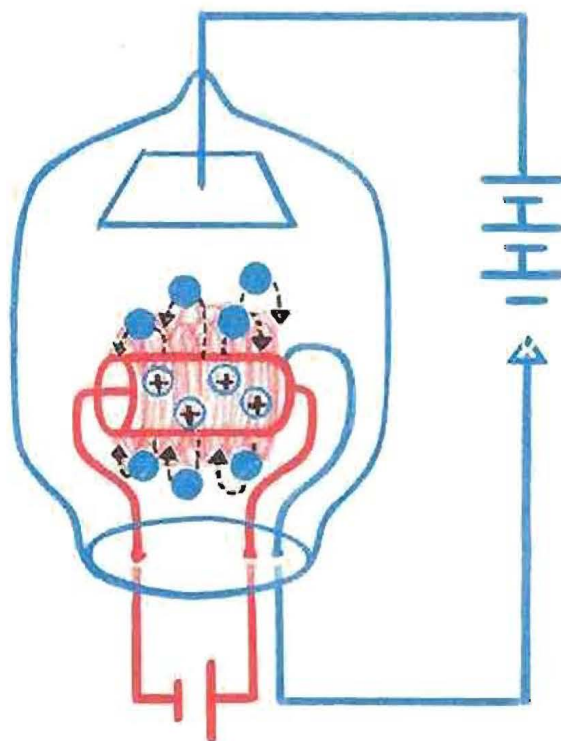


En la característica de placa de un diodo apreciamos tres zonas perfectamente diferenciadas: zona *a*, o codo inferior; zona *b*, o región lineal; y zona *c*, o zona de saturación. El comienzo de la zona *c* viene dado por la intensidad de saturación I_s y la tensión de saturación V_s .

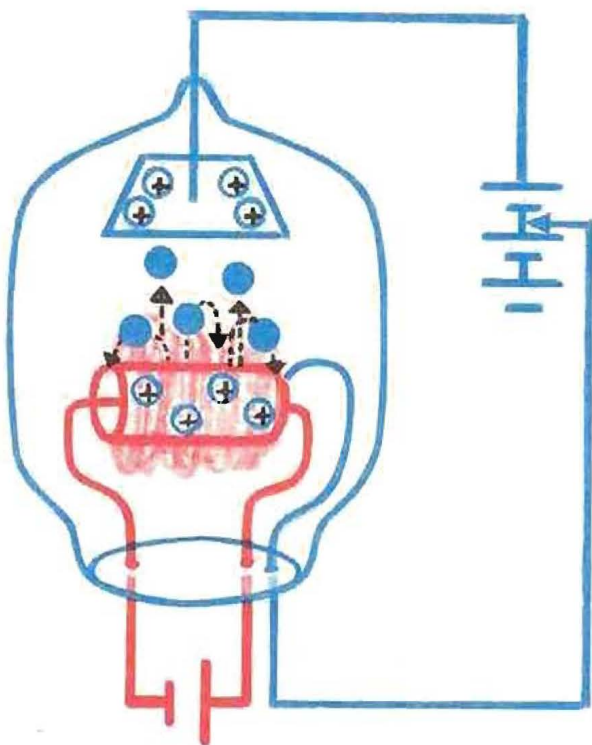
Llega un momento en que el valor de la carga positiva del cátodo es tal, que su atracción equilibra la tendencia a escapar que tienen los electrones por efecto de la agitación térmica. Dicho de otra manera: llega un instante en que el número de electrones que salen del cátodo es igual al de los electrones que vuelven a él. Resulta que alrededor del cátodo se forma una nube de electrones donde se encuentran tanto los que salen como los que entran. Esta nube de cargas negativas recibe el nombre de CARGA DE ESPACIO, ya que ahora no es un cuerpo material lo que en el diodo tiene carga negativa, sino que esta carga queda condensada (valga la expresión) en el espacio que rodea el cátodo.

Pero, recordémoslo también, la placa del diodo es positiva y los electrones externos de la carga de espacio son atraídos por ella, originándose la corriente. Cuanto mayor sea la carga positiva de la placa, más electrones de la carga de espacio atraerá, aumentando la intensidad de la corriente.

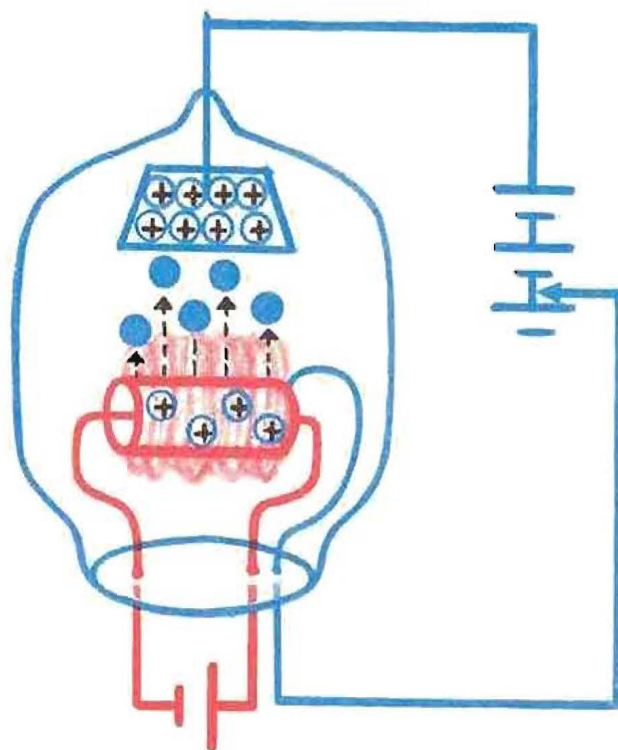
Estamos en las zonas *a* y *b* de la característica.



Cuando la tensión entre placa y cátodo es nula se forma una carga de espacio. Los electrones son atraídos de nuevo por el cátodo, cada vez más positivo.



Movimiento de electrones cuando la placa es positiva pero con tensión menor que V_s .

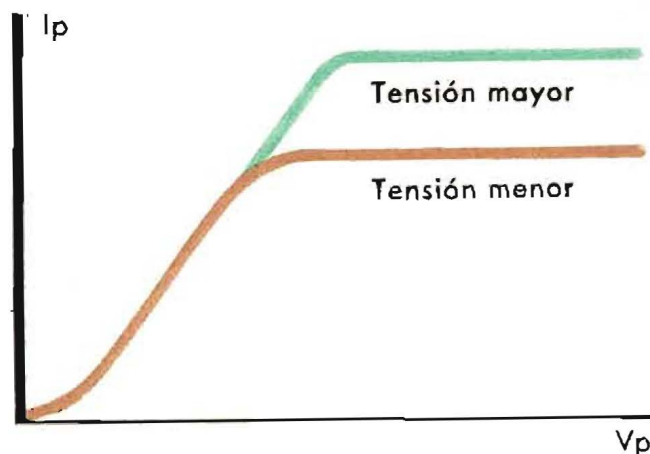


Cuando la tensión de placa alcanza el valor V_s (tensión de saturación) todos los electrones son atraídos hacia ella.

A medida que aumentemos la tensión de la placa, mayor será el número de electrones que atrae; hasta que al llegar a una tensión V_s (tensión de saturación) todos los electrones que emite el cátodo se precipitarán sobre la placa. Habremos alcanzado una intensidad I_s (de saturación) que no puede sobrepasarse, puesto que para ello precisaríamos que el cátodo fuese capaz de emitir más electrones, cosa que no depende de la tensión aplicada entre cátodo y ánodo, sino del poder emisor del material del cátodo o del caldeo del mismo.

La cantidad de electrones emitidos por el cátodo depende de la temperatura, y sólo aumentándola conseguiremos un mayor flujo de electrones. Luego, aumentando la intensidad de la corriente que caldea el filamento obtendremos una intensidad de saturación mayor.

Suponiendo un mismo diodo de vacío con dos temperaturas de caldeo distintas, obtendríamos dos características de placa en las cuales los codos inferiores y parte de su zona lineal quedarían superpuestos. La característica perteneciente a la temperatura mayor prolonga su zona lineal hasta alcanzar el valor de la I_s .



Característica de un diodo al que se aplican dos tensiones de filamento distintas.

En la práctica, empero, no podemos aumentar indefinidamente la temperatura, puesto que fundiríamos el filamento. Por otra parte, en las condiciones normales de funcionamiento de los diodos de vacío nunca llega a alcanzarse la zona de saturación.

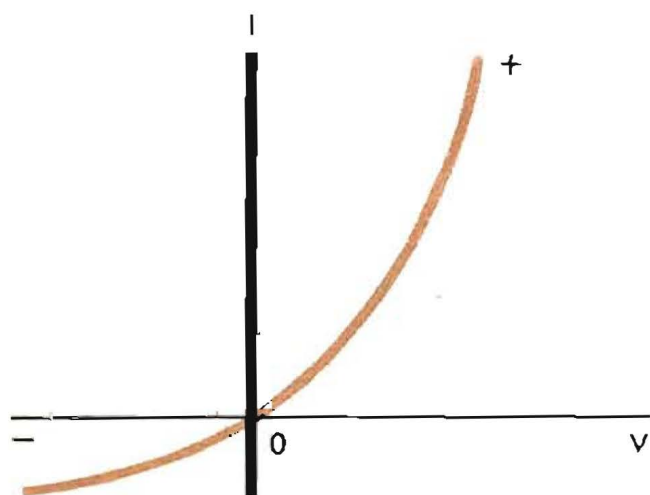
Las casas constructoras indican cuál es el valor de la corriente que debe aplicarse al filamento y la intensidad que puede atravesar el diodo sin que se deteriore.

EL DIODO DE VACÍO COMO DETECTOR

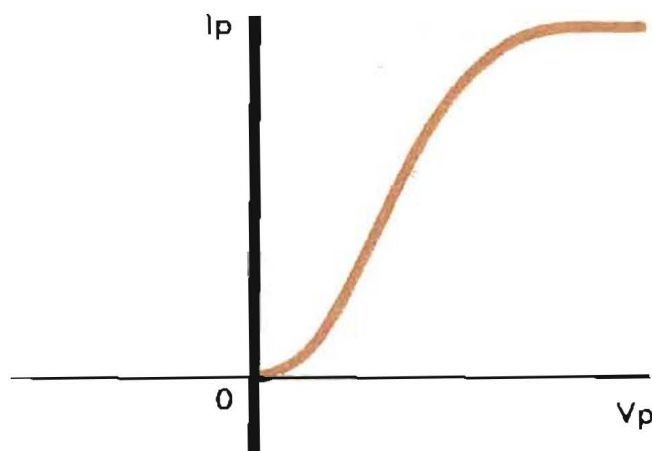
Si comparamos la característica de un diodo de germanio con la de un diodo de vacío, observaremos que la del primero afecta el tercer cuadrante que determinan los dos ejes coordenados. Es así porque el diodo de cristal no elimina totalmente los impulsos negativos; deja pasar la corriente en ambos sentidos, aunque, como vimos, en proporción muchísimo mayor cuando circula de ánodo a cátodo. En cambio, la carac-

terística de placa del diodo de vacío revela que es una válvula de efecto total; la corriente eléctrica queda totalmente obstruida en el sentido cátodo-placa.

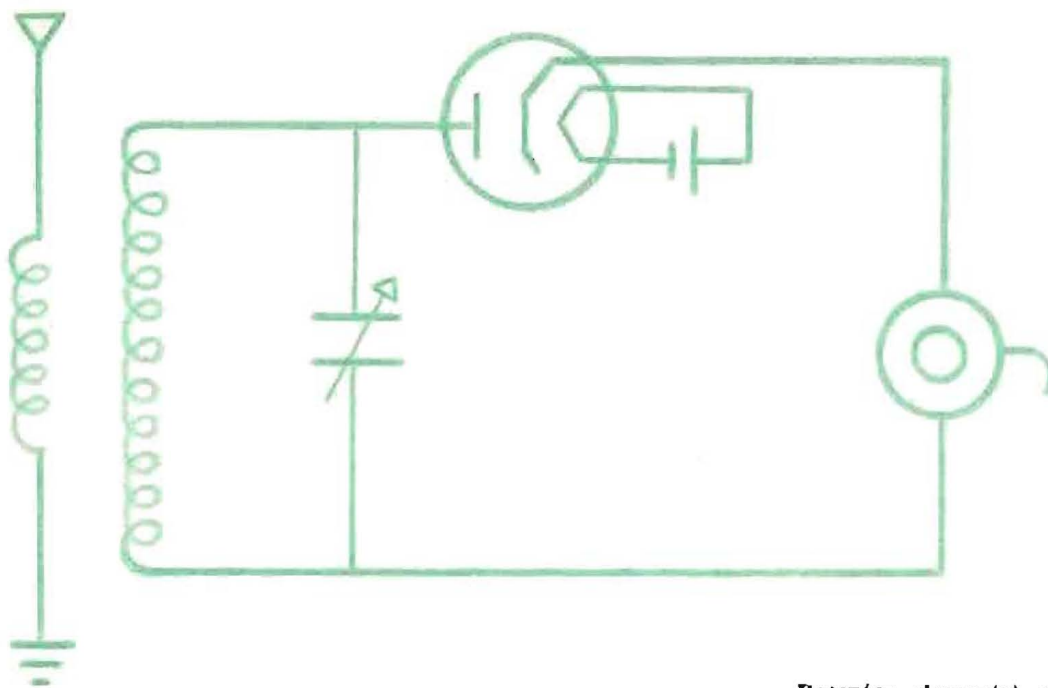
El esquema del receptor elemental puede alterarse sustituyendo el diodo de cristal por uno de vacío, sin olvidar que en este segundo caso deberemos disponer de una fuente de corriente eléctrica para el caldeo del filamento.



La característica de un diodo de cristal entra en la zona negativa del gráfico.



La característica de un diodo de vacío demuestra la supresión total de corrientes negativas.

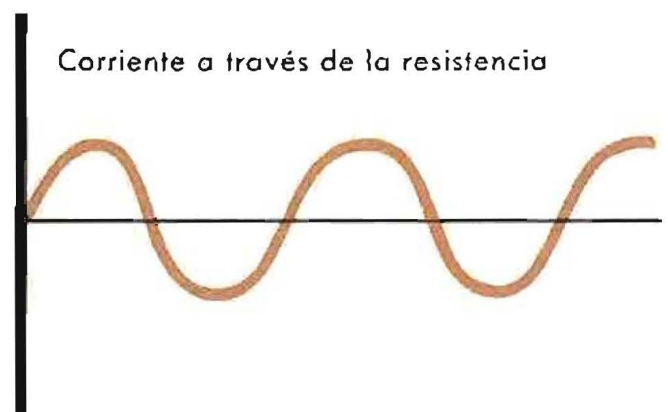
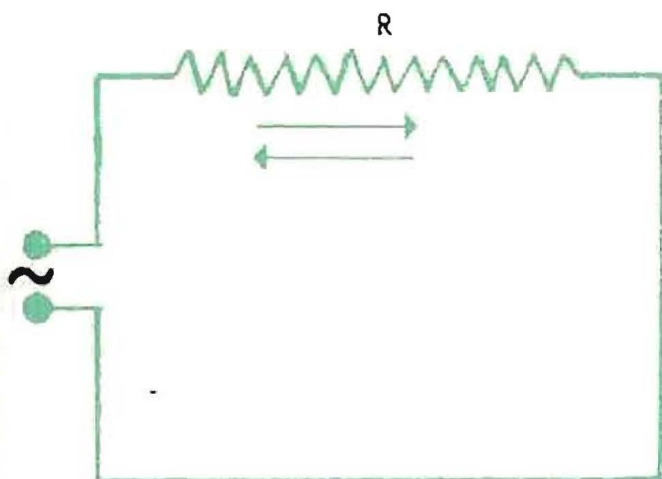


Receptor elemental con detección por diodo de vacío.

EL DIODO DE VACÍO EN LAS FUENTES DE ALIMENTACIÓN

A pesar de lo poco que llevamos dicho sobre fuentes de alimentación, sabemos que los modernos receptores llevan un elemento que convierte en corriente continua la corriente alterna que suministra la red distribuidora. Se trata de un rectificador, que por lo general es un diodo termoiónico. El principio del funcionamiento de un rectificador es el mismo de la detección.

Efectivamente: si conectamos una resistencia a los polos de la red, por ella circulará una corriente que variará de sentido cincuenta veces en cada segundo, ya que la corriente alterna que normalmente encontramos en las redes de distribución, y por ende en cualquier enchufe de una instalación doméstica, es de 50 c/s



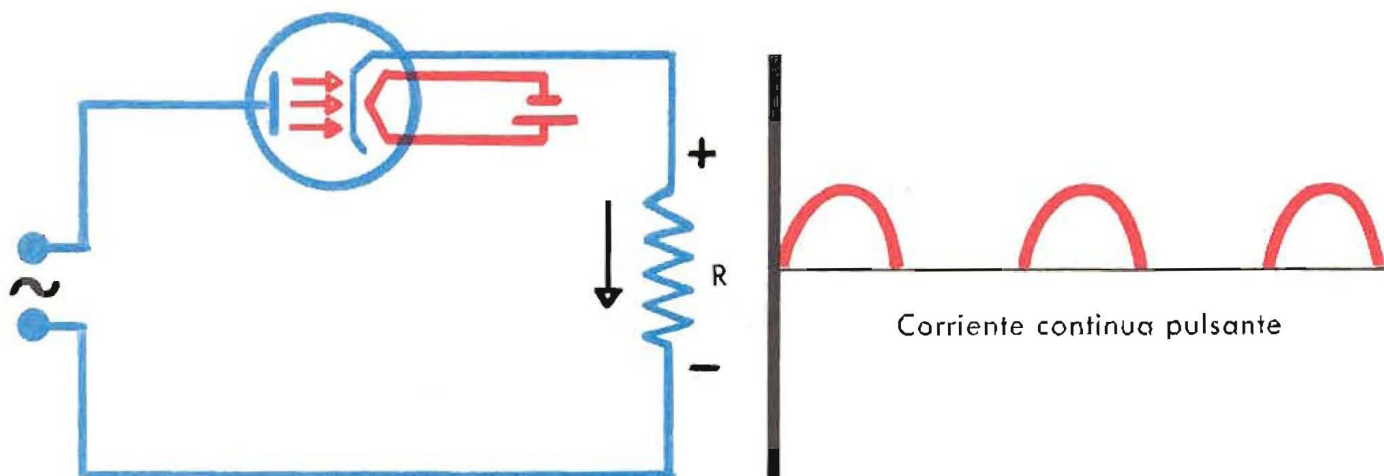
Conectando una resistencia a la red, la corriente circula en dos sentidos opuestos con una frecuencia de 50 c/s.

Pero los circuitos de los receptores requieren corriente continua; para conseguir que por la resistencia antes citada pase la corriente en un solo sentido, bastará intercalar un diodo en serie con el circuito.

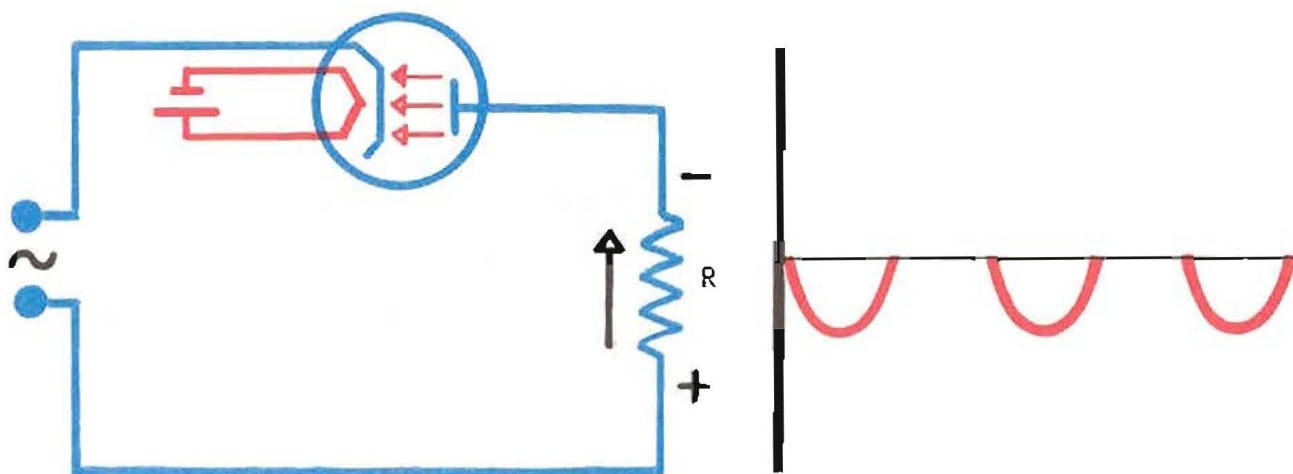
Ahora sólo circulará corriente a través del diodo cuando su placa sea positiva, y en consecuencia sólo afectará a la resistencia cuando entre por la placa. Se trata de una corriente continua interrumpida periódicamente; es una corriente

pulsante, no una corriente continua pura como la de una pila o acumulador.

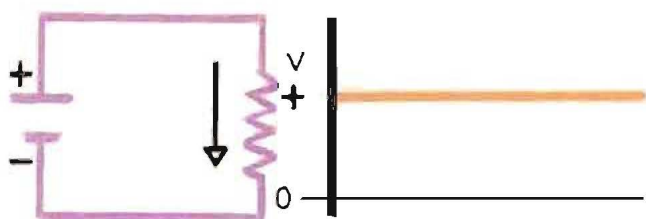
Y de la misma manera que para invertir el sentido de la corriente suministrada por una pila basta invertir su polaridad, para cambiar el sentido de la corriente pulsante conseguida con un diodo de vacío bastará invertir su posición. Puesto que la corriente sólo puede circular de la placa al cátodo, según sea la posición de la placa, conseguiremos eliminar los picos positivos o negativos de la corriente alterna.



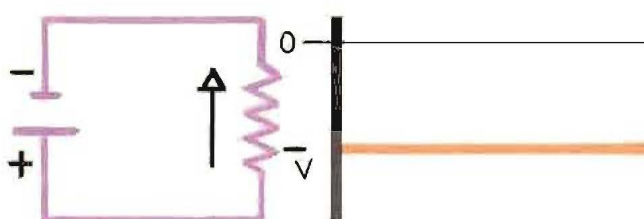
Ahora, la corriente eléctrica sólo circulará cuando la placa sea positiva atravesando la resistencia R en el sentido indicado y sólo en este sentido. Se trata de una corriente continua pulsante.



Invertiendo la posición del diodo invertimos también la polaridad de la corriente que pasa por la resistencia R . Ahora se han eliminado los picos positivos.



Corriente continua pura de igual polaridad que la pulsante positiva.



Corriente continua pura de polaridad contraria a la anterior.

SUSTITUCION DE LA BATERIA DE FILAMENTO

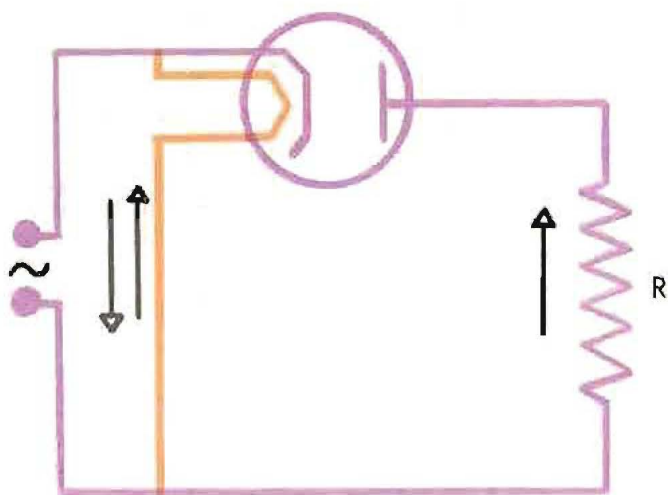
En todos los esquemas que hasta ahora hemos dado el filamento del diodo lleva conectada la pila que le suministra corriente para su caldeo.

¿No sería mucho más ventajoso poder prescindir de esta pila? La ventaja es innegable, y la solución inmediata está en aprovechar la misma corriente alterna que suministra la red, puesto que para calentar el filamento es indistinto utilizar corriente alterna o corriente continua. Así, pues, en principio podemos eliminar la pila y conectar los extremos del filamento directamente a la red.

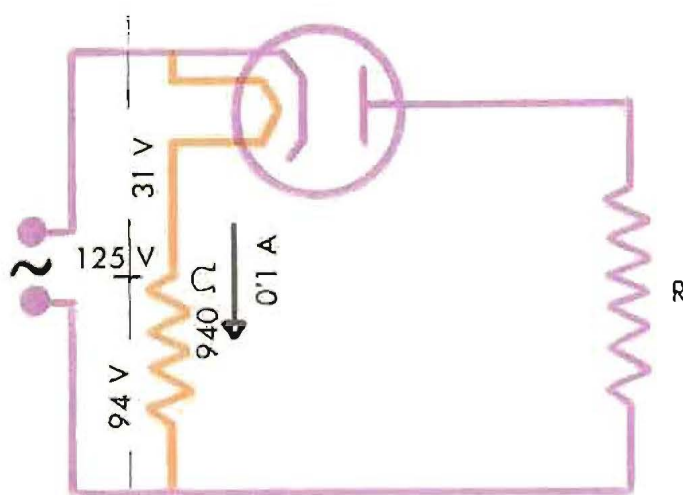
Esta solución, la más sencilla, no siempre es posible, ya que en la mayoría de los diodos las tensiones alternas normales (125 V ó 220 V) son excesivas para el filamento; lo fundirían.

Así, por ejemplo, un diodo rectificador tan empleado como el UY41 funciona con una intensidad de corriente en el filamento de 0'1 A y necesita una tensión de 31 V.

Es evidente que si aplicamos directamente a la red este filamento, la intensidad que por él circule será muy superior a la requerida; se fundirá.



Esta solución no es posible en la práctica. Las tensiones alternas normales (125 V y 220 V) están muy por encima de las que puede soportar el filamento del diodo.



Como se explica en la página siguiente, la tensión del filamento puede reducirse mediante una resistencia en serie.

Para que el diodo trabaje en buenas condiciones deberemos rebajar la tensión, provocando una caída desde los 125 V (supongamos que disponemos de este voltaje) a los 31 V requeridos por el filamento. Deben eliminarse $125 - 31 = 94$ V.

Esta reducción de voltaje se consigue intercalando una resistencia entre el filamento y la toma de corriente.

Puesto que el filamento y la resistencia se conectan en serie, la misma intensidad de 0'1 A que circula por el filamento será la que circule por la resistencia, sabiendo lo cual será muy fácil calcular el valor de la que llamamos RESISTENCIA DE FILAMENTO. Bastará aplicar la ley de Ohm.

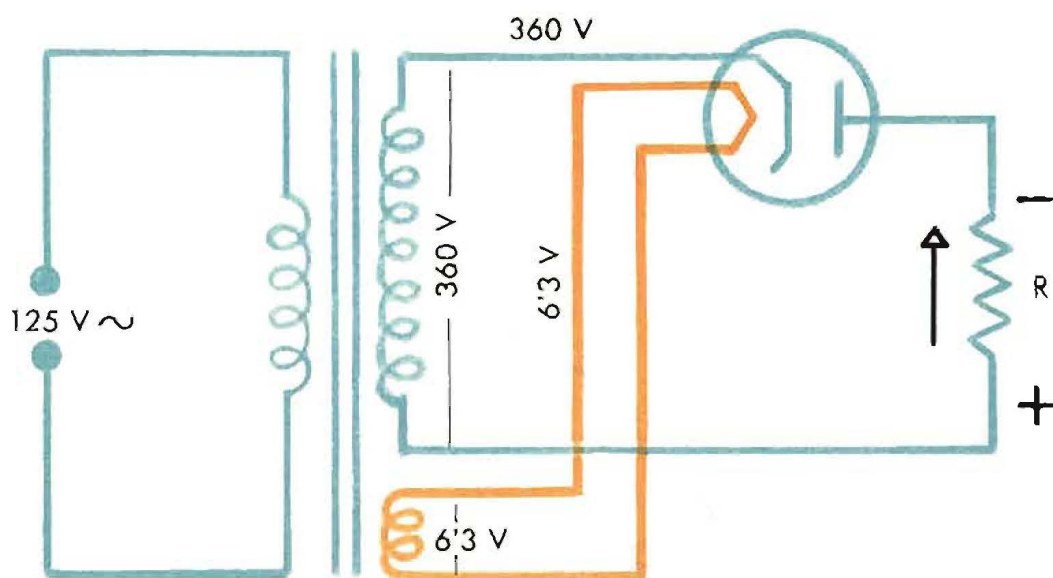
$$R = \frac{V}{I} = \frac{94}{0'1} = 940 \Omega$$

Generalizando: para calcular la resistencia de filamento aplicaremos la siguiente fórmula:

$$\text{Resistencia de filamento} = \frac{V \text{ red} - V \text{ filamento}}{\text{Intensidad de filamento}}$$

El valor de la corriente pulsante que circula por la resistencia R depende de la tensión de red que en nuestro caso es de 125 V, tensión que en muchos casos conviene hacer mayor, cosa que se consigue utilizando un transformador que en los receptores de radio acostumbra elevar hasta unos 360 V los 125 V que recibe de la red. Este transformador, además, elimina la resistencia de filamento, ya que se le puede proveer de un bobinado que proporcione directamente la tensión requerida por aquél.

RECTIFICACION DE MEDIA ONDA



La resistencia R puede simbolizar cualquier montaje que regulara la rectificación de media onda que hemos conseguido.

Rectificador de media onda con 360 V de tensión de placa y 6'3 V de tensión de filamento.

En este montaje la corriente que circula por la resistencia R consta sólo de la mitad de los periodos de la tensión de la red, por lo que recibe la denominación de RECTIFICADOR DE MEDIA ONDA.

Es posible realizar un montaje para obtener

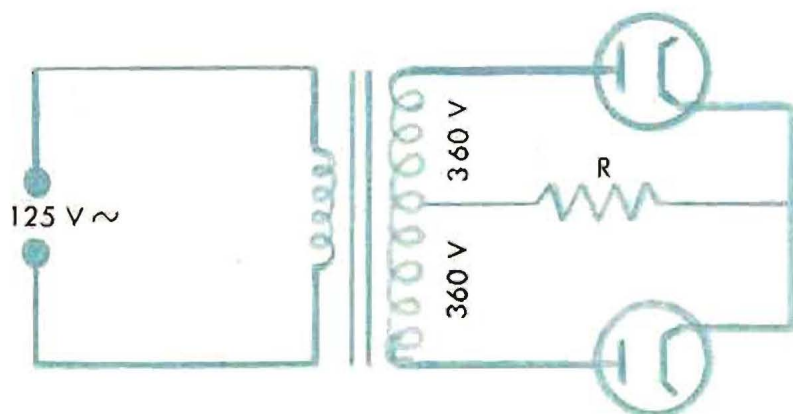
una corriente rectificada que circule por la resistencia R durante todo el período de la corriente de la red, pero *siempre en el mismo sentido*. Este montaje se conoce con el nombre de RECTIFICADOR DE ONDA COMPLETA.

RECTIFICACION DE ONDA COMPLETA

La rectificación de onda completa se consigue empleando dos diodos en vez de uno. El transformador presenta características especiales en el secundario, el cual deberá tener doble número de espiras que en el caso anterior y contar con una toma media, de forma que si entre un extremo del secundario y esta toma media hay una tensión positiva de $+360\text{ V}$, en el mismo instante

habrá una tensión negativa del mismo valor (-360 V) entre la toma media y el otro extremo del secundario.

Prescindamos en principio de los filamentos de las válvulas y de las bobinas del transformador que los alimenta y estudiemos el comportamiento de los diodos en un rectificador de onda completa.

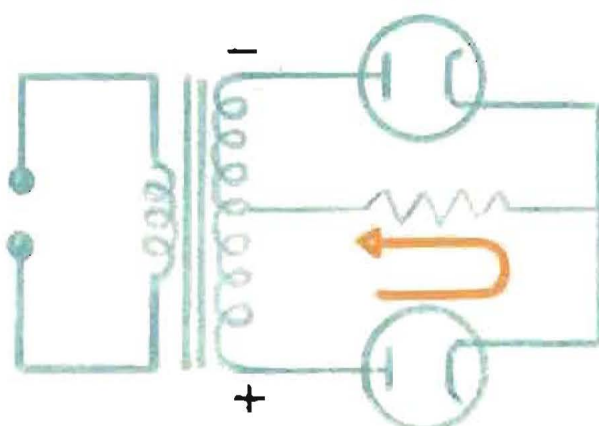
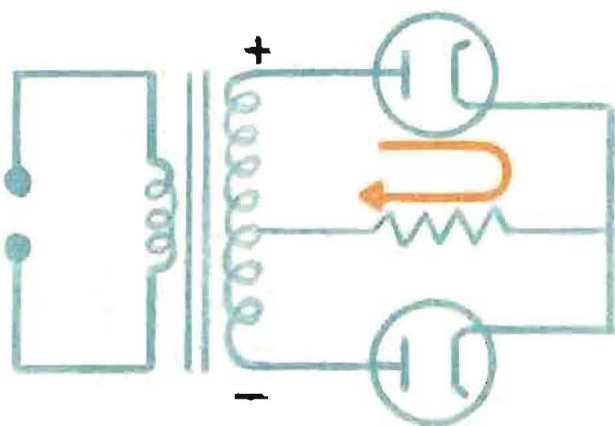


En este montaje se han suprimido los filamentos y la bobina del transformador que los alimenta.

Para comprender su funcionamiento supongamos que en un instante dado el extremo superior del secundario es positivo. En el mismo instante el extremo inferior será negativo. En estas condiciones la corriente sólo pasará por el diodo superior, cuya placa será más positiva que el cátodo. En cambio, en el diodo inferior no habrá circulación de electrones, ya que su placa sería más negativa que su cátodo. La corriente, pues,

circulará por la resistencia R de derecha a izquierda.

Al cabo de $1/100$ de segundo se habrá invertido la polaridad del transformador; ahora conduce el diodo inferior y no el superior, y el sentido de la corriente que pasa por R sigue siendo el mismo. La corriente obtenida sigue siendo una corriente pulsante, pero mucho más uniforme que en un rectificador de media onda.



Corriente rectificada de onda completa



La rectificación de onda completa se consigue con dos diodos y un doble secundario con toma media. Cuando un extremo del secundario es positivo el otro es negativo.

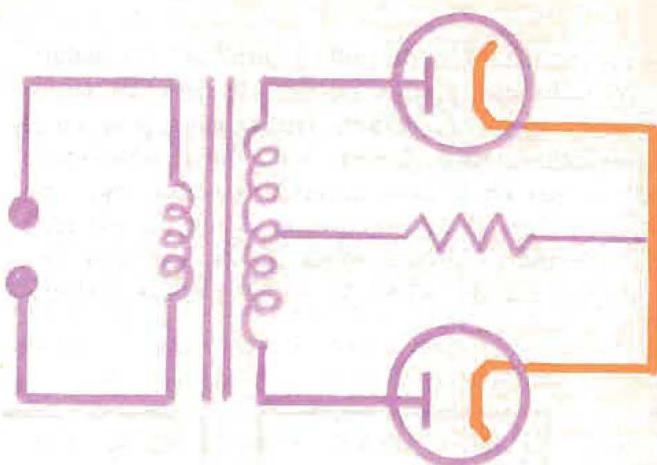
RECTIFICADORA BIPLACA

Si observa el esquema del rectificador de onda completa, se dará cuenta de que los dos cátodos quedan unidos por un mismo conductor; prácticamente uno es una prolongación del otro. El conjunto actúa como una válvula rectificadora que tiene dos placas y un solo cátodo.

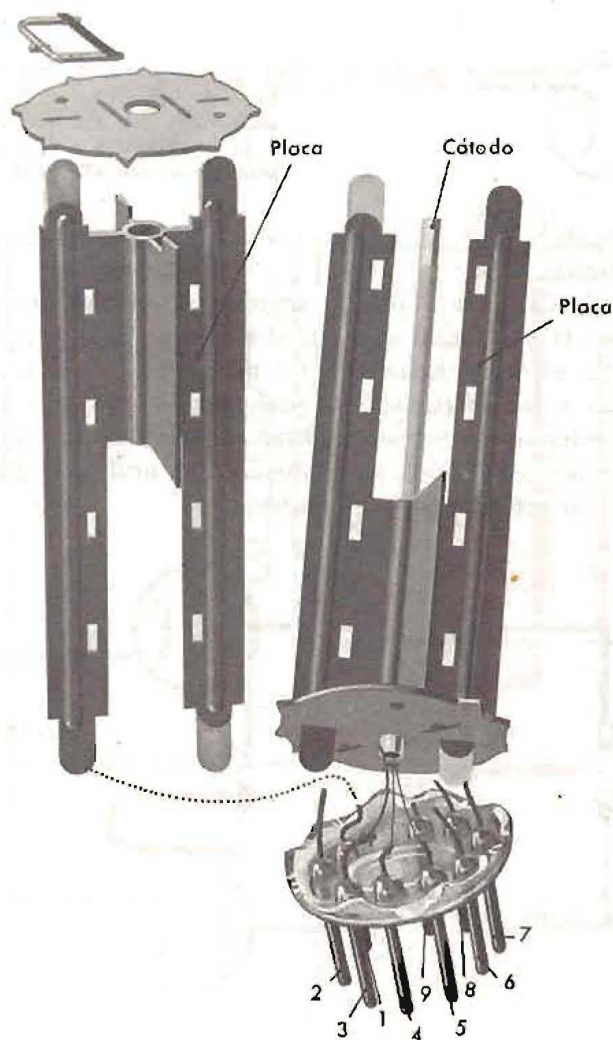
No debe extrañarnos que las casas productoras de válvulas de radio se hayan preocupado por conseguir un diodo biplaca, o una *rectificadora biplaca*, como normalmente se la llama.

Una válvula rectificadora biplaca muy empleada es la EZ81.

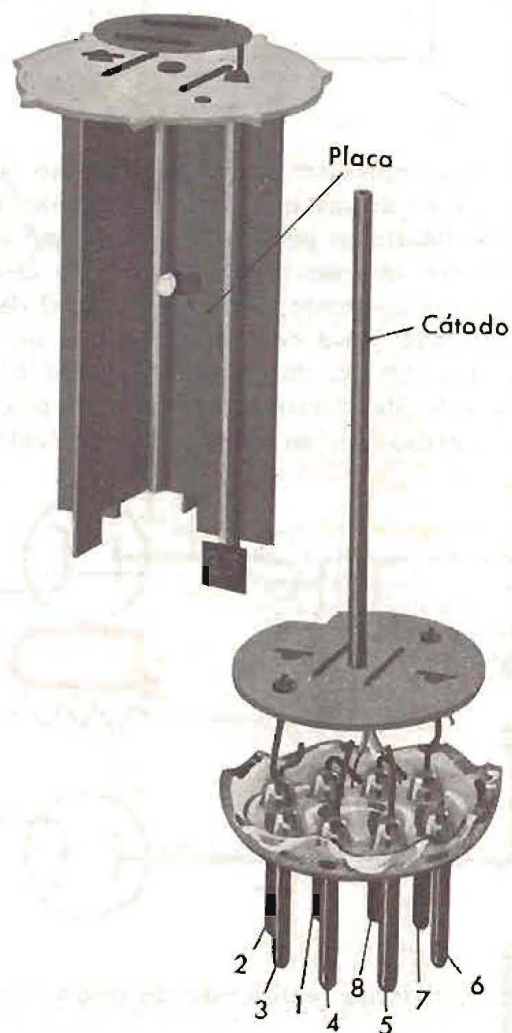
El cátodo de esta válvula es un tubo vertical en cuyo interior se encuentra el filamento. Las dos placas tienen la forma de dos tubos cilíndricos, concéntricos con el cátodo, colocados uno en



Los dos diodos actúan como dos placas y un cátodo común.



Despiece de una válvula EZ81. Añadimos un gráfico demostrativo de la posición conjunta de los distintos elementos que integran esta válvula. La EZ81 es una rectificadora biplaca.

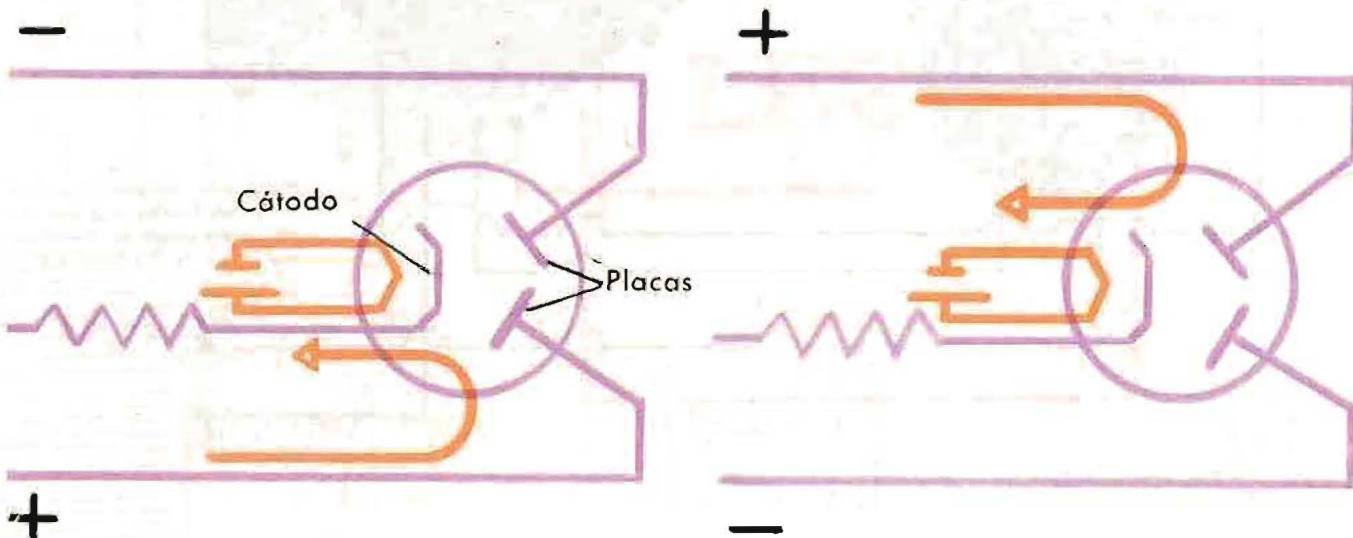


Despiece de la rectificadora UY41. Es un diodo de caldeo indirecto con una sola placa. Por tanto, esta válvula es rectificadora de media onda.

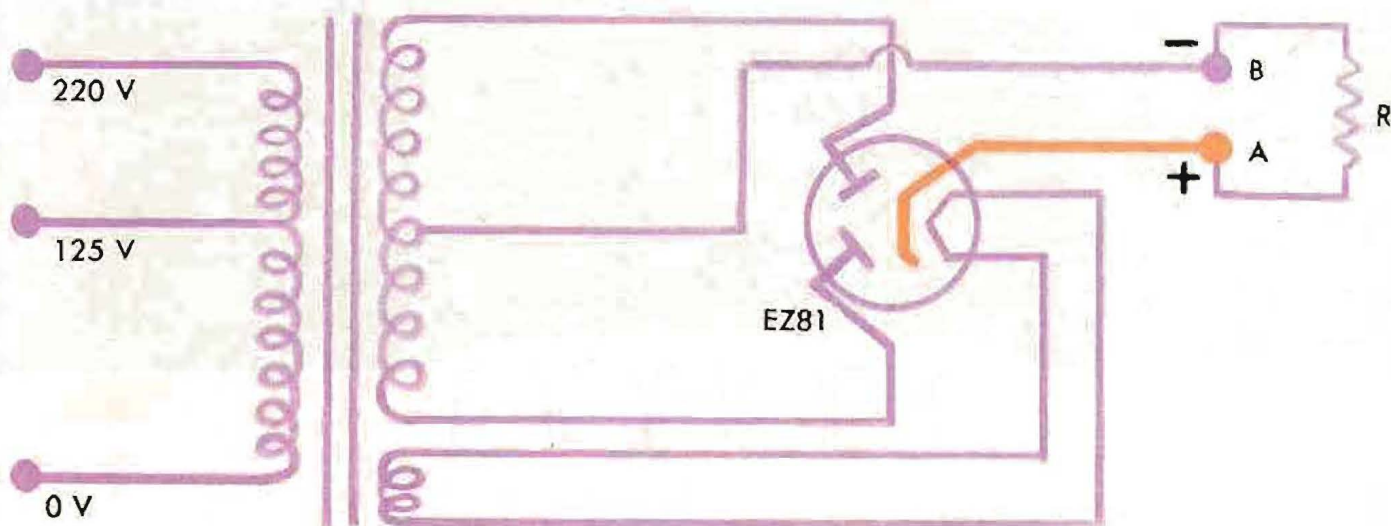
la parte superior y otro en la inferior. Estos cilindros que actúan de placas van provistos de unas aletas que, al mismo tiempo que les sirven de soporte, permiten disipar el calor que se produce en ellas debido al choque continuo de los electrones provenientes del cátodo.

En la EZ81 la tensión necesaria para el calentamiento del filamento es 6'3 V. La intensidad de filamento es 1 amperio.

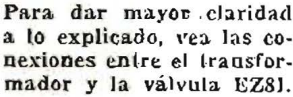
Un rectificador construido con esta válvula sería el que representamos como final de lección.

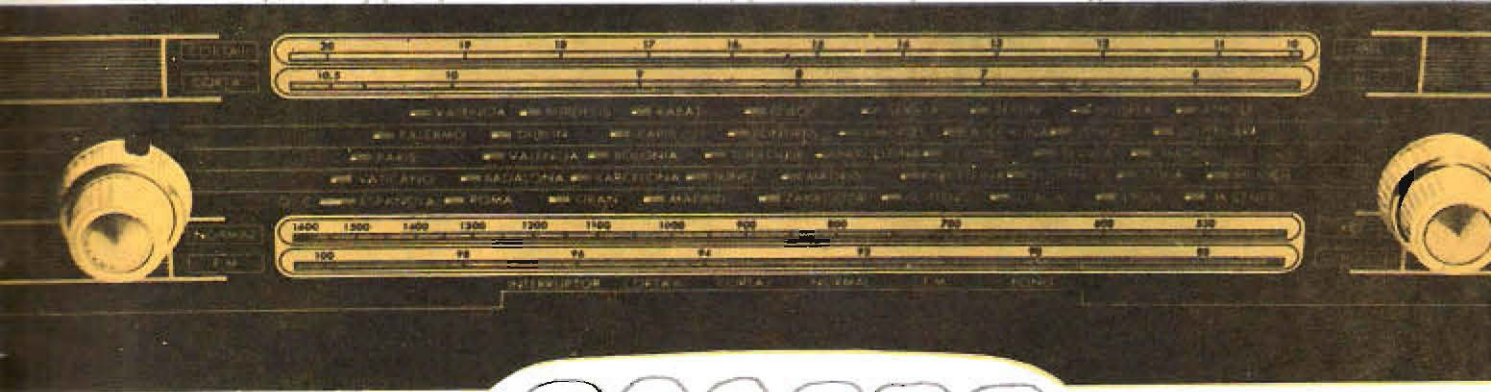
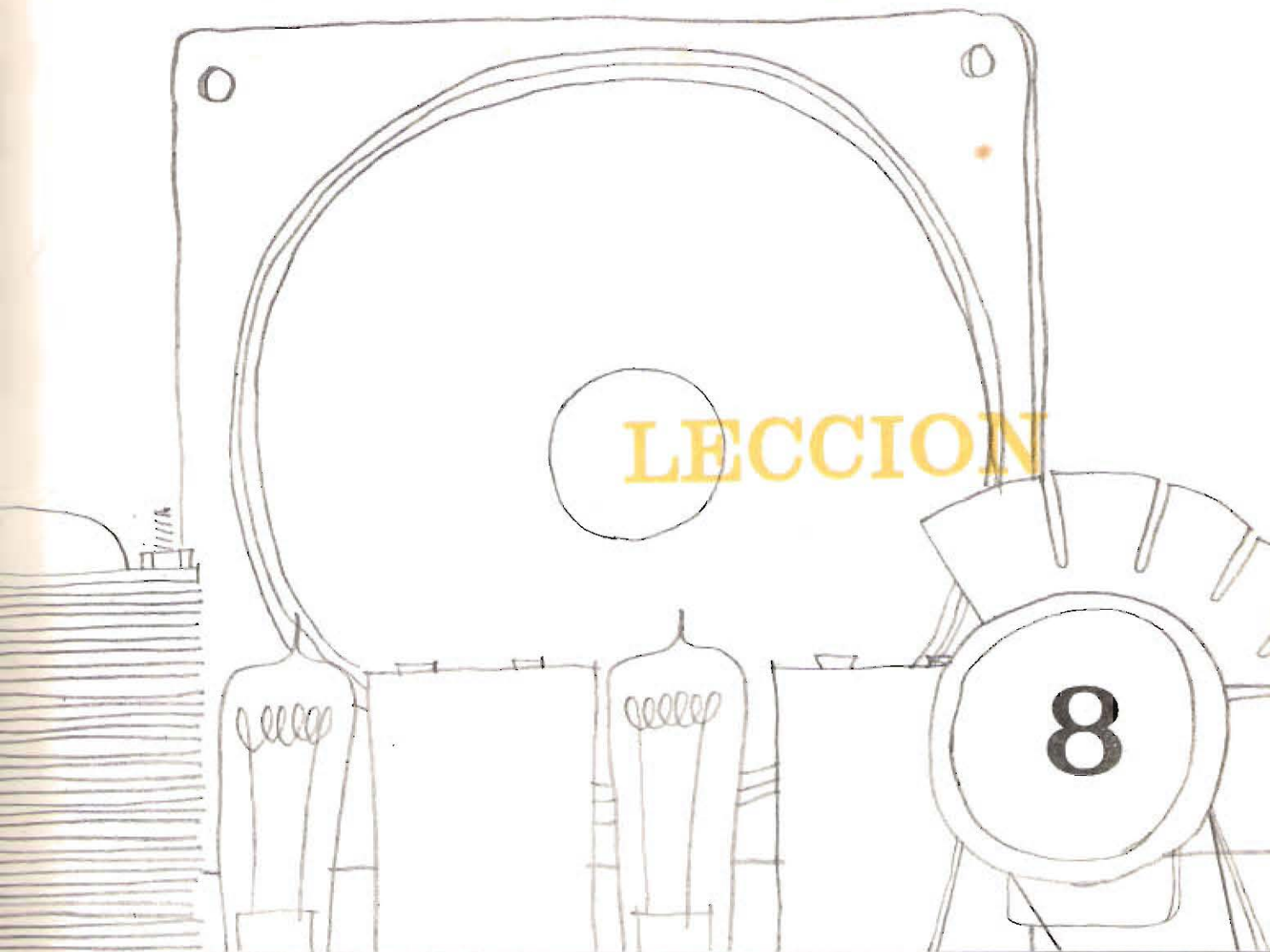


El efecto de la rectificación de la onda completa se obtiene con un diodo con doble placa. Una de las válvulas con estas características que más se emplean es la EZ81. De ella damos una idea de su estructura interna. La UY41 es un diodo sencillo y, por tanto, rectificadora de media onda. También de ella damos una clara noción de sus componentes.



He aquí el esquema de la parte rectificadora de una fuente de alimentación que actúa con una válvula doble diodo. La tensión continua se tomará de A y B.





El triodo termoiónico
Circuito y corriente de rejá
Características de un triodo
El triodo como amplificador
Detección por triodo

El triodo termoiónico - Circuito y corriente de reja - Curvas características de un triodo - Pendiente - Resistencia de placa - Coeficiente de amplificación
El triodo como amplificador y detector.

EL TRIODO TERMOIONICO

Después de haber estudiado la función del diodo de cristal o termoiónico, gracias al cual obtenemos una corriente rectificada con la forma característica de una corriente continua pulsante (recuerde que en este cambio cifrábamos las posibilidades de una detección), debemos emprender el estudio de un nuevo dispositivo electrónico, de constitución muy similar a la del diodo, cuyos efectos son decisivos en vistas al perfeccionamiento de nuestro receptor elemental con amplificador de A.F. o B.F. y detección por diodo de cristal o termoiónico. Hablaremos del triodo.

Dos años después de que John Ambrose Fleming construyese su diodo de vacío (la primera válvula electrónica de la historia), Lee de Forest le añadió un nuevo elemento y así creó lo que sería el segundo miembro de la ya extensa familia de las válvulas de vacío. Fue en el año 1906 cuando apareció el triodo termoiónico.

La innovación de Lee de Forest consistió en añadir un nuevo electrodo a los dos que constituyen la esencia del diodo. Este nuevo electrodo, que recibe el nombre de *reja* o *rejilla*, queda situado entre placa y cátodo.

Si diodo significa etimológicamente *dos caminos*, haciendo referencia a los dos elementos que lo componen (placa y cátodo), es lógico que esta nueva válvula compuesta de tres electrodos (placa, cátodo y reja) reciba el nombre de triodo.

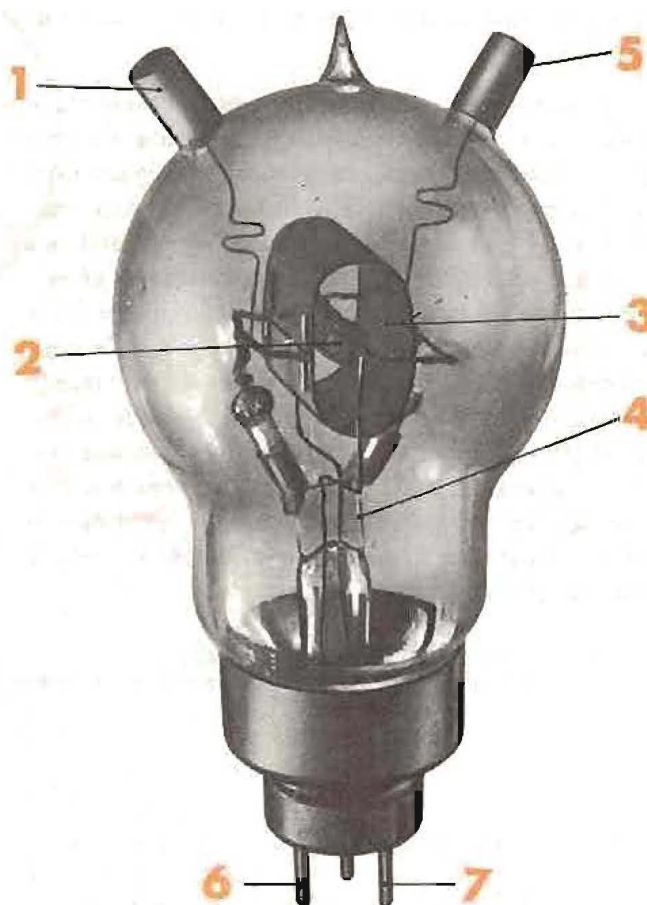


GRAFICO. Fotografía de un primitivo triodo (hacia 1910). Destacamos los siguientes elementos: 1. Borne del conductor de placa. — 2. Reja en espiral. — 3. Placa. — 4. Conductor de filamento. — 5. Borne del conductor de reja. — 6 y 7. Patas de los conductores de filamento.

La forma común de la rejilla es la de un muelle espiral de hilo metálico que se sitúa en el conjunto rodeando el cátodo. Es decir: la reja queda situada entre la placa y el cátodo, que queda centrado respecto a ella. Esta espiral, a la que llamamos rejilla, se conecta a un conductor que emerge de la ampolla de vidrio que encierra todo el dispositivo electrónico.

El símbolo representativo del triodo es el mismo que empleábamos para el diodo, con la adición entre placa y cátodo de una línea de trazos que simboliza la rejilla.

Vea ahora el gráfico que relaciona los elementos de un triodo con su correspondiente símbolo. En él se aprecia con suma claridad la situación y forma aproximada que toman los distintos componentes de la válvula. En la representación de conjunto se ha practicado una sección a la placa para que pueda verse la rejilla rodeando al cátodo.

Es posible que ante el esquema representativo del triodo haya pensado que se trata de una representación un tanto caprichosa que poco concuerda con la realidad. Sin embargo, si nos imaginamos lo que sería una sección logitudinal del sistema electrónico de una válvula triodo observaremos que el cátodo se presenta como un franja, lo mismo que el ánodo o placa, y que la rejilla aparece, según la sección propia de un muelle helicoidal, como una sucesión de círculos situados sobre una misma vertical. Si comparamos esta sección con el símbolo del triodo, veremos que la semejanza es evidente. Luego la representación simbólica se ajusta a una realidad, incluso desde un punto de vista estructural.

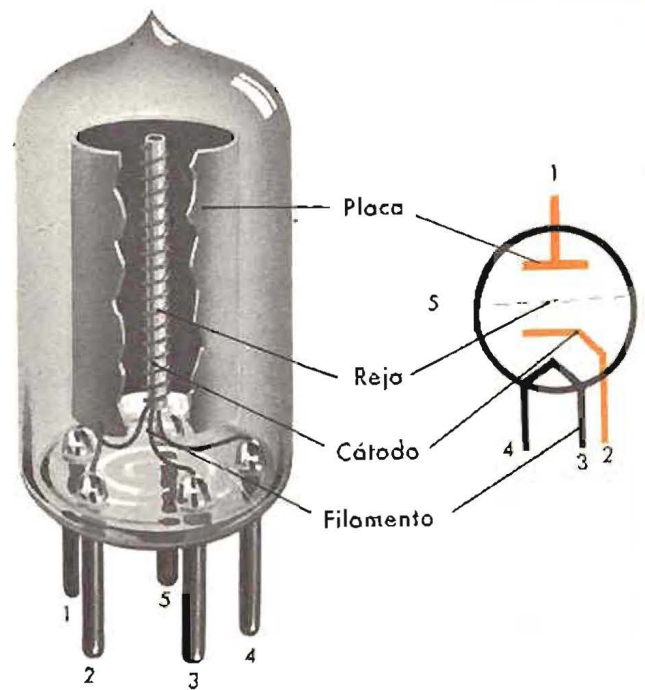
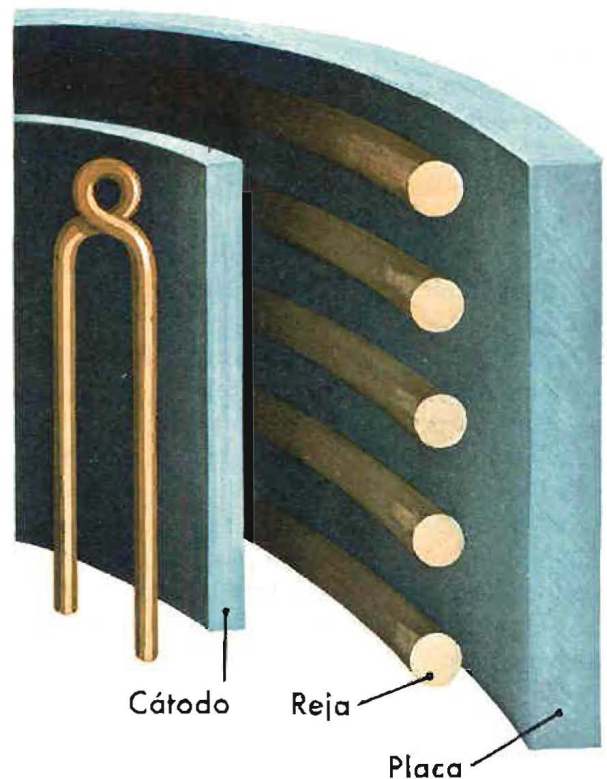
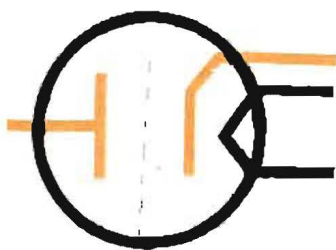


Gráfico comparativo de los elementos del triodo y símbolo correspondiente.



Seccionando un triodo por un plano axial, aparece con bastante aproximación la representación simbólica del mismo



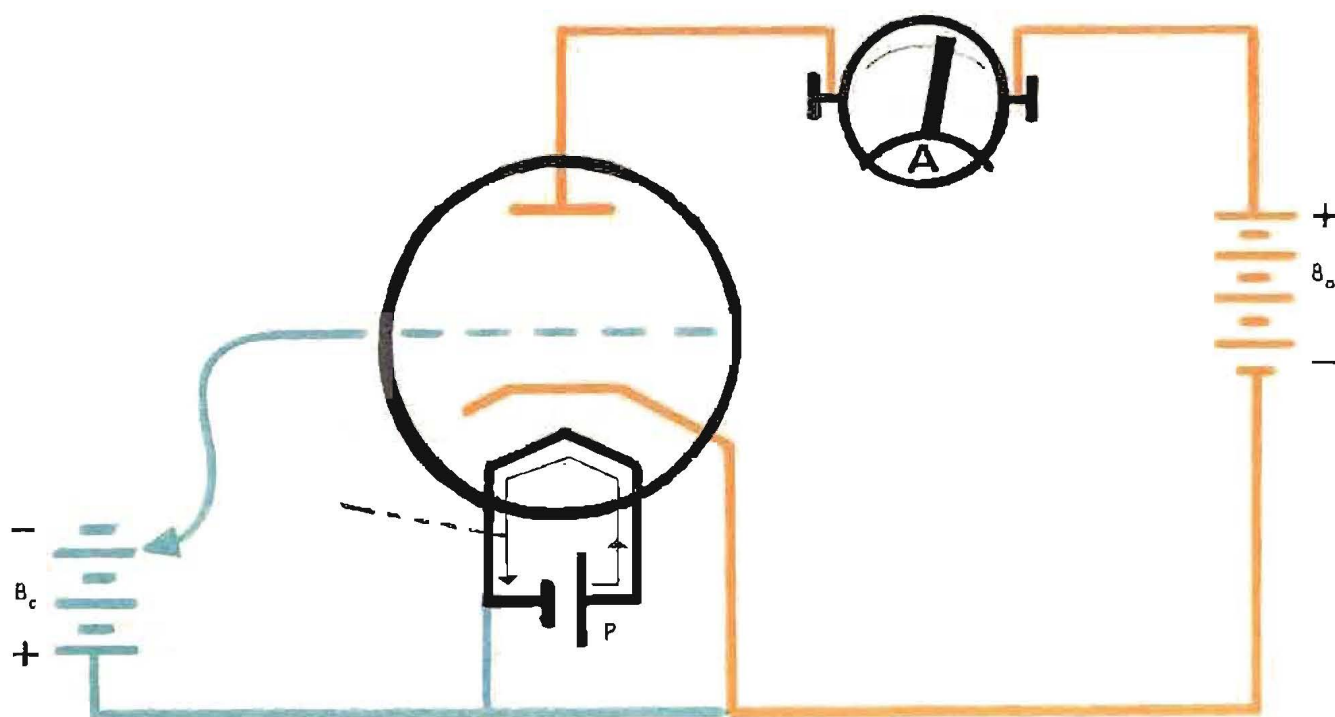
Repetimos el símbolo del triodo para que pueda compararse con su sección.

Cómo funciona el triodo

Gracias al estudio de la estructura y funcionamiento del diodo, llegamos a la conclusión de que tales válvulas podían solucionar los problemas propios de un detector o de un rectificador de media onda u onda completa si empleábamos la modalidad del diodo biplaca. Respecto al triodo actuaremos en el mismo sentido: conocer primero el comportamiento electrónico de la válvula triodo (es decir, con cátodo, rejilla y placa)

para ver las posibilidades de aplicación dentro del circuito de un receptor.

Para llegar a este conocimiento deberemos montar un circuito similar al que nos sirvió para estudiar el comportamiento del diodo. Si compara el circuito del diodo con el del triodo, comprobará que en éste se ha añadido al circuito de placa un nuevo circuito que relaciona la rejilla con el cátodo.



Este es el montaje necesario para estudiar el comportamiento del triodo. Observe la presencia de tres circuitos: el de placa (rojo), el de filamento (negro) y el de rejilla (azul).

En el montaje, pues, tenemos una batería B_c conectada entre placa y cátodo, de forma que el borne negativo queda directamente unido al cátodo. Un miliamperímetro A permite poner de manifiesto la intensidad de la corriente que circula por lo que en la lección anterior quedamos en llamar circuito de placa. La pila P , conectada entre los extremos del filamento, tiene la misión de calentarlo para que a su vez proporcione el suficiente caldeo al cátodo.

Hasta aquí todo sigue igual que en el diodo de vacío. Veamos, pues, qué papel juega en el triodo el nuevo elemento incorporado al diodo, o sea la rejilla.

Si en el montaje que nos ocupa omitimos la rejilla y la batería B_c a ella conectada, lo que queda es el circuito empleado para determinar la característica de un diodo. Un triodo, en definitiva, es un diodo al que se ha agregado el electrodo de control llamado rejilla o rejilla.

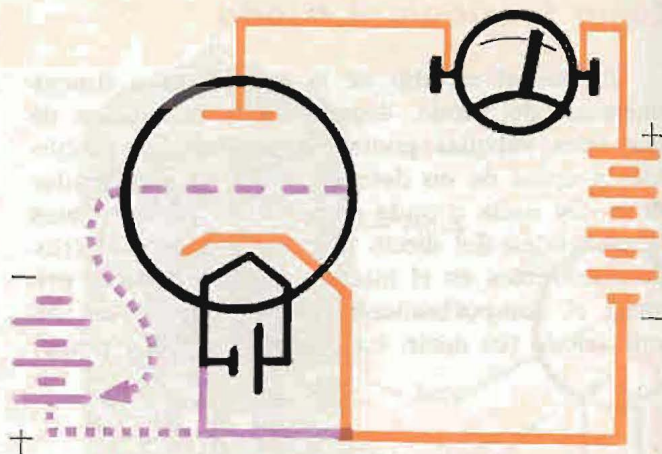
Por tanto, suprimiendo la rejilla, entre cátodo y placa circulará una corriente cuya intensidad dependerá de la tensión existente entre los polos de la batería B_a . Observe que la rejilla, aun cuando la conectemos al conductor de cátodo, no modifica en nada el comportamiento de placa y cátodo. Cuando la rejilla se conecta al conductor de cátodo, el triodo se comporta exactamente igual que un diodo.

La razón es ésta: al quedar unidos cátodo y rejilla, es evidente que tendrán el mismo potencial, puesto que ambos están directamente conectados al mismo borne de la batería B_a . En estas condiciones, pues, la rejilla no ejercerá ningún dominio sobre los electrones emitidos por el cátodo; por parte de la rejilla no habrá ni atracción ni repulsión. En este sentido se comportará como un elemento neutro; será únicamente la placa la que atraerá electrones del cátodo por tener un potencial positivo, respecto a él. Los electrones procedentes del cátodo atraviesan fácilmente los amplios intersticios que dejan los hilos de la rejilla y se establece la corriente de placa. Algunos electrones, cierto, no llegarán a alcanzar la placa: serán aquellos que hayan chocado con la rejilla. Pero su cantidad representa una fracción insignificante de la corriente total.

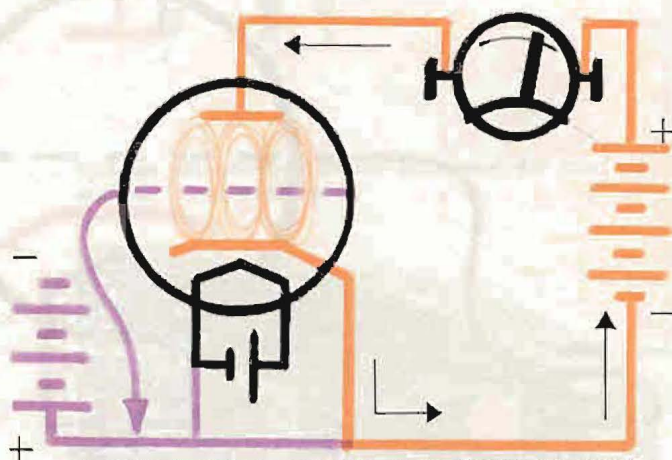
Hasta aquí sigue todo prácticamente igual que en el diodo; pero si mediante una nueva batería (B_c) comunicamos a la rejilla un potencial negativo, las cosas cambian radicalmente. En efecto:

Ahora que la rejilla es negativa, los electrones emitidos por el cátodo, como cargas negativas que son, se verán repelidos por ella. Esta repulsión tendrá mayor o menor fuerza según el valor del potencial negativo dado a la rejilla. Cuando este potencial es de poco valor, y habida cuenta de que la placa (+) sigue actuando sobre los electrones, algunos conseguirán atravesar la rejilla y llegarán a la placa a través del espacio entre los hilos de la rejilla. En cambio, los electrones que *pretenden* llegar a la placa pasando muy próximos a los hilos de la rejilla serán rechazados de nuevo hacia el cátodo. El resultado final será una disminución de la corriente de placa, circunstancia que pondrá de manifiesto el miliamperímetro intercalado en el circuito de placa.

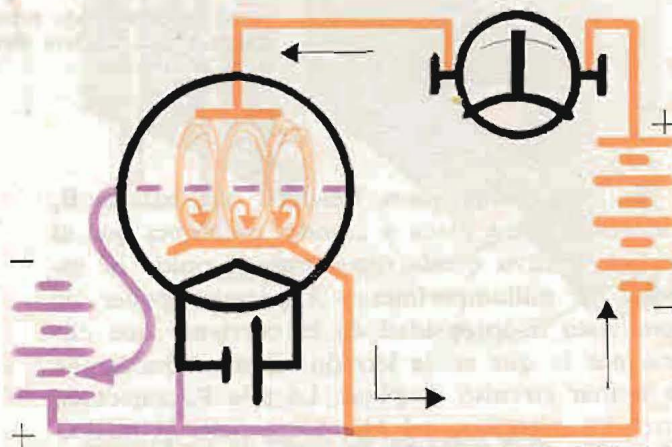
Si aumentamos el potencial negativo de la rejilla, la corriente de placa irá disminuyendo en intensidad hasta llegar a su total anulación. Para ello la rejilla deberá alcanzar un cierto potencial o tensión al que llamamos *potencial* (o tensión) *de corte de rejilla*.



Si en el montaje omitimos la rejilla y la batería B_c , queda el circuito propio del estudio del diodo.



Cuando la rejilla se conecta al conductor de cátodo el triodo se comporta exactamente igual que un diodo.



Cuando la rejilla tiene un cierto potencial negativo algunos electrones son rechazados por ella. Disminuye la corriente de placa.

En general, la tensión de corte de rejá de un triodo es un potencial negativo mucho menor que la tensión presente en la placa durante la experiencia. Se comprende fácilmente que así sea. Los electrones están sujetos a dos fuerzas antagónicas: la de atracción por parte de la placa y la de repulsión por parte de la rejá, que por encontrarse más cerca del cátodo requerirá menor tensión negativa que la positiva de la placa para anular su acción captadora de electrones. Recuerde que, según expresa la ley de Coulomb, las fuerzas eléctricas son mayores a medida que las distancias son más pequeñas.

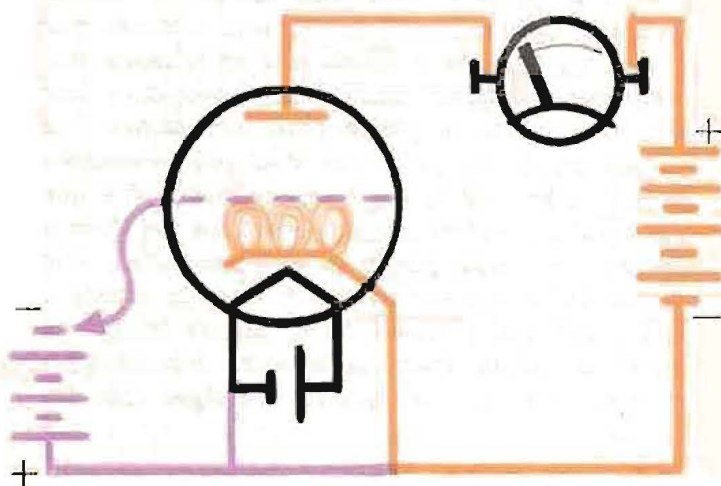
Este hecho puede explicarnos ya en qué consisten las propiedades amplificadoras de un triodo. Supongamos que para establecer una corriente de 20 mA a través de un triodo con rejá conectada al cátodo es necesario aplicar a la placa una tensión positiva de 100 V, y que para anularla baste aplicar a la rejá una tensión negativa de 10 V. En esta válvula se conseguirá el mismo control sobre la corriente con una determinada tensión en la placa que con una tensión en la rejá diez veces más pequeña. O sea que *una misma tensión produce una variación en la corriente de placa que cuando se aplica a la rejá es diez veces mayor que cuando se aplica a la placa.*

Circuito y corriente de rejá

Hasta aquí hemos estudiado el comportamiento del triodo suponiendo siempre que la rejá era negativa. ¿Qué ocurre si aplicamos tensiones positivas a la rejá?

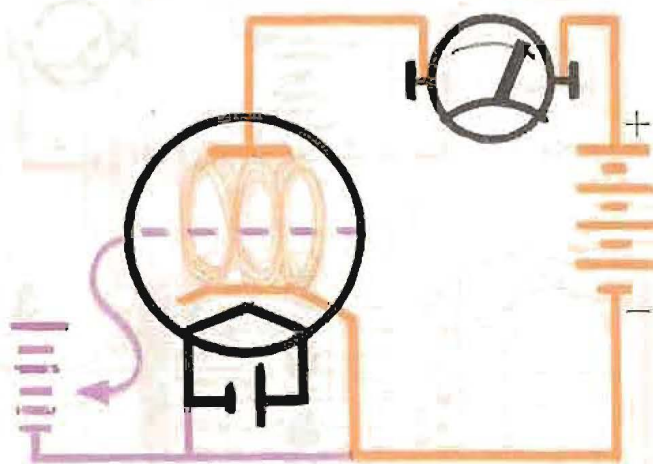
Para saberlo basta con invertir la polaridad de la batería B_c , con lo cual queda su polo negativo unido al cátodo y su polo positivo unido a la rejá. Si en estas condiciones vamos aumentando poco a poco el potencial de rejá (recordemos que ahora es positivo), el amperímetro intercalado al circuito de placa indica un aumento progresivo de la intensidad de la corriente de placa hasta que, habiendo alcanzado un valor máximo, todo aumento de la tensión de rejá determina una disminución de la intensidad de la corriente de placa.

Resumiendo: cuando la tensión de rejá es positiva, existe un valor de esta tensión para el cual la corriente de placa es máxima. Sobrepasando esta tensión de rejá disminuirémos automáticamente la intensidad de placa.



Cuando la rejá alcanza el potencial (negativo) llamado de corte de rejá, la corriente de placa se anula totalmente.

De la manera de utilizar esta propiedad hablaremos más adelante. Ahora interesa conocer el resto de las propiedades del triodo.



Cuando la rejá es positiva, aumenta la corriente de placa. Para una cierta tensión de rejá (+) la corriente de placa es máxima.

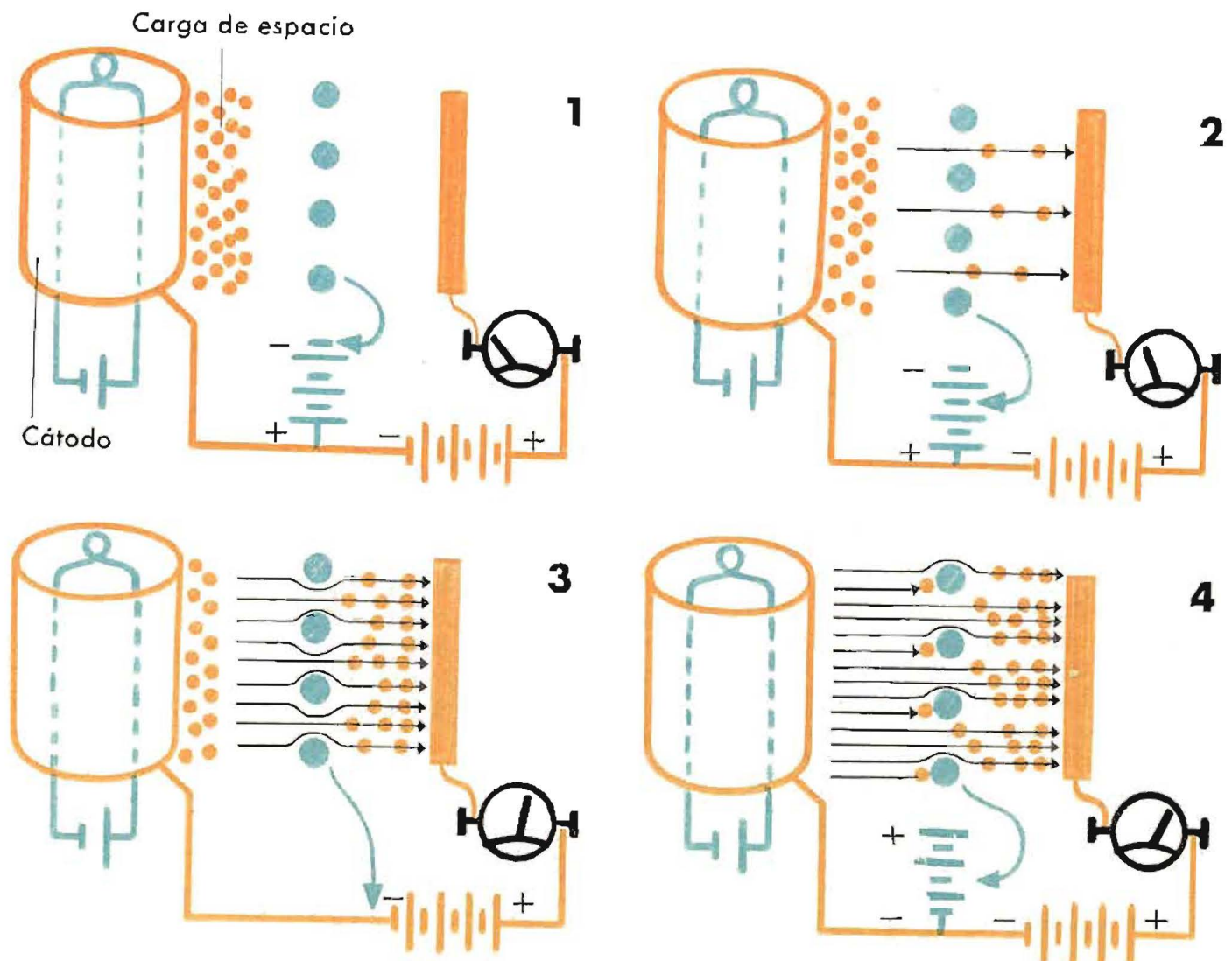
¿Cómo explicamos este comportamiento...? Basta con razonar un poco:

Al hacer que la rejilla sea positiva, los electrones de la carga espacial del cátodo se sienten atraídos no sólo por la placa, sino también por la rejilla, cuya acción se suma a la de la placa. Por tanto habrá mayor cantidad de electrones que emigrarán hacia la placa. Pero advertimos una circunstancia: no todos los electrones extraídos pasan a aumentar la corriente de placa, sino que algunos son capturados por los hilos de la rejilla (ahora con carga positiva), estableciéndose una CORRIENTE DE ELECTRONES que circula de cátodo a rejilla y de aquí, a través de la batería B_c , nuevamente al cátodo. Esta corriente se denomina CORRIENTE DE REJA, y el circuito que sigue CIRCUITO DE REJA.

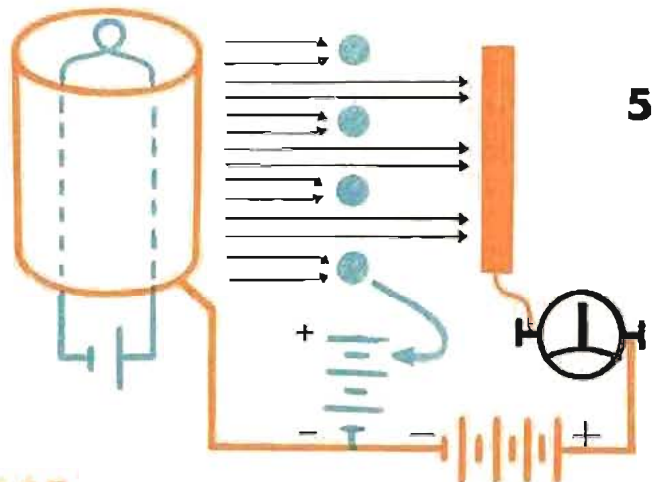
Pero la tensión de rejilla, recuérdelo, aumenta progresivamente, llegando un momento en que la tensión aplicada será suficiente para atraer conjuntamente con la placa *todos* los electrones emitidos por el cátodo. En este momento hemos alcanzado la *saturación* del cátodo, fenómeno que ya advertimos al hablar del diodo.

Llegado a este potencial de rejilla es imposible que aumente el número de electrones que salen del cátodo. El cátodo, por decirlo de algún modo, *no da más de sí*. En cambio, a medida que la rejilla ve incrementado su potencial atraerá cada vez mayor número de electrones y en consecuencia serán menos los que alcancen la placa. La corriente de placa, pues, disminuye a partir de un cierto potencial de rejilla.

RESUMEN GRAFICO DEL COMPORTAMIENTO DEL TRIODO



1. Reja negativa, tensión de corte. No hay corriente de placa.
2. Reja menos negativa. Algunos electrones alcanzan la placa.
3. Reja con el mismo potencial de cátodo. Se comporta como un diodo aumentando la corriente de placa.
4. Reja positiva, saturación. Toda la carga de espacio llega a la placa.
5. Reja más positiva. Absorbe parte de la carga de espacio. Disminuye la corriente de placa.

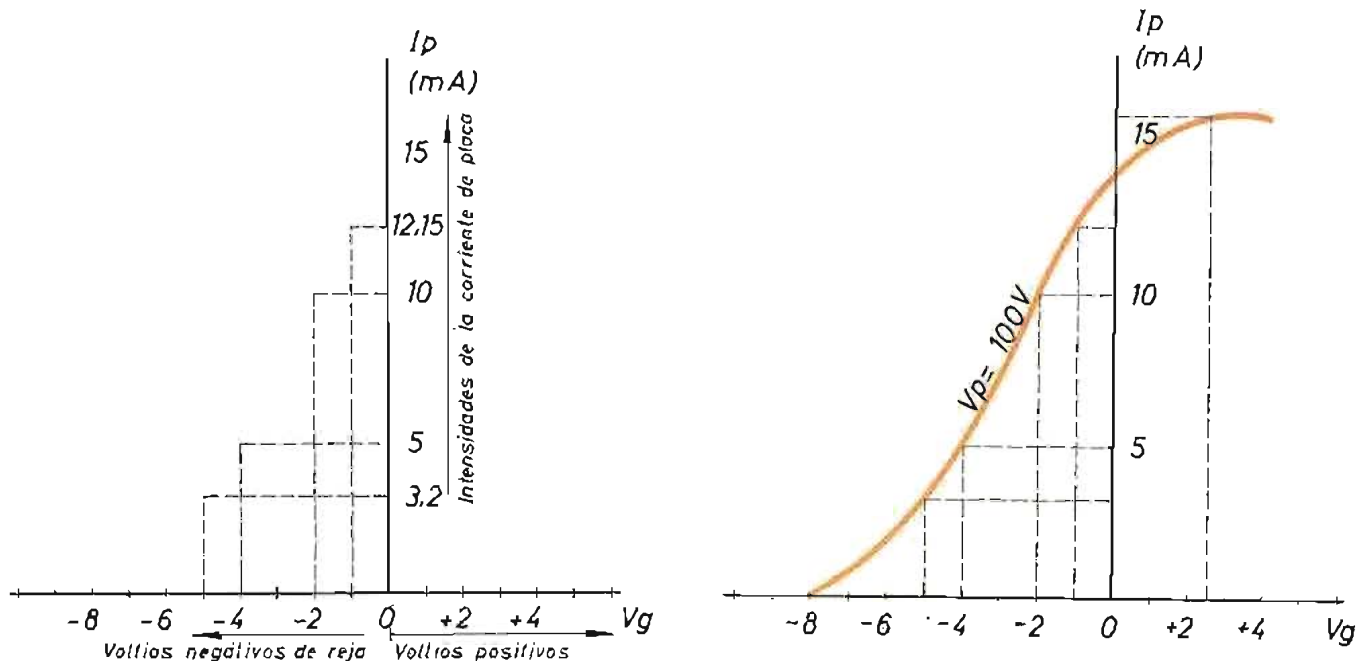


CURVAS CARACTERISTICAS DE UN TRIODO

Característica de rejilla

Para hacernos una idea cabal de la relación existente entre la tensión de rejilla y la corriente de placa podemos trazar un gráfico, señalando en el eje horizontal, o de abscisas, las distintas tensiones aplicadas a la rejilla; y en el eje vertical,

o de ordenadas, las distintas intensidades señaladas por el amperímetro del circuito de placa. Representamos por V_g la tensión de rejilla y la intensidad de placa por I_p , tal como aparece en la figura inmediata.



Sobre el eje horizontal (abscisas) indicamos las distintas tensiones que aplicamos a la rejilla del triodo, y sobre el eje vertical (ordenadas) anotamos las intensidades leídas en el amperímetro del circuito de placa. Supongamos que para $V_g = -1$ V, es $I_p = 12.15$ mA, que para $V_g = -2$ V, es $I_p = 10$ mA..., etc. Obtenemos una serie de puntos que definen una curva continua. Es la característica de rejilla que corresponde a la tensión de placa V_p establecida. Podemos suponer que esta característica de rejilla corresponde a una $V_p = 100$ V. En esta curva observamos que para $V_g = -8$ V, la $I_p = 0$. Luego -8 V es la tensión de corte de rejilla. Obtenemos la I_p máxima cuando $V_g = +2.5$ V. Luego la tensión de saturación es de $+2.5$ V de rejilla.

La curva obtenida al unir con una línea continua los puntos que indican la intersección de las verticales trazadas desde las distintas tensiones, indicadas en el eje de abscisas, y las horizontales, que parten de las correspondientes intensidades señaladas en el eje de ordenadas, es la llamada CARACTERÍSTICA DE TRANSFERENCIA DEL TRIODO, o simplemente CARACTERÍSTICA DE REJA.

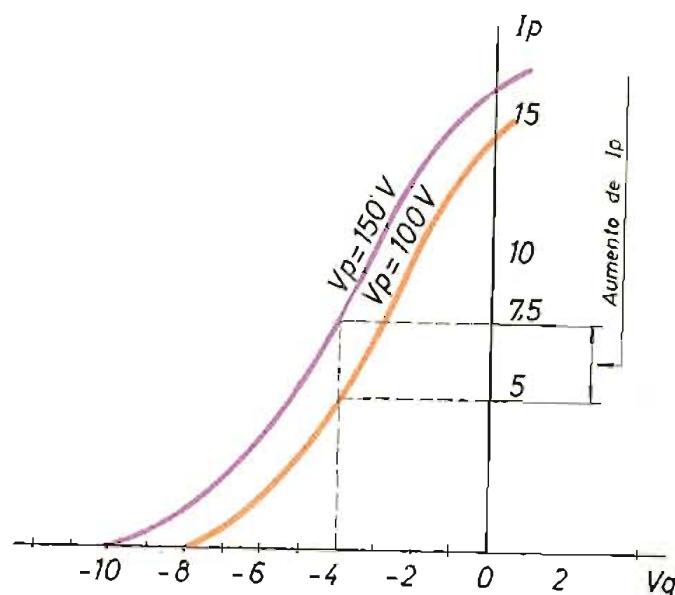
Lo normal es que un triodo trabaje manteniendo una tensión de rejá constantemente negativa. O sea que, para un triodo cuya característica de rejá sea la que acabamos de considerar, la tensión de rejá variará tan sólo entre los cero y los -8 voltios (tensión de corte), sin que nunca se haga positiva. Por ello, en general, los fabricantes omiten en los gráficos de funcionamiento de sus triodos la zona que corresponde a las tensiones positivas de rejá.

La característica de rejá considerada se ha trazado variando la tensión de rejá y midiendo la correspondiente intensidad de la corriente de placa, pero suponiendo que la tensión de placa V_p permanece constante, por ejemplo a $+100$ V. ¿Qué sucederá si aumentamos la tensión de placa...?

Digamos que de 100 V en la placa pasamos a 150 ; aumentamos la tensión de placa en 50 V, la hacemos más positiva, y en consecuencia más electrones serán atraídos hacia ella, aumentando la corriente de placa.

Si para una tensión de placa de $+100$ V y una tensión de -4 V en la rejá la intensidad de la corriente de placa era de 5 mA, manteniendo los -4 V en la rejá, todo aumento de la tensión de placa representará un incremento en la intensidad... que podemos suponer de 2.5 mA.

En la gráfica los 5 mA que correspondían a los -4 V de la rejá se han convertido en 7.5 mA, que corresponden a esta misma tensión de rejá.



Si manteniendo constante V_g (-4 V) aumentamos la tensión de placa de 100 V a 150 V, obtenemos una corriente de placa de 2.5 mA más. La nueva característica de rejá queda desplazada hacia la izquierda de la anterior.

La intersección entre la vertical y horizontal correspondiente es un punto de la característica de rejá, una tensión de placa de 150 V.

Si variamos ahora la tensión de rejá hasta el valor cero (hacia la derecha) y hacia la izquierda hasta que se anula la corriente de placa, obtendremos una curva semejante a la anterior, pero desplazada hacia la izquierda. La tensión de placa que corresponde a cada curva se indica al lado de la misma. Así, en nuestro ejemplo, que, dicho sea de paso, no corresponde a ningún triodo determinado, hemos indicado $V_p = 100$ V y $V_p = 150$ V.

La fabricación de válvulas electrónicas es hoy en día una industria de primerísima importancia, como por fuerza debe ser en un mundo que ha cifrado sus mayores esperanzas de progreso en las posibilidades casi ilimitadas de la ciencia y técnicas de la electrónica. Y como la válvula triodo es uno de los elementos más empleados dentro de la complejidad de los circuitos electrónicos, es lógico que la industria se haya preocupado por conseguir triodos económicos que permi-

tan, en lo posible, reducir las dimensiones del montaje. Por ambas razones (economía y reducción de espacio) se fabrican válvulas compuestas por dos triodos completos. Una sola ampolla de vidrio encierra todos los componentes pertenecientes a dos triodos. Son las llamadas válvulas doble triodo, de las que vamos a estudiar la ECC82, de la serie Noval, como una de las más características, pues se trata de un tipo moderno muy utilizado.

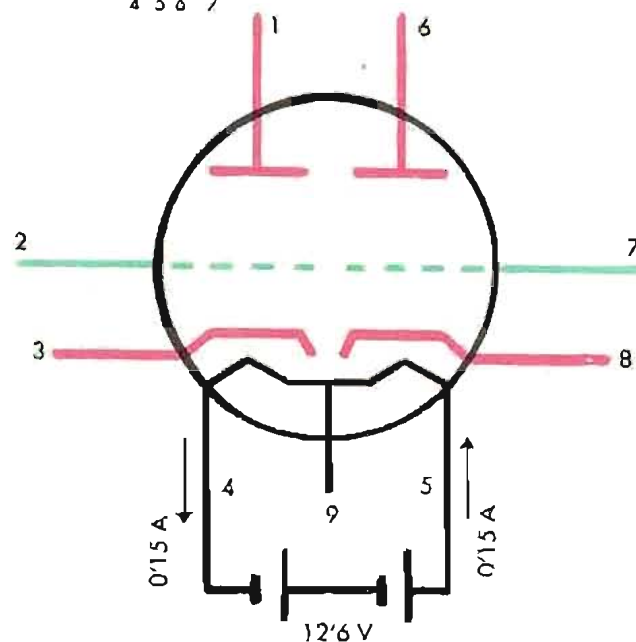
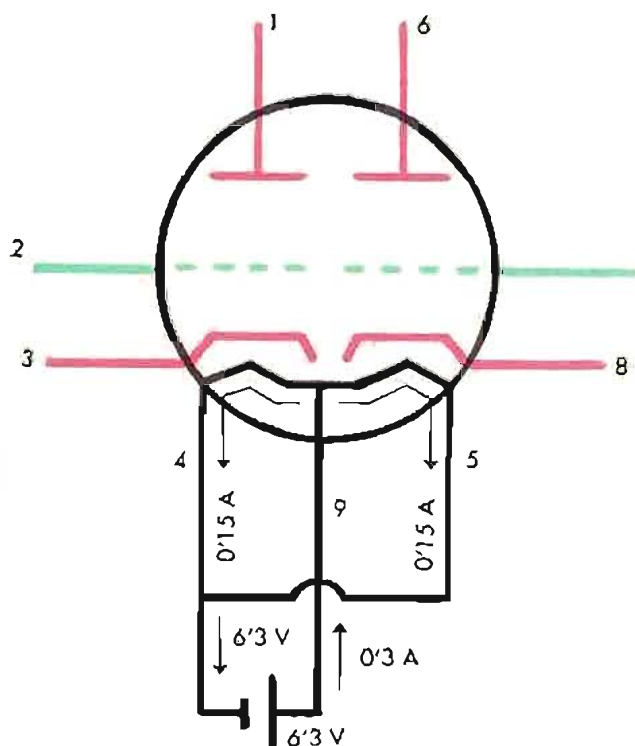
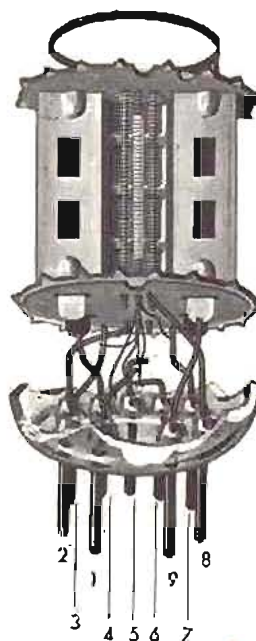
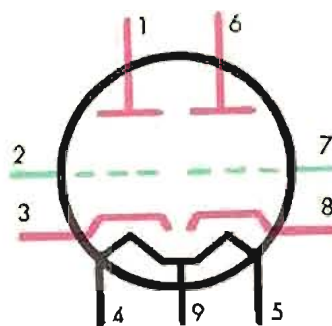
Los filamentos de los dos triodos de esta válvula deben alimentarse con una tensión de 6'3 voltios; su consumo es de 0'15 A.

Para alimentar los filamentos de esta válvula caben dos posibilidades:

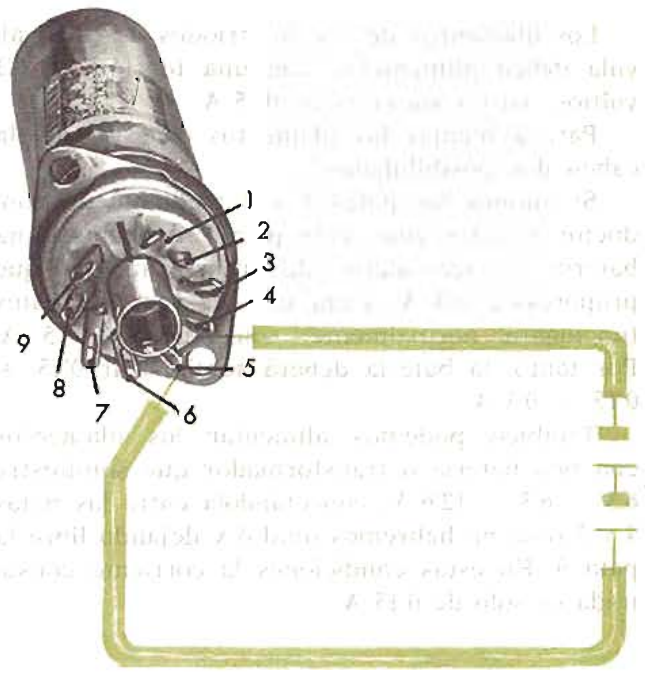
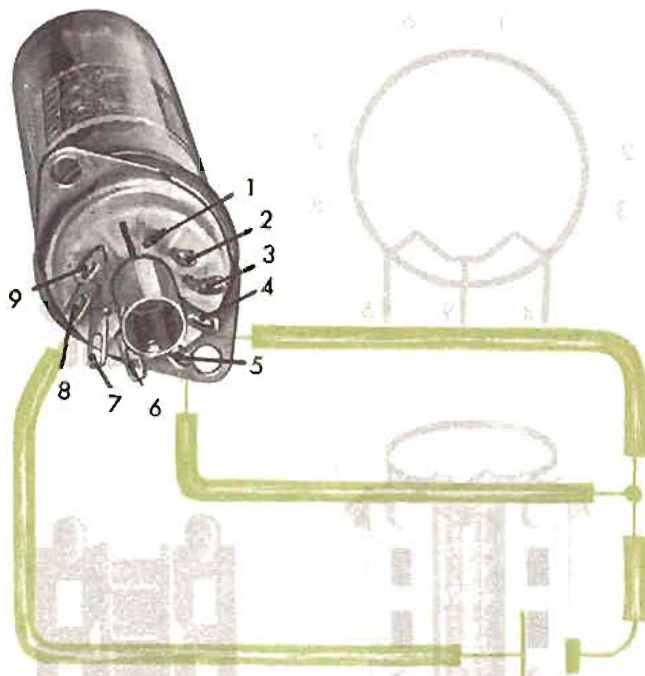
Si unimos las patas 4 y 5 mediante un conductor y entre ellas y la pata 9 aplicamos una batería (o secundario de transformador) que proporcione 6'3 V, cada uno de los filamentos funcionará normalmente, consumiendo 0'15 A. Por tanto, la batería deberá suministrar $0'15 + 0'15 = 0'3$ A.

También podemos alimentar los filamentos con una batería o transformador que suministre $6'3 + 6'3 = 12'6$ V, conectándola entre las patas 4 y 5 (que no habremos unido) y dejando libre la pata 9. En estas condiciones la corriente consumida es sólo de 0'15 A.

Al margen puede ver la representación simbólica del doble triodo ECC82 y un estudio gráfico de la disposición de los elementos dentro de la ampolla de vidrio.



Representación simbólica de las dos posibilidades de alimentar los filamentos de la ECC82.



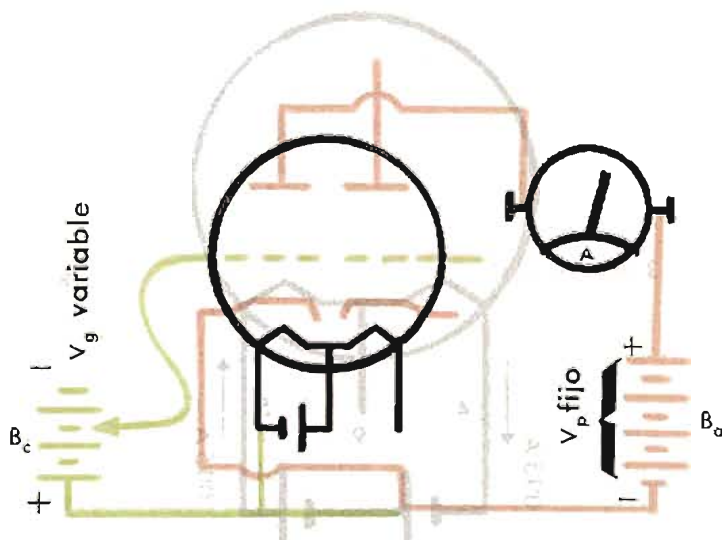
Representación de las conexiones anteriores, habiendo sustituido el esquema de la válvula por una fotografía de la ECC82 con su correspondiente zócalo.

CARACTERÍSTICAS DE PLACA DE UN TRIODO

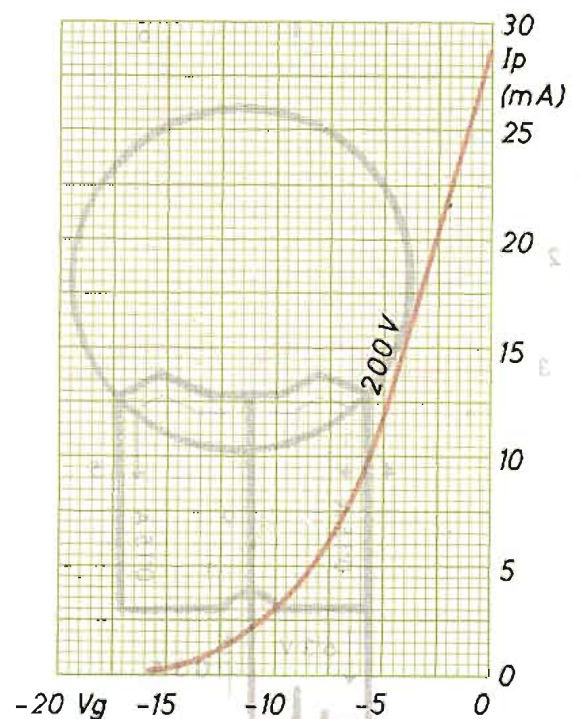
Empecemos este apartado resumiendo el proceso que nos ha permitido obtener las características de rejá de un triodo:

Esencialmente consiste en mantener la placa a un potencial fijo, al que representamos por V_p , observando la variación de la intensidad de placa (I_p) cuando la tensión de rejá (V_g) varía des-

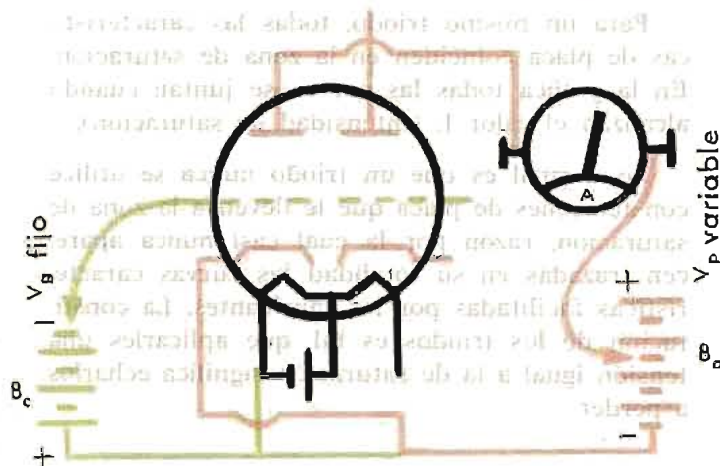
de el valor cero hasta un valor negativo, llamado *tensión de corte de rejá*, para el cual se anula la corriente de placa.



Montaje de una ECC82 para obtener su característica de rejá. Actúa uno solo de sus diodos. Mantenemos fijo el valor de V_p variando el potencial de V_g . Obtenemos la característica de la derecha dando a V_p un valor de 200 V y leyendo en A el valor de I_p para cada variación de V_g .



Característica de rejá de la ECC82 para $V_p = 200$ V y variando V_g de 0 a -15 V.



Para obtener la característica de placa de un triodo mantendremos V_g con un potencial fijo, y variando V_p leeremos en A los valores de I_p .

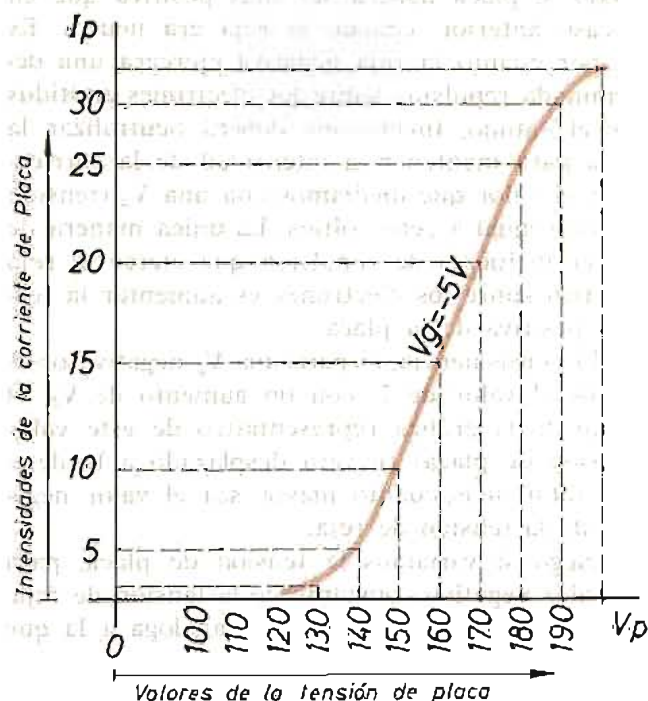
Sigamos con el mismo montaje pero invertamos los papeles de las tensiones V_g y V_p (de rejilla y de placa), con lo cual conseguiremos lo siguiente:

Daremos a la rejilla un potencial constante por medio de la batería B_c . V_p será siempre la misma. En cambio, con la batería B_a variaremos el valor de V_g , o sea la tensión placa, dándole valores positivos desde cero voltios hacia arriba y observando al mismo tiempo cómo varía la intensidad de placa I_p .

Para cada valor de la tensión de placa encontraremos un valor distinto de la intensidad I_p .

Del mismo modo que en los casos anteriores, una nueva gráfica servirá para que podamos analizar cómo varían estas funciones. Ello nos lleva, de paso, a pedirle que se compenetre del enorme valor de estas representaciones gráficas, que expresan de modo sencillo lo que de otro modo requeriría largas explicaciones e inacabables columnas de cifras.

Tomando un sistema de ejes coordenados, tomaremos los valores de V_p sobre el eje de abscisas (eje horizontal) y los valores de I_p sobre el eje de ordenadas (vertical). Trazando verticales



Ejemplo de característica de placa de un triodo. En ella se considera que $V_g = -5V$, dando las variaciones de I_p a medida que aumenta el valor de la tensión de placa.

desde los puntos que representan los valores de V_p y horizontales desde los valores de I_p , obtendremos distintos puntos de una curva, diferente para cada valor de V_g . Es decir: la curva obtenida será diferente para cada tensión de rejilla.

Estas curvas, que se obtienen considerando la variación de la intensidad de placa y con una tensión constante en la rejilla (variemos sólo la tensión de placa), reciben el nombre de CARACTERÍSTICAS DE PLACA.

Estudiemos la forma de una característica de placa: empecemos fijando en cero voltios el valor de la tensión de rejilla. En estas condiciones el triodo es prácticamente un diodo, y por ello su característica de placa tendrá la misma forma que descubrimos al estudiar el diodo: un codo inferior, una zona lineal inclinada, un codo superior y finalmente la zona de saturación, donde I_p alcanza su valor máximo y constante por más que aumente la tensión de placa.

Repitamos el proceso, pero no ya con una tensión de rejilla de cero voltios, sino aplicando una tensión negativa. ¿Qué ocurrirá en estas condiciones? Es evidente que para hacer circular una corriente de determinada intensidad a través del

triodo la placa deberá ser más positiva que en el caso anterior, cuando la reja era neutra. Es así por cuanto la reja negativa ejercerá una determinada repulsión sobre los electrones emitidos por el cátodo, fuerza que deberá neutralizar la placa para mantener la intensidad de la corriente en el valor que medíamos con una V_g (tensión de reja) igual a cero voltios. La única manera de vencer la fuerza de repulsión que ejerce la reja negativa sobre los electrones es aumentar la tensión positiva de la placa.

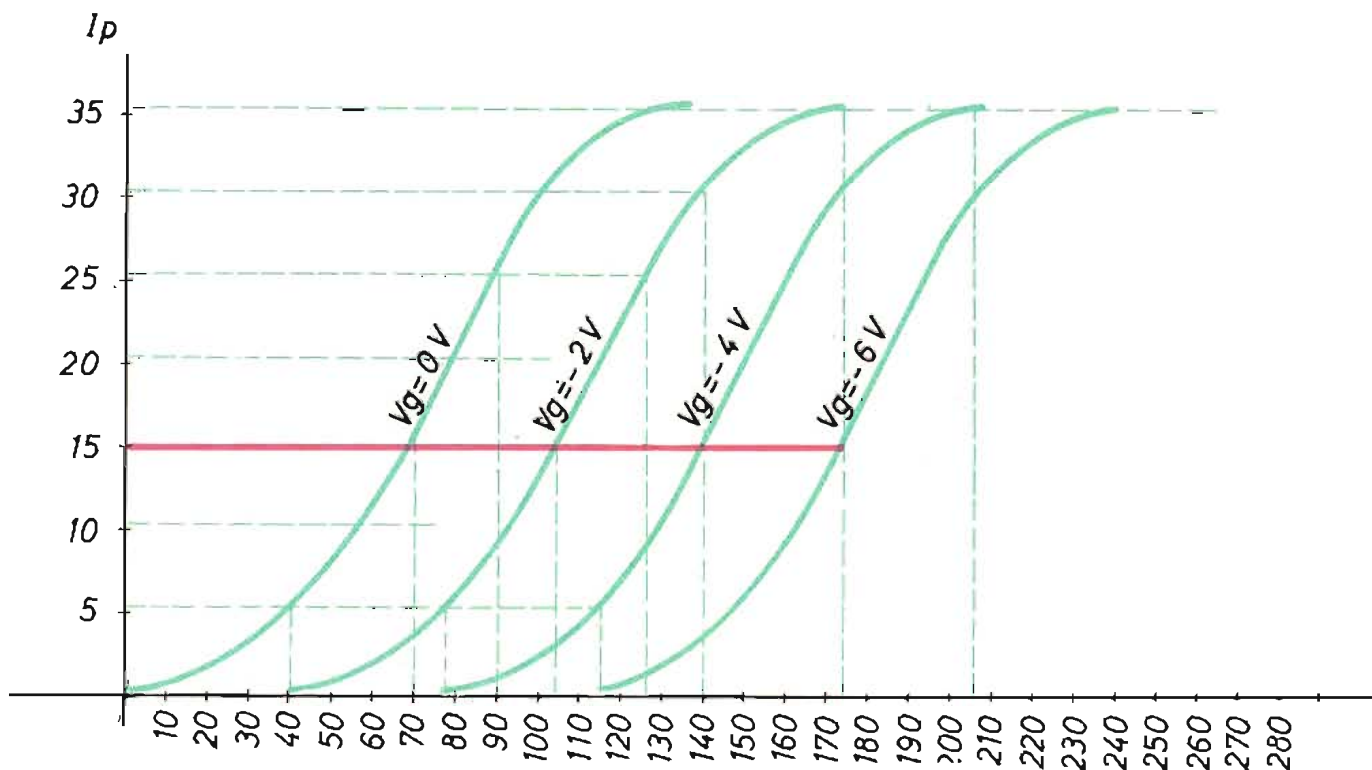
En consecuencia, si para una V_g negativa obtenemos el valor de I_p con un aumento de V_p , el punto de la gráfica representativo de este valor (tensión de placa) se verá desplazado a la derecha, tanto más cuanto mayor sea el valor negativo de la tensión de reja.

Luego si variamos la tensión de placa, para un valor negativo constante de la tensión de reja, obtendremos una característica análoga a la que

obteníamos para $V_g = 0$, pero desplazada hacia la derecha. Como es natural, para conseguir la intensidad de saturación será necesaria una tensión mayor en la placa; pero dicha intensidad de saturación seguirá siendo la misma, ya que, como sabemos, tan sólo depende del número de electrones que pueda emitir el cátodo.

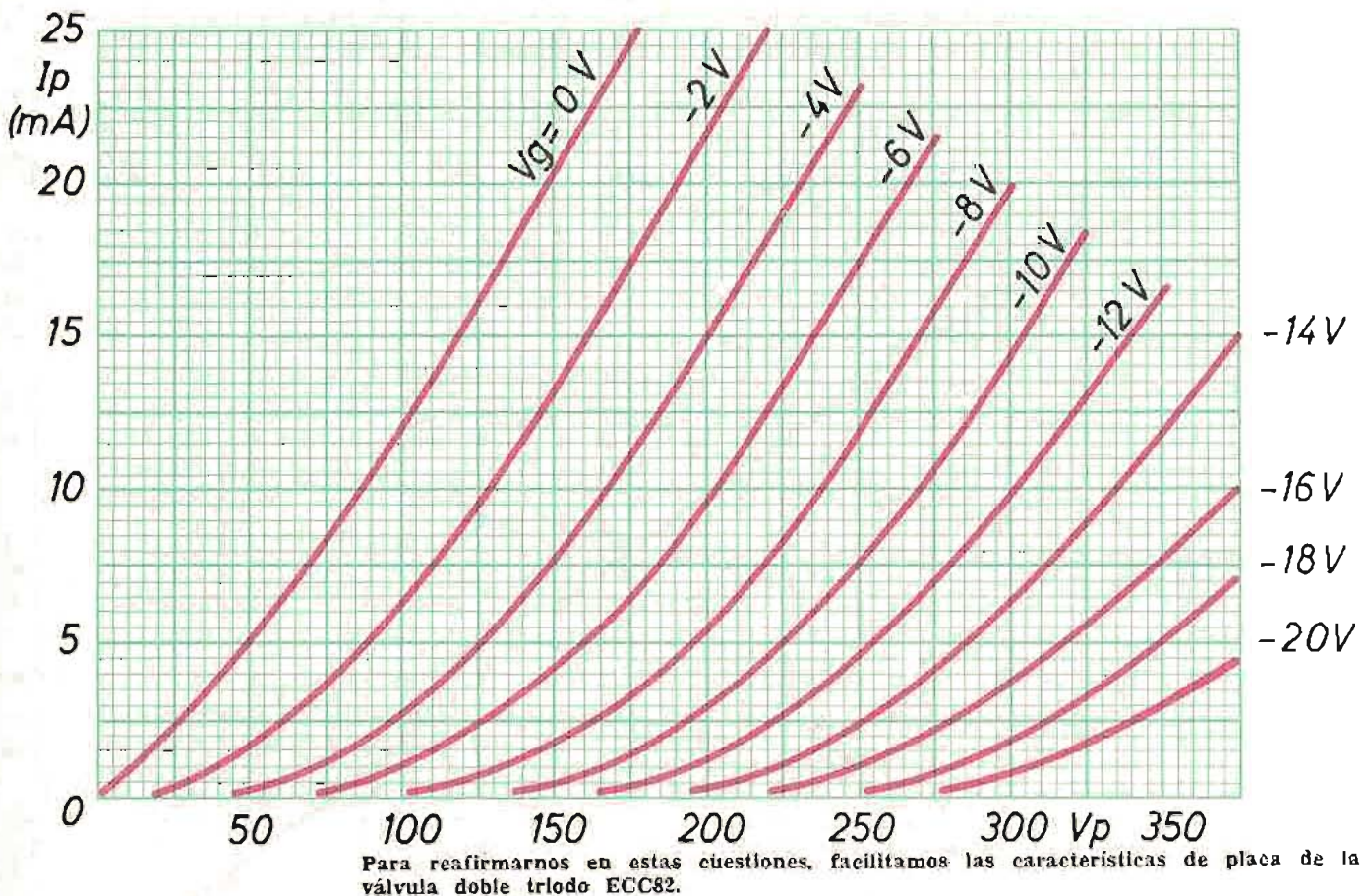
Para un mismo triodo, todas las características de placa coinciden en la zona de saturación. En la gráfica todas las curvas se juntan cuando alcanzan el valor I_s (intensidad de saturación).

Lo normal es que un triodo nunca se utilice con tensiones de placa que le lleven a la zona de saturación, razón por la cual casi nunca aparecen trazadas en su totalidad las curvas características facilitadas por los fabricantes. La constitución de los triodos es tal, que aplicarles una tensión igual a la de saturación significa echarlos a perder.



Observe en esta gráfica el cumplimiento de lo anteriormente dicho. Se trata de las características de placa de un triodo, considerando para V_g los valores que se indican. Vea cómo para obtener una misma I_p (15 mA, por ejemplo) requerimos una V_p tanto mayor cuanto mayor es la tensión de reja considerada.

CARACTERISTICAS DE PLACA DE LA ECC82



CARACTERISTICAS DE CORRIENTE CONSTANTE

De lo que llevamos dicho, se deduce que en todo triodo debemos tener en cuenta el valor de tres magnitudes distintas:

- La tensión de placa V_p .
- La tensión de rejilla V_g .
- La intensidad de placa I_p .

Al relacionar el valor de estas magnitudes, hemos visto que si se mantiene fija la tensión aplicada a la placa (V_p) y se varía la tensión aplicada a la rejilla (V_g) la intensidad en el circuito de placa varía según los valores expresados gráficamente por las *características de rejilla*.

También hemos observado que si la constante es la tensión de rejilla V_g y la variable la tensión de placa, la I_p (intensidad de la corriente de placa) varía según la característica de placa del triodo.

En ambos casos hemos supuesto una tensión fija y otra variable. Aún es posible una tercera posibilidad: la de que ambas tensiones sean variables. Pero la variación de la tensión de rejilla V_g y la de placa V_p debe ser tal que se consiga

que la intensidad I_p de la placa se mantenga constante.

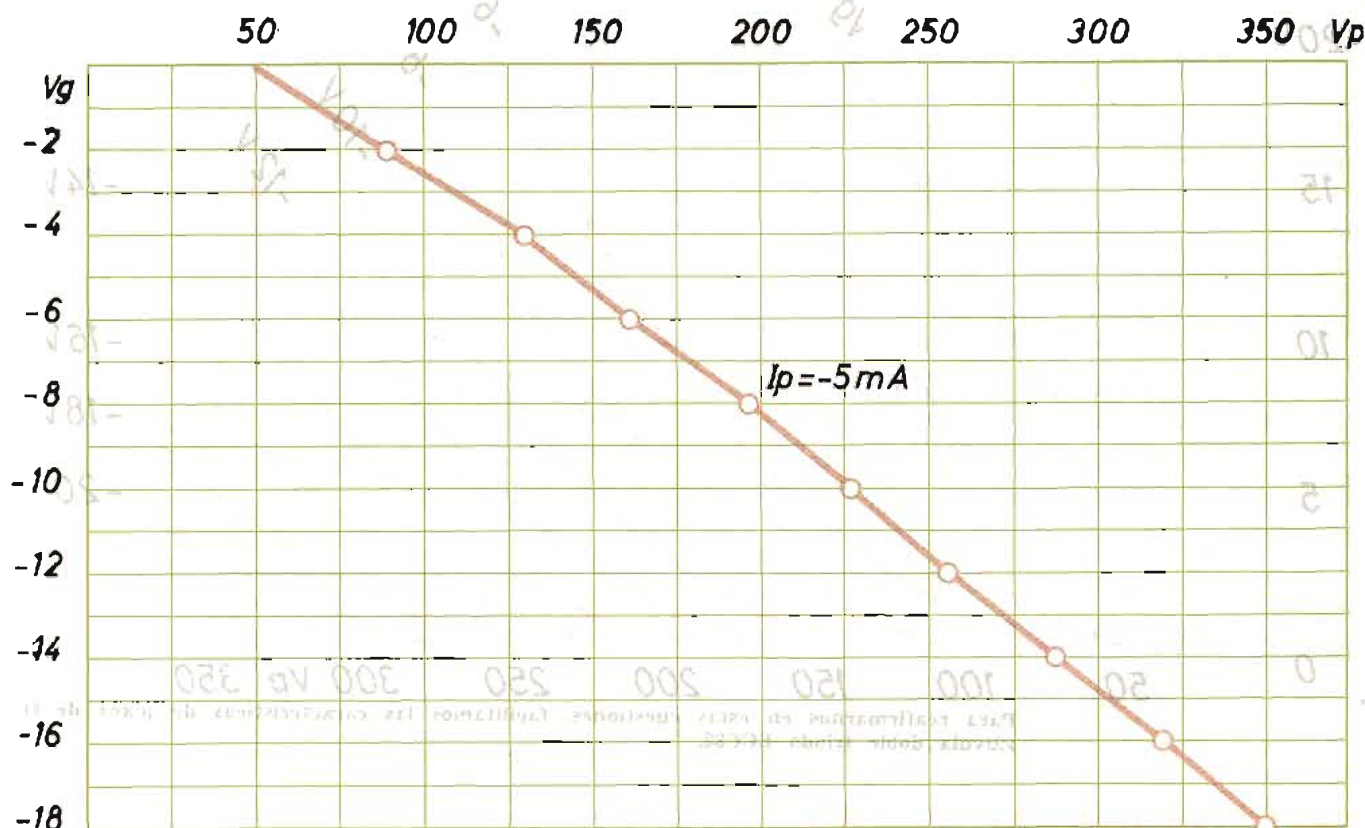
Aclaremos la cuestión: sabemos que un aumento de la tensión positiva de la placa provoca un aumento de la corriente que por ella circula. También sabemos que aumentando la tensión negativa de rejilla ocasionamos una disminución de la corriente de placa. Se trata de dos resultados totalmente opuestos, y por lo tanto será posible aumentar a la vez las tensiones de placa y rejilla (positiva la primera y negativa la segunda) de forma que los respectivos incrementos se anulen mutuamente.

En tales circunstancias, la intensidad de la corriente no varía.

Como en los casos anteriores, podemos trazar una gráfica con los valores de V_a y V_g para los que I_p tiene un valor determinado y constante. Las curvas que se obtienen para cada valor de I_p que deseamos mantener fijo reciben el nombre de *CARACTERÍSTICAS DE CORRIENTE CONSTANTE*. La razón es obvia.

Rara vez dan los fabricantes estas curvas, ya que pueden deducirse fácilmente partiendo indistintamente de las características de reja o de placa. A título de ejemplo dibujamos la caracteris-

tica de corriente constante correspondiente a $I_p = 5 \text{ mA}$. Esta curva relaciona, pues, las tensiones de placa y de reja para las cuales la intensidad de placa es $I_p = 5 \text{ mA}$.



Característica de corriente constante de la ECC82 para $I_p = 5 \text{ mA}$. Cada punto de la curva relaciona las tensiones de V_p y V_g para las cuales es $I_p = -5 \text{ mA}$.

PENDIENTE

SE LLAMA PENDIENTE DE UN TRIODO A LA VARIACIÓN QUE EXPERIMENTA LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE DE PLACA POR CADA VOLTIO DE VARIACIÓN EXPERIMENTADO POR LA TENSION DE REJA, SUPONIENDO QUE LA TENSION DE PLACA PERMANECE INVARIABLE.

Recuerde que la variación de I_p (intensidad de placa) debida a la variación de V_g (tensión de reja) viene dada por la característica de reja del triodo. Será, pues, consultando esta curva como podremos conocer su pendiente, que corriente-mente se representa por S .

Así, por ejemplo, para el triodo ECC82 (serie Noval), y considerando una tensión de placa $V_p = 170 \text{ V}$, cuando la tensión de reja V_g varía desde -2.5 V hasta -5 V la intensidad de placa

disminuye desde 14.75 mA hasta 7.5 mA . La pendiente (variación de I_p por voltio de V_g) será:

$$S = \frac{\text{Variación de } I_p}{\text{Variación de } V_g} = \frac{14.75 - 7.5}{5 - 2.5} = \frac{7.25}{2.5} = 2.9 \text{ mA/V}$$

Si repetimos las anteriores operaciones para la característica que corresponde a una $V_p = 250 \text{ V}$, obtendremos como resultado una pendiente $S = 3.4 \text{ mA/V}$.

Y si hacemos lo propio para $V_p = 100$ V, obtenemos una pendiente $S = 1$ mA/V. Este resultado difiere notablemente de los anteriores y se debe a que la característica es poco recta en esa zona. Variando, en cambio, V_g desde 0 a -2.5 V obtendríamos $S = 2.8$ mA/V, valor más de acuerdo con los anteriores.

Observamos que cuanto mayor es la PENDIENTE de un triodo mayor es la inclinación o pendiente que presentan las características de rejá. De ahí el nombre de pendiente que se da al valor de S .

Como hemos visto, la pendiente del triodo ECC82 es casi la misma para $V_p = 250$ V, 170 V ó 100 V; se obtiene aproximadamente el mismo resultado variando V_g entre -5 y -2.5 V o entre -2.5 y 0 V... o cualquier par de valores *siempre y cuando no correspondan a una porción de las características de rejá poco recta* (parte superior de las características).

Podemos afirmar que LA PENDIENTE DE UN TRIODO ES UN DATO QUE LO CARACTERIZA.

Así, para el doble triodo ECC81, la pendiente es $S = 5.9$ mA/V cuando $V_p = 170$ V.

Para la ECC83, otro doble triodo parecido al anterior pero con distintas características eléctricas, es $S = 1.6$ mA/V cuando $V_p = 250$ V.

RESISTENCIA INTERNA O DE PLACA

Centremos nuestra atención en las características de placa, que ponen de manifiesto cómo varía I_p cuando variamos V_p manteniendo fija la tensión V_g de rejá.

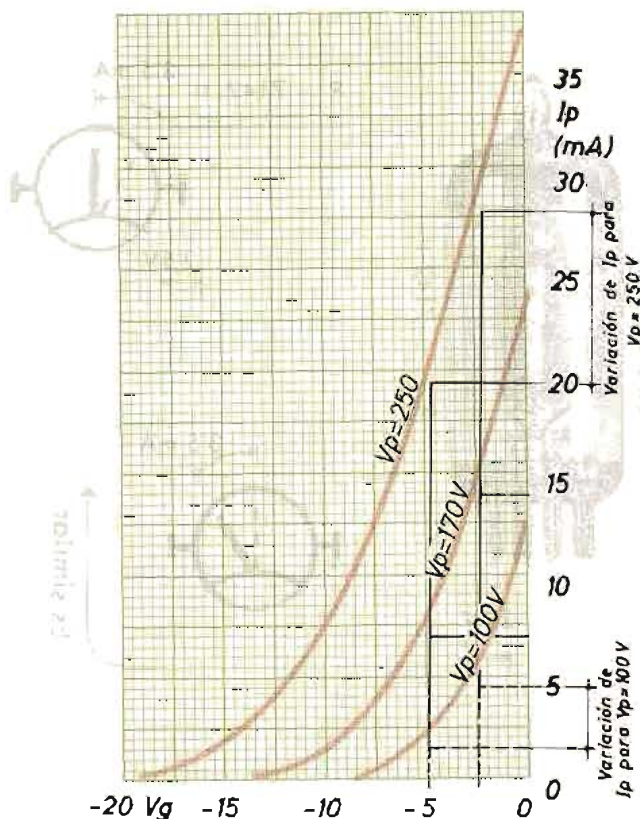
Si, por ejemplo, de las características de placa del triodo ECC82 elegimos aquella en la cual es $V_g = -4$ V y variamos V_p desde 150 hasta 175 V, resultará que I_p habrá variado desde 7.5 mA hasta 11 mA.

Pues bien: LLAMAMOS RESISTENCIA INTERNA O RESISTENCIA DE PLACA DE UN TRIODO A LA VARIACIÓN EN VOLTIOS QUE DEBE DARSE A V_p PARA QUE I_p VARÍE EN 1 mA MANTENIENDO V_g CONSTANTE

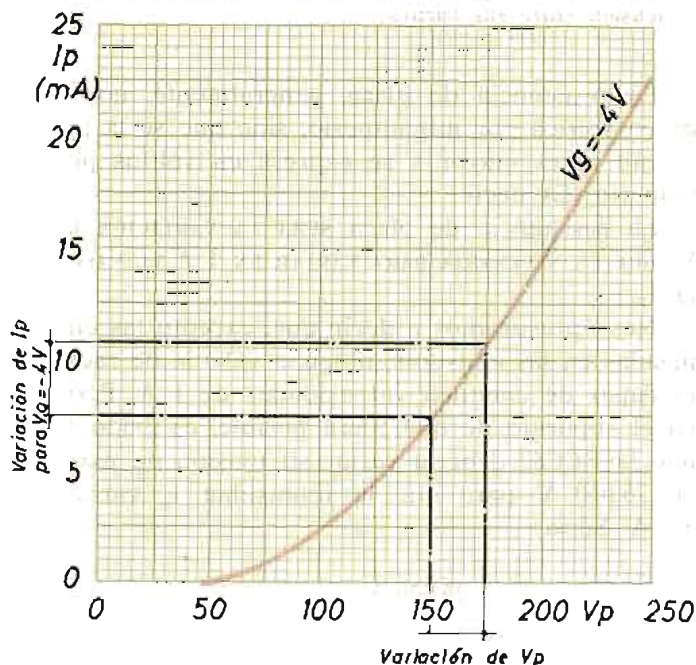
En el caso que hemos presentado la variación de V_p es de $175 - 150 = 25$ V, con la cual se ha conseguido que I_p pasara de 7.5 mA a 11 mA. Es decir: I_p ha variado en $11 - 7.5 = 3.5$ mA.

La resistencia interna (R_i) será:

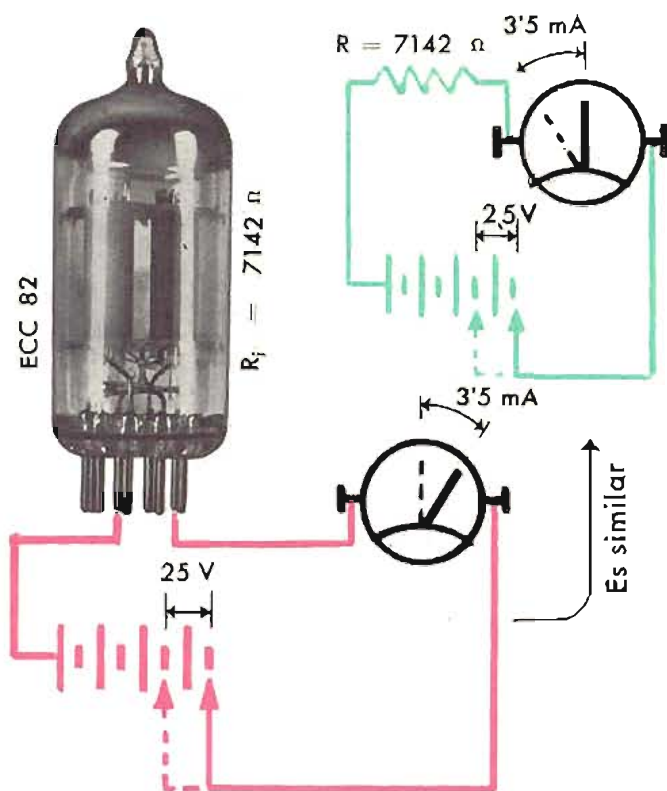
$$R_i = \frac{25}{3.5} = 7.142 \text{ V/mA}$$



Característica de rejá de la ECC82 para $V_p = 170$ V, $V_a = 100$ V y $V_a = 250$ V. Observe las variaciones de I_p cuando V_g varía desde -2.5 a -5 V.



Característica de placa de la ECC82 para $V_g = -4$ V. Observe cómo al variar V_p de 150 a 175 V, I_p habrá variado de 7.5 a 11 mA.



El triodo ECC82, cuya R_i es de 7142Ω , da una variación de la intensidad de la corriente entre placa y cátodo igual a la variación que daría una resistencia de 7142Ω ante una misma variación en la tensión entre sus bornes.

La resistencia de placa, generalmente, no se da en voltios por miliamperio, sino que se la hace mil veces mayor y se expresa en voltios por amperio. Es decir:

La resistencia de placa SERÁ LA VARIACIÓN DE V_p QUE ES NECESARIA PARA VARIAR EN 1 A EL VALOR DE I_p .

Nos apresuramos a decir que, excepto las empleadas en las emisoras, ninguna válvula de radio es capaz de conducir intensidades de 1 A. Pero, en el supuesto de que fuera posible, es evidente que la ECC82 debería variar su tensión de placa en 25.000 V para que la intensidad I_p variase 3'5 A. Sería:

$$R_p = \frac{25.000 \text{ V}}{3'5 \text{ A}} = 7142 \text{ V/A}$$

Fíjese en la expresión V/A. ¿No es 1 V/1 A = 1 ohmio...? Esta es la razón por la que se pre-

fiere dar la R_i en voltios por amperio: es lo mismo que darlo en ohmios. Siguiendo con la ECC82, será:

$$R_i = 7142 \text{ V/A} = 7142 \Omega$$

Ya que hablamos de una resistencia, es lógico que la demos en ohmios.

Por otra parte, el nombre de RESISTENCIA INTERNA no es ningún capricho. Todo triodo, en cuanto se ha fijado su tensión de rejilla, se comporta como si sus terminales de placa y cátodo lo fuesen de una resistencia de valor R_i contenida en el interior de la válvula.

Hemos visto, por ejemplo, que en una válvula ECC82, al variar la tensión aplicada entre cátodo y placa en 25 V, la intensidad variaba en 3'5 mA. Pues bien: ¡lo mismo ocurre al variar en 25 V la tensión aplicada a los extremos de una resistencia de 7142Ω ! (Valor de la R_i del triodo considerado.)

Advertimos, sin embargo, que existe una notable diferencia entre ambos casos (triodo y resistencia). Hemos visto que para una tensión de placa de 150 V era $I_p = 7'5 \text{ mA}$ y que para $V_p = 175 \text{ V}$ era $I_p = 11 \text{ mA}$. En cambio, considerando al triodo como una resistencia de 7142Ω , vemos que para una tensión de 150 V entre sus extremos la intensidad, según la ley de Ohm, será de:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{150}{7142} = 0'021 \text{ A} = 21 \text{ mA}$$

Cuando elevamos la tensión a 175 V, la intensidad será:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{175}{7142} = 0'0245 = 24'5 \text{ mA}$$

Es evidente que las intensidades correspondientes a una resistencia de 7142Ω para 150 V y 175 V son superiores a las intensidades de placa de un triodo ECC82 para la misma variación de tensión de placa. Recuerde que en el triodo las intensidades eran de 7'5 mA a 150 V y de 11 mA a 175V. Pero ¡la variación de la intensidad es la misma en ambos casos! En efecto:

$$11 - 7'5 = 24'5 - 21 = 3'5 \text{ mA}$$

A medida que profundizamos en el estudio de las aplicaciones del triodo, nos daremos cuenta de que lo que realmente interesa son las variaciones de I_p , V_p y V_g y no los valores totales que estas magnitudes lleguen a tener.

Igual que en la pendiente, también en el caso de la resistencia interna debemos advertir que las mediciones son válidas mientras se hagan sobre la región lineal de las características; guardando esta condición, la resistencia interna es

COEFICIENTE DE AMPLIFICACION

Recordará que las características de corriente constante relacionan las variaciones de la tensión de placa y de la tensión de rejilla que, anulándose mutuamente, permiten que la intensidad I_p de la corriente de placa permanezca invariable en un determinado valor.

Sabemos que un aumento de la tensión de placa (tensión positiva) da lugar a un aumento de la intensidad I_p y que un aumento en la tensión negativa de la rejilla ocasiona una disminución de la intensidad I_p .

No pierda de vista el contenido de estos dos párrafos y le resultará fácil captar el concepto de COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN.

ENTENDEMOS POR COEFICIENTE DE AMPLIFICACIÓN DE UN TRIODO EL AUMENTO DE LA TENSIÓN DE PLACA QUE ES NECESARIO PARA ANULAR LA DISMINUCIÓN DE

aproximadamente la misma tanto si se mide en la característica $V_g = -1$ ó $V_g = -5$ ó con cualquier otro valor en la tensión de rejilla (V_g).

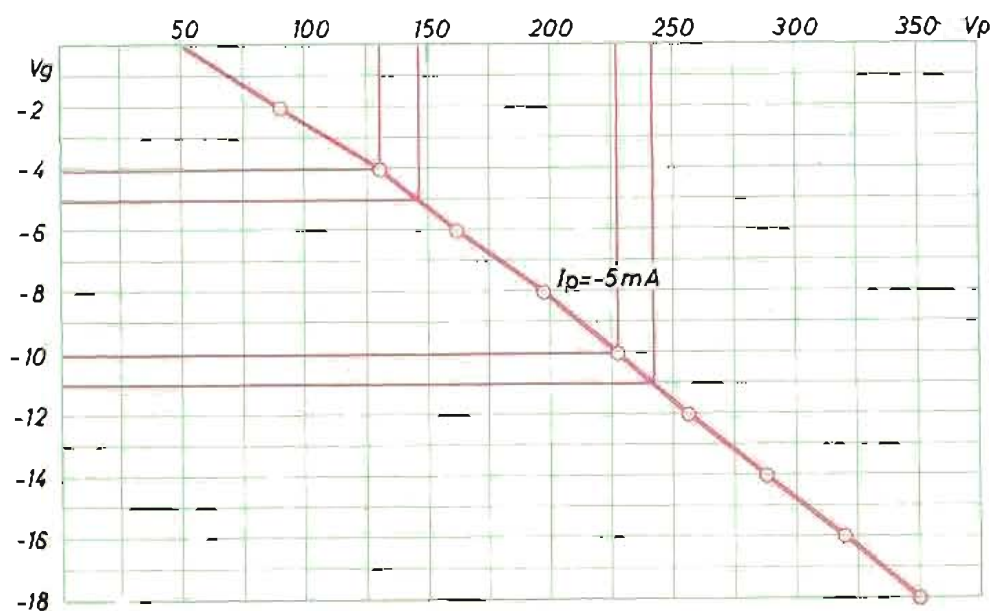
Total: lo mismo que la pendiente S , la resistencia interna R_i es un dato característico de cada triodo.

Así, por ejemplo, el triodo ECC81 tiene una R_i de 11.000Ω ; pero en el triodo ECC83, es $R_i = 62.500 \Omega$, y en otros triodos hallaremos otros valores diferentes.

LA CORRIENTE I_p DEBIDA A QUE LA REJA HAYA AUMENTADO EN 1 VOLTIO SU TENSIÓN NEGATIVA.

Es fácil comprender cómo puede medirse este coeficiente:

Por ejemplo, supongamos que para un triodo ECC82 la tensión de rejilla es $V_g = -2$ V y que la de placa es $V_p = 90$ V, en cuyo caso será $I_p = 5$ mA. Si hacemos que V_g pase de -2 a -3 voltios, para lograr que la intensidad I_p se mantenga en 5 mA deberemos proporcionar a la placa una tensión de 107'5 V. Estas conclusiones, claro, se obtienen de las características de la ECC82, de las que deduciremos que para mantener invariable la I_p ante el incremento en -1 voltio de la tensión de rejilla la tensión de placa debe aumentar en 17'5 V. Por tanto, el coeficiente de amplificación será 17'5.



Repetimos la característica de corriente constante del triodo ECC82 para I_p igual a 5 mA. En este gráfico añadimos los trazos que dan el aumento de V_p necesario para que al variar en 1 V el valor de V_g permanezca I_p igual a 5 mA. Esta variación de $V_p = 17'5$ V es μ .

Este *coeficiente de amplificación* se representa por μ (letra griega mu), que junto con la *pendiente* y la *resistencia interna* son los tres datos característicos de todo triodo que nos ilustran

EL TRIODO COMO AMPLIFICADOR

Retrocedamos un poco y consideremos otra vez el receptor elemental, tal y como lo dejamos en la lección sexta. En este receptor el auricular se ve recorrido por las corrientes, bastante débiles en general, que proceden del detector.

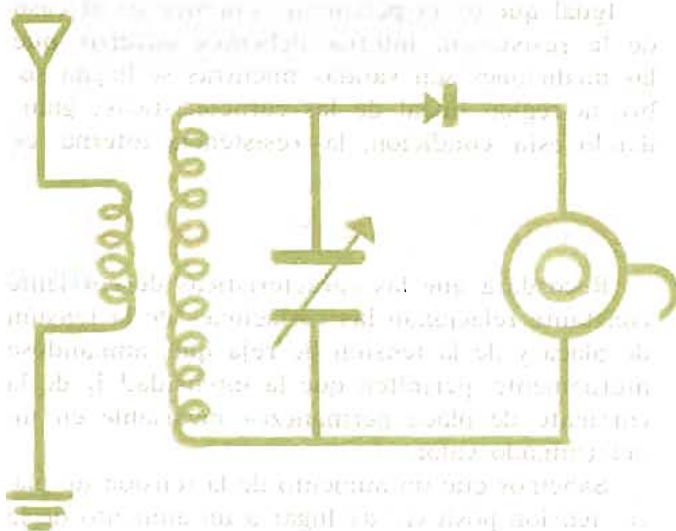
Es indudable que si conseguimos amplificar estas corrientes la audición será mucho más perfecta puesto que aumentará el volumen del sonido producido por el auricular. Podemos encomendar a un triodo esta importante función.

Vamos a estudiar el sistema por el cual conseguimos que una válvula triodo actúe de amplificador.

Dispongamos un triodo con las baterías necesarias para su funcionamiento. Es decir: una batería conectada entre placa y cátodo; otra batería encargada de calentar el filamento y una tercera con su borne negativo conectado a la reja y su borne positivo conectado al cátodo. La llamamos BATERÍA DE POLARIZACIÓN DE REJA.

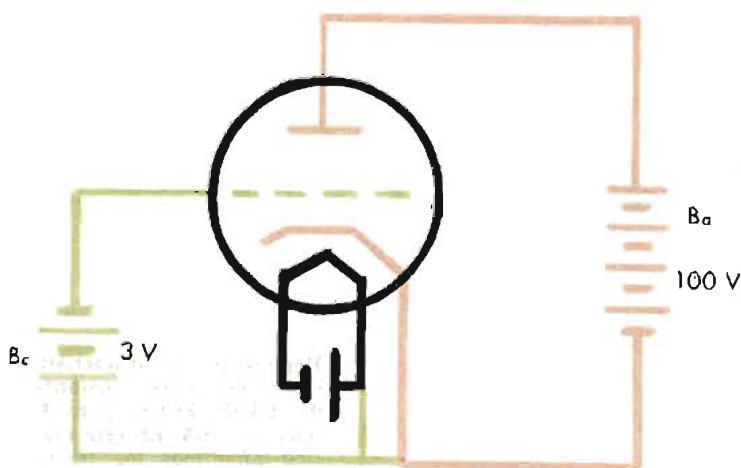
Vamos a trabajar con tensiones arbitrarias (aquí no hablamos de ningún triodo determinado); podemos suponer que la tensión de placa V_p es de 100 V.

acerca de sus propiedades eléctricas, por cuanto las funciones de estas válvulas termoiónicas dependen de los valores de *pendiente*, *resistencia interna* y *coeficiente de amplificación*.

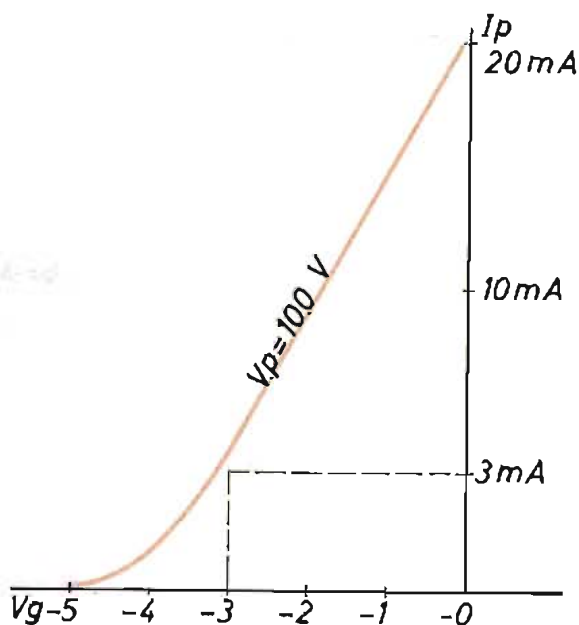


Consideremos de nuevo el receptor elemental.

Para esta tensión existirá una característica de reja, naturalmente, que dará la intensidad de la corriente de placa para cada tensión de reja. Digamos que la batería de polarización de reja proporciona una tensión de -3 voltios. Para esta tensión de reja, la I_p es de 3 mA (seguimos con suposiciones).



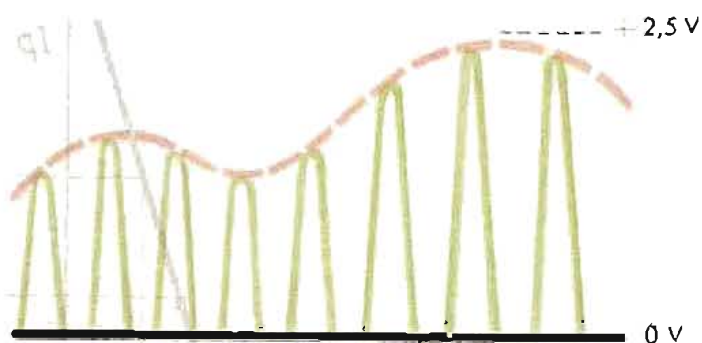
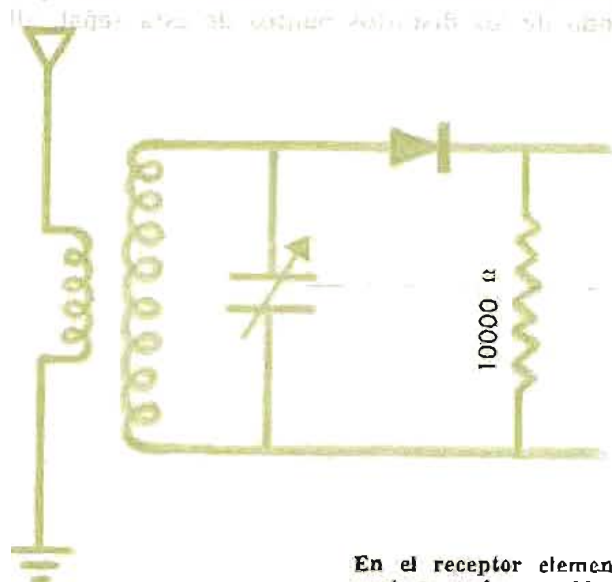
Dispongamos un triodo con las baterías necesarias para su funcionamiento. Suponemos que $V_p = 100$ V y que $V_r = -3$ V.



Para $V_p = 100$ V existirá una característica de reja que podemos suponer es la que aquí representamos. Para $V_r = -3$ V es $I_p = 3$ mA.

Dejando el triodo así preparado, quitemos el auricular de nuestro receptor y reemplacémoslo por una resistencia de unos 10.000Ω , por ejemplo. Esta resistencia, evidentemente, se verá re-

corrida por las corrientes pulsantes que salen del detector, cuya tensión máxima puede ser de $+2.5 \text{ V}$. Insistimos en que estamos hablando con valores arbitrarios.

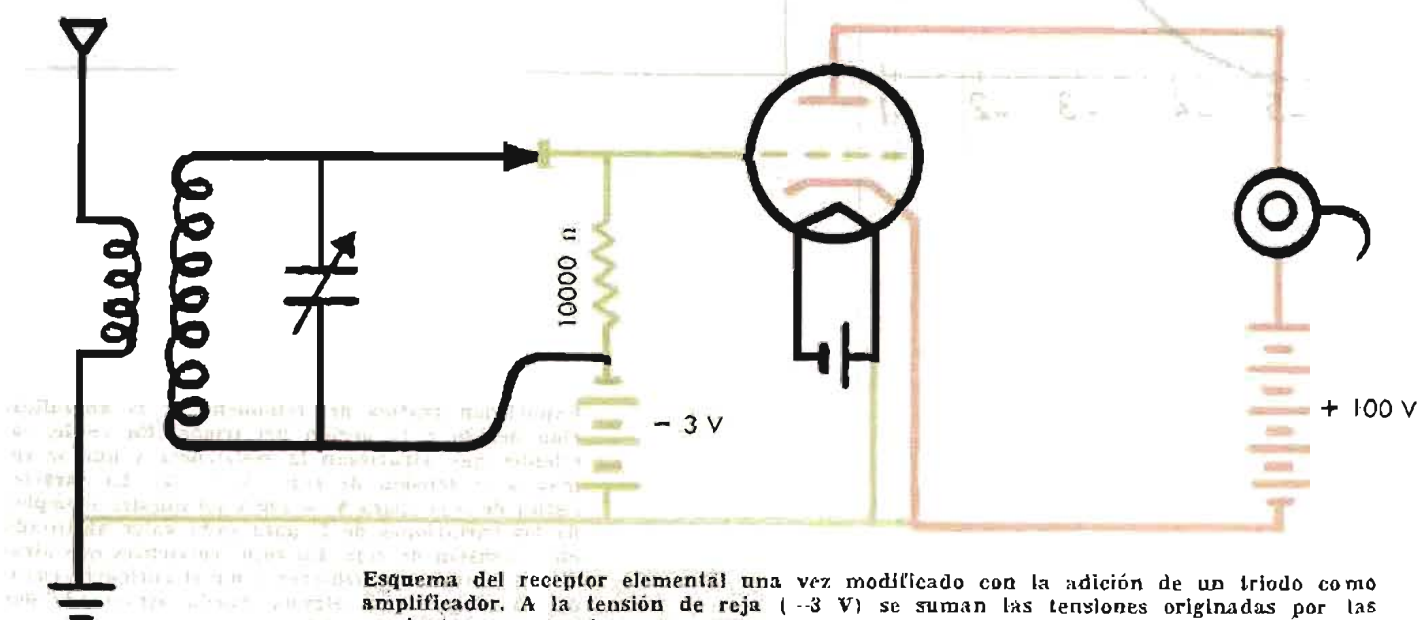


En el receptor elemental sustituímos el auricular por una resistencia de 10.000Ω , la cual se verá recorrida por las corrientes que salen del detector. La tensión máxima, a título de ejemplo, la ciframos en 2.5 V .

Tomemos ahora nuestro triodo e interpongámoslo, con baterías inclusive, entre esta resistencia y el auricular, de forma que la primera se encuentre entre la rejá y la batería de polarización, y el auricular entre la placa y la batería correspondiente.

Observe el esquema y comprenda que con este montaje a la tensión de la batería de polari-

zación de rejá se le suma la tensión variable producida en la resistencia por las corrientes radioeléctricas procedentes del detector. Es decir: la tensión de rejá variará a tenor de las variaciones de la señal de radio, lo cual hará que la corriente, a través del triodo, varíe de la misma forma que las corrientes que recorren la resistencia, pero ¡con valores mucho mayores!



Esquema del receptor elemental una vez modificado con la adición de un triodo como amplificador. A la tensión de rejá (-3 V) se suman las tensiones originadas por las corrientes que atraviesan la resistencia.

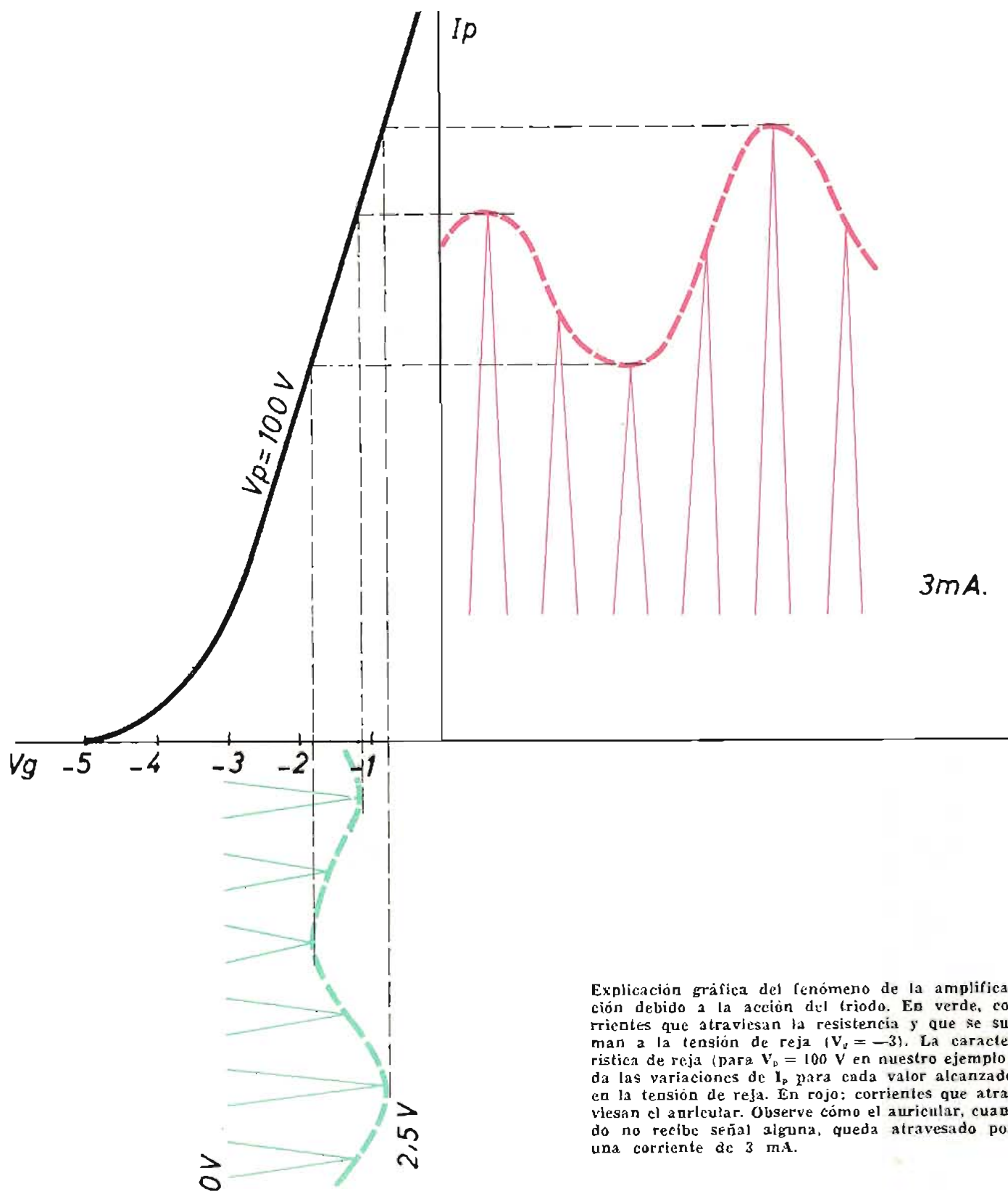
¿Por qué se produce esta amplificación?

Consideremos la característica de rejá del triodo. Sabemos que esta curva da el valor de la intensidad de la corriente de placa (cuya tensión consideramos constante) para cada valor de la tensión de rejá (V_g). La intensidad I_p variará tan-

to más cuanto mayor sea la *pendiente* del triodo.

Pues bien:

Si a partir de los -3 V que suponemos como tensión de rejá señalamos las variaciones de las corrientes de antena y levantamos verticales partiendo de los distintos puntos de esta señal, allí



Explicación gráfica del fenómeno de la amplificación debido a la acción del triodo. En verde, corrientes que atraviesan la resistencia y que se suman a la tensión de rejá ($V_r = -3$). La característica de rejá (para $V_p = 100$ V en nuestro ejemplo) da las variaciones de I_p para cada valor alcanzado en la tensión de rejá. En rojo; corrientes que atraviesan el auricular. Observe cómo el auricular, cuando no recibe señal alguna, queda atravesado por una corriente de 3 mA.

donde corten la curva característica tendremos los distintos niveles que alcanza la I_p al variar el ritmo que marca la señal recibida por la antena, cuando la tensión de placa es de 100 V. (Recuerde que hemos supuesto que la característica de reja considerada pertenecía a una $V_p = 100$ V.)

Las corrientes que atraviesan el auricular, pues, son las corrientes que atraviesan el triodo

(corrientes de placa), que, aun siendo mucho más intensas, conservan la misma forma que las corrientes que atraviesan el detector. Los sonidos producidos serán ahora mucho más intensos.

Observe que cuando no se recibe ninguna señal por la antena el auricular está recorrido por una corriente de 3 mA, correspondiente a la tensión $V_p = 100$ V y $V_g = -3$ V.

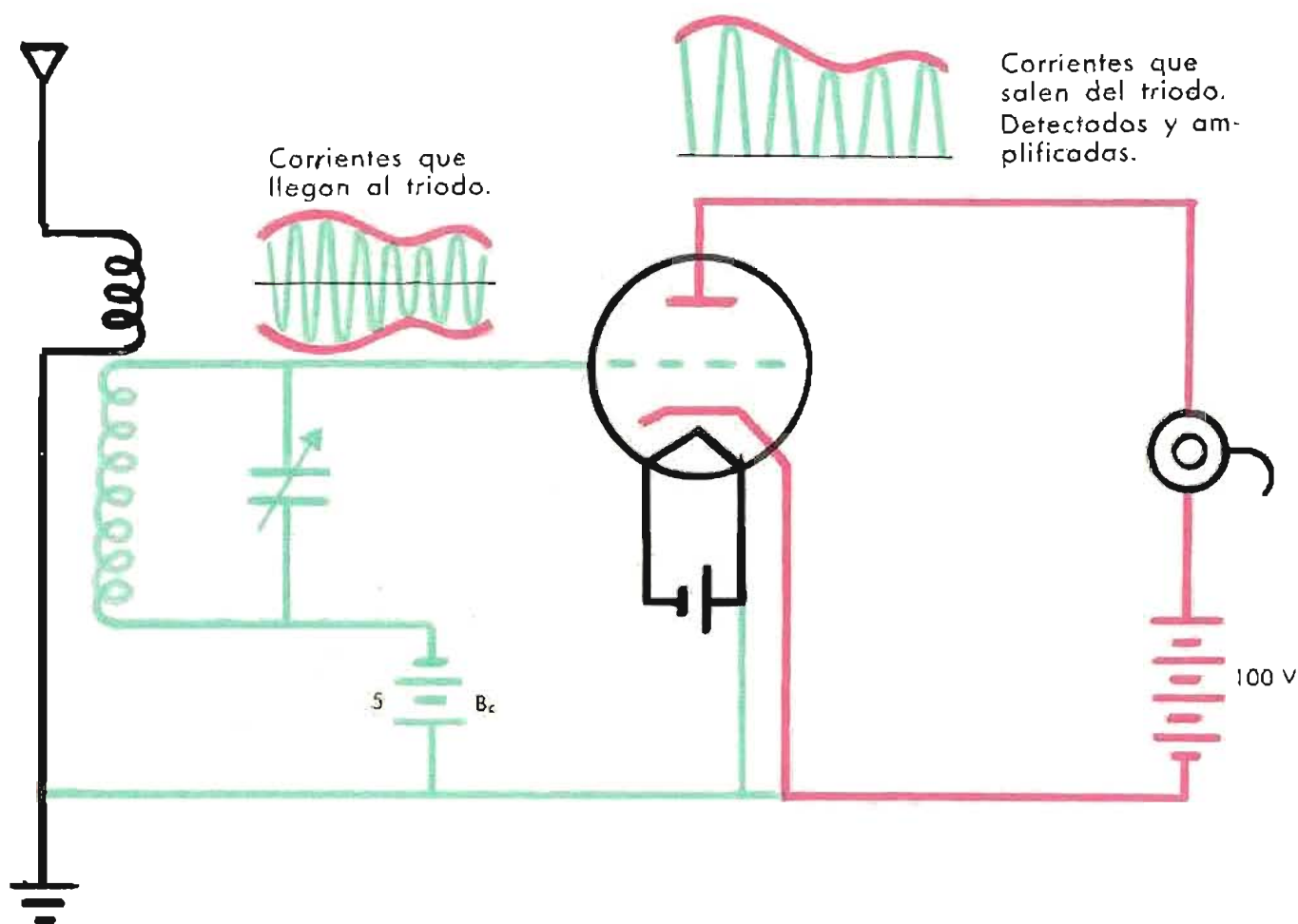
EL TRIODO COMO DETECTOR

Las propiedades del triodo no acaban en su función amplificadora. Vamos a ver cómo es posible que un triodo actúe al mismo tiempo de detector y de amplificador.

Para ello modificaremos el montaje anterior suprimiendo la resistencia y el diodo, pero considerando el mismo triodo y la misma característica de reja (para $V_p = 100$ V).

Otra modificación importante consiste en sustituir la batería de polarización de reja por otra que anule total o casi totalmente la corriente a través del triodo. En nuestro caso, consultando la característica de reja, vemos que para anular la I_p requerimos una $V_g = -5$ V.

Observe ahora el esquema del receptor. Mientras no disminuya la tensión negativa de la reja,



Esquema de receptor con detección y amplificación por triodo. Observe que la batería B_2 proporciona a la reja una tensión de -5 V que anula la corriente de placa (100 V). (Vea la característica de reja para $V_p = 100$ V.) En estas condiciones, sólo habrá corriente de placa cuando a la reja lleguen corrientes de antena.

no habrá corriente de placa, y por tanto el auricular permanecerá inactivo; pero en cuanto lleguen señales a la antena, éstas alcanzarán la rejilla del triodo. Ahora bien: de la señal de radio sólo los picos positivos serán capaces de disminuir la tensión negativa de la rejilla, y por tanto sólo circulará una corriente entre placa y cátodo cuando sobre la rejilla actúen impulsos positivos.

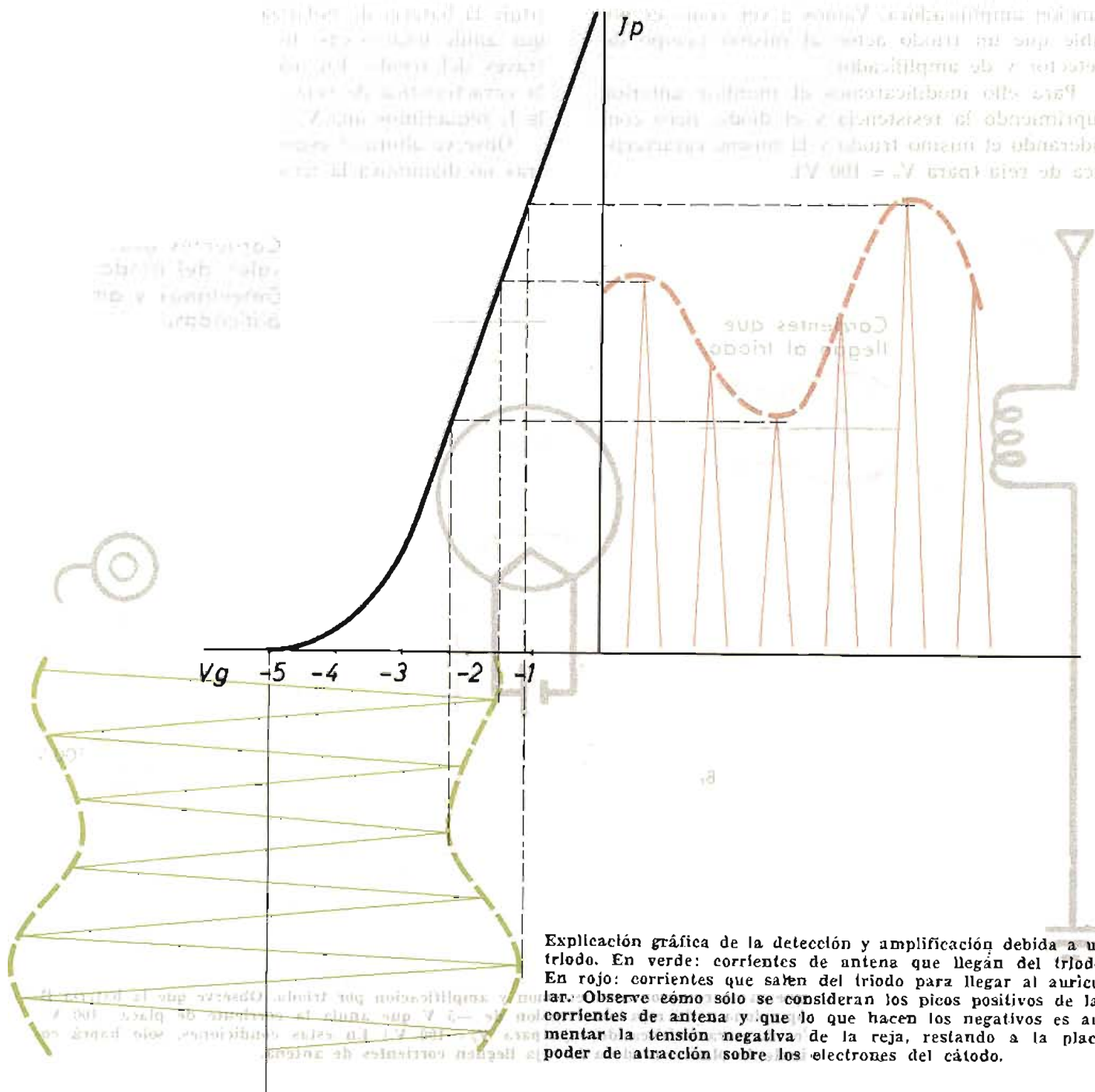
En consecuencia, sólo los picos positivos sufrirán la amplificación correspondiente y sólo ellos afectarán al auricular.

Vea, pues, cómo con un solo triodo consigui-

mos detectar y amplificar las señales sintonizadas.

Habría advertido que cuanto mas vertical sea la característica de rejilla mayor será la amplificación conseguida. Diremos que en este caso particular interesa un triodo cuya pendiente (S) sea lo mayor posible.

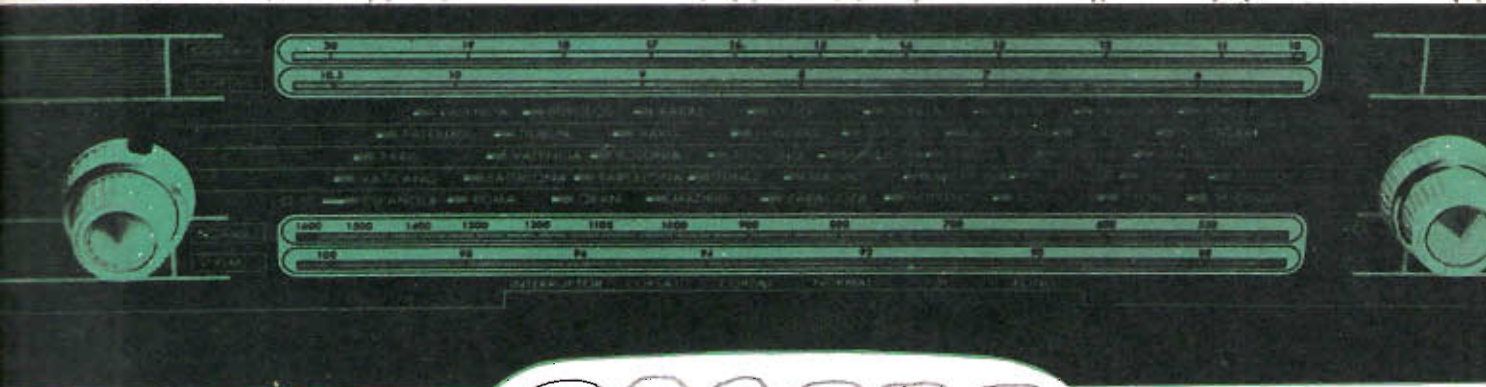
El triodo es la pieza fundamental de todos los dispositivos electrónicos, y de su importancia puede deducir la que tiene la presente lección. No regatee esfuerzos para captar con claridad cuantos conceptos han aparecido en estas páginas.





LECCION

9



La resistencia en la radio
Asociación de resistencias
Resistencias variables o potenciómetros
Filtrado
Montaje: fuente de alimentación

radiotecnia 9

LA RESISTENCIA EN LOS CIRCUITOS DE RADIO

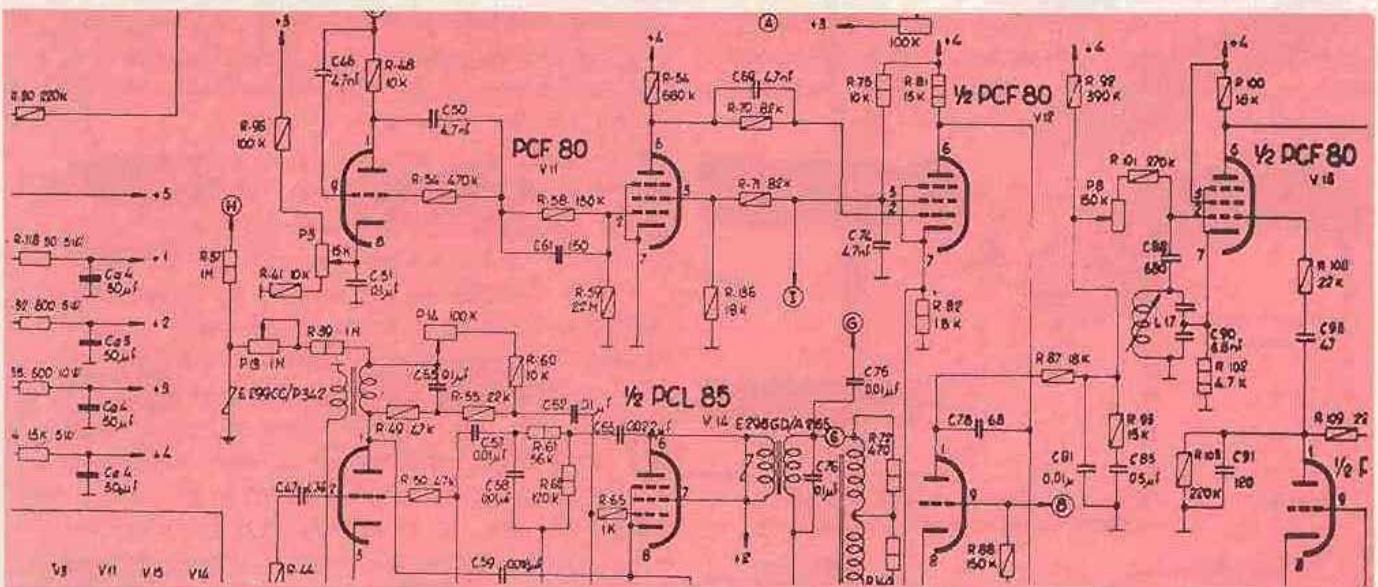
La resistencia en los circuitos de radio
El tamaño de las resistencias - Potencia de disipación - Las resistencias usadas en radio - Tolerancia - Asociación de resistencias - Resistencias variables
Potenciómetros - Las resistencias ante impulsos eléctricos - Descarga de un condensador a través de una resistencia - Filtrado - Condensadores electrolíticos

Que el comportamiento de un circuito electrónico depende de cómo responden sus componentes ante el estímulo de las corrientes eléctricas es algo que, después de las lecciones que nos han precedido, podemos comprender a la perfección.

Concretamente, al estudiar el diodo y el triodo termoiónicos hemos podido comprobar cómo

su rendimiento estaba íntimamente ligado a las intensidades y tensiones que los afectaban. Es decir: eran la intensidad y d.d.p. de un circuito eléctrico los factores que condicionaban el funcionamiento de las válvulas termoiónicas, intensidad y d.d.p. que en los circuitos eléctricos está en íntima relación con el factor resistencia.

SÍMBOLO PARA RESISTENCIAS  O BIEN 



Basta ver este fragmento del "esquema de un receptor de televisión para comprobar la influencia decisiva de las resistencias en los circuitos electrónicos."

Recordemos que LA RESISTENCIA ELÉCTRICA ES LA OPOSICIÓN QUE, EN MAYOR O MENOR GRADO, OFRECEN TODOS LOS CUERPOS AL PASO DE UNA CORRIENTE ELÉCTRICA; y recordemos también que entre la resistencia (R), la intensidad (I) y la d.d.p. (V) existe una relación dada por la ley de Ohm:

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

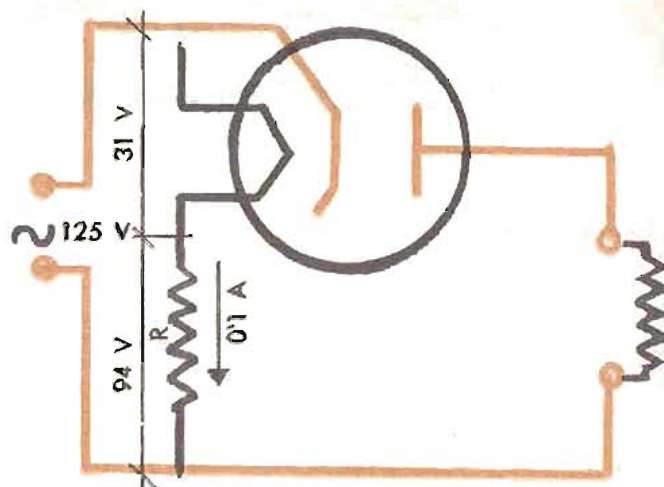
Esta ley pone de manifiesto que para una misma d.d.p. la intensidad disminuye cuando aumenta la resistencia; y viceversa, claro. Basta com-

prender que el valor del quebrado $\frac{V}{R}$, en el cual

consideramos invariable el numerador, será tanto menor cuanto mayor sea el denominador (R).

Hemos sacado buen partido de esta verdad al estructurar el montaje de un rectificador de media onda (vea la lección 7) con un diodo termoiónico UY42. Recuerde cómo para alimentar el filamento a partir de la red de distribución intercalábamos entre filamento y red una resistencia, cuyo valor calculábamos para que la intensidad que circulase por dicho filamento no superase los 0'1 A, especificados por el fabricante.

Aqué! era un caso específico, pero no único. En la multitud de circuitos electrónicos que componen un receptor de radio o TV resulta inevitable el empleo de resistencias, con valores adecuados, destinadas a regular la corriente que afecta determinados componentes. El valor de la resistencia a emplear en cada caso concreto oscila desde un mínimo, que acostumbra ser de unos pocos ohmios, hasta millones de ohmios, pasando por todos los valores intermedios.

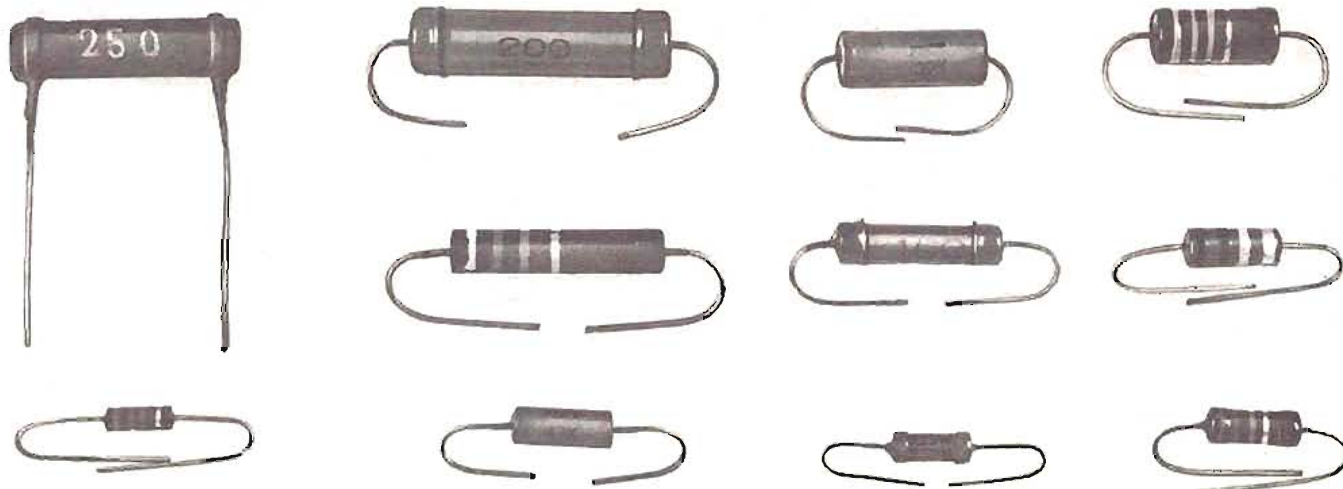


La resistencia R intercalada entre la red y el filamento condiciona la intensidad que circula por el mismo.

Se comprende que encontremos en el comercio resistencias (en realidad debiéramos hablar de conductores con una resistencia eléctrica fija y determinada) cuyo valor óhmico, alto o bajo, se ajusta a las necesidades normales de los circuitos de radio.

Nuestro objetivo inmediato es el estudio del aspecto físico y de las características de construcción de estas resistencias.

El valor de las resistencias empleadas en radio, en efecto, puede alcanzar el orden de los millones de ohmios, por lo cual no debe extrañarnos que el empleo de los múltiplos del ohmio sean frecuentes. El kilohmio y el megahmio son dichos múltiplos, el primero de los cuales, el K Ω (kilo-ohm) equivale a 1.000 Ω , mientras que el segundo, el M Ω (mega-ohm) equivale a 1.000.000 de ohmios.



En el comercio encontramos resistencias que comprenden una extensa gama de valores.

EL TAMAÑO DE LAS RESISTENCIAS

Un aspecto importante a considerar es si existe alguna relación entre el valor óhmico de una resistencia y su tamaño. En principio debemos responder con una afirmación; aunque, como después veremos, no es sólo el valor en ohmios lo que condiciona el tamaño.

Recordemos que la resistencia R de un conductor depende de la naturaleza del mismo, de la cual se deriva el valor de la resistividad o resistencia específica (resistencia en ohmios de un hilo del material, con una longitud de un metro y una sección de un milímetro cuadrado). Depende, decimos, de la resistividad de la sustancia y también de la longitud y sección del conductor.

$$R = \rho \frac{l}{S}$$

A más longitud (l), mayor resistencia. A más sección (S), menor resistencia.

Esta fórmula pone de manifiesto que la resistencia será mayor cuanto más largo y delgado sea el conductor que la forme, y también cuanto mayor sea su resistencia específica.

La resistencia de un conductor, pues, no depende únicamente de su tamaño, dado como es evidente por los valores de l y de S . Depende también de ρ (resistividad), que nada tiene que ver con el aspecto volumétrico del conductor.

Es lógico:

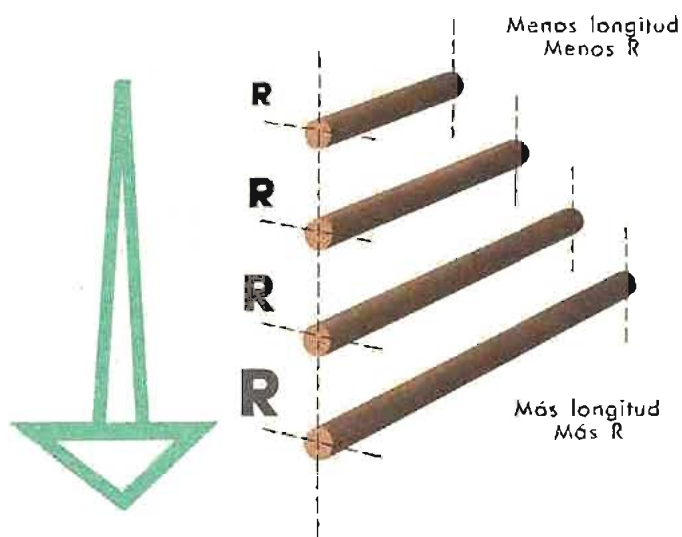
Puesto que el factor $\frac{l}{S}$ (determinativo del tamaño)

viene modificado por ρ , será posible conseguir una resistencia de $1 \text{ M}\Omega$ cuyo tamaño sea igual o menor que el de otra resistencia de 1Ω . Todo depende del material empleado en ambos casos.

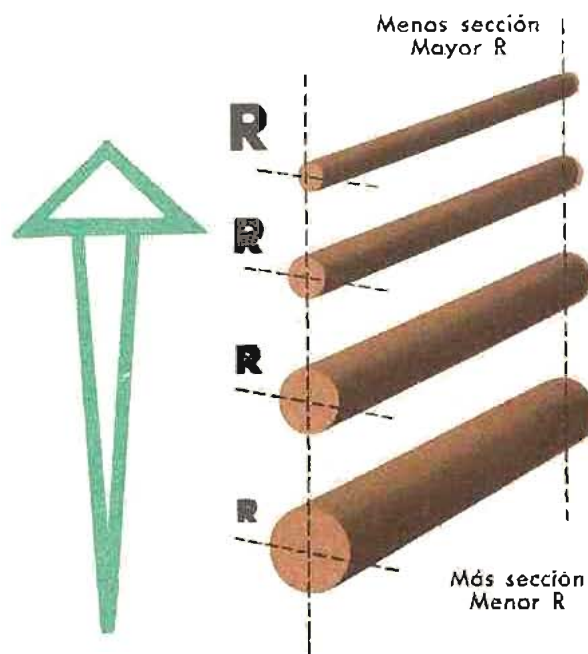
En consecuencia, es posible fabricar resistencias de gran valor óhmico, pero de tamaño extremadamente pequeño. Para ello bastará elegir un material de muy alta resistividad. Es decir: prácticamente se tratará de un aislante.

Pero, a pesar de la ventaja que representaría poder emplear siempre resistencias de tamaño muy pequeño para poder conseguir montajes más compactos, no siempre sucede así, sino que se hace obligado colocar resistencias de tamaño medio y aun de tamaño francamente grande.

No nos sorprendamos, pues, de que en el mercado encontremos resistencias de igual valor, pero de distinto volumen. Cabe preguntarse: ¿a qué se debe esta diversidad de tamaños, dentro de un mismo valor óhmico?



Para una misma sección, la resistencia de un conductor aumenta con la longitud.



Para una misma longitud, la resistencia aumenta a medida que disminuye la sección.

POTENCIA DE DISIPACION

La respuesta está en el hecho de que para utilizar una resistencia no basta con considerar su valor en ohmios. Para fines de utilización debe considerarse un segundo factor, al que conocemos con el nombre de POTENCIA DE DISIPACIÓN.

Éste es el valor que realmente determina el tamaño de la resistencia. Profundicemos, ya que es importante, en este nuevo concepto.

Sabemos que uno de los efectos inmediatos que produce una corriente eléctrica al circular por un conductor es el aumento de la temperatura del mismo. El conductor, en efecto, se calienta.

Ese aumento de temperatura (estamos ya en condiciones de comprenderlo) aparece por causa de los choques de los electrones en movimiento (eso es la corriente eléctrica) contra los átomos que forman la estructura del conductor. La energía dinámica del electrón desaparece o disminuye al hacer impacto contra un átomo; pero como, según la ley de la conservación de la energía, ésta no se destruye, sino que sólo se transforma, la del electrón en movimiento pasa total o parcialmente al átomo en forma de calor. Recordará que este fenómeno se conoce por efecto Joule.

Aquí conviene tener presentes los conceptos de energía (capacidad para efectuar un trabajo), trabajo (producto de una fuerza por la distancia recorrida) y potencia (cantidad de trabajo por unidad de tiempo); porque, si bien hemos estado hablando de energía, podemos referir el fenómeno del aumento de la temperatura del conductor al trabajo que representa la traslación de un número determinado de electrones a lo largo del conductor, y por ende a la potencia que representa este trabajo al efectuarse en un tiempo determinado.

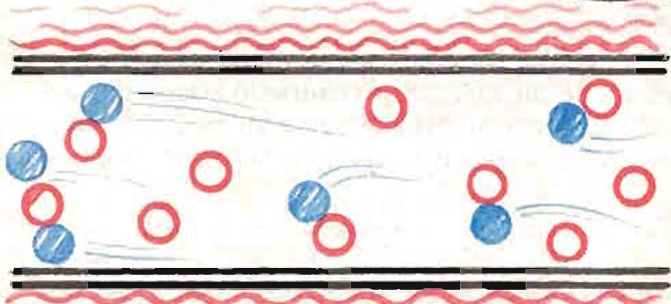
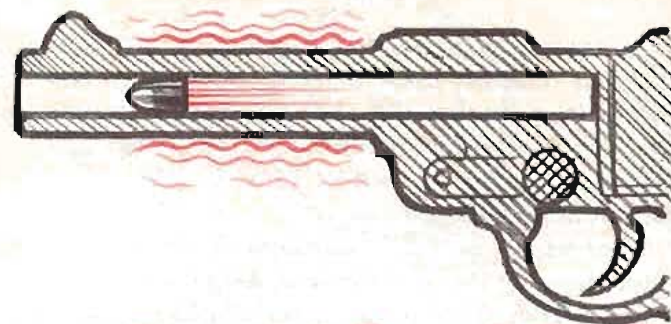
En definitiva: dada la relación existente entre energía y potencia, podemos referirnos a la potencia eléctrica, que en una resistencia se convierte en calor y que está dada por la tensión aplicada en sus extremos multiplicada por la intensidad que la atraviesa:

$$P = V \times I$$

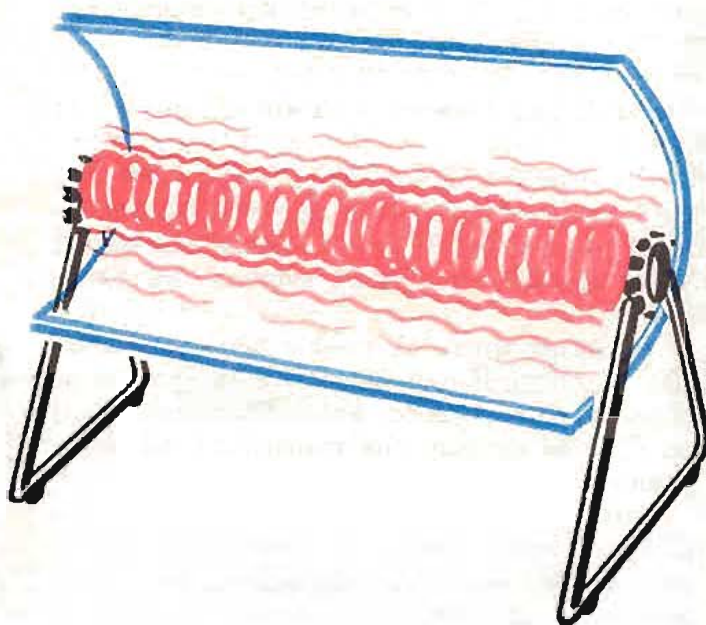
El resultado de este producto es la potencia en vatios (W), que se convierte en calor.

Así, por ejemplo, si a una resistencia se aplica una tensión de 125 V y un amperímetro señala una corriente de 1'5 A, la potencia eléctrica convertida en calor será de:

$$P = 125 \times 1'5 = 187'5 \text{ W}$$



De la misma forma que el cañón de un arma de fuego se calienta por el roce que produce el proyectil, también un conductor eléctrico se calienta debido al roce y choque de los electrones sobre los átomos fijos de su estructura.



Una estufa con la indicación 125 V 500 W consumirá una intensidad de $I = \frac{500}{125} = 4 \text{ A}$. El calor producido será de $500 \times 0'24 = 120 \text{ calorías}$.

Y teniendo en cuenta que 1 W proporciona 0'24 calorías por segundo, en este caso concreto, el calor producido en la resistencia sería de $187'5 \times 0'24 = 45$ calorías por segundo.

A medida que la corriente circula por una resistencia aumenta su temperatura, puesto que almacena calor. Pero el aumento de la temperatura no es indefinido, ya que parte del calor absorbido por la resistencia pasa por conducción al aire que la rodea, tanto más cuanto más se eleva la temperatura. Llegará un momento en que *todo* el calor producido en la resistencia pasa al aire; en este momento, la temperatura permanece estacionaria.

Y puesto que el calor depende de la potencia eléctrica aplicada a la resistencia, cuando la temperatura es estacionaria (se pierde todo el calor producido) lo que se pierde es toda la potencia aplicada, que se disipa en el aire convertida en calor. El calor disipado en un segundo es la POTENCIA DE DISIPACIÓN, o simplemente POTENCIA DISIPADA.

Cuanto mayor sea la potencia disipada por una resistencia, más alta será la temperatura que alcance, lo que impone un límite a la potencia que la resistencia es capaz de disipar. Una temperatura excesiva podría deteriorar o alterar el material con el que se haya construido.

Ahora bien: para que una resistencia con un valor óhmico preestablecido pueda admitir grandes potencias de disipación sin que la temperatura aumente a niveles peligrosos, existe una solución inmediata: hacerla de gran tamaño.

En efecto: un mayor volumen implica una mayor superficie, y por tanto un mayor campo de irradiación de calor; mayor contacto con el aire, por decirlo con palabras llanas. Calculando la superficie de la resistencia, se consigue establecer el equilibrio entre el calor producido y el calor perdido, manteniendo la temperatura dentro de los valores que no resulten peligrosos para la conservación del material que forma la resistencia.

Comprendemos, pues, que el factor predominante en el tamaño de las resistencias sea la potencia de disipación.

Los fabricantes indican, en el cuerpo de sus resistencias, el valor en ohmios y la máxima potencia que pueden disipar sin que la temperatura alcance valores peligrosos.

Intensidad máxima

Observando la ecuación de la potencia $P = V \times I$ y la fórmula de la d.d.p. derivada de la ley



Para un mismo valor óhmico, la potencia de disipación puede ser mayor cuando la resistencia es de mayor tamaño.

de Ohm $V = R \times I$, nos damos cuenta de que en la primera podemos sustituir el factor V por su equivalente $R \times I$, en cuyo caso tendremos lo siguiente:

$$P = V \times I = R \times I \times I$$

Como el producto de $I \times I = I^2$, la ecuación definitiva que exprese el valor de P en función de la resistencia y de la intensidad será ésta:

$$P = R \times I^2$$

Es evidente que en esta igualdad encontramos la posibilidad de calcular la intensidad máxima que puede soportar una resistencia, cuando conocemos su valor óhmico y la potencia de máxima disipación. En efecto:

$$\text{Si es } P = R \times I^2, \text{ será } I^2 = \frac{P}{R}, \text{ de donde}$$

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}}$$

Esta fórmula nos da la máxima intensidad que puede circular a través de una resistencia sin peligro de sobrecalentamiento.

Sea, por ejemplo, una resistencia de 100Ω y 4 W de máxima disipación. ¿Cuántos amperios puede soportar?

$$I = \sqrt{\frac{P}{R}} = \sqrt{\frac{4}{100}} = \frac{2}{10} = 0'2 \text{ A}$$

Supongamos que los valores consignados en la resistencia son de 100Ω y 9 W. En este caso será:

$$I = \sqrt{\frac{9}{100}} = \frac{3}{10} = 0'3 \text{ A}$$

Tensión máxima

Considerando otra vez la fórmula de Ohm ($V = I \times R$), y puesto que podemos calcular I o R cuando conocemos dos de los términos de la ecuación $P = R \times I^2$, resulta inmediato el cálculo de la tensión máxima que podremos aplicar a los extremos de una resistencia para mantener los valores de R y P en ella indicados.

En los casos anteriores, para la resistencia de 100Ω 4 W (intensidad máxima 0'2 A), la tensión admisible será de:

$$V = I \times R = 0'2 \times 100 = 20 \text{ V}$$

Y para la resistencia de 100Ω 9 W (intensidad máxima 0'3 A) la tensión admisible (tensión máxima, claro) será de:

$$V = I \times R = 0'3 \times 100 = 30 \text{ V}$$

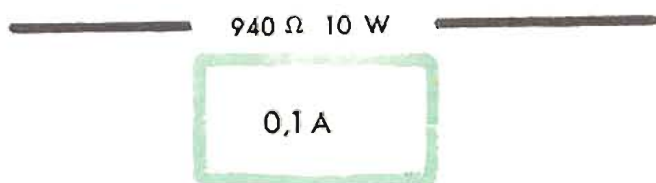
En resumen: la potencia de disipación —que junto con el valor en ohmios de la resistencia queda especificada por el mismo fabricante— debe servirnos de orientación para no hacer circular a través de ella una intensidad superior a la dada por la ecuación:

$$I_{\max} = \sqrt{\frac{\text{Potencia disipación en W}}{\text{Resistencia en } \Omega}}$$

La intensidad obtenida viene expresada en amperios.

Y por consiguiente, las indicaciones de R y P nos servirán también para no aplicar a las resistencias tensiones mayores que las dadas por la fórmula:

$$V_{\max} = \text{Resistencia en } \Omega \times I_{\max} \text{ en amperios}$$



¿Cuál es la potencia de disipación de esta resistencia? Será $W = 94 \times 0'1 = 9'4 \text{ W}$.

Aplicación

Como caso práctico de la aplicación del concepto estudiado, podemos calcular la potencia de disipación que puede tener la *resistencia de absorción de filamento* que intercalábamos en el circuito de filamento del diodo UY42 para poder alimentarlo con una tensión de red de 125 V.

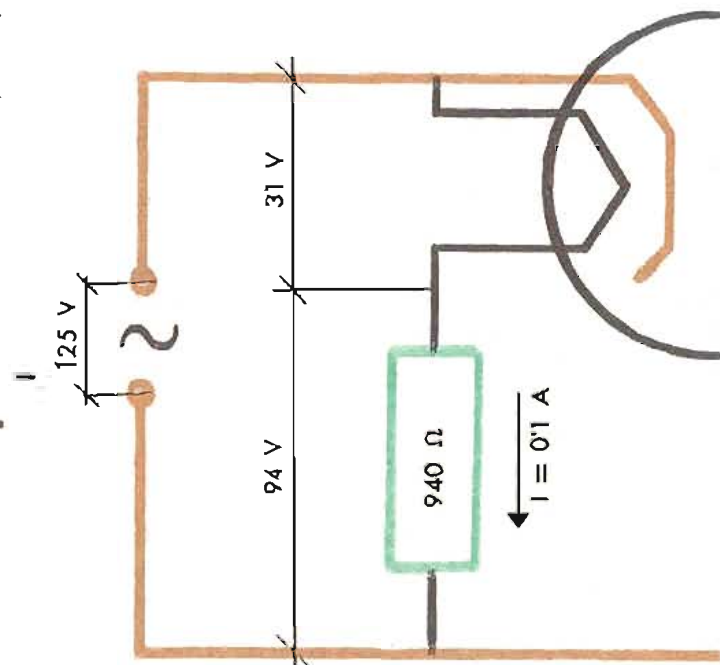
El valor en ohmios de esta resistencia, recuérdelo, fue calculado en la lección 7 al estudiar el circuito rectificador de media onda. Repetimos el esquema correspondiente para tener constancia de la situación y condiciones eléctricas bajo las que trabajaba nuestra resistencia, cuyo valor calculamos en 940Ω para una intensidad de 0'1 A. En los extremos de la resistencia medíamos una tensión de 94 voltios.

De acuerdo, pues, con estos valores, podemos afirmar que la potencia puede calcularse en:

$$P = V \times I = 94 \times 0'1 = 9'4 \text{ W}$$

Al encargar esta resistencia deberemos especificar que debe ser de 940Ω y 9'4 vatios. Sin embargo, como un valor de 9'4 W no es normal será mejor elegir un valor más normal y superior. Diremos que nuestra resistencia será de 940Ω 10 W.

Los valores más frecuentes para las potencias de disipación de las resistencias empleadas en radio son de 1/4 W, 1/2 W, 1 W y 2 W.



Estas serían las características de la resistencia de absorción de filamento requerida en el montaje.

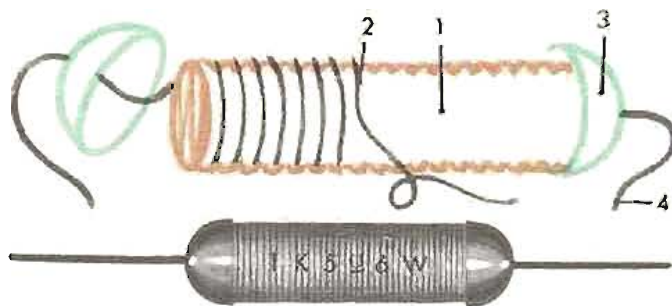
CONSTRUCCION DE LAS RESISTENCIAS DE RADIO

RESISTENCIAS BOBINADAS

Como norma general, digamos que la obtención de resistencias con tamaños normalmente manejables es posible gracias a la existencia de materiales aptos para ser mecanizados y cuya resistividad es muy elevada.

Para resistencias de hasta 50.000 Ω , y cuando la potencia de disipación debe ser elevada (de 3 W en adelante), se emplean hilos fabricados con aleaciones metálicas que se bobinan sobre un cilindro de material aislante (vidrio o porcelana). El valor de estas resistencias depende de la longitud y sección del hilo bobinado, amén de su resistencia específica, que dependerá del material empleado.

Lo más corriente es que el hilo de las *resistencias bobinadas* (tal es la denominación genérica del tipo que hemos citado) sea de *nichrome*, metal obtenido por aleación de cromo y níquel en determinadas proporciones; el que, junto a una gran resistencia a los agentes oxidantes que le confiere una notable inalterabilidad, tiene la gran ventaja de tener una resistencia específica igual a la unidad. Es decir: un hilo de nichrome de 1 m de largo y con una sección de 1 mm² tiene



Esquema y fotografía de una resistencia bobinada. Sobre el cuerpo aislante 1 se enrolla el hilo 2; y se añaden los casquetes 3 que llevan el terminal 4. Estas resistencias se terminan con una capa de pintura aislante, sobre la cual puede imprimirse la notación correspondiente a su valor y potencia.

una resistencia de 1 Ω . Se comprende la gran ventaja que representa, cuando se trata de calcular la resistencia de un hilo de este material, saber que para él es $\rho = 1$ (resistividad, uno).

En los extremos del tubo bobinado se colocan dos casquillos o bridas metálicas que constituyen los terminales de la resistencia.

RESISTENCIAS DE CARBÓN

Para obtener resistencias para circuitos de radio cuyo valor sea superior a los 50.000 Ω , no es posible utilizar hilos de nichrome, por la sencilla razón de que, por delgada que fuese su sección, la longitud requerida implicaría la adopción de tubos aislantes de considerable tamaño, lo cual redundaría en una desproporción entre su volumen y la potencia que normalmente deben disipar.

Para construir resistencias de grandes valores óhmicos se utiliza como material conductor el carbón, de resistividad muy superior a la de las aleaciones metálicas. Las resistencias de valor inferior a los 50.000 Ω , pero que deben disipar poca potencia, también se construyen de carbón.

Las resistencias de carbón se fabrican según dos procedimientos distintos.

Uno de ellos consiste en lo siguiente: se tritura el carbón hasta convertirlo en un polvo finísimo, de granos prácticamente microscópicos.

Este polvo se mezcla con un aglutinante o cola aislante para formar una pasta de composición constante y cuya resistividad es mayor que la del carbón puro; pasta que puede moldearse para obtener barras de distintos espesores que se someten en hornos especiales a un proceso de cocción, donde adquieren la debida consistencia mecánica.

Las barras así obtenidas se cortan en pequeños trozos que se rematan con casquillos metálicos, o con dos trozos de hilo conductor enrollados y estañados, que constituyen los terminales de la resistencia.

Se comprende que su valor dependerá de la longitud y sección dada a la barra de carbón, así como de la resistividad de la pasta empleada, factores que se determinan durante el proceso de fabricación y que, debidamente combinados, permiten la obtención de resistencias de cualquier valor.

Veamos el otro sistema:

En él se suprime la pasta y su moldeado, para recurrir a sistemas electroquímicos que precipitan una delgada capa de carbón sobre un cilindro de porcelana cerámica. Controlando el espesor del carbón precipitado puede obtenerse cualquier valor de resistencia. Como en el caso anterior, se añaden los dos terminales metálicos.

Las resistencias obtenidas por el primer sistema se llaman RESISTENCIAS CONGLOMERADAS. Las obtenidas por el segundo sistema son las RESISTENCIAS DE CAPA DE CARBÓN, siempre de mejor calidad por razón de que el carbón precipitado es inalterable.

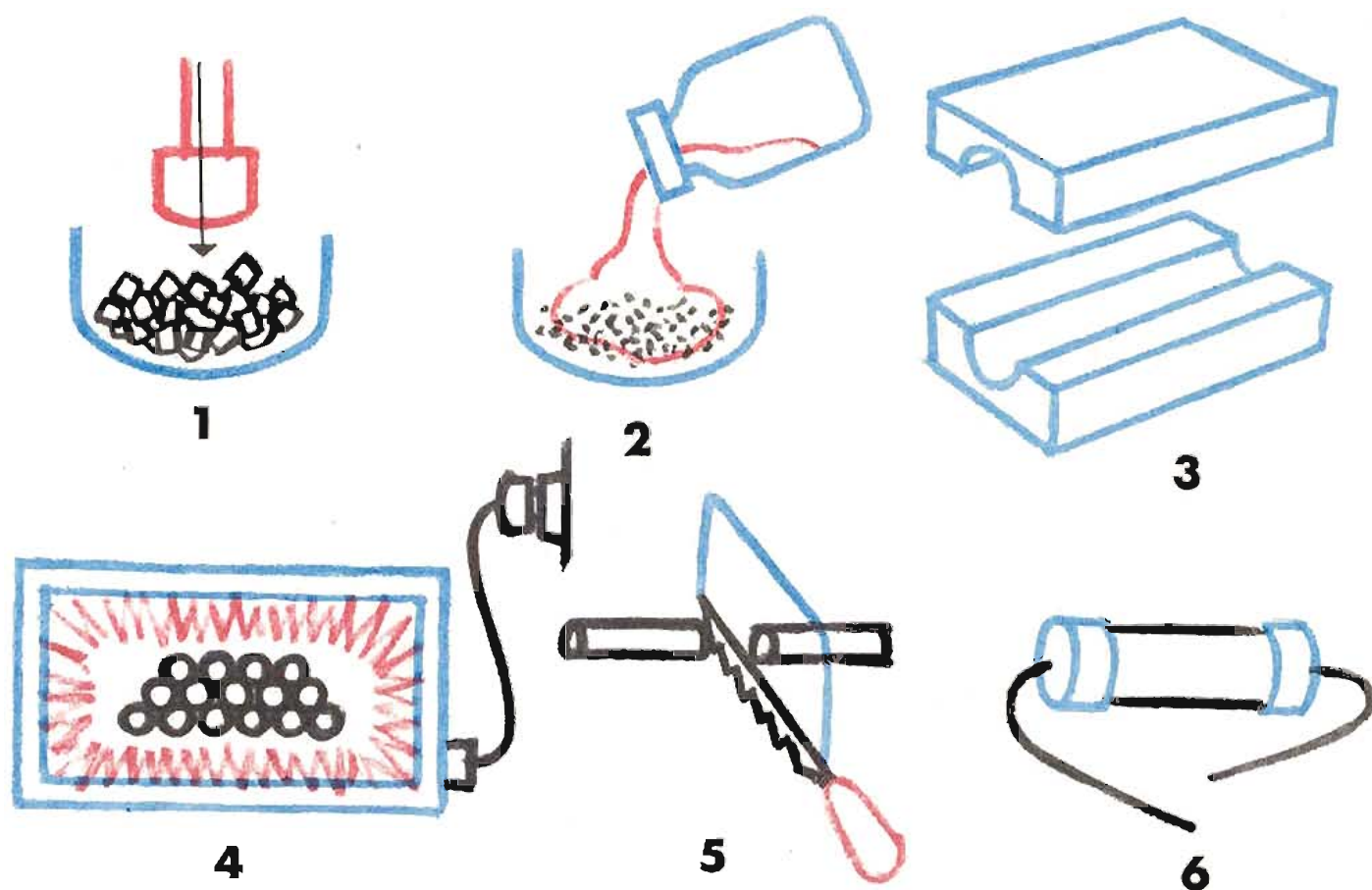
Por contra, las pastas para la obtención de las resistencias conglomeradas llegan a alterarse, variando su resistividad y, en consecuencia, el valor total del elemento.

El acabado de las resistencias de carbón lo constituye una capa de pintura sobre la que se anotan los datos necesarios para su identificación, bien sea mediante números y letras, bien utilizando el código internacional de colores que vimos al estudiar los condensadores.

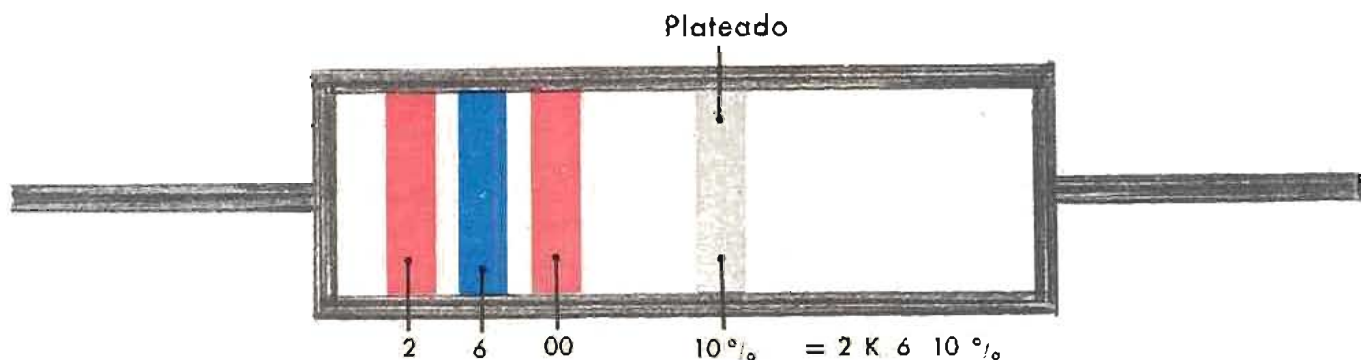
Respecto a las anotaciones numéricas, advertimos que, tanto en resistencias como en condensadores, se evita la grabación de cantidades elevadas y se recurre a intercalar entre el número de millares y el de centenares una letra K (de kilo) para simbolizar que se trata de *tantos* miles y *tantos* cientos.

Así, por ejemplo, cuando en una resistencia vemos la anotación 1 K 5 Ω , sabremos que se trata de una resistencia de $1000 + 500 = 1500 \Omega$.

El código de colores, lo repetimos, es exactamente igual que el de condensadores.



Resumen gráfico del proceso de fabricación de las resistencias de carbón conglomeradas. — 1. Trituración. — 2. Adición del conglomerante. — 3. Moldeo. — 4. Cocción. — 5. Troceado. — 6. Colocación de terminales y pintado.



Para las resistencias se utiliza el mismo código que para los condensadores; pero en ellas la tercera franja corresponde al número de ceros a añadir a las dos primeras cifras significativas. La cuarta franja, dorada o plateada, indica la tolerancia.

TOLERANCIA

Sabemos que la última de las franjas de color que rodean el cuerpo de la resistencia, según el orden de lectura, indica el tanto por ciento de tolerancia con que ha sido fabricada. ¿Por qué esta tolerancia?

Obtener resistencias cuyo valor resulte exacto al que en principio se pretende obtener es algo que, en un proceso de fabricación seriada, es prácticamente imposible de conseguir.

Si una resistencia de carbón indica que su valor en ohmios es de 2 K 6 (2600 Ω), lo más probable es que su valor real, al comprobarlo con un óhmetro, esté por encima o por debajo de su valor nominal. Lo contrario, o sea que dicha resistencia resulte ser de 2600 Ω exactos, será una enorme casualidad.

De acuerdo, pues, en que para las resistencias obtenidas en plan industrial debemos aceptar una cierta variación en más o en menos de su valor nominal.

Supongamos que adquirimos tres resistencias de carbón, todas de la misma marca y de idéntico valor nominal. Las tres son de 2 K 6 Ω ; pero al comprobarlas con el óhmetro resulta que una de ellas es en realidad de 2650 Ω , otra de 2700 Ω y la tercera de 2360 Ω .

¿Podemos aceptar estas resistencias? O por lo contrario ¿debemos considerarlas defectuosas?

Todo depende de una cosa: de si los valores

reales están o no comprendidos dentro de su tolerancia.

Si la tolerancia indicada en las tres resistencias es de un 10 %, deberán aceptarse aquellas resistencias cuyo valor no sobrepase en un 10 % el valor nominal en ellas indicado, ni por encima ni por debajo.

Siguiendo con un valor nominal de 2600 Ω , los valores máximo y mínimo que podemos considerar como buenos, cuando la tolerancia indicada sea del 10 %, serán:

Valor máximo:

$$2600 + \left(\frac{2600 \times 10}{100} \right) = 2860$$

Valor mínimo:

$$2600 - \left(\frac{2600 \times 10}{100} \right) = 2340$$

Resulta, pues, que las tres resistencias adquiridas como de 2 K 6 Ω , cuya tolerancia se indica del 10 %, son correctas de fabricación, puesto que sus valores efectivos quedan entre el límite mínimo y el límite máximo de tolerancia.

Puede pensarse que si se trabaja con resistencias y condensadores cuyo valor exacto desconocemos (por imposición del fabricante) no habrá sistema de alambrear un circuito de radio que pueda funcionar correctamente.

Sin embargo, la experiencia demuestra que la mayoría de los circuitos de radio funcionan a la perfección incluso con resistencias cuya tolerancia sea del 20 %.

Las resistencias ordinarias de radio se fabrican con tres tolerancias distintas: 5 %, 10 % y 20 %.

Aparte de estas tolerancias normales, y para usos especiales (como por ejemplo en aparatos de medida), se fabrican resistencias de precisión con tolerancias del 1 % y hasta menores.

Está claro que cuanto menor sea la tolerancia de una resistencia más cuidados reporta su fa-

bricación, y por consiguiente más elevado resulta su precio. He ahí un argumento decisivo en favor de la utilización de resistencias de amplia tolerancia, siempre que sea posible.

Para indicar las tolerancias se emplean el dorado (5 %) y el plateado (10 %) si la notación es por código de colores. Las resistencias que carecen de indicación de tolerancia, se sobreentiende que están fabricadas con un margen del 20 %.

Las tolerancias menores de un 5 % se indican siempre con la cifra correspondiente, aunque el valor nominal de la resistencia se indique con colores.

ASOCIACION DE RESISTENCIAS

Si algún fabricante se propusiera lanzar al mercado un surtido de resistencias que abarcara todos los valores que en un momento determinado puede requerir un circuito electrónico, es seguro que iría en derechura a la quiebra. Es tan extensa la gama de valores, y al mismo tiempo es tan reducido el número de veces que ciertos valores resultan imprescindibles, que la fabricación industrial de estas resistencias de valor especial resultaría francamente antieconómica.

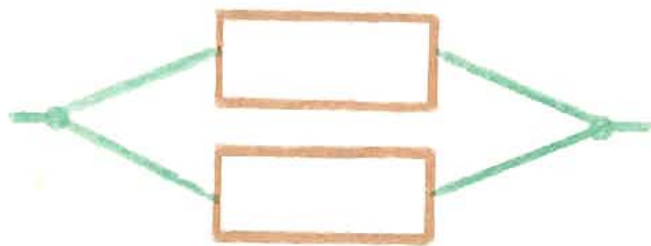
Los fabricantes sirven resistencias con unos valores determinados que denominan valores *standard*: así, por ejemplo, encontraremos resistencias de 100 Ω y de 120 Ω , pero no de 110 Ω .

Pero muchas veces son necesarios valores intermedios entre los *standard*, y para conseguirlos nos valemos de un sistema: asociamos dos o más resistencias de valores *standard*.

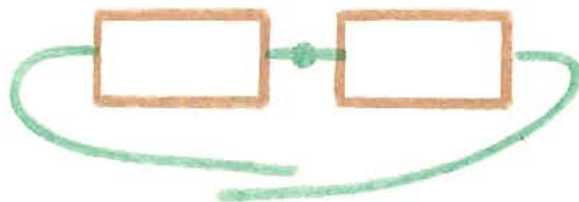
Asociar resistencias, desde un punto de vista práctico, y al igual que en el caso de los condensadores, consiste en unir entre sí los terminales metálicos que salen de su cuerpo.

Estas asociaciones serán en paralelo si unimos todos los terminales de un extremo y todos los del otro; o en serie si colocamos las resistencias una a continuación de otra.

Consideremos ahora el comportamiento de estas asociaciones en un circuito eléctrico.



Resistencias asociadas en paralelo.



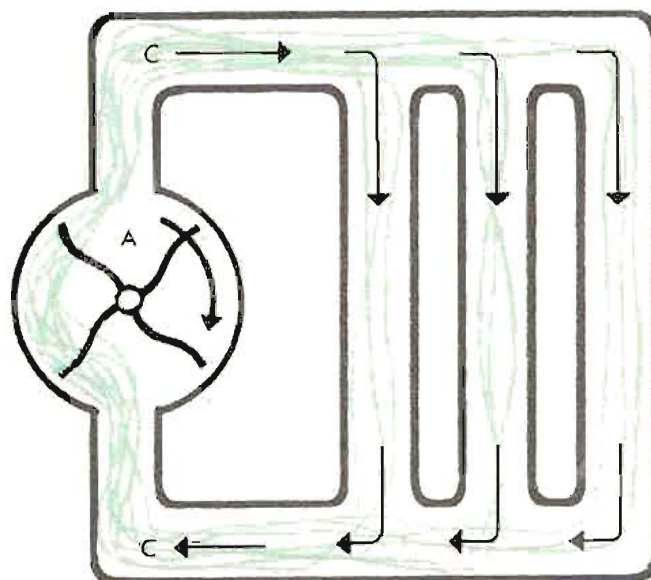
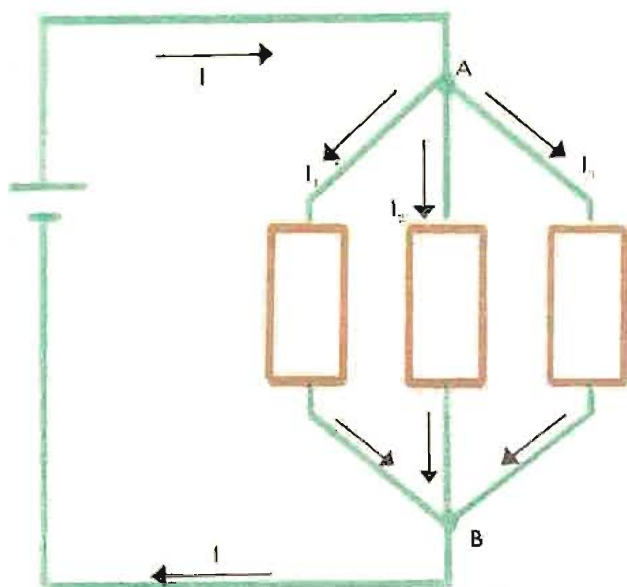
Resistencias asociadas en serie.

APLICACION EN PARALELO

Supongamos tres resistencias en paralelo conectadas a una pila. Es evidente que al llegar al nudo A la corriente se bifurcará por los tres caminos. La intensidad I de la corriente se repartirá por las tres vertientes según el valor de cada resistencia; pero al encontrarse de nuevo en el nudo B tendremos otra vez la intensidad total I . Siempre se cumplirá que $I_1 + I_2 + I_3 = I$.

Comparemos este circuito con un símil hidráulico:

La pila está simbolizada por la bomba A, de la cual salen los conductores de entrada y salida por los que pasará un determinado caudal de agua (lo llamamos C). Este caudal se reparte por los tres tubos para sumarse de nuevo a la salida de los mismos.



Asociación de tres resistencias en paralelo y simil hidráulico.

Hagamos una pregunta. El líquido de este circuito hidráulico ¿circulará más libremente con los tres tubos que dejando un sólo de ellos...? Evidentemente sí, puesto que los tres tubos se comportarán lo mismo que si se tratara de uno sólo cuya sección fuese la suma de los tres. El camino es más ancho, con lo cual disminuye la resistencia. El caudal disminuiría a medida que suprimiéramos tubos.

Pues bien; exactamente igual acontece con las resistencias en paralelo. El resultado de asociar varias resistencias en paralelo es un aumento de la sección por la que debe circular la corriente. En consecuencia, LA RESISTENCIA TOTAL DE UNA ASOCIACIÓN EN PARALELO ES SIEMPRE MÁS PEQUEÑA QUE LA MENOR DE LAS RESISTENCIAS PARCIALES.

Por otra parte, y de acuerdo con el simil hidráulico, diremos que ES POSIBLE SUSTITUIR LAS RESISTENCIAS DE UNA ASOCIACIÓN EN PARALELO POR UNA SOLA RESISTENCIA QUE DEJE PASAR LA MISMA INTENSIDAD DE CORRIENTE QUE PERMITIRÍA EL CONJUNTO, CUANDO A SUS EXTREMOS SE APLICA LA MISMA DIFERENCIA DE POTENCIAL.

Recuerde que, según la fórmula de la resistencia en función de su longitud y su sección ($R = \rho \frac{l}{S}$), al aumentar S, disminuye R.

La fórmula que permite calcular el valor de la resistencia que puede sustituir un montaje en paralelo es ésta:

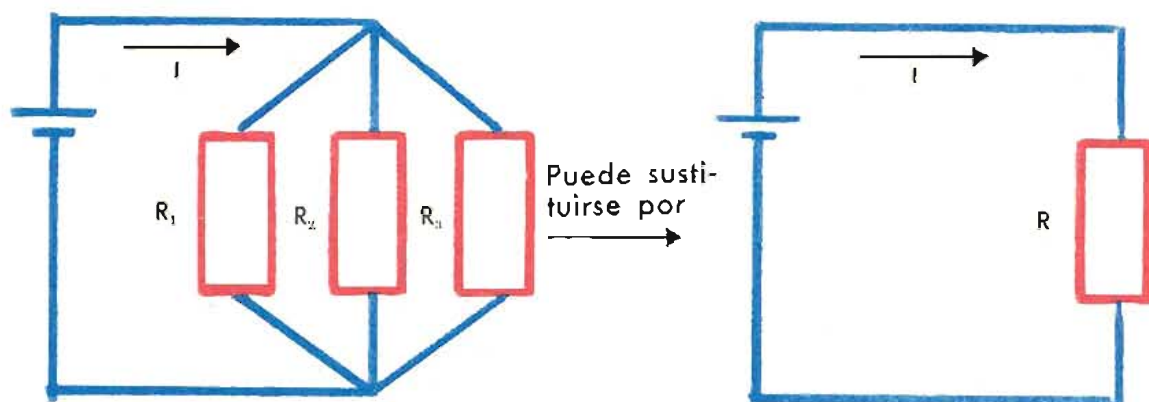
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Fórmula del valor de la resistencia total de una asociación en paralelo.

En esta expresión, R representa la resistencia buscada; y $R_1, R_2, R_3 \dots R_n$, el valor de cada una de las resistencias que constituyen el montaje en paralelo.

Un ejemplo acabará de fijar las ideas:

Supongamos que en un montaje tenemos tres resistencias en paralelo cuyos valores son de 100 Ω , 200 Ω y 500 Ω , conectadas a una tensión de 280 V.



Una pila determinada suministrará la misma intensidad I cuando se sustituyan las resistencias R_1 , R_2 y R_3 por una sola resistencia R , para la que se cumpla que $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$.

Deseamos saber cuál es la resistencia total del sistema; es decir, cuál es el valor que habría de tener la resistencia capaz de sustituir el sistema sin que se alterase la intensidad de la corriente.

El valor inverso de la resistencia ($\frac{1}{R}$) está

dado por la expresión que acabamos de ver. Será:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{100} + \frac{1}{200} + \frac{1}{500} = 0'01 + 0'005 + 0'002 = 0'017$$

Luego, si $\frac{1}{R} = 0'017$, será $R = \frac{1}{0'017} = \frac{1000}{17} \Omega$.

Vamos a comprobar que realmente es así:

Según la ley de Ohm, la intensidad que circulará por la resistencia de 100Ω será:

$$I_1 = \frac{V}{R} = \frac{280}{100} = 2'8 \text{ A}$$

Por la resistencia de 200Ω circulará una corriente de:

$$I_2 = \frac{280}{200} = 1'4 \text{ A}$$

Por la resistencia de 500Ω circulará una corriente de:

$$I_3 = \frac{280}{500} = 0'56 \text{ A}$$

El total de la corriente que pasa por el sistema, pues, será de $I = I_1 + I_2 + I_3 = 2'8 \text{ A} + 1'4 \text{ A} + 0'56 \text{ A} = 4'76 \text{ A}$.

Si sustituimos el sistema de tres resistencias por una de $\frac{1000}{17} \Omega$, deberemos obtener una in-

tensidad I igual a la anterior. Si ello se cumple, la sustitución será correcta:

$$I = 280 : \frac{1000}{17} = \frac{280 \times 17}{1000} = 4'76 \text{ A}$$

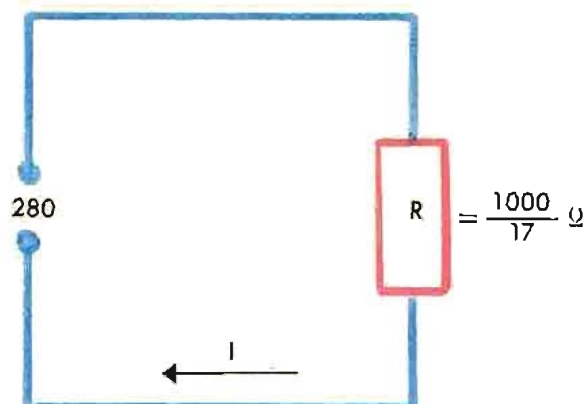
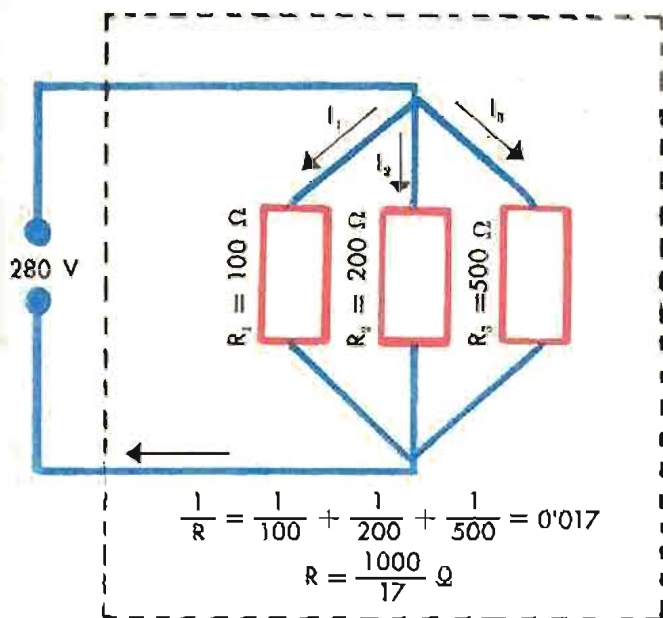
Luego estamos en lo cierto al decir que una resistencia de $\frac{1000}{17} \Omega$ equivale a tres resistencias en paralelo de 100 , 200 y 500Ω .

La asociación en paralelo, en principio, soluciona el problema que representa contar con resistencias de valor standard y requerir algún valor intermedio.

Así, para obtener una resistencia de 110Ω (valor intermedio en los standards 100 y 120Ω) bastará con asociar en paralelo dos resistencias de 220Ω , que es un valor standard.

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{220} + \frac{1}{220} = \frac{2}{220} = \frac{1}{110}$$

$$R = 110 \Omega.$$



Las resistencias de 100 Ω , 200 Ω y 500 Ω actuarán como una sola resistencia R , cuyo valor óhmico sea de 1.000/17 Ω .

ASOCIACION EN SERIE

En este tipo de asociación las resistencias se colocan una a continuación de otra, lo que equivale a un aumento de la longitud y, en consecuencia, de resistencia. En una asociación en serie la resistencia resultante es siempre superior al valor de cada una de las resistencias parciales. Concretamente: es igual a la suma de las resistencias parciales.

Llamando R_1 , R_2 , $R_3 \dots R_n$ al valor de las resistencias que forman una asociación en serie, el valor de la resistencia total será:

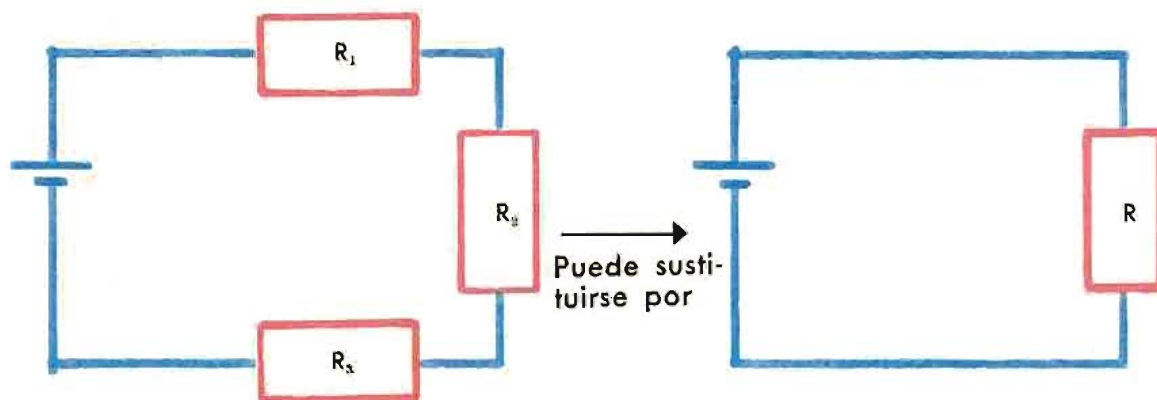
$$R = R_1 + R_2 + R_3 + \dots + R_n$$

Fórmula del valor total de una asociación de resistencias en serie.

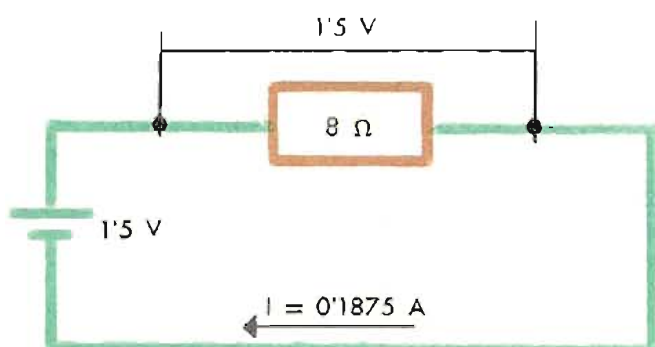
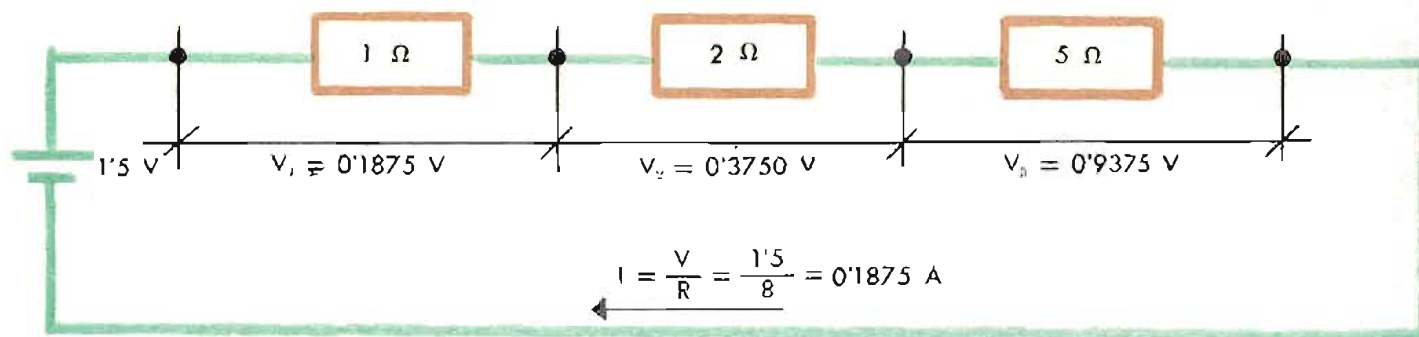
Veamos un ejemplo numérico:

Sean tres resistencias en serie de 1 Ω , 2 Ω y 5 Ω a cuya asociación se aplica una tensión de 1.5 V. La resistencia del sistema será:

$$R = 1 + 2 + 5 = 8 \Omega$$



Una asociación en serie R_1 , R_2 y R_3 podrá sustituirse por una sola resistencia R cuando se cumpla que $R = R_1 + R_2 + R_3$.



El sistema de tres resistencias en serie de 1 Ω, 2 Ω y 5 Ω equivale a una sola resistencia de 8 Ω

Por tanto, la intensidad de la corriente que circula a través de las tres resistencias, y que calcularemos según la ley de Ohm, será:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1 + R_2 + R_3} = \frac{1.5}{8} = 0.1875 \text{ A}$$

Si nuestros cálculos son correctos, la suma de las tensiones medidas entre los extremos de cada resistencia debe ser igual a la tensión total aplicada al sistema.

En los extremos de cada resistencia tendremos estas tensiones:

$$\text{Resistencia } R_1 \text{ de } 1 \Omega: V_1 = R_1 \times I = 1 \times 0.1875 = 0.1875 \text{ V}$$

$$\text{Resistencia } R_2 \text{ de } 2 \Omega: V_2 = R_2 \times I = 2 \times 0.1875 = 0.3750 \text{ V}$$

$$\text{Resistencia } R_3 \text{ de } 5 \Omega: V_3 = R_3 \times I = 5 \times 0.1875 = 0.9375 \text{ V}$$

$$\text{Tensión total} = V_1 + V_2 + V_3 = 0.1875 + 0.3750 + 0.9375 = 1.5 \text{ V}$$

Es la misma tensión de la pila, lo cual nos confirma en lo primero: las resistencias en serie pueden sustituirse por otra resistencia cuyo valor sea la suma de los valores parciales. Esta resistencia suma dejaría pasar la misma corriente que el conjunto de resistencias asociadas en serie.

COMPARACION ENTRE EL CALCULO DE RESISTENCIAS Y EL DE CONDENSADORES

Cuando se trató de los condensadores y de la asociación de los mismos, dejamos un poco en suspenso la cuestión de la fórmula que da la capacidad total de un sistema de condensadores en serie. Recuerde que nos limitamos a dar una expresión que se refería tan sólo a dos condensadores en serie. Era ésta:

$$C = \frac{C_1 \times C_2}{C_1 + C_2}$$

Esta igualdad es el resultado de esta otra:

$$\frac{1}{C} = \frac{1}{C_1} + \frac{1}{C_2}$$

Vista así, y puesto que en los sistemas de condensadores en paralelo es $C = C_1 + C_2 + C_3 \dots + C_n$, nos damos cuenta de que existe

una gran similitud de expresiones entre el cálculo de resistencias y el cálculo de condensadores, pero ¡una total contradicción de resultados!

En efecto:

LA FÓRMULA QUE EMPLEAMOS PARA RESISTENCIAS EN PARALELO, ES LA QUE NOS SIRVE PARA CONDENSADORES EN SERIE.

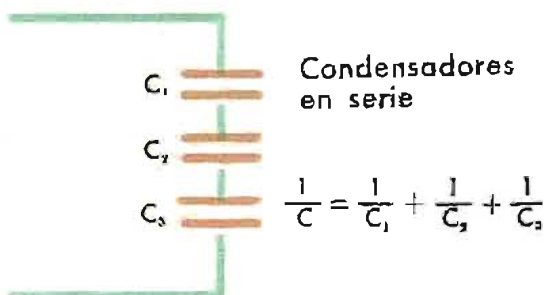
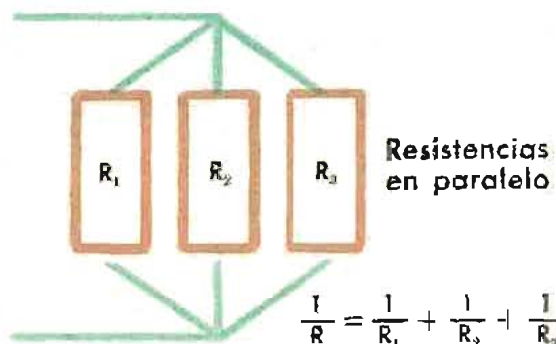
LA FÓRMULA QUE EMPLEAMOS PARA RESISTENCIAS EN SERIE, ES LA QUE NOS SIRVE PARA CONDENSADORES EN PARALELO.

Vámonos a resumir:

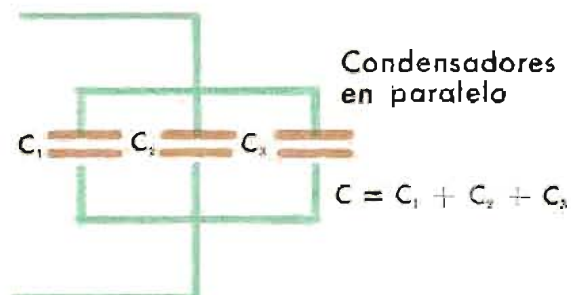
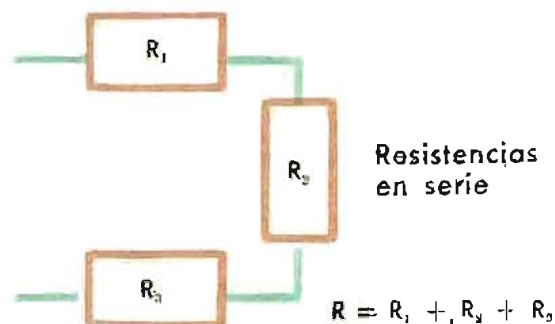
Resistencias en serie → condensadores en paralelo.

Resistencias en paralelo → condensadores en serie.

ASOCIACION DE RESISTENCIAS Y CONDENSADORES - RESUMEN



FORMULAS SIMILARES



FORMULAS SIMILARES

RESISTENCIAS VARIABLES

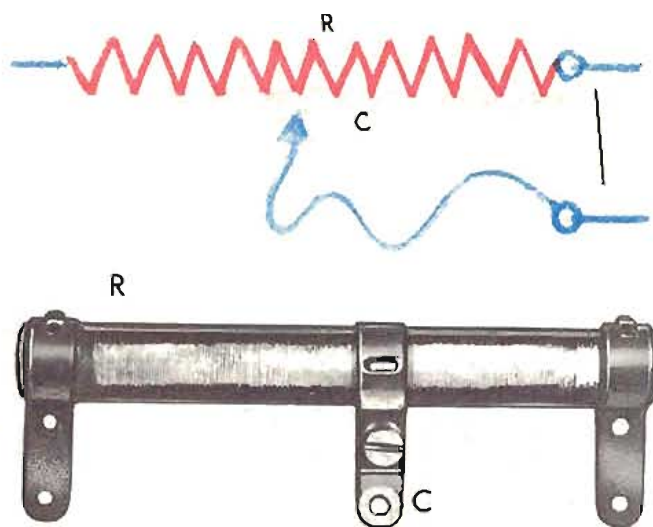
Hasta aquí hemos hablado de resistencias cuyo valor en ohmios está impuesto por su fabricación. Son las resistencias fijas, con una resistencia eléctrica bien determinada que no podemos variar.

Existen otros tipos de resistencias en que el valor en ohmios puede variarse fácilmente, desde los cero ohmios hasta un valor máximo propio de cada resistencia. Son las resistencias variables.

Una resistencia variable se consigue con una resistencia normal a la que se añade un terminal móvil capaz de deslizarse sobre un elemento portador de metal buen conductor.

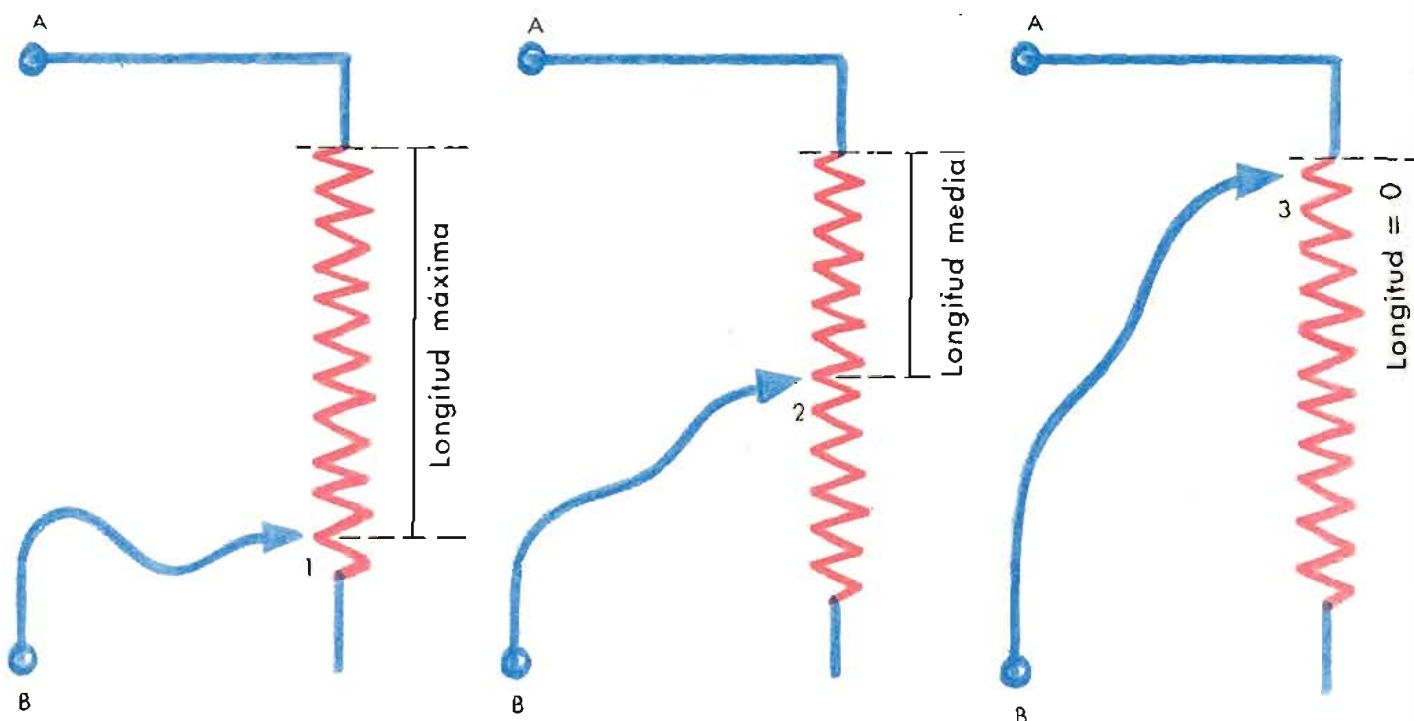
El elemento móvil recibe el nombre de cursor. Considerando que uno de los extremos de la resistencia variable es la resistencia propiamente dicha, y el otro el borne del cursor, se comprende que la resistencia medida entre ambos dependa de la situación del cursor.

Si llamamos A al borne del cuerpo de resistencia y B al borne del cursor, entre A y B existirá una resistencia máxima cuando el cursor se encuentre en el punto extremo más opuesto a A.



Representación esquemática de una resistencia variable. La flecha C simboliza el elemento cursor que se desliza sobre la resistencia R.

La resistencia será media cuando el cursor esté sobre el punto medio del cuerpo de la resistencia. Finalmente, cuando el cursor esté sobre el extremo de la resistencia al que corresponde el borne A, la resistencia será nula.



Para la posición 1 del cursor, la resistencia entre A y B será máxima. Con el cursor en 2 (entre A y B) existirá una resistencia determinada. Si el cursor se sitúa en 3, entre A y B no existirá resistencia, considerando como tal la que puede proporcionar la resistencia propiamente dicha.

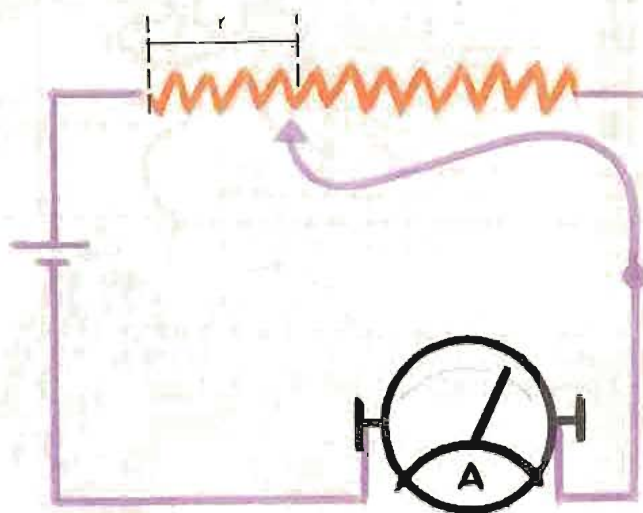
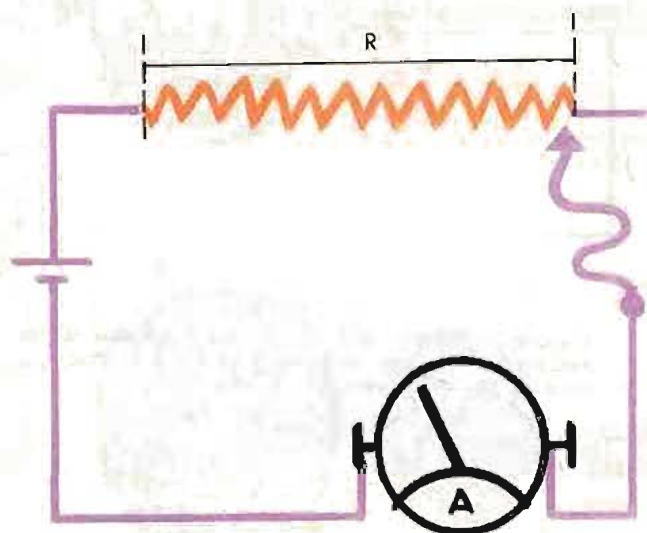
REOSTATOS Y POTENCIOMETROS

Una utilidad inmediata de las resistencias variables es la posibilidad de variar de forma continua la intensidad de la corriente que pasa por un circuito.

Para una tensión fija, no hay duda que la intensidad de un circuito dependerá de las variaciones de su resistencia, que a su vez (tratándose de una resistencia variable) dependerán de la po-

sición del cursor. A medida que disminuye el valor de la resistencia variable, la intensidad va en aumento, como se desprende del estudio de la ley de Ohm.

Cuando las resistencias variables se utilizan para conseguir variaciones continuas de la intensidad de la corriente de un circuito, reciben el nombre de REÓSTATOS.



A medida que la resistencia intercalada en el circuito se hace menor (posición del cursor) aumenta la intensidad de la corriente.

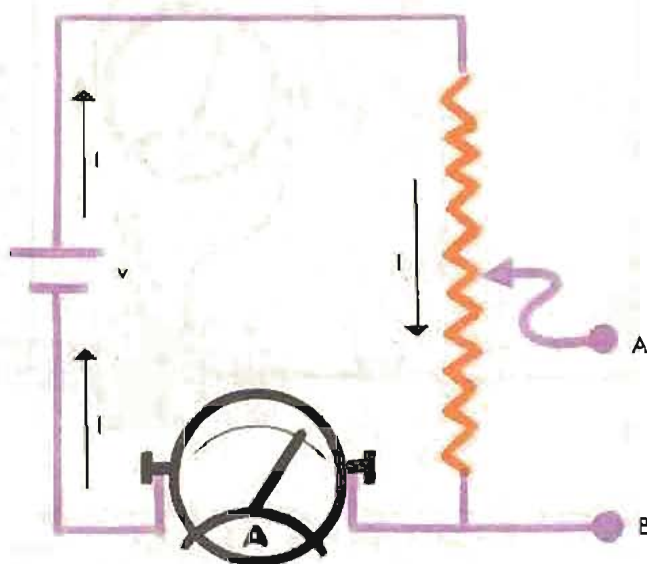
Una resistencia variable puede intercalarse en un circuito de diferentes formas, según sea la finalidad que de ellas se espere.

Si se trata de variar la intensidad del circuito, acabamos de ver cómo se conecta el cursor a un borne del amperímetro. Si montamos el circuito de forma que el borne del cursor quede independizado del amperímetro, la corriente que por él circule será constante, puesto que estará en función de la tensión proporcionada por la pila y de una resistencia que, en estas condiciones, será siempre la misma.

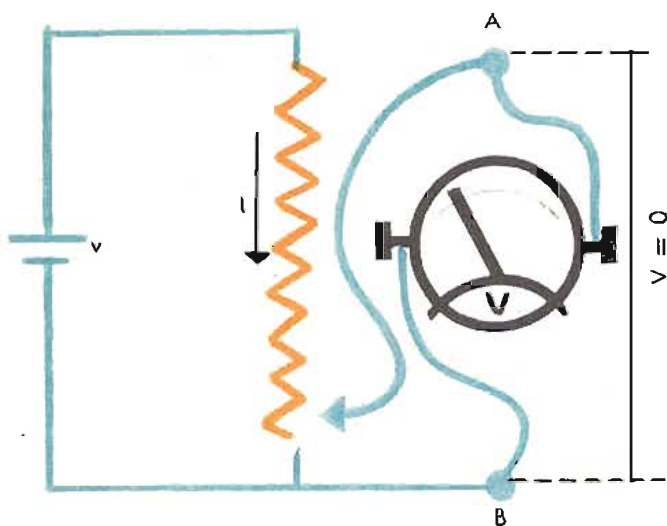
Si con este montaje no podemos variar la intensidad de la corriente, ¿qué utilidad puede tener?

Observe que entre los bornes de la pila tenemos siempre las mismas condiciones eléctricas, pero no así entre los puntos A y B. El hecho de que el cursor sea movable así nos lo hace prever.

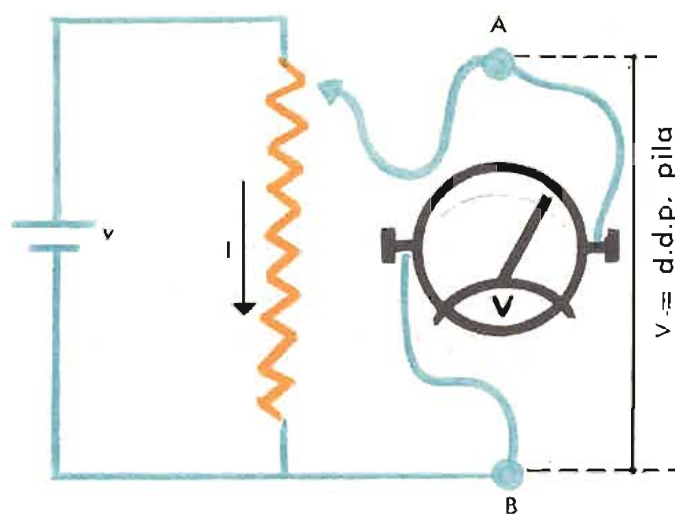
Conectemos un voltímetro entre A y B. Veremos cómo las tensiones medidas en él varían de modo continuo desde un valor de cero voltios hasta el valor de la tensión total de la pila.



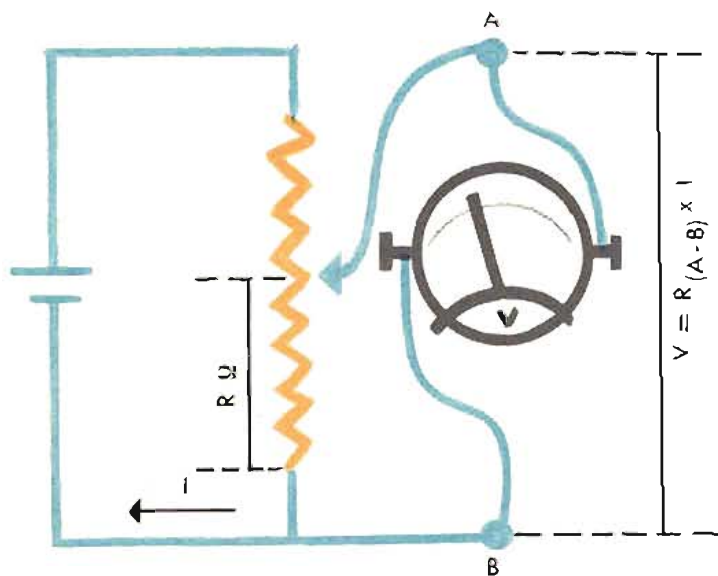
Con este montaje, la intensidad que indica el amperímetro será constante, sea cual fuere la posición del cursor. Pero no así entre A y B.



Cuando el cursor en esta posición, el voltímetro no indica ninguna d.d.p. Prácticamente es como si A y B estuviesen sobre un mismo punto.



Cuando el cursor está en el borne opuesto de la resistencia la d.d.p. entre A y B es la misma que existe entre los bornes de la pila.



Cuando el cursor está en un punto intermedio, entre A y B existirá una d.d.p. $V = R \times I$.

La explicación es obvia:

Entre A y B se encuentra cierta resistencia recorrida por la intensidad I , siempre constante. Según la ley de Ohm, entre los extremos de esta resistencia existirá una d.d.p. $V = R$ (entre A y B) $\times I$; con lo cual al variar R con el desplazamiento del cursor también varía V .

Cuando una resistencia variable se emplea para aumentar o disminuir la tensión entre dos puntos, se dice que actúa como POTENCIÓMETRO.

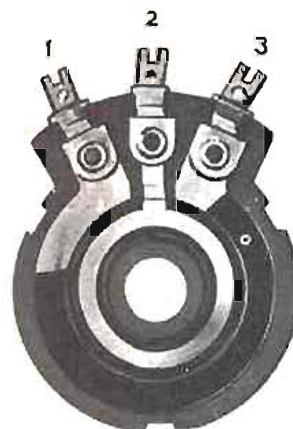
Los potenciómetros tienen gran aplicación en radio. Para percatarnos de su importancia nos basta saber que el control de volumen de un receptor (aumento o disminución de su potencia sonora) se consigue casi exclusivamente por medio de potenciómetros.

Para resumir, diremos que las resistencias variables, empleadas como reóstatos, permiten que la intensidad de la corriente varíe a voluntad; y que utilizadas como potenciómetros permiten disponer de una tensión variable a voluntad.

Por los esquemas que ha visto, puede observar que para utilizar una resistencia variable como potenciómetro deben ser accesibles los extremos de la resistencia y el cursor. Por eso, las resistencias variables utilizadas en radio presentan tres terminales, de los que sólo se usan dos cuando deben actuar como reóstatos.



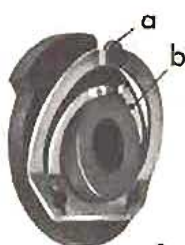
Aspecto exterior de un potenciómetro de carbón. Advierta la presencia de los terminales 1, 2 y 3 sujetos a la pieza C.



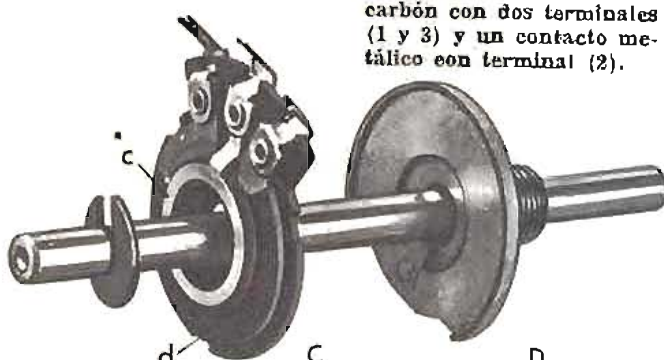
Pieza C. Lleva un aro de carbón con dos terminales (1 y 3) y un contacto metálico con terminal (2).



A



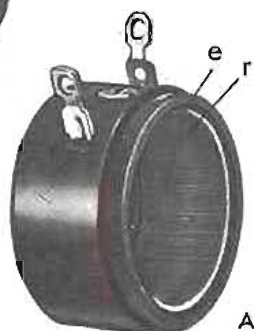
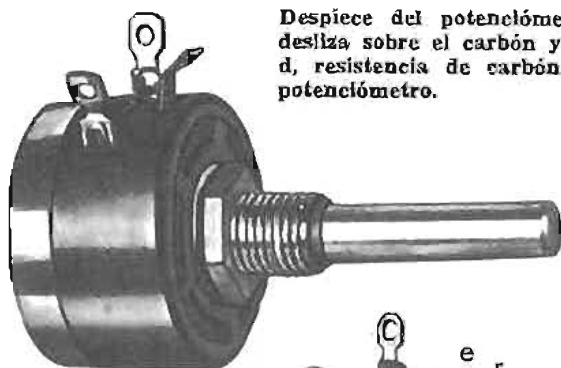
B



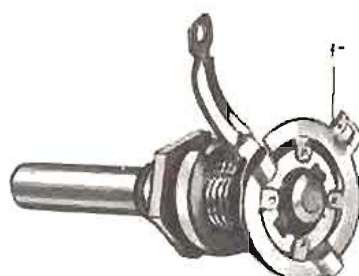
C

D

Despiece del potenciómetro. A, caja. B, pieza cursora: el contacto a se desliza sobre el carbón y el contacto b sobre el aro metálico. C, pieza fija: d, resistencia de carbón; c, aro metálico. D, eje de rotación y tapa del potenciómetro.



A



B



C

Potenciómetro bobinado. La resistencia no es de carbón, sino de hilo bobinado. A, caja con la resistencia r y los terminales. B, eje con la pieza cursora f que se desliza sobre el borde e de la resistencia r. C, tapa del potenciómetro.

COMPORTAMIENTO DE UNA RESISTENCIA A LA QUE SE APLICAN IMPULSOS ELECTRICOS

Dispongamos un circuito elemental formado por una pila, una resistencia y un interruptor, que permitirá a voluntad que pase o no corriente por la resistencia.

Cuando cerramos el circuito accionando el interruptor, entre los extremos de la resistencia habrá una d.d.p. igual a la que podemos medir entre los bornes de la pila, la que desaparecerá en cuanto abramos el circuito. Manipulando el interruptor a intervalos, la corriente circulará a través de la resistencia *a golpes*, *a ráfagas* o, como diremos empleando la terminología electrónica, a impulsos.

Siempre que cerremos el interruptor, por la resistencia circulará una corriente de intensidad

$$I = \frac{E}{R}, \text{ siendo } E \text{ la tensión aplicada por el ge-}$$

nerador o pila a los extremos de la resistencia.

En los períodos de circuito abierto, claro, la intensidad será $I = 0$.

Aunque la cuestión es clarísima, para los fines que perseguimos interesa que pongamos de manifiesto este comportamiento a través de una experiencia:

Entre los extremos de la resistencia conectamos el voltímetro que indica cuándo hay un impulso y cuál es el valor de la tensión.

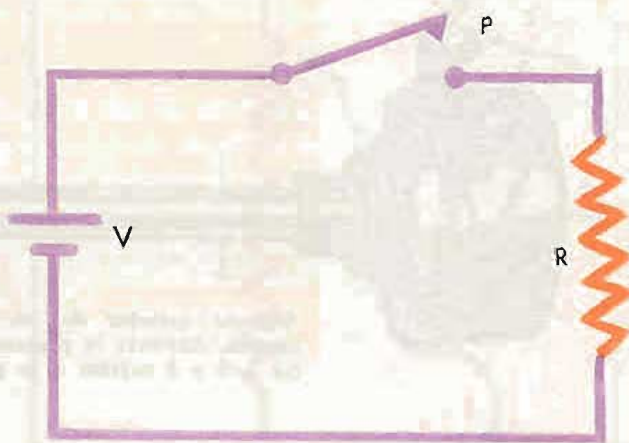
En serie con la resistencia intercalaremos un amperímetro en que leer la intensidad que circula a cada impulso.

Ahora tracemos la gráfica correspondiente, que, para mayor claridad, vamos a referir a un ejemplo concreto:

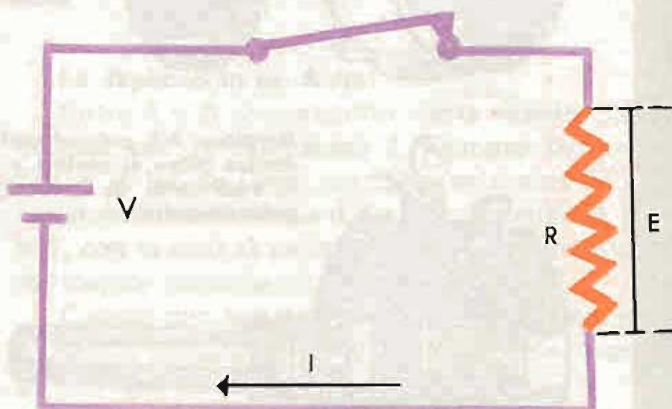
Utilicemos una corriente de $E = 1.5 \text{ V}$ y una resistencia $R = 3 \Omega$. Así, cada vez que cerremos el interruptor leeremos una intensidad de:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{1.5}{3} = 0.5 \text{ A}$$

Como se aprecia claramente en las gráficas, la representación de la tensión aplicada a la resistencia es un rectángulo al que denominamos **IMPULSO DE TENSIÓN**. Asimismo, la representación gráfica de la corriente (intensidad) también es un rectángulo (la altura será distinta) que se llamará **IMPULSO DE CORRIENTE**.



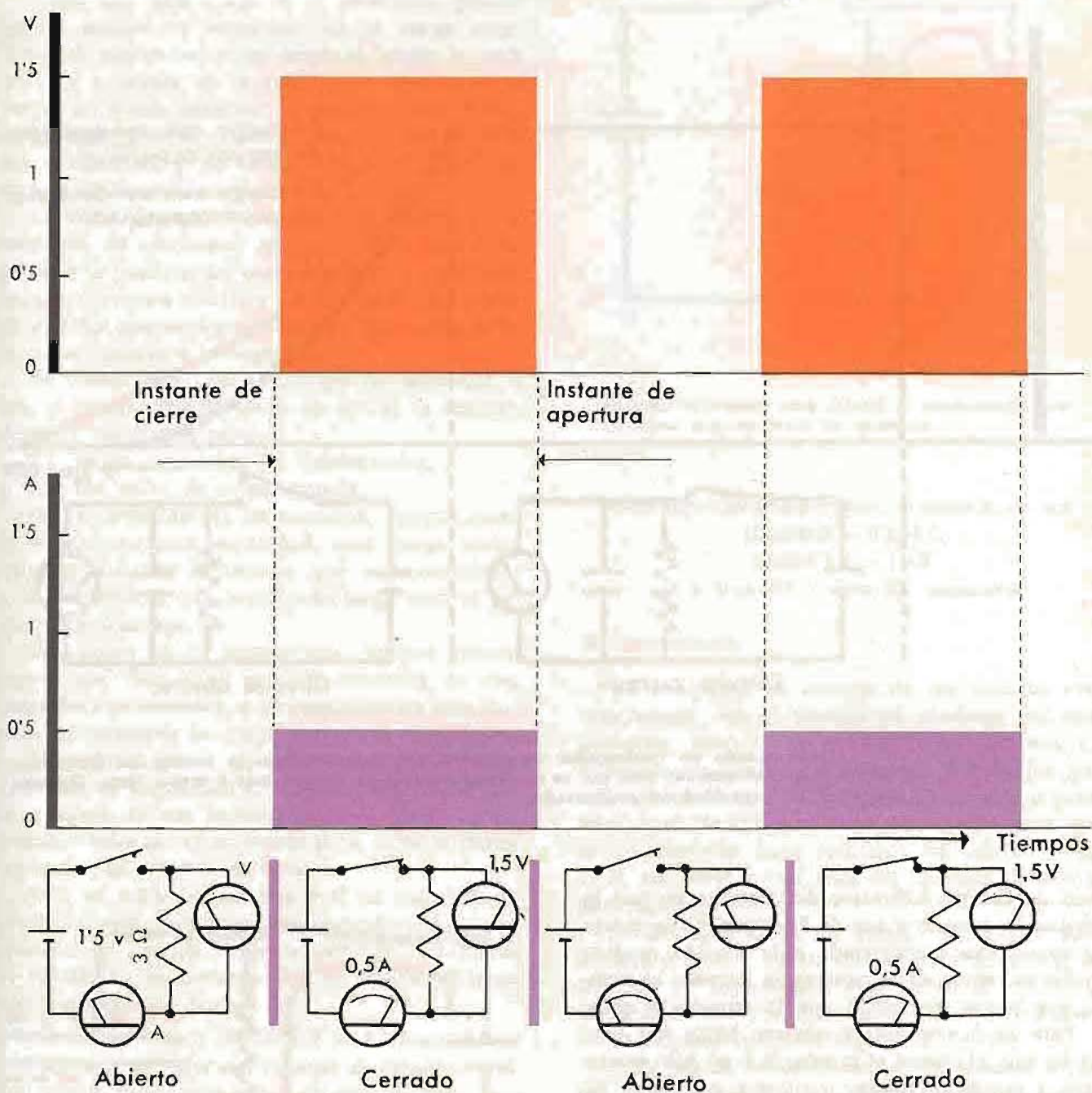
En este circuito elemental, cada vez que se cierra el interruptor P aparecerá en los bornes de R una tensión igual a la d.d.p. que existe entre los bornes de la pila. La llamaremos E. La intensidad será $I = E : R$.



Al cerrar el interruptor circula una corriente de intensidad $I = E : R$, que en los bornes de R motiva una d.d.p. de E voltios.

La corriente que circula por la resistencia, pertenece a la categoría de las que hemos llamado *corrientes pulsantes*. Es decir, es de las del tipo que proceden de un rectificador.

En aquéllas, los impulsos vienen representados por las curvas correspondientes a una semionda, puesto que proceden de un generador de corriente alterna. En cierta forma, podemos considerar que el diodo rectificador actúa como un interruptor automático que abre y cierra el paso a la corriente de la misma manera que lo hacemos en nuestra experiencia por un procedimiento manual.



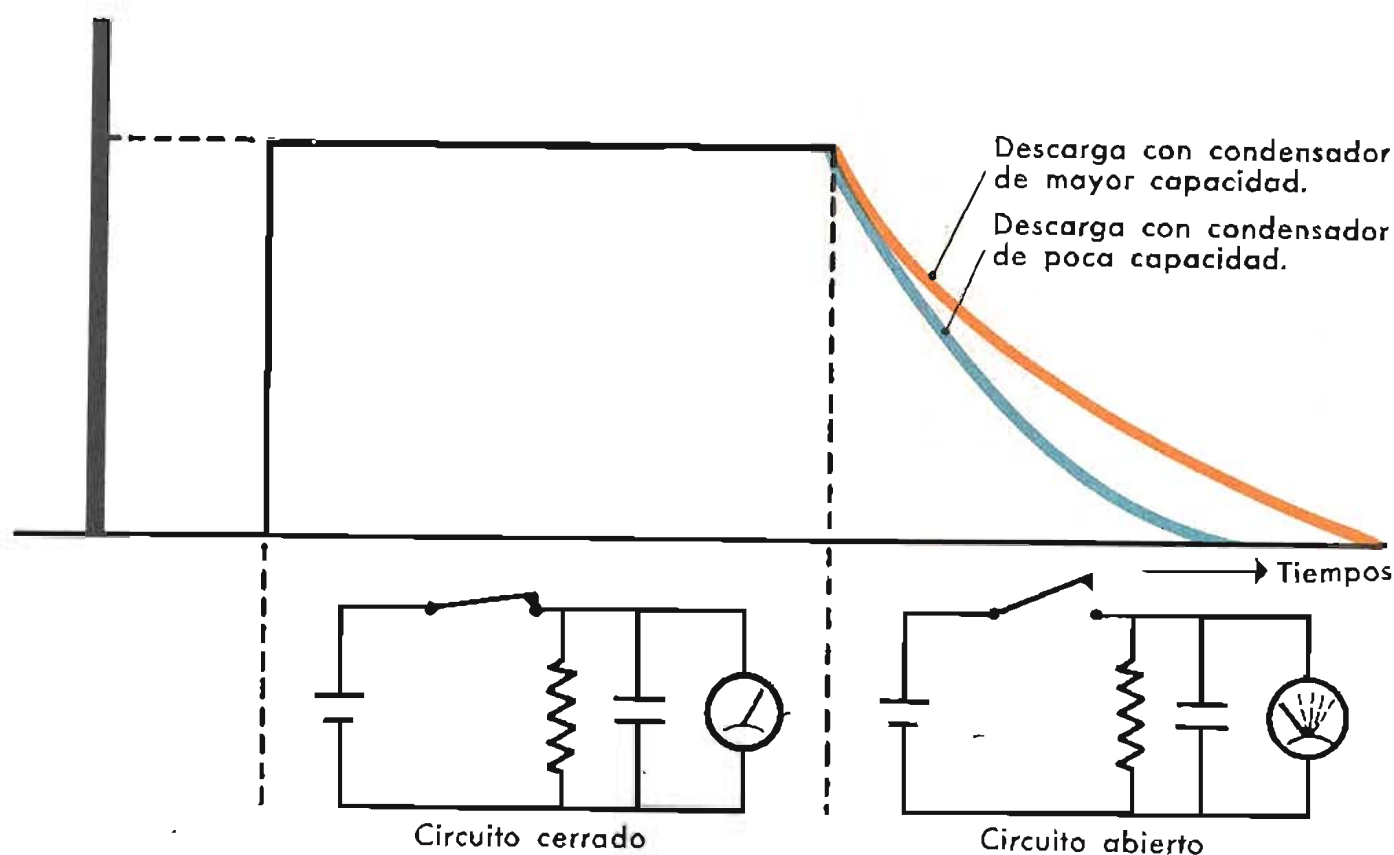
DESCARGA DE UN CONDENSADOR A TRAVES DE UNA RESISTENCIA

Modifiquemos ligeramente el montaje anterior, en el sentido de colocar un condensador en paralelo con la resistencia.

Si repetimos como antes el proceso de abrir y cerrar el interruptor, observaremos que la aguja del voltímetro no vuelve inmediatamente al cero, como hacía antes, sino que, al abrir el circuito, la aguja se desplaza lentamente, tanto más

despacio cuanto mayor sea la capacidad del condensador empleado.

Es decir: la desaparición de la tensión, que sin el condensador era instantánea (línea vertical en el gráfico), ahora se produce durante un tiempo más o menos largo, lo que en la gráfica se traduce en una curva descendente que va desde el vértice del instante de corte hasta el punto de la



Intercalando un condensador en paralelo con la resistencia, la tensión no desaparece instantáneamente, sino que se mantiene durante un tiempo más o menos largo. Depende de la capacidad del condensador.

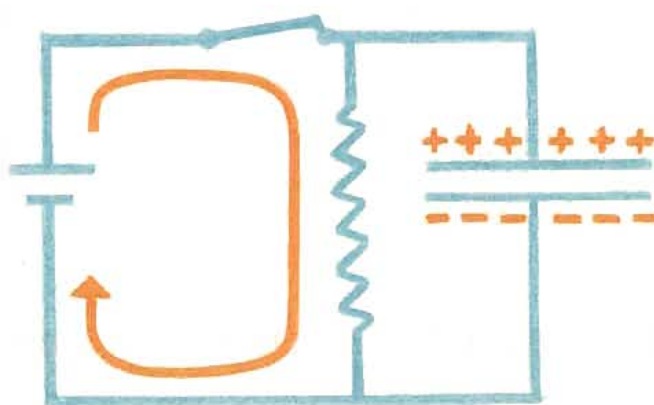
línea de tiempo indicativo del instante en que la tensión ha pasado a ser de 0 voltios. Cada punto de esta curva corresponde a la tensión medida en los extremos de la resistencia durante el tiempo que transcurre hasta que la tensión es nula.

Para explicarse este fenómeno basta con pensar en que al cerrar el interruptor no sólo conseguimos que la corriente circule a través de la resistencia, sino que, además, cargamos el condensador.

La carga adquirida por el condensador sabemos que vale, en culombios, el producto de la capacidad por la tensión en voltios aplicada entre sus placas:

$$Q = C \times E$$

El condensador, pues, adquiere una cierta carga que no desaparece al abrir el interruptor, sino que, por lo contrario, es capaz de mantener una d.d.p. entre los extremos de la resistencia.



Durante el período de tiempo en que el circuito permanece cerrado, el condensador adquiere una carga capaz de mantener una d.d.p. entre los bornes de la resistencia.

Claro que esta d.d.p. no es constante, puesto que el exceso de electrones de la carga negativa del condensador se desplaza hacia la cara positiva a través de la resistencia, anulando su carga. En pocas palabras: el condensador se descarga, disminuyendo poco a poco la tensión entre sus armaduras, y en consecuencia entre los extremos de la resistencia.

La descarga se debe, como hemos dicho, a la corriente de electrones que van de la placa negativa a la positiva del condensador; o, si se quiere, a la corriente eléctrica de descarga, que, según el sentido convencional, diremos que circula de la placa positiva a la negativa.

Se comprende que el tiempo de descarga, o sea, el tiempo que se tarda en anular la tensión, dependa de dos factores:

- 1.º De la capacidad del condensador.
- 2.º Del valor de la resistencia.

DE LA CAPACIDAD DEL CONDENSADOR, porque cuanto mayor sea esta capacidad, más carga podrá adquirir durante el tiempo que esté conectado a la corriente, y por tanto más largo será el período de descarga.

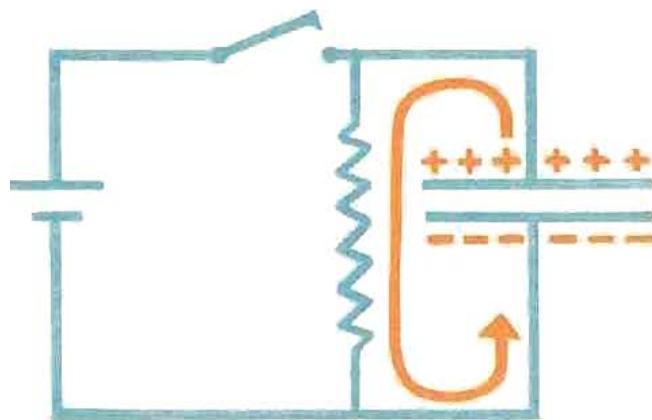
DEL VALOR DE LA RESISTENCIA, porque cuanto mayor sea, más débil será la corriente de descarga del condensador, y en consecuencia más tardará en anularse la d.d.p. entre sus armaduras.

Advertimos, pues, que el tiempo que un condensador de capacidad C emplea para descargarse a través de una resistencia R es proporcional a ambos valores. Al producto $R \times C$ se le llama **CONSTANTE DE TIEMPO** del circuito.

Si R se mide en ohmios y C en faradios, el producto está expresado en segundos. Así, por ejemplo, un circuito formado por una resistencia de 100.000Ω y un condensador de $0'000001 \text{ F}$ tiene una constante de tiempo de:

$$RC = 100.000 \Omega \times 0'000001 \text{ F} = 0'1 \text{ segundos}$$

Dado que el valor del faradio es excesivo y el del ohmio, en cambio, es pequeño, es más frecuente utilizar el $\text{M}\Omega$ y el μF , con lo cual el producto $R \times C$ sigue siendo el mismo.



Cuando el circuito está abierto el condensador proporciona una corriente de descarga.

Con los datos anteriores, operaríamos así:

$$100.000 \Omega = 0'1 \text{ M}\Omega$$

$$0'000001 \text{ F} = 1 \mu\text{F}$$

$$R \times C = 0'1 \times 1 = 0'1 \text{ segundos}$$

Advertencia

La constante de tiempo de un circuito está relacionada con el tiempo de descarga del condensador, PERO NO ES EL TIEMPO DE DESCARGA. La constante de tiempo de un grupo RC (siglas que indican resistencia y condensador en serie o paralelo) es el tiempo que debe transcurrir para que el condensador haya reducido su tensión a un 37 % del valor inicial, una vez se haya abierto el interruptor.

Si desconectamos un grupo RC donde $R = 0'1 \text{ M}\Omega$ y $C = 1 \mu\text{F}$ de una batería de 100 V, al cabo de 0'1 segundos la tensión en el condensador será de 37 V, ya que, en este caso, la constante de tiempo, es de 0'1 segundos.

Para que un condensador, descargándose a través de una resistencia, pueda considerarse sin carga, debe transcurrir un período no inferior a cinco veces la constante de tiempo.

FILTRADO DE UNA ONDA RECTIFICADA

Filtrar la tensión pulsante procedente de un rectificador es someterla a un proceso que la convierta en otra corriente tan parecida como sea posible a la que continua pura proporciona una pila o batería.

Para comprender cómo es posible este cam-

bio, analicemos lo que ocurre cuando al circuito formado por una resistencia y un condensador en paralelo le proporcionamos impulsos de corriente a intervalos regulares.

Empezemos por considerar la gráfica cuando no hay condensador en el circuito.

Sigamos con la gráfica obtenida cuando al circuito se le añade un condensador de poca capacidad (condensador pequeño). Luego trabajaremos con un condensador mediano para ver la gráfica que obtenemos y terminaremos estudiando la forma de la corriente cuando el condensador es de gran capacidad.

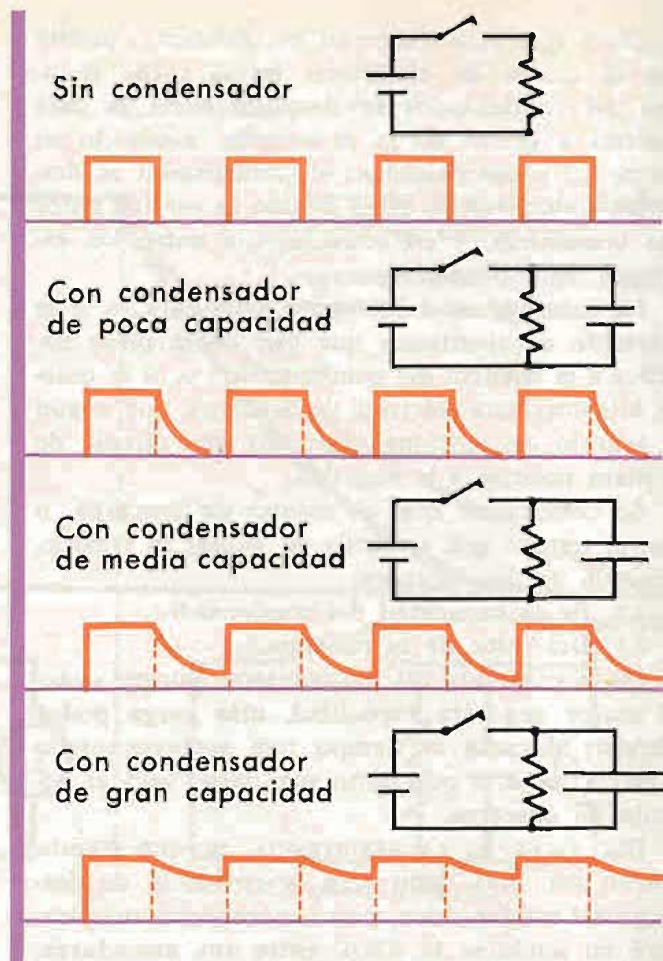
En el primer caso, la tensión aplicada a la resistencia aparece y desaparece instantáneamente al abrir y cerrar el interruptor.

En el segundo caso, y gracias a la capacidad del condensador, la tensión se mantiene después de abrir el interruptor, pero sólo durante un tiempo muy corto, inferior al que media entre dos impulsos consecutivos.

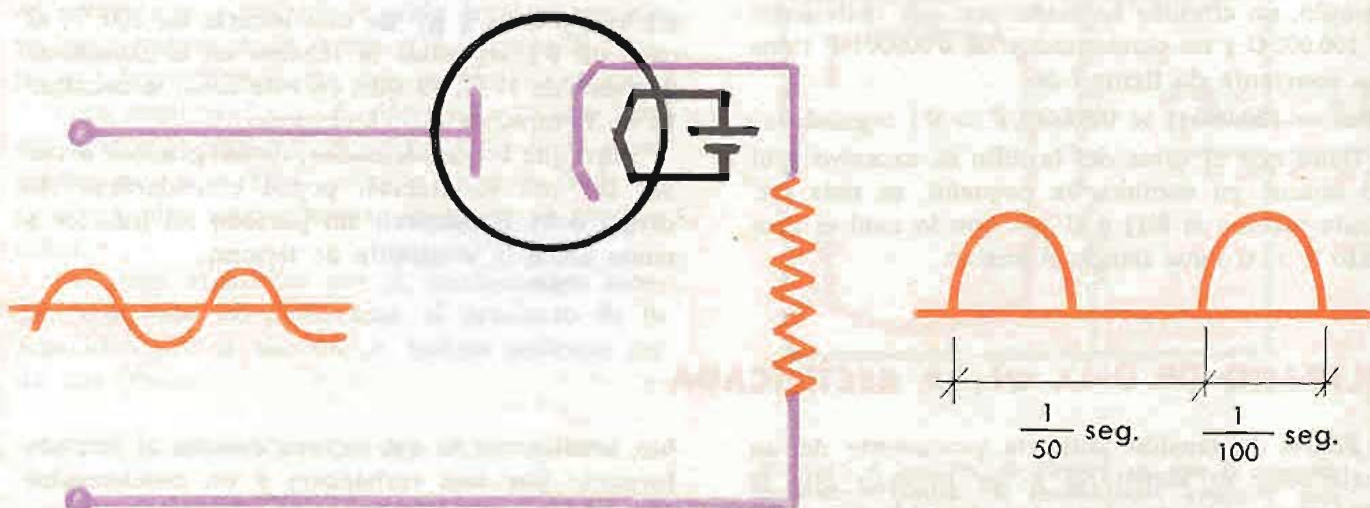
El caso siguiente (el tercero) demuestra un hecho ciertamente interesante. Si el condensador elegido es suficientemente grande (que tiene suficiente capacidad), el impulso siguiente a uno cualquiera se presentará cuando el condensador aún no habrá tenido tiempo de descargarse. El condensador, pues se descarga parcialmente mientras el interruptor está abierto y recupera su carga en cuanto se cierra de nuevo.

Aunque la tensión no llega a anularse en ningún momento, las variaciones que sufre son suficientes para diferenciarla netamente de la tensión continua que proporciona la pila cuando está conectada de modo permanente.

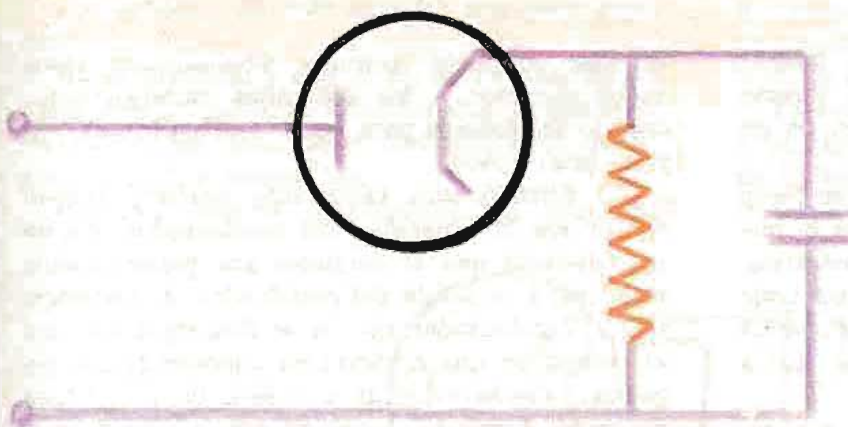
Sin embargo, ya adivinamos que estas variaciones pueden reducirse, hasta hacerlas imperceptibles, si se elige un condensador suficientemente grande.



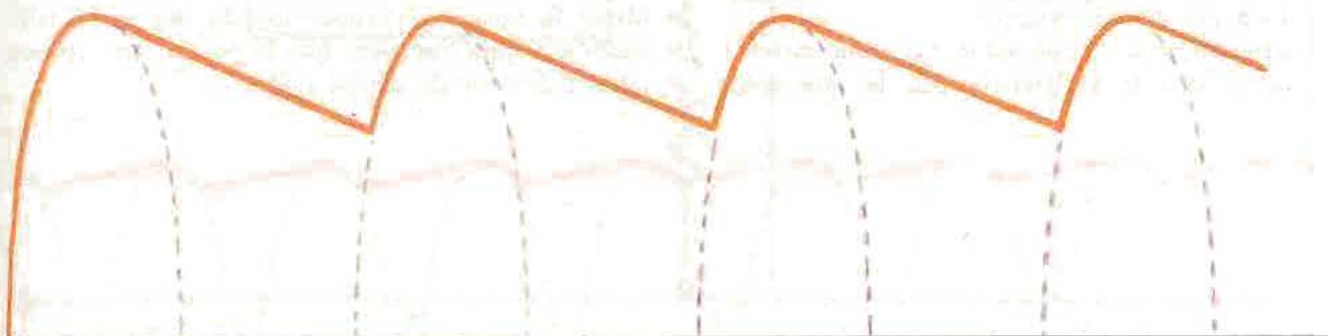
Cuanto mayor es la capacidad del condensador mayor es la rectificación de la corriente.



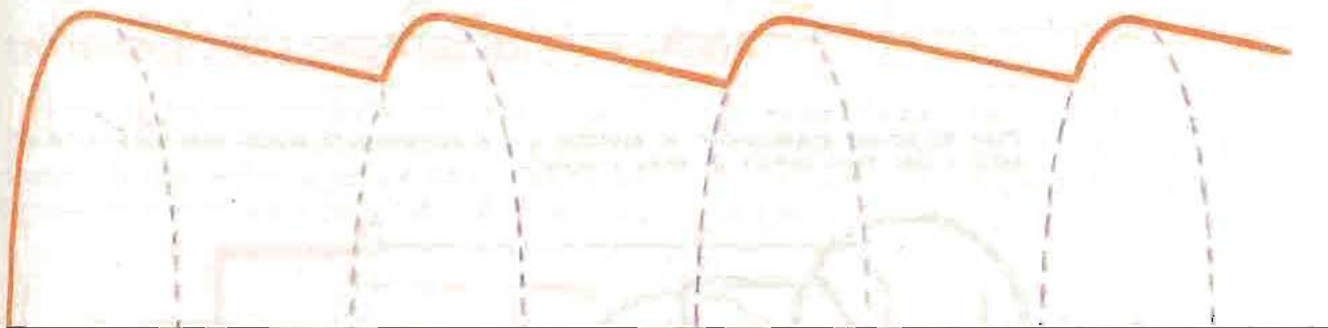
Una rectificadora de media onda se comporta como un interruptor que se cierra y abre según la frecuencia de la corriente alterna (50 ciclos por segundo). Podemos comparar la corriente pulsante obtenida a la que resulta de accionar alternativamente un interruptor en un circuito con una resistencia.



Este será un rectificador de media onda con el condensador incorporado. El resultado será el mismo que hemos observado en las corrientes pulsantes producidas por un interruptor.



Filtrado obtenido con un condensador de capacidad media.



Filtrado obtenido con un condensador de mayor capacidad.



Filtrado obtenido con un condensador de gran capacidad.

El caso cuarto, precisamente, quiere indicar esta circunstancia, que tiene aplicación directa al filtrado de las corrientes que proceden de un rectificador.

Un diodo, en efecto, puede considerarse como un interruptor que se cierra cada vez que la placa es positiva y que se abre cuando es negativa. Y dado que la corriente alterna de la red tiene una frecuencia de 50 c/s, este interruptor que es un diodo en funciones de rectificador se abrirá y cerrará cincuenta veces cada segundo.

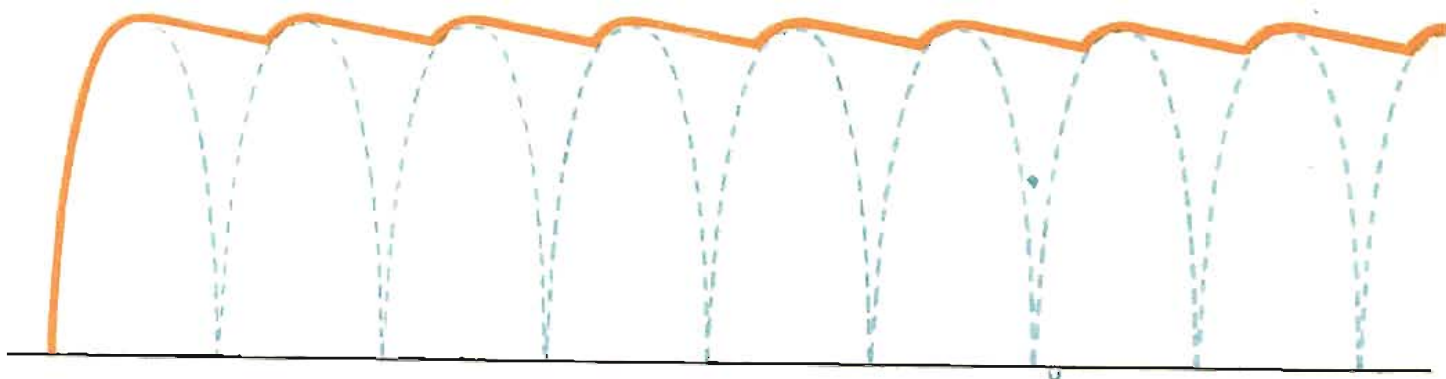
La corriente pulsante que circula por una resistencia conectada a un diodo tiene aspecto similar al de la corriente procedente de una pila y regulada por un interruptor.

Si añadimos al rectificador un condensador en paralelo con la resistencia por la que debe

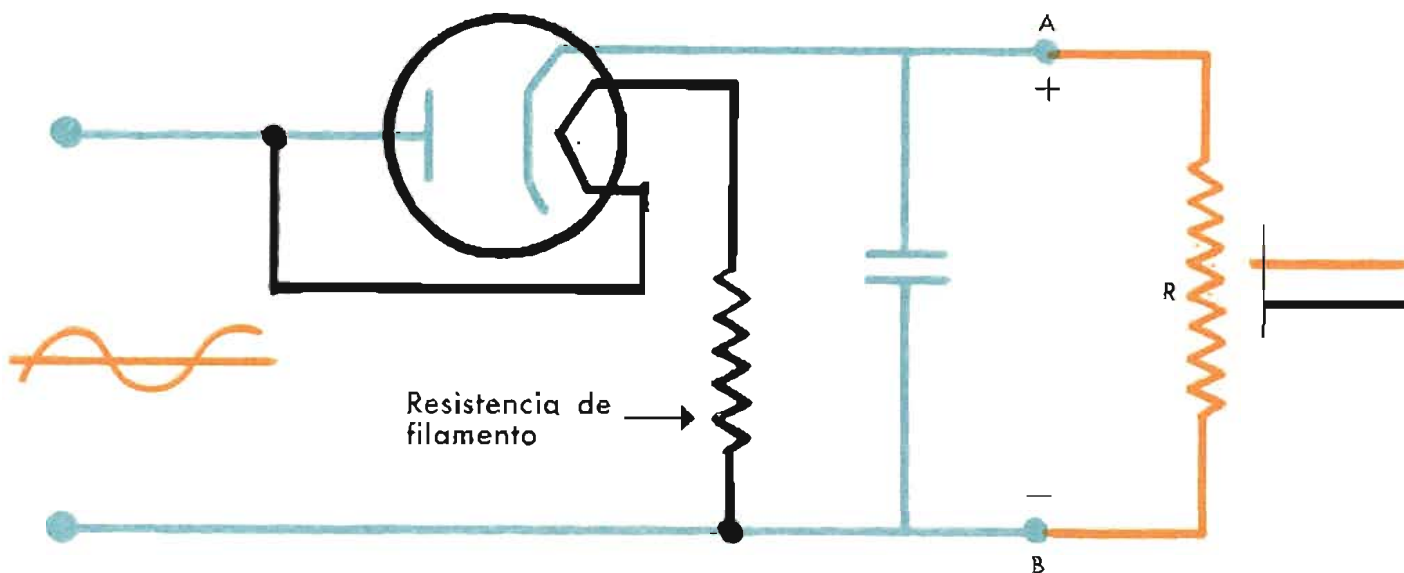
circular corriente continua, obtendremos resultados análogos a los obtenidos anteriormente, cuando empleamos para nuestro ejemplo una pila y un interruptor.

El filtrado será tanto más perfecto cuanto mayor sea la capacidad del condensador. Puesto que interesa que la corriente sea perfectamente uniforme a la salida del rectificador, es necesario que el condensador apenas se descargue durante el tiempo en que el diodo no conduce (placa negativa), siendo evidente que este tiempo deberá reducirse al mínimo para obtener un filtrado perfecto.

En consecuencia, resultará mucho más fácil filtrar la corriente proporcionada por un rectificador de onda completa que la proporcionada por un rectificador de media onda.



Para un mismo condensador, es evidente que el filtrado será mucho más perfecto si se emplea una rectificadora de onda completa.



Este es el esquema completo de un rectificador de media onda. La toma de corriente se efectúa directamente de la red, incluso el filamento. Por ello aparece la consiguiente resistencia de filamento. En este esquema la resistencia R , conectada a los bornes A y B, puede representar cualquier aparato que requiera corriente rectificada.

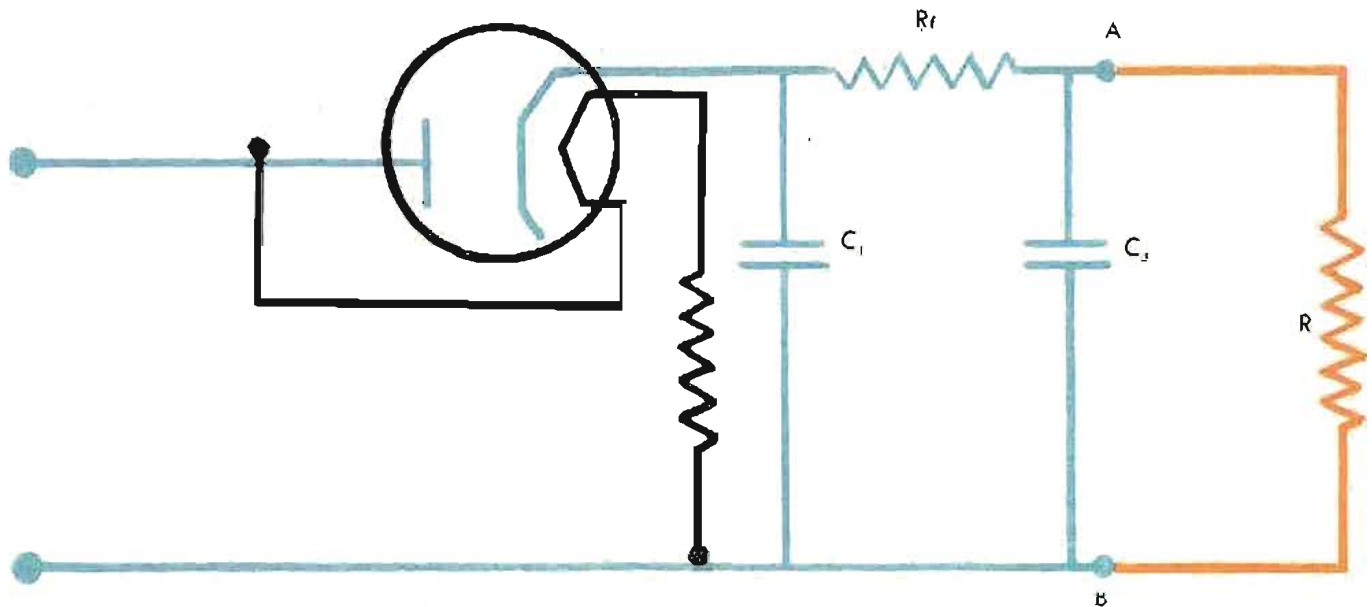
Los gráficos, en este sentido, son muy explícitos.

En la práctica, y con el fin de obtener un filtrado más perfecto, se emplean dos condensadores en vez de uno. Estos condensadores se separan por una resistencia.

Por este sistema se consigue que cualquier

fluctuación que no haya podido ser eliminada por un condensador lo sea por el otro; en otras palabras, se obtiene una corriente más uniforme.

La resistencia R_f se llama resistencia de filtro, y consigue reducir las variaciones de la tensión en C_1 de forma que la tensión en C_2 sea prácticamente constante.

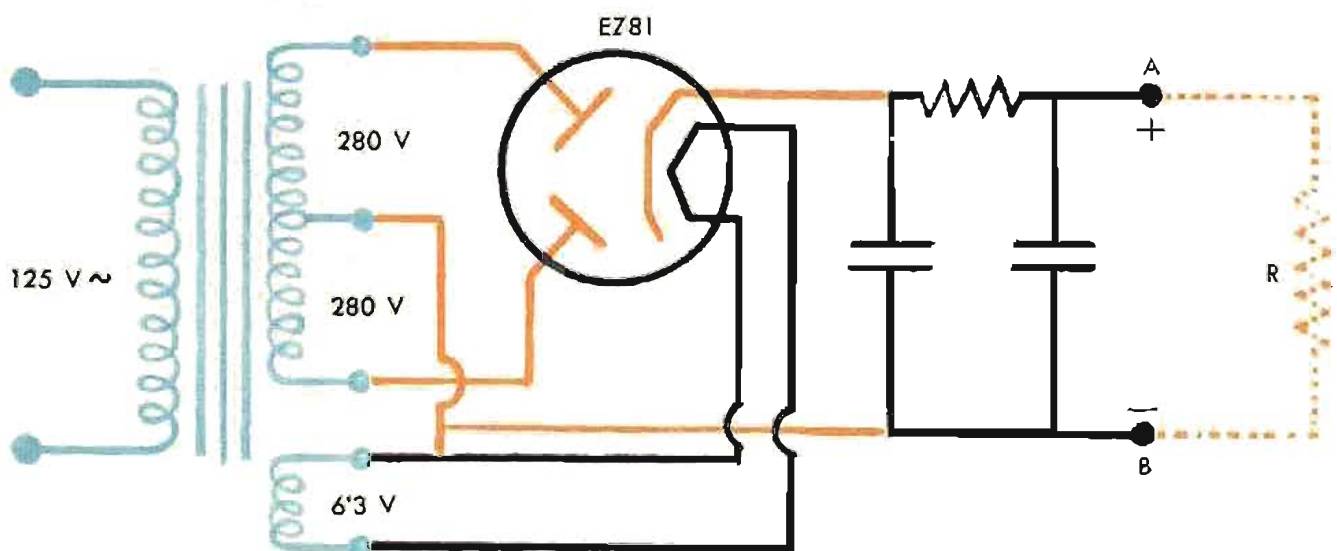


Rectificador de media onda con dos condensadores. Las fluctuaciones que no elimine un condensador serán eliminadas por el otro. La resistencia R_f , o resistencia de filtro, ayuda a reducir las variaciones de tensión en el condensador C_1 para que en C_2 la tensión sea prácticamente constante.

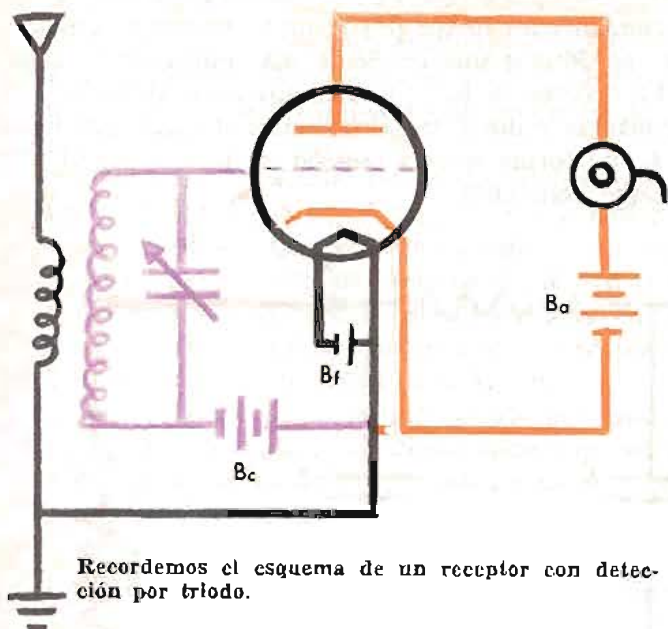
LA FUENTE DE ALIMENTACION COMPLETA

Visto el perfeccionamiento que representa el filtrado al servicio de la rectificación de una corriente alterna, podemos incluir tal mejora en las fuentes de alimentación para radio. En este caso,

la resistencia en paralelo con el condensador será el mismo receptor. De los bornes A y B se tomará la corriente continua que el aparato requiere para su funcionamiento.



Fuente de alimentación con rectificadora de onda completa. Indicamos en azul la parte del esquema correspondiente al transformador de alimentación. En rojo: rectificación. En negro: etapa de filtraje y filamento. La resistencia R simboliza el receptor.



Estas fuentes de alimentación, naturalmente, deben permitir la eliminación de las baterías necesarias en los montajes electrónicos. Así, por ejemplo, podemos considerar el caso de un triodo empleado como detector. Recordemos el esquema del receptor con detección por triodo, en el cual aparecen tres baterías: la batería B_a , que alimenta el circuito de placa, deberá proporcionar una tensión que pueda estar comprendida entre 60 V y 350 V. La batería B_f es la encargada

del caldeo del filamento, lo que se consigue con tensiones aproximadas a los 6'3 V.

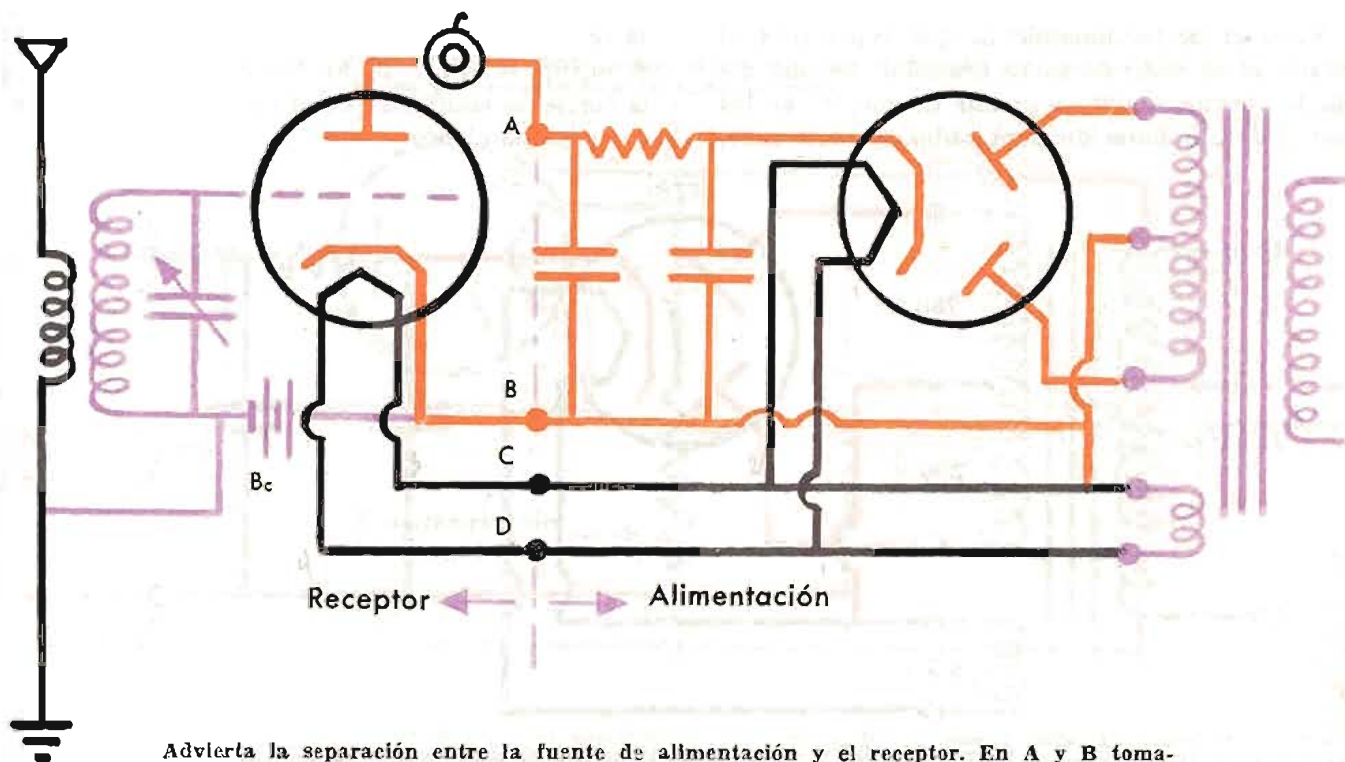
Por último, aparece la batería B_c , o sea, la batería de polarización. Su misión, recuérdelo, es dar a la reja un potencial negativo suficiente para que la válvula no conduzca corriente mientras no se reciban señales de antena.

La fuente de alimentación descrita es capaz de sustituir las baterías B_a y B_f .

En efecto. Se comprende que la tensión proporcionada por B_a pueda reemplazarse por la que encontramos a la salida del rectificador (bornes A y B) de alta tensión.

La batería, dado que su misión es de caldeo, no requiere forzosamente tensión continua, sino que admite también corriente alterna; puede reemplazarse directamente por los bornes del secundario del transformador devanados para conseguir una tensión de 6'3 V.

Por ahora no estamos capacitados para eliminar B_c , pero habida cuenta de que esta batería queda incluida en el circuito de reja, y considerando que cuando la reja es negativa por su circuito no pasa corriente, tiene una importancia muy relativa el que no podamos desprendernos de B_c , ya que su desgaste, por la razón antes expuesta, es prácticamente nulo. No obstante, estudiaremos métodos que permiten prescindir también de la batería de polarización.



Advierta la separación entre la fuente de alimentación y el receptor. En A y B tomaríamos la corriente de alta tensión (A-T). En C y D tendríamos las tomas de baja tensión (B-T). El circuito de reja, en principio, sigue alimentado por batería (B_c).

CONDENSADORES ELECTROLITICOS

Para conseguir un filtrado eficaz requerimos el concurso de condensadores de gran capacidad, factor que, como sabemos, depende de la superficie de sus placas y del espesor del dieléctrico interpuesto a ellas.

Resulta que para conseguir un condensador de 16 ó 20 μF , que es un valor muy corriente para los condensadores de filtrado de una fuente de alimentación, precisaríamos una tal cantidad de condensadores normales de papel que ellos solos ocuparían el espacio normal que deja una caja de receptor.

Para solucionar el problema del volumen de los condensadores de gran capacidad se han ideado unos tipos de condensadores llamados ELECTROLÍTICOS, que con un volumen relativamente pequeño permiten capacidades superiores a 1 μF .

La fabricación de estos condensadores se fundamenta en un fenómeno electroquímico que se da cuando se hace circular una corriente entre dos láminas de aluminio sumergidas en un electrolito de sal de amoníaco y glicerina. La plancha

de aluminio conectada al polo positivo se recubre de una delgadísima capa aislante, producto de la descomposición del electrolito.

De esta forma obtenemos un condensador formado por la lámina positiva de aluminio, la película aislante que actúa de dieléctrico y el electrolito que hace las veces de placa negativa. Lo que permite la gran capacidad del condensador, sobre todo, es la extremada delgadez del dieléctrico, puesto que, de acuerdo con la fórmula que da la capacidad del condensador, ésta aumenta al disminuir el espesor del dieléctrico.

La otra lámina de aluminio actúa simplemente de terminal de conexión correspondiente al electrolito.

Lo normal es que esta lámina de aluminio adquiera forma cilíndrica, formando la caja donde se colocan la otra lámina y el electrolito, que generalmente se inmoviliza con un aglutinante para evitar que por causas imprevistas pueda derramarse y deteriorar otros componentes próximos.

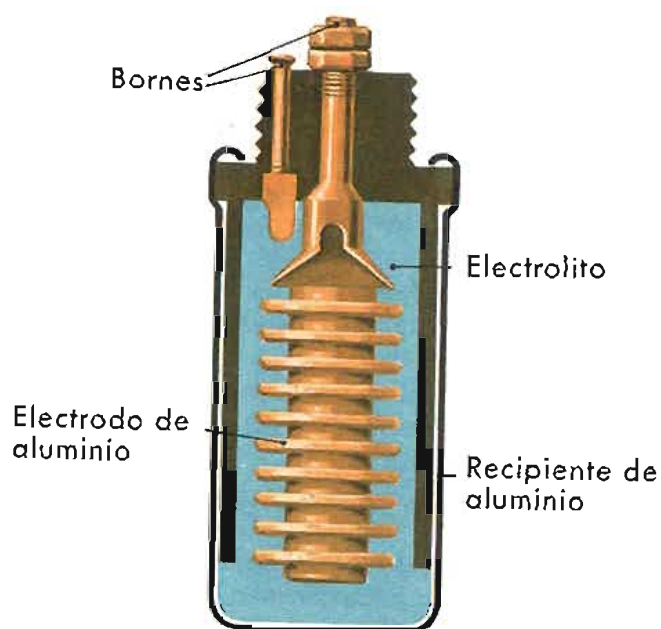


Condensador
electrolítico



Condensador
de papel

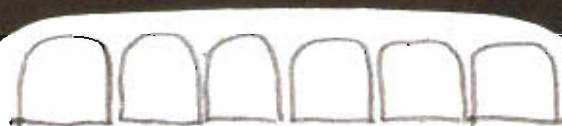
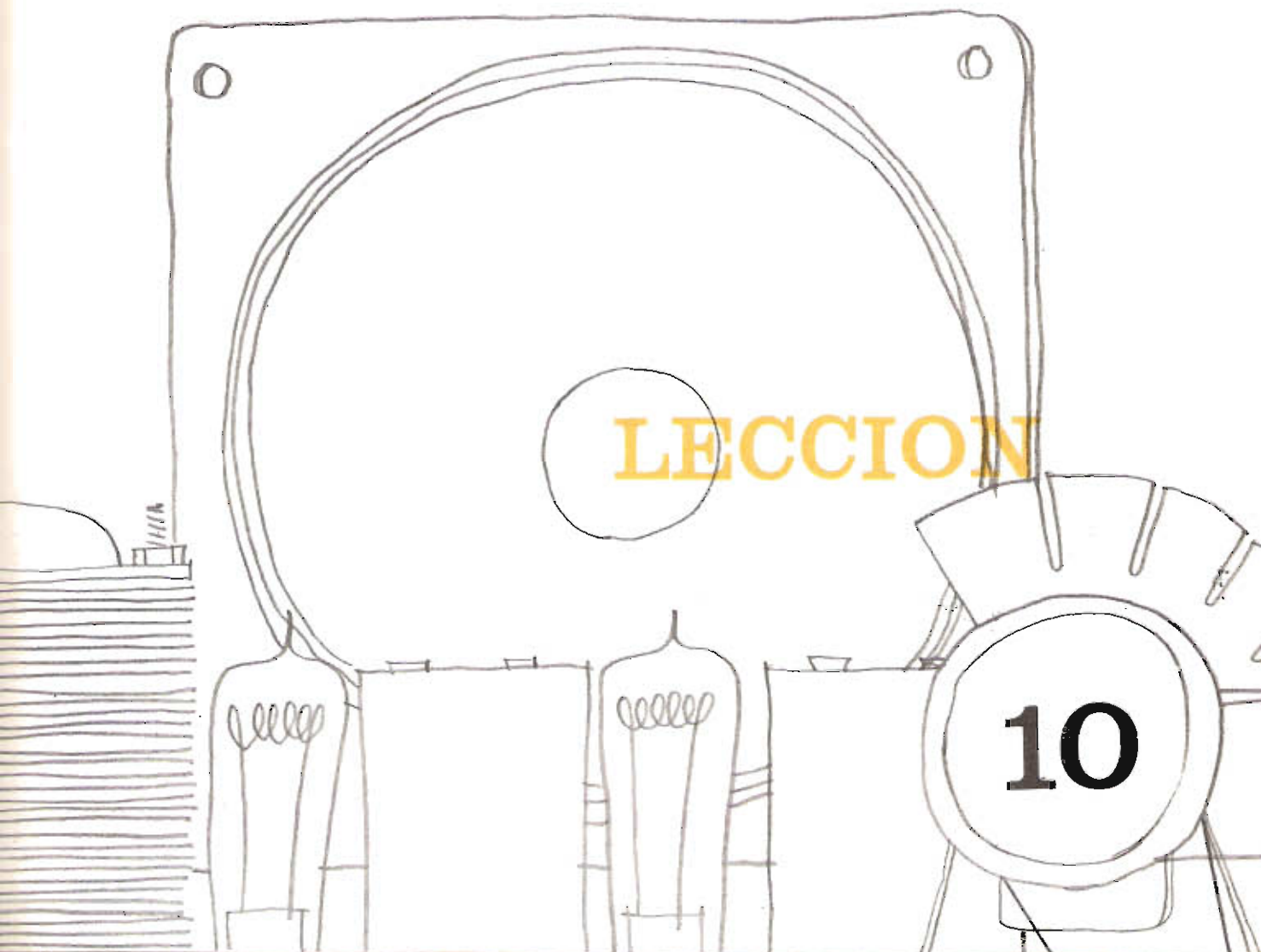
El condensador de la izquierda es electrolítico; el de la derecha es de papel. Para un volumen similar, la capacidad del primero es cuarenta veces mayor.



La caja del condensador va provista de una espiga roscada con su correspondiente tuerca para sujetarla directamente al chasis.

Otras veces el condensador electrolítico tiene un aspecto exterior igual al de un condensador de papel; pero se conoce que es electrolítico porque sus terminales están marcados con los signos + y —, indicando que debe conectarse respetando su polaridad, ya que de lo contrario desaparece la capa aislante que actúa de electrolito y se produce un cortocircuito que inutiliza el condensador. He ahí un detalle de montaje que debe tener muy en cuenta cuando trate de soldar un condensador electrolítico a un circuito electrónico.

Sección de un condensador electrolítico. Existen disposiciones internas que difieren considerablemente de la representada.



**Aparatos para medir
corrientes continuas
Galvanómetros de cuadro móvil**

Aparatos de medida - Galvanómetro de cuadro móvil - Medición de corrientes continuas

MEDICION DE MAGNITUDES ELECTRICAS

Desde las primeras lecciones, sabemos que la electricidad es una forma de la energía que en determinadas condiciones provoca una corriente de electrones a través de los cuerpos conductores. Esta corriente electrónica —que en su concepción clásica seguimos llamando corriente eléctrica, atribuyéndole un sentido inverso (positivo a negativo) del que realmente sigue una corriente electrónica (negativo a positivo)— viene determinada por unas magnitudes que, como tales, ad-

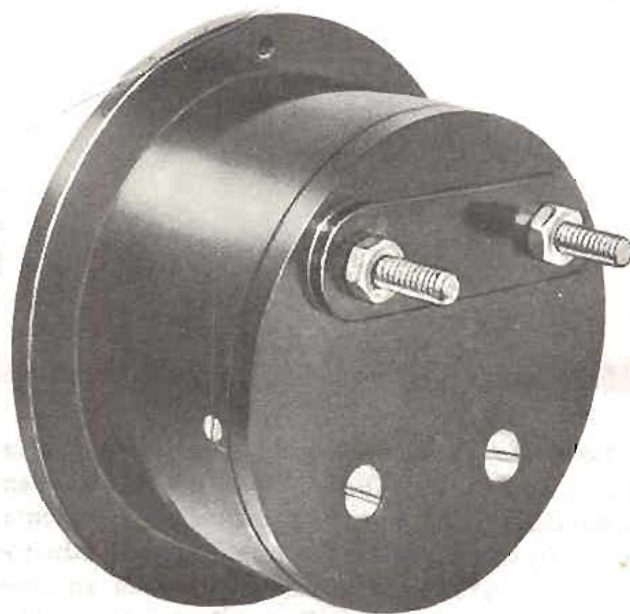
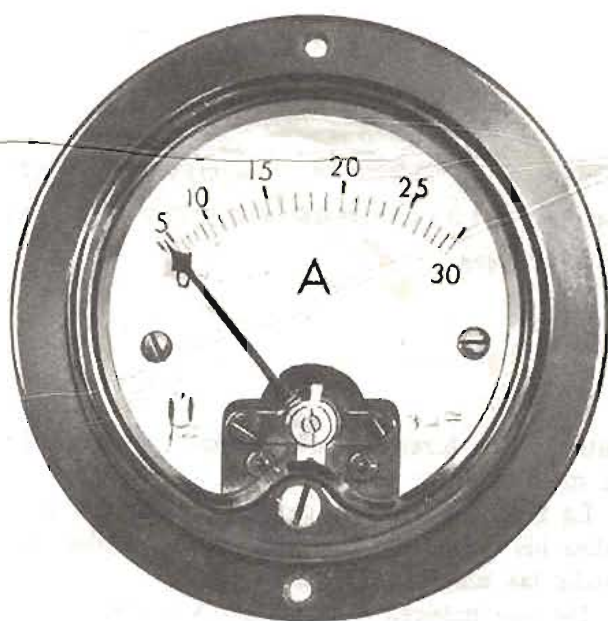
miten y requieren sus correspondientes unidades de medida.

La finalidad de este capítulo consistirá en detallar los métodos y aparatos que se utilizan para medir las magnitudes eléctricas.

De una manera más o menos explícita ya hemos hablado de ello, empleando voltímetros y amperímetros en distintos montajes a fin de obtener la medida de las tensiones e intensidades que nos interesaban; por ejemplo, para obtener



Los aparatos de medida representan lo más importante del instrumental del radiotécnico. El primer gráfico de esta lección muestra el aspecto externo de algunos instrumentos de medida, montados en cajas, que contienen circuitos especiales que permiten la adaptación del instrumento a distintas magnitudes y cantidades.



Lo único que sabemos hasta ahora de los instrumentos de medida es que exteriormente presentan una escala graduada, sobre la que discurre una aguja que señala la cantidad de la magnitud a medir (frontal); y dos bornes para su conexión al circuito (posterior).

las características de un diodo o de un triodo termoiónico. Recordemos también el montaje experimental que en las primeras lecciones nos permitía comprobar la ley de Ohm midiendo la intensidad (amperímetro) que circulaba a través de una resistencia y la diferencia de potencial (voltímetro) presente entre sus terminales.

Sin embargo, hasta ahora, poco sabemos de estos instrumentos de medida, a no ser que por saber de ellos entendamos conocer su apariencia exterior y la existencia en ambos de una aguja que señala la cantidad de voltios o amperios representados sobre una escala graduada, así como de dos terminales que, conectados convenientemente al circuito, permiten efectuar la medición de la intensidad de la corriente cuando se trata de un amperímetro o la d.d.p. entre dos puntos del circuito si operamos con un voltímetro.

Pero este conocimiento es a todas luces insuficiente en una materia de primerísima necesidad en la radio. Porque la verdad es que saber medir correctamente y, además, saber interpretar el re-

sultado de las mediciones efectuadas es una de las cualidades básicas que debe poseer el técnico en radio.

Capacitarse en este sentido requiere un conocimiento profundo de los principios del funcionamiento de los aparatos de medida y su estructura interna. Éste es el tema que vamos a desarrollar, no sin antes recomendarle una especial dedicación a su estudio, pensando que será uno de los esfuerzos fundamentales en su formación profesional.

Vamos a empezar, pero no será suficiente una sola lección. Dada la variedad de magnitudes que el técnico precisa medir en el desarrollo de su profesión, y dado también que para medir cada una de estas magnitudes suelen existir distintos aparatos basados en principios de funcionamiento que difieren entre sí, limitaremos esta primera lección sobre medidas eléctricas a la consideración de las medidas que nos son más familiares: intensidad y diferencia de potencial en corrientes continuas.

MEDIDA DE LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE CONTINUA

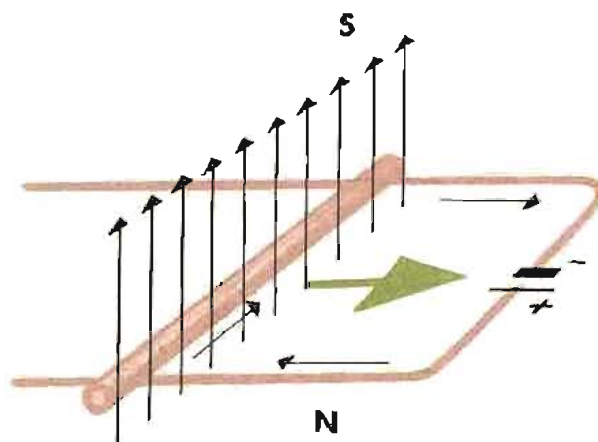
Empezaremos nuestro estudio analizando los procedimientos idóneos para medir corrientes continuas. Estos procedimientos presentan notables diferencias respecto a los que se utilizan para medir corrientes alternas; no vaya a creer lo contrario.

El instrumento más ampliamente difundido para medir corrientes continuas es el GALVANÓMETRO DE CUADRO MÓVIL, inspirado en un fenómeno electromagnético.

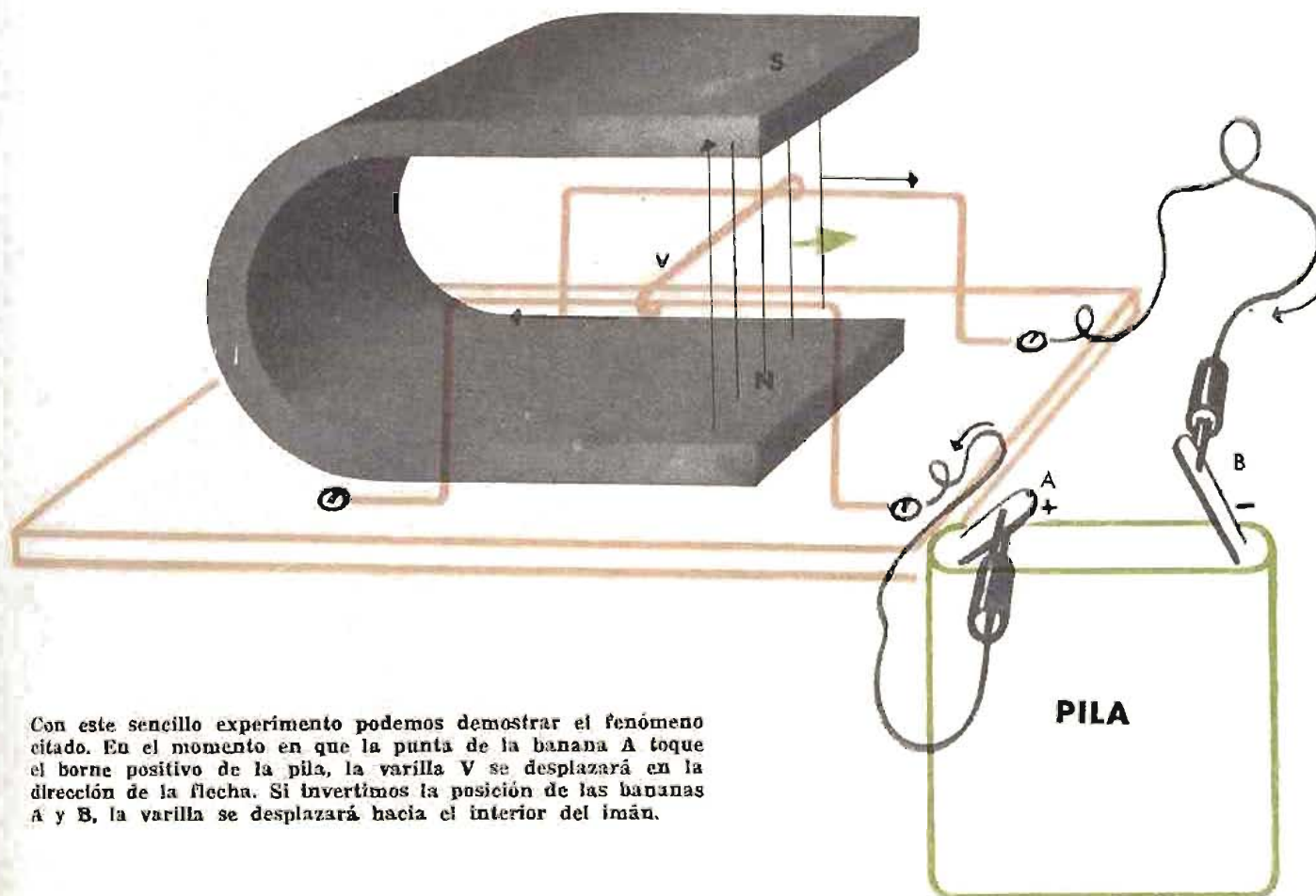
Estudiemos este fenómeno, que resumiremos con un enunciado:

SI UN HILO CONDUCTOR ESTÁ SITUADO EN EL INTERIOR DE UN CAMPO MAGNÉTICO Y A SU TRAVÉS CIRCU LA UNA CORRIENTE, SOBRE EL HILO ACTÚA UNA FUERZA QUE TIENDE A MOVERLO PERPENDICULARMENTE AL PLANO FORMADO POR LAS LÍNEAS DE FUERZA Y AL PROPIO HILO.

Comprobemos este proceder del hilo en cuestión, mediante el estudio experimental del fenómeno:



Enunciado: cuando un hilo conductor está situado en un campo magnético y por él circula una corriente, sobre el hilo actúa una fuerza que tiende a desplazarlo.

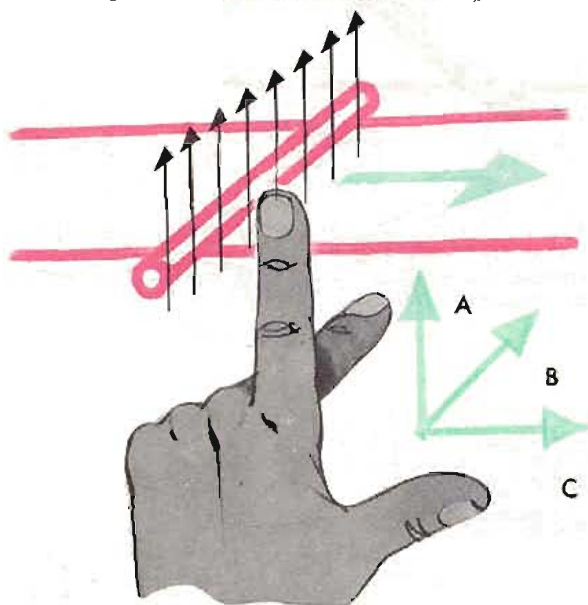


Con este sencillo experimento podemos demostrar el fenómeno citado. En el momento en que la punta de la banana A toque el borne positivo de la pila, la varilla V se desplazará en la dirección de la flecha. Si invertimos la posición de las bananas A y B, la varilla se desplazará hacia el interior del imán.

Requerimos la presencia de un campo magnético, que muy bien puede ser el creado por un imán de herradura. Así, pues, necesitamos un imán de este tipo.

Con un hilo conductor de cierta consistencia, desprovisto de su envolvente aislante, vamos a ingeniarlos a modo de unos patines sobre los que pueda deslizarse una varilla conductora de sección muy pequeña (0'5 mm, por ejemplo).

Si conectamos los bornes de una pila a los patines de alambre que sostienen la varilla metálica (mejor cobre), observaremos que esta va-



Regla de los tres dedos de la mano izquierda:
A. — Dedo índice: dirección del campo magnético.
B. — Dedo medio: dirección de la corriente.
C. — Dedo pulgar: dirección de la fuerza que desplazará la varilla.

EL CUADRO MOVIL

Inspirados en la regla anterior, vamos a modificar el montaje para que el movimiento de la varilla se traduzca en una rotación. En efecto:

Si doblamos el hilo móvil dándole la forma de un rectángulo (formando lo que constituye el *cuadro móvil* del instrumento) y lo situamos paralelamente a las líneas de fuerza del campo, es evidente que el sentido de la corriente será inverso en los hilos que quedan en la parte superior y en los emplazados en la base del cuadro. Por consiguiente, cuando los tramos superiores del cuadro están sometidos a una fuerza que tira de ellos hacia la derecha, los tramos inferiores quedan sometidos a una fuerza de igual intensidad pero que los empuja hacia la izquierda.

¿Resultado...? El cuadro gira y se sitúa perpendicular a las líneas de fuerza del campo.

rilla se desplaza hacia el interior del imán o, al contrario, hacia el exterior del mismo, poniendo de manifiesto la fuerza de que hemos hablado.

Observando el desplazamiento de la varilla móvil, se deduce que la fuerza que lo mueve es proporcional a la INTENSIDAD DEL CAMPO MAGNÉTICO en que se halla inmersa, a la LONGITUD DEL HILO por el que circula la corriente y a la INTENSIDAD DE LA CORRIENTE, factor éste que es el que nos interesa más directamente.

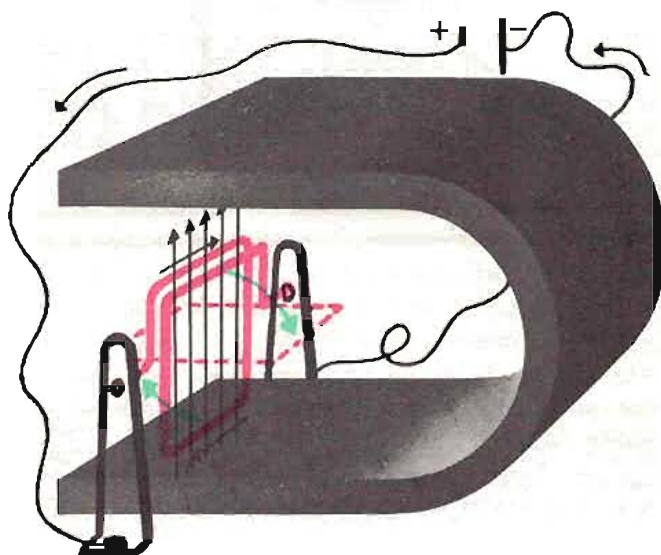
De todo ello deducimos que si medimos la fuerza a que está sometida la varilla podremos saber la intensidad de la corriente que por ella circula.

Hemos dicho que el desplazamiento de la varilla metálica puede darse en dos sentidos distintos: hacia adentro del imán y hacia el exterior.

De acuerdo con la disposición de los elementos que aparecen en el gráfico de nuestra experiencia, la varilla se moverá de izquierda a derecha; pero si invertimos las conexiones de la pila (invertimos la polaridad) la varilla se verá arrastrada *con la misma fuerza*, pero en dirección contraria.

Existe una regla que permite deducir la dirección de este desplazamiento. Se conoce como REGLA DE LOS TRES DEDOS DE LA MANO IZQUIERDA:

SI COLOCAMOS PERPENDICULARES ENTRE SÍ LOS DEDOS MEDIO, ÍNDICE Y PULGAR DE LA MANO IZQUIERDA, CUANDO EL DEDO MEDIO SEÑALE LA DIRECCIÓN Y SENTIDO DE LA CORRIENTE Y EL ÍNDICE LA DIRECCIÓN Y SENTIDO DE LAS LÍNEAS DE FUERZA DEL CAMPO MAGNÉTICO, EL PULGAR SEÑALARÁ LA DIRECCIÓN Y SENTIDO DE LA FUERZA QUE MOVERÁ LA VARILLA.



Modificación de la experiencia anterior: el cuadro móvil experimentará un giro hasta situarse perpendicular a las líneas de fuerza del campo.

EL GIRO CONTROLADO

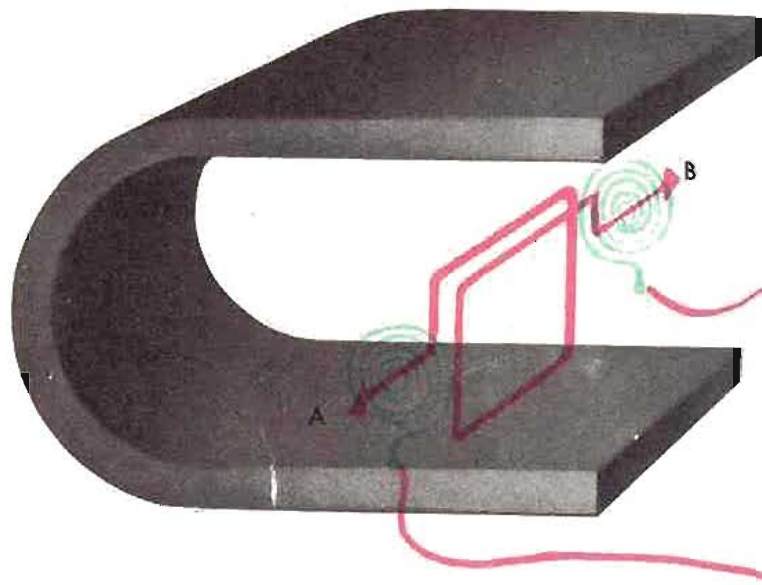
Está claro que al no existir ninguna fuerza que se oponga al giro del cuadro, cualquier corriente, por débil que sea, hará que el cuadro gire un cuarto de círculo, hasta que sus hilos transversales se encuentran paralelos al campo magnético. En consecuencia, un aparato así concebido sólo podrá servir para indicar cuándo circula una corriente por el cuadro, pero en modo alguno podrá indicar el valor de esta corriente.

Vamos a dar un paso más para perfeccionar nuestro galvanómetro de cuadro móvil. Un paso definitivo:

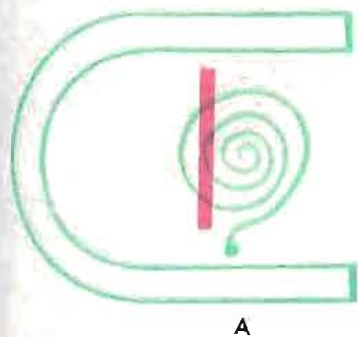
Dotémos al cuadro de un eje sobre el que pueda girar libremente y acoplemos a sus extremos dos muelles en espiral que mantengan el cuadro en su posición de origen (paralelo al campo) cuando

por él no circule corriente. Los mismos muelles tienden a impedir el giro del cuadro cuando aparece la fuerza que produce el paso de la corriente.

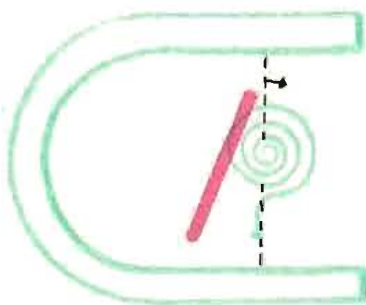
En estas condiciones, el ángulo de giro será tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad de la corriente. Ahora, cuando el cuadro es recorrido por una corriente ya no girará noventa grados (por lo menos necesariamente), sino que describirá un arco, hasta que la fuerza que ejercen los muelles sobre el eje de giro equilibre la fuerza que origina la corriente. A una corriente de mayor intensidad corresponde una fuerza de giro mayor y por lo tanto los muelles deberán deformarse mucho más. El arco de círculo descrito por el cuadro será mayor.



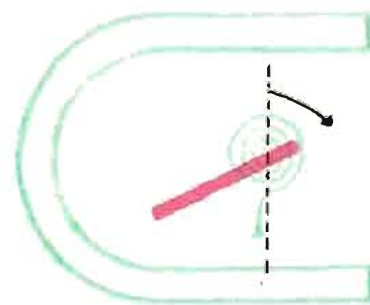
Esquema del galvanómetro con los dos muelles en espiral. En A y B estarían los puntos de apoyo del eje del cuadro.



A



B



C

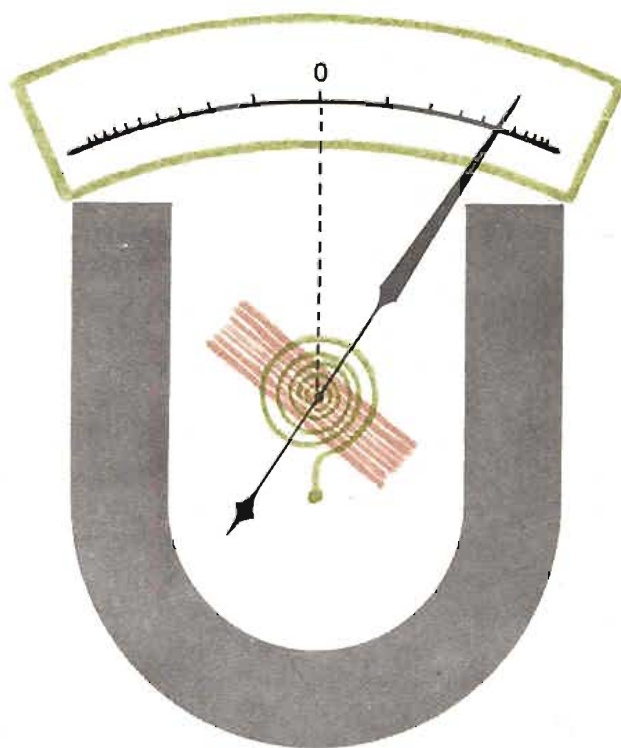
En estos esquemas demostramos la acción de los muelles. En A, no hay corriente. En B la corriente ha movido el cuadro, comprimiendo el muelle. En C hay más intensidad, mayor desplazamiento del cuadro y mayor compresión del muelle.

Hemos llegado al esquema final de un galvanómetro de cuadro móvil. Falta acoplar una aguja que bascule solidaria al cuadro y añadir una escala graduada donde leer los arcos descritos. Esta escala o carátula del galvanómetro, como es lógico, vendrá graduada en amperios o miliamperios, puesto que tratamos de medir intensidades. Estamos, pues, en presencia de un amperímetro o miliamperímetro de cuadro móvil para corriente continua.

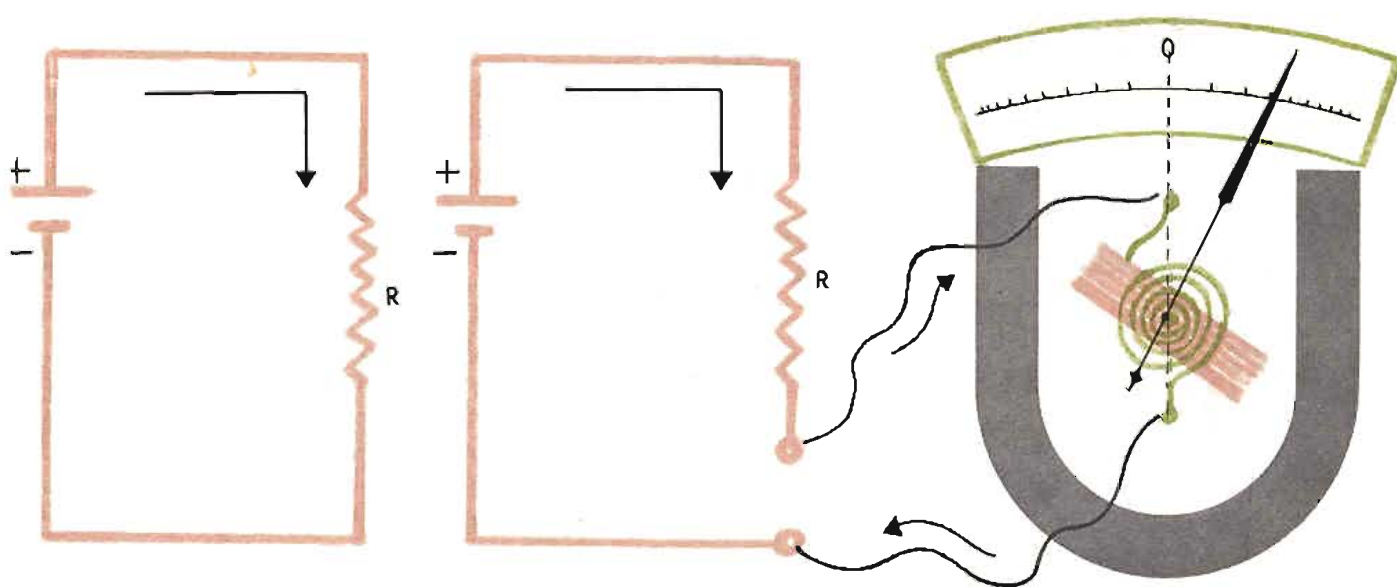
Los dos muelles en espiral de que va provisto el cuadro trabajan en oposición. Es decir: cuando uno se comprime, el otro se expande. Estos muelles, además de servir para equilibrar los efectos de la corriente, son las conexiones que transportan la corriente hasta el cuadro.

Con lo que llevamos dicho se comprende claramente que el amperímetro — o, en general, todo instrumento que permita medir intensidades — debe conexionarse en serie con el circuito por donde circula la corriente que se estudia. Es así cómo se consigue que esta misma corriente atraviese las espiras del cuadro del aparato para que desvíe la aguja a tenor de su intensidad.

Digamos también que la razón por la cual el instrumento descrito se llama galvanómetro es ésta: que a las corrientes continuas se las denomina también corrientes galvánicas, en honor de Galvani, que fue uno de los pioneros de la electricidad. De ahí, pues, el nombre de galvanómetros. El porqué de la calificación de *cuadro móvil* suponemos que no precisa explicación.



Esquema final de un galvanómetro de cuadro móvil. Se le añaden una aguja solidaria al cuadro y una escala graduada.



Para medir la intensidad de la corriente que atraviesa la resistencia R deberemos conectar el galvanómetro en serie con el circuito. Más concretamente: en serie con la resistencia R .

LA SENSIBILIDAD

Es, quizás, la cualidad más apreciable en un aparato de medida, tanto por las ventajas de orden práctico como por la garantía de fabricación y exactitud que representa un galvanómetro de alta sensibilidad.

Un amperímetro muy sensible, por ejemplo, será capaz de medir intensidades del orden de los microamperios; pero, además, tendrá la gran ventaja de admitir sencillas modificaciones que permitan medir intensidades mucho mayores. Un microamperímetro, cuya aguja se desvíe hasta el fondo de la escala cuando la corriente es de 25 μA , por ejemplo, admitirá una adaptación para que pueda medir fácilmente 25 A o más.

En cambio no existe ningún procedimiento sencillo para conseguir que un amperímetro cuya sensibilidad lo capacita de origen para lecturas del orden de los amperios pueda facilitar lecturas de microamperios. Para conseguirlo será necesario modificar la estructura interna del aparato, bobinando muchas más espiras en el cuadro móvil, por ejemplo, lo que representaría, ni más ni menos, obtener otro aparato.

Conseguir aparatos de medida de gran sensibilidad presenta serios problemas de fabricación, por lo muy delicadas que son las piezas y operaciones que en ellas intervienen. No es de extrañar, pues, que el radiotécnico tenga en gran estima sus instrumentos de medida. Sabe muy bien su valor y el servicio que le prestan.

Para conseguir que el cuadro se mueva sin

apenas rozamientos, los aparatos de calidad llevan el eje apoyado sobre casquillos de zafiro. Por otra parte, cuando la elevada sensibilidad que se pretende dar al aparato condiciona un gran número de espiras en el cuadro móvil, el bobinado debe hacerse con hilo extremadamente fino para evitar un volumen excesivo del cuadro, que se traduciría en un mayor peso y rozamiento sobre los casquillos de fricción.

Estas y otras características hacen que los instrumentos de medida sean un artículo de precio; y que estén expuestos a averías cuando no se les prodiga los cuidados precisos.

En radio muy raramente deben efectuarse medidas de intensidad de orden del μA . Por ello el instrumento adecuado para la labor del radiotécnico será aquel cuya aguja quede desviada hasta el fondo de la escala cuando la corriente sea de 1 mA. Si en este instrumento la escala está dividida en cien partes, cada división recorrida por la aguja representará una intensidad de 1:100 miliamperios = 0,01 mA = 10 μA . Esta será la mínima corriente que podrá registrar nuestro aparato, lo que resulta más que suficiente en la gran mayoría de los casos.

Un instrumento con sensibilidad para 1 mA tiene la ventaja de poder construirse con la robustez suficiente para soportar sin peligro el duro trabajo a que por lo general se le somete en el taller del radiotécnico o en el laboratorio del radioaficionado.

ALGUNOS DETALLES CONSTRUCTIVOS

En principio tenemos un aparato para medir intensidades que, según parece, responde a la perfección a nuestras necesidades. Pero consideremos un detalle constructivo que hasta el momento no hemos tenido en cuenta y que, realmente, resulta un grave inconveniente para la correcta lectura de las intensidades.

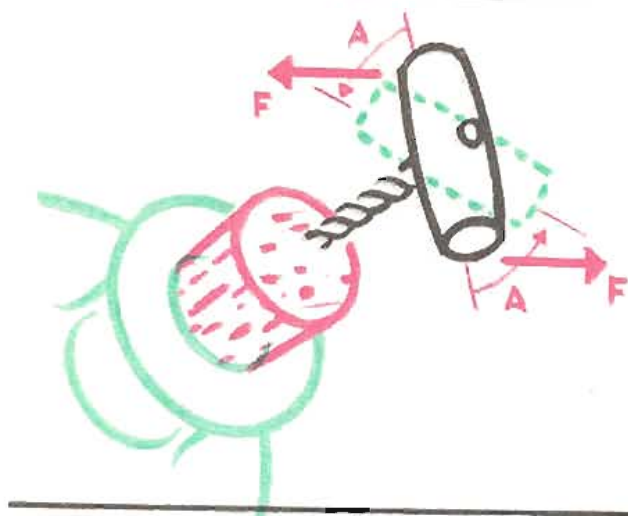
En efecto: si para la construcción de galvanómetros empleamos un imán de herradura de tipo normal, como el que venimos representando, las divisiones de la escala graduada que representan las unidades de intensidad no podrían mantener una separación constante, sino que esta separación sería cada vez menor a medida que el valor de la intensidad señalada por la aguja indicadora aumentase de valor.

Veamos el porqué de esta irregularidad:

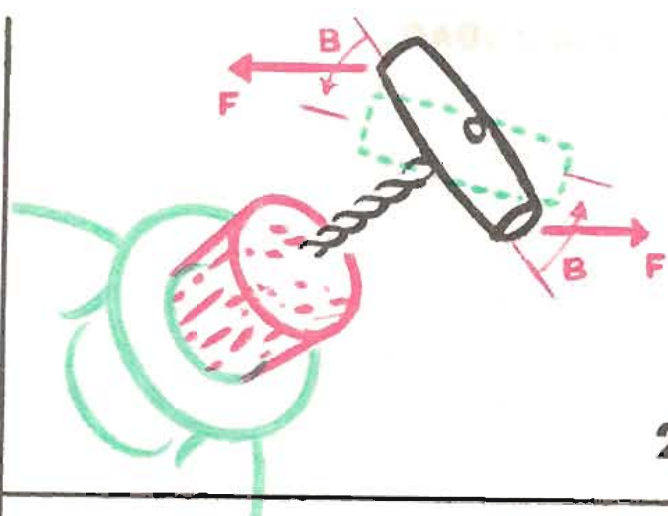
Si recordamos que la fuerza que mueve el cua-

dro del galvanómetro actúa siempre perpendicularmente a las líneas de fuerza del campo del imán, comprenderemos que a medida que el cuadro se separa de su posición de origen el efecto de las fuerzas que actúan sobre el cuadro (repetimos que siempre son perpendiculares al campo) sea cada vez menor, hasta anularse cuando el cuadro alcance su posición extrema, o sea cuando sus hilos transversales quedan paralelos a las líneas de fuerza del imán. Por muy intensa que sea la corriente, cuando el cuadro alcanza esta posición, los efectos son nulos.

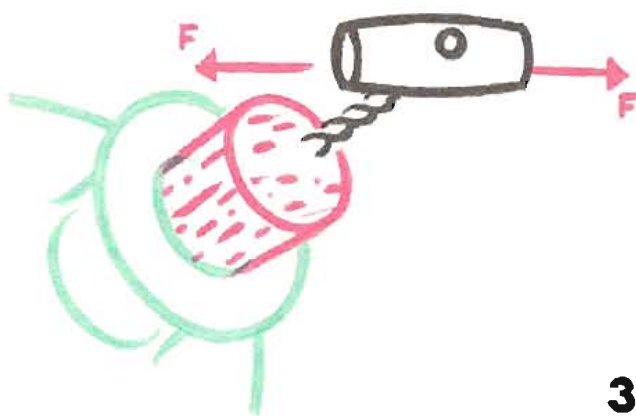
Por si puede servir de aclaración a lo dicho, compare el cuadro del galvanómetro con los dos brazos de un sacacorchos. Ate un hilo a sus extremos y tire de ellos en dirección contraria y perpendicularmente a los brazos del aparato. Estos hilos representan a la perfección las dos fuerzas



1



2



3

opuestas que motivan el giro del cuadro. Si controla los tirones que da al sacacorchos, de forma que su intensidad sea siempre la misma, verá cómo con el primer esfuerzo consigue que los brazos del sacacorchos describan un arco, que será mucho mayor que el nuevo desplazamiento que consiga con el segundo esfuerzo, cuando parta de una posición donde la dirección de las fuerzas y la posición de los brazos del sacacorchos hayan dejado de ser perpendiculares. Si seguimos forzando los hilos, los desplazamientos circulares serán cada vez menores.

Apliquemos este símil al caso real del galvanómetro.

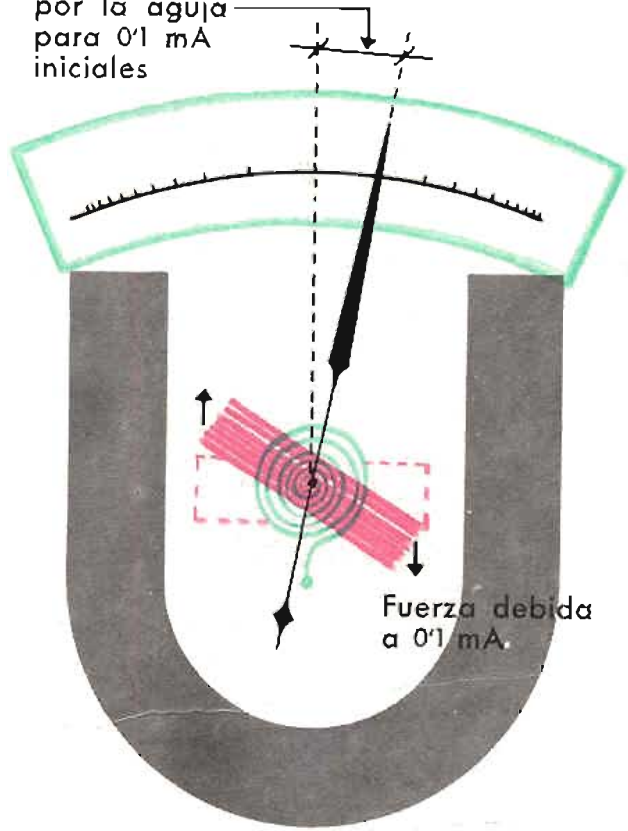
Supongamos un instrumento que lleva su aguja al fondo de la escala con una corriente de 1 mA, y cuya escala debe graduarse mediante diez divisiones, cada una de las cuales representa 0'1 mA.

Si con la aguja sobre el cero hacemos circular una corriente de 0'1 mA, como las fuerzas actuarán perpendicularmente al cuadro, su efecto será notable, produciendo un giro que desviará la aguja barriendo un ángulo de considerable abertura. Del cero al 1 de la escala existirá una separación visible con claridad.

Símil del sacacorchos:

Supuesto un sacacorchos sobre cuyos brazos se ejerce un empuje mediante dos fuerzas opuestas F (1), se originará un giro describiendo un arco A. Si en la nueva posición (2) aplicamos otra vez las fuerzas F, el arco descrito por los brazos será menor (B), puesto que las fuerzas actúan con menos perpendicularidad al eje de los brazos. En 3 la eficacia de las fuerzas es nula.

Arco descrito por la aguja para 0'1 mA iniciales



Fuerza debida a 0'1 mA.

Para un primer empuje debido a 0'1 mA, la aguja recorre un cierto arco, perfectamente determinado.

Pero hagamos que por el galvanómetro pase una corriente de 0.9 mA, con lo cual conseguiremos que la aguja recorra gran parte del arco total previsto. Si con la aguja en esta posición aumentamos la intensidad de la corriente en 0.1 mA más, la nueva desviación de la aguja será apenas perceptible. La separación entre la señal 9 y la señal 10 será difícilmente apreciable, a pesar de que la fuerza debida a estos últimos 0.1 mA es idéntica a la que ha producido la primera desviación.

Resulta, pues, que en los aparatos contruidos con imán de herradura las divisiones se amontonan hacia el fondo de la escala graduada, lo que hace muy difícil precisar la posición de la aguja cuando se sitúa en esta región e impide la lectura correcta del valor de la intensidad.

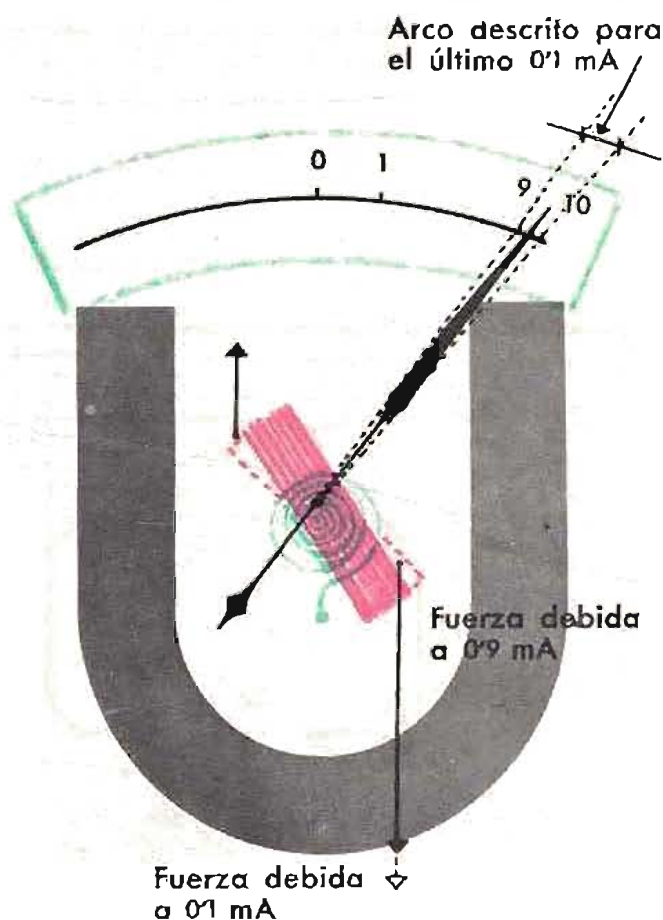
Observando tan sólo los dibujos que ilustran estos comentarios veremos que, en un aparato de este tipo, el cero debe quedar en el punto medio de la escala; comprenderemos que el cuadro móvil, y por ende la aguja que arrastra, podrá girar hacia la derecha o hacia la izquierda, según la dirección que siga la corriente a medir.

Si invertimos las conexiones de la pila que genera la corriente continua, el hilo que constituye el cuadro se verá recorrido por una corriente de sentido contrario a la que motivó un anterior desplazamiento de la aguja. El arco que describe será de sentido contrario, puesto que las fuerzas que lo motivan (recuerde la regla de los tres dedos de la mano izquierda) actúan inversamente a como lo hacían antes. Sin embargo, el arco descrito tendrá la misma abertura.

En resumen: para un sentido determinado de la corriente, la aguja recorrerá la mitad derecha de la escala; al invertir la polaridad de la corriente, recorrerá la mitad izquierda.

Los aparatos de este tipo tienen aplicación no cuando se trata de medir la intensidad de una corriente, sino cuando se trata de comprobar si por un determinado circuito circula o no corriente eléctrica. Es así, por cuanto, en la zona media de la escala, este galvanómetro tiene una gran sensibilidad. Se comprende que cualquier corriente sea fácilmente detectada por este instrumento, ya que cerca del cero por pequeña que sea la fuerza manifestada sobre el cuadro será capaz de desplazarlo.

En definitiva: si tratamos de medir intensidades con cierta precisión, se impone una reforma en la construcción del galvanómetro que evite el inconveniente básico del anterior.



A medida que el cuadro móvil se sitúa más perpendicular al campo del imán, la eficacia de las fuerzas es menor. La última división, debida a 0.1 mA, representará un arco mucho más pequeño que el primero.

Se trata de conseguir que las fuerzas que actúan sobre el cuadro produzcan en él giros iguales ante impulsos iguales. Lo conseguiremos si el par de fuerzas que mueva el cuadro tira de él constantemente perpendicular al plano del mismo.

¿Cómo se consigne?

El imán de un amperímetro se construye con polos de forma semicircular. En el centro del círculo que forman se coloca un núcleo cilíndrico de hierro dulce, dejando espacio suficiente para que entre él y los polos del imán pueda girar el cuadro.

La forma especial de los polos y el núcleo de hierro dulce canalizan las líneas de fuerza de tal modo que, entre el núcleo y los polos, discurren radialmente según el centro del núcleo.

Si tenemos en cuenta que las fuerzas que mueven el cuadro actúan perpendicularmente a las líneas de fuerza del campo magnético creadas por el imán, comprenderemos que para mantener su perpendicularidad con las líneas radiales deben conservarse también perpendiculares a los hilos transversales del cuadro.

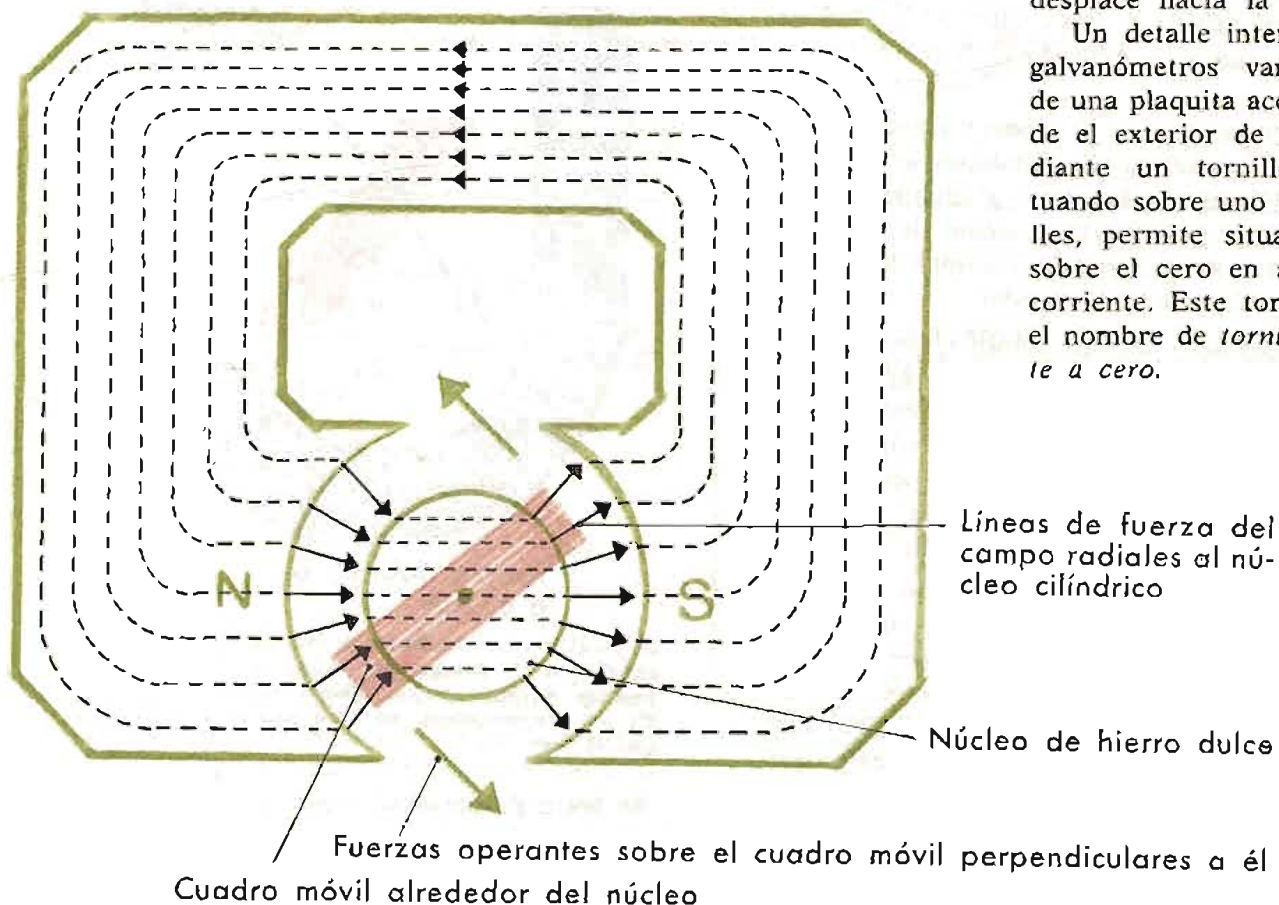
Así, pues, las fuerzas originadas en el cuadro ante el paso de una corriente actúan siempre perpendiculares a él, por lo menos en un ángulo bastante amplio.

En un instrumento de esta construcción todas las divisiones de la escala serán iguales. Por otra parte, el cero podrá situarse en un extremo de aquélla (a la izquierda), con lo cual las divisiones

ganarán en amplitud, y por ende será más fácil la lectura.

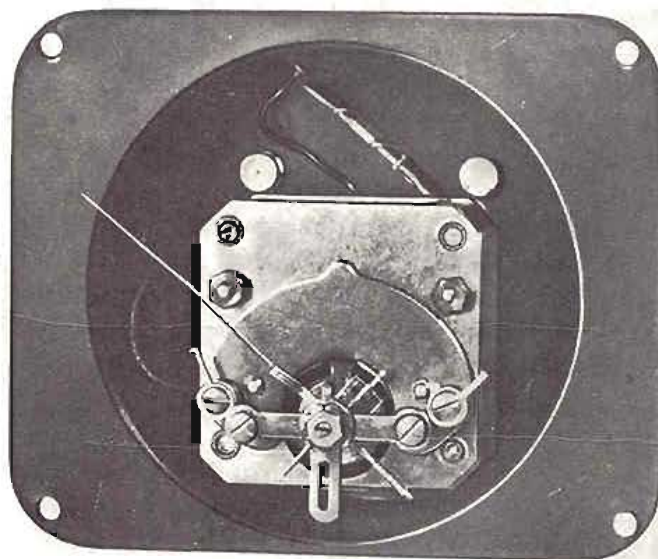
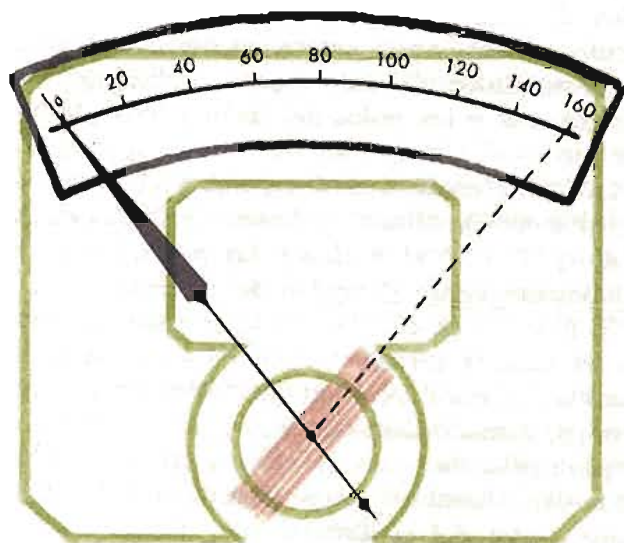
En estos instrumentos la corriente debe circular siempre en el mismo sentido para que la aguja se desplace hacia la derecha. Por ello los terminales del instrumento llevan indicada la polaridad conveniente. Si por error la corriente se conecta al revés, un tope impide que la aguja se desplace hacia la izquierda.

Un detalle interesante: los galvanómetros van provistos de una plaquita accionada desde el exterior de la caja mediante un tornillo que, actuando sobre uno de los muelles, permite situar la aguja sobre el cero en ausencia de corriente. Este tornillo recibe el nombre de *tornillo de ajuste a cero*.



En un instrumento de cuadro móvil, todas las divisiones de la escala pueden ser iguales.

Fotografía del interior de un instrumento de cuadro móvil. En la ranura alargada se inserta el espárrago del tornillo de ajuste a cero.



EXTENSION DEL MARGEN DE MEDIDAS DE INTENSIDAD

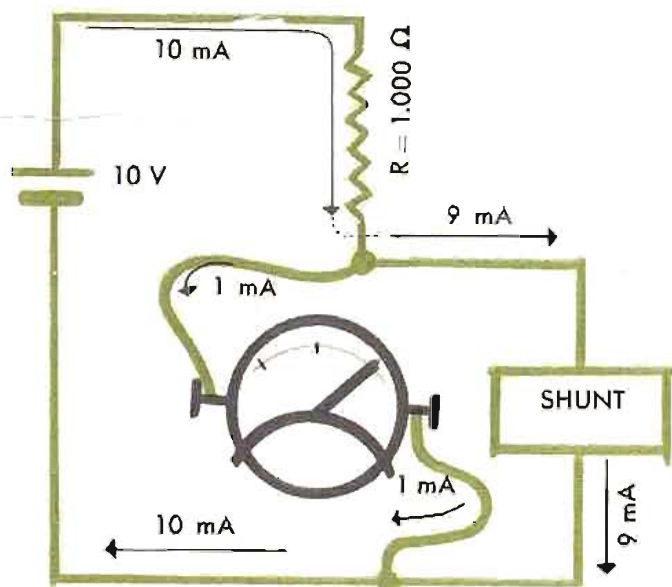
Anteriormente hemos sugerido la posibilidad de que con un mismo galvanómetro, y mediante una sencilla modificación, se puedan medir intensidades de orden superior a la que indica la última división de la escala. Así, el instrumento que venimos considerando (1 mA a fondo de escala, 100 divisiones y $50\ \Omega$ de resistencia en el cuadro móvil) podrá medir intensidades superiores a 1 mA si efectuamos en él esta pequeña modificación que hemos enunciado.

Supongamos, para concretar, un circuito formado por una pila de f.e.m $E = 10\text{ V}$ y una resistencia de $1.000\ \Omega$. De acuerdo con estos datos, la corriente que atraviesa la resistencia será de 10 mA. Por tanto, si pretendemos medir la intensidad de este circuito con el galvanómetro de que disponemos su aguja sobrepasará la última división de la escala hasta ser detenida por el tope correspondiente. Se corre el peligro de estropear el instrumento.

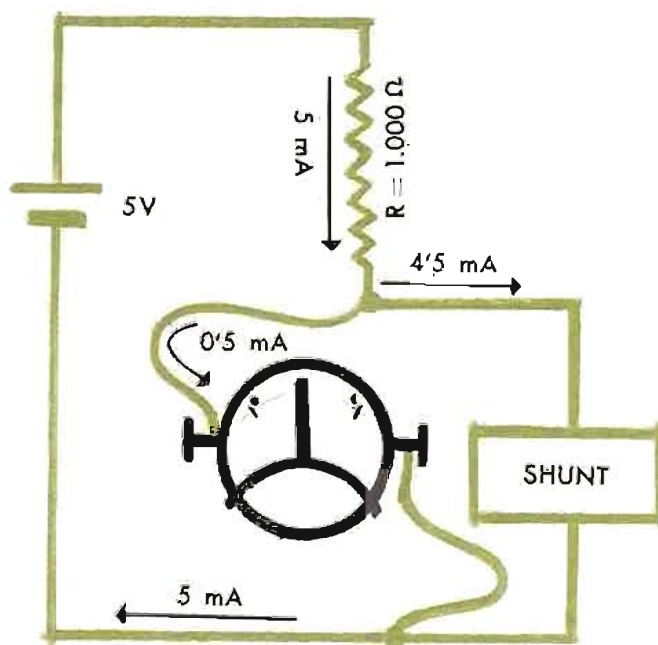
Sin embargo, supongamos que existe un dispositivo que tiene la propiedad de absorber las 9/10 partes de la corriente a medir cuando se le conecta a los terminales del galvanómetro. Es decir, se tratará de un dispositivo que sólo permitirá que lleguen al instrumento de medida intensidades cuyo valor sea tan sólo 1/10 parte del valor total de la corriente, puesto que las 9/10 partes restantes serán absorbidas por él.

En el caso concreto del circuito que acabamos de plantear, la décima parte de la intensidad será precisamente 1 mA, y por tanto la aguja del galvanómetro al que suponemos haber incorporado el dispositivo de que hablamos señalará la última división de la escala. Como sabemos que la corriente señalada por el instrumento es tan sólo la décima parte de la total, bastará multiplicar por 10 la indicación del galvanómetro para saber la corriente que en realidad pasa por el circuito. Si la corriente fuese, por ejemplo, de 5 mA, el galvanómetro indicaría una corriente 10 veces menor, o sea, 0'5 mA.

Este dispositivo que absorbe parte de la corriente del circuito se denomina con la palabra inglesa *shunt*. El galvanómetro que lo lleva acoplado será capaz de medir intensidades de orden superior a la que corresponde al límite de su escala con sólo multiplicar la indicación dada por la aguja por el número que depende del *shunt* empleado (el 10 en el caso anterior).



Para una corriente de 10 mA y un galvanómetro de 1 mA de fondo de escala, necesitaremos un shunt capaz de absorber 9 mA.



Con el mismo shunt considerado en el esquema anterior, el galvanómetro indicaría el punto medio de la escala cuando la corriente fuese de 5 mA. Por el instrumento sólo pasa 1/10 de la intensidad.

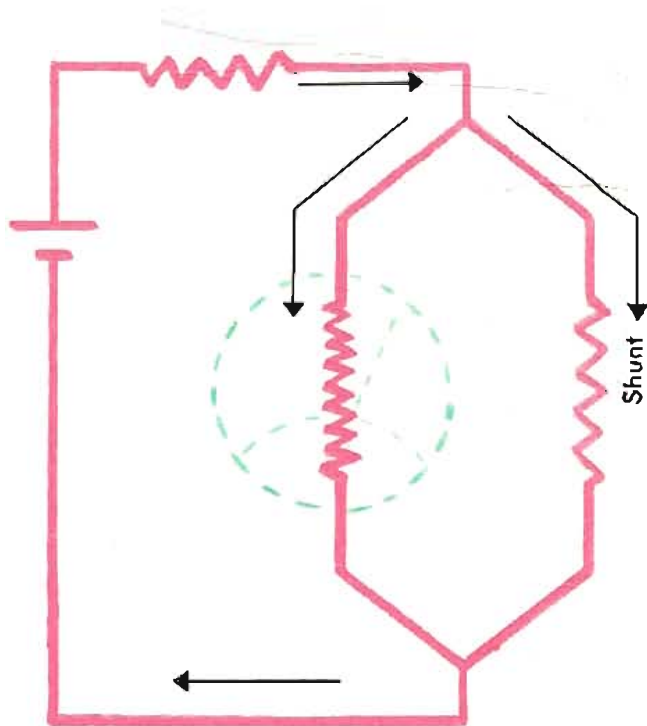
UN SHUNT NO ES OTRA COSA QUE UNA RESISTENCIA CONECTADA A LOS BORNES DEL GALVANÓMETRO.

Dado que el galvanómetro es de por sí una resistencia (50Ω en el ejemplo que venimos siguiendo), añadirle el *shunt* representa asociar dos resistencias en paralelo, de manera que la corriente del circuito se distribuya por cada una de ellas proporcionalmente a las facilidades que ofrezca al paso de la corriente cada uno de los caminos establecidos. Dicho con otras palabras: la corriente se distribuirá de forma inversamente proporcional al valor de cada resistencia, de manera que si deseamos que por el *shunt* circule una intensidad 9 veces mayor que por el galvanómetro (9 mA frente a 1 mA en este caso) bastará elegir un *shunt* cuya resistencia sea 9 veces menor que la del cuadro móvil del instrumento.

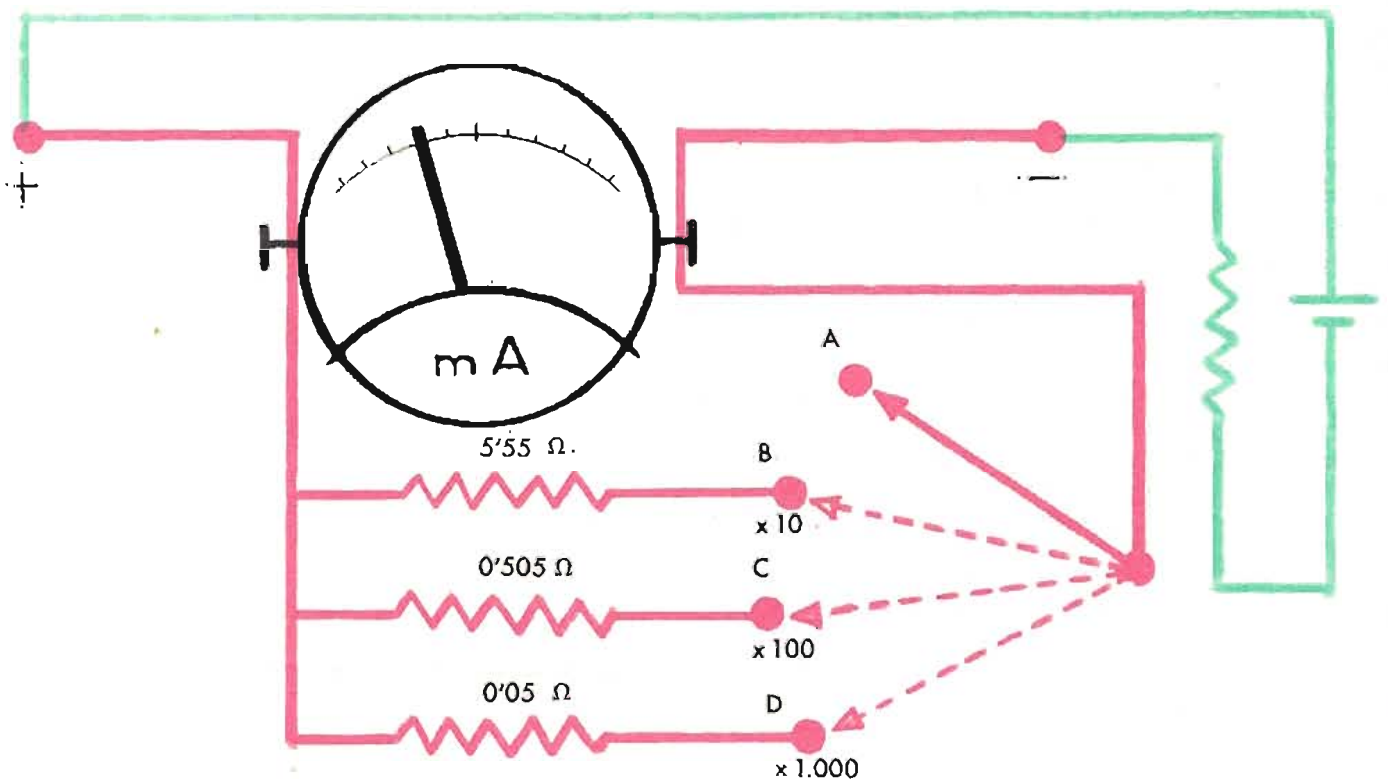
La resistencia del *shunt* necesario para conseguir que en nuestro galvanómetro puedan medirse hasta 10 mA deberá ser:

$$R_s = \frac{50}{9} = 5'55 \Omega$$

Si con el mismo instrumento precisásemos medir hasta 100 mA el *shunt* debería absorber los



El galvanómetro y el shunt, en realidad, son dos resistencias en paralelo.



Supongamos que en este galvanómetro provisto de tres shunts realizamos una medición y que en ella la aguja señala la división 3. Si el conmutador está en A, la corriente en el circuito será de 0'3 mA. Si la posición del conmutador fuese B, la corriente medida sería de 3 mA. Si con el conmutador en C la aguja señala el 3, la corriente será de 30 mA; y si la medición se efectúa con el conmutador en D, la corriente será de 300 mA.

99 mA que no pueden circular por el galvanómetro, y por tanto debería tener una resistencia de:

$$R_x = \frac{50}{99} = 0'505 \Omega$$

Y si ahora le pedimos que calcule el *shunt* necesario para que por el mismo instrumento podamos medir intensidades de hasta 1 A, usted sabrá responder que el *shunt* debe tener una resistencia 999 veces más pequeña que el galvanómetro, puesto que 1 A es igual a 1.000 mA.

Se comprende que para conocer la intensidad de la corriente en el circuito bastará multiplicar por 1.000 la intensidad indicada por la aguja. Eso, claro, en el último caso propuesto, puesto que en el anterior deberíamos multiplicar por 100.

Es muy frecuente que los aparatos de medida se construyan provistos de varios *shunts*, que pueden conectarse al cuadro móvil mediante una llave conmutadora, seleccionando el más adecuado para cada medición. El conjunto formado por el instrumento y los *shunts* se dispone en el interior de una caja especialmente diseñada.

LIMITACIONES DEL GALVANOMETRO EN LA MEDIDA DE INTENSIDADES

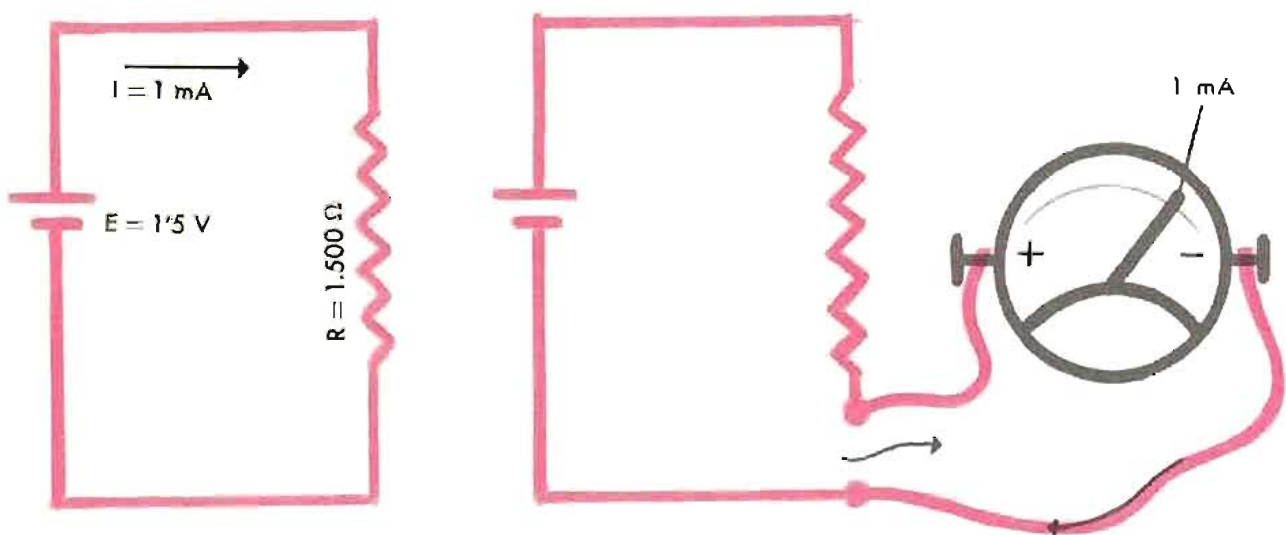
Vamos a suponer que disponemos de un instrumento de medida cuya sensibilidad es de 1 mA. Esto quiere decir que la última división de la escala (fondo de la escala) corresponderá a una intensidad de corriente continua igual a 1 mA. Si la escala está dividida en cien partes iguales, con el instrumento podremos medir cualquier corriente cuya intensidad esté comprendida entre 10 μ A y 1 mA.

Sea un circuito formado por una pila de 1'5 V de fuerza electromotriz y por una resistencia de 1.500 ohmios.

La intensidad que circula por la resistencia, de acuerdo con la ley de Ohm, debe ser:

$$I = \frac{1'5}{1.500} = 0'001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

Si el galvanómetro de cuadro móvil de que disponemos funciona correctamente, es evidente que al intercalarlo en el circuito en serie con la resistencia, y teniendo la precaución de hacerlo con la polaridad debida, su aguja se desplazará hasta el fondo de la escala y señalará una intensidad de 1 mA. Al proceder a la conexión del instrumento observaremos que, efectivamente, indica la intensidad que hemos previsto, de acuerdo con la ley de Ohm.

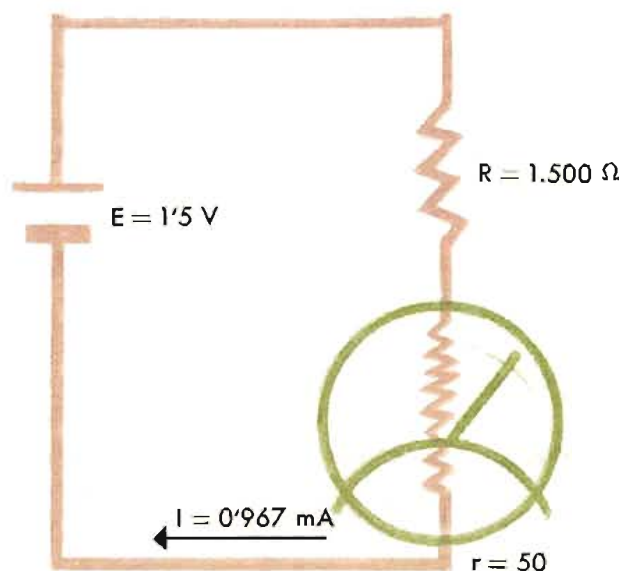
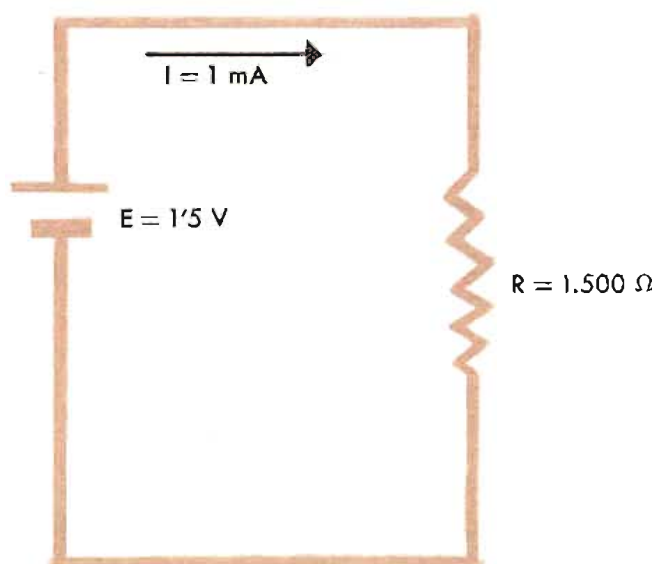


Para $E = 1'5 \text{ V}$ y $R = 1.500 \Omega$, la intensidad registrada por el galvanómetro será de 1 mA. Corresponde a la intensidad calculada según la ley de Ohm.

Hasta aquí el instrumento responde según nuestros deseos; pero si hacemos que en el circuito anterior la fuerza electromotriz pase a ser de 0'15 V y la resistencia quede también dividida por 10, o sea, que pase a ser de 150 ohmios, según Ohm, la intensidad seguirá siendo la misma, puesto que $0'15 : 150 = 0'001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$, a pesar de lo cual es muy posible que con estos valores la aguja del galvanómetro no alcance la última división de su escala y que, en contra de lo que parece lógico, se sitúe hacia el centro, por ejemplo, sobre la división 75, correspondiente a una intensidad de 0'75 mA.

Es decir: para una misma intensidad obtenida bajo distintas condiciones eléctricas de resistencia y fuerza electromotriz, el galvanómetro no acusa la misma corriente. La razón de este extraño comportamiento es la siguiente:

El hilo que forma el cuadro móvil del instrumento por lo general es muy largo y de sección muy reducida, lo cual determina en él una resistencia apreciable a pesar de estar construido con material muy buen conductor. Observe que al intercalar el galvanómetro en el circuito lo que hacemos en realidad es intercalar el hilo que forma el cuadro móvil en serie con la resistencia del circuito con lo cual se comprende que la intensidad disminuya. Recuerde que las resistencias conexionadas en serie suman su valor, y que por tanto al aplicar la ley de Ohm en un circuito que lleva intercalado un galvanómetro el valor de la intensidad no vendrá condicionado tan sólo por la resistencia del circuito, sino por la resistencia total que forman la antedicha y lo que se llama resistencia interna del galvanómetro; es decir, la resistencia del cuadro móvil.



En realidad, la Intensidad registrada por el galvanómetro no es de 1 mA, sino de 0'967 mA.

Hemos explicado la razón por la que, en la segunda medición que hemos propuesto, la aguja del galvanómetro ha señalado una intensidad menor a la prevista; pero ¿cómo explicarnos el hecho de que en el primer caso el resultado de la medición coincidiera con el valor calculado?

La verdad absoluta es que no existe tal coincidencia, y que para obtener los resultados indicados hemos supuesto, sin decirlo, que en el galvanómetro empleado la resistencia interna (resistencia del cuadro móvil) era de 50 Ω.

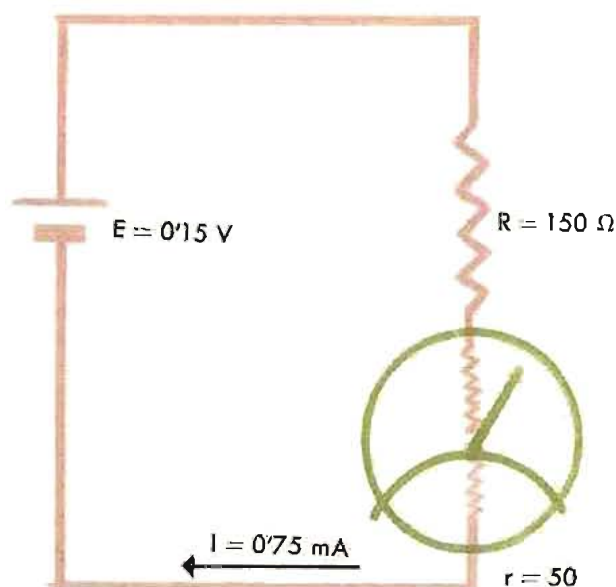
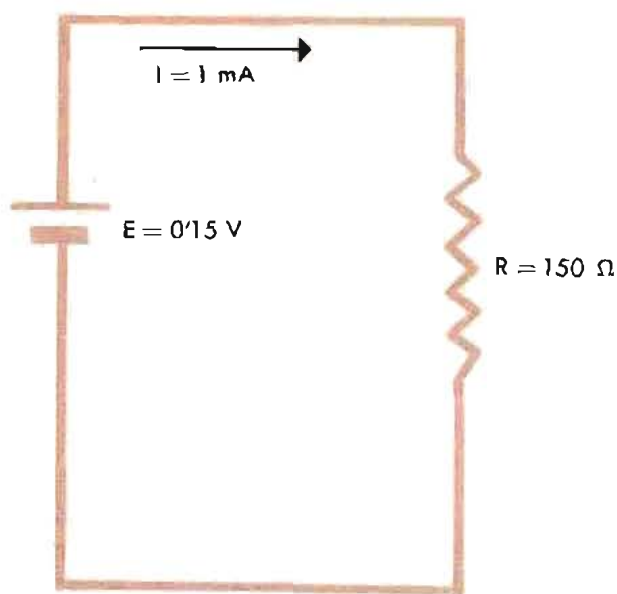
Luego los cálculos para deducir la intensidad

no deben efectuarse contando exclusivamente con la resistencia del circuito, sino contando con la suma de las dos resistencias, puesto que están conexionadas en serie.

Veamos lo que ocurre en los dos casos propuestos:

En el primer caso la resistencia total será de $1.500 + 50 = 1.550$ ohmios, con lo cual la intensidad que acusa el galvanómetro será de:

$$I = \frac{1'5}{1.550} = 0'967 \text{ mA}$$



Para $E = 0.15 \text{ V}$ y $R = 150 \Omega$, la lectura del galvanómetro será muy imprecisa (0.75 mA), porque la diferencia entre R y r es poca.

Al intercalar el galvanómetro en el circuito la intensidad, que era de 1 mA, disminuye hasta 0.967 mA, con lo cual la aguja se estacionará ligeramente desplazada a la derecha de la medición 96. Sin embargo, la diferencia entre las dos intensidades es tan pequeña que el resultado de la medición puede considerarse correcto. En realidad, si la escala hubiese tenido menos divisiones (caso frecuente) la apreciación óptica de la situación exacta de la aguja nos haría decir que realmente se encuentra sobre la última división.

Veamos el segundo caso:

En él la resistencia total, una vez incorporado el galvanómetro al circuito, será de $150 + 50 = 200$ ohmios, y en consecuencia la intensidad será:

$$I = \frac{0.15}{200} = 0.75 \text{ mA}$$

Comprobamos que al intercalar el instrumento en el circuito la corriente ha disminuido tanto que el valor indicado con la aguja no coincide ni aun de forma aproximada con el valor de la corriente que deseamos medir. El resultado en modo alguno puede darse por bueno.

¿Dónde radica la diferencia que hace que al intentar medir la intensidad de una corriente con un galvanómetro el resultado unas veces sea correcto y otras veces no?

La respuesta es: EL VALOR DE LA RESISTENCIA QUE TIENE EL CIRCUITO POR EL QUE CIRCULA LA CORRIENTE QUE DESEAMOS MEDIR.

Si la resistencia del circuito es mucho mayor que la del galvanómetro la medición será correcta. Contrariamente, si la resistencia del circuito es del mismo orden que la del instrumento el resultado será incorrecto; y si la resistencia del circuito es menor que la del cuadro móvil (resistencia interna) del instrumento, el resultado será un verdadero desastre.

Como norma práctica para que las medidas de intensidades en los circuitos de radio puedan efectuarse con suficientes garantías de exactitud debe tenerse presente que LA RESISTENCIA DEL CIRCUITO DEBE SER COMO MÍNIMO 10 VECES MAYOR QUE LA RESISTENCIA INTERNA DEL GALVANÓMETRO, EN GENERAL.

Vemos, pues, que el galvanómetro tiene sus limitaciones en cuanto se aplica a medir intensidades. Los resultados de las mediciones sólo serán correctos cuando se cumpla la relación de resistencias que acabamos de citar. Cuando se emplea un *shunt*, como resistencia del aparato de medida debe entenderse la que resulta de poner en paralelo el *shunt* y el cuadro móvil; es decir: una resistencia menor que la del cuadro móvil sin *shunt*.

Ahora bien; de lo dicho no debe deducirse que el galvanómetro dé por naturaleza indicaciones falsas, porque la verdad es que el instrumento en cualquier caso señala correctamente la intensidad que circula por su interior. Lo que ocurre es que, si no se toman las precauciones debidas, esta intensidad no coincidirá con la de la corriente que atraviesa el circuito sobre el que se experimenta.

De todo lo dicho se desprende que la resistencia interna del galvanómetro es un dato importantísimo e imprescindible en ocasiones. Por ello los constructores de instrumentos de medida suelen grabar en un ángulo de la escala el valor óhmico de esta resistencia.

Se comprende también la conveniencia de que el valor de esta resistencia sea lo más pequeño posible, ya que a menor resistencia interna corresponderá una mayor posibilidad de efectuar

mediciones en circuitos también de resistencias poco considerables. Desgraciadamente, no es fácil construir galvanómetros de poca resistencia interna y que a la vez mantengan un índice de alta sensibilidad, ya que ambas cosas están en contradicción, puesto que un cuadro con poca resistencia sólo puede obtenerse con un hilo muy corto, y en cambio la sensibilidad requiere devanados a base de muchas espiras; es decir, un hilo muy largo.

MEDIDAS DE TENSIONES CONTINUAS

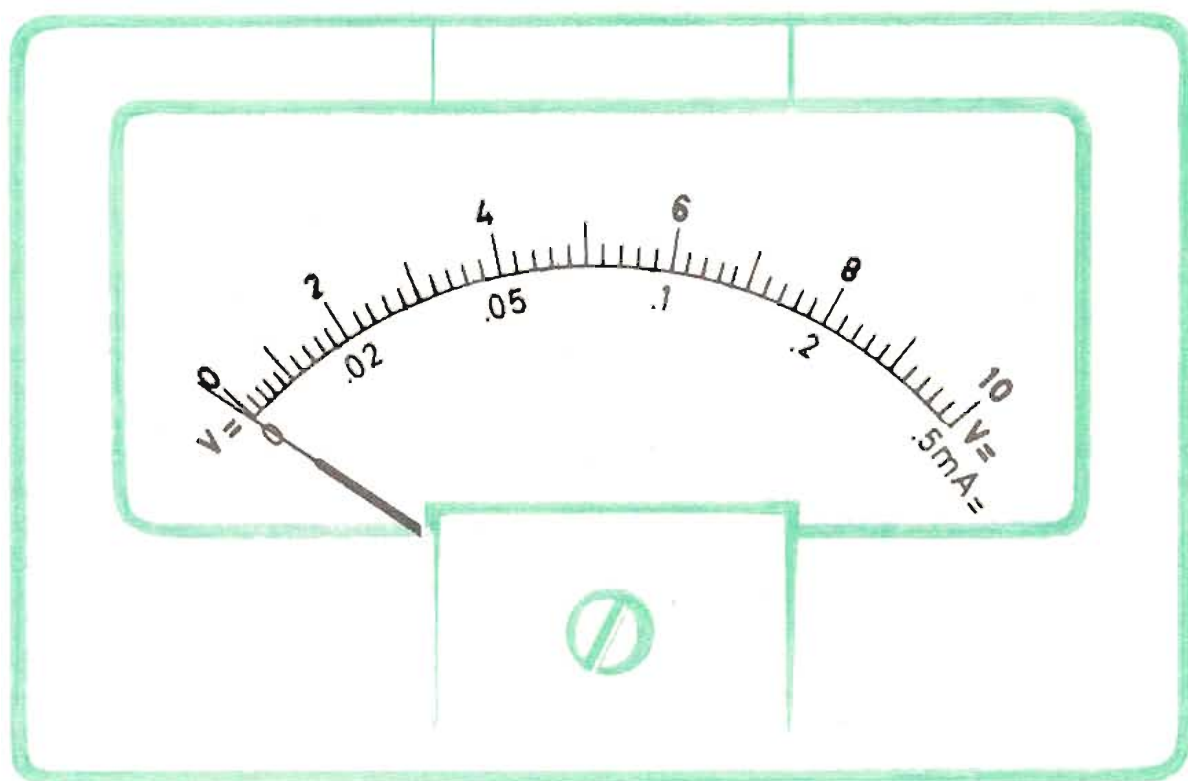
Acabamos de decir que todo galvanómetro tiene cierta resistencia, y con esta premisa nos resultará muy fácil comprender que siempre que por él circule una corriente existirá entre sus bornes cierta tensión o diferencia de potencial. Siguiendo con el ejemplo de un galvanómetro con resistencia de $50\ \Omega$ en el cuadro móvil y $1\ \text{mA}$ a fondo de escala, cuando la intensidad que señale sea precisamente de $1\ \text{mA}$ existirá entre sus bornes una tensión que, de acuerdo con la ley de Ohm, valdrá:

$$V = R \times I = 50\ \Omega \times 0.001\ \text{A} = 0.05\ \text{V}$$

Esto se cumple cuando la aguja llega al fondo de la escala; pero cuando por el instrumento circulan tan sólo $0.5\ \text{mA}$ (en cuyo caso la aguja señalaría el punto medio de la escala) la tensión entre bornes sería:

$$V = R \times I = 50\ \Omega \times 0.0005\ \text{A} = 0.025\ \text{V}$$

Podríamos efectuar la misma operación para cada una de las posiciones de la aguja del instrumento, con lo cual llegaremos a la conclusión de que el galvanómetro no sólo indica la intensidad de la corriente que lo atraviesa, sino también la tensión existente entre sus bornes.



Escala de un galvanómetro de cuadro móvil, preparada para efectuar lecturas de intensidades y tensiones continuas.

Por tanto, bastará con indicar sobre cada división de la escala la tensión correspondiente a cada medida de intensidad; así se obtendrá un galvanómetro que indique al mismo tiempo amperajes y voltajes.

En nuestro ejemplo la última división de la escala correspondería a 0'1 mA y, al mismo tiempo, 0'05 V, o sea 50 mV. La división central correspondería a 25 mV. Resulta, pues, que nuestro instrumento no es sólo un miliamperímetro capaz de registrar intensidades de hasta 1 mA, sino que es también un milivoltímetro capaz de medir tensiones que no excedan de 50 mV.

Si por ejemplo dispusiéramos de un generador de fuerza electromotriz igual a 30 mV o sea 0'03 V, al conectar sus bornes a los del instrumento la aguja se estacionaría precisamente sobre la división señalada como 30 mV o, lo que es lo mismo, sobre la división correspondiente a 0'6 mA. La razón de esta coincidencia está en que los 0'3 V del generador harán circular a través del galvanómetro, cuya resistencia interna es de 50 Ω , una intensidad que valdrá:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0'03}{50} = 0'0006 \text{ A} = 0'6 \text{ mA}$$

El procedimiento para medir la tensión entre dos puntos de un circuito, mediante un galvanómetro de cuadro móvil, consiste simplemente en conectar a estos dos puntos los bornes del instrumento, leyendo la indicación de la aguja sobre la escala correspondiente.

Ejemplo

Sea un circuito formado por una pila de 1'5 V y dos resistencias en serie de 14'5 ohmios y 0'5 ohmios respectivamente.

Las dos resistencias en serie equivalen a una resistencia total de $14'5 + 0'5 = 15 \Omega$, con lo cual la intensidad del circuito será $I = 1'5 : 15 = 0'1 \text{ A} = 100 \text{ mA}$.

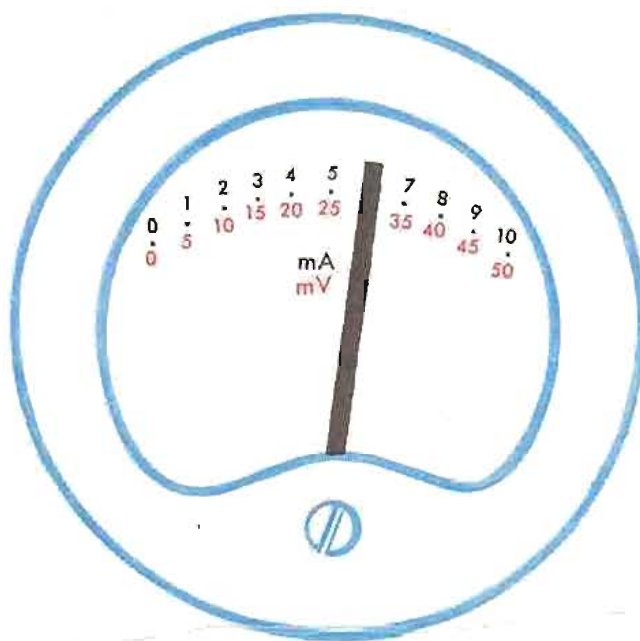
Por tanto, entre los extremos A y B de la resistencia de 14'5 Ω existirá una d.d.p. cuyo valor es:

$$V = R \times I = 14'5 \times 0'1 = 1'45 \text{ V}$$

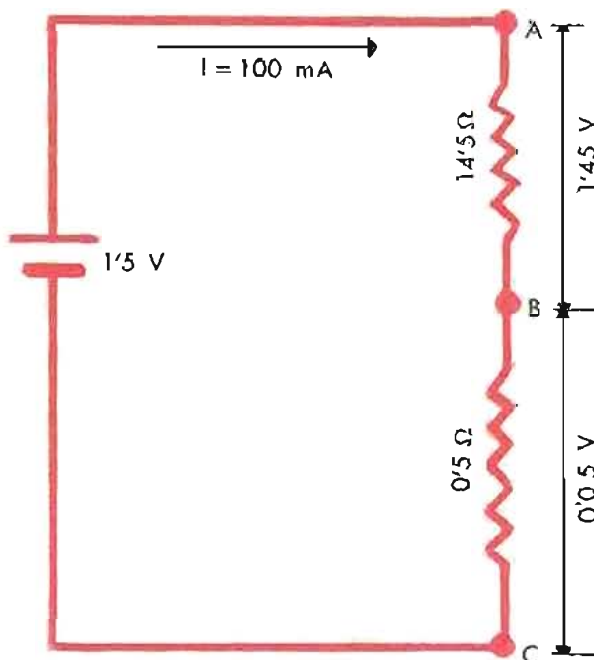
Y entre los extremos B y C de la resistencia de 0'5 ohmios habrá una d.d.p. de:

$$V = R \times I = 0'5 \times 0'1 = 0'05 \text{ V} = 50 \text{ mV}$$

Entre los puntos B y C existe precisamente la máxima tensión que es capaz de medir nuestro milivoltímetro; para comprobarlo bastará conectar los bornes del instrumento a los puntos B y C.



Escala de un galvanómetro con sensibilidad de 1 mA a fondo de escala, con graduación para medir tensiones de hasta 50 mV. La aguja está situada indicando 0'6 mA y 30 mV.



Tensiones entre A y B, y B y C, deducidas según la ley de Ohm. Si en B y C conectamos los bornes del milivoltímetro, la aguja señalará 1 mA y 50 mV, con mucha aproximación.

EXTENSION DEL INTERVALO DE MEDICION DE TENSIONES

Si en el circuito que venimos considerando queremos medir la tensión presente entre los puntos A y B (tensión que es de 1'45 V), se nos presenta un problema, por cuanto esta tensión es mucho mayor que la que nuestro milivoltímetro es capaz de medir. Si conectásemos el galvanómetro entre los puntos A y B, la aguja sobrepasaría la última división y probablemente se estropearía el instrumento.

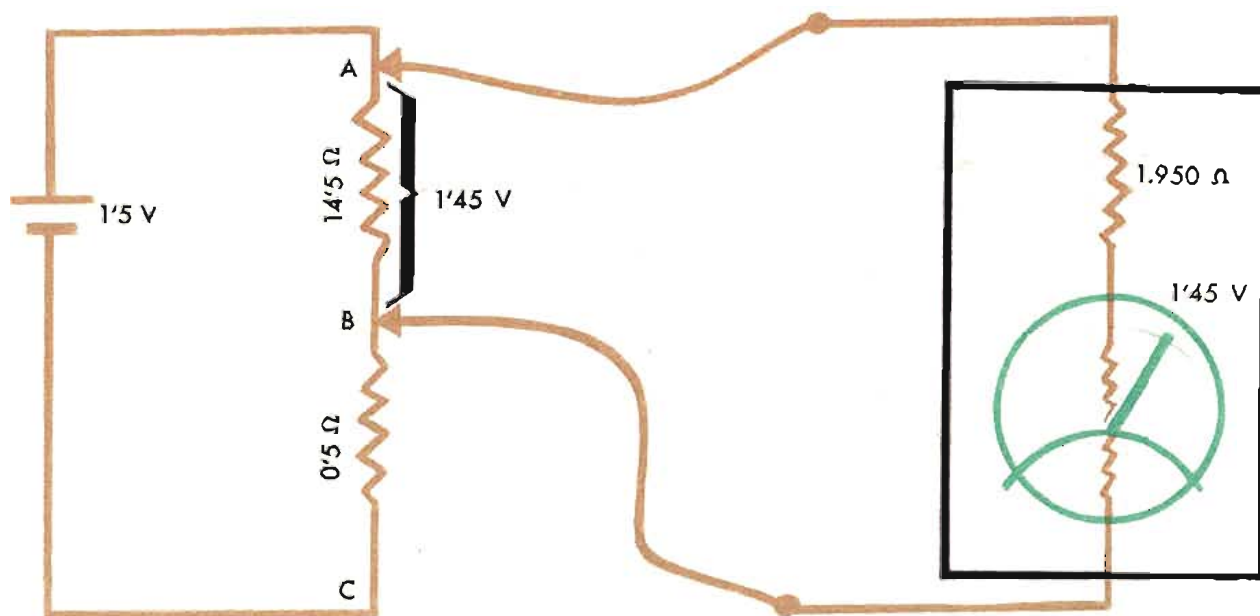
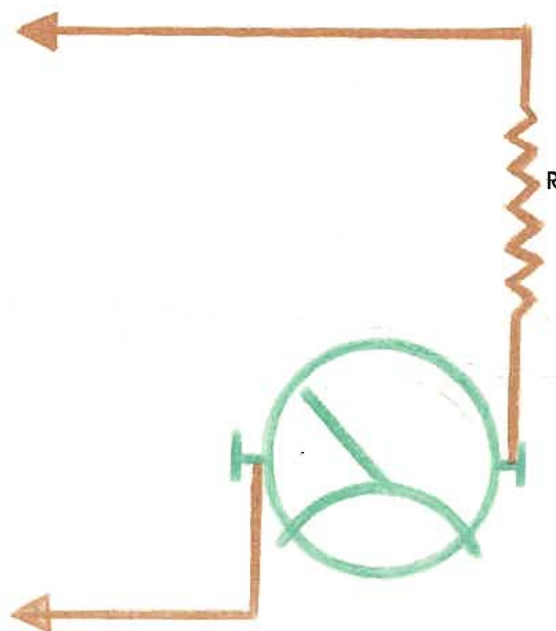
Imaginemos, sin embargo, que poseemos un dispositivo conectado al galvanómetro que hace que la aguja de éste únicamente se desvíe hasta la última división si se le aplican 2 voltios de tensión. Está claro que, si se le acopla este dispositivo, nuestro galvanómetro sería capaz de medir la tensión entre A y B.

Pues bien; el dispositivo que permite hacer esta medida es simplemente una resistencia *puesta en serie* con el galvanómetro.

En efecto: para que la aguja de nuestro instrumento se desvíe hasta la última división, es necesario que por él circule una corriente de 1 mA. Una tensión de 2 V haría circular 1 mA a través de una resistencia de:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{2}{0'001} = 2000 \Omega$$

El galvanómetro sólo tiene una resistencia de 50 Ω ; pero puede conseguirse fácilmente que tenga 2.000 Ω uniendo a uno de sus bornes una de 2.000 — 50 = 1.950 Ω .



Para que la aguja de un instrumento de 1 mA de sensibilidad y 50 Ω de resistencia interna se desvíe hasta el fondo de la escala con una tensión de 2 V, será necesario poner en serie con el instrumento una resistencia de 1.950 Ω .

No hay ningún inconveniente en llegar a medir incluso 1.000 V. En efecto: para que al aplicar 1.000 V a los extremos de una resistencia circule una corriente de 1 mA, esa resistencia debe tener:

$$R = \frac{1.000}{0'001} = 1.000.000 \, \Omega = 1 \, \text{M} \, \Omega$$

Por tanto, si queremos convertir nuestro galvanómetro en un voltímetro de 1.000 V a fondo de escala, bastará con poner en serie con el galvanómetro una resistencia de $1.000.000 - 50 = 999.950 \, \Omega$.

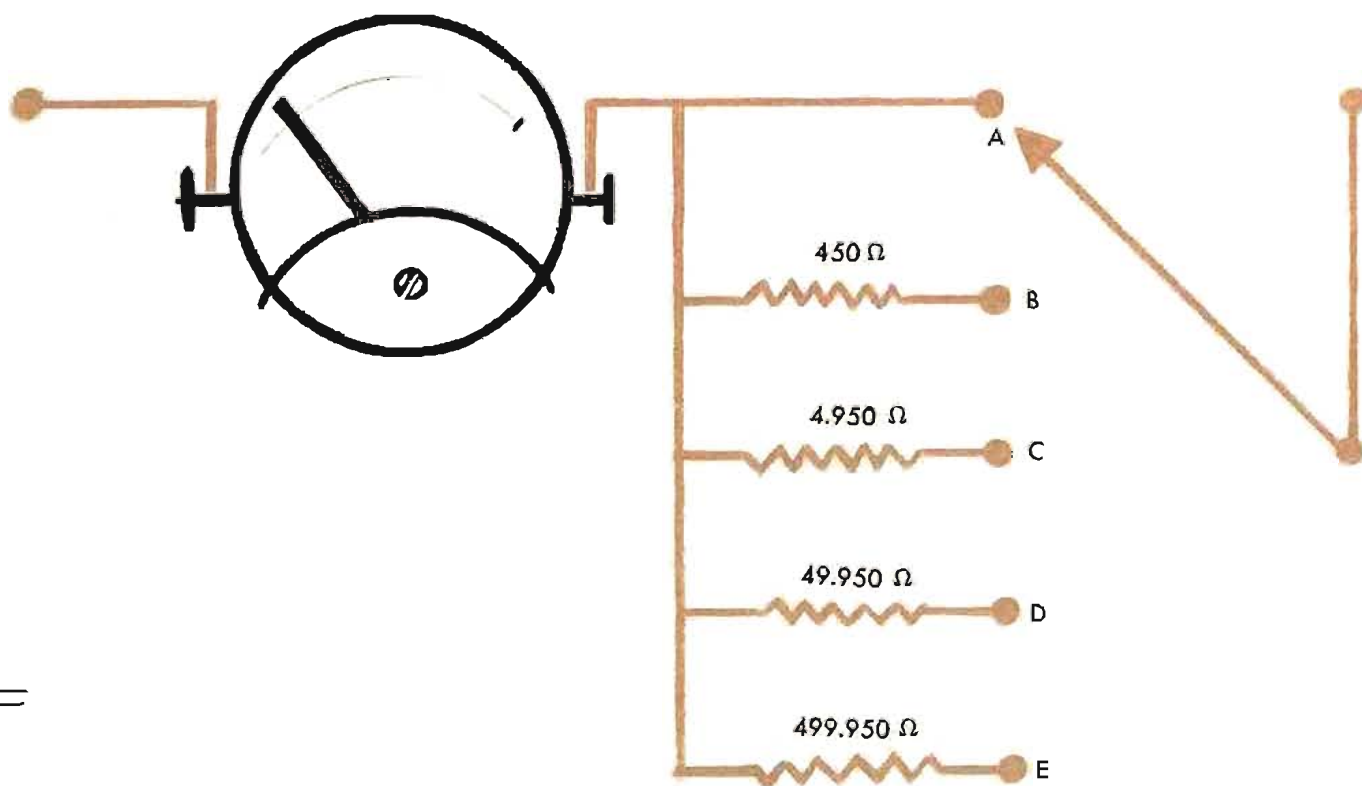
En realidad utilizaríamos una resistencia de 1 M Ω , ya que, como usted sabe, las resistencias comerciales se fabrican con una tolerancia que siempre es mucho mayor de 50 Ω sobre 1.000.000 de Ω , lo que representa un 0'005 %.

Se comprende, pues, que, provisto de las adecuadas resistencias, nuestro galvanómetro es ca-

paz de medir cualquier tensión, a partir de un límite mínimo que es el que indica la primera división del galvanómetro cuando no tiene conectada ninguna resistencia exterior; es decir, a partir de 0'5 mV.

Es muy corriente que el galvanómetro y todas las resistencias destinadas a ampliar su margen de medidas de tensión se incluyan en una caja. Una llave permite seleccionar una determinada resistencia y colocarla en serie con el galvanómetro. El esquema adjunto indica un posible montaje para nuestro galvanómetro que permite medir, según cuál sea la resistencia intercalada, tensiones de:

0 a 50 mV
0 a 500 mV
0 a 5 V
0 a 50 V
0 a 500 V



Esquema del dispositivo que permite acondicionar un galvanómetro de cuadro móvil para la medición de tensiones de diversas magnitudes. En la posición A, sin resistencia en serie, tiene un alcance máximo de 50 mV. En B, con una resistencia de 450 Ω , mide hasta 500 mV. En C la resistencia es de 4.950 Ω y su alcance se extiende hasta 5 V. En D, por medio de una resistencia de 49.950 Ω , puede medir hasta 50 V. Finalmente, en E alcanza hasta 500 V, lo que se logra por la adición de una resistencia en serie de 499.950 Ω .

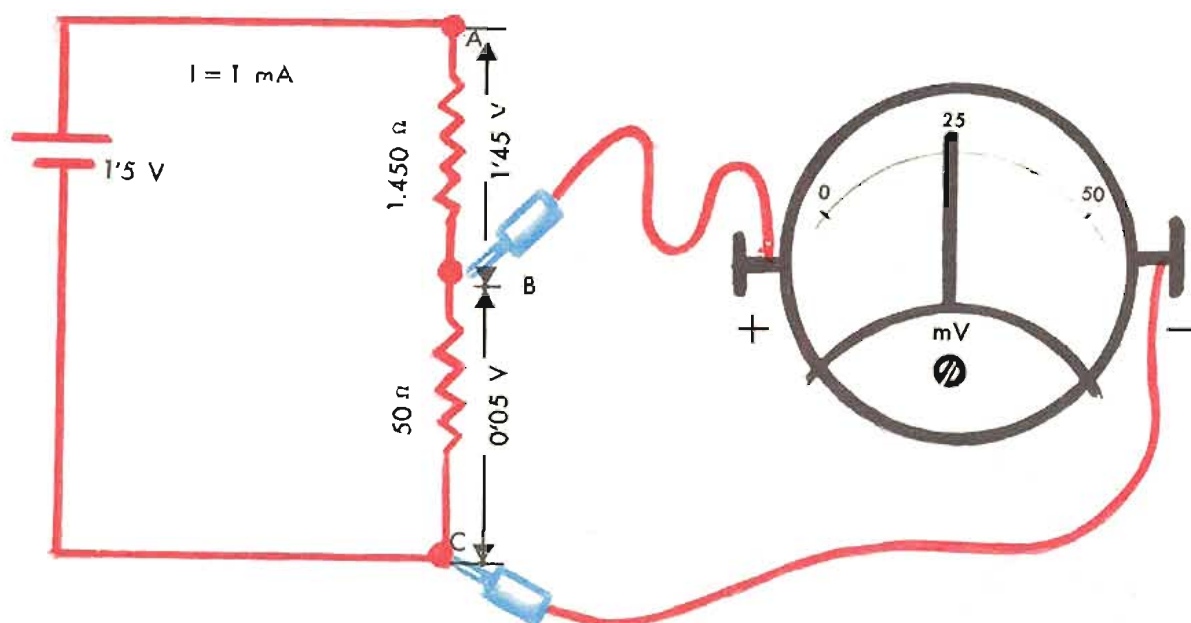
LIMITACIONES DEL GALVANOMETRO AL MEDIR TENSIONES CONTINUAS

De forma similar a lo que ocurre cuando el galvanómetro se emplea para medir intensidades, al actuar como voltímetro se alteran también las condiciones eléctricas del circuito.

Siguiendo con el circuito anterior, podemos decir que, si bien entre los puntos B y C existe una tensión de 50 mV antes de conectar el gal-

vanómetro, una vez conectado la tensión es algo menor; en realidad la aguja no indica exactamente 50 mV, sino una tensión ligeramente menor, de acuerdo con lo explicado.

Sin embargo, con los valores de las resistencias que figuran en este circuito, la diferencia es prácticamente despreciable.



En este circuito entre B y C existía una tensión de 0.05 V = 50 mV antes de conectar el instrumento. Sin embargo, el milivoltímetro sólo acusa una vez conectado una tensión de 25 mV = 0.025 V.

En cambio, si sustituimos las dos resistencias del circuito anterior por otras dos cuyo valor sea 100 veces superior —por lo cual tendremos en serie una resistencia de 1.450 ohmios y otra de 50 ohmios—, si bien es verdad que la tensión presente entre los puntos B y C sigue siendo la misma, la intensidad será 100 veces menor, o sea de 1 mA.

En este caso, a pesar de existir entre B y C una tensión de $50 \Omega \times 0.001 \text{ A} = 0.05 \text{ V} = 50 \text{ mV}$, al medir dicha tensión con nuestro galvanómetro de cuadro móvil nos encontraríamos con la sorpresa de que su aguja marca únicamente unos 25 mV.

¿Cuál es la razón de esta diferencia tan notable?

Recordemos que el galvanómetro tiene una resistencia de 50Ω y que, al conectarlo entre los puntos B y C para efectuar la medición de la tensión existente, la resistencia del circuito que-

da en paralelo con la resistencia de 50Ω del instrumento.

Resulta que, una vez conectado el galvanómetro, entre los puntos B y C no hay una resistencia de 50Ω , sino la resistencia equivalente a la asociación en paralelo de dos resistencias de 50Ω cada una. Es decir:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{50} + \frac{1}{50} = \frac{2}{50} = \frac{1}{25}$$

$$R = 25 \Omega$$

Se comprende que entre los puntos B y C la tensión habrá disminuido al conectar el galvanómetro, puesto que la resistencia ha disminuido a la mitad. Si suponemos que la corriente sigue siendo de 1 mA, la tensión entre B y C será:

$$V = 25 \times 0.001 = 25 \text{ mV},$$

que es lo que nos indica el milivoltímetro.

La razón de que en el circuito anterior la medida fuese correcta es que en aquél la resistencia del circuito entre B y C era de 0.5Ω . Al conectar el galvanómetro se le añadía en paralelo una de 50Ω . El resultado de esta asociación es:

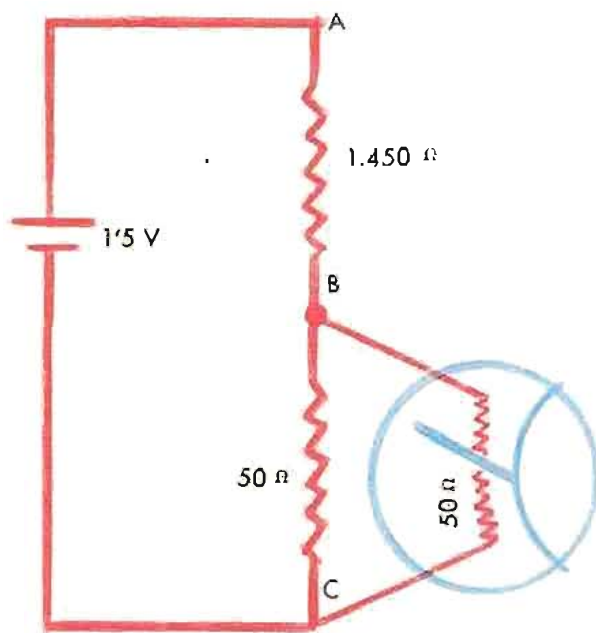
$$\frac{1}{R} = \frac{1}{0.5} + \frac{1}{50} = 2 + 0.02$$

$$R = \frac{1}{2.02} = 0.495 \Omega$$

Es decir, prácticamente lo mismo que antes de conectar el galvanómetro.

Para que resulte correcta la medida de una tensión entre dos puntos de un circuito mediante un galvanómetro de cuadro móvil, es necesario que el galvanómetro tenga una resistencia mucho mayor que la que el circuito tiene entre esos puntos. La norma práctica es que sea diez veces mayor, como mínimo.

Cuando un galvanómetro se emplea para medir tensiones, conviene, pues, justamente lo contrario que cuando se emplea para medir intensidades. Es decir, conviene que la resistencia del cuadro móvil sea lo mayor posible.



Con el galvanómetro conectado, entre B y C no hay ya 50Ω de resistencia, sino sólo 25Ω . Por ello la tensión indicada por el instrumento baja a 25 mV .

OHMIOS POR VOLTIO

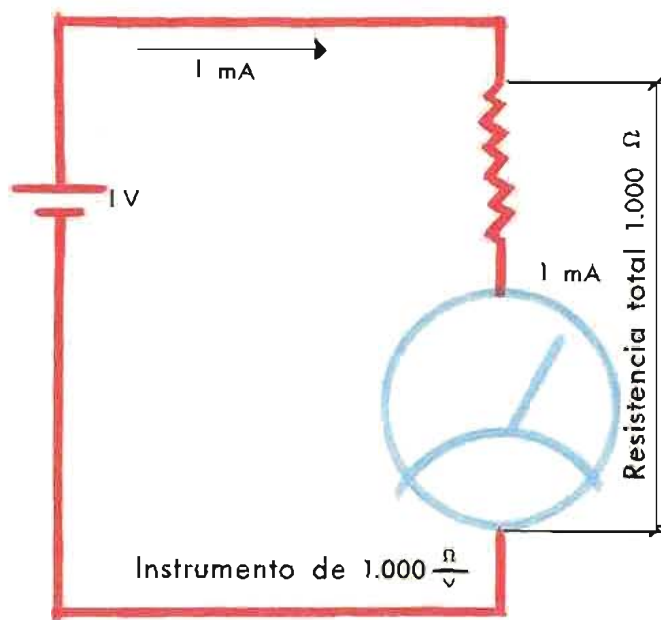
Puesto que es un dato de gran interés conocer la resistencia interna de un voltímetro; y como, por otra parte, si el aparato está provisto de varios márgenes de medida esa resistencia varía de un margen a otro, es muy frecuente que se especifique como dato característico LA RESISTENCIA INTERNA DEL APARATO CUANDO ESTÁ ACONDICIONADO

PARA MEDIR A FONDO DE ESCALA UNA TENSIÓN MÁXIMA DE 1 V .

Así, nuestro instrumento, cuya sensibilidad es de 1 mA , requiere una resistencia en serie de 950Ω , que junto con los 50Ω del cuadro forman un circuito de 1000Ω , en el cual 1 V hará circular precisamente 1 mA ; es decir, desviará la aguja hasta el fondo.

De nuestro instrumento diremos que tiene una sensibilidad de 1 mA , o bien de $1000 \Omega/\text{V}$.

Expresar la sensibilidad en esta forma tiene la ventaja de poder calcular inmediatamente la resistencia interna total del aparato, en cualquier escala que seleccionemos con la llave.



Con una tensión de 1 V y una intensidad de 1 mA , la resistencia total debe ser de 1000Ω . Es un instrumento de $1000 \Omega/\text{V}$.

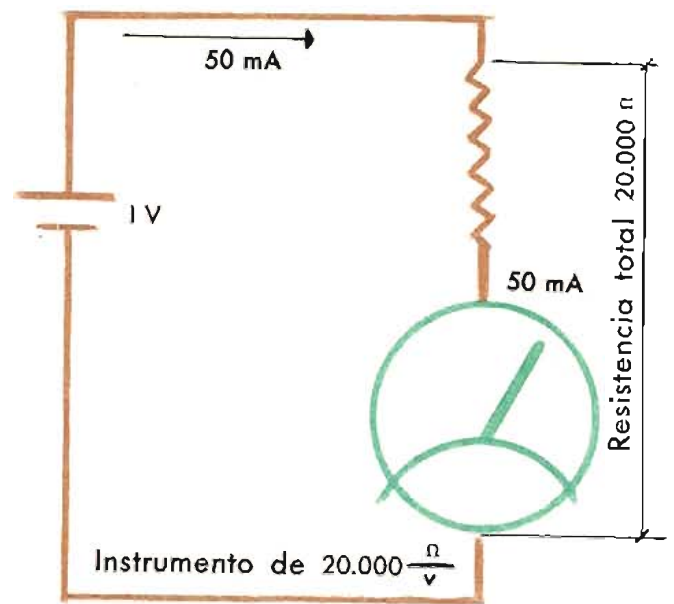
Si por ejemplo hemos acondicionado nuestro instrumento para que pueda medir una tensión máxima de 250 V, la resistencia interna que presentará será 250 veces mayor que si hubiese de medir como máximo 1 V. Por tanto, 250.000 Ω .

En estas condiciones podremos efectuar mediciones correctas entre dos puntos de un circuito si la resistencia entre ellos es ~~a~~ menos 10 veces menor; es decir, de 25.000 Ω .

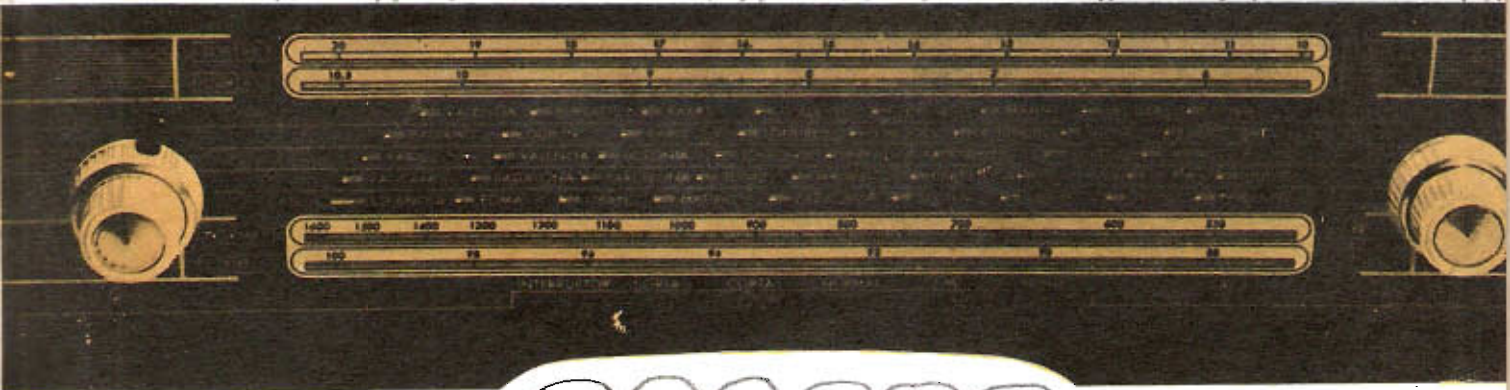
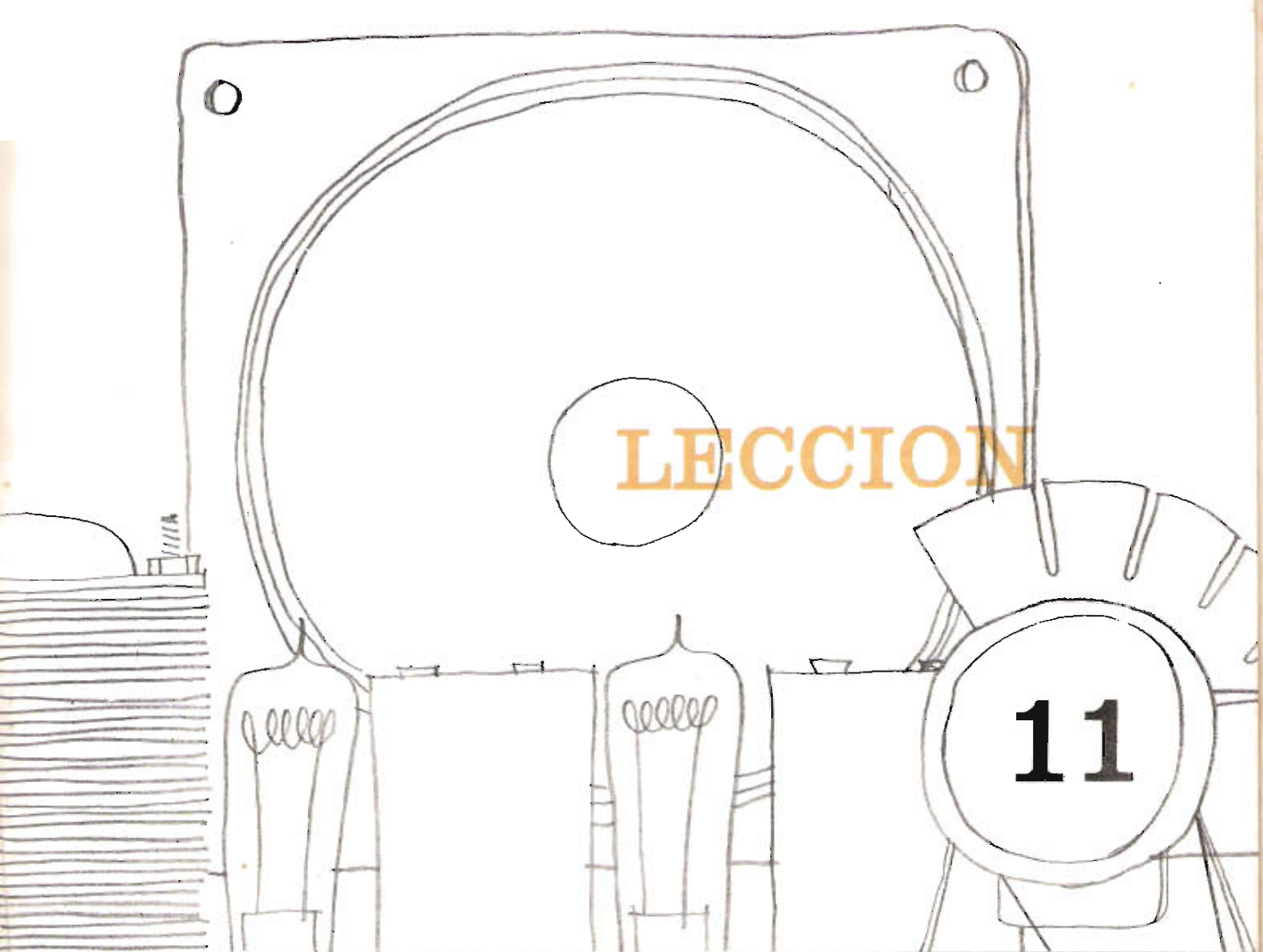
Cuanto más $\frac{\Omega}{V}$ tiene un instrumento, más

aecuado es para ser utilizado como voltímetro. Un instrumento de 20.000 Ω/V , por ejemplo, presentaría en la misma escala de 250 V una resistencia de 5.000.000 $\Omega = 5 \text{ M}\Omega$.

Un galvanómetro de 20.000 Ω/V es aquel que tiene una sensibilidad de 50 μA , pues precisamente 1 V hace circular 50 μA a través de una resistencia de 20.000 Ω .



Para que la aguja, a fondo de escala, señale 50 μA con una tensión de 1 V, la resistencia total debe ser de 20.000 Ω . Será un instrumento de 20.000 Ω/V .



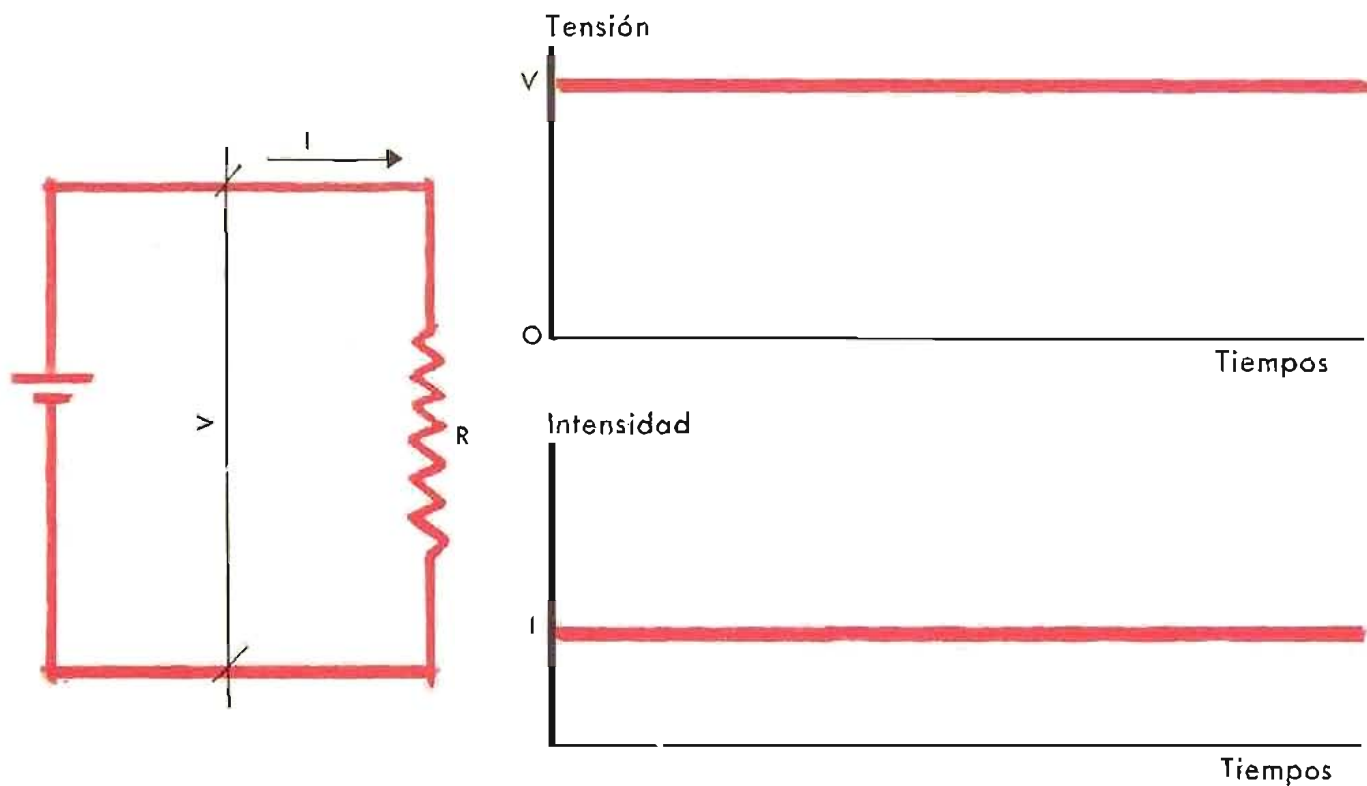
Medición de c.a.
Aparatos de medida para c.a.
Tipo de c.a.
Lecturas correctas
Construcción de un téster
(segunda fase)

Medición de corrientes alternas y de impedancias - Una dificultad de principio - Valores instantáneos de una c.a.

Gracias al contenido de la lección de radiotecnía anterior, conocemos los métodos para medir la tensión y la intensidad de la corriente presente en un circuito cuando dicha corriente es continua.

La presente lección está dedicada al estudio de la medición de estas mismas magnitudes, pero en el caso de que la corriente sea alterna.

Estas medidas presentan una dificultad de principio. Cuando decimos que una pila tiene una f.e.m. de 4'5 V, o que suministra una corriente de 1 A de intensidad, sabemos exactamente a qué nos referimos, puesto que, tratándose de corrientes continuas, tanto la tensión como la intensidad son valores perfectamente determinados y constantes que en teoría no varían con el tiempo.



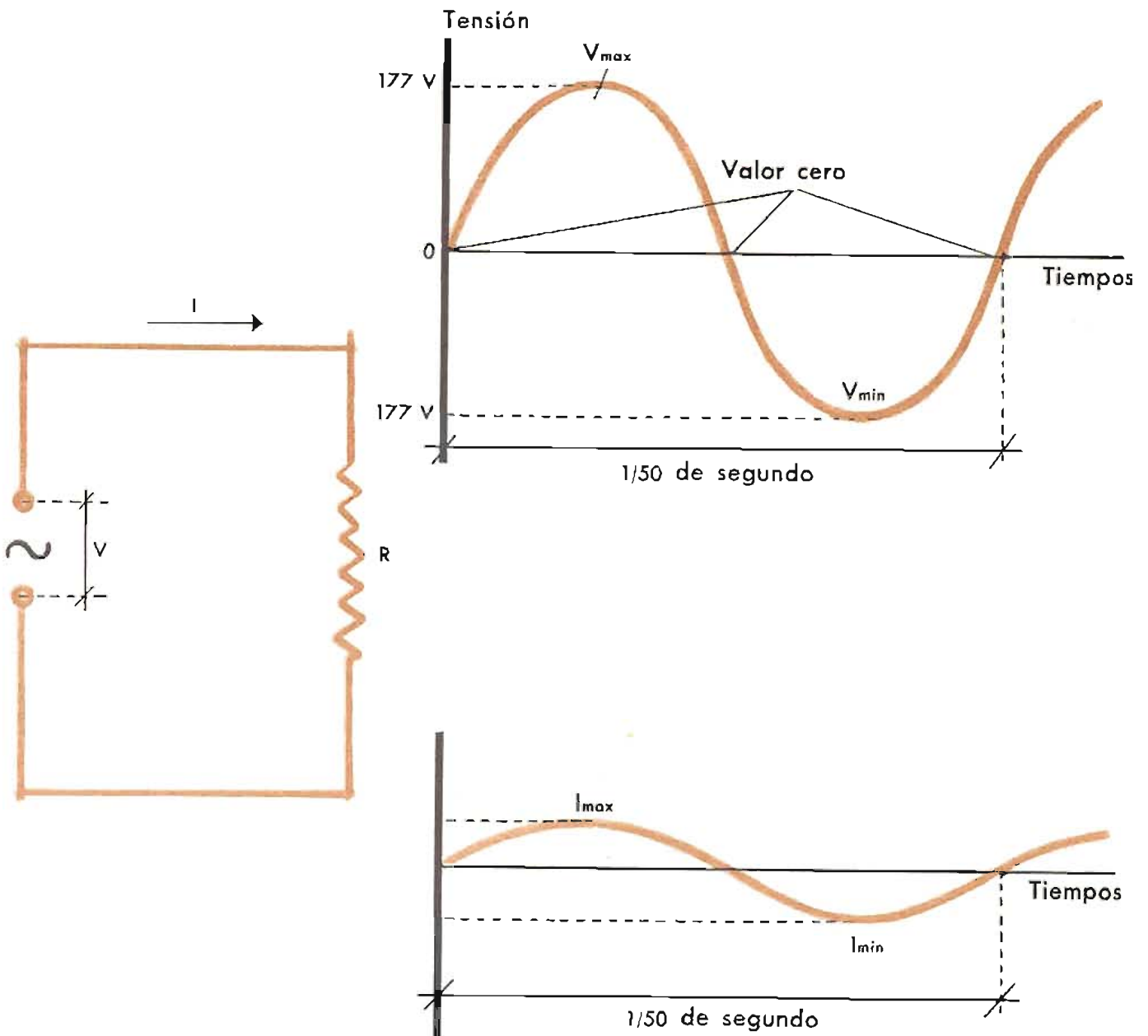
En el caso de una corriente continua, la tensión y la intensidad que afectan la resistencia R son constantes.

Pero en el caso de corrientes alternas sucede todo lo contrario. En el curso de $1/50$ de segundo la tensión presente entre los bornes de la red de distribución eléctrica pasa sucesivamente del valor cero a un valor máximo (V_{max}) positivo, cae de nuevo a cero, sigue hasta alcanzar un valor mínimo negativo (V_{min}) y vuelve a cero para cerrar el ciclo.

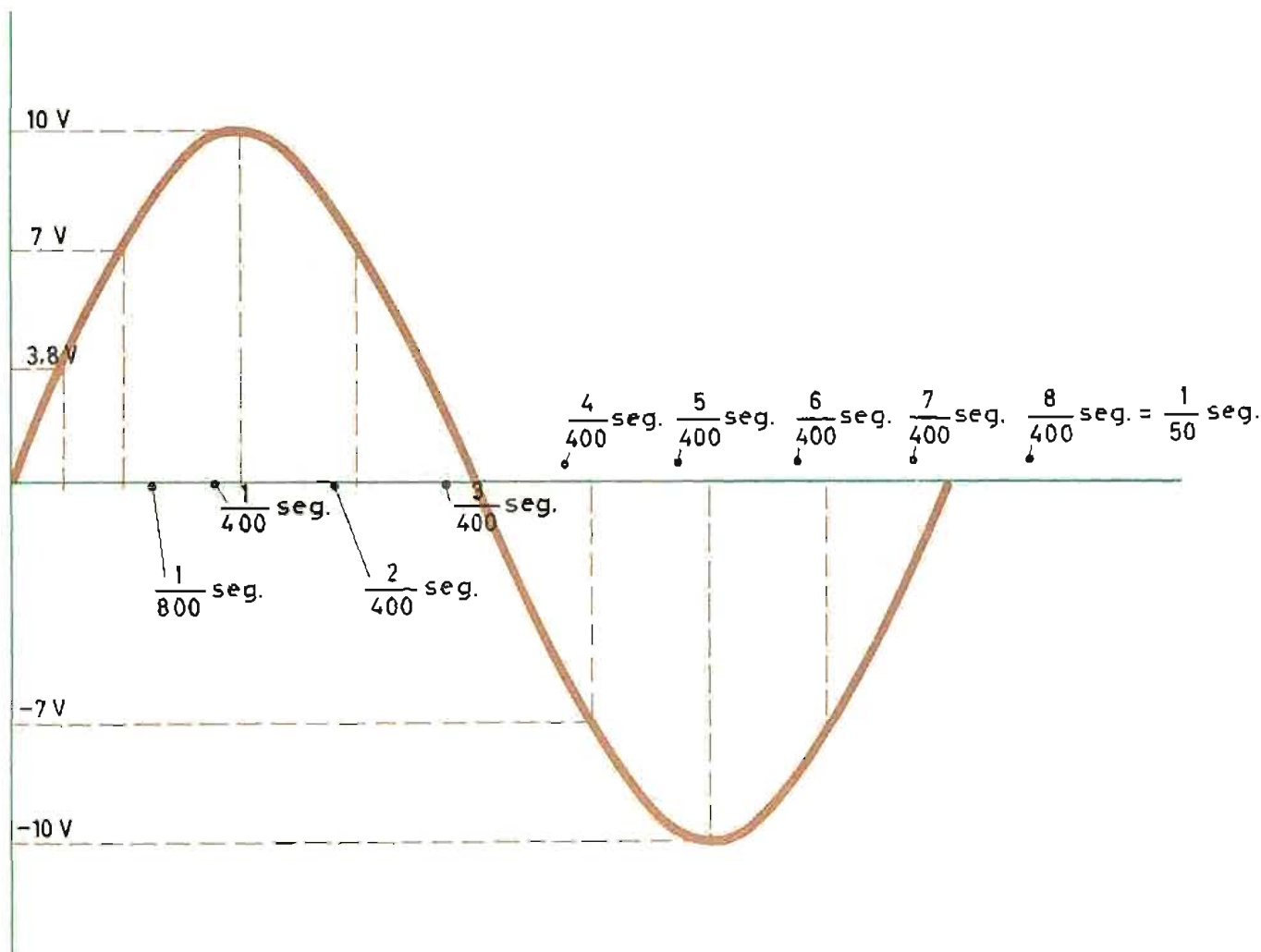
Exactamente lo mismo puede decirse de la corriente que circularía a través de una resistencia conectada a una toma de corriente alterna.

Dado que la tensión y la intensidad de una corriente alterna varían continuamente en un intervalo de tiempo definido ($1/50$ de segundo), para que podamos dar un valor determinado de V y de I se habla de VALORES INSTANTÁNEOS DE LA TENSIÓN ALTERNA Y VALORES INSTANTÁNEOS DE LA INTENSIDAD DE UNA CORRIENTE ALTERNA.

Considerando una gráfica de una corriente alterna, para cada punto de la línea de tiempos tendremos en la curva un punto que corresponderá a un valor instantáneo de la tensión alterna.



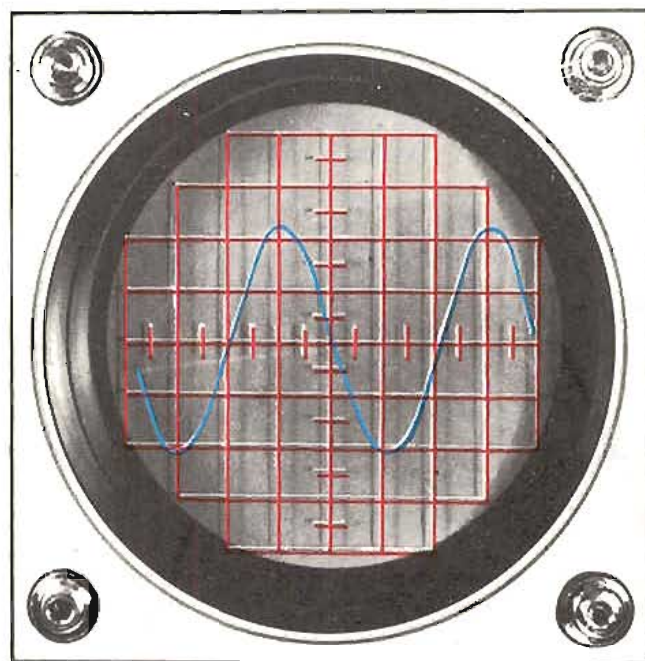
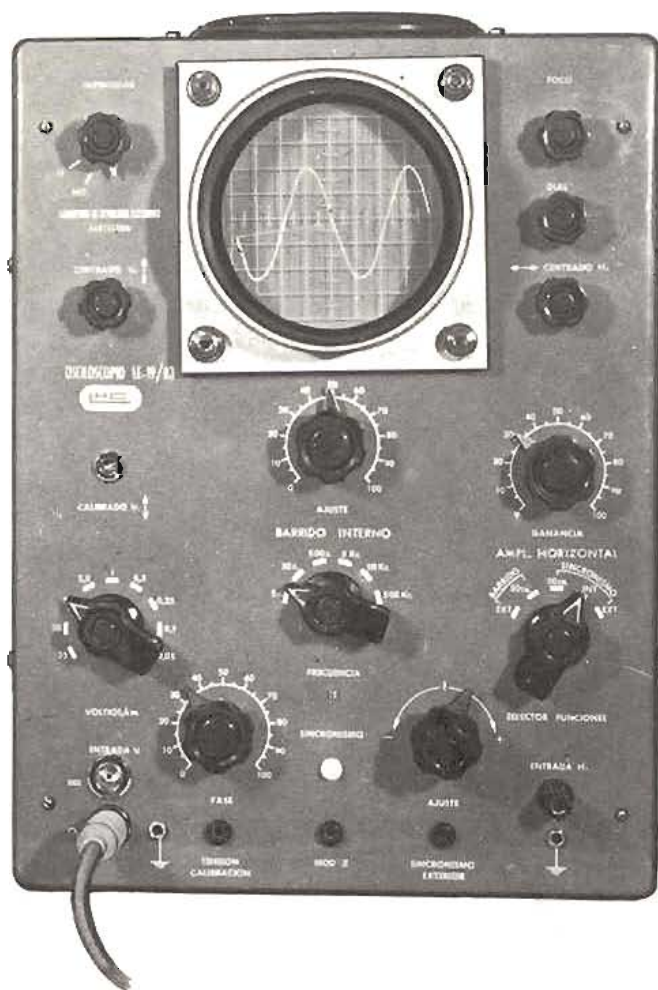
En $1/50$ de segundo la tensión presente entre los bornes de la red pasa de un valor cero a un valor máximo (V_{max}); vuelve a cero para alcanzar un valor mínimo (V_{min}) y asciende de nuevo a cero. Lo mismo ocurrirá con la intensidad.



Para cada punto de la línea de tiempos tendremos un valor instantáneo de la tensión.

Existen aparatos que permiten medir los valores instantáneos de tensión o de intensidad en un circuito eléctrico recorrido por una corriente alterna. Estos aparatos se presentan bajo dos variantes. Unos dejan impresa en una banda de papel la forma de la tensión o intensidad alterna que se pretende medir. Otros ponen de manifiesto estas magnitudes gracias a las impresiones que aparecen en una pantalla fluorescente, que pueden analizarse por medios fotográficos.

Estos aparatos reciben respectivamente el nombre de oscilógrafos y osciloscopios. Comprender el funcionamiento de un osciloscopio requiere conocimientos de electrónica que todavía no posee el lector de estas lecciones; y como, por otra parte, medir valores instantáneos de tensión e intensidad alternas es algo que debe hacerse con mucha frecuencia en TV, pero rara vez en radio, dejamos para ser incluida en las lecciones de TV la descripción de este interesante aparato.



Fotografía de un osciloscopio visto por su panel frontal y detalle de la pantalla del mismo, en la que aparece una onda debida a una corriente alterna.

VALORES EFICACES DE UNA CORRIENTE ALTERNA

Mucho más utilizado es el concepto de VALOR EFICAZ DE UNA TENSIÓN ALTERNA y VALOR EFICAZ DE UNA INTENSIDAD ALTERNA, ya que indican la *potencia eléctrica* que puede obtenerse de una corriente alterna.

Recordemos que el efecto Joule se produce lo mismo con corriente continua que con corriente alterna, cosa lógica, puesto que el calor desprendido es el producto de los choques entre los electrones móviles y los núcleos fijos; y aunque en el caso de la corriente alterna los electrones cambien el sentido de su marcha 50 veces por segundo, en los choques se produce calor lo mismo si tienen lugar de izquierda a derecha que de derecha a izquierda.

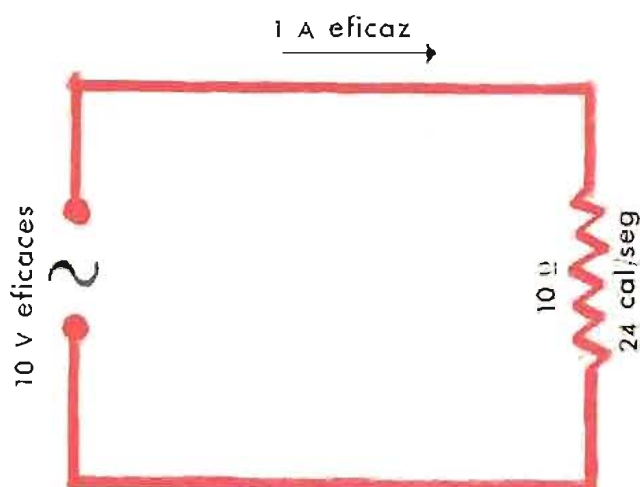
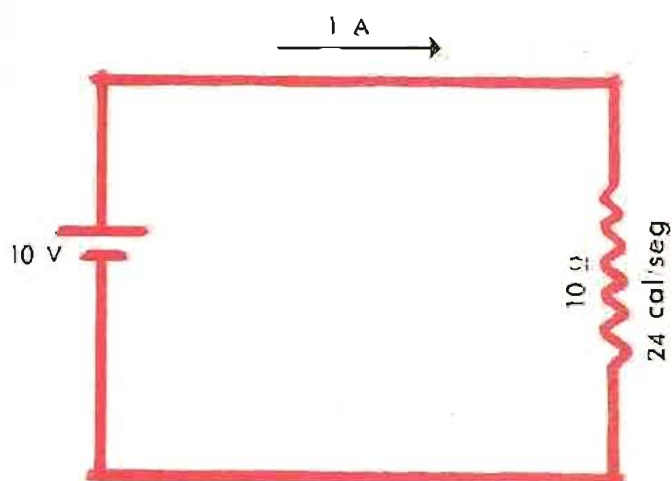
Ahora bien; la intensidad de una corriente alterna varía, en un sentido, entre un valor máximo (I_{\max}) y el cero; y en el otro sentido, entre un valor mínimo (I_{\min}) y el cero también.

En consecuencia, si queremos saber el calor

desprendido en una resistencia durante un determinado tiempo como resultado de que por ella circule una corriente alterna, no debemos tomar como valor de la intensidad el valor máximo, sino uno intermedio entre este máximo y el valor cero. Pues bien, ese valor intermedio es lo que se llama VALOR EFICAZ DE LA INTENSIDAD ALTERNA.

Dicho en otras palabras, se llama VALOR EFICAZ DE UNA INTENSIDAD ALTERNA *al que debería tener la intensidad de una corriente continua para que, circulando por la misma resistencia y durante el mismo tiempo que la corriente alterna, proporcionase la misma cantidad de calor.*

Supongamos, para concretar, que una corriente alterna produce 24 calorías por segundo al circular por una resistencia de 10Ω ; y que luego, haciendo circular durante un segundo una corriente continua de 1 A, se producen también 24 calorías. En este caso diremos que la corriente alterna tiene una INTENSIDAD EFICAZ de 1 A.



Si para producir 24 calorías por segundo, en una resistencia de 10Ω , requerimos una tensión continua de 10 V ($I = 1 \text{ A}$), la corriente alterna que en el mismo tiempo produzca el mismo calor será de 10 V eficaces y 1 A eficaz.

Ahora, y de acuerdo con la ley de Ohm, podemos conocer la TENSIÓN EFICAZ.

Se llama tensión eficaz entre los extremos de una resistencia recorrida por una corriente alterna al resultado de multiplicar el valor de dicha resistencia por el valor eficaz de la intensidad de la corriente:

Tensión eficaz = Resistencia \times Intensidad eficaz

La tensión eficaz entre los extremos de la resistencia de 10Ω del caso anterior es:

$$V = 10 \Omega \times 1 \text{ A} = 10 \text{ voltios eficaces}$$

He ahí una deducción importante:

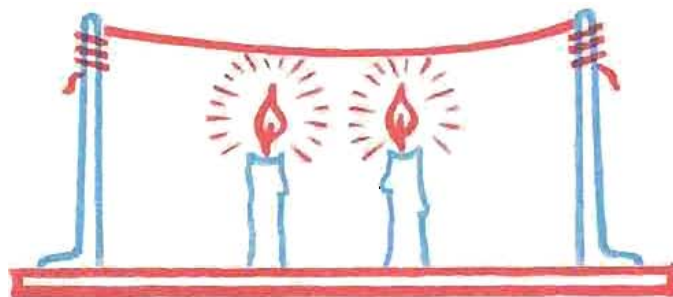
La ley de Ohm no sólo sirve cuando se trata de corrientes continuas, sino también para corrientes alternas, siempre que se tenga la precaución de referirla a los valores eficaces de la intensidad y tensión.

Cuando decimos que la tensión de la red de suministro de energía eléctrica es de 125 V o 220 V nos referimos precisamente a voltios eficaces.

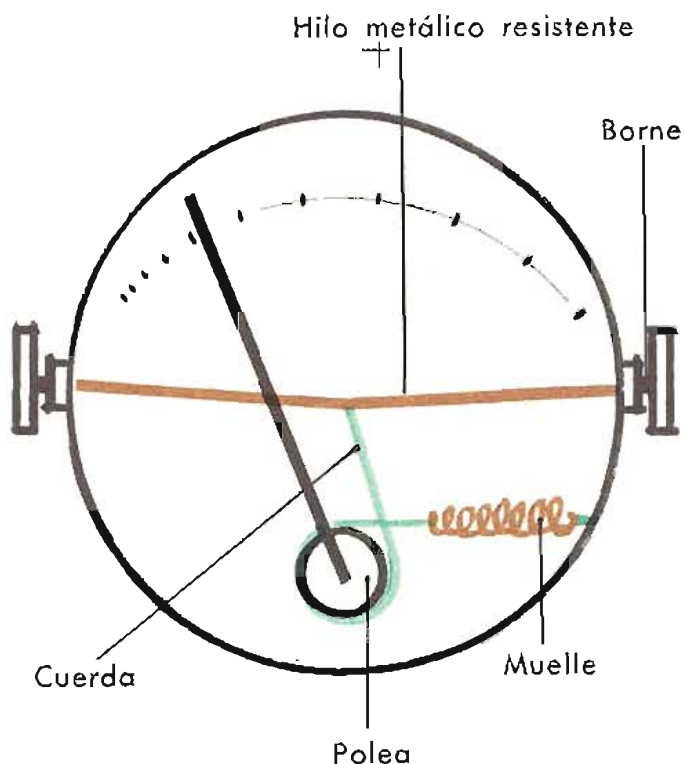
AMPERIMETROS TERMICOS

Interesa, claro es, disponer de un aparato capaz de medir los valores eficaces de una corriente alterna. Como siempre que se trata de cubrir una necesidad, ha aparecido el invento oportuno, que en este caso es un aparato realmente sencillo.

Es sabido que un hilo metálico se alarga cuando se le calienta. Para comprobarlo basta realizar una sencilla experiencia: un hilo de cobre, por ejemplo, de unos 30 cm de longitud se coloca tenso entre dos apoyos. Si a continuación lo calentamos con la llama de una vela, observaremos cómo el alambre pierde su rigidez y acaba pendiéndose de sus apoyos con una notable combadura.



Cuando un hilo metálico se calienta, en virtud de su dilatación, experimenta un cierto alargamiento. En este fenómeno se fundamentan los amperímetros térmicos.



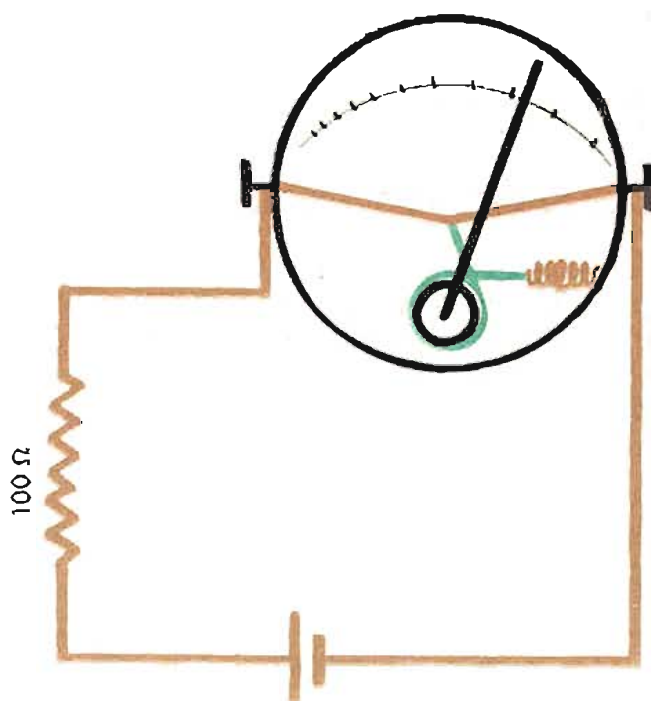
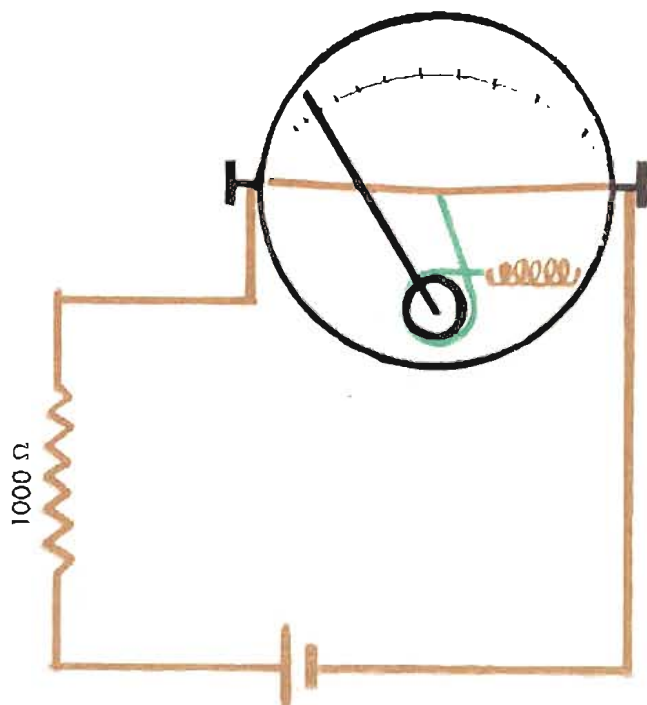
Esquema de un amperímetro térmico.

Pues bien; un amperímetro o miliamperímetro térmico se funda en este fenómeno: consiste en una caja metálica en cuyo interior se aloja un hilo resistente, que ordinariamente se mantiene tenso, cuyos extremos están fijados a dos bornes. Si hacemos circular por este hilo una corriente alterna es evidente que se calentará, y que como resultado inmediato experimentará una dilatación lineal. Su alargamiento será tanto mayor cuanto más se eleve la temperatura del hilo, circunstancia que, en definitiva, depende de la *intensidad eficaz* que por él circule.

A la mitad del hilo metálico se fija una cuerdecilla que rodea una pequeña polea y es recogida por un muelle.

Veamos ahora cómo funciona este ingenio:

A medida que el hilo se alarga, se encoge el muelle, que al tirar del hilo hace girar la pequeña polea, a la cual está unida una aguja que, recorriendo una escala, indica los alargamientos del hilo y por tanto la intensidad eficaz que circula por el aparato.



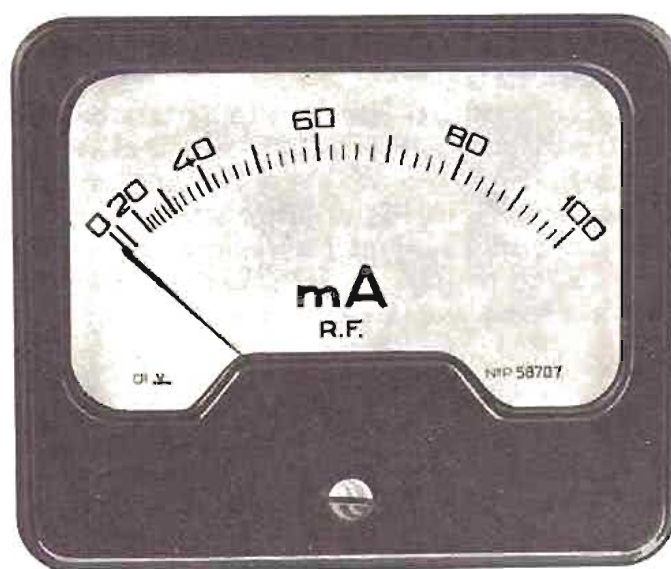
Así actúa el amperímetro térmico: cuando la intensidad es débil, el hilo se calienta muy poco y, por lo mismo, su dilatación será apenas perceptible. Al contrario, cuando la intensidad sea considerable, el calor que por efecto Joule se produce en el hilo lo dilata considerablemente; el muelle arrastra la pequeña polea y la aguja se desplaza mucho más.

No es necesario advertir que un aparato de este tipo mide lo mismo corrientes alternas que corrientes continuas, ya que en definitiva el mismo aumento de temperatura consigue 1 amperio eficaz que 1 amperio continuo.

Estos instrumentos tienen el inconveniente de que las primeras divisiones de la escala quedan muy juntas, lo que hace difícil la lectura de intensidades débiles.

Por otra parte, es difícil construirlos de gran sensibilidad. De ordinario no son capaces de apreciar intensidades menores de 1 mA. Su aspecto exterior es análogo al de los instrumentos de cuadro móvil y como ellos también puede utilizarse como voltímetro y amperímetro. En los amperímetros (y voltímetros) térmicos la ampliación de los límites de la escala de origen se consigue teniendo en cuenta que debe considerarse resistencia la del hilo que se calienta en lugar de la del cuadro móvil.

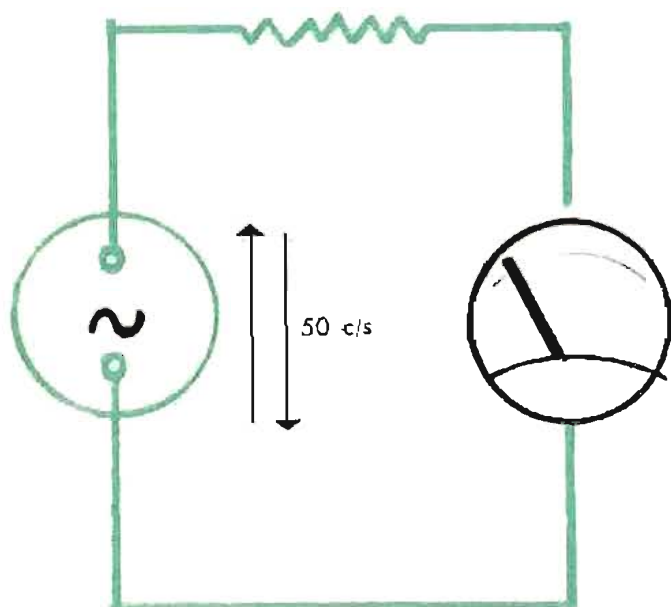
Estos instrumentos de medida se usan, en especial, para medir la potencia radiada por las emisoras.



El aspecto exterior de un amperímetro térmico es el mismo que el de un instrumento electromagnético. Observe cómo la escala no es uniforme.

USO DEL GALVANÓMETRO DE CUADRO MOVIL PARA LA MEDIDA DE C.A.

Sabemos que los inconvenientes que presentan los instrumentos térmicos, o sea su poca sensibilidad y el desigual reparto de las divisiones de la escala, están resueltos en el galvanómetro de cuadro móvil; pero también sabemos que la aguja de un galvanómetro se desvía hacia uno u otro lado según sea el sentido de la corriente que lo atraviesa. En el caso de una corriente alterna, el sentido varía periódicamente, y por tal razón, el comportamiento de la aguja será tal que oscilará continuamente a uno y otro lado del cero del aparato. Pero, además, ocurre que, por causa de la inercia que tiene el cuadro móvil, por poco rápidas que sean las variaciones de la corriente resulta imposible que pueda seguir las. En realidad ni siquiera se mueve de su posición de equilibrio; y así sucede que si intercalamos un galvanómetro en un circuito recorrido por una corriente alterna industrial (50 c/s) la aguja no da indicación alguna. En el mejor de los casos la aguja sólo experimenta una ligera vibración, pero prácticamente sigue indicando cero a pesar de circular una corriente alterna a través del cuadro móvil del galvanómetro.



Un galvanómetro intercalado en un circuito alimentado por un generador de c.a. es totalmente ineficaz.

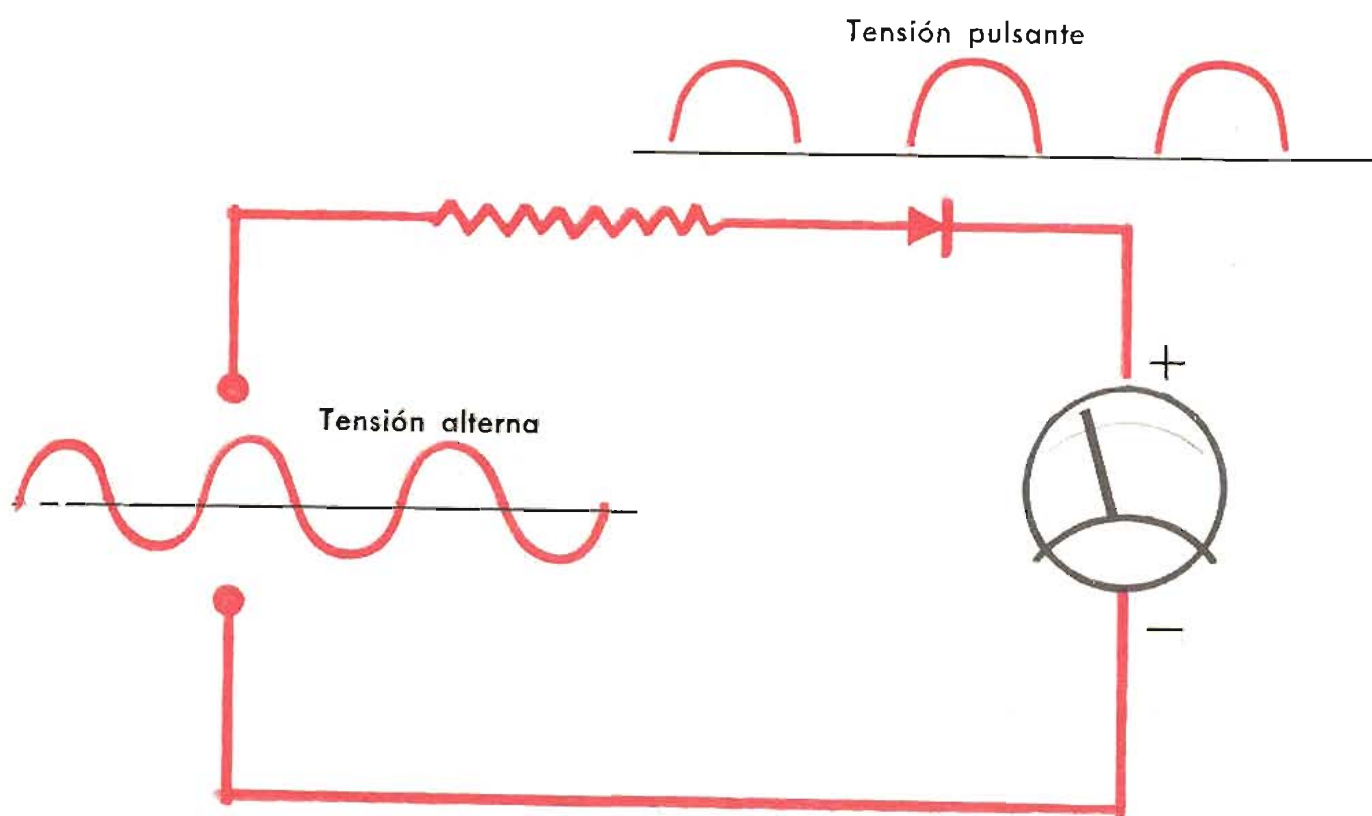
Según los conocimientos que por ahora tenemos, el galvanómetro no tiene utilidad alguna para medir corrientes alternas. Sólo puede medir corrientes continuas.

Y ¿no existe un procedimiento (la rectificación) para convertir en continua una corriente alterna?

Supongamos, en efecto, que en serie con el galvanómetro colocamos un diodo con su cátodo unido al borne positivo del instrumento. Cualquier tensión alterna aplicada a este conjunto hace que

circule a través del galvanómetro una corriente continua pulsante. Ahora, como todos los impulsos tienden a desviar la aguja hacia la derecha, ésta se desplazará más o menos según la amplitud de los impulsos.

Pero tales desviaciones no corresponden al valor eficaz de la corriente, puesto que cada impulso actúa sobre el galvanómetro durante $1/25$ de segundo, suponiendo una corriente de 50 c/s, claro. ¿Cómo saber a qué valor eficaz corresponde la desviación de la aguja?

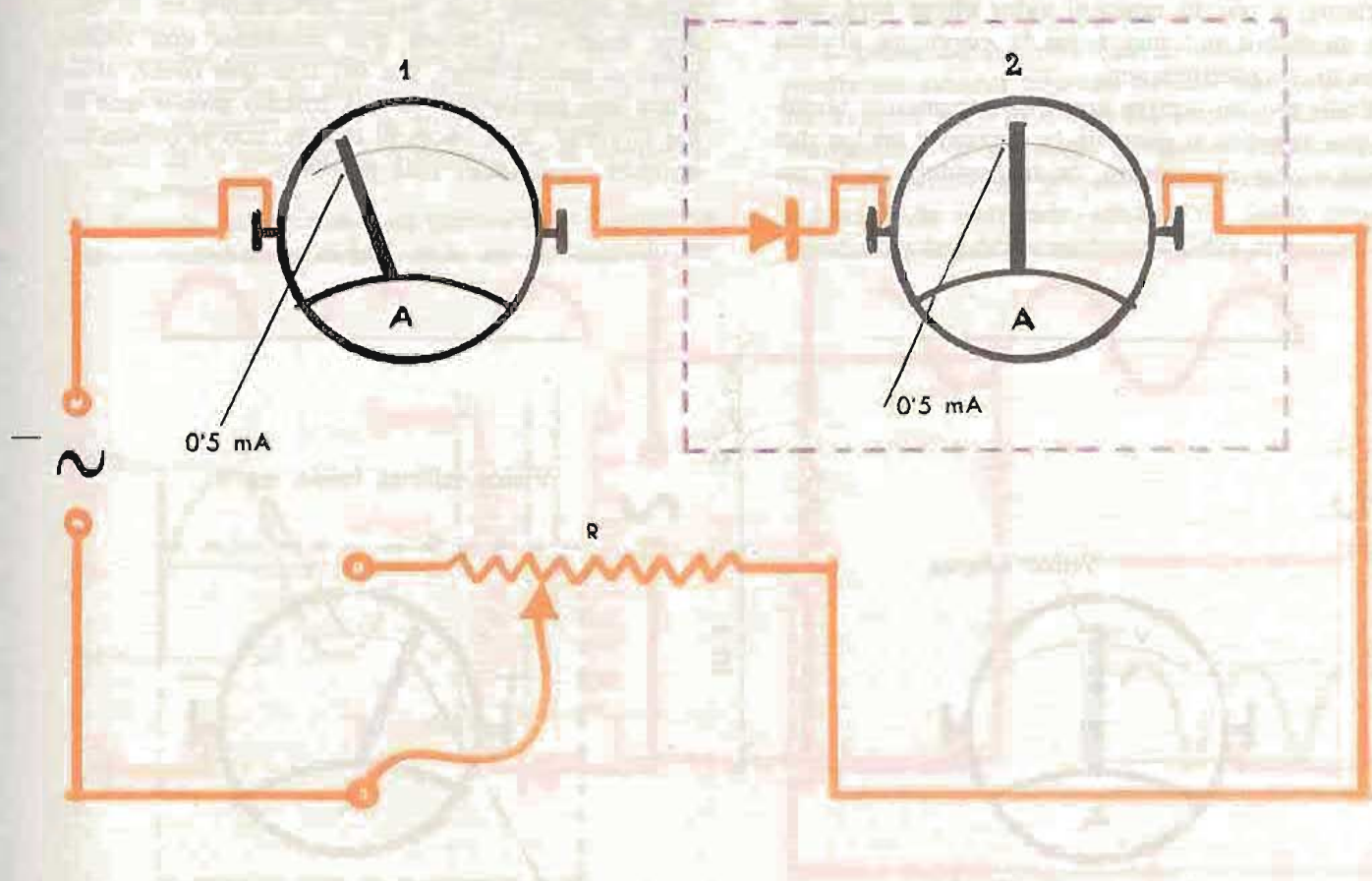


Intercalando un diodo, el galvanómetro acusa los impulsos que lo atraviesan, que siendo todos del mismo signo desvían la aguja a tenor de su amplitud.

La escala de un galvanómetro provisto de rectificador puede calibrarse de una vez para siempre intercalando en el circuito, por ejemplo, un instrumento térmico.

Por medio de una resistencia variable graduamos la corriente que pasa por el circuito, con lo cual ambos instrumentos (galvanómetro y ampe-

rímetro térmico) señalan el paso de la misma intensidad. Ambas agujas se estacionarán en un punto del arco de la escala; y sabiendo que el instrumento térmico señala el valor eficaz de la corriente, bastará señalar dicho valor en el punto del arco sobre el que se haya detenido la aguja del galvanómetro.



1. Amperímetro térmico. — 2. Galvanómetro de cuadro móvil. Variando la intensidad del circuito, accionando la resistencia variable R, obtendremos en 1 y 2 dos posiciones de la aguja pertenecientes a la misma intensidad. En 1 podemos efectuar la lectura, cuyo valor anotaremos en la escala graduada del galvanómetro 2.

Es frecuente que los galvanómetros lleven incluido un rectificador que puede entrar en función a voluntad del usuario, con el fin de poder medir con un solo instrumento corrientes alternas y corrientes continuas. En estos casos el instrumento suele llevar dos escalas: una en color negro, que se utiliza para la medición de las magnitudes continuas, y otra en rojo, que indica los valores eficaces de las corrientes alternas.

Aun suponiendo que disponemos ya de un galvanómetro provisto de rectificador y con la escala graduada en valores eficaces, no debemos utilizarlo sin tomar una precaución fundamental, sin la cual todos los resultados de las mediciones serían erróneos.

Supongamos, en efecto, que deseamos medir la intensidad eficaz en un circuito de corriente

alterna, y que para ello disponemos de un instrumento térmico y de un galvanómetro provisto de rectificador. El instrumento térmico es el mismo que nos ha servido para graduar el galvanómetro.

Si medimos primero con el instrumento térmico y luego con el otro, nos encontraremos con un resultado aparentemente paradójico: el instrumento térmico indica el doble de intensidad que el galvanómetro y ello, repetimos, a pesar de que este último haya sido calibrado comparándolo con el primero.

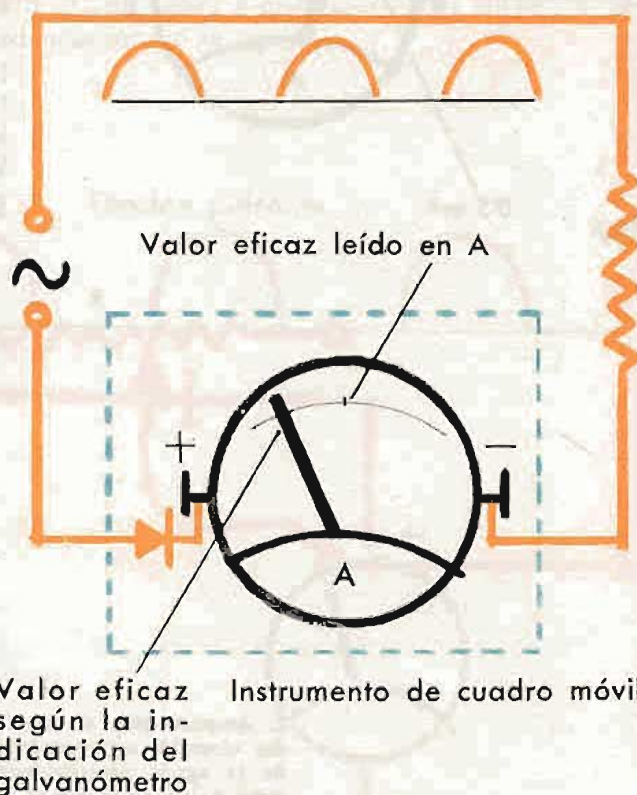
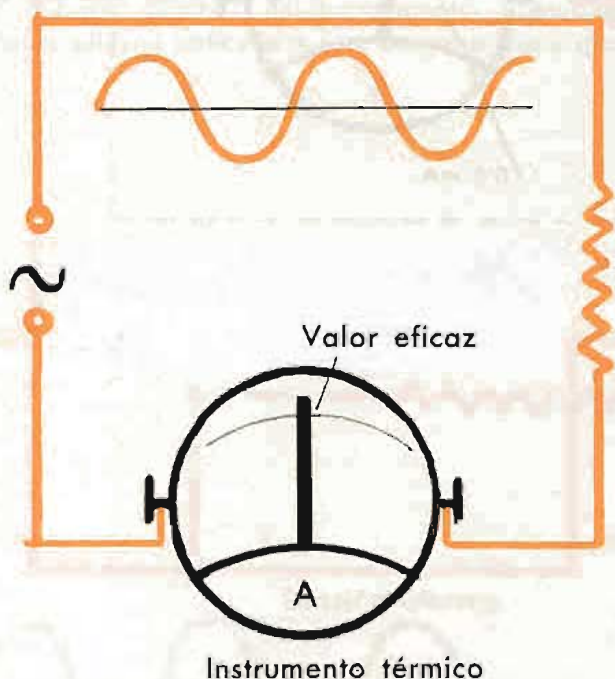
La explicación de este aparente contrasentido es muy sencilla:

Al intercalar en el circuito el galvanómetro provisto de rectificador, la corriente no es la misma que circulaba antes de hacerlo, por haberse convertido en una corriente pulsante desprovista de

los semiperíodos positivos o negativos. Podemos decir, valga la frase, que hemos suprimido media corriente, y por lo tanto el valor eficaz será también la mitad del que tenía la corriente alterna antes de su rectificación.

Todo eso no ocurre con el instrumento térmico, que permite el paso de la corriente en los dos sentidos. En el circuito, la intensidad de la co-

rriente es la misma antes o después de intercalar el instrumento; suponiendo claro es, que no hayamos olvidado que, según advertimos en la lección anterior, siempre que midamos una intensidad el instrumento, sea del tipo que fuere, debe tener una resistencia propia mucho menor que la del circuito; diez veces al menos, con el objeto de obtener mediciones más precisas.



Al intercalar un amperímetro térmico en un circuito de c.a. el instrumento indica el valor eficaz de la corriente, que no queda alterado por la presencia del instrumento. Si el instrumento es un galvanómetro de cuadro móvil provisto de diodo, la corriente queda modificada en el sentido de que desaparecen los semiperíodos negativos. Por este motivo el instrumento indica un valor eficaz que es la mitad del valor eficaz que tenía la corriente antes de intercalar el galvanómetro sin diodo.

GALVANOMETRO CON RECTIFICADOR DE ONDAS COMPLETA

Si el galvanómetro indica la mitad del valor eficaz real, el inconveniente puede resolverse de modo sencillo multiplicando por 2 los valores indicados por el galvanómetro. Sin embargo, existe una solución que hace innecesaria esa corrección. La solución consiste en utilizar un dispositivo rectificador capaz de proporcionar una corriente continua pulsante *del mismo valor eficaz* que la corriente alterna que aplicamos a la entrada. Este dispositivo, como habrá adivinado, es sencillamente el *rectificador de onda completa*. Observe usted que al añadir un simple diodo al galvanó-

metro habíamos constituido, en realidad, un rectificador de media onda.

Supongamos, en efecto, un rectificador de doble onda formado por un transformador cuyo secundario, provisto de toma media, tenga en cada una de sus mitades igual número de espiras que el primario.

En estas condiciones, si aplicamos una corriente alterna de 10 V de tensión máxima, por ejemplo, a la salida del rectificador obtendremos una corriente pulsante también de 10 V de tensión máxima, que se diferenciará de la alterna en

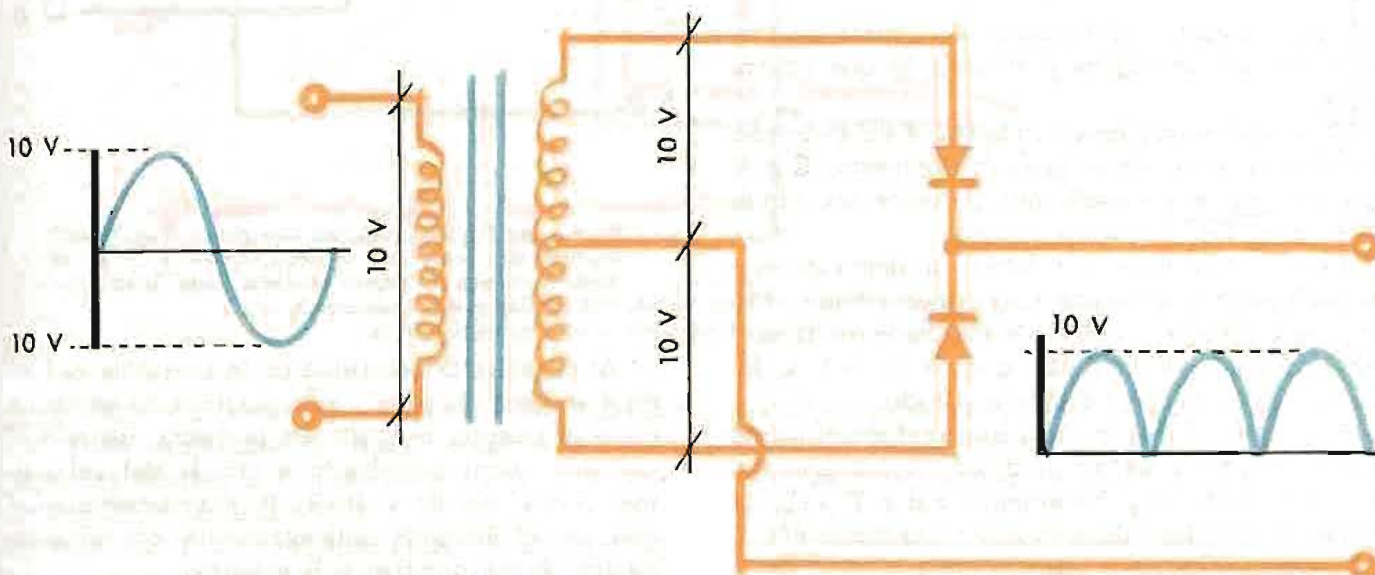
que todos los picos serán positivos en lugar de ser alternativamente positivos y negativos. El valor eficaz de estas tensiones será el mismo, ya que, aplicadas a una resistencia determinada durante un tiempo determinado (un segundo, por ejemplo), producirán la misma cantidad de calor, puesto que el efecto Joule se produce independientemente de la modalidad o sentido de la corriente.

En resumen:

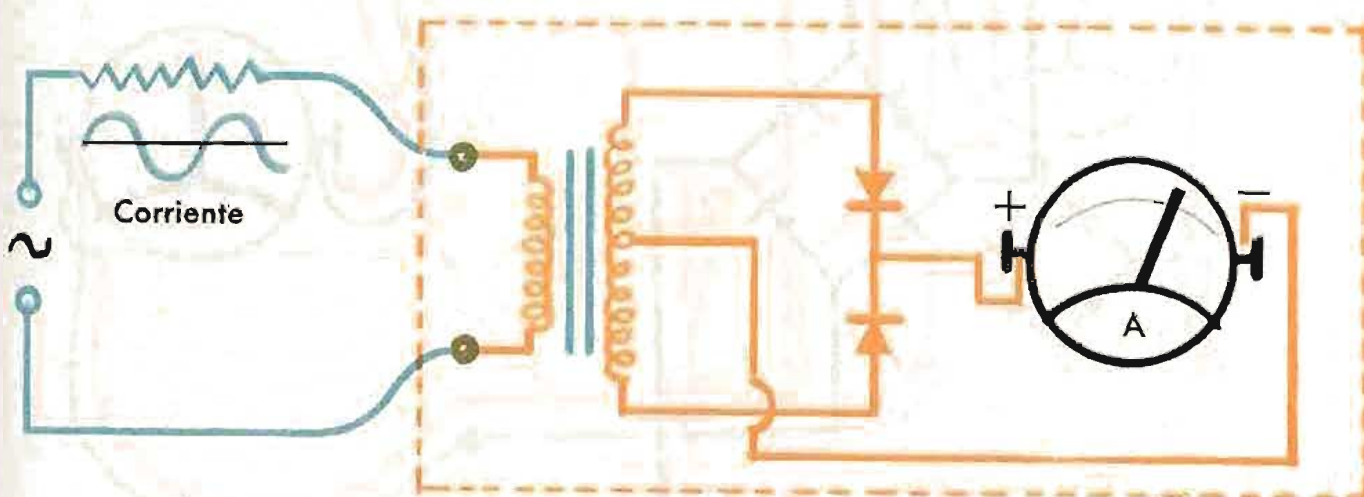
Cuando se intercala un galvanómetro provisto de rectificador de doble onda en un circuito de

corriente alterna, el instrumento mide realmente el valor eficaz de la corriente que por él circula y no la mitad, como ocurriría al utilizar un solo diodo.

A pesar de las ventajas de este método para medir los valores eficaces de una corriente alterna, resulta muy raro que se emplee. Tiene el inconveniente de necesitar un transformador de extremada precisión; por otra parte, como ante frecuencias de corriente alterna un poco elevadas (caso muy frecuente en las medidas que debe efectuar



Un rectificador de doble onda, cuyo transformador tenga igual número de espiras en el primario que en cada mitad del secundario, transforma las corrientes alternas en continuas, pero sin alterar sus valores eficaces de tensión e intensidad.



Si proveemos a un galvanómetro de un rectificador de doble onda provisto de transformador, por el circuito exterior sigue circulando una corriente alterna y el galvanómetro indicará el valor eficaz total de dicha corriente.

tuar el radiotécnico) el funcionamiento de los transformadores no es muy correcto, se comprende que prácticamente se haya desechado el sistema, salvo en aparatos de alto precio.

Por ello está muy extendido el uso de un montaje rectificador de onda completa que no precisa transformador. El montaje al que nos referimos actúa mediante cuatro diodos y se conoce con el nombre de PUENTE DE GRAETZ.

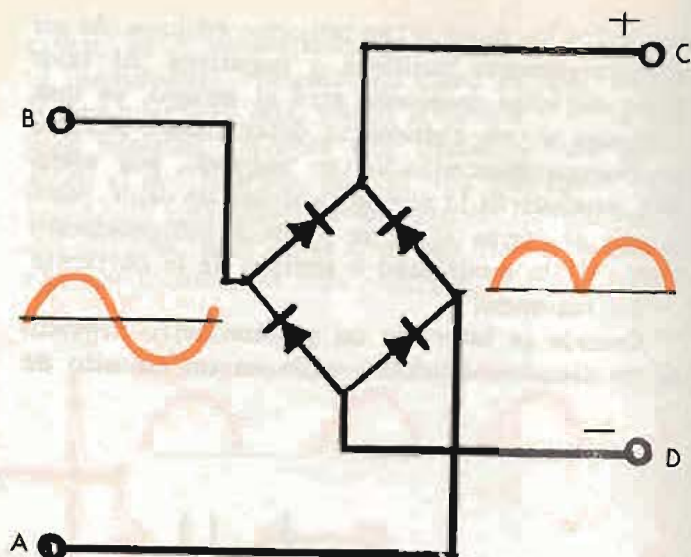
EL PUENTE DE GRAETZ

Vea el esquema del puente de Graetz que dibujamos en esta página y advierta lo que ocurre en él:

Si se aplica una tensión alterna a los extremos A y B de este montaje entre los extremos C y D aparece una tensión continua pulsante que circula durante los dos semiperíodos.

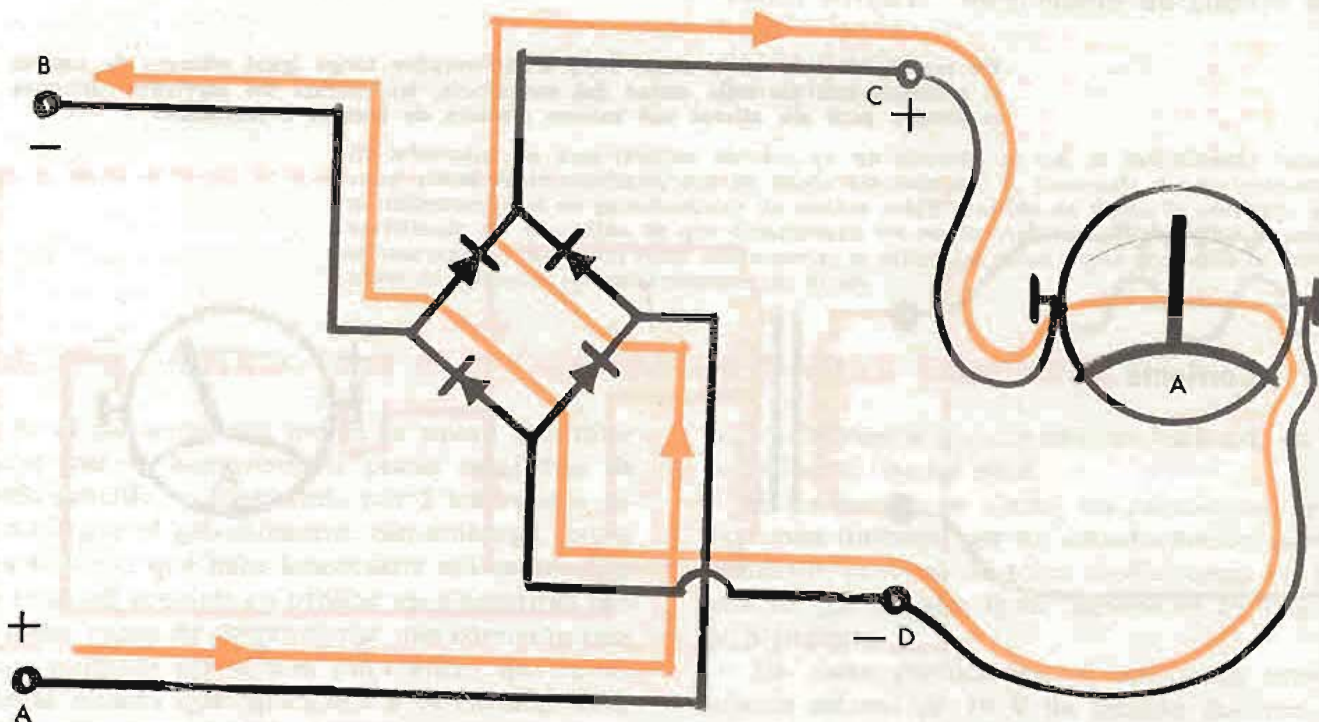
Es fácil comprender el funcionamiento de este dispositivo. Basta recordar que la *corriente eléctrica* sólo circula a través de un diodo en el sentido indicado por la flecha que lo simboliza. Es decir: sólo circula de ánodo a cátodo.

Supongamos que en un instante dado el borne A es positivo y negativo el B. Lógicamente, si hemos conectado el galvanómetro entre C y D, la corriente circulará de uno a otro extremo (de C a D), según indicamos gráficamente.

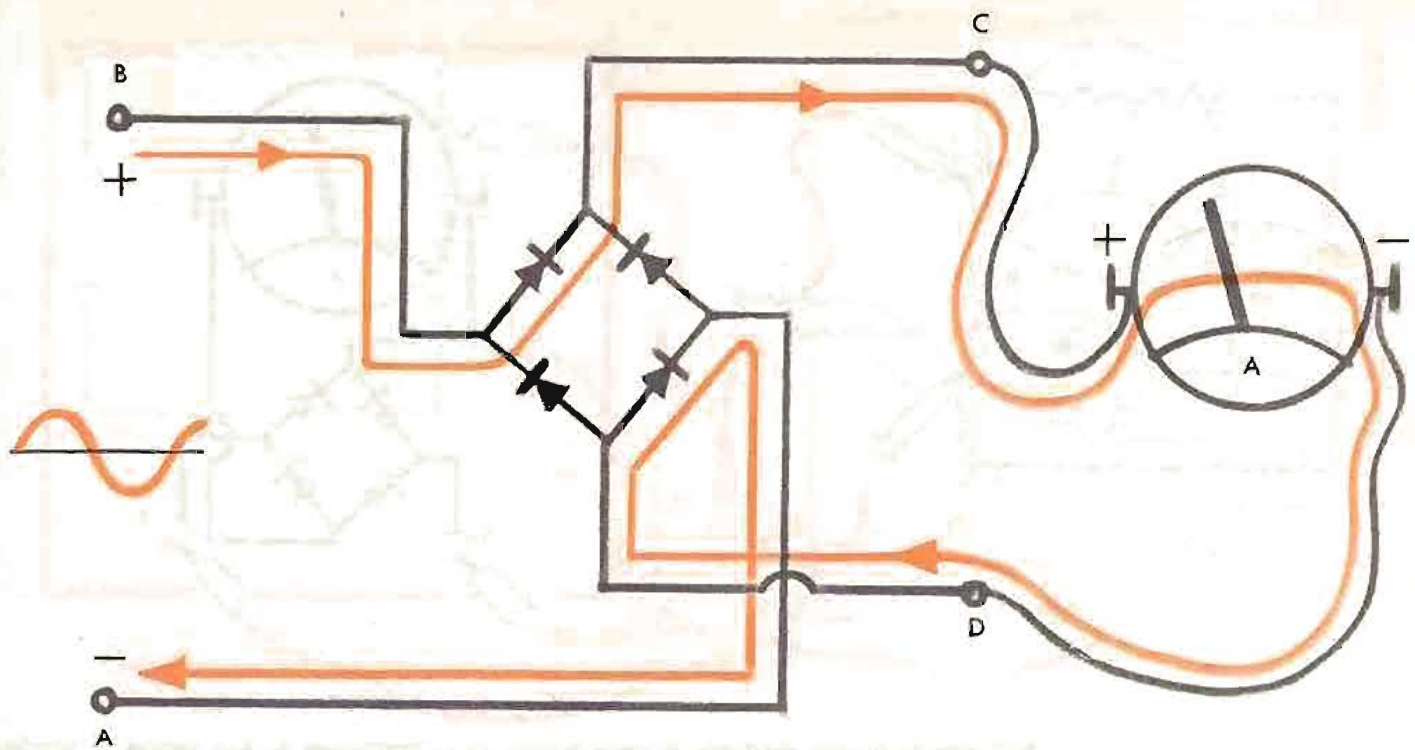


Puente de Graetz: siempre que entre A y B apliquemos una corriente alterna, entre C y D obtendremos una corriente continua cuyo borne positivo estará permanentemente en C.

Al cambiar la polaridad de la corriente el borne A se hace negativo y el B positivo. La corriente sigue el camino indicado en la figura, distinto al anterior; pero circulando a través del galvanómetro también de C hacia D, exactamente igual que en el instante anteriormente considerado, cuando A era positivo y B negativo.



Actuación del puente de Graetz durante el semiperíodo para el cual A es positivo.



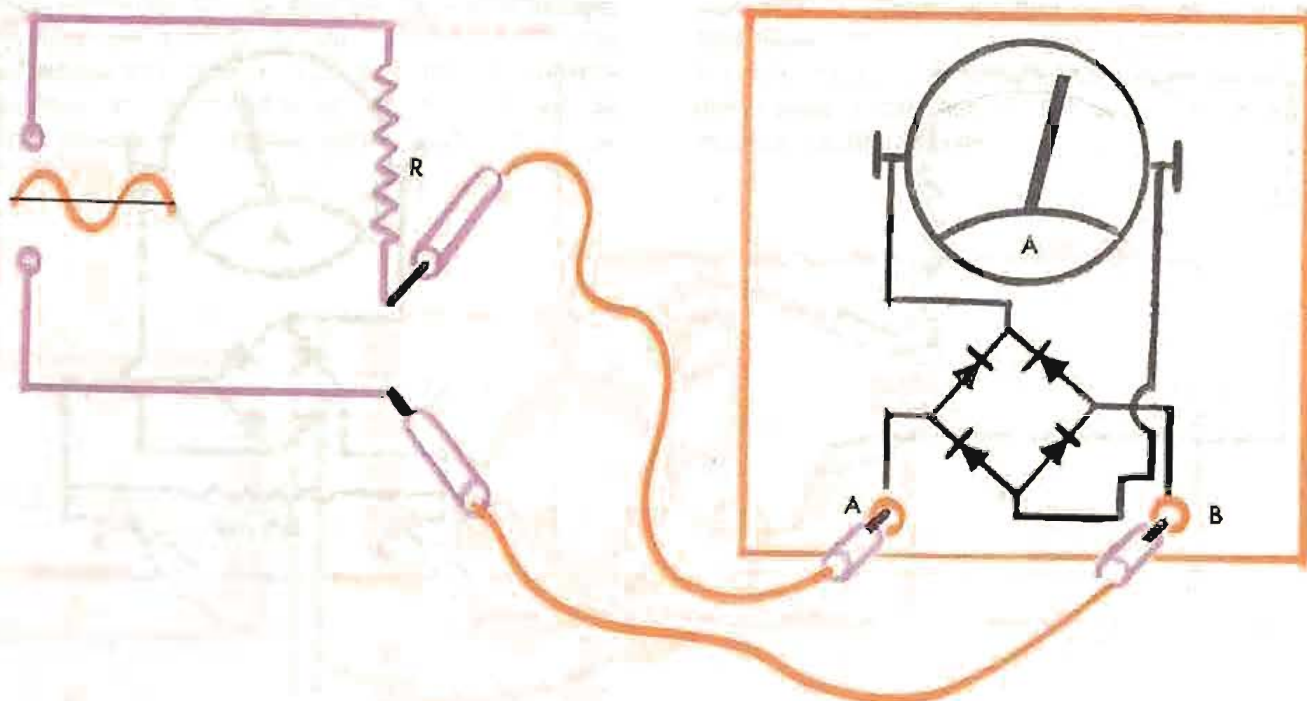
Actuación del puente de Graetz durante el semiperíodo para el cual el borne positivo es B. Observe cómo, siempre, la corriente llega al galvanómetro desde C.

Como puede verse, el puente de Graetz actúa como un rectificador de onda completa y sustituye con ventaja al transformador con doble bobinado en el secundario.

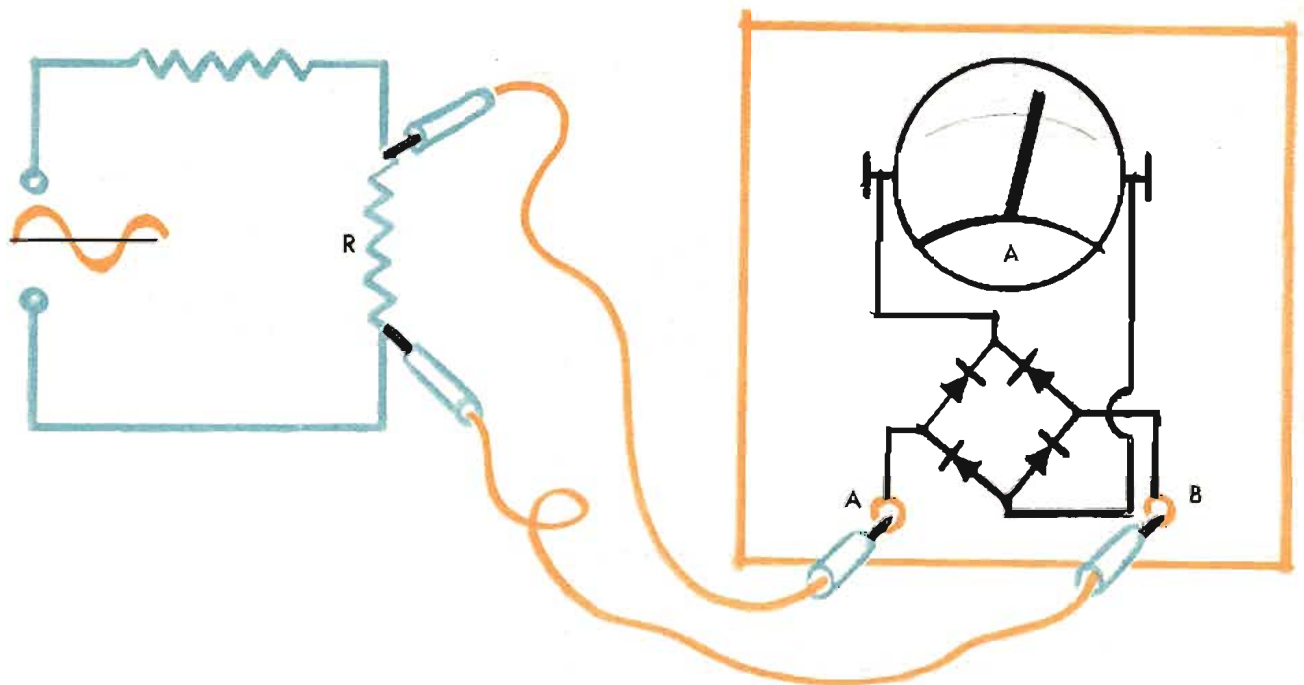
Para medir la intensidad eficaz en un circuito de corriente alterna, basta intercalar los bornes

A y B en dicho circuito; y si lo que pretendemos es medir la tensión eficaz entre dos puntos del circuito bastará conectar a dichos puntos los terminales A y B.

Observe que estamos operando igual que como lo hacíamos en el caso de una corriente continua.



Midiendo la intensidad que circula por la resistencia R. Esquematisamos las puntas de prueba que nos auxillarian en esta operación. En realidad se trata de una cómoda prolongación de los bornes A y B.



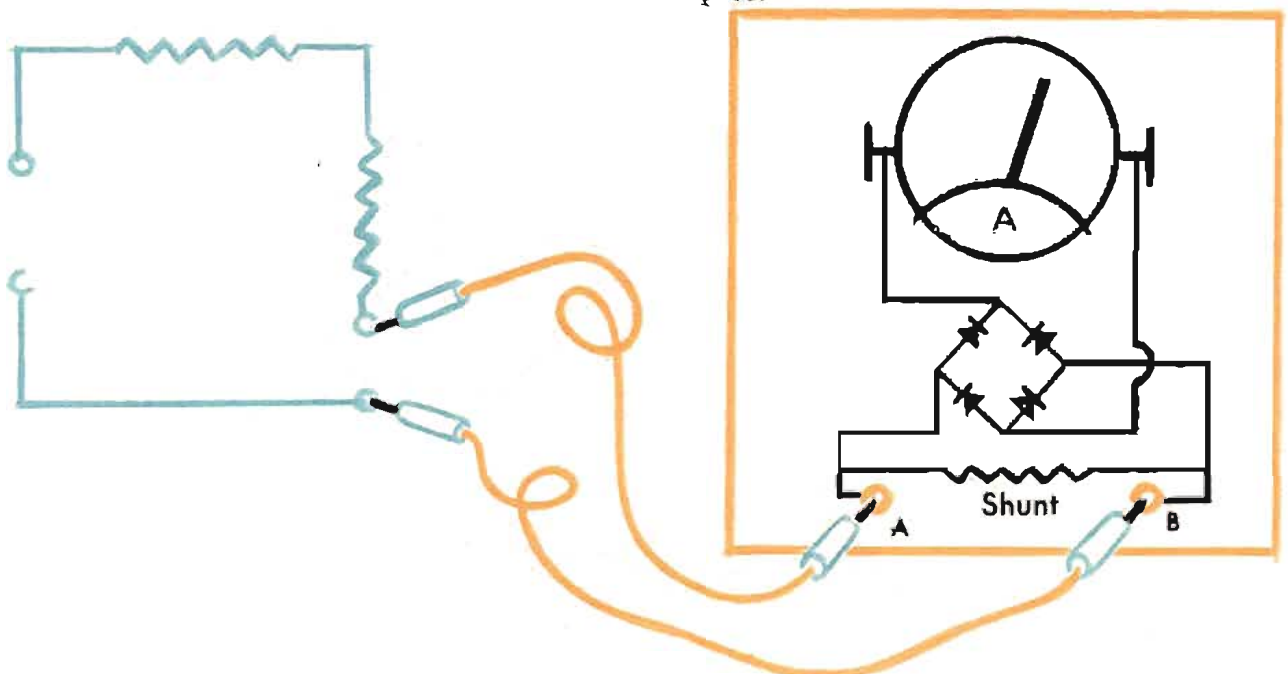
Midiendo la tensión existente en los extremos de la resistencia R . Las puntas de prueba (prolongación de A y B) se apoyarían en dichos extremos.

También, como en el caso de las corrientes continuas, puede ocurrir que interese medir tensiones o intensidades más elevadas de las que el instrumento en sí puede soportar. La solución es la misma que en aquella ocasión:

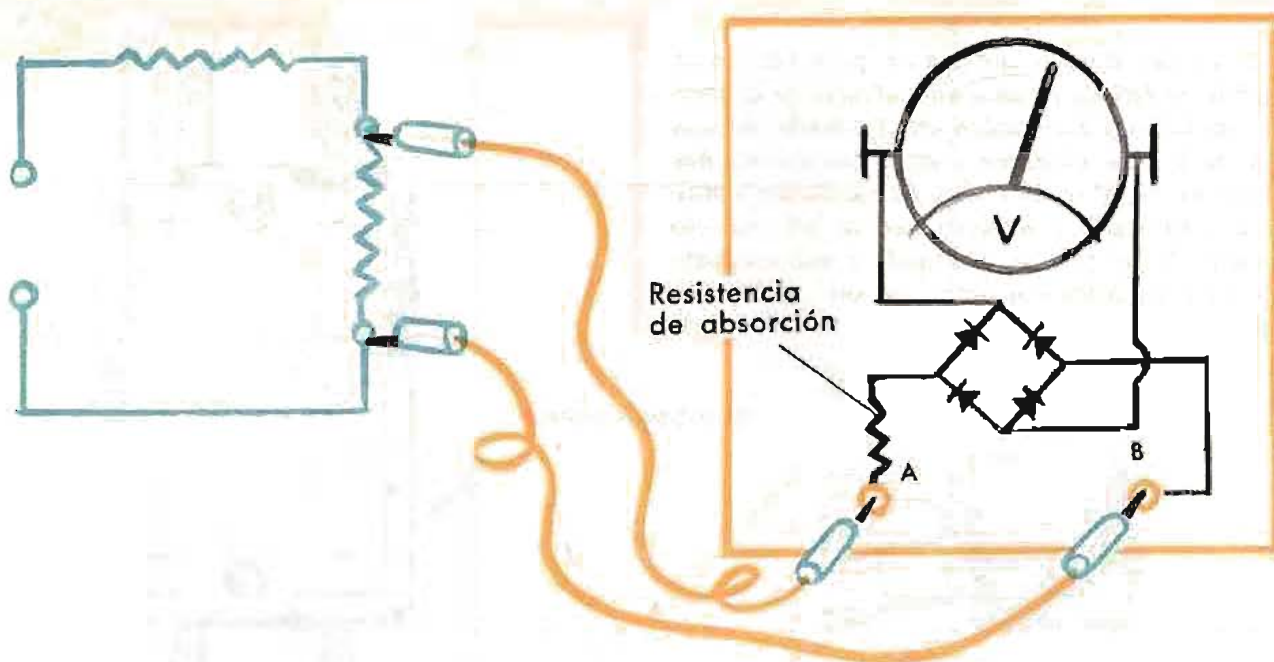
Si la intensidad a medir es excesiva, se coloca entre los puntos A y B un *shunt* de valor adecuado a fin de que por él circule el exceso de intensidad; y si lo que se trata de medir es una ten-

sión demasiado elevada para la sensibilidad del instrumento, basta colocar en serie con el terminal A una resistencia que absorba el exceso de tensión.

Todo ello, repetimos, lo hemos comentado en la lección anterior al referirnos a la medición de corrientes continuas, por lo que quizás resultará conveniente que en esta ocasión le dé un somero repaso.



Cuando la intensidad a medir es demasiado elevada, se intercala un "shunt" entre A y B para que absorba la intensidad sobrante, de forma que a través del instrumento sólo circule una porción de la corriente total.

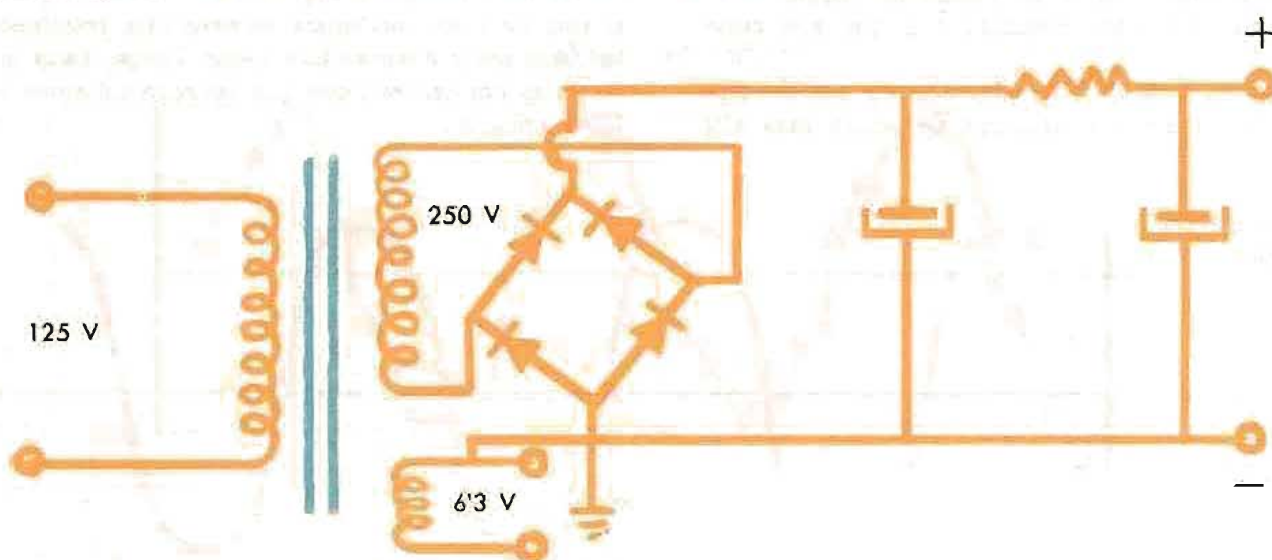


Cuando se trata de medir tensiones demasiado elevadas, se coloca en serie con el puente de Graetz una resistencia que absorba el exceso de tensión.

APLICACION DEL PUENTE DE GRAETZ EN LAS FUENTES DE ALIMENTACION

Puesto que el puente de Graetz es un rectificador de onda completa, es lógica que pueda emplearse como tal en las fuentes de alimentación. El puente de Graetz permite construirlas con transformadores más sencillos y menos voluminosos que los empleados en un rectificador de onda completa con válvula doble diodo. El secun-

dario en este caso requiere únicamente la mitad de espiras. Una fuente de alimentación basada en el puente de Graetz resulta en general menos voluminosa que las ordinarias, pero no más económica, ya que el menor precio del transformador queda compensado por el valor de los elementos rectificadores.



Esquema de una fuente de alimentación provista de rectificador en puente.

Los cuatro diodos necesarios para constituir el puente de Graetz pueden encontrarse en el mercado montados y contenidos en el interior de una cajita de la que emergen cuatro contactos: dos de entrada de alterna y dos de salida de continua. Las fotografías ilustran acerca del aspecto y tamaño de un puente destinado a ser utilizado en fuentes de alimentación y de otro destinado a equipar un instrumento de medida.



DISTINTOS TIPOS DE CORRIENTES ALTERNAS

Una corriente alterna se origina por el movimiento de electrones en un conductor, cuando el sentido del movimiento cambia periódicamente.

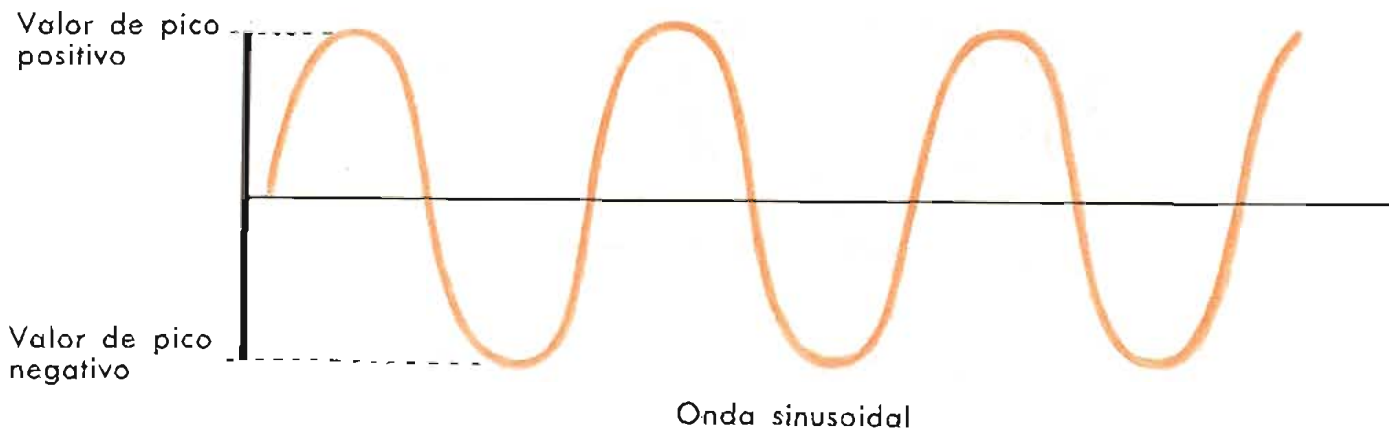
Hasta el momento sólo hemos tratado de un tipo de corriente alterna: el que suministraba aquel alternador elemental estudiado en la lección tercera, la cual recibe el nombre de onda sinusoidal. Este tipo de corriente es también el suministrado por las compañías de electricidad y es, desde luego, el fundamental, aunque no el único. Consideramos de interés proporcionar los gráficos de los distintos tipos de ondas de corriente alterna, así como los nombres con que son conocidas.

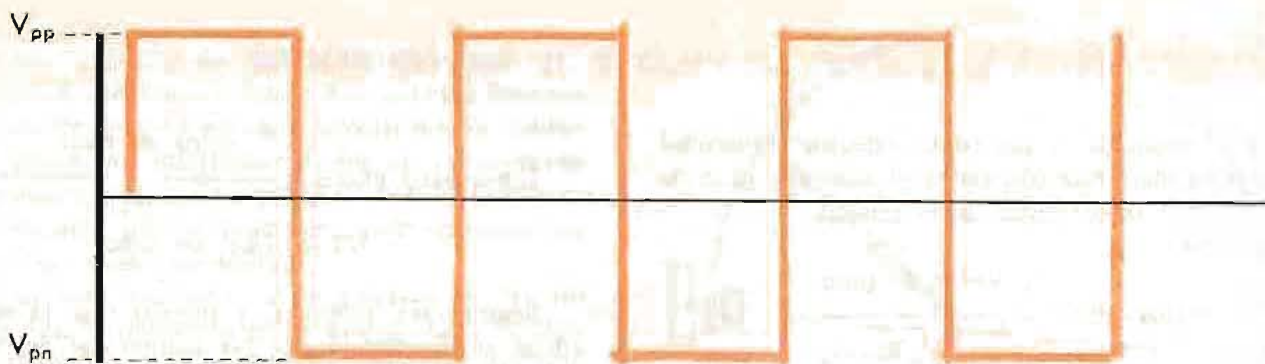
En toda onda de corriente alterna, sea del tipo que sea, debemos considerar su punto más alto

positivo y su punto más bajo negativo. Al punto más alto positivo de una onda se le denomina *valor de pico positivo* (V_{pp}); al punto más bajo, *valor de pico negativo* (V_{pn}). No siempre coinciden en valor absoluto.

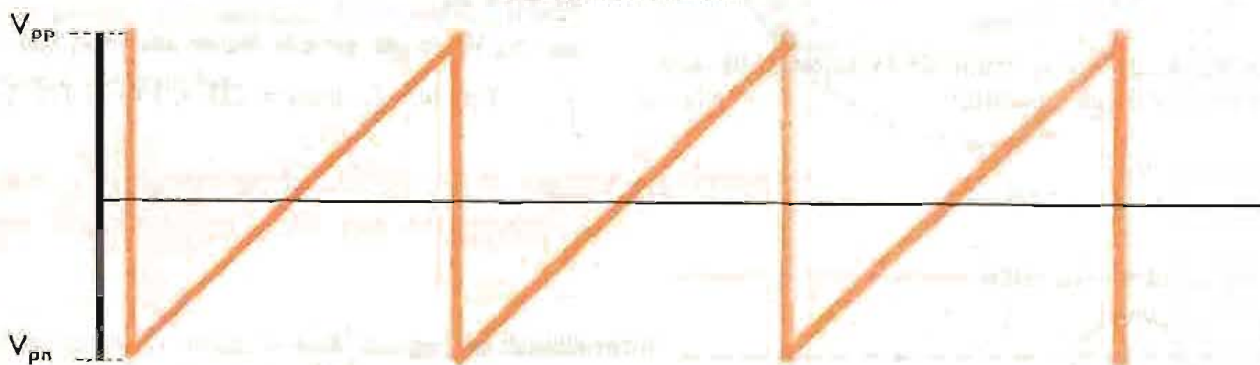
Las corrientes alternas pueden ser: de onda sinusoidal, de onda cuadrada, de onda en diente de sierra y de onda rectangular etc. Incluso el aspecto de la onda de una corriente alterna puede ser irregular.

En todo caso, y cualquiera que sea su aspecto, si una de esas corrientes recorre una resistencia se generará y desprenderá calor. Luego, cada una de estas corrientes tiene sus correspondientes *valores eficaces*.

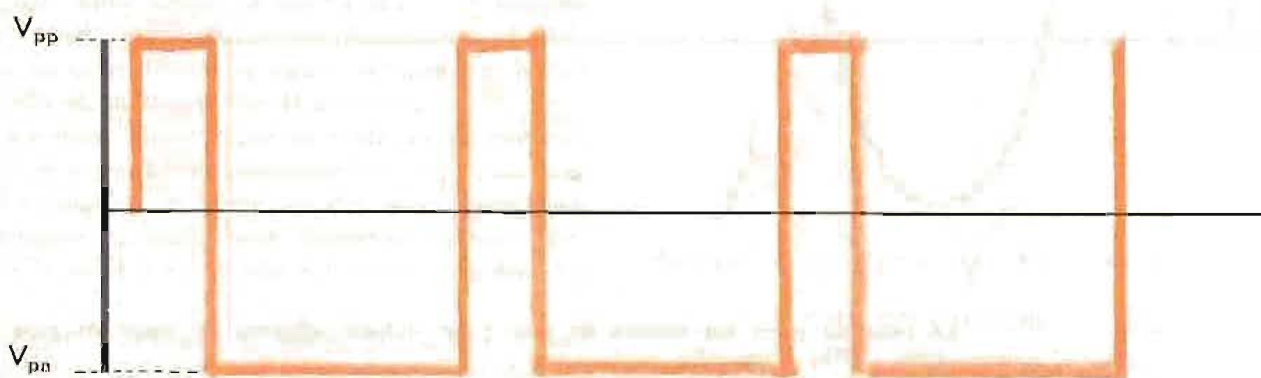




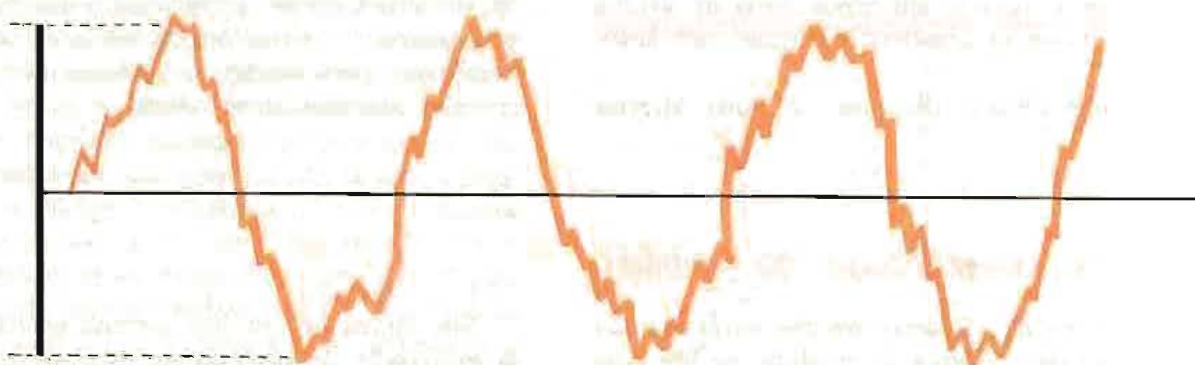
Onda cuadrada



Onda en diente de sierra



Onda rectangular



Onda irregular

En este tipo de ondas, se comprende, no hay posibilidad de establecer relación entre los valores de pico y los valores eficaces.

RELACION ENTRE EL VALOR DE PICO Y EL VALOR EFICAZ

En el caso de la corriente alterna sinusoidal existe una fácil relación entre el valor de pico de la onda y el valor eficaz de la misma.

Es ésta:

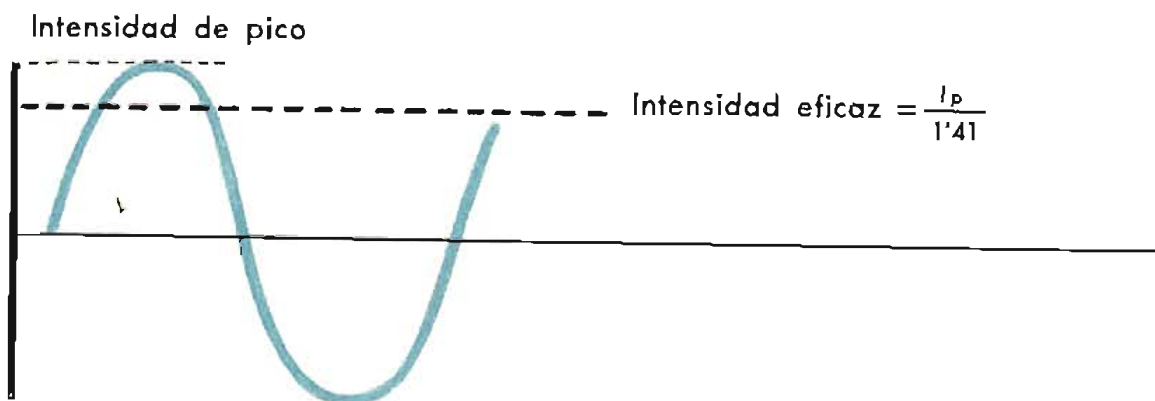
$$\begin{aligned} \text{Valor eficaz} &= \frac{\text{Valor de pico}}{\sqrt{2}} = \\ &= \frac{\text{Valor de pico}}{1.41} = 0.7 \times \text{valor de pico} \end{aligned}$$

Es decir, que si se trata de la intensidad, por ejemplo, podremos escribir:

$$\begin{aligned} \text{Intensidad eficaz} &= \frac{\text{valor de pico}}{1.41} = \\ &= 0.7 \times \text{valor de pico} \end{aligned}$$

Según esta relación, y puesto que la tensión eficaz suministrada por las compañías de electricidad es de 125 V, deduciremos que dicha tensión es una onda sinusoidal cuyo *valor máximo* o *valor de pico* es:

$$\begin{aligned} \text{Valor de pico} &= \text{Valor eficaz} \times 1.41 \\ \text{Tensión de pico} &= 125 \times 1.41 = 176 \text{ V} \end{aligned}$$



La relación entre los valores de pico y los valores eficaces es: valor de pico = valor eficaz \times 1.41.

Repetimos que la relación apuntada entre valores eficaces y valores máximos SÓLO ES VÁLIDA EN EL CASO DE QUE LA CORRIENTE ALTERNA SEA SINUSOIDAL.

Los valores eficaces de una corriente alterna

de cualquier tipo podrán medirse si disponemos de un instrumento térmico. En cambio, un galvanómetro provisto de rectificador sólo deberá emplearse para medir los valores eficaces de corrientes alternas sinusoidales.

OTROS INSTRUMENTOS DE MEDIDA

En el campo de la electrometría encontramos gran variedad de aparatos de medida, de los cuales, sin duda, los galvanómetros de cuadro móvil y los amperímetros térmicos son los más representativos.

No vamos a extendernos sobre los demás modelos porque apenas se utilizan en radiotecnía.

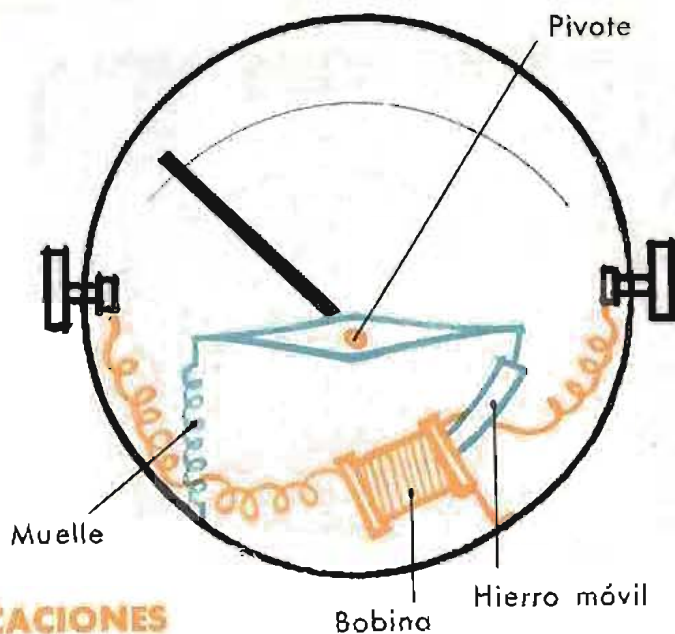
Sin embargo, no nos parece oportuno callar la existencia de un tipo de aparato electrométrico llamado de *hierro móvil*, que, aunque puede adoptar muchas variantes, se funda siempre en la atracción ejercida por un imán sobre una pieza de hierro dulce.

Veamos cómo son esos aparatos:

Un instrumento de hierro móvil es de gran simplicidad mecánica: sobre dos pivotes bascula un brazo de palanca en cuyo centro queda solidaria la aguja del instrumento. En un extremo de esta palanca se fija una pieza de hierro dulce en forma de arco que al bascular puede introducirse en el interior de una bobina.

En el otro extremo de la palanca se fija un muelle que contrarresta la atracción de la bobina sobre el hierro cuando por ella pasa una corriente alterna.

Los instrumentos de *hierro móvil* se utilizan para comprobar si la tensión de la red de distribución es correcta. Para ello se les deja permanentemente conectados.



FORMA CORRECTA DE VER LAS INDICACIONES DE UN INSTRUMENTO DE MEDIDA

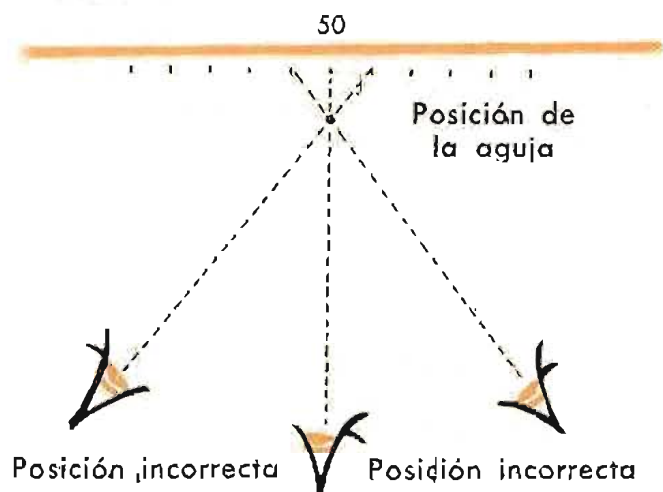
Todos los instrumentos que hemos estudiado tienen el mismo aspecto exterior: una caja que contiene una escala frente a la que se desplaza una aguja. Para medir la intensidad o la tensión en un circuito basta observar frente a qué división se ha estacionado la aguja después de haber conectado el instrumento al circuito.

Ahora bien: puesto que se trata de juzgar con la vista, y puesto que podemos ver las cosas con distintos ángulos visuales, es necesario poner algún cuidado al hacer esta observación para evitar que la vista nos engañe y fijemos una lectura falsa.

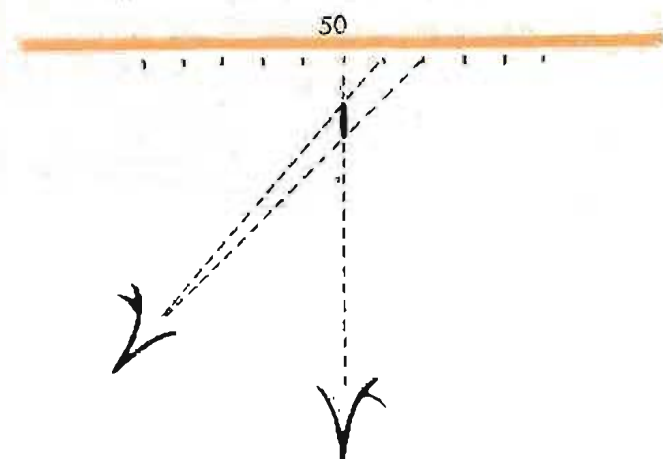
En efecto: la aguja se desplaza frente a la escala, pero se mantiene siempre a cierta distancia de ella, lo que hace que al mirar el instrumento dirigiendo la visual con cierta inclinación respecto a la escala nos parezca que la aguja está frente a una división determinada; y si lo hacemos con otro grado de inclinación nos parecerá que tenemos la aguja frente a otra división.

Así, por ejemplo, podemos encontrarnos con el caso concreto de una posición de la aguja para la cual, si se dirige la visual perpendicularmente a la escala, aparezca frente a la división 50; y que, en cambio, si se dirige oblicuamente al plano de la escala parezca indicar la división 48 o la división 54, según nos situemos a la derecha o a la izquierda de la aguja.

Para realizar una lectura correcta, la visual debe dirigirse perpendicularmente a la escala. En el caso anterior la división indicada por la aguja es la 50, no otra.



En este gráfico se demuestra cómo la separación de la aguja respecto a la escala puede llevar a lecturas erróneas cuando la visual no es completamente perpendicular al plano de la escala.



Es fácil comprender la ventaja de una aguja de cuchilla. Cuando la visual no es correcta, el plano de la cuchilla es claramente visible.



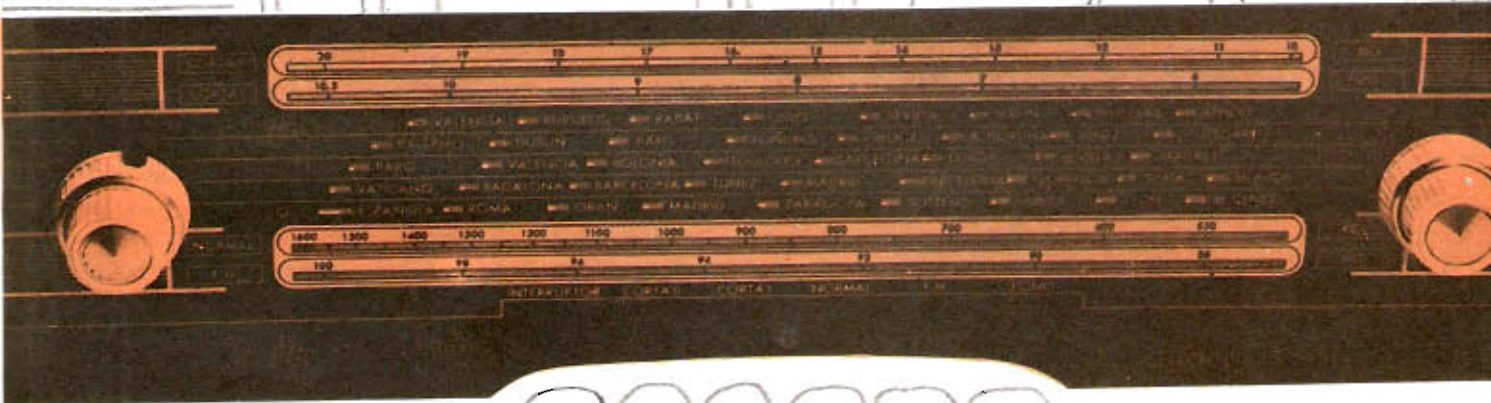
Colocando un espejo detrás de la escala, pueden efectuarse lecturas más precisas.

A fin de poder determinar cuándo la visual es perpendicular a la escala, las agujas se construyen de forma aplastada (aguja de cuchilla). El plano de la aguja permite apreciar la condición de correcta perpendicularidad de la visual. Cuando se cumple tal condición la aguja se ve más estrecha que si dirigimos la visual inclinada.

Otro procedimiento para aumentar la precisión en las lecturas consiste en situar a lo largo de la escala un espejo en que se vea reflejada la aguja. Al efectuar la lectura deben coincidir la aguja y su imagen; es decir, deben verse confundidas. Entonces podemos afirmar que la visual es perpendicular a la escala.

LECCION

12



Medida de resistencias

Ohmetros

Medición de capacidades

El capacímetro

Medida de autoinducciones

Construcción de un téster - Final

MEDIDA DE RESISTENCIAS - OHMETROS

La ley de Ohm relaciona, según sabemos por lo estudiado, la intensidad de la corriente que circula por un circuito con la tensión que se halla entre dos puntos de dicho circuito y la resistencia del conductor que une esos puntos. Las dos lecciones anteriores nos han indicado cómo se miden la tensión y la intensidad en un circuito, tanto en el caso de que la corriente sea continua como en el de que sea alterna.

Falta ahora estudiar algún método que permita medir esa tercera magnitud: la resistencia.

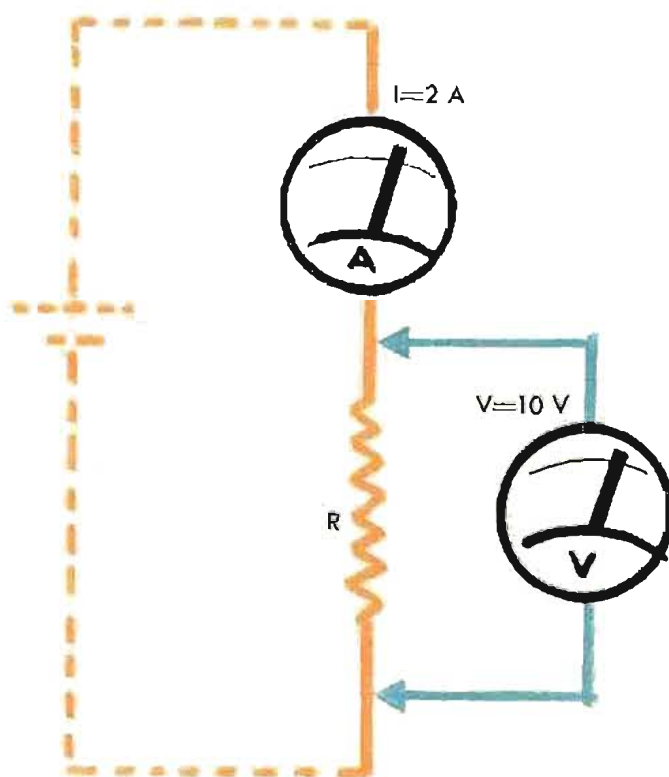
Si podemos medir la intensidad que atraviesa un conductor determinado y la d.d.p. entre sus extremos, por medio de la misma ley de Ohm nos será posible averiguar el valor de la resistencia:

$$R = \frac{V}{I} = \frac{10}{2} = 5 \Omega$$

En efecto: para conocer la resistencia en ohmios que posee el conductor basta con dividir los voltios que indica el voltímetro entre el número de amperios que marca el amperímetro.

Se comprende que resulta engorroso aplicar este método, porque se requiere el concurso de dos instrumentos y además es necesario efectuar operaciones matemáticas, aunque sean tan sencillas como una división, cada vez que se efectúa una medición. Por estas razones el radiotécnico, cuando necesita conocer la resistencia de un conductor, utiliza un aparato especial para tal menester llamado OHMETRO. La resistencia a medir se conecta entre dos bornes de que está provisto el aparato; una aguja indica en una escala (o mejor dicho en una de las varias escalas de que acostumbra estar provisto) el valor en ohmios de dicha resistencia, de modo similar a cómo, por ejemplo, se medían la tensión o la intensidad de una corriente.

¿Cuál es la constitución de un óhmetro? En esencia se trata de un miliamperímetro (por lo general un galvanómetro de cuadro móvil) que pone de manifiesto cuánto disminuye la intensidad de la corriente en un circuito cuando se intercala en él la resistencia que se pretende medir.

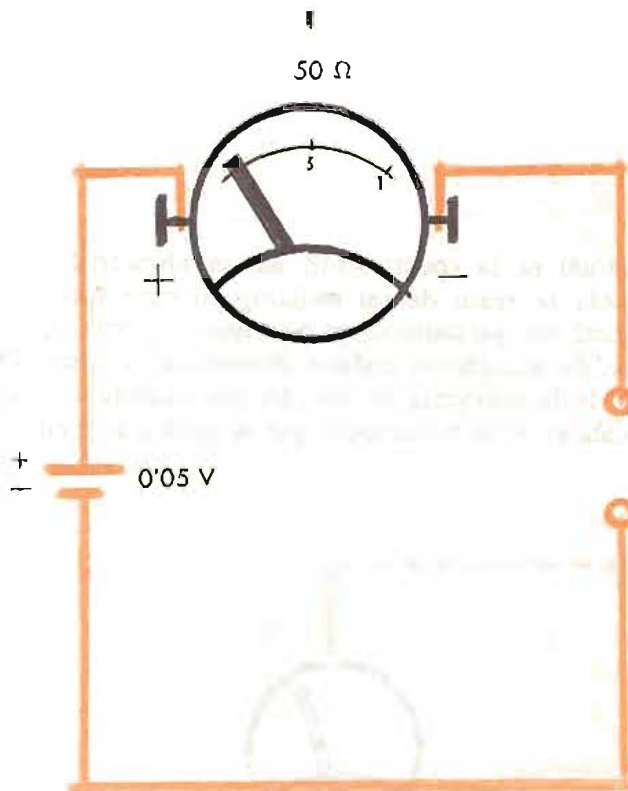


Un circuito formado por un voltímetro y un amperímetro podría servir para la medición de resistencias. Ello, empero, obligaría a efectuar unos sencillos cálculos que se eliminan con el empleo de otros métodos.

Aclararemos esta idea con un caso concreto:

Dispongamos del galvanómetro a que hicimos referencia en la lección 11, cuyas características, según recordaremos, eran 1 mA a fondo de escala y 50 Ω de resistencia en el cuadro móvil, y de una pila de 0'05 V.

Con estos elementos y dos bornes, montemos el circuito indicado en la figura.



Este circuito, formado por una pila de 0'05 V y un miliamperímetro cuyo cuadro móvil tiene 50 Ω de resistencia, puede emplearse para la medición de resistencias de valores bajos.

Es fácil comprender lo que ocurrirá si conectamos entre los bornes un conductor metálico sin resistencia, o de resistencia despreciable (un hilo de cobre, por ejemplo).

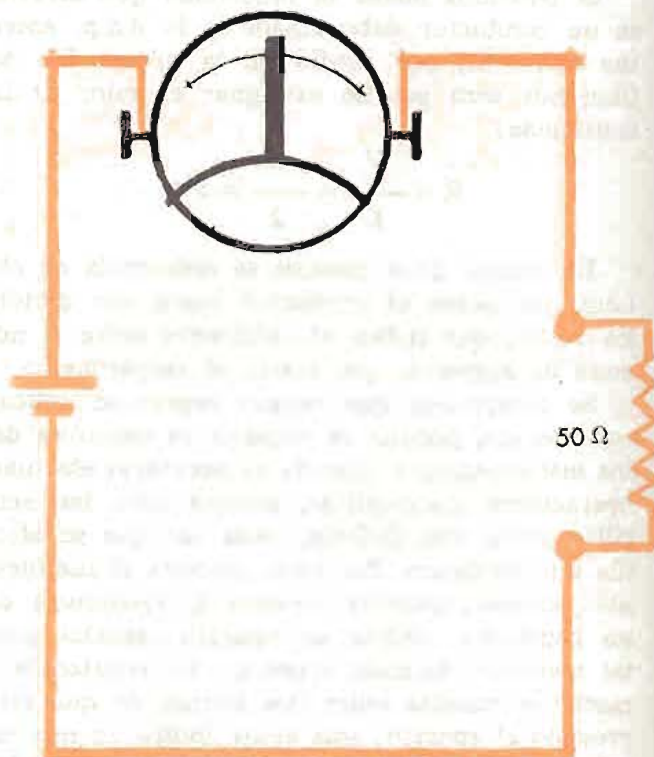
El conductor conectado cierra el circuito. Como la única resistencia que lleva intercalada es la de 50 Ω del cuadro móvil, la intensidad que circula es:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0'05}{50} = 0'001 \text{ A} = 1 \text{ mA}$$

Esto equivale a decir que cuando conectemos entre los bornes un conductor sin resistencia apreciable la aguja se desviará hasta la última división de la escala.



Cuando se unen los dos bornes por medio de un conductor de resistencia despreciable, la aguja del galvanómetro llega al extremo derecho de la escala y señala cero Ω . La intensidad que atraviesa el circuito es 1 mA = 0'001 A.



Al intercalar una resistencia de 50 Ω la aguja señala el centro de la escala. La intensidad es ahora 0'5 mA = 0'0005 A.

Conectemos ahora entre los bornes una resistencia de $50\ \Omega$. La resistencia total del circuito se ha convertido en $50 + 50 = 100\ \Omega$; y como ha aumentado hasta el doble, la intensidad se habrá reducido a la mitad. Es decir, que será $I = 0.5\ \text{mA}$. En efecto:

$$I = \frac{V}{R} = \frac{0.005}{100} = 0.0005\ \text{A} = 0.5\ \text{mA}$$

Por tanto, siempre que se conecte entre los bornes de ese circuito una resistencia de $50\ \Omega$ se detendrá la aguja justamente en el centro de la escala.

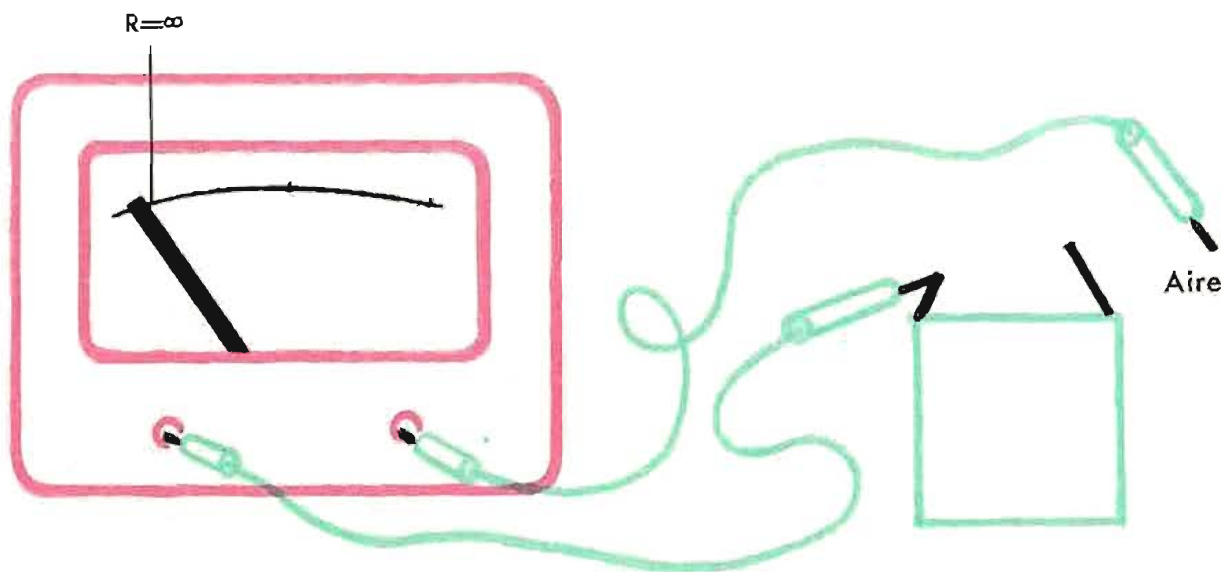
Resumamos los tres casos indicados:

En el primero no se había intercalado nada

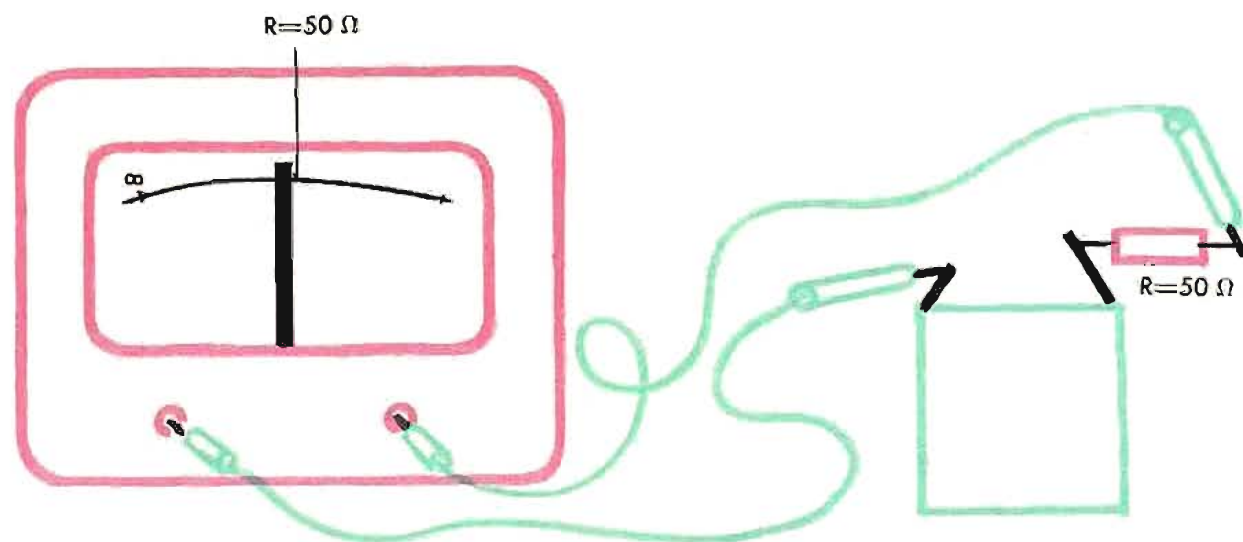
entre los bornes; o por mejor decir no estaban separados más que por aire u otro aislante prácticamente perfecto que haya servido de soporte para el montaje. (Un aislante perfecto puede considerarse como un cuerpo cuya resistencia es infinitamente grande, lo que se simboliza así: $R = \infty$.) Así, siempre que conectemos entre los bornes un cuerpo aislante la aguja se detendrá en la división extrema de la izquierda, división en que podemos grabar $R = \infty$.

En el segundo caso se ha conectado una resistencia de $50\ \Omega$ y la aguja indica la división central. Allí, pues, podemos grabar $R = 50\ \Omega$.

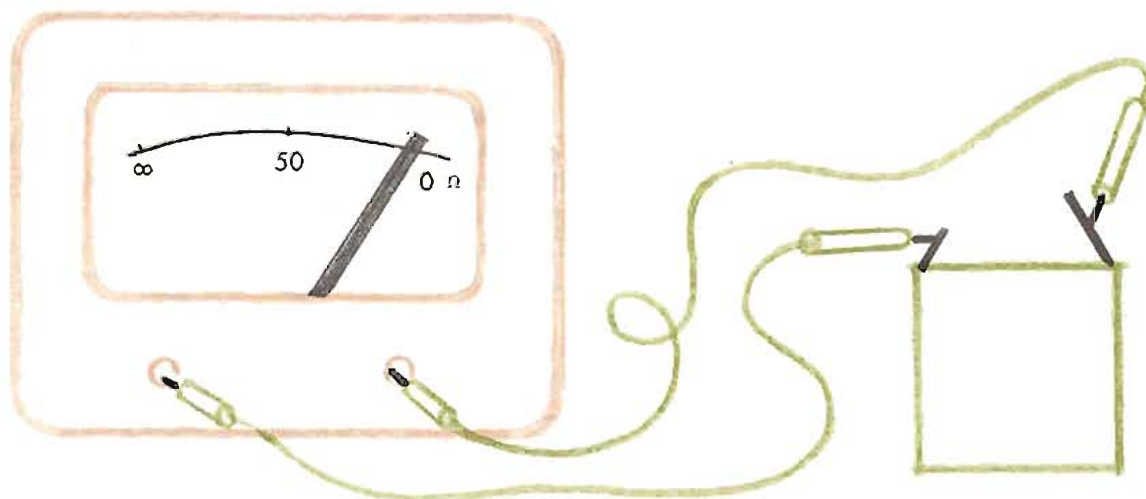
Y en el tercer caso se supone que se ha conectado un conductor que carece de resistencia. La aguja señala la división extrema de la derecha, en que grabaremos $R = 0\ \Omega$.



Primer caso. Entre los bornes no hay conductor alguno. La resistencia será infinita.

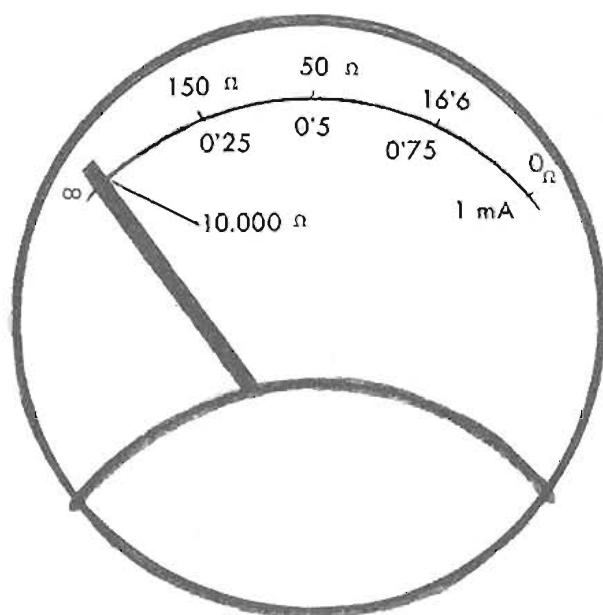


Segundo caso. Entre los bornes hay una resistencia de $50\ \Omega$.



Tercer caso. No hay resistencia.

Es comprensible que si se conecta una resistencia de menos de 50Ω el circuito será recorrido por una intensidad superior a 0.5 mA y que, por tanto, la aguja indicará una división situada entre el centro y la derecha de la escala. Por razones análogas, si la resistencia es superior a 50Ω la aguja se estacionará entre el centro y la izquierda de la escala.



He aquí la escala de un galvanómetro de 50Ω de resistencia en su cuadro móvil. Arriba, graduación en ohmios, y a la izquierda el signo ∞ (resistencia infinitamente grande). Abajo, graduación en miliamperios.

Así, pues, es posible lograr que la escala dé una lectura directa en ohmios.

Sin duda habrá apreciado la sencillez de la estructura básica de un óhmetro. Y ahora, fijese en dos curiosas peculiaridades que pueden apreciarse:

La primera es que la escala marca de derecha a izquierda; es decir, al contrario que las escalas de intensidades y de tensiones. La segunda, que las divisiones se amontonan en la mitad izquierda de la escala. En efecto, según lo que hemos expresado, la mitad derecha de la escala está reservada a la medición de resistencias de valores comprendidos entre 0 y 50Ω ; por lo contrario, en la mitad izquierda están situados los valores mayores de 50Ω , por grandes que sean.

Ello hace que por medio del montaje descrito sea muy difícil medir resistencias de valores elevados. Así, por ejemplo, una resistencia de 9.950Ω colocada entre los bornes dejaría circular una corriente de:

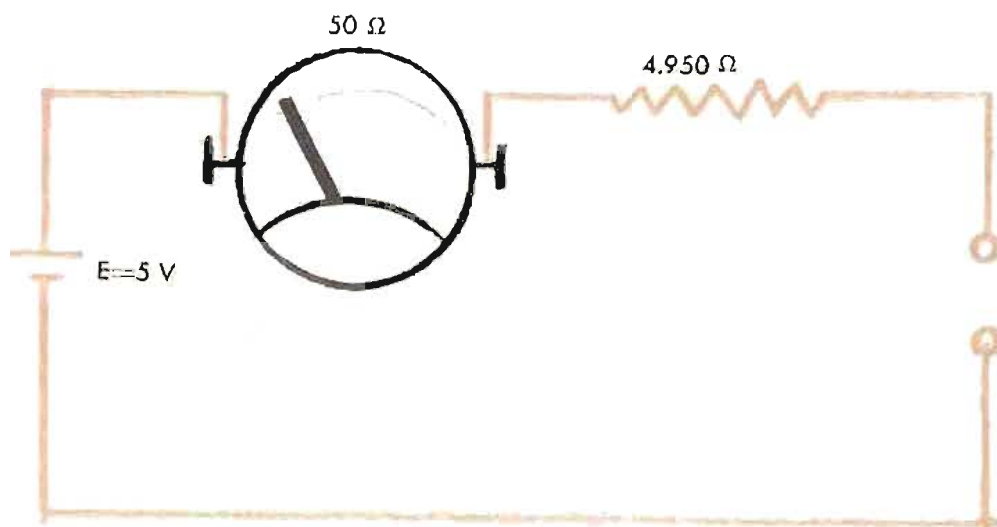
$$I = \frac{0.05}{9950 + 50} = 0.000005 \text{ A} = 5 \mu\text{A}$$

Habíamos quedado en que nuestro supuesto instrumento tenía cien divisiones en su escala. Por tanto, cada división representa:

$$\frac{1 \text{ mA}}{100} = 0.01 \text{ mA} = 10 \mu\text{A}$$

Resulta, pues, que la anterior resistencia desvía la aguja solamente hasta la mitad de la primera división; cualquier resistencia de valor superior la desviaría menos aún. En la práctica resultaría que nuestro óhmetro no podría discernir entre una resistencia de $10.000\ \Omega$ y un aislante.

¡Y en radiotecnía es preciso medir, en ocasiones, resistencias de hasta $10\ \text{M}\Omega$! (Es decir, resistencias de diez millones de ohmios.) Sin embargo, es fácil hallar solución para este problema: basta con utilizar una pila de mayor f.e.m. y disponer una resistencia en serie con el óhmetro.



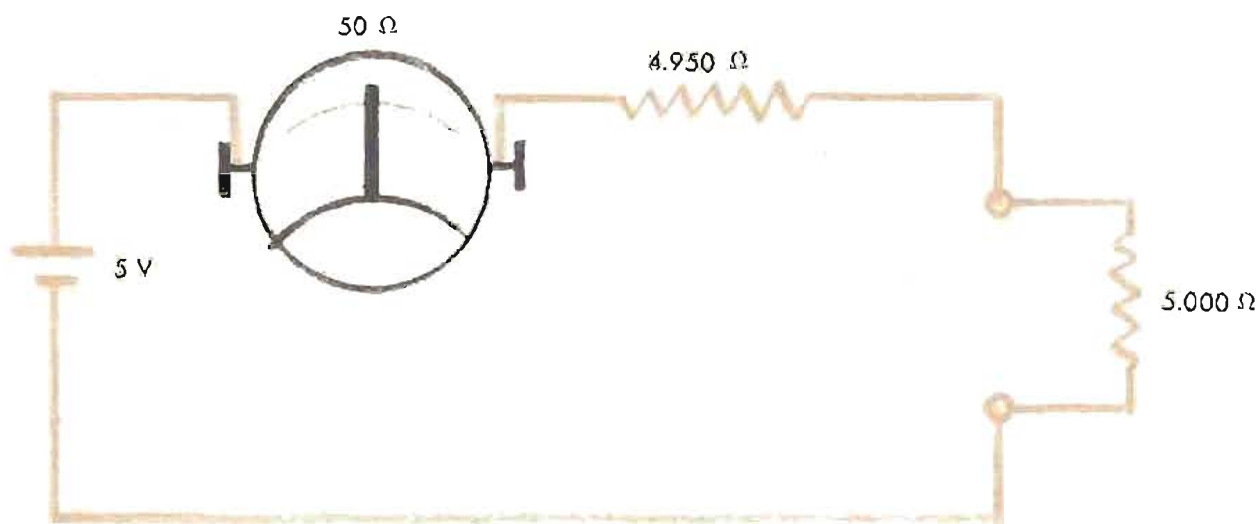
Si se eleva hasta $5\ \text{V}$ la tensión de la pila y se pone en serie con el galvanómetro una resistencia de $4.950\ \Omega$ pueden medirse resistencias de valores cien veces mayores que con el montaje anterior.

Sean, por ejemplo, una pila de $5\ \text{V}$ y una resistencia de $4.950\ \Omega$. Si cortocircuitamos los bornes en este montaje circulará una corriente de

$$I = \frac{V}{R} = \frac{5}{4950 + 50} = 0.001\ \text{A} = 1\ \text{mA}$$

y la aguja del instrumento se desplazará hasta el fondo de la escala, lo que indicará que la resistencia conectada a dichos bornes es despreciable.

Lo mismo que en el caso anterior, se logra que la aguja se detenga en el centro de la escala cuando la resistencia a medir tiene el mismo valor que la resistencia total del circuito (en este caso, la de $50\ \Omega$ del cuadro móvil y la de $4.950\ \Omega$ que se le ha agregado). Es decir, que al conectar entre los bornes del instrumento una resistencia de $5.000\ \Omega$ se llevaría la aguja al centro de la escala.

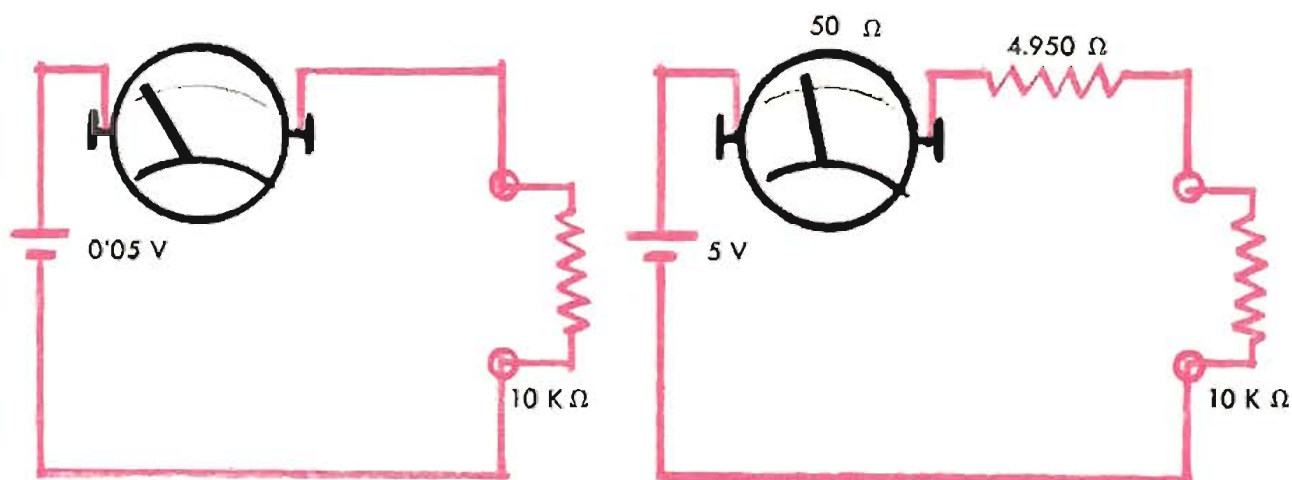


En las condiciones establecidas en este esquema, el galvanómetro marca al centro de la escala cuando se intercala entre los bornes una resistencia de $5.000\ \Omega$.

Con este nuevo montaje el centro de la escala no corresponde a una resistencia de $50\ \Omega$, sino a otra cien veces mayor. Lo mismo puede decirse de las demás divisiones que hemos supuesto grabar.

Utilizando, pues, una pila de 5 V de f.e.m. y una resistencia de $4.950\ \Omega$ será posible medir una resistencia de $10.000\ \Omega$, valor que sobrepasa las

posibilidades de medición del montaje anterior. En efecto, al disponer esta resistencia entre los bornes del aparato se estacionará entre las divisiones marcadas con $150\ \Omega$ y $50\ \Omega$ — véalo en la figura que sigue —, las cuales ahora corresponden a $150 \times 100 = 15.000\ \Omega$ y a $50 \times 100 = 5.000\ \Omega$. Esta desviación de la aguja puede apreciarse con facilidad.



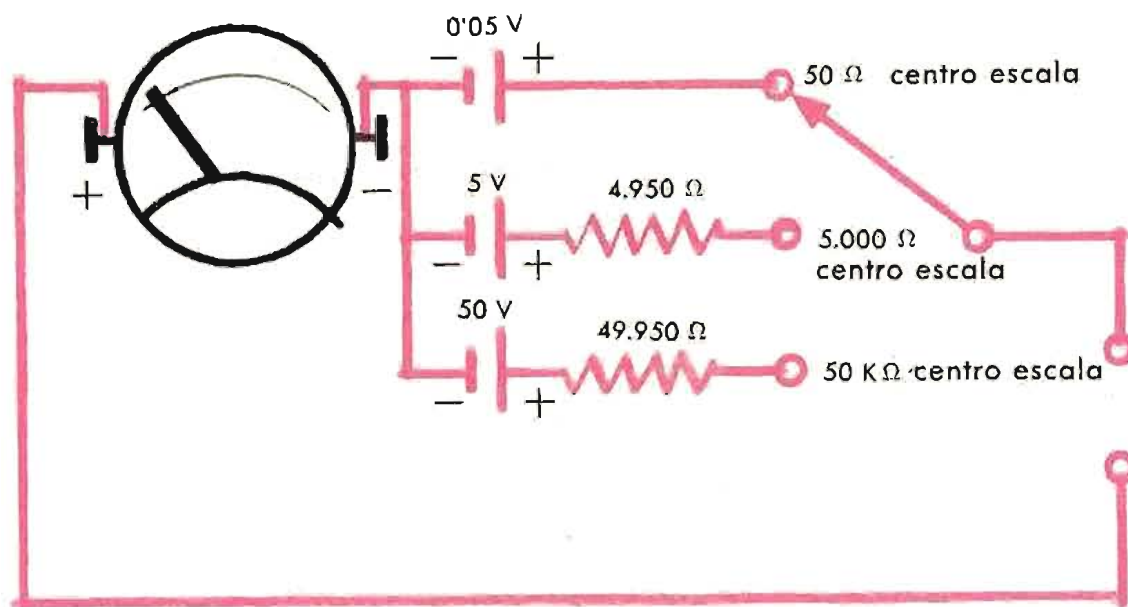
Si pretendemos medir resistencias de valor elevado es preciso utilizar pilas que tengan una f.e.m. elevada y agregar al circuito una resistencia, que tiene la finalidad de que en ningún caso circule una intensidad superior a la que puede medir el instrumento.

Debe procurarse, siempre que ello sea posible, efectuar las mediciones utilizando la zona derecha de la escala, donde las divisiones están más espaciadas y por tanto puede apreciarse con mayor precisión la posición de la aguja.

Los óhmetros pueden estar provistos de una llave de contactos, que permite intercalar en el circuito pilas o resistencias de distintos valores, con el fin de conseguir medir del modo más favorable resistencias de diversos órdenes de magnitud.

Vea un esquema de este dispositivo, en el que se utiliza el galvanómetro de cuadro móvil antes citado y se indica, para cada una de las posiciones de la llave, la resistencia que corresponde a la división central de la escala.

Sin embargo, los óhmetros no son tan simplificados en la práctica, por la sencilla razón de que con el uso disminuye la f.e.m. de las pilas que intervienen en el montaje — se dice que van gastándose —; ello es causa de que el instrumento proporcione indicaciones erróneas. Por ejemplo, si en el montaje explicado la f.e.m. de la pila de 5 V hubiese disminuido hasta 4 V por causa del uso, al cortocircuitar los bornes del óhmetro la aguja no marcaría $0\ \Omega$, sino $1.250\ \Omega$. ¿Cuál es la razón? La de que 4 V no pueden hacer circular por el circuito ($5.000\ \Omega$) más que 0.8 mA , que es la división que corresponde a $1.250\ \Omega$, en vez de 1 mA , que es la intensidad necesaria para que la aguja marque la última división; es decir, el cero de la escala de ohmios.



He aquí cómo, por medio de algunas variantes en el circuito —es decir, con el empleo de pilas de mayor f.e.m. y de resistencias de diversos valores—, es posible aumentar el alcance de las gamas de medición de un óhmetro.

Existe, empero, un procedimiento para conseguir que la aguja marque cero, a pesar de que la pila sólo proporcione 4 V, cuando se conecte entre los bornes del aparato una resistencia de valor nulo o despreciable. Consiste en disminuir el valor de la resistencia del circuito.

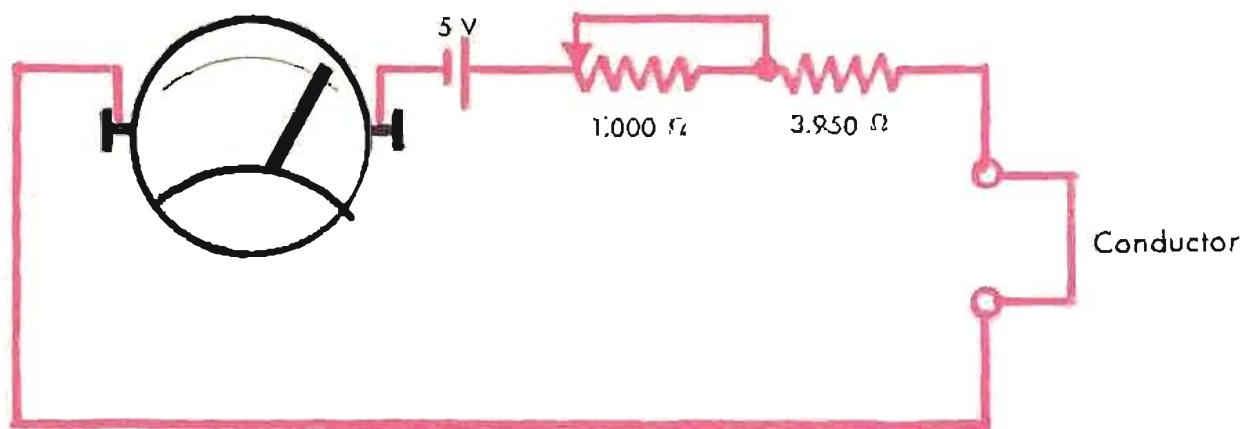
Esto se logra, por ejemplo, haciendo que sea variable una parte de la resistencia que va en serie con el galvanómetro.

Supongamos, por ejemplo, que la resistencia de $4.950\ \Omega$ a que nos hemos referido antes está formada por una resistencia fija de $3.950\ \Omega$ y por otra variable de $1.000\ \Omega$. Bastará con ajustar esta última resistencia de forma que su valor sea cero para que la pila de 4 V haga circular 1 mA a través del circuito, cuya resistencia (con los

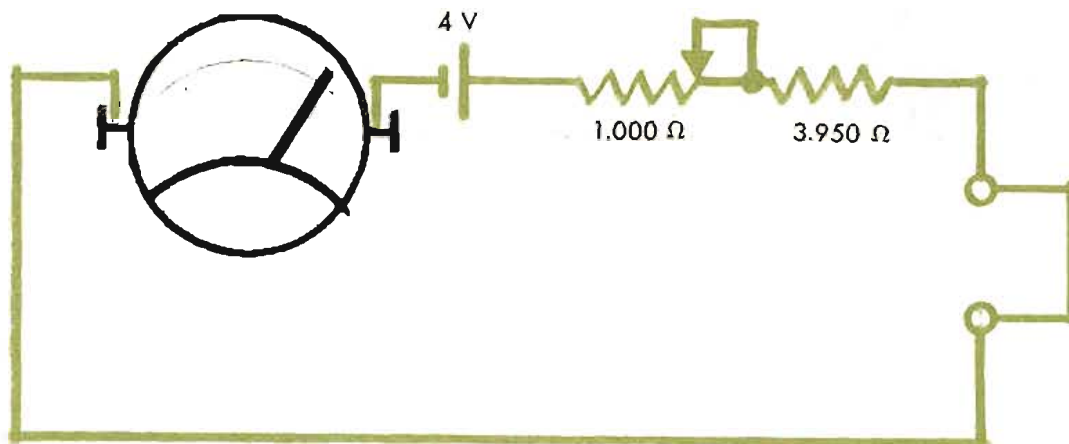
bornes en contacto) es ahora de $3.950 + 50 = 4.000\ \Omega$.

Los óhmetros llevan siempre un dispositivo de este género. Por medio de un botón que sobresale de la caja o de la carátula del aparato puede reajustarse la resistencia del circuito con el fin de conseguir llevar la aguja al cero de la escala de ohmios, después, claro está, de haber cruzado o puesto en cortocircuito los bornes.

Ese botón acostumbra llevar la inscripción « Ω , ajuste de cero». El ajuste a cero de la escala es una operación que debe realizarse siempre, antes de realizar una medición en cualquiera de las escalas del instrumento. Si la pila se ha gastado se disminuye el valor de la resistencia variable.



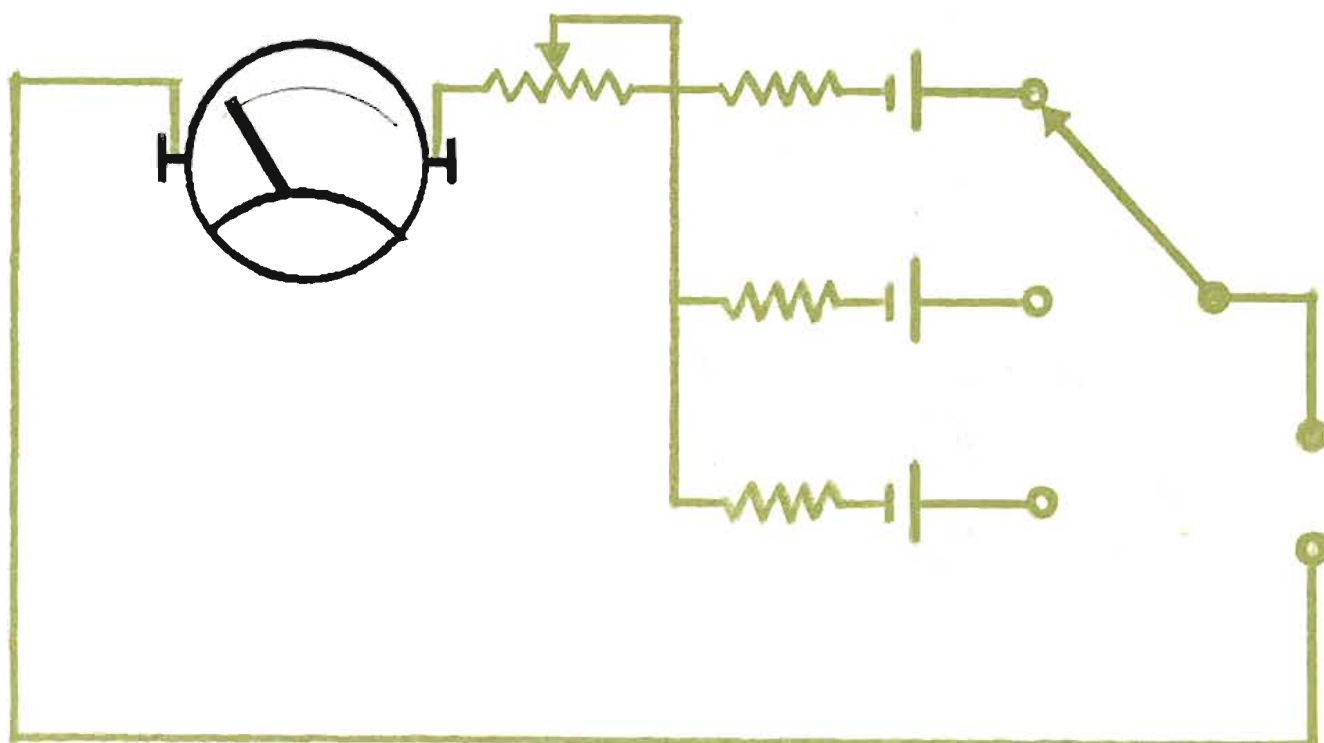
Por medio de una resistencia variable de $1.000\ \Omega$, en serie con el galvanómetro, se compensa el desgaste de las pilas. Cuando son nuevas dicha resistencia debe presentar todo su valor.



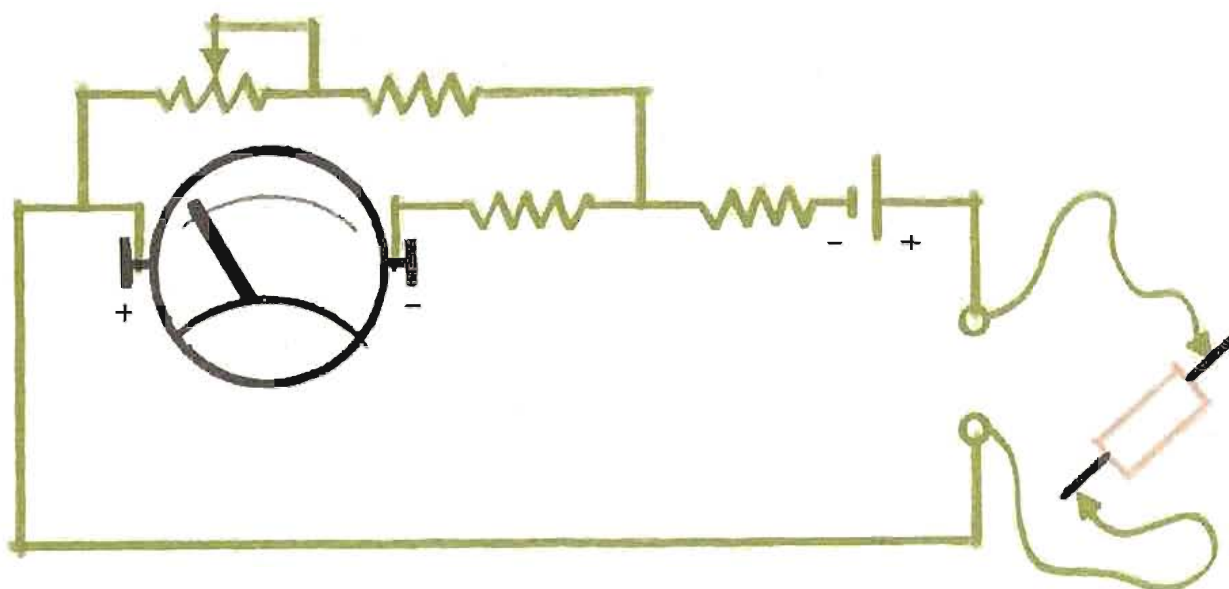
A medida que la pila se gaste o agote, se disminuirá el valor de la resistencia variable.

Por estas razones nunca se utiliza, en la práctica, como óhmetro una pila y un galvanómetro sin resistencia adicional, en la forma que representaba una figura anterior. Un circuito, pues, que está más de acuerdo con la realidad es el que se representa al pie de esta página; otro, el que aparece en la siguiente.

En ocasiones no se dispone en serie con el galvanómetro la resistencia variable, sino en paralelo o en una combinación de serie y paralelo. De todos modos, el dispositivo de que se trate cumple siempre con la misión de que sea posible modificar a voluntad la resistencia total del circuito.



Este circuito permite efectuar mediciones de resistencias en tres gamas diferentes. Como en el anterior, se ha incluido una resistencia variable en serie con el galvanómetro, para compensar el desgaste de las pilas y lograr que sea posible el ajuste a cero Ω en cada una de las diversas gamas.



Otra forma de incluir la resistencia variable. Se trata de una combinación de resistencias en serie y en paralelo con el galvanómetro.



Aspecto de un comprobador o analizador universal. El botón flecha de la izquierda sirve para el ajuste a cero del óhmetro. Con el de la derecha se escoge la gama de medición que debe utilizarse. La resistencia que se supone medir está intercalada entre dos puntas de prueba.

CONSIDERACIONES FINALES

No debe creerse que el hecho de que sea posible reajustar el cero de la escala elimina el error en las mediciones. Por lo que hemos estudiado sabemos que al colocar entre los bornes una resistencia de $5.000\ \Omega$ la aguja señala el centro de la escala. En cambio, para conseguir que la aguja llegue a esa posición cuando la pila está gastada basta con que la resistencia situada entre los bornes sea de $4.000\ \Omega$, ya que ésta es en-

tonces la resistencia total del circuito. Así, pues, siempre que el aparato se encuentre en esas condiciones señalará $5.000\ \Omega$ cuando se pretenda medir una resistencia de $4.000\ \Omega$.

Sin embargo, es mucho menos grave atribuir 5.000 ohmios a una resistencia de 4.000 , que atribuir un valor de $1.250\ \Omega$ a un conductor sin resistencia — que es lo que ocurriría si no ajustásemos el cero —.

El ajuste a cero no suprime, pues, el error, sino que lo desplaza hacia la porción izquierda de la escala, haciendo así que revista menor importancia en la porción derecha. Ésta es una razón más para efectuar las mediciones en esa zona, como ya habíamos mencionado.

Por otra parte, debe tenerse en cuenta que

MEDICION DE CAPACIDADES

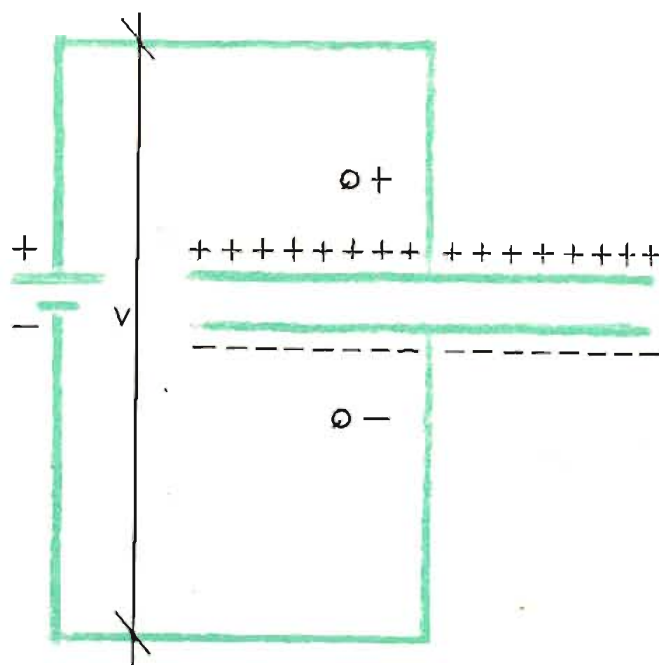
Para empezar, recordaremos el significado que para nosotros tiene la palabra *capacidad*.

Un CONDENSADOR está constituido por dos superficies metálicas, que reciben el nombre de armaduras y se encuentran enfrentadas. Si se aplica a sus armaduras una diferencia de potencial, conectándolas a los bornes de un generador, una de ellas queda cargada positivamente y la otra negativamente. El valor de la carga de una cualquiera de las dos armaduras es proporcional a la tensión que se aplica, de modo que si dicha tensión aumenta hasta el doble también aumenta hasta el doble la carga de cada una de las armaduras. Pues bien: se llama CAPACIDAD de un condensador al cociente de la carga de una de sus armaduras entre la tensión de las dos:

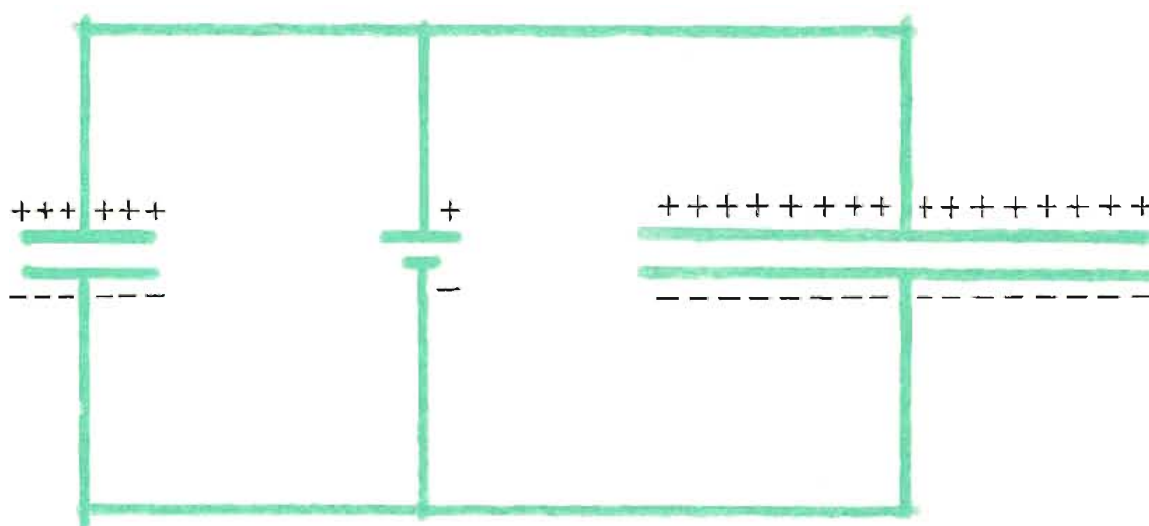
$$C = \frac{Q}{V}$$

Si un condensador tiene mayor capacidad que otro, cuando ambos se conecten a un mismo generador aquél adquirirá mayor carga que el condensador menor. En definitiva, eso es lo que expresa la fórmula anterior y describe en forma gráfica el dibujo inmediato.

los valores numéricos que hemos indicado sólo tienen finalidad explicativa. En la realidad un óhmetro no rinde lecturas tan erróneas como las indicadas. Para evitarlo, la porción variable de la resistencia tiene siempre mucho menor valor que la fija; las pilas deben desecharse antes de que experimenten grandes desgastes.



Una armadura del condensador adquiere carga positiva, y la otra negativa, cuando se conecta a una fuente de energía de corriente continua.



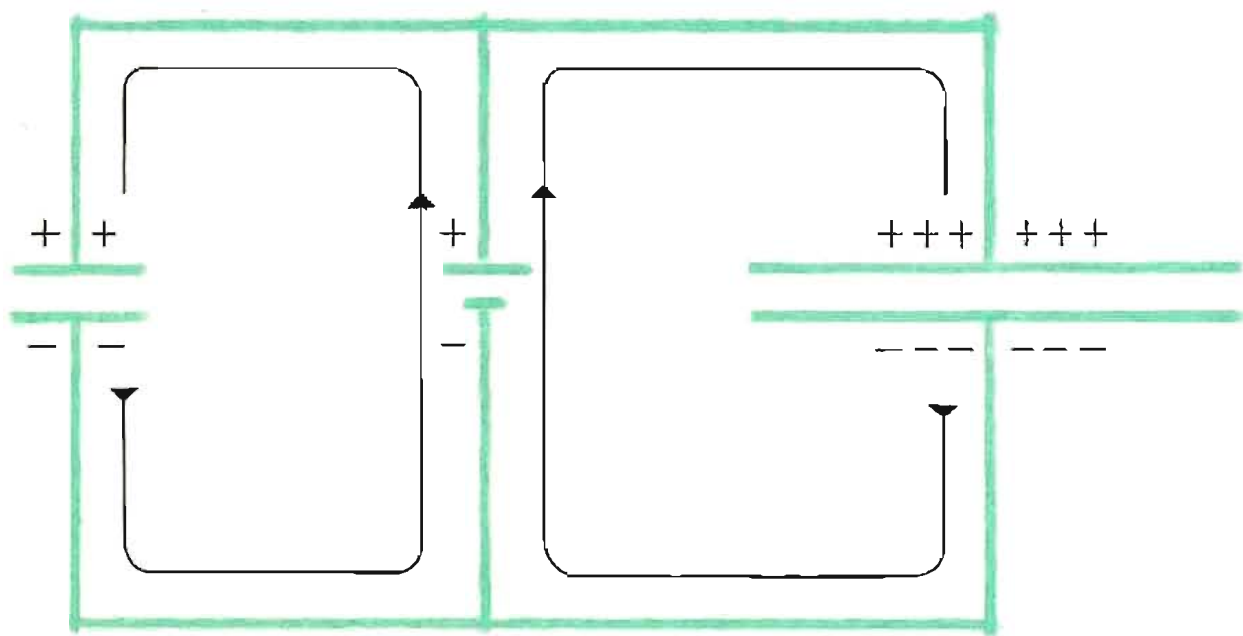
Un condensador adquiere una carga tanto mayor cuanto mayor sea su capacidad.

Analicemos el proceso por que se ha verificado la carga de esos dos condensadores. En virtud de la diferencia de potencial aplicada, los electrones libres de la armadura conectada al borne positivo tienden a desplazarse a través del generador y a ir acumulándose en la armadura conectada al negativo. El proceso continúa hasta que el número de electrones que ha perdido una armadura y ha ganado por tanto la otra es tal que, al ser divididos entre la capacidad del condensador, el cociente sea igual a la f.e.m. de la pila. Es decir, como expresa esta variante de la fórmula anterior:

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

El número de electrones habrá de expresarse en culombios (Q), y la capacidad (C) en faradios.

Se comprende con claridad que mientras los electrones pasan de una a otra armadura, a través de la pila y de los conductores que unen las armaduras a los bornes respectivos, lo que en realidad sucede es que por esos conductores circula una corriente, proceso que termina cuando el condensador se ha cargado por completo.



Al conectar condensadores a una fuente de corriente continua circula por los conductores una intensidad tanto mayor cuanto mayor sea la capacidad del condensador.

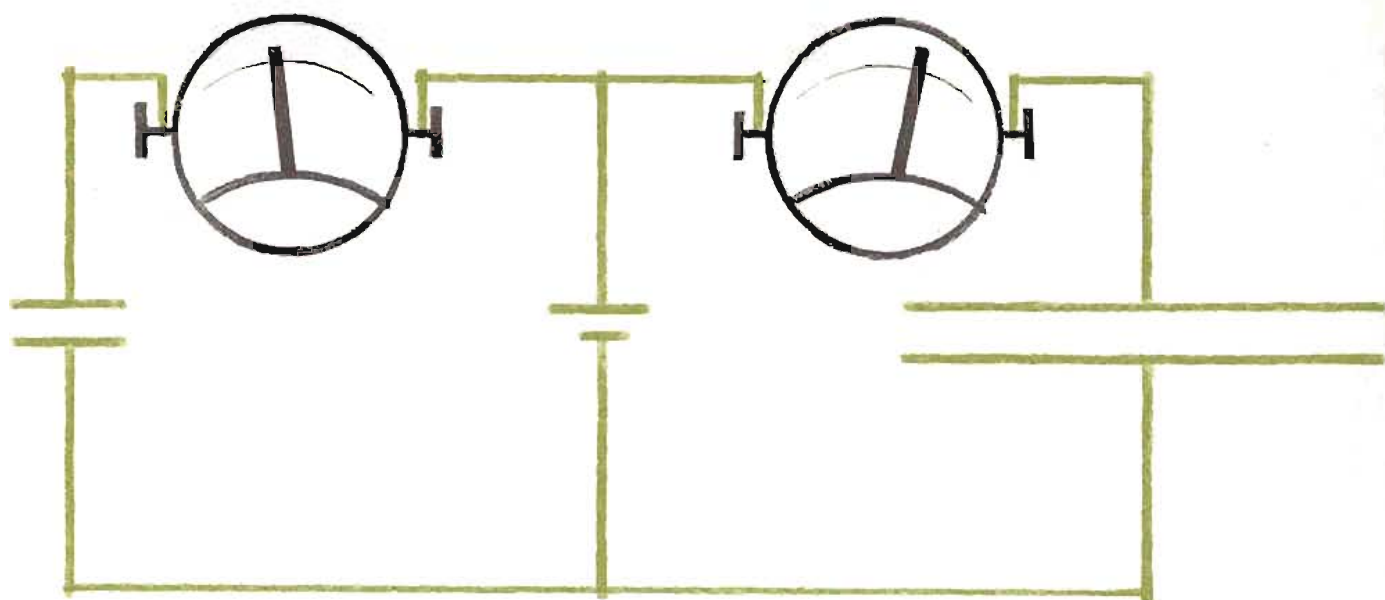
Pues bien: si intercalamos un galvanómetro de cuatro móvil en cada uno de los circuitos, el paso de dicha corriente — que siempre tiene lugar en un tiempo brevísimo — se manifiesta por un desplazamiento momentáneo de la aguja. Dicho desplazamiento es tanto mayor cuanto mayor sea el número de electrones que circule por el circuito; y ese número es por supuesto mucho mayor en el caso del condensador de gran capacidad (pues adquiere mayor carga) que en el de menor capacidad.

De todo lo explicado se desprende que para medir capacidades es posible utilizar el mismo circuito empleado como óhmetro.

En el mismo momento de conectar un conden-

sador a los bornes la aguja del galvanómetro experimenta una brusca y momentánea desviación, tanto más importante cuanto mayor sea la capacidad del condensador.

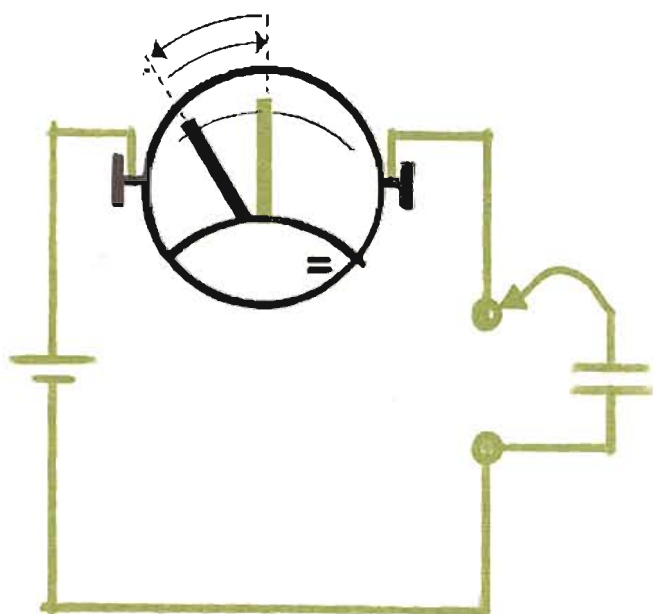
A pesar de su sencillez, este procedimiento no se emplea en el taller del radiotécnico, pues requiere una atención extremada para observar con precisión a qué división ha llegado la aguja en su desplazamiento. El proceso, además, debe repetirse varias veces, hasta que se tenga la certidumbre de haber leído correctamente el desplazamiento. Sin embargo, este sistema se emplea en ocasiones en laboratorios de investigación, por medio de galvanómetros especiales, pues se trata de un método muy preciso.



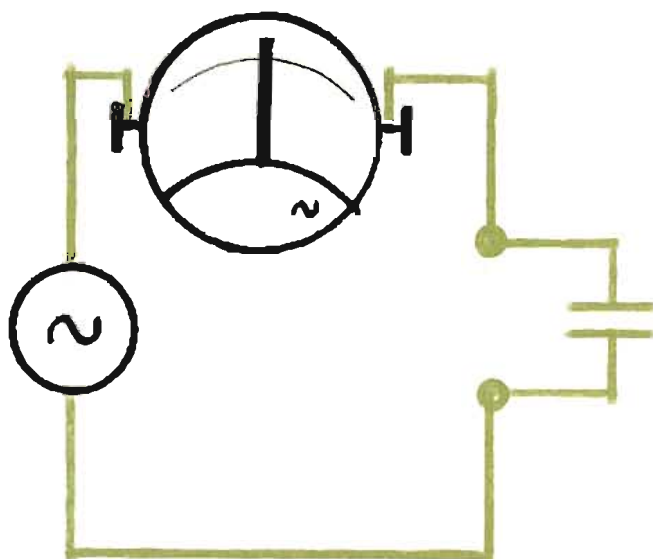
La aguja del galvanómetro de la derecha experimenta un desplazamiento mayor que la del otro, puesto que el instrumento está conectado a un condensador de mayor capacidad.

Desplazamiento instantáneo

Desplazamiento permanente



Por medio de un circuito similar al que se emplea para la medición de resistencias es posible medir la capacidad de un condensador. Cada vez que se conecta éste, la aguja del galvanómetro sufre una brusca sacudida.



Si la fuente de energía proporciona corriente alterna, la desviación de la aguja del galvanómetro es permanente. La magnitud de ese desplazamiento es proporcional a la capacidad del condensador.

El método utilizado en radiotecnía, mucho más rápido, se basa en el mismo principio y se diferencia en que utiliza un generador de corriente alterna en lugar de una pila y un medidor de corriente alterna en lugar del galvanómetro. Por supuesto, el medidor de corriente alterna puede ser un galvanómetro provisto de rectificador. Fíjese en que el circuito es análogo al anterior, sin más diferencias que las señaladas.

En este circuito, cuando se conecta un condensador a los bornes la aguja del instrumento experimenta una desviación permanente; es decir, que queda desplazada mientras esté conectado el condensador. Esa desviación es tanto más amplia cuanto mayor sea la capacidad del condensador. Este circuito constituye un CAPACÍMETRO.

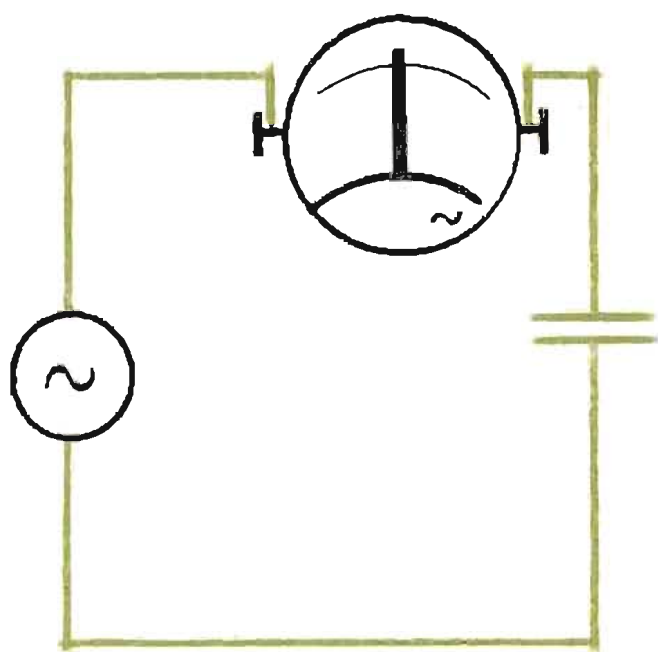
Es fácil comprender el funcionamiento de

este circuito si se recuerda (véase lo explicado sobre los condensadores) que cuando se aplica una tensión alterna a una capacidad los conductores que unen el generador a las armaduras están recorridos por una corriente también alterna. Ello se debe a que cada vez que varía la polaridad del generador el exceso de electrones acumulado en una de las armaduras pasa a la otra a través de dicho generador, proceso que se repite de modo periódico.

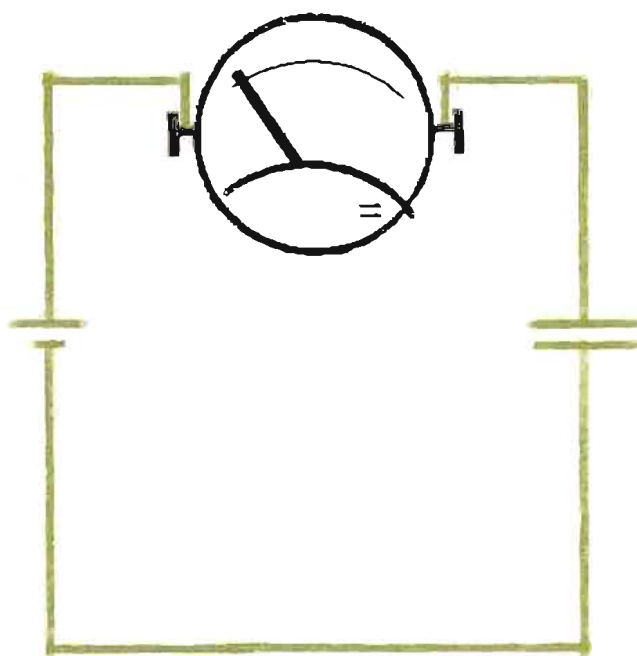
Es, pues, un hecho que conviene tener muy

en cuenta el de que los condensadores impiden el paso de corriente continua por los circuitos en que están conectados; pero permiten en cambio el de corriente alterna.

En este sentido, pues, un condensador se comporta como un aislante con respecto a la corriente continua. Por lo contrario, ante la corriente alterna más bien se comporta como una resistencia que disminuye la intensidad de la corriente en los circuitos en que se intercala, pero no la hace cesar.



Los condensadores permiten el paso de la corriente alterna.



Cuando el condensador se ha cargado por entero cesa el paso de corriente en este circuito.

EL CONDENSADOR EN CIRCUITOS DE CORRIENTE ALTERNA

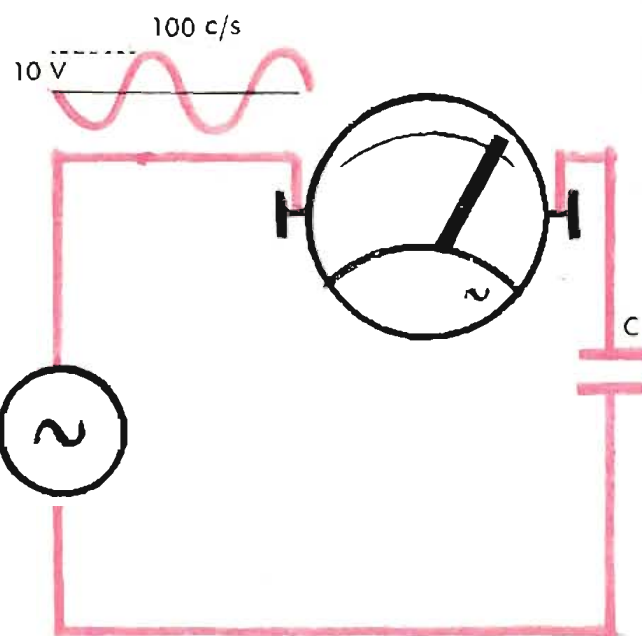
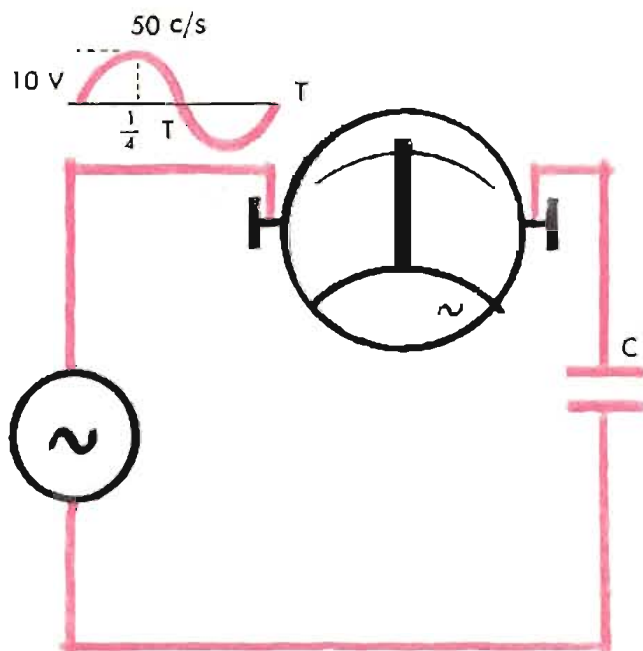
Es interesante conocer el cálculo de la resistencia que opone un condensador al paso de la corriente alterna. La resistencia de un conductor depende únicamente de su forma y naturaleza; la resistencia de un condensador al paso de la corriente alterna no sólo depende del propio condensador, sino también de la frecuencia de dicha corriente.

Veamos el cómo y el porqué de su comportamiento. Supongamos montar un circuito similar al de la figura anterior, mas con la diferencia de que empleamos un generador que — como el que utilizamos para el estudio del circuito resonan-

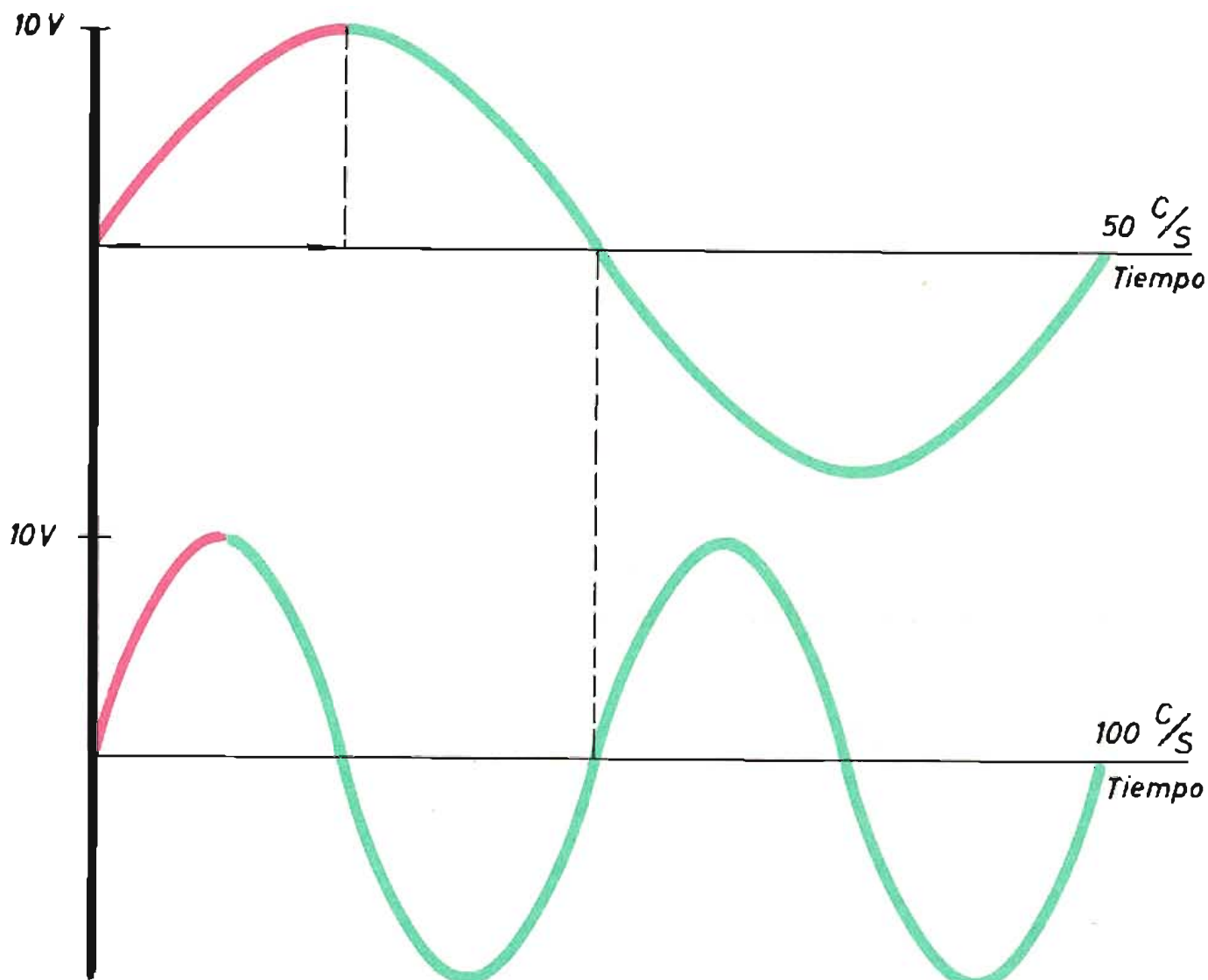
te — permite variar a voluntad la frecuencia manteniendo fija la tensión que suministra. Es decir, que se han introducido las modificaciones señaladas en el esquema.

Pues bien: si elevamos la frecuencia de la corriente podremos observar cómo el instrumento señala una intensidad cada vez mayor; y ello a pesar de que se mantiene fija la tensión.

Es fácil deducir el porqué. Si la frecuencia se ajusta a 50 c/s, por ejemplo, el condensador debe cargarse en $1/4$ de período a la tensión suministrada por el generador, que podemos suponer sea 10 V.

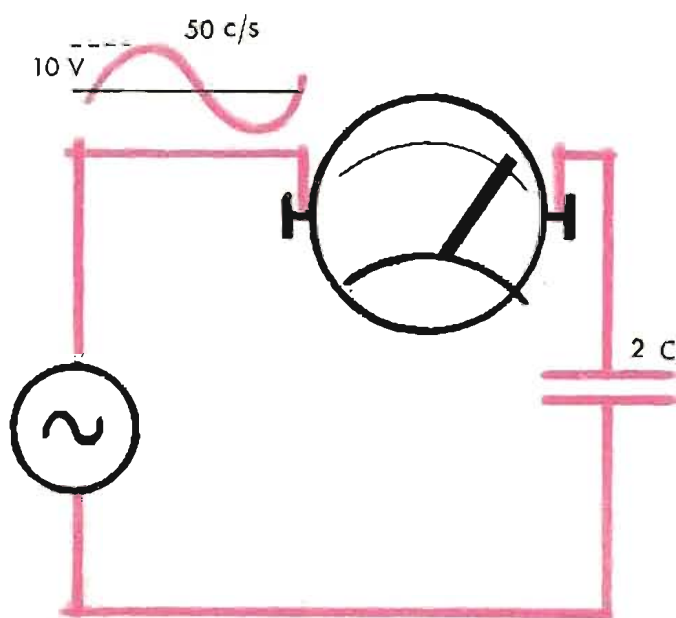
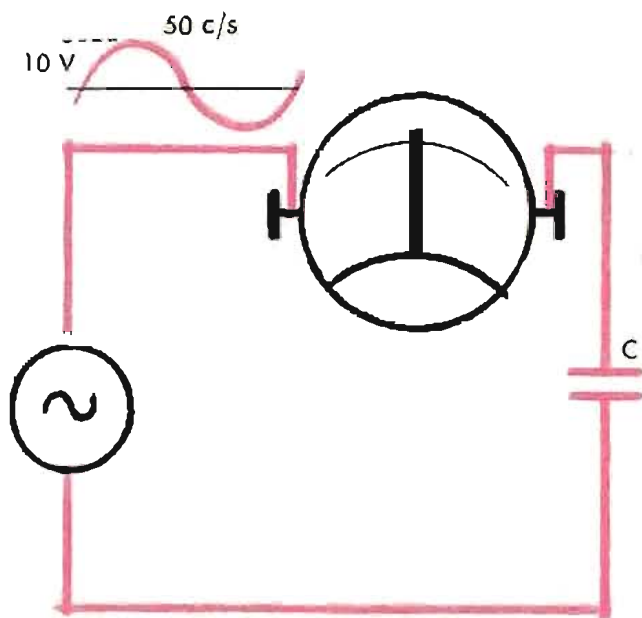


Si se eleva al doble la frecuencia, sin variar la tensión, aumenta también hasta el doble la intensidad de la corriente.

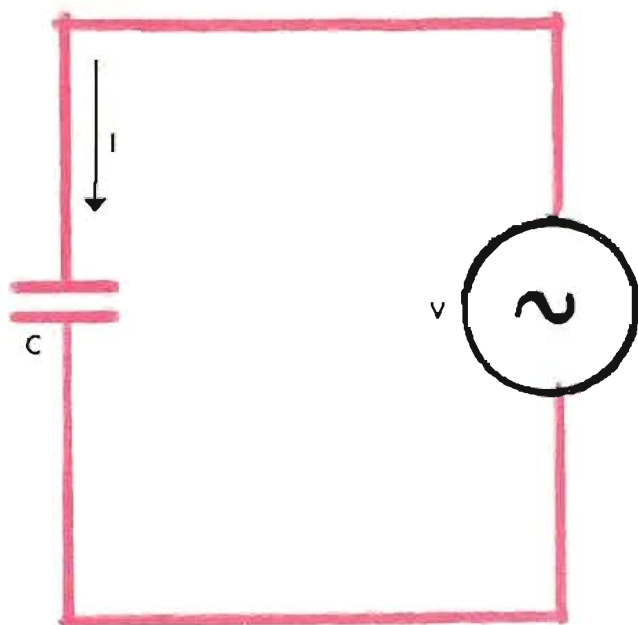


Si se eleva la frecuencia hasta el doble, la cantidad de electricidad necesaria para cargar el condensador circula en la mitad de tiempo.

Si luego elevamos la frecuencia hasta 100 c/s el condensador deberá cargarse a la misma tensión de 10 V, pero empleará la mitad de tiempo. La carga (electrones) habrá circulado a través de los conductores en la mitad de tiempo, y por tanto la intensidad será doble: recordemos que $I = Q/T$.



Con un condensador de doble capacidad en el circuito, la intensidad aumenta hasta el doble, sin variar la frecuencia ni la tensión.



Una variante de la ley de Ohm tiene lugar cuando se trata de condensadores. Es ésta:

$$\frac{V}{I} = X_c; \text{ es decir, } \frac{V}{I} = \frac{1}{6.28 \cdot f \cdot C}$$

Por otra parte, si mantenemos fijas la tensión y la frecuencia, pero empleamos un condensador de doble capacidad que el anterior, en un tiempo determinado habrá de circular doble carga que antes. Por tanto, también será doble la intensidad, lo que confirma la fórmula que ya hemos visto.

Así, pues, la oposición al paso de la corriente alterna que presenta un condensador es tanto menor cuanto mayor sea su capacidad y mayor sea la frecuencia de la corriente.

Dado que la resistencia de un conductor no depende en nada de la frecuencia de una corriente, pero la de un condensador sí, esta última se conoce con un nombre distinto: reactancia capacitiva; se simboliza con X_c y se mide, como hemos dicho al empezar, también en ohmios.

La impedancia de un condensador vale:

$$X_c = \frac{1}{6.28 \cdot f \cdot C}$$

C = capacidad del condensador, en faradios;

f = frecuencia de la corriente, en c/s;

X_c = reactancia (o resistencia) del condensador, en Ω .

Cuando en un circuito se halla un condensador en lugar de una resistencia, la ley de Ohm se modifica en esta forma:

$$\frac{V}{I} = X_c, \text{ o sea } \frac{V}{I} = \frac{1}{6.28 \cdot f \cdot C}$$

Un ejemplo numérico acabará de disipar dudas. Supongamos que conectamos a la red de distribución un condensador de $1 \mu\text{F}$ y que deseamos saber qué intensidad circula por los terminales del condensador.

La ley de Ohm nos dice:

$$\frac{V}{I} = X_c, \text{ o bien } I = \frac{V}{X_c}$$

Expresaremos en faradios la capacidad del condensador: $C = 1 \mu\text{F} = 0.000001 \text{ F}$.

Sabemos que la frecuencia es $f = 50 \text{ c/s}$.

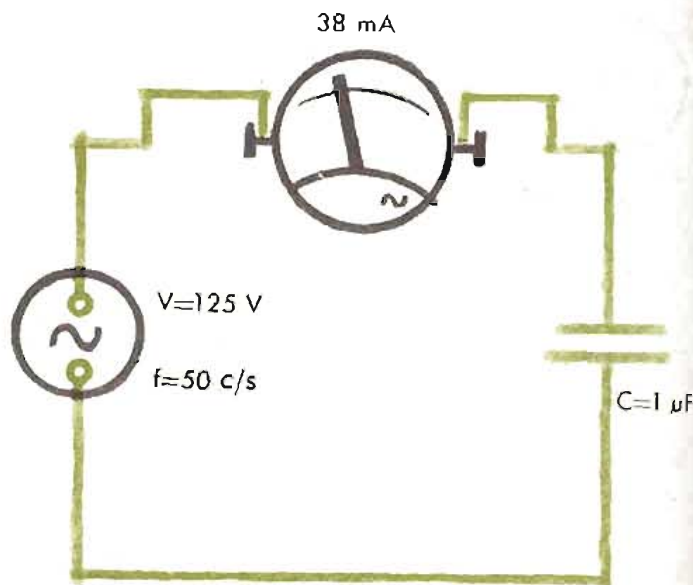
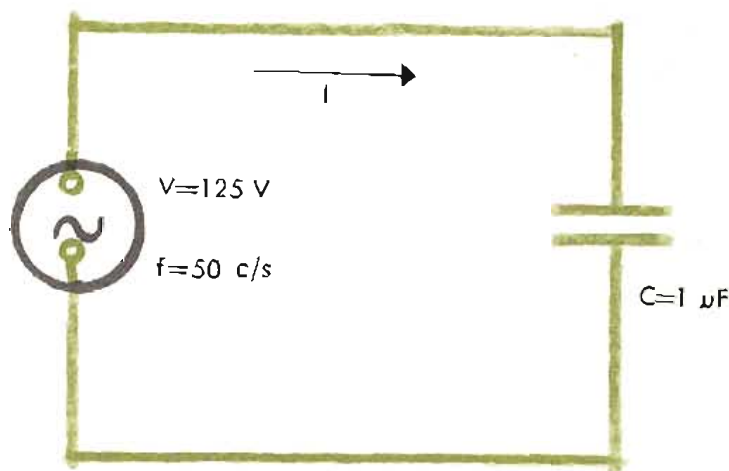
Pues bien, la impedancia del condensador será:

$$X_c = \frac{1}{6.28 \times 50 \times 0.000001} = 3.185 \Omega$$

El condensador se comporta, pues, como si fuese una resistencia de 3.185Ω . La intensidad eficaz que circule será, por tanto, de:

$$I = \frac{125}{3.185} = 0.0392 \text{ A} = 39.2 \text{ mA eficaces}$$

Esa intensidad puede medirse con facilidad si se incluye en el circuito un miliamperímetro para corriente alterna.



La ley de Ohm nos dice: $\frac{V}{I} = X_c$; o bien, $I = \frac{V}{X_c}$

A la izquierda, esquema teórico de un circuito; a la derecha, su aplicación práctica para conocer la reactancia de un condensador y la intensidad en mA eficaces que circula por el mismo circuito.

EL CAPACIMETRO

Después de haber estudiado lo que antecede, no debe de quedarle a usted ni una sola duda acerca de cómo funciona el circuito explicado en la página 198.

Se escoge un generador de corriente alterna cuya frecuencia y tensión sean constantes —a menudo se utiliza para este fin la red de distribución—; basta entonces con medir la intensidad que permite circular un condensador determinado para poder deducir cuál es su capacidad.

En realidad, el valor de la capacidad puede

estar indicado directamente en la escala, para mayor comodidad; sin embargo, lo usual es que se expresen en Ω los valores de X_c .

Para que el resultado de la medición sea correcto se requiere que tanto la tensión como la frecuencia del generador se mantengan invariables. Por ello, cuando se utiliza la red como generador —debido a que la tensión, sobre todo, fluctúa de modo apreciable— los resultados no son muy precisos, aunque de todas formas pueden servir como orientación.

MEDIDA DE AUTOINDUCCIONES

Recordemos también, brevemente, el significado de la palabra *autoinducción*.

Cuando en el interior de una bobina o solenoide existe un campo magnético *variable*—es decir, cuya intensidad no es constante—, aparece en sus extremos una f.e.m. que ocasiona una diferencia de potencial tanto mayor cuanto mayor sea el número de espiras de la bobina y con cuanta mayor rapidez varíe el campo magnético.

Una forma sencilla de crear un campo magnético en el interior de una bobina consiste en hacer circular por ella una corriente. Si la corriente es de *intensidad variable*, también será variable el campo magnético creado; y por tanto aparece en la bobina una f.e.m. QUE HACE DISMINUIR LA INTENSIDAD DE LA CORRIENTE QUE HA CREADO EL CAMPO.

Este fenómeno se llama de autoinducción, en virtud de haber sido creado por el campo de la propia bobina; y la f.e.m. se denomina *f.e.m. autoinducida*.

La f.e.m. autoinducida es tanto más elevada cuantas más espiras tenga la bobina y con cuanta mayor rapidez varíe el campo o, lo que es lo mismo, la corriente que lo crea.

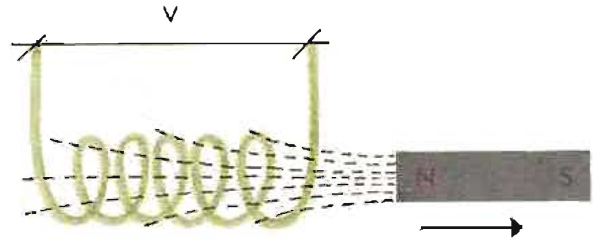
Pues bien, supongamos que conectamos una bobina a un generador de corriente continua. Como el campo magnético creado es constante no aparecen efectos de autoinducción, y por tanto la corriente circula por la bobina sin más oposición que la que ofrece la resistencia del conductor que la constituye.

Si en cambio la conectamos a un generador de corriente alterna, por la razón de que ésta es variable no sólo se opone a su paso la resistencia del conductor que constituye la bobina, sino también la f.e.m. autoinducida, que será tanto más elevada cuanto mayor sea la frecuencia de la corriente (ya que a mayor frecuencia mayor rapidez de variación de la corriente) y cuanto mayor sea el *poder de autoinducción* de la bobina, poder que depende fundamentalmente del número de espiras y de la forma que tenga la bobina.

El poder de autoinducción, o simplemente autoinducción, de una bobina se mide en henrios (H) y se simboliza por la letra L.

SE DICE QUE UNA BOBINA TIENE 1 HENRIO DE AUTOINDUCCIÓN SI AL VARIAR LA CORRIENTE QUE LA ATRAVIESA CON LA RAPIDEZ DE 1 AMPERIO POR SEGUNDO LA F.E.M. AUTOINDUCIDA VALE 1 VOLTIO.

Una bobina presenta al paso de la corriente alterna una oposición que, por analogía con el ca-



Al mover un imán varía la intensidad del campo en el interior del solenoide y aparece una tensión en sus extremos.

so de los condensadores, llamamos reactancia inductiva. Se simboliza por X_L y vale:

$$X_L = 6.28 \cdot f \cdot L$$

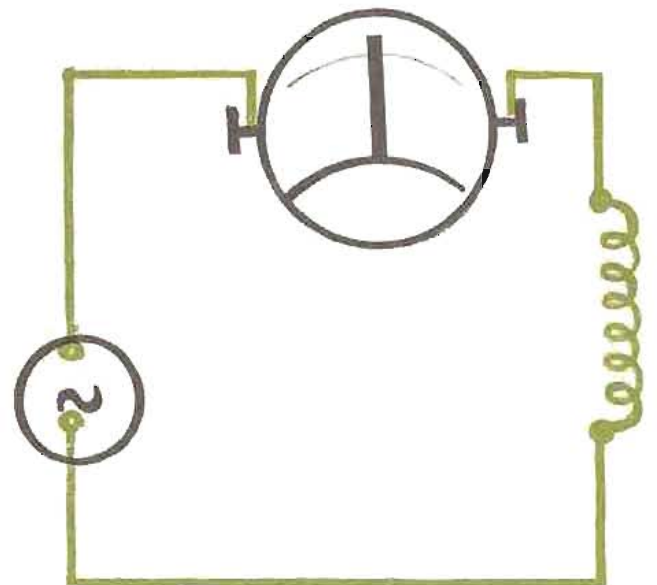
L = autoinducción, en henrios (H);

f = frecuencia, en ciclos segundo (c/s);

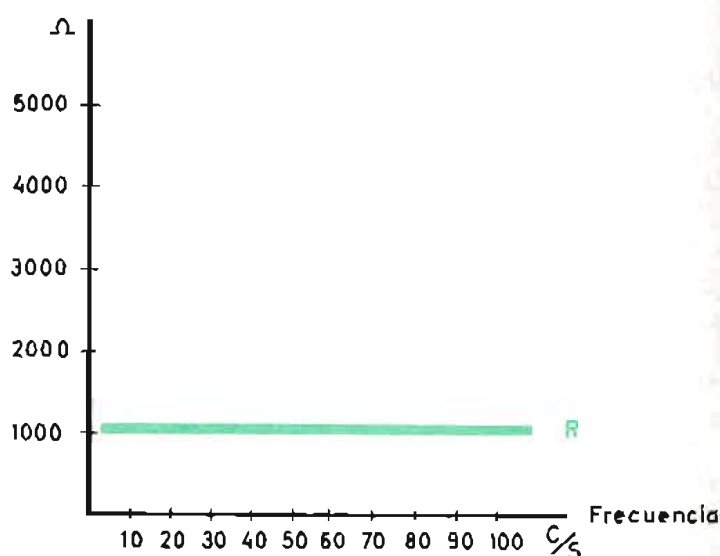
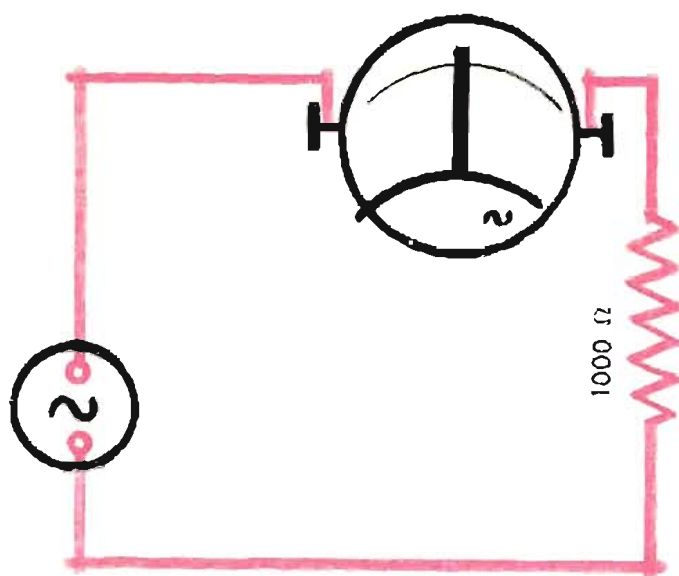
X_L = en ohmios (Ω).

Dejando de lado estas aparentes similitudes con los condensadores, daremos con la diferencia esencial de que los condensadores impiden por entero el paso de las corrientes continuas y dejan pasar las corrientes alternas con tanta mayor facilidad cuanto más elevada sea la frecuencia. Por lo contrario, las bobinas dejan pasar libremente las corrientes continuas y se oponen al paso de las corrientes alternas tanto más cuanto más elevada sea la frecuencia.

Las autoinducciones se miden por el mismo método que las capacidades:



El circuito básico para la medición de inductancias es, en principio, similar al que se emplea para la medición de capacidades.

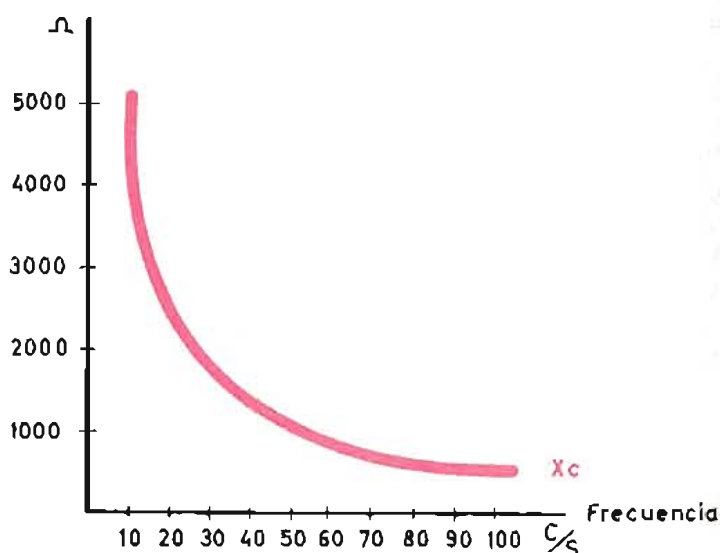
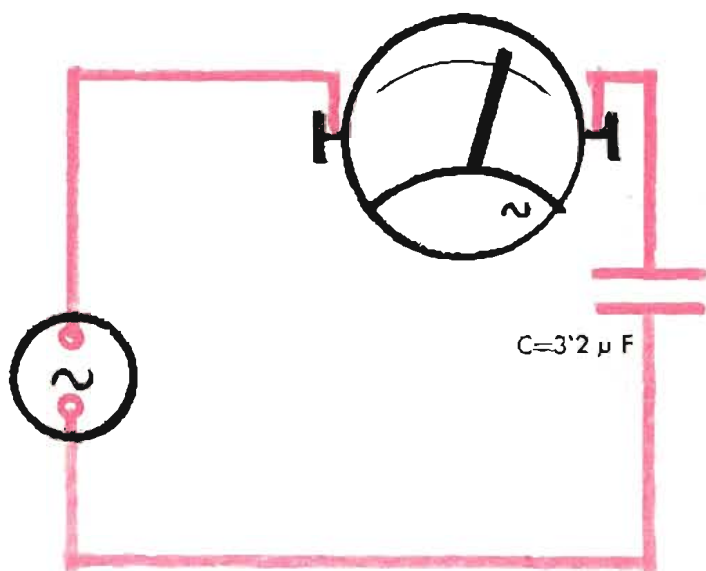


La resistencia de un conductor es independiente de la frecuencia de la corriente que le atraviesa. Así, por ejemplo, un conductor que oponga una resistencia de $1000\ \Omega$ a una corriente continua (frecuencia cero) opone esa misma resistencia a una corriente alterna, de cualquier frecuencia.

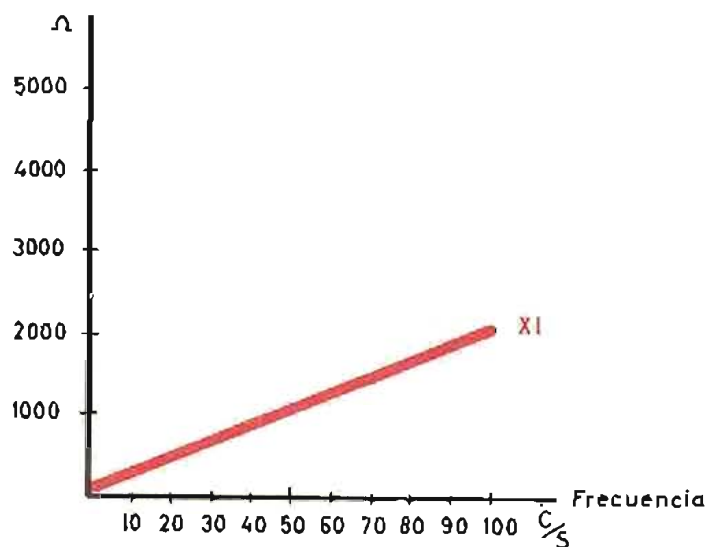
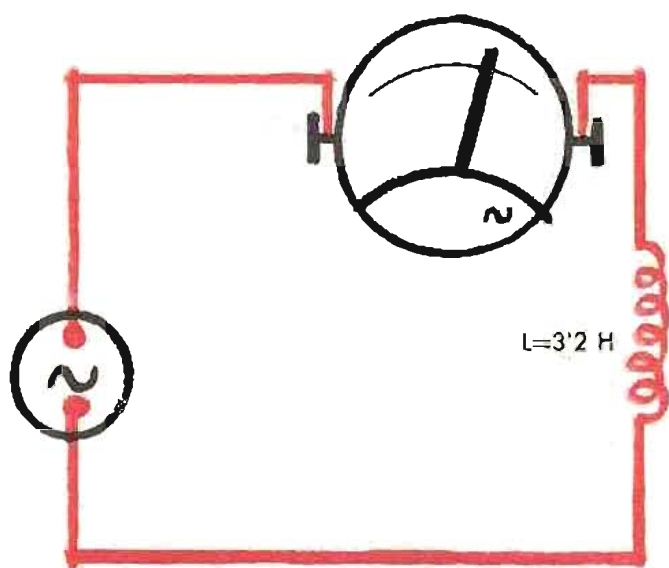
Si en el circuito que ya conocemos se intercala una bobina en lugar de un condensador, la intensidad de la corriente depende de la autoinducción de la bobina; será tanto menor cuanto mayor sea esa autoinducción. La escala del galvanómetro puede estar calibrada directamente en henrios, aunque lo normal es que lo esté en valores de X_L , y por tanto en Ω .

Como generador se emplea también la red de energía eléctrica, lo que conduce a que las mediciones sean asimismo bastante imprecisas.

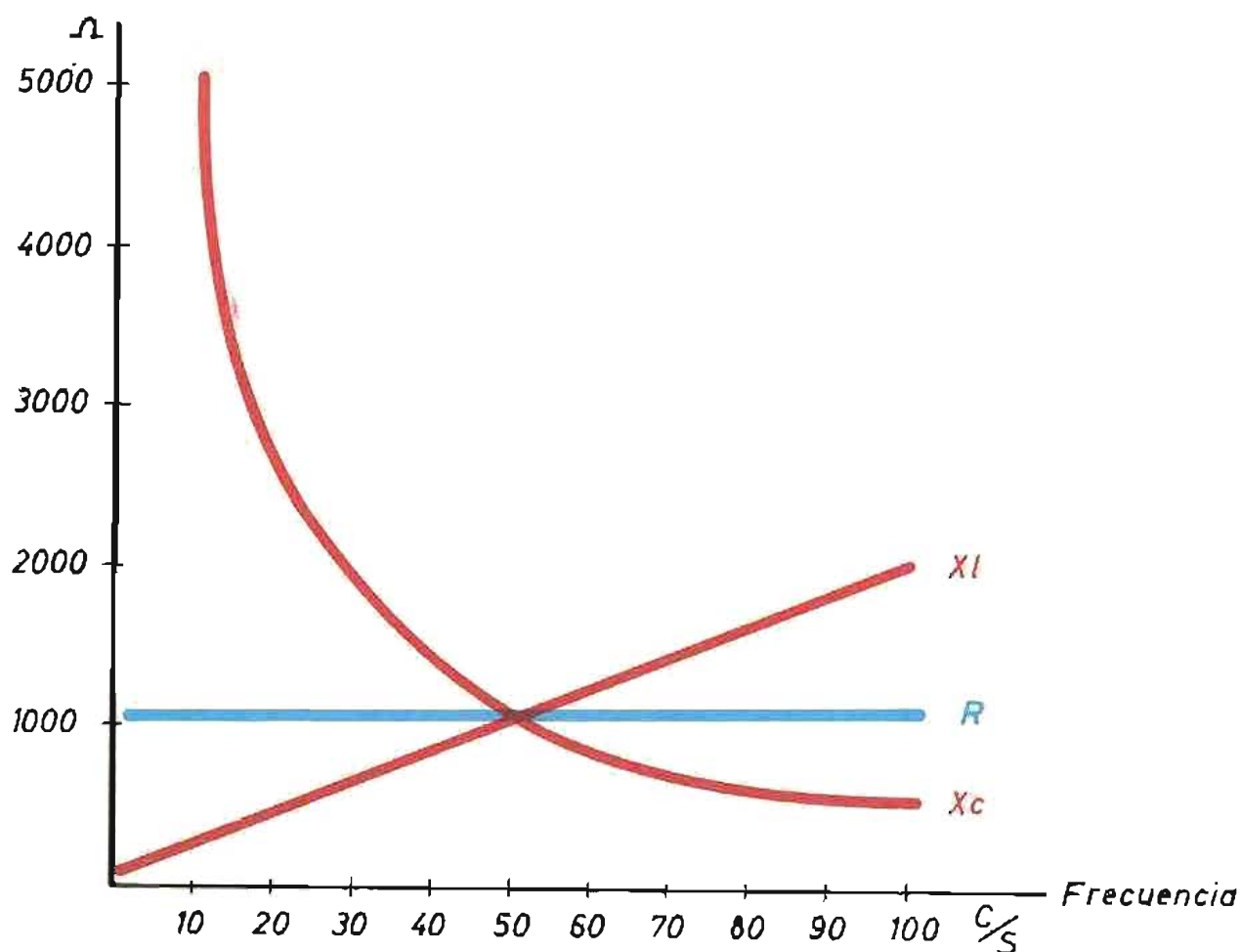
Condensadores, resistencias y autoinducciones son los elementos que constituyen, junto con las válvulas termoiónicas (o los transistores), los circuitos electrónicos. Conviene, por tanto, que vaya familiarizándose con su propiedades eléctricas.



La reactancia capacitiva (X_c) de un condensador varía en cambio con la frecuencia de la corriente. Así, por ejemplo, uno de $3'2\ \mu F$ de capacidad tiene una reactancia de $1.000\ \Omega$ sólo a la frecuencia de $50\ c/s$. Esta reactancia es infinita para la corriente continua y disminuye a medida que aumenta la frecuencia.



Asimismo, la reactancia inductiva (X_L) de una bobina de 3.2 H vale 1.000 Ω a 50 c/s, pero aumenta con la frecuencia. Para la corriente continua la reactancia es nula.



Dibujando las tres curvas referidas a los mismos ejes se observan mejor las variaciones de la reactancia inductiva (X_L) y de la reactancia capacitiva (X_C). Se advierte que en este caso concreto ($C = 3.2 \mu F$ y $L = 3.2 H$) las tres gráficas coinciden en un punto que corresponde a la frecuencia de 50 c/s.

EL POLIMETRO

Al repasar las lecciones que hemos dedicado al estudio de las mediciones eléctricas habrá observado que para todas ellas puede utilizarse como instrumento fundamental el galvanómetro de cuadro móvil, al que, según cuál sea la magnitud a medir, pueden asociarse resistencias, en serie o en paralelo, un rectificador o un generador de corriente continua o alterna, con la finalidad de que sea factible utilizarlo como voltímetro, amperímetro, óhmetro, capacitímetro o medidor de autoinducciones.

Pues bien: es frecuente que se reúnan en una sola caja el galvanómetro y todos esos elementos, que a voluntad pueden conectarse al galvanómetro por medio de llaves. Así se constituye un aparato capaz de realizar todos esos tipos de mediciones, o por lo menos algunos. Esos aparatos se conocen con el nombre de polímetros o con la designación inglesa *téster*.

El polímetro es el aparato fundamental en el laboratorio del radiotécnico. Vea el esquema de un tipo sencillo de *téster* con que pueden efectuarse mediciones de ohmios, tensiones de corriente continua o alterna e intensidades también de corriente continua o alterna. Su aspecto exterior es el que representa la fotografía.



Aspecto de un polímetro. Fijese en las escalas en que se marcan las diversas graduaciones que corresponden a sus diversas posibilidades y gamas de medición.

REALIZZAZIONE
PRATICA

APENDICE

REALIZACIONES PRACTICAS

lección práctica

Cálculo y construcción de transformadores

No es la primera vez que hablamos de fuentes de alimentación, ni va a ser la última que lo hagamos. Y una de las cosas que ya sabemos es que la tensión requerida en las placas de la válvula rectificadora EZ81 es de unos 280 V a 375 V, tensión que se consigue transformando los 125 ó 220 voltios que suministra la red de las instalaciones domésticas, a partir de las cuales alimentamos nuestros aparatos receptores que funcionan con corriente alterna y que son mayoría entre los productos de la radiorrecepción moderna.

Conocemos la existencia del transformador en la fuente de alimentación; elemento que por una parte eleva la tensión de la toma de corriente para obtener la oportuna tensión de placa en la EZ81 y por otra parte la reduce hasta los 6'3 V requeridos por el filamento de la misma rectificadora. El transformador de alimentación es, sin duda, el primer elemento básico del circuito de los receptores modernos; por lo mismo, y aun tratándose de un componente cuyo estudio específico no puede decirse que pertenezca al campo de la electrónica (quizá sea más propio del electricista que del técnico en radio), no podemos ignorar su estructura y tampoco las normas fundamentales que permiten su cálculo.

UN TRANSFORMADOR

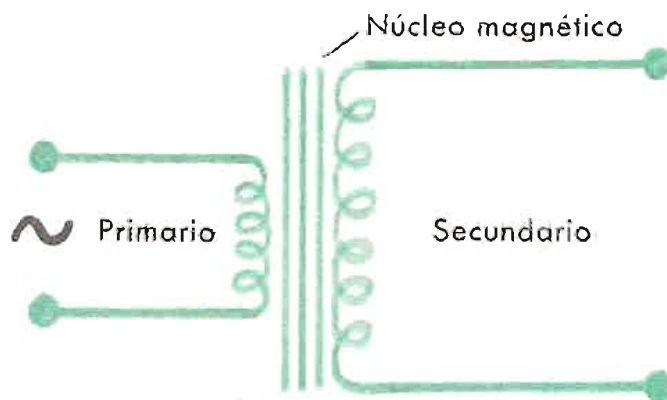
Sabemos que la acción de un transformador se debe al fenómeno de la inducción mutua entre dos bobinas de distinto número de espiras. Sabemos también que sólo aparecen corrientes inducidas en el secundario cuando el campo magnético creado por el primario es variable, por lo cual un transformador sólo funciona con corriente alterna.

Si la corriente fuese continua, se produciría un campo magnético constante o estático semejante al que se origina en un imán permanente. Pero al ser alterna la corriente que alimenta el primario (50 ciclos por segundo) se produce un campo magnético variable o dinámico que imán-

No es normal que el radiotécnico deba construir los transformadores de los aparatos que monta, puesto que el mercado especializado está suficientemente surtido para cubrir todas las necesidades. Por otra parte, el tiempo que requiere la construcción de un transformador, sin maquinaria especializada, es un factor demasiado antieconómico para no tomarlo en consideración. El valor de las horas de trabajo de un técnico en radio haría que el transformador que construyese de una manera artesana resultase mucho más caro que el mejor transformador salido de una fabricación seriada. Por otra parte, tampoco conseguiría ventajas técnicas dignas de consideración.

Pero que usted, dentro de un plano profesional común, no deba pensar en la fabricación de transformadores, no quiere decir que no se vea obligado a manipularlos para atender a posibles reparaciones de sus distintos bobinados. Para ello, evidentemente, debe saber cómo es el transformador y cómo se ha calculado si desea atender a un nuevo bobinado que sustituya al que se haya averiado.

Así, estudiaremos el proceso de construcción de un transformador.

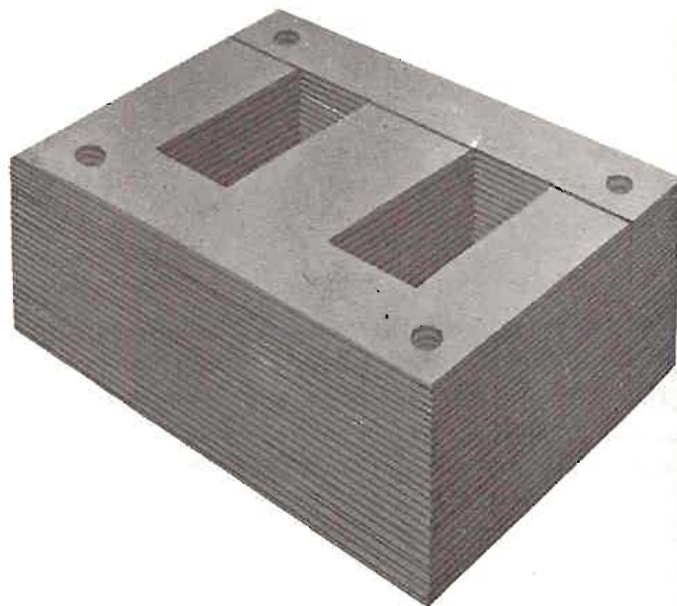


La acción del transformador se debe al fenómeno de la inducción magnética en dos bobinas de distinto número de espiras.

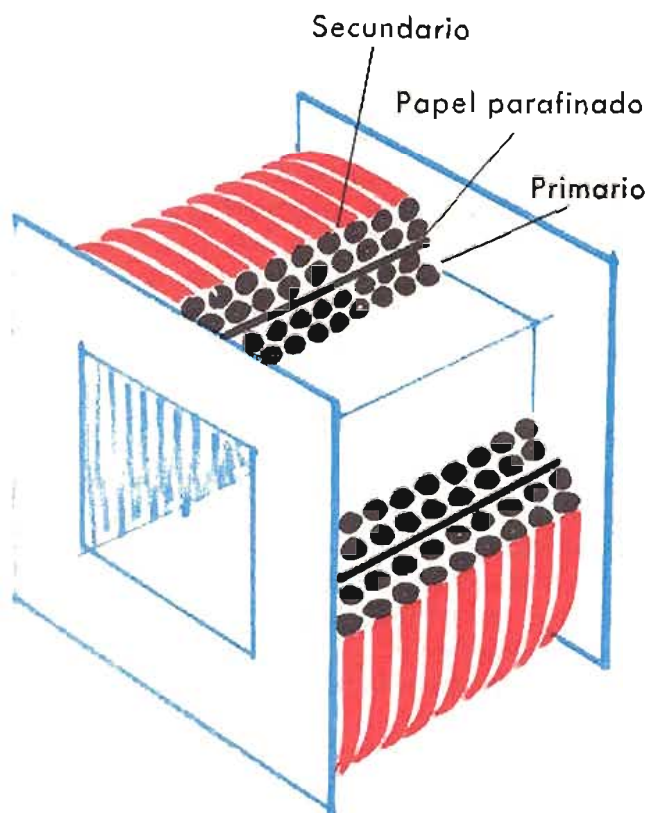
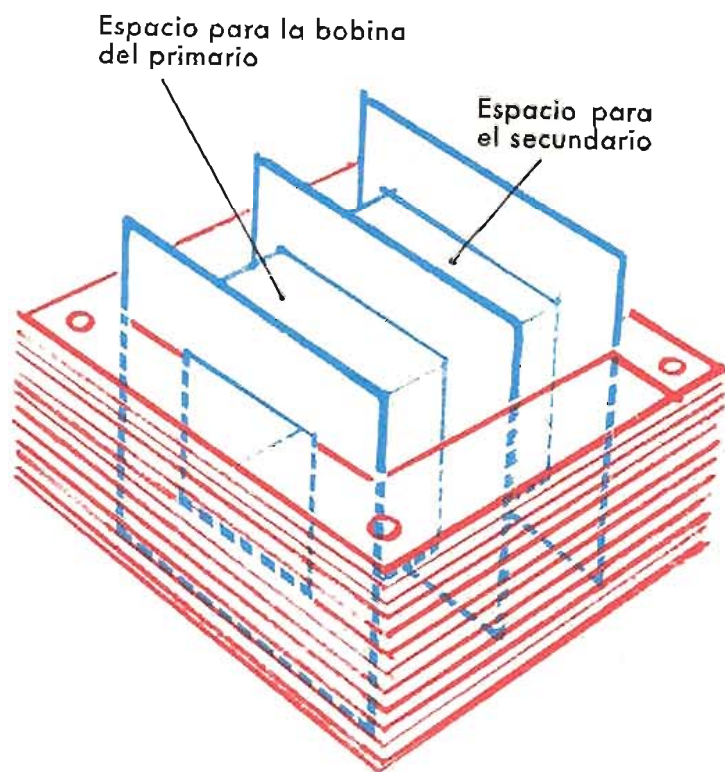
ta el núcleo de hierro, lo desimanta, aumenta, disminuye y cesa a razón de cincuenta veces por segundo. Estas variaciones del campo magnético del primario originan corrientes inducidas en el secundario.

Digamos que por autoinducción también se producen corrientes inducidas en las espiras del mismo primario (principio del autotransformador) y en el núcleo magnético, donde aparecen unas corrientes parásitas conocidas como corrientes de Foucault. Para evitar la formación de estas últimas corrientes los núcleos magnéticos de los transformadores no se construyen macizos, sino con chapas de hierro cortadas según modelos normalizados.

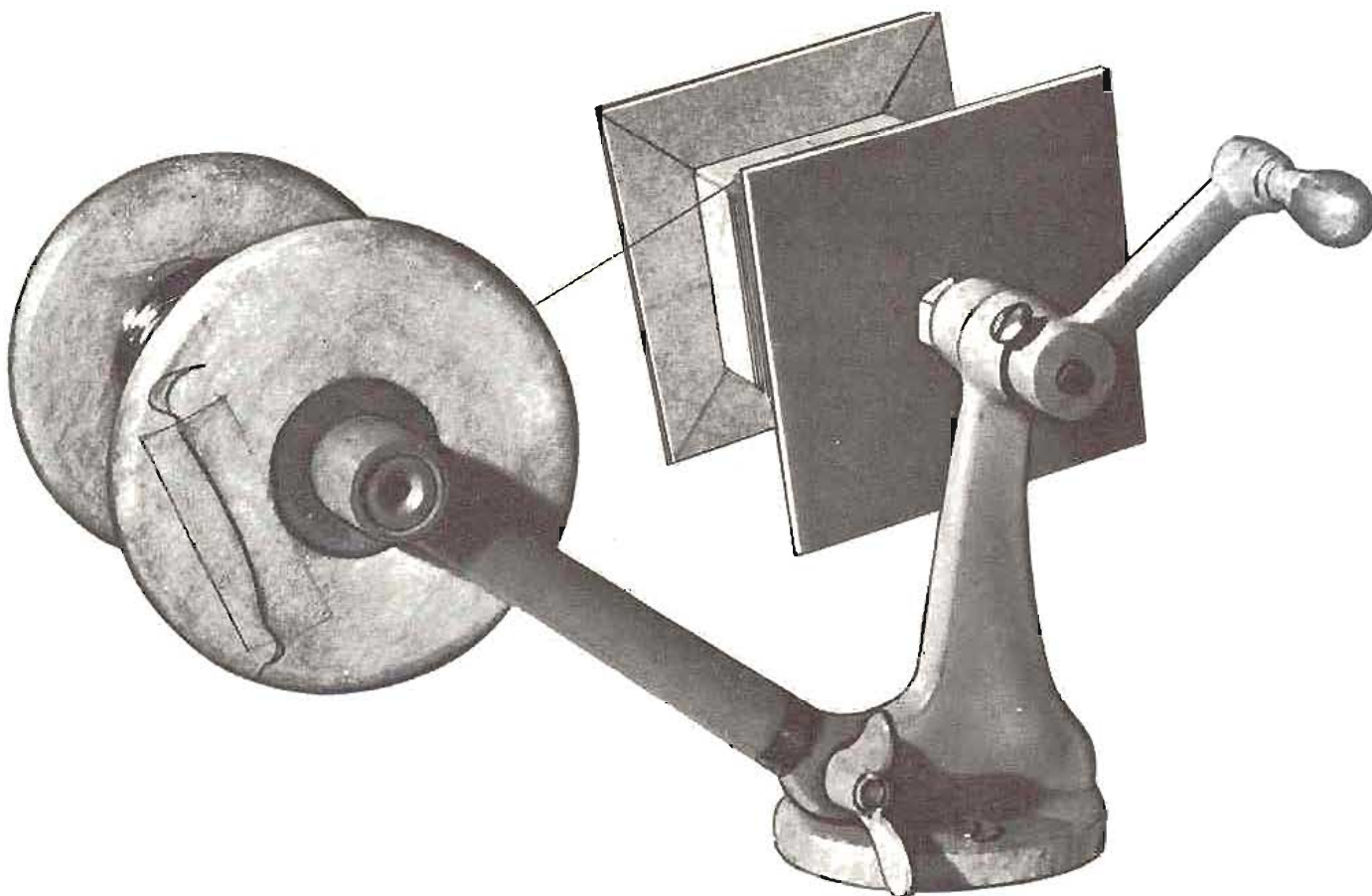
Un transformador consta de un núcleo magnético formado por un empilado de chapas de hierro y por las bobinas del primario y secundario, que se enrollan alrededor de un carrete de cartón especialmente construido. En este carrete se establece o no la oportuna separación entre la bobina del primario y la del secundario, y en su interior se coloca el núcleo de chapa magnética.



Para evitar la formación de corrientes parásitas o de Foucault, los núcleos magnéticos se construyen formando un empilado de chapas de forma apropiada.



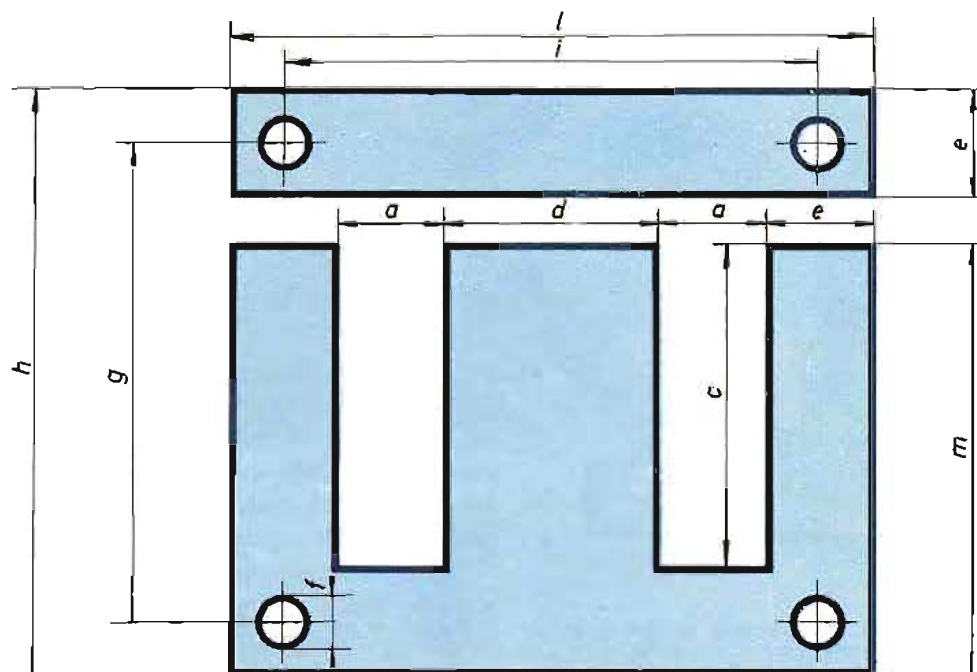
Carrete con separación entre el primario y el secundario y carrete con las dos bobinas superpuestas. La posición de las dos bobinas se demuestra mediante una sección de las mismas.



Operación del bobinado de las espiras del primario de un transformador.

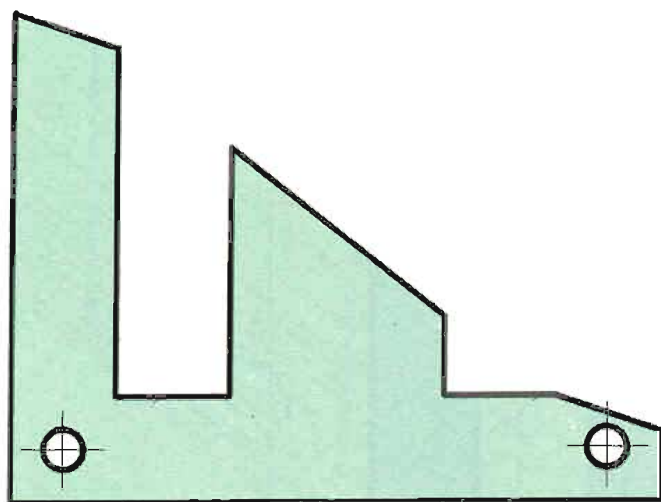
La forma de tales chapas responde a los distintos tipos de transformadores; sus dimensiones están normalizadas. Las chapas más empleadas para los transformadores que nos ocupan son las llamadas chapas E/I. Esta denominación responde a su forma característica (a base de cha-

pas en E y chapas en I se va formando el empilado del núcleo) y según la norma DIN E 41-302 se denominan por el número que expresa los milímetros de su longitud máxima. Las restantes medidas quedan recopiladas en la tabla de la página siguiente.



DIMENSIONES PARA CHAPAS NORMALIZADAS EN E/I DIN E 41-302

Chapa del núcleo		FORMAS E I													
		42	48	54	60	66	78	84	92	106	130	150	170	195	
Altura chapa impar	n	3'5	4'0	4'5	5'0	5'5	6'5	7'0	7'4	8'5	10'5	12'0	14'0	18'0	cm
Longitud chapa	l	4'2	4'8	5'4	6'0	6'6	7'8	8'4	9'2	10'6	13'—	15'0	17'0	19'5	cm
Ancho culata	e	0'7	0'8	0'9	1'0	1'1	1'3	1'4	1'25	1'45	1'75	2'0	2'25	2'75	cm
Altura chapa par	m	2'8	3'2	3'6	4'0	4'4	5'2	5'6	6'15	7'05	8'75	10'0	11'75	15'25	cm
Altura ventana	c	2'1	2'4	2'7	3'0	3'3	3'9	4'2	4'9	5'6	7'0	8'0	9'5	12'5	cm
Ancho núcleo	d	1'4	1'6	1'8	2'0	2'2	2'6	2'8	2'5	2'9	3'5	4'0	4'5	5'5	cm
Ancho ventana	a	0'7	0'8	0'9	1'0	1'1	1'3	1'4	2'1	2'4	3'0	3'5	4'0	4,25	cm
Medidas de sujeción	$\varnothing f$	0'35	0'35	0'35	0'35	0'45	0'45	0'45	0'45	0'55	0'66	0'66	0'78	1'08	cm
	g	2'8	3'2	3'6	4'0	4'4	5'2	5'6	6'15	7'05	8'75	10	11'75	15'25	cm
	i	3'5	4'0	4'5	5'0	5'5	6'5	7'0	8'0	9'4	11'5	13'5	15'0	17'0	cm



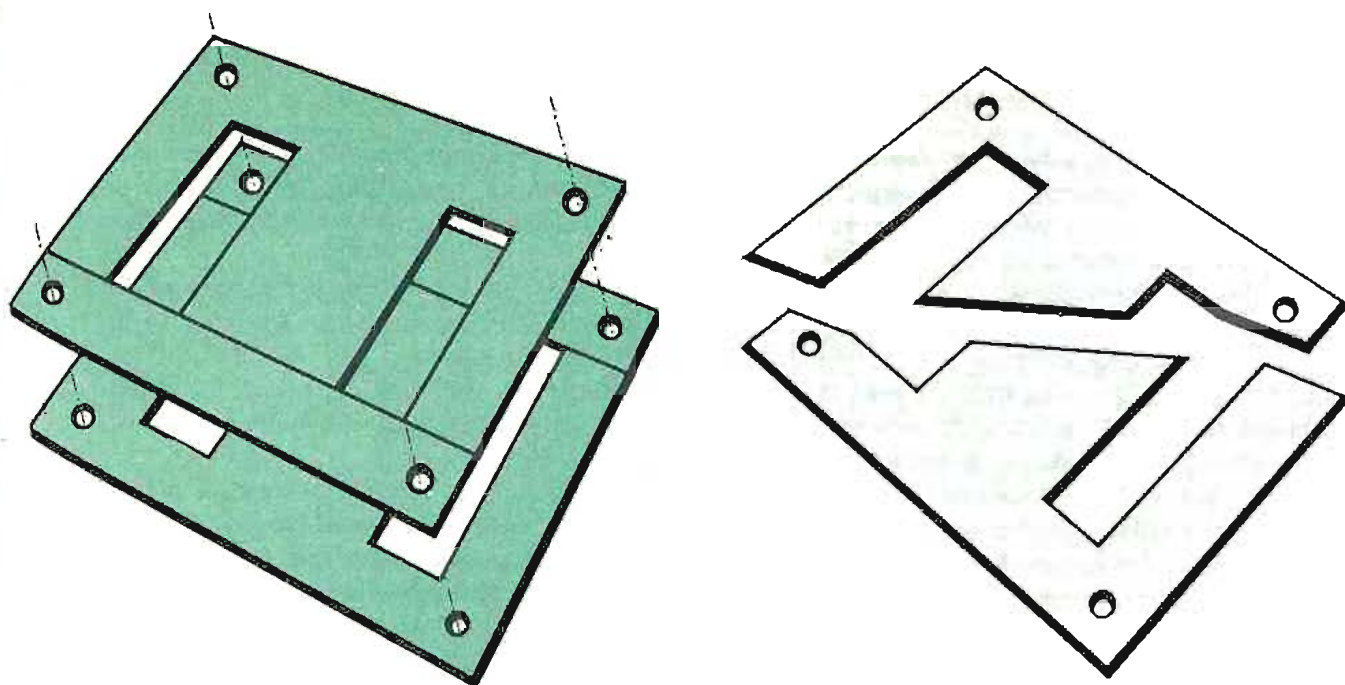
Chapa en forma de F.

Las chapas E/I pueden cortarse también en forma de F, en cuyo caso la pieza I desaparece y se forma el empilado yuxtaponiendo chapas iguales en forma de F. Los gráficos son suficientemente explícitos para comprender la manera de formar los empilados, tanto con chapas E/I como con chapas F.

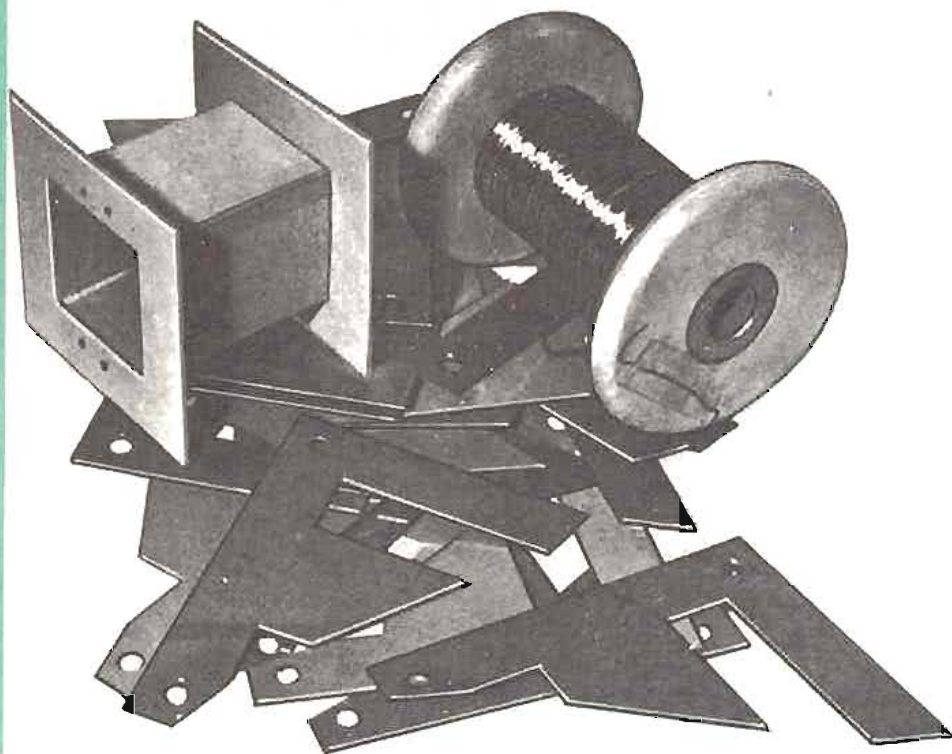
También por medio de gráficos dejamos indicada la estructuración de un transformador normal, cuyo secundario se ha bobinado encima del primario previa una separación entre ambas bobinas obtenida con papel parafinado. Se recomienda que entre cada capa de espiras se coloque una faja de papel parafinado.

Como puede ver, construir un transformador no es cosa que lleve consigo complicaciones insuperables. Todo aquel que posea unas pocas herramientas, el material y la paciencia suficiente será capaz de construirse un transformador.

Pero construir un transformador, quiere decir haberlo calculado previamente partiendo del aumento o reducción de voltaje que pretendamos obtener.



Esquemas demostrativos de la formación de los emplados con chapas E/I y con chapas F.



Carrete, hilo de cobre y chapas magnéticas, son el material básico para la construcción de un transformador. Una vez bobinados el primario y secundario, se introduce el núcleo en el interior del carrete alternando la posición de las chapas.



CALCULO DE UN TRANSFORMADOR

Hemos partido de una premisa: el radiotécnico, salvo en casos muy excepcionales, adquirirá los transformadores que necesite totalmente montados. Si no debe atender a su construcción, es lógico que la faceta de su cálculo escape también de su natural campo de acción. Por lo tanto, bastarán algunas normas prácticas para cubrir lo que el radiotécnico puede necesitar sobre el cálculo de transformadores, cuestión francamente compleja y profunda cuando se estudia con toda su amplitud, pero de fácil solución cuando se atiende sólo a resultados prácticos, que en definitiva es lo que puede interesar cuando se trata de reparar, bobinándolos de nuevo, transformadores para fuentes de alimentación que hayan sufrido alguna avería.

Sección del núcleo (Cuadro I)

Para calcular la sección del núcleo magnético del transformador necesitamos saber la tensión y amperaje que debe proporcionar el secundario, para conocer con ambos datos la potencia en vatios que vamos a tener a la salida del transformador. Con tales datos y el CUADRO I, que titulamos SECCIÓN DEL NÚCLEO EN CM², solucionaremos la primera incógnita.

Analicemos este cuadro de cálculo. En su eje vertical, de abajo hacia arriba, viene indicada, desde el 5 al 3.000, el valor de la potencia del secundario, dada en volt-amperios o vatios (es lo mismo puesto que $W = V \times I$; vatios igual a voltios por amperios); mientras que en el eje horizontal, y desde el valor 1 al valor 100, están los centímetros cuadrados de sección en diagonal. Aparecen siete inclinadas con sendos valores (20, 40, 50, 60, 80, 100, 200) que corresponden a la posible frecuencia de la corriente en ciclos por segundo. Como puede ver, destacamos en negro la inclinada que corresponde a los 50 c/s, por ser la frecuencia normalmente empleada.

Si, por ejemplo, sabemos que el secundario de un transformador debe dar una tensión de 6'3 V con una intensidad de 4 A, ¿cuál será la sección de núcleo requerida?

La potencia del secundario será de $6'3 \times 4 = 25'2$ vatios.

Busquemos la horizontal que representa este valor. Véala en nuestro CUADRO I señalada con

Tres son las cuestiones que debe tener en cuenta para calcular un transformador:

a) La superficie de la sección del núcleo magnético.

b) El número de espiras de la bobina del primario y el número de espiras de la bobina (o bobinas) del secundario.

c) El diámetro del hilo de cobre esmaltado que deberá emplearse para las bobinas del primario y del secundario.

Estos tres factores que constituyen el cálculo de un transformador son resultados que requieren muchísimos cálculos, pero que en la práctica se resuelven mediante unos cuadros gráficos de cálculo (llamados ábacos) que no faltan en ninguna oficina técnica especializada.

una flecha y tenga en cuenta que en estos cálculos podemos actuar con aproximación con absoluta impunidad. Considerando, pues, la horizontal de los 25 W (despreciamos las décimas), la seguimos hasta el punto que determina su intersección con la inclinada de los 50 c/s. Desde tal intersección, bajamos una vertical hasta la base del cuadro (vea la flecha): y veremos que, con mucha exactitud, coincide con el valor 5, indicándonos así que la sección del empilado deberá ser de 5 cm².

Manteniéndonos en nuestro ejemplo, vamos a suponer que deseamos trabajar con chapa E/I 106 (vea la tabla de chapas E/I según normas DIN), cuyo ancho de núcleo es 2'9 cm.

Si la superficie de la sección, que por ser rectangular viene dada por el producto de sus dos medidas ($s = d \times b$), es de 5 cm², y la d es de 2'9 cm, es evidente que la altura b del empilado deberá ser de:

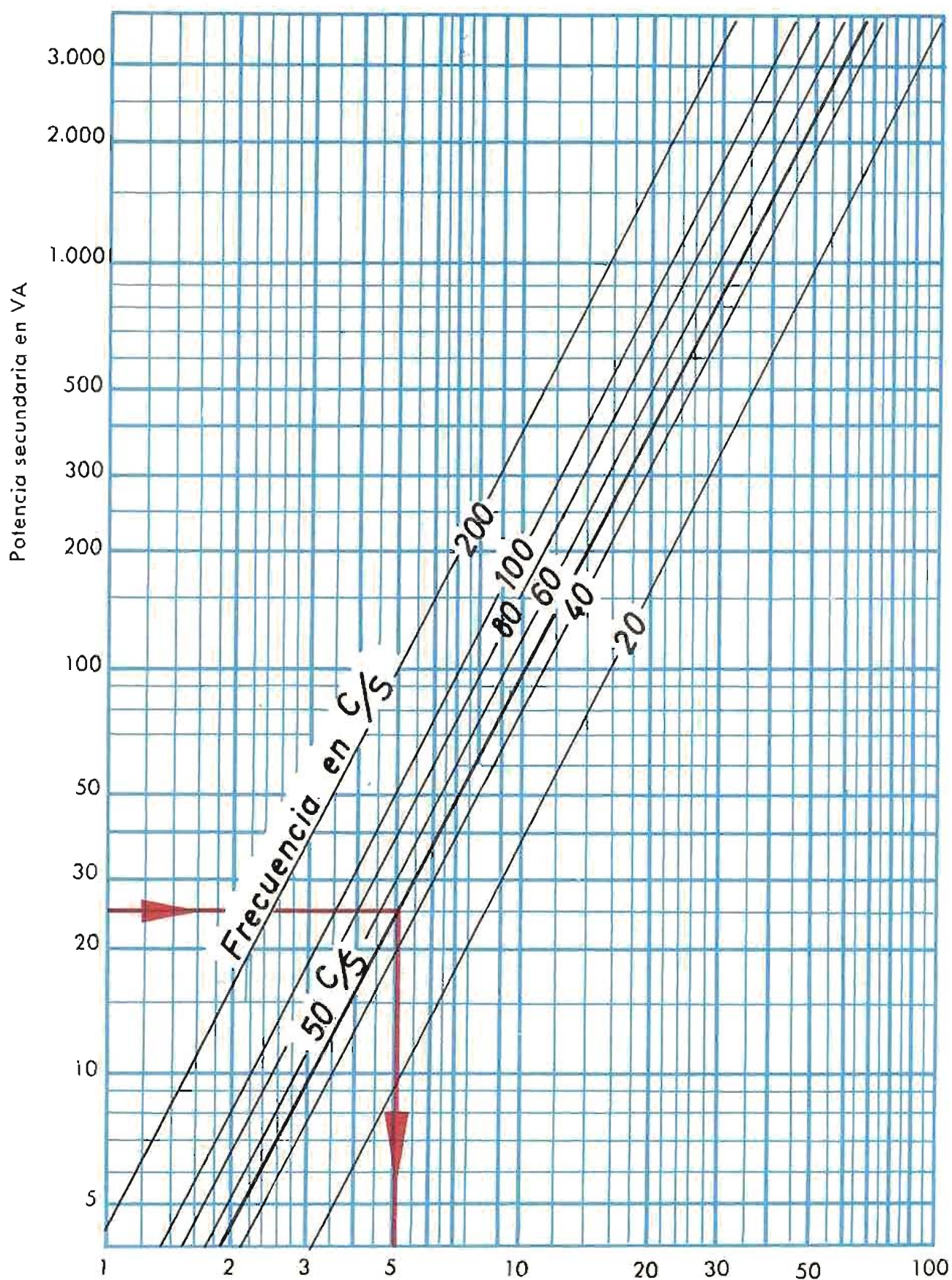
$$b = \frac{5}{2'9} = 1'75 \text{ cm aprox.}$$

El número de chapas a empilar dependerá del grueso de la chapa empleada. Supongamos que disponemos de chapa normal de 4/10 mm de grueso. Para formar el empilado necesitaríamos:

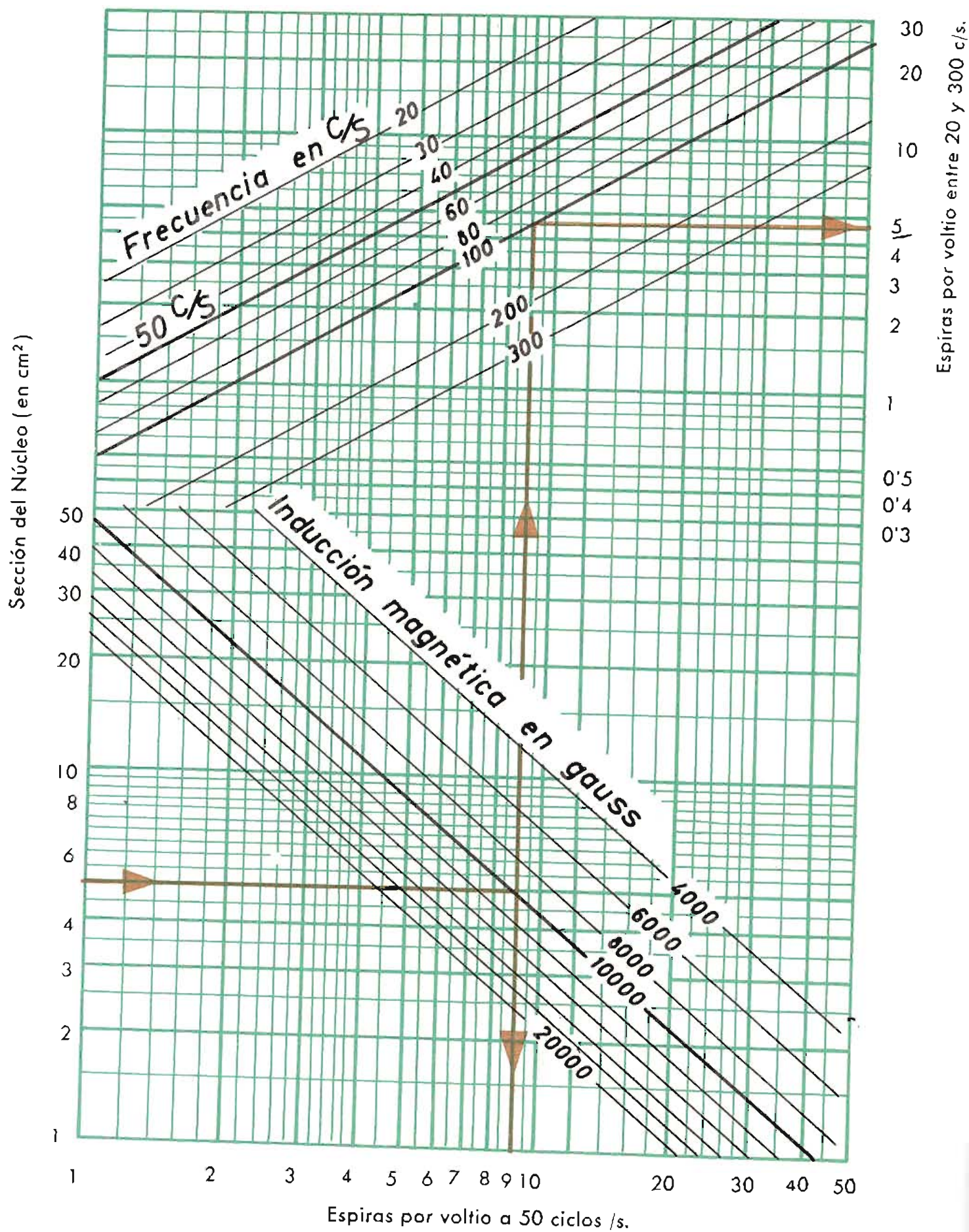
$$1'75 \text{ cm} = 17'5 \text{ mm}$$

$$\text{Número de chapas} = 17'5 : 0'4 = 43'5 = 44 \text{ chapas}$$

CUADRO I - SECCION DEL NUCLEO EN CM²



CUADRO II - ESPIRAS POR VOLTIO



Número de espiras (Cuadro II)

Sabemos que la reducción o aumento de tensión que encontraremos a la salida del secundario depende de la relación entre el número de espiras que tenga la bobina del primario y el número de espiras contadas en la bobina del secundario.

Ahora bien: ¿cuántas espiras bobinaremos?

Tal dato se nos da en espiras por voltio, o sea en el número de espiras que deberá tener la bobina por cada voltio de tensión. La cantidad de espiras por voltio está en función de la inducción magnética y de la sección del núcleo.

La inducción magnética se mide con una unidad llamada gauss/cm². Interesa saber el número de gauss por cm² que representará el valor de la inducción magnética en el núcleo del transformador. Esta inducción, para el cálculo de nuestros transformadores, podemos considerar que siempre es de 10.000 a 11.000 gauss/cm².

Sigamos con el ejemplo tomado: nuestro secundario debe proporcionar una tensión de 6'3 V, habiendo calculado en 5 cm² la sección del núcleo. Si la autoinducción es de 10.000 gauss/cm², siendo la frecuencia de 50 c/s, el CUADRO II nos indicará el número de espiras por voltio. Para ello, trazamos una línea horizontal partiendo del valor dado, o sea, de 5 cm.² del núcleo. Cuando la línea toque la recta inclinada correspondiente a

los 10.000 gauss, la flexionamos verticalmente hacia abajo, indicándonos en este margen de lectura el número 9, esto es, 9 espiras por voltio.

Por tanto, la bobina del secundario tendrá

$$6'3 \times 9 = 56'7 = 57 \text{ vueltas o espiras.}$$

El primario, suponiendo una tensión en la red de 125 V, tendrá un número de espiras de:

$$125 \times 9 = 1.125 \text{ espiras}$$

UTILIZACIÓN DEL CUADRO II PARA FRECUENCIAS DISTINTAS A 50 c/s. Cuando se trate de calcular el número de espiras por voltio para transformadores destinados a redes de otras frecuencias, nos valemos, también, de la parte superior del diagrama. Veamos el mismo ejemplo anterior, más para una frecuencia de 100 ciclos. La línea horizontal, una vez haya tocado la inclinada de la inducción magnética (en nuestro caso de 10.000 gauss), flexionará verticalmente hacia arriba, al encuentro de las líneas inclinadas que señalan distintas frecuencias. Como en nuestro ejemplo se trata de 100 ciclos, al tocar la línea correspondiente flexionará hacia la derecha, en cuyo margen están indicadas las cantidades de espiras por voltio. En nuestro ejemplo corresponde a 4'5 espiras.

Diámetro del hilo (Cuadro III)

Nos falta únicamente saber qué diámetro deberá tener el hilo de cobre con que vamos a bobinar. Obtenemos este último dato a partir de la intensidad en amperios y mediante el CUADRO III. En este cuadro puede apreciar la existencia de dos inclinadas paralelas que para una misma intensidad indicarán distintos diámetros de hilo. Así, por ejemplo, en el caso concreto que ilustra nuestra explicación, la intensidad del secundario es de 4 A; y para este valor el CUADRO III indica un diámetro de hilo comprendido entre 1 y 1'8 mm (las décimas se deducen a ojo). Este secundario, pues, podría estar formado por una bobina de hilo de 1'5 mm \varnothing con 57 vueltas o espiras completas.

¿Y el primario? ¿Qué diámetro de hilo requerirá?

Debemos calcular la intensidad, cosa fácil si consideramos que, prescindiendo de pérdidas, en

el primario se consumirán los mismos vatios que en el secundario (25 W, en el ejemplo).

En este primario se cumplirá que $W = V \times I$, o sea:

$$25 = 125 \times I, \text{ de donde}$$

$$25$$

$$I = \frac{25}{125} = 0'2 \text{ A}$$

$$125$$

Consultando el CUADRO III encontramos que el diámetro del hilo del primario debe estar comprendido entre 0'2 y 0'35 mm.

...

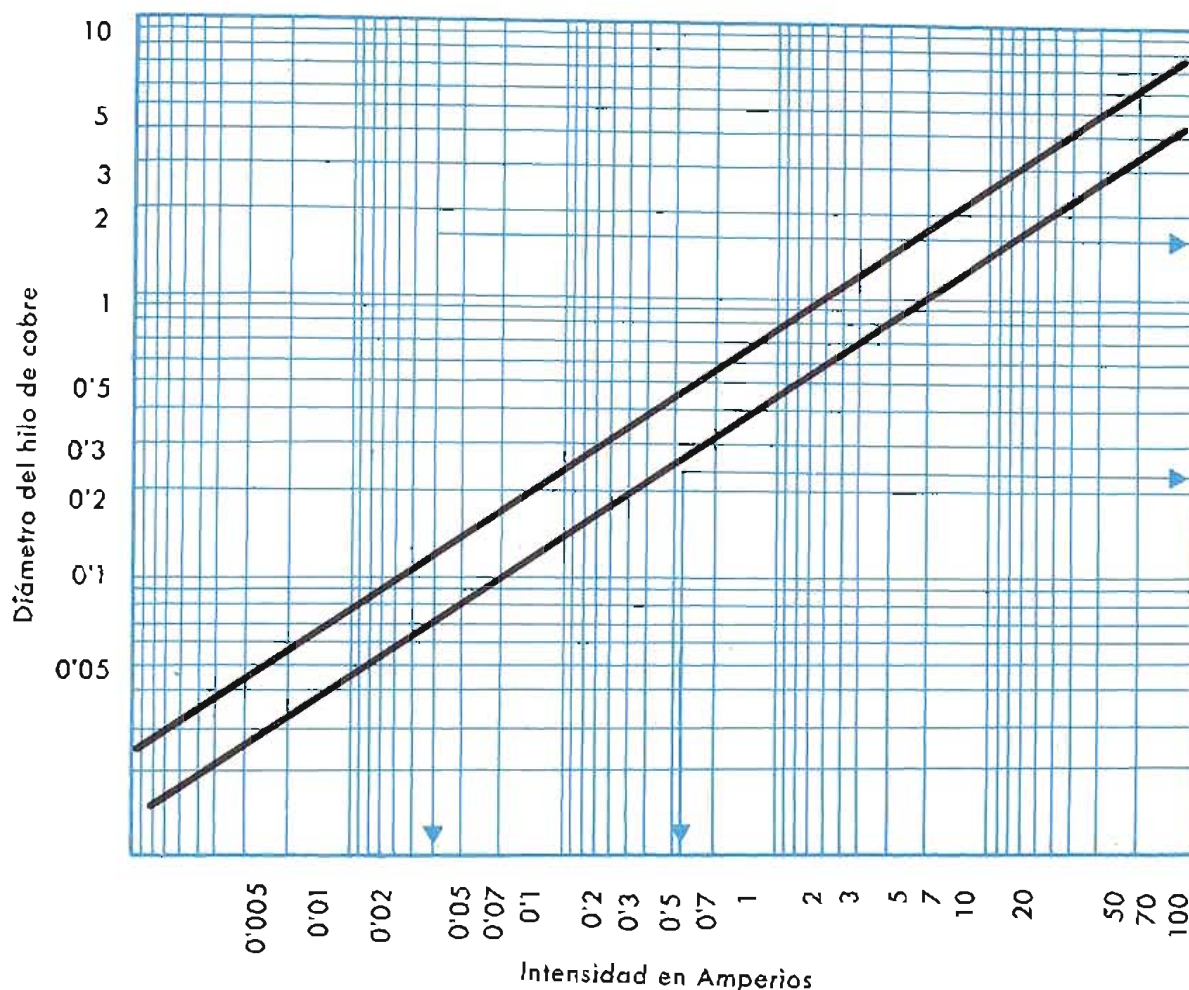
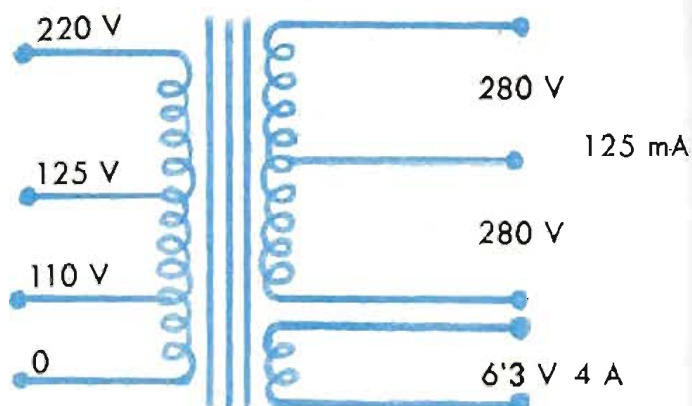
Con estas pocas normas queda compendiado el cálculo de transformadores. La aproximación que proporcionan los cuadros de cálculo que facilitamos es lo suficientemente exacta para obtener transformadores que respondan perfectamente a lo que de ellos se espera.

CALCULO DE UN TRANSFORMADOR PARA UN RECEPTOR DE CORRIENTE ALTERNA

Dejemos ya las generalidades y dediquemos el final de esta lección a un ejemplo concreto y directamente relacionado con la radio: calculemos el transformador requerido para la fuente de alimentación de un receptor moderno. De este dispositivo conocemos la parte que procura la rectificación de onda completa, dada por el transformador y la válvula biplaca EZ81.

Supongamos que en nuestro caso necesitamos un transformador que admita tres voltajes distintos para su primario: 110 V, 125 V y 220 V.

CUADRO III - DIAMETRO DEL HILO



Es decir, que el aparato podrá funcionar con cualquiera de estas tres tensiones; para ajustarlo a una de ellas, bastará con efectuar las conexiones de la entrada de corriente entre el borne del primario que corresponda a los cero voltios y el que corresponda a la tensión que le proporcionemos. En el secundario (seguimos suponiendo) necesitamos una tensión de 280 V para la corriente de placa y una tensión de 6'3 V para la co-

rriente de filamento. Las intensidades de placa y filamento serán respectivamente de 0'125 A y 4 A. Todo ello queda expresado en el esquema del transformador.

Se trata de un transformador normal; lo más lógico es que empleemos planchas magnéticas en E/I de $l = 84$ mm.

Con estos datos podemos emprender el cálculo.

Sección del núcleo

Para conocer esta primera incógnita deberemos calcular la potencia total que tendrá el secundario.

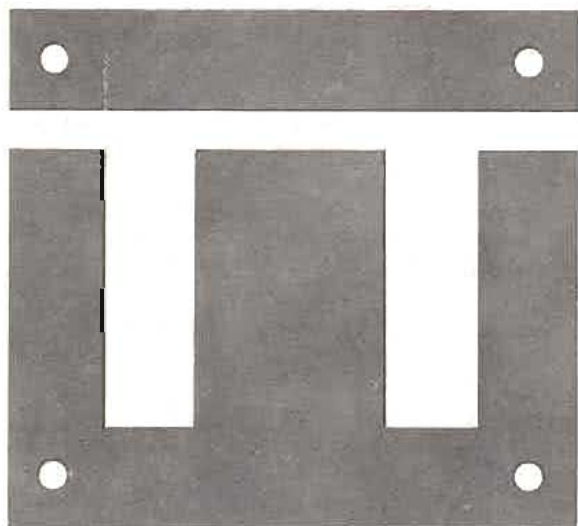
Observe que hay una bobina que proporciona 280 V. Es una bobina doble; pero, como se ha dicho al estudiar la rectificación de onda completa, sus dos secciones trabajan alternadas. Cuando la primera actúa, la segunda no. Por lo tanto, deberemos calcular el vataje sobre la base de 280 V e intensidad de 0'125 A.

Luego, esta bobina, consumirá $280 \times 0'125 = 35$ W.

La segunda bobina proporciona 6'3 V a 4 A. Por lo tanto, su potencia será de $6'3 \times 4 = 25'2$ W. Podemos despreñar las décimas de vatio y decir que son 25 W los que consumirá la segunda bobina.

Según eso, la potencia total del secundario será de $35 + 25 = 60$ W.

Consultemos el CUADRO I. Según él, para una potencia de 60 W y corriente alterna de 50 c/s de frecuencia (la normal) la sección del núcleo deberá ser de 8 cm^2 .



Chapa DIN E/I de $l = 84$ mm. Con 75 chapas de este tipo, formaremos el emplado del transformador que estudiamos.

Número de espiras

Busquemos ahora el número de espiras por voltio que va a requerir el secundario.

El CUADRO II proporciona este dato. Observe-mos que, con mucha aproximación, podemos trabajar con 5'5 espiras por voltio, para una inducción de 10.000 gauss.

Busquemos la longitud d del núcleo magnético, que según la tabla de chapas DIN E/I es de 2'8 cm para $l = 8'4$ cm. Conocida $d = 2'8$ cm, la altura del núcleo es de cálculo inmediato, puesto que será:

$$S = d \times a = 8 \text{ cm}^2, \text{ siendo } d = 2'8$$

$$8 = 2'8 \times a, \text{ de donde}$$

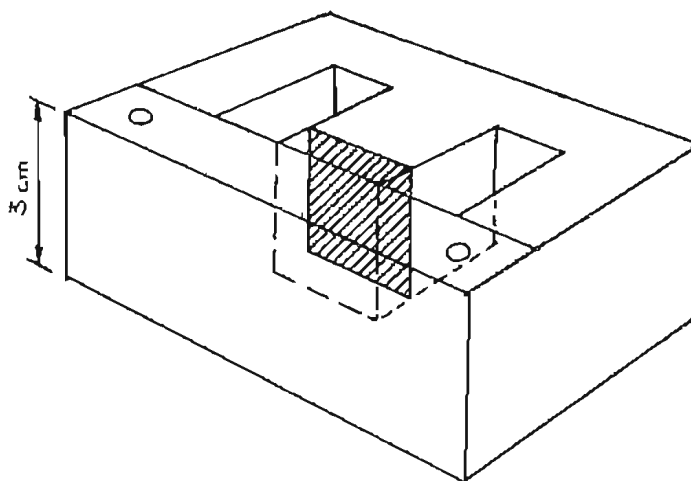
$$a = \frac{8}{2'8} = 2'857 \text{ cm.}$$

Podemos redondear la cantidad y decir que la altura del núcleo será de 3 cm.

La chapa magnética normal tiene un grueso que oscila entre 0'2 y 0'6 mm. Aceptemos que la chapa disponible es de 0'4 mm. ¿Cuántas chapas deberán formar el emplado?

$$30 : 0'4 = 75 \text{ chapas}$$

En resumen: para formar el núcleo magnético del transformador, necesitamos 75 planchas E/I de $l = 84$ mm si el grueso de cada una es 0'4 mm.



La altura del emplado será de 3 cm. Con esta altura, la sección del núcleo será de $3 \times 2'8 = 8'4 \text{ cm}^2$, muy aproximada a los 8 cm^2 prescritos por el Cuadro I.

Puesto que el secundario consta de dos bobinas distintas, veamos la cantidad de espiras que deberemos contar en ambas:

Para la bobina que reducirá la tensión de 110, 125 ó 220 V a 6'3 V, bobinaremos $6'3 \times 5'5 = 34'65$ espiras. Como debemos contar espiras en-

terás, diremos que son 35 las que necesitamos.

Veamos la bobina que aumenta la tensión hasta 280 V. Aquí se trata de una bobina doble (para 560 V en realidad) con una derivación en su mitad. Recuerde que es condición indispensable para obtener la rectificación de la onda completa.

De 0 a 280 V positivos deberemos contar: $280 \times 5.5 = 1540$ espiras.

En este punto, una vez bobinadas estas 1540 espiras, soldaremos la derivación ¡sin cortar el hilo de la bobina! Seguiremos bobinando hasta contar 1540 espiras más. En total, pues, se trata de una bobina de $1540 \times 2 = 3080$ espiras con derivación en su mitad.

Calculemos el total de espiras del primario:

Hasta 110 V, necesitamos $110 \times 5.5 = 605$ espiras. Contaremos, pues, este número de vueltas y soldaremos una primera derivación.

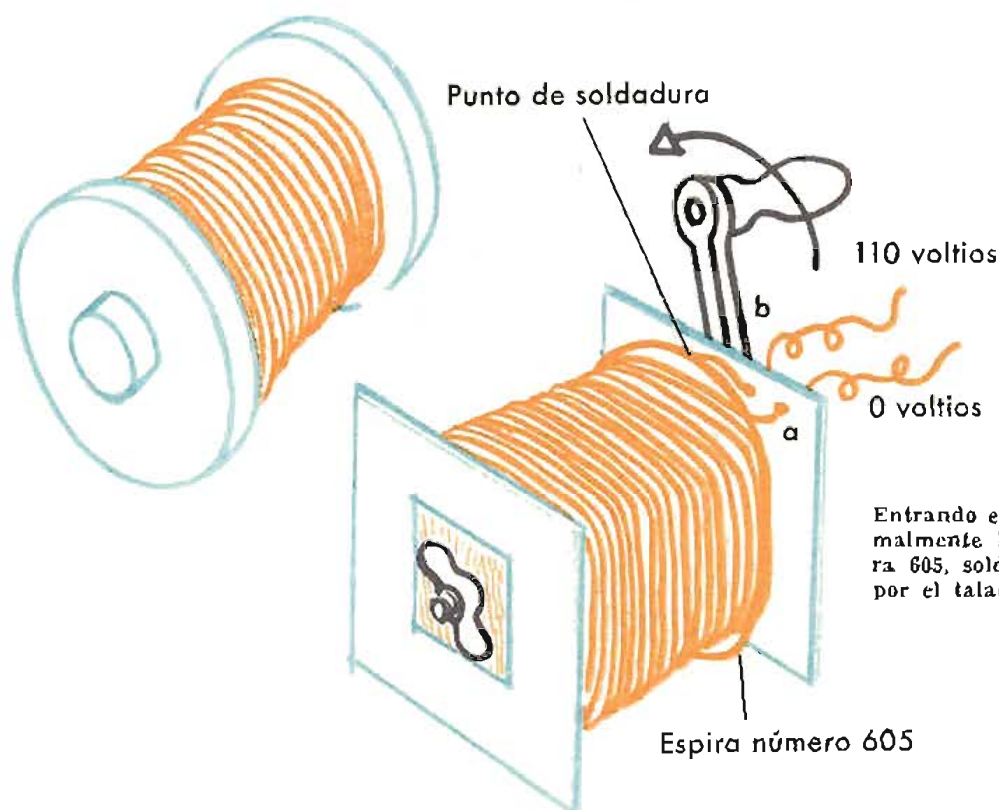
Hasta 125 V (son 15 voltios más) necesitamos $15 \times 5.5 = 82.5$ vueltas más (83). O sea: después de las 605 espiras, contamos 83 más y soldaremos la segunda derivación.

Hasta 220 V (son $220 - 125 = 95$ voltios más) necesitamos añadir $95 \times 5.5 = 522.5$ espiras. Después de la segunda derivación contaremos 523 espiras más y habremos terminado la bobina del primario.

El total de espiras del primario será de:

605 espiras hasta la primera derivación (110 V)
+ 83 espiras de la primera a la segunda derivación (125 V)
+ 523 espiras de la segunda derivación al final del primario (220 V).
1211 Total de espiras del primario.

BOBINADO DEL PRIMARIO

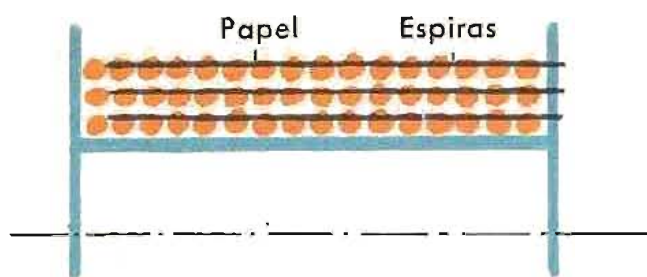


Cuando se utilice corriente alterna de 110 V la toma de corriente deberá conectarse a estos dos cables.

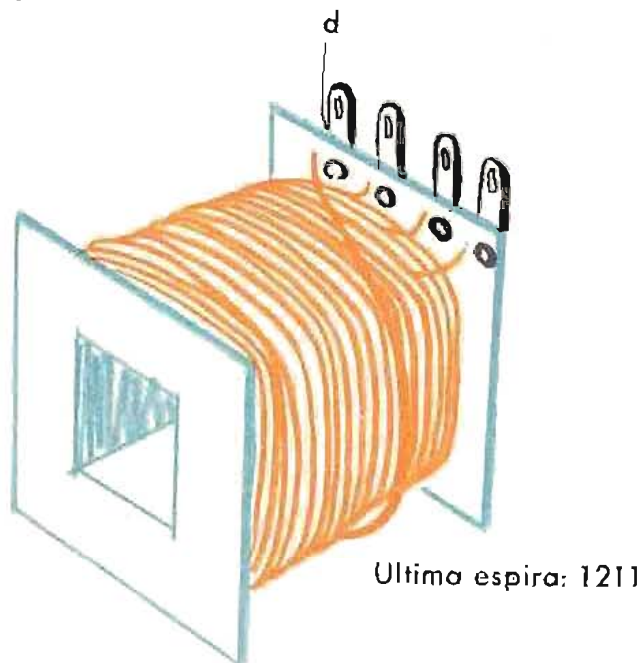
Entrando el hilo por el agujero a, bobinaremos normalmente hasta contar 605 espiras. Sobre la espira 605, soldaremos un cable de hilo que sacaremos por el taladro b.

NOTA IMPORTANTE

Se prescribe que separando cada "piso" de espiras se coloque una hoja de papel para reducir el peligro de cortocircuitos producidos por el roce entre espiras y también por el calor, que puede reblandecer el esmalte aislante que recubre el hilo de cobre.



Sección axial del bobinado de un transformador demostrando tres "pisos" de espiras con la correspondiente separación de papel.



Después de 523 espiras más sacaremos el cabo final por el taladro d. Entre el primer borne y este último deberemos conectar las corrientes de 220 V.

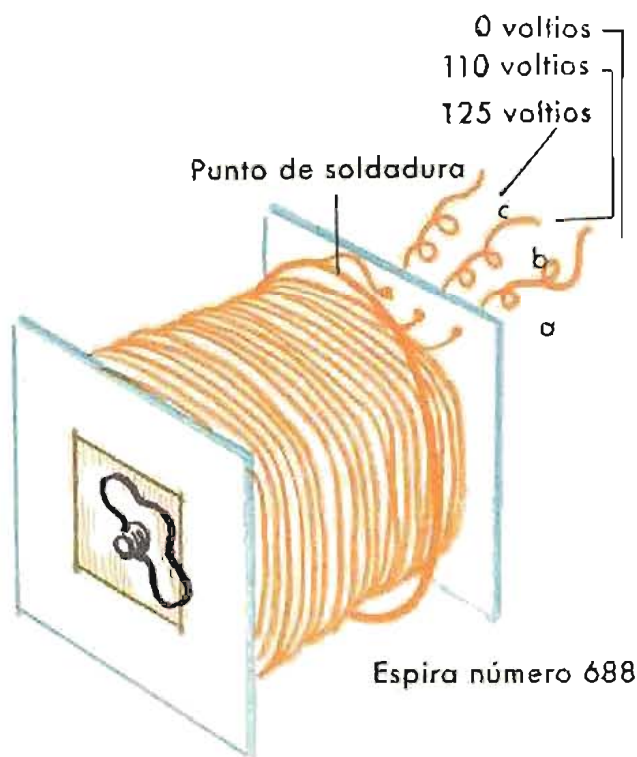
Bobinaremos el secundario sobre el primario, siguiendo un proceso análogo. Las terminales de salida se colocarán al lado opuesto al de las entradas, o bien del mismo lado, pero debajo de ellas.

NOTA. — Es muy normal ver transformadores cuyas conexiones no están sujetas sobre el carrete de cartón, sino que emergen directamente del cuerpo de las bobinas.

Grueso de los hilos de las bobinas

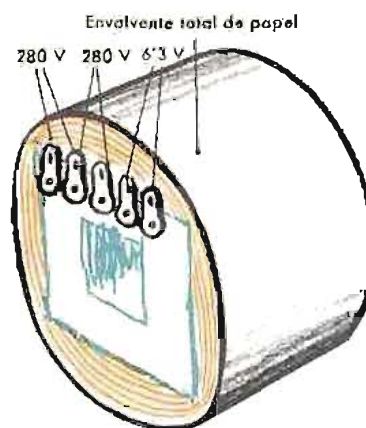
De acuerdo con el CUADRO III, el diámetro del hilo de cobre de cada bobina viene dado en función de la intensidad.

La intensidad de la primera bobina del secundario, o sea la que aumenta el voltaje a ± 280 V, es de $125 \text{ mA} = 0.125 \text{ A}$. Si buscamos este valor en el CUADRO III, comprobaremos que el diámetro del hilo de esta bobina debe quedar comprendido entre $1.8/10$ de milímetro (aproximadamente) y $3/10$ de milímetro. Podemos tomar un valor medio y utilizar hilo de $2.5/10 \text{ mm}$ de diámetro.



Después de 83 espiras más, soldaremos una nueva derivación que pasaremos por el taladro c.

Para mayor comodidad, las conexiones se hacen sobre terminales que pueden fijarse al cuerpo del carrete.



Para la segunda bobina del secundario (6.3 V a 4 A) el grueso del hilo (según el CUADRO III) debe oscilar entre 1 y 1.8 mm aproximadamente. Tomaremos hilo de 1.5 mm de diámetro.

HILLO PARA EL PRIMARIO

Puesto que el grueso viene dado en función de la intensidad, deberemos buscar los amperios que circularán por la bobina del primario. Para ello disponemos de un dato definitivo: la potencia del primario debe ser igual a la del secunda-

río. Si en nuestro caso son 60 W de potencia en el secundario, también serán 60 los vatios de potencia del primario.

Sabiendo que $W = V \times I$, será $60 = 220 \times I$, de donde:

$$I = \frac{60}{220} = 0'27 \text{ A}$$

Consultando el CUADRO III, vemos que para 0'27 A el grueso del hilo debe estar entre 2'5/10 y 4/10 de mm. Un término medio siempre es oportuno: hilo de 3/10 de mm.

Y con ello hemos llegado al final. Tenemos to-

dos los datos necesarios para la construcción del transformador. Vamos a recopilarlos:

Será un transformador con empilado de chapa E/I de $1 = 84$ mm.

La altura del empilado será de 3 mm, obtenida con 75 chapas de 0'4 mm.

El primario estará formado por una bobina de 1211 espiras de hilo de cobre de 0'3 mm de diámetro, con derivación sobre la 605 espira y sobre la 688.

El secundario estará formado por una bobina de 3080 espiras con hilo de 0'25 mm, con derivación sobre la espira 1540. Además llevará otra bobina de 35 espiras de hilo de 1'5 mm.

lección práctica 8

Montaje de una fuente de alimentación para receptores de corriente alterna. Primera fase

Desde hace algunas lecciones venimos hablando de la fuente de alimentación como de aquella parte del receptor destinada a proporcionar a los demás componentes del circuito electrónico la tensión continua necesaria para su correcto funcionamiento. Parte esencial, pues, y que en buena lógica debe estudiarse y montarse con anterioridad a los demás grupos funcionales en que idealmente hemos desglosado el receptor.

Además, se produce una circunstancia que reviste verdadera importancia:

Acontece que, actualmente, está desapareciendo podríamos decir que *por momentos*, el suministro de corriente continua que antaño alimentaba las redes de distribución urbanas y por ende las instalaciones domésticas. Tal sustitución, claro, obedece a circunstancias ventajosas derivadas del empleo de la corriente alterna. De entre

tales ventajas citaremos la que nos interesa de una manera más directa: la posibilidad de su transformación a tensiones mayores o menores que la de origen para adaptarla a las necesidades de los aparatos receptores.

Lo definitivo, empero, es que los fabricantes, ante la casi total adopción de corrientes alternas, construyan sus aparatos acondicionados para funcionar con este tipo de tensiones. Por otra parte, los receptores para corriente alterna presentan claras ventajas sobre los que están concebidos para alimentarse con tensiones continuas o preparados para funcionar con ambos tipos de tensiones (aparatos universales), ventajas que no es el momento oportuno de profundizar. Por tanto, creemos justificado el hecho de que nuestras lecciones prácticas se orienten hacia el estudio y montaje de aparatos para corriente alterna.

NUESTRA FUENTE DE ALIMENTACION

Pongamos manos a la obra y procedamos al montaje de la fuente de alimentación que nos servirá para todos los aparatos que construiremos a lo largo de estas lecciones.

Antes de empezar, digamos que nuestro objeto inmediato consistirá en describir su realización práctica. Procederemos al estudio manual, por así decirlo, dejando para más adelante el estudio teórico que deduciremos del esquema.

Por otra parte, recuerde que en el capítulo

anterior de «Radiotecnica» dejamos en suspenso la cuestión de la rectificación total de la corriente proporcionada por la válvula rectificadora bíplica (de onda completa). En la próxima lección hablaremos del filtraje y de los condensadores electrolíticos, después de lo cual estaremos en condiciones de comprender el efecto total de la fuente de alimentación. Entonces será oportuno analizar teóricamente el comportamiento del circuito.

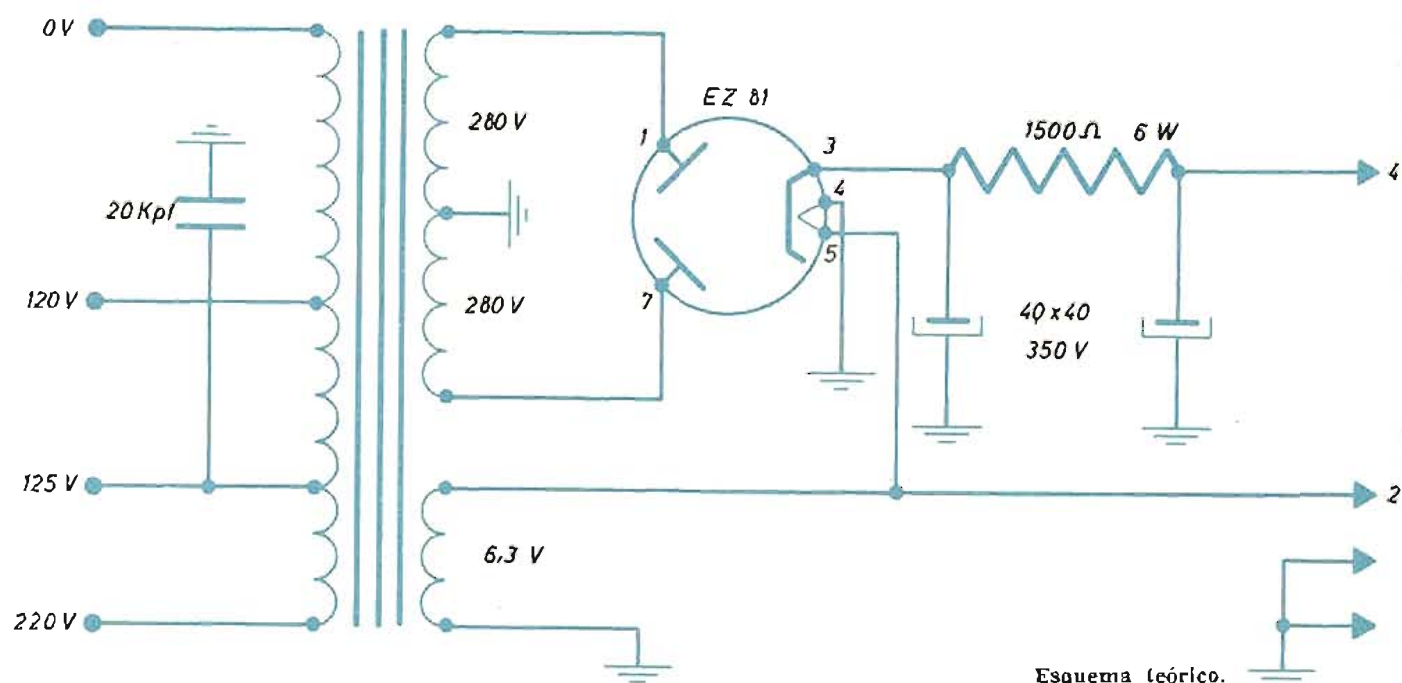
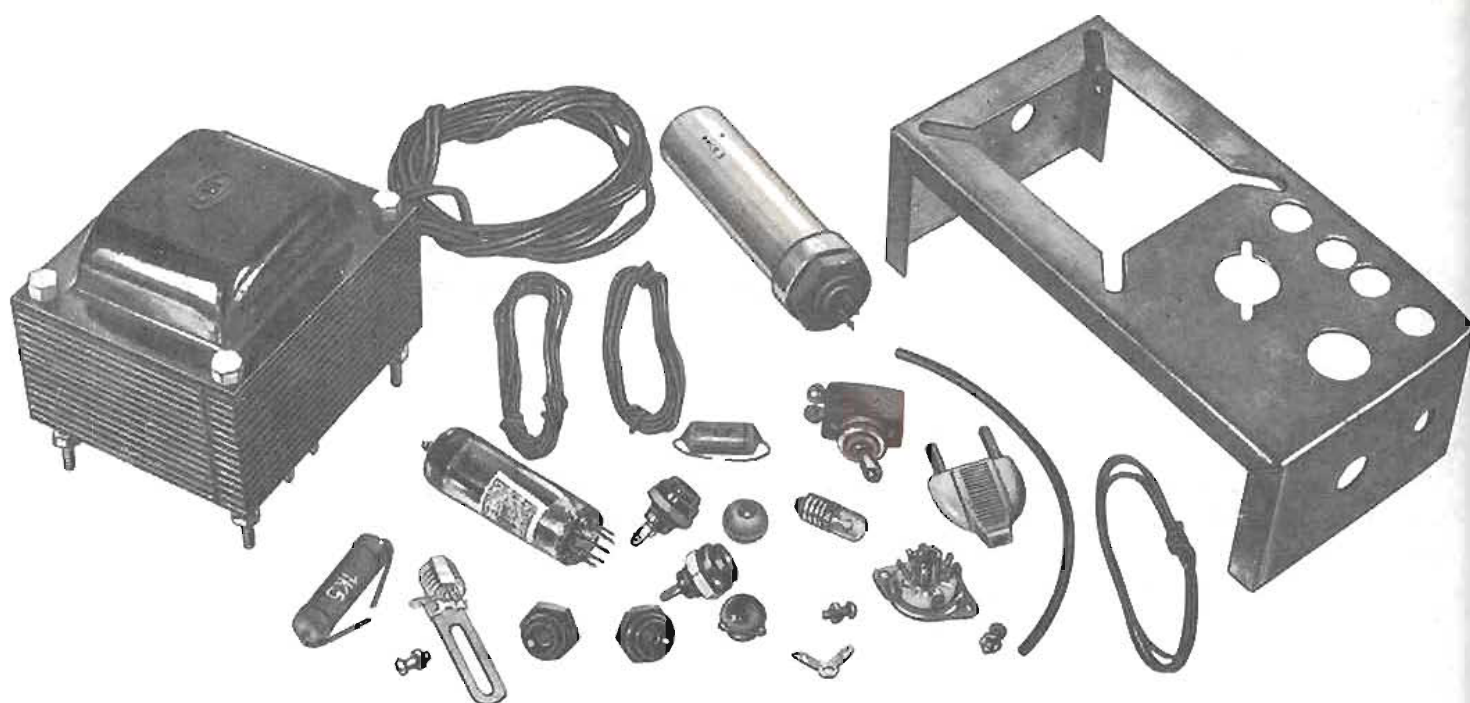
ESQUEMA Y MATERIAL

Una cosa es evidente: que todo montaje electrónico tiene su punto de partida en el esquema correspondiente. Del esquema teórico, y previo el conocimiento de las distintas piezas que lo integran, podemos pasar al esquema práctico,

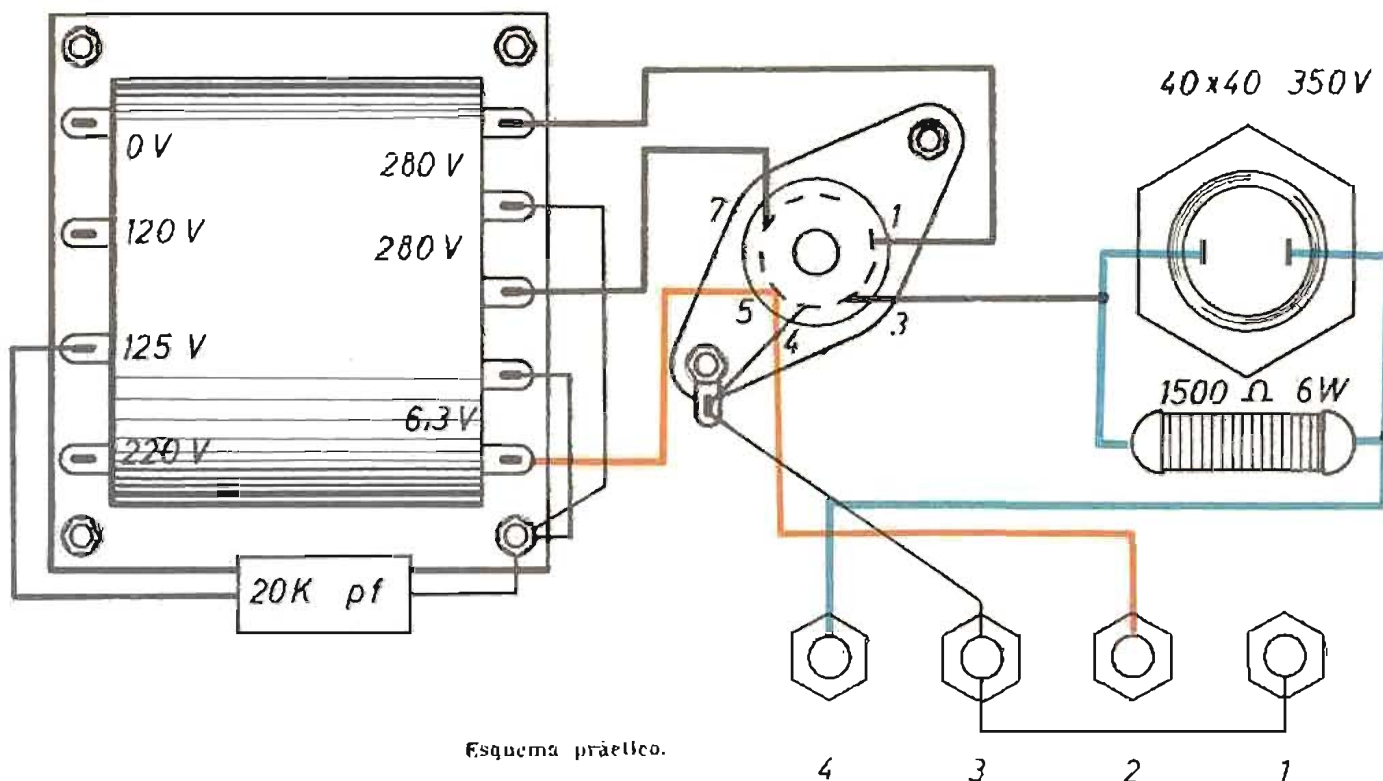
primer paso hacia la consecución del montaje.

Sin más, pues, veamos ambos esquemas y deduzcamos de ellos el material que interviene en esta práctica.

En primer lugar, EL TRANSFORMADOR. Conoce-



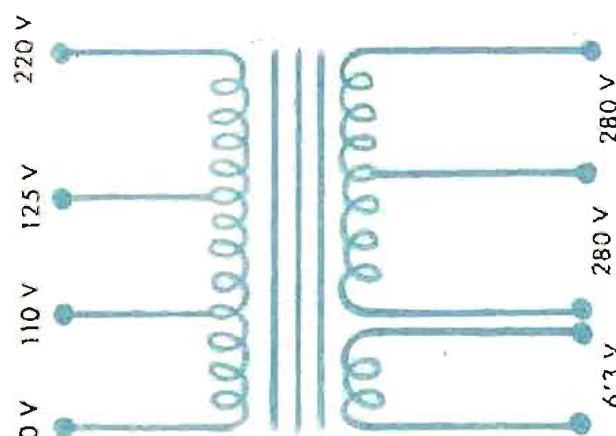
Esquema teórico.



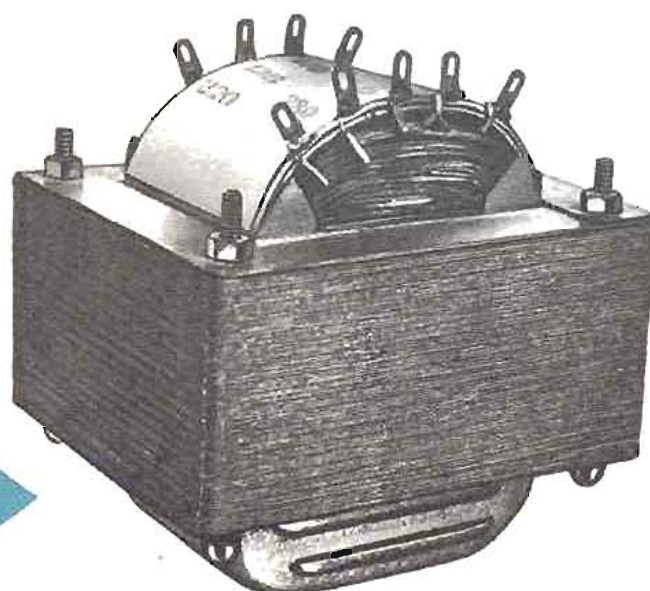
mos sus características por la lección anterior. Sin embargo, vamos a repetirlas:

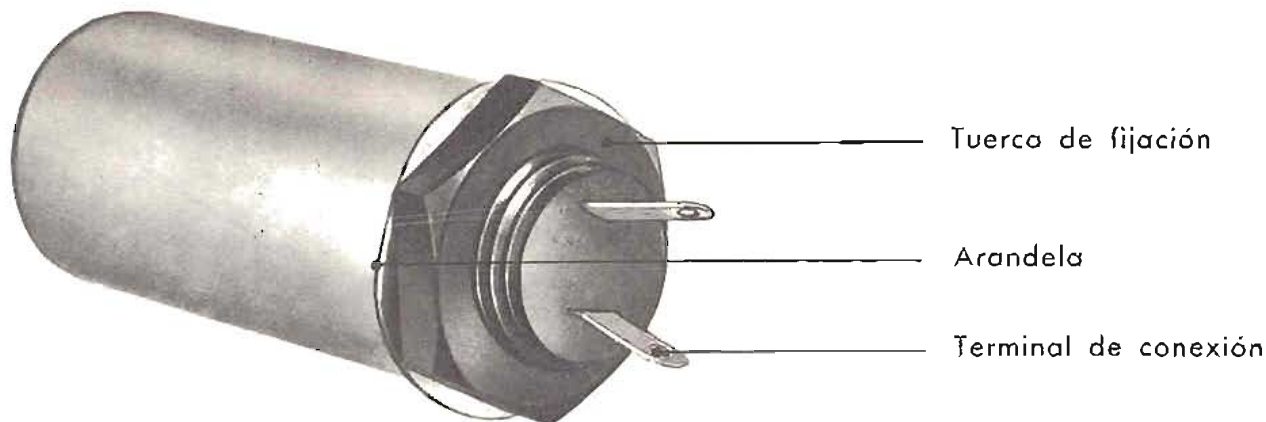
El primario tendrá entradas para corrientes alternas de 110, 125 y 220 V, que son las tensiones normales que suministran las corrientes domésticas. Al adoptar un transformador con este primario tendremos la ventaja de disponer de unos receptores que serán adaptables a todas las tensiones alternas normales: bastará con escoger los bornes de entrada del transformador que correspondan al voltaje de la corriente de que dispongamos. En estas lecciones trabajaremos suponiendo que disponemos de una tensión de 125 V. Si usted, por ejemplo, cuenta con una tensión de 220 V (que es la que actualmente se tiende a adoptar), ya sabe que debe establecer las conexiones de entrada entre el borne que en el primario indica 0 voltios y el borne que indica 220 V. Se comprende, claro, que si la tensión fuese 110 voltios, la conexión de entrada habría de establecerse entre los bornes o terminales marcados 0 y 110 V.

El secundario o inducido tendrá salidas para 280 V (recuerde que con doble bobinado, para atender a una rectificación de onda completa) y para 6.3 V, necesarios para el circuito de filamento.



Fotografía de la cara inferior del transformador.





Sigamos con la VÁLVULA DIODO BIPLACA necesaria para la rectificación de onda completa. Será una EZ81, cuyas características nos son conocidas. Como todas las que utilizaremos en nuestros montajes, es una válvula Philips de la serie Noval.

Naturalmente, esta válvula requiere su correspondiente ZÓCALO, elemento al que se harán cuantas conexiones se requieran. Por ello en el esquema práctico se representa el zócalo en vez de la válvula.

Citemos ahora el CONDENSADOR ELECTROLÍTICO. Es parte vital de la fuente de alimentación y aunque no conozcamos su constitución interna, debemos conocer su estructura visible y forma de colocación. Sepa que para este montaje, precisamos de un condensador electrolítico de $2 \times 40 \mu F$ 350 V.

Una RESISTENCIA BOBINADA de 1.500Ω —6 W.

Un CONDENSADOR de 20.000 pF.

Una LÁMPARA PILOTO, para que su luz proporcione una señal visible que permita distinguir de inmediato cuándo está en marcha la fuente de alimentación (lámpara encendida) o cuándo no está en funcionamiento (lámpara apagada).

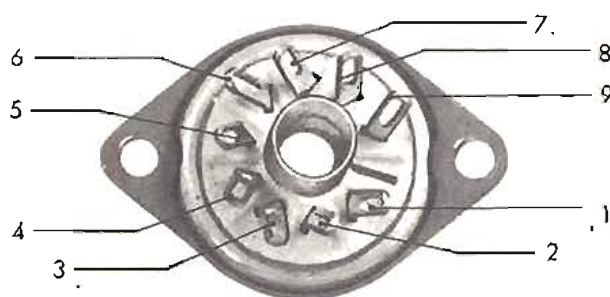
Un OJO DE BUEY que, colocado delante de la lámpara piloto, proporcionará luz roja y mejor acabado al aspecto externo del conjunto.

Necesitamos asimismo un INTERRUPTOR DE BOLA, incorporado entre la toma de corriente y el transformador, que permita controlar el aparato sin necesidad de conectar y desconectar la clavija de enchufe.

Es otro elemento que necesitamos: una CLAVIJA DE ENCHUFE normal para tomar la corriente de una base de enchufe de la red de nuestra vivienda.

La lámpara piloto, como es natural, deberá sostenerse por medio de su correspondiente PORTA-LÁMPARAS.

Aspecto externo de un condensador electrolítico.



Zócalo Noval visto por su cara posterior. Es la cara útil para el alambrado.



Resistencia bobinada de $1 K 5 \Omega$ (1.500 Ω).



Lámpara piloto
6'3 V, 0'2 A.



Condensador de 20 K pF
(20.000 pF.)



Ojo de buey.

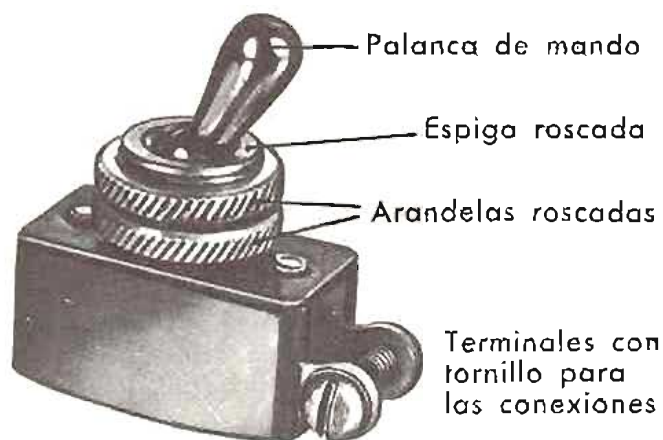
También deberemos agenciarnos cuatro HEMBRILLAS AISLADAS DEL CHASIS; dos de un mismo color y las otras dos de colores distintos. Por ejemplo, podemos colocar dos hembrillas negras, una encarnada y otra verde. El caso es que podamos distinguirlas entre sí, por la razón que más adelante expondremos. Existen múltiples modelos de hembrillas aisladas del chasis, de los cuales hemos escogido uno de los que nos parecen más divulgados en el mercado. Que sean aisladas del chasis, quiere decir que no debe existir contacto alguno entre su parte conductora y el chasis metálico que soporta el montaje. Por ello la espiga roscada de tales hembrillas es de material aislante; en su interior queda la pieza metálica que establecerá contacto con la banana correspondiente. Esta pieza interna (un cilindro de chapa metálica) emerge por la parte posterior de la hembrilla en forma de terminal, donde puedan soldarse las conexiones oportunas. Una tuerca metálica permite la sujeción al chasis. La necesidad de que las hembrillas sean aisladas proviene de que el chasis es conductor; se comprende que si fuese aislante las hembrillas podrían carecer del aislamiento.

El zócalo de la válvula y el portalámparas se fijarán al chasis por medio de tres TORNILLOS CON TUERCA de 1/8" de paso de rosca y 10 mm de longitud.

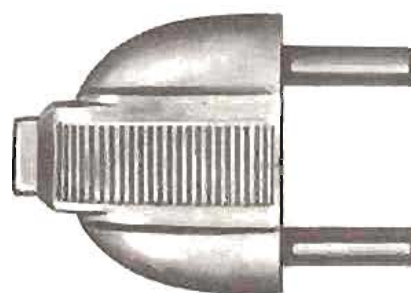
HILOS Y CABLES DE CONEXIÓN. Vamos a dar cantidades más que suficientes para el alambrado que requerimos, en previsión de que los posibles errores propios y normales en un primer intento de alambrado algo complejo nos fuercen a sustituir uno o más conductores que nuestra inexperiencia pueda haber dañado:

Necesitaremos un trozo de cable bipolar de conexión bajo plástico de una longitud que se hace difícil determinar. Deberá cortar la cantidad suficiente para establecer la conexión entre el aparato y la base de enchufe desde la que piense tomar la corriente. Este cable deberá tener una sección de 0'4 mm². En el mercado lo expenden por metros o por rollos de cien metros bajo la denominación de *cable de conexión de 2 x 0'4 milímetros*.

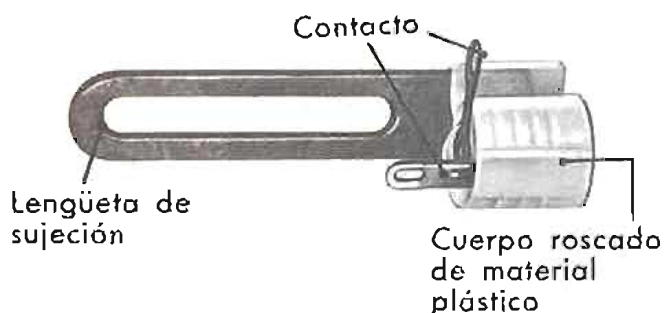
Hilos de conexión con cubierta de plástico. Necesitará un trozo de color negro y otro de color encarnado de unos 35 cm de longitud. La diferencia de color tiene el objeto de distinguir los distintos circuitos y obtener la ventaja de su inmediata distinción en caso de avería. Estos hilos deberán tener un diámetro de unos 0'5 milímetros. Agénciese un nuevo trozo de hilo de con-



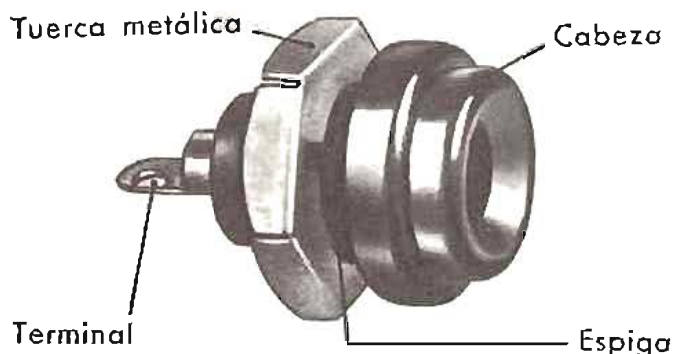
Interruptor de bola.



Clavija de enchufe.



Portalámparas.



Hembrilla aislada del chasis.

xión con cubierta aislante de color azul. El diámetro, también aproximado a 0'5 mm y su longitud como de unos 25 cm.

Para aislar algunas conexiones, que originalmente carecerán de cubierta de plástico, precisaremos el concurso de unos 15 cm de MACARRÓN PLÁSTICO de cualquier color (negro, por ejemplo) y cuyo diámetro sea de unos 3 mm aproximadamente.

Citemos también una GOMA DE PROTECCIÓN que destinaremos a la salvaguarda del cable de entrada.



Goma de protección y macarrón de plástico aislante.

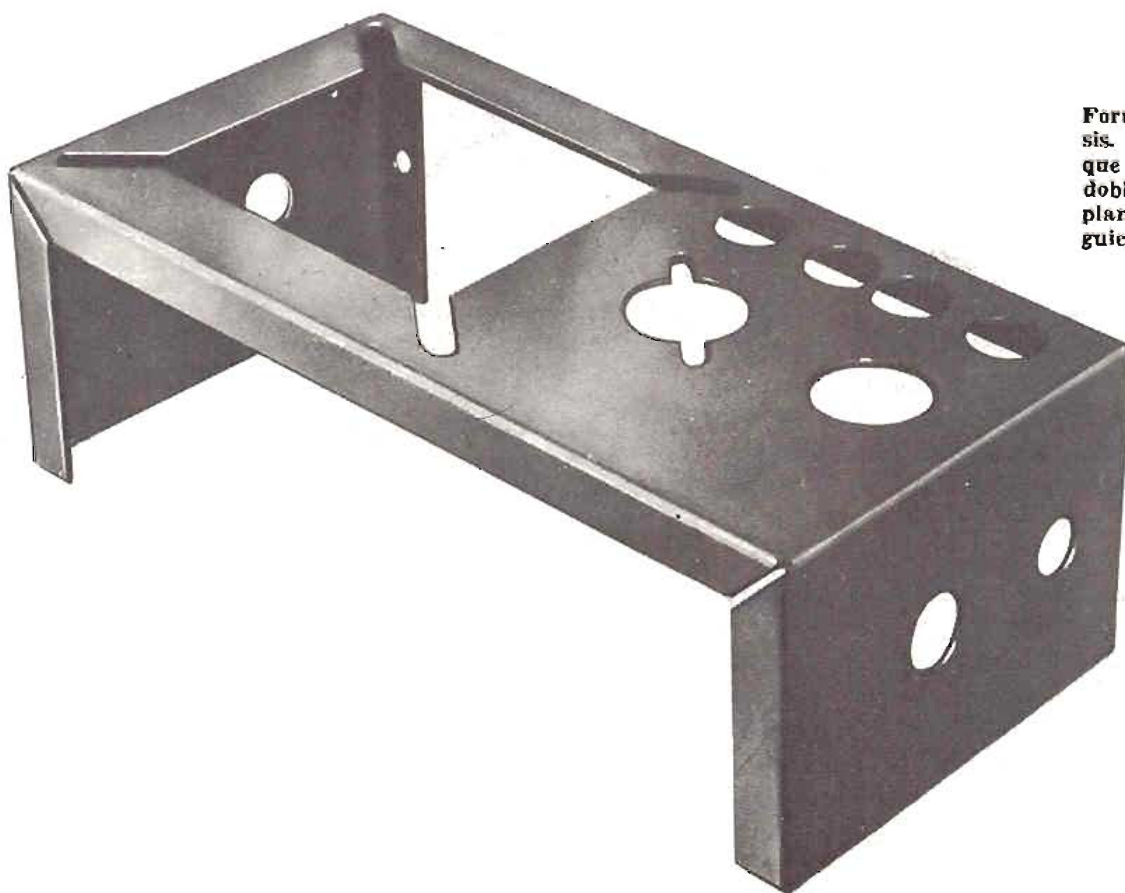
EL CHASIS

Todos los componentes del circuito deben mantenerse sobre un soporte metálico que recibe el nombre de chasis; soporte proyectado expresamente para esta fuente de alimentación y pensando en que, una vez montada, debe servir para todos los aparatos receptores que vamos a construir, inclusive para el último, al que definitivamente quedará incorporada como parte integrante del chasis total del aparato. Los chasis para radio deben ser de chapa de hierro estañado o cadmiado, con un grueso que, sin ser excesivo, les confiera suficiente consistencia. Chapa de 0'5 a 0'7 mm, generalmente, es suficiente. El baño

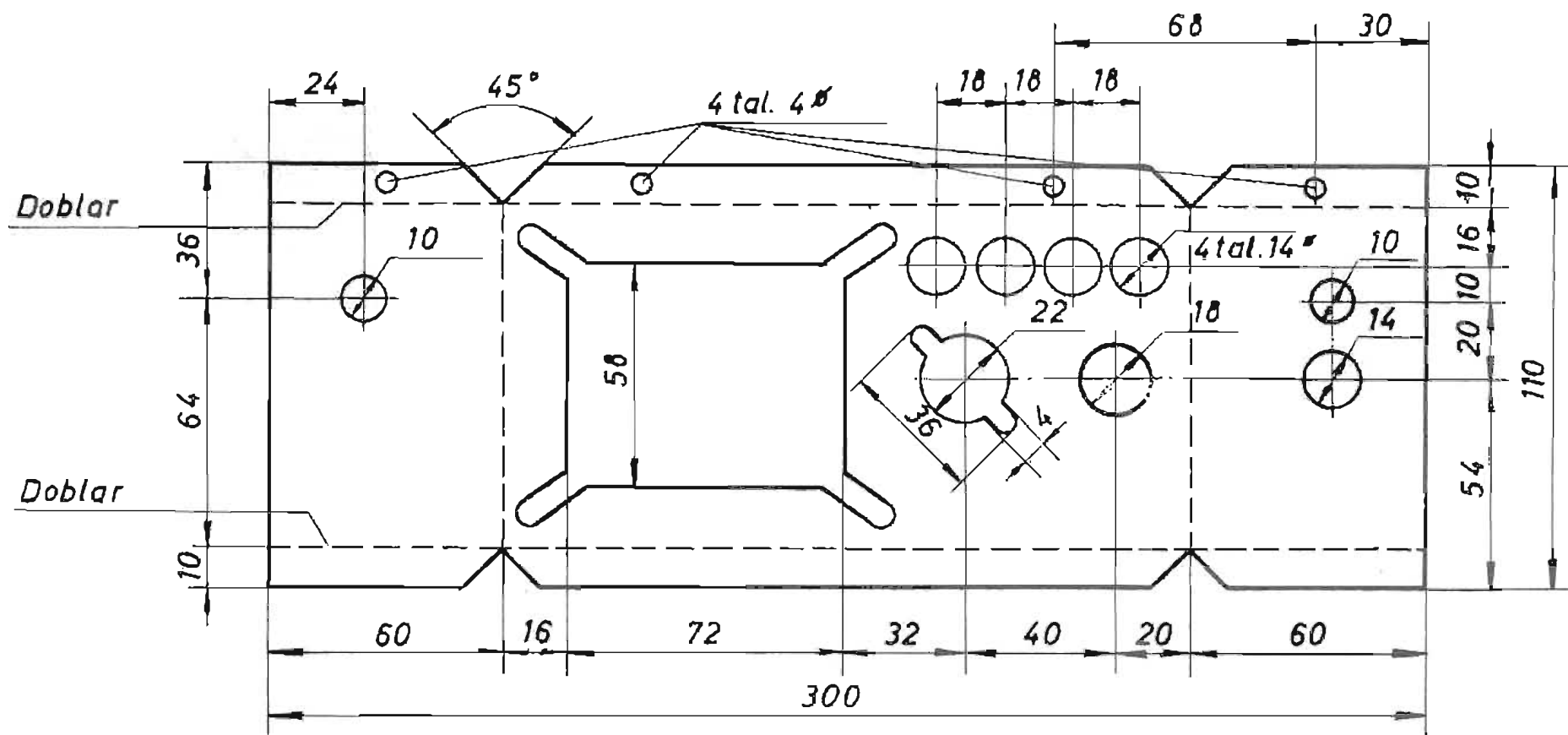
de estaño con que se recubre la chapa de hierro tiene un doble objetivo: evitar la oxidación y facilitar la adherencia de las soldaduras que sobre él deban practicarse.

Damos un desarrollo de este chasis con todas las medidas anotadas, así como su forma final, una vez se hayan practicado los dobleces señalados.

Con ello damos por terminada la descripción de los componentes que intervienen en el montaje de la fuente de alimentación de nuestros futuros receptores, si no silenciásemos la necesidad de contar con dos terminales; uno simple y otro doble en ángulo recto.



Forma definitiva del chasis. Advierta las aristas que corresponden a los dobleces indicados en el plano de la página siguiente.



CHASIS PARA FUENTE DE ALIMENTACION
(DESARROLLO)

Escala 1 : 2

EL MONTAJE

Una vez descrito el material, procedamos a situarlo convenientemente en el chasis. Usted ya sabe que, en definitiva, lo que pretendemos hacer es relacionar los distintos componentes conforme a lo que indica el esquema.

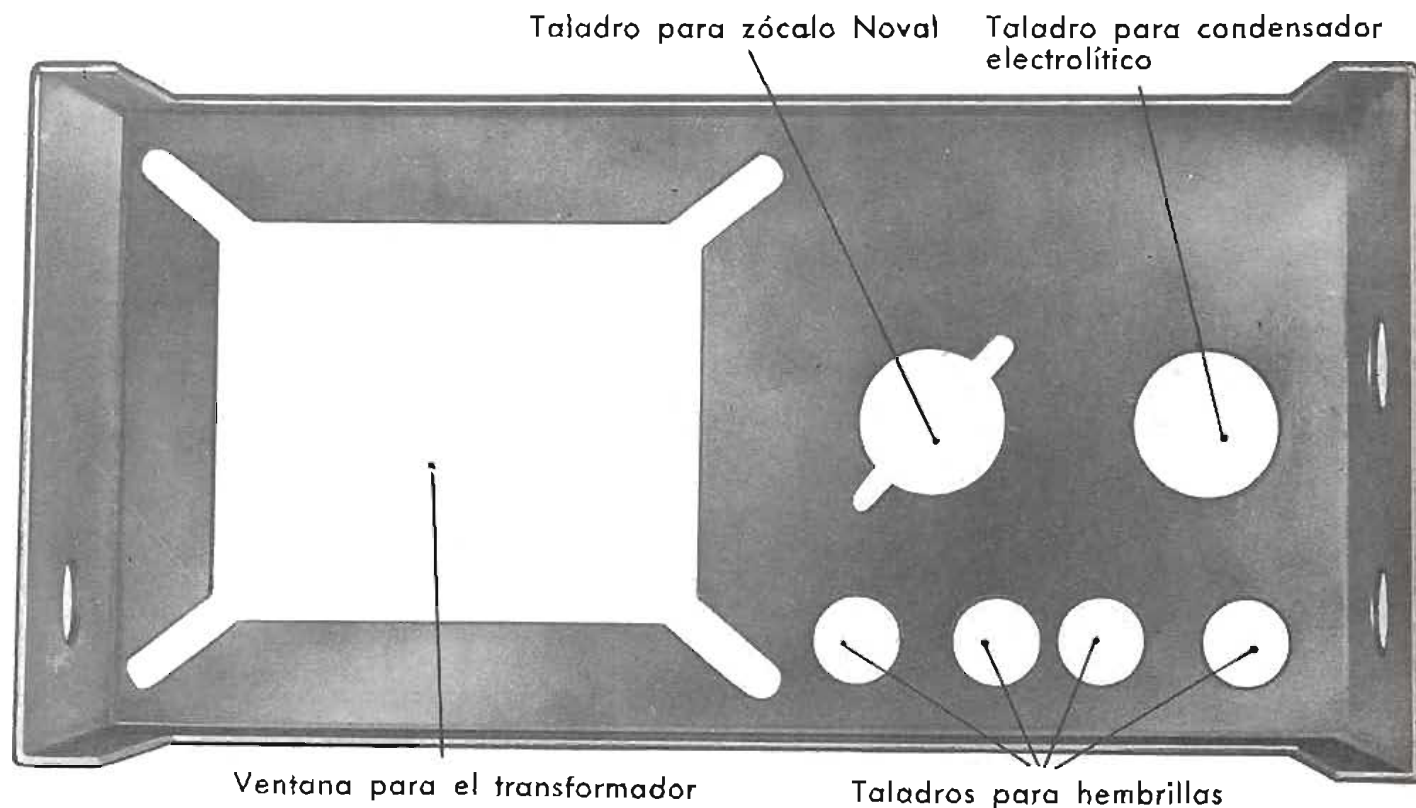
Por tanto le aconsejamos que copie en cualquier papel el esquema práctico de esta fuente de alimentación para tener a la vista una referencia constante de la parte del circuito que está realizando. Conviene no perder de vista que realizar un montaje no es otra cosa que interpretar su esquema sustituyendo cada uno de los símbolos por el elemento real que representan.

Antes de empezar aclaremos un detalle: puesto que el alambrado del circuito debe discurrir por el interior del chasis, es natural que el es-

quema práctico represente una vista inferior del montaje y que en estas explicaciones representemos la misma cara. Así, pues, no se confunda: trabajamos por la parte posterior del chasis.

Para evitar falsas interpretaciones, establezcamos una posición del chasis, que, para entendernos, podemos llamar posición normal de montaje.

Esta posición será tal que la ventana que debe recibir el transformador quede a nuestra izquierda mirando al chasis por detrás. Usted, claro, es libre para mover el chasis como se le antoje, buscando la posición más cómoda para practicar la soldadura que le corresponda hacer; pero en nuestra explicación consideraremos que el chasis vuelve siempre a la posición indicada.

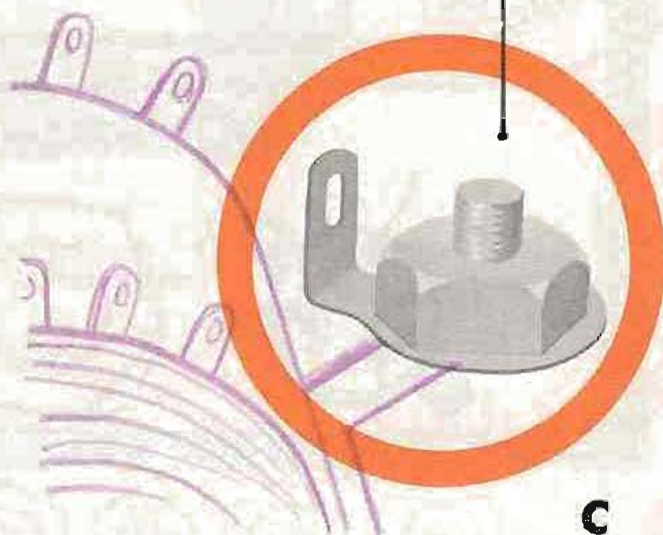
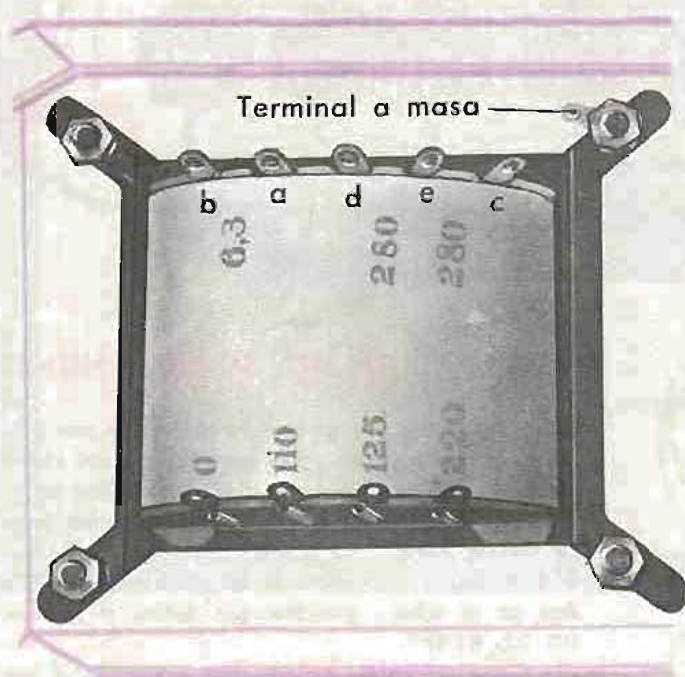
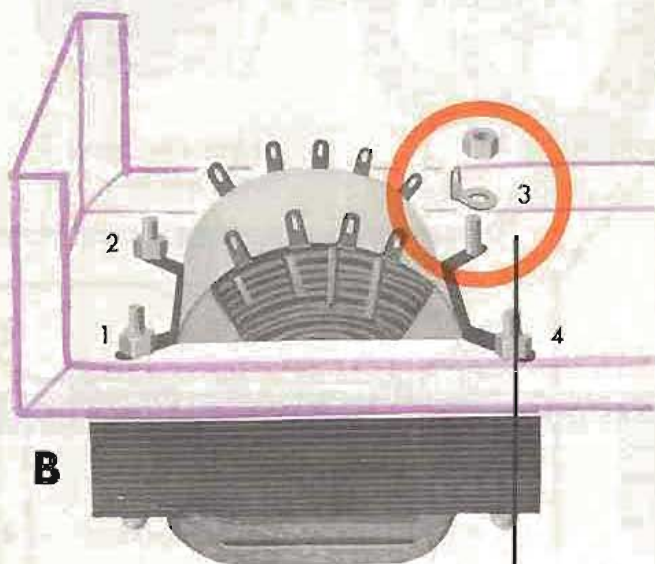
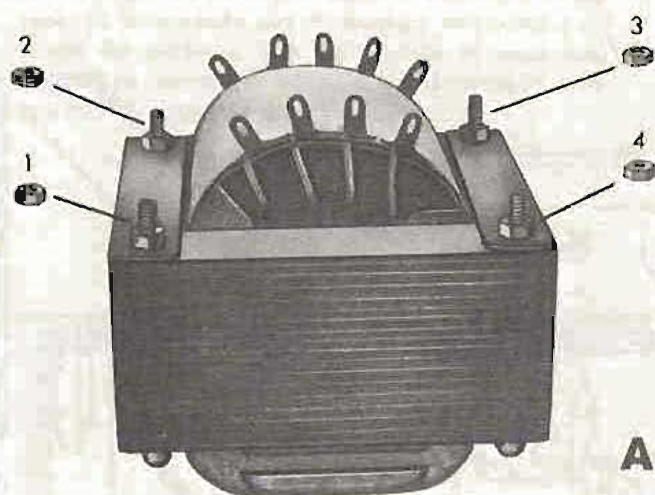


Consideraremos que el chasis está en posición normal de montaje cuando, visto por su cara posterior, la ventana del transformador quede a nuestra izquierda.

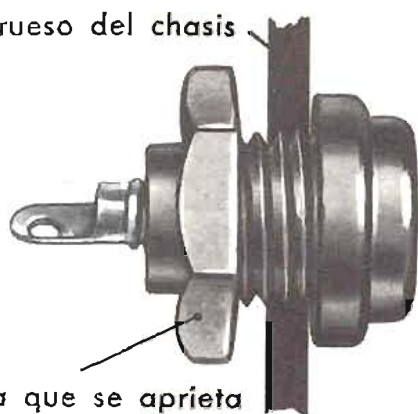
COLOCACION DEL TRANSFORMADOR

El transformador se fija al chasis mediante las cuatro tuercas que, por su cara posterior, sujetan las chapas del empilado. Una vez sacadas del transformador, se introducen las espigas del mismo en las ranuras laterales de la ventana del chasis y se atornillan de nuevo las cuatro tuercas. Vea el proceso en lo que sigue.

- Quitamos las cuatro tuercas del transformador.
- Introducimos las espigas en las escotaduras del chasis y atornillamos de nuevo las cuatro tuercas. Entre la tuerca 3 y el chasis se coloca un terminal sencillo, doblado en ángulo recto.
- Vea en detalle muy ampliado la posición del terminal a masa.



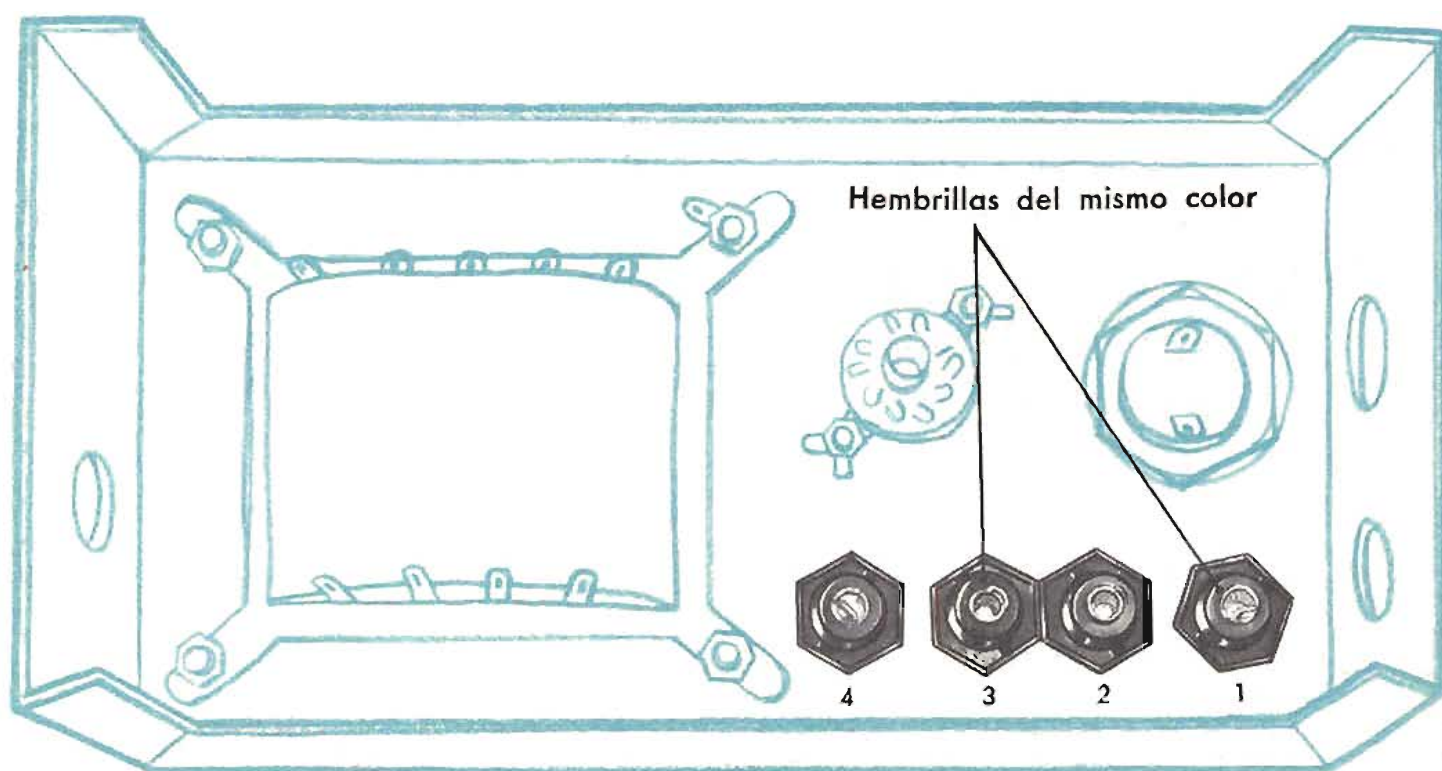
Grueso del chasis



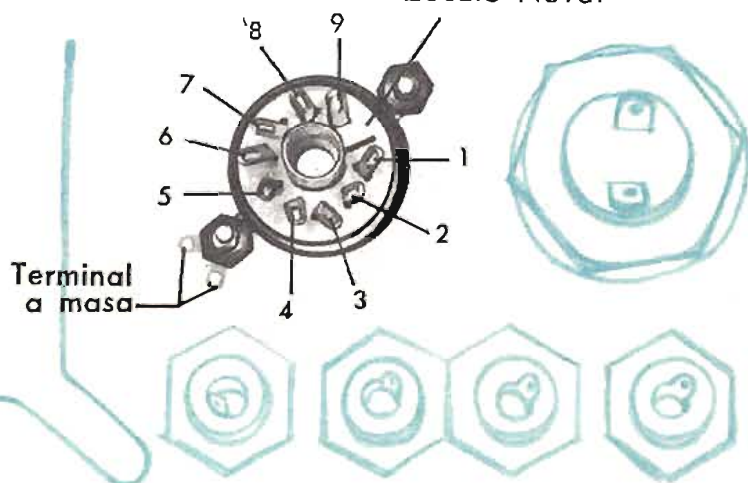
Tuerca que se aprieta fuertemente contra el chasis

COLOCACION DE LAS HEMBRILLAS

Es una operación muy sencilla: basta pasar la espiga roscada por el taladro correspondiente de modo que la cabeza quede en la cara exterior del chasis, y fijarla mediante la tuerca, que se apretará fuertemente contra el chasis. Coloque las hembrillas de forma que las de color igual ocupen las posiciones 1 y 3 que aparecen en el gráfico.



Zócalo Novol



COLOCACION DEL ZOCALO NOVAL

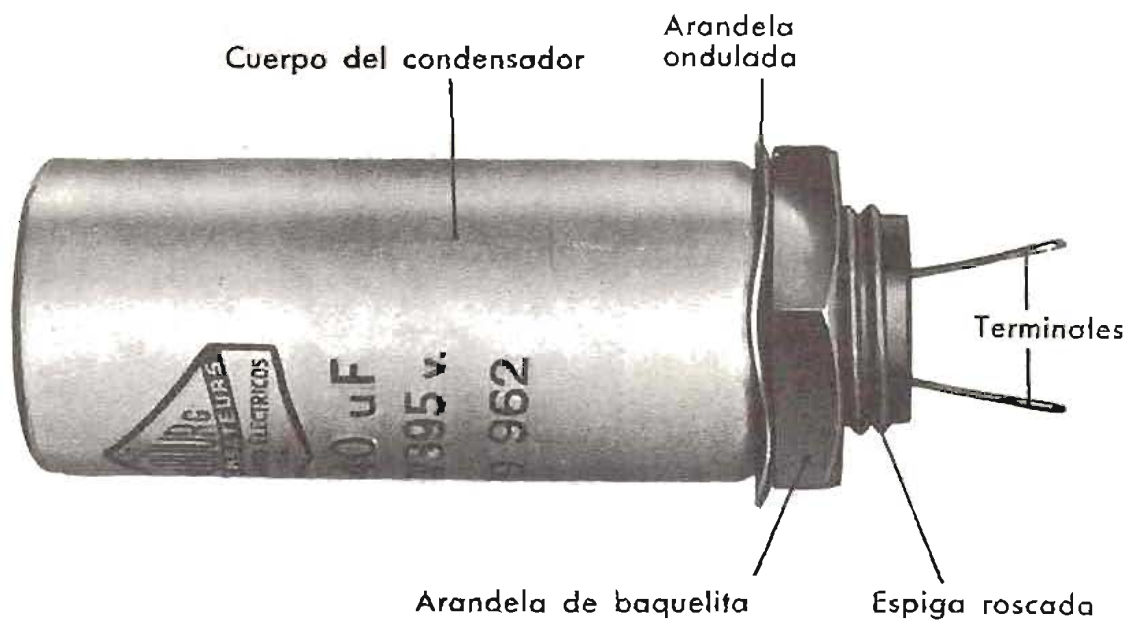
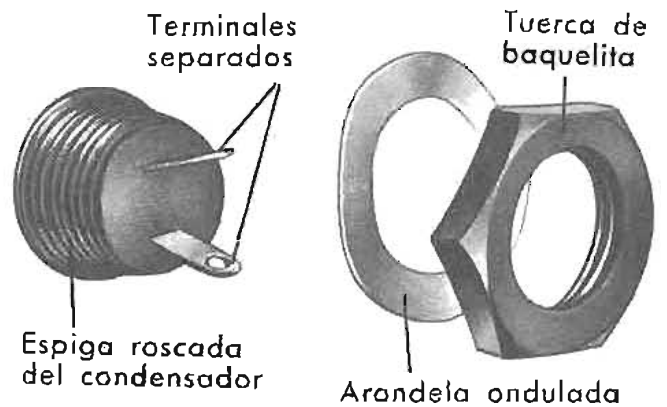
El zócalo se fija por medio de dos tornillos con tuerca. La pieza se coloca en la cara interna del chasis. En la tuerca más cercana a las hembrillas se coloca un doble terminal a masa con sus dos patas en ángulo recto.

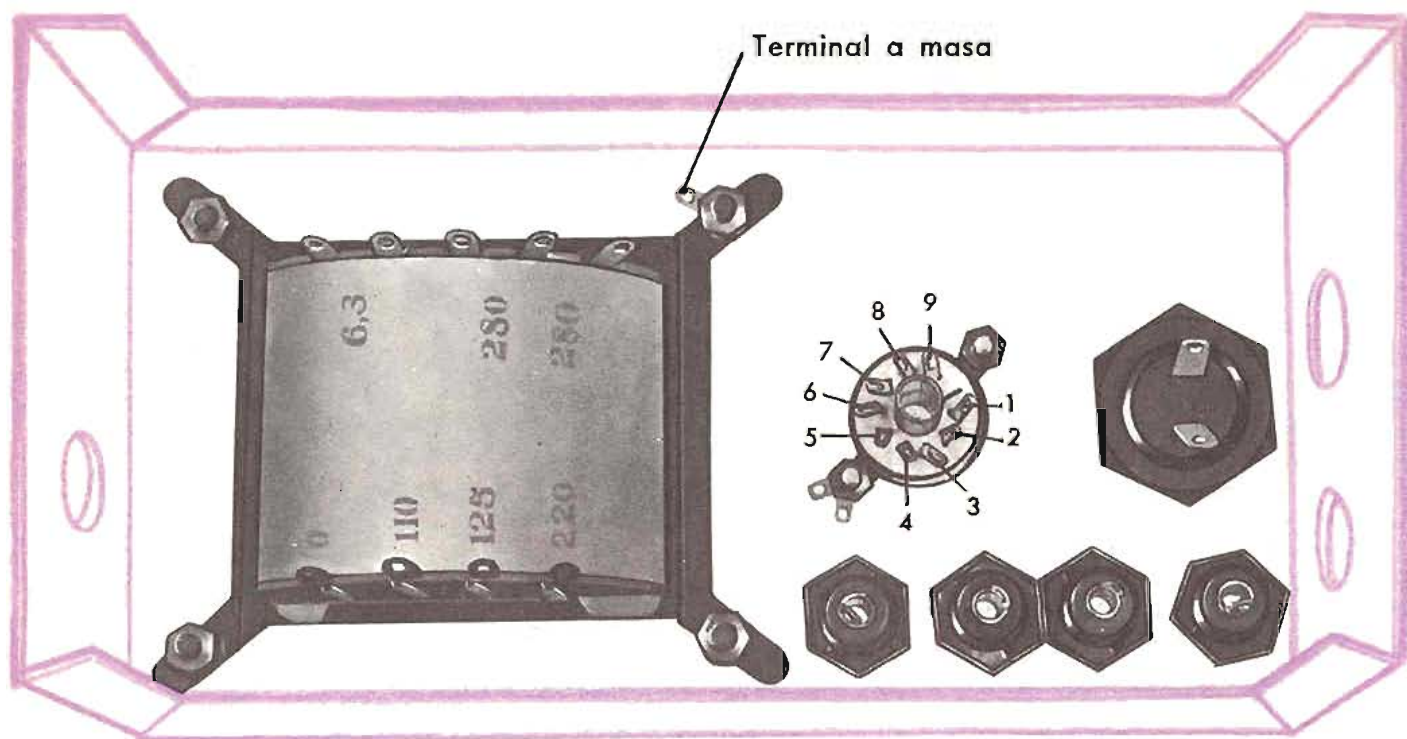
Es importante que las patas del portalámparas queden en la misma posición que indica el gráfico; **NO AL REVÉS**.

Las patas del zócalo se numeran SIEMPRE a partir de la mayor separación y en el orden que siguen las agujas de un reloj.

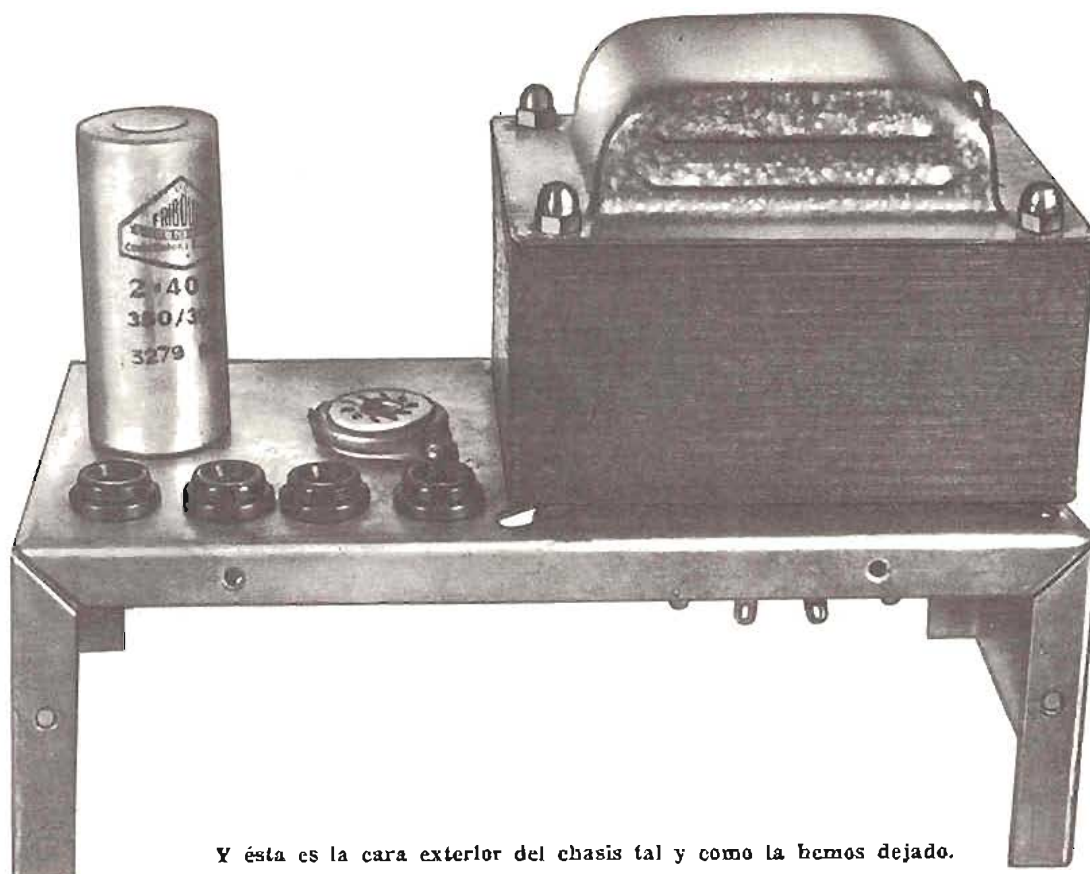
COLOCACION DEL ELECTROLITICO

El condensador electrolítico se fija al chasis por medio de su tuerca, interponiendo entre ella y el chasis la arandela metálica ondulada. La tuerca debe apretarse fuertemente contra el chasis de forma que la arandela ondulada llegue a comprimirse un poco. Es interesante que el contacto entre ella y el chasis sea perfecto. Una vez situado el condensador, deben separarse un poco sus terminales con la ayuda de unos alicates planos.





Vista inferior del chasis una vez colocados los elementos que hasta ahora hemos citado. Advierta la situación de los dos terminales a masa.



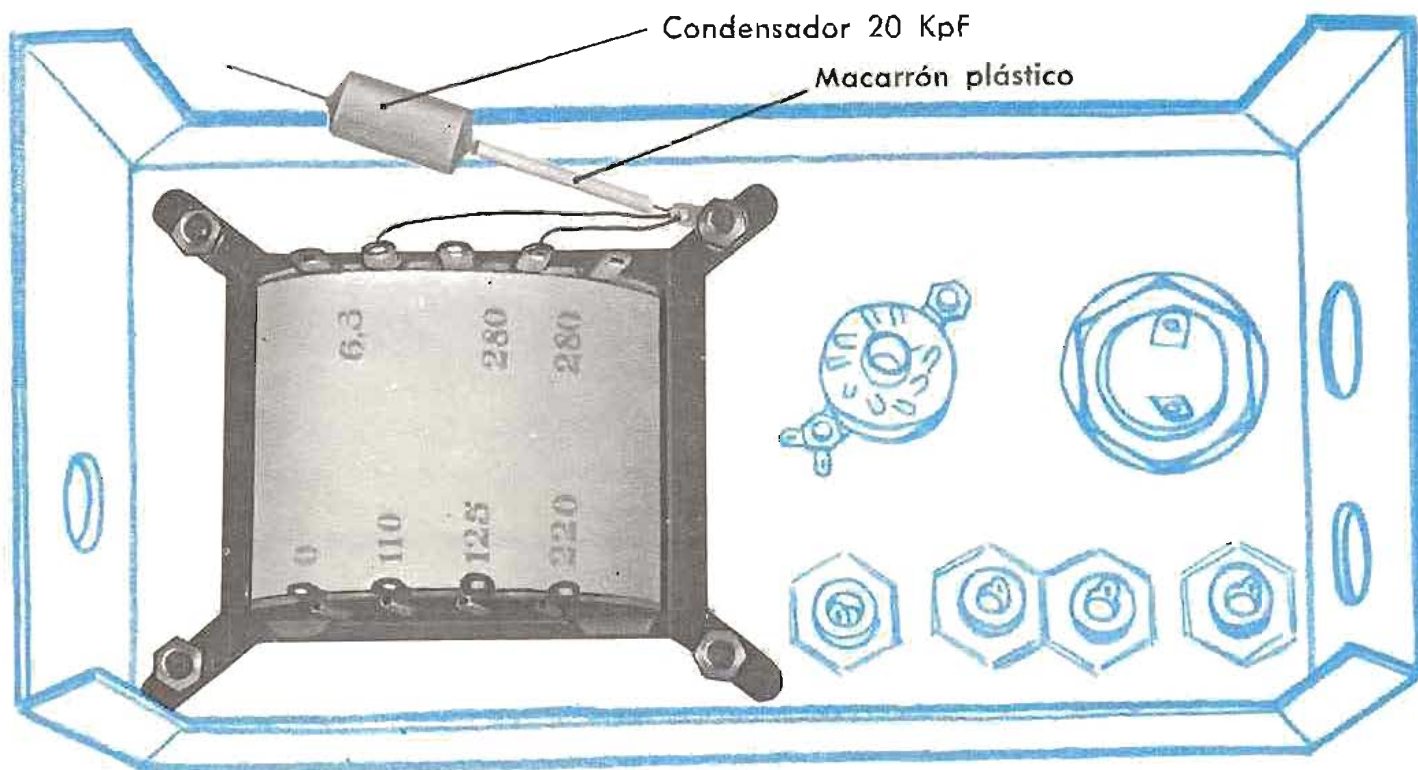
Y ésta es la cara exterior del chasis tal y como la hemos dejado.

LAS PRIMERAS CONEXIONES

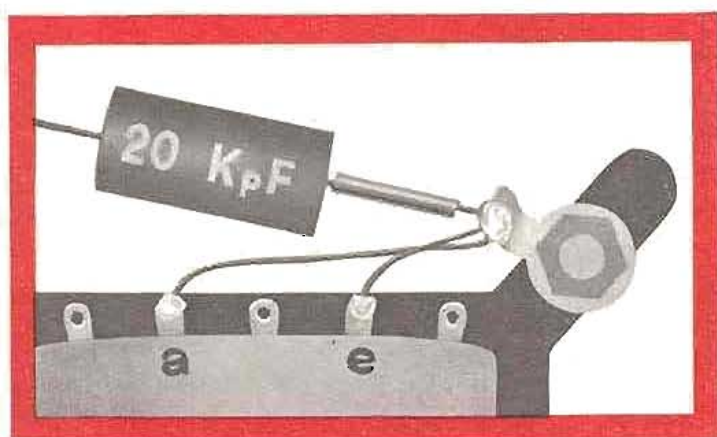
Después de haber colocado en el chasis el transformador, el zócalo, las hembrillas y el condensador electrolítico (sin olvidar los dos terminales a masa), estamos en disposición de practi-

car las primeras conexiones. Prepare, pues, el soldador, el estaño y la pasta desoxidante, porque vamos a emprender una nueva etapa de este montaje.

Soldadura a masa



De los terminales a y e del transformador haremos salir sendos hilos desnudos que tengan su final en el terminal a masa colocado en la fijación 3 del transformador. Así, pues, en a y e practicaremos un punto de soldadura.



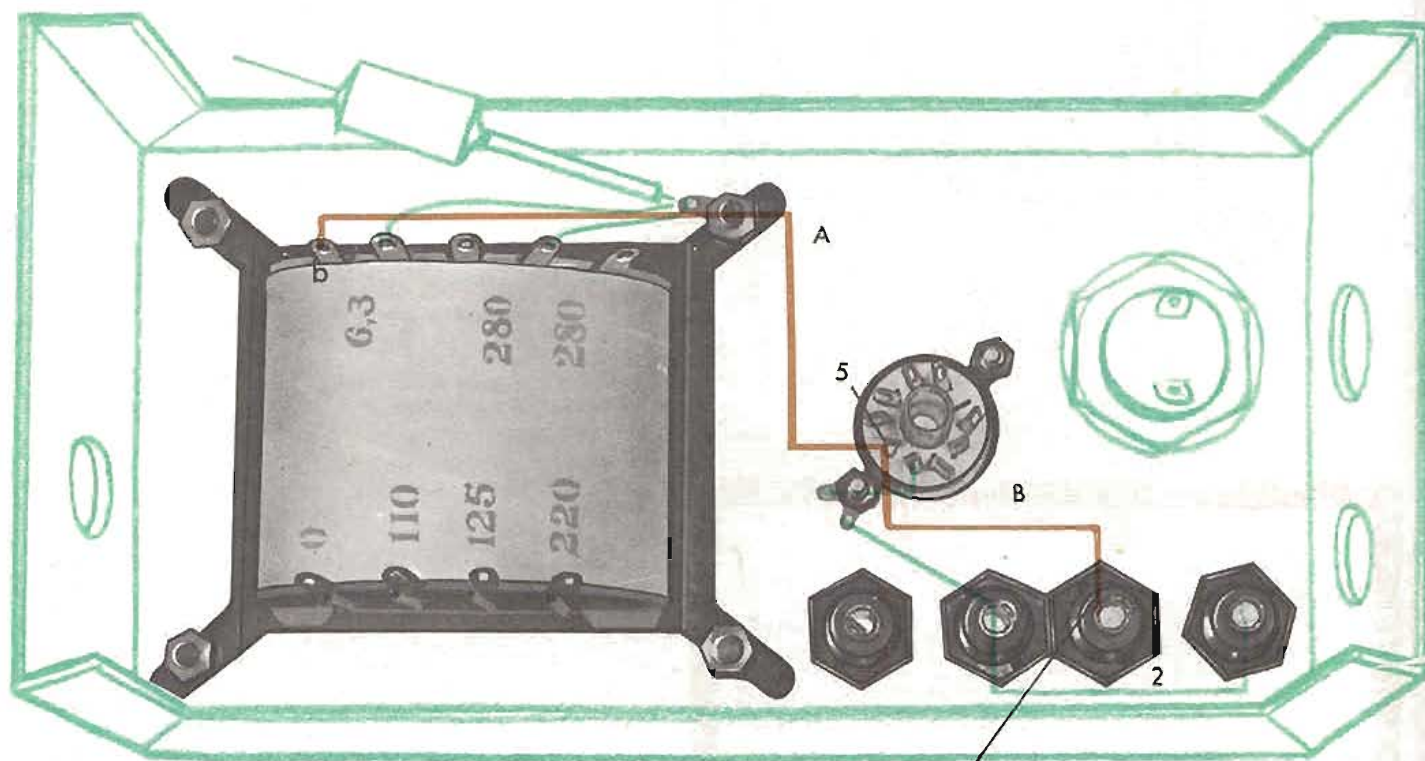
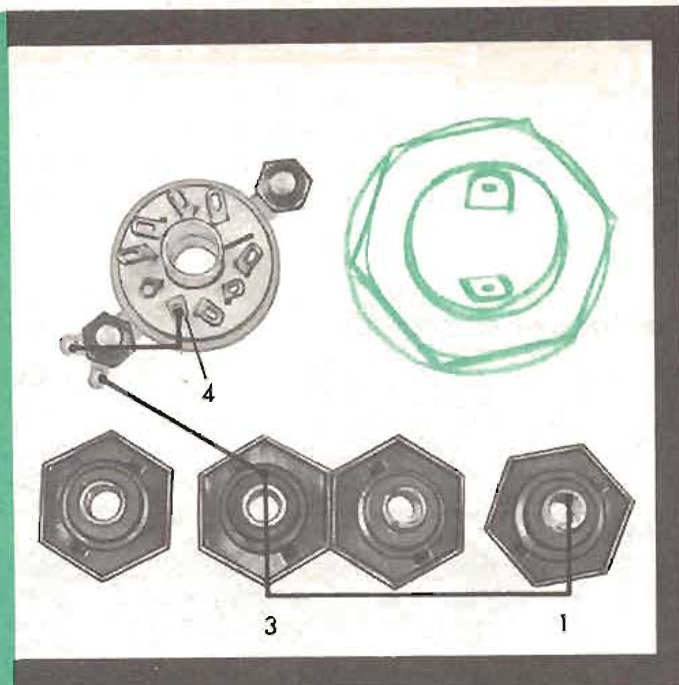
Sobre el terminal a masa del transformador deben soldarse los extremos de los hilos que parten de a y e y además una de las patas del condensador de papel de 20K pF. Observe cómo cubrimos esta pata con macarrón de plástico (unos 3 cm) que sólo deja al descubierto una pequeña porción del extremo de la pata del condensador. En resumen: sobre el terminal a masa del transformador practicamos un punto de soldadura que sujeta al mismo tiempo los extremos de tres conductores.

ADVERTENCIA IMPORTANTE

Antes de proceder a establecer las soldaduras, calcule la longitud que debe tener cada hilo y córtelo según sus cálculos. Siempre es más cómodo trabajar con las conexiones abarcando la longitud necesaria que con hilos que por su extremada longitud representen un estorbo.

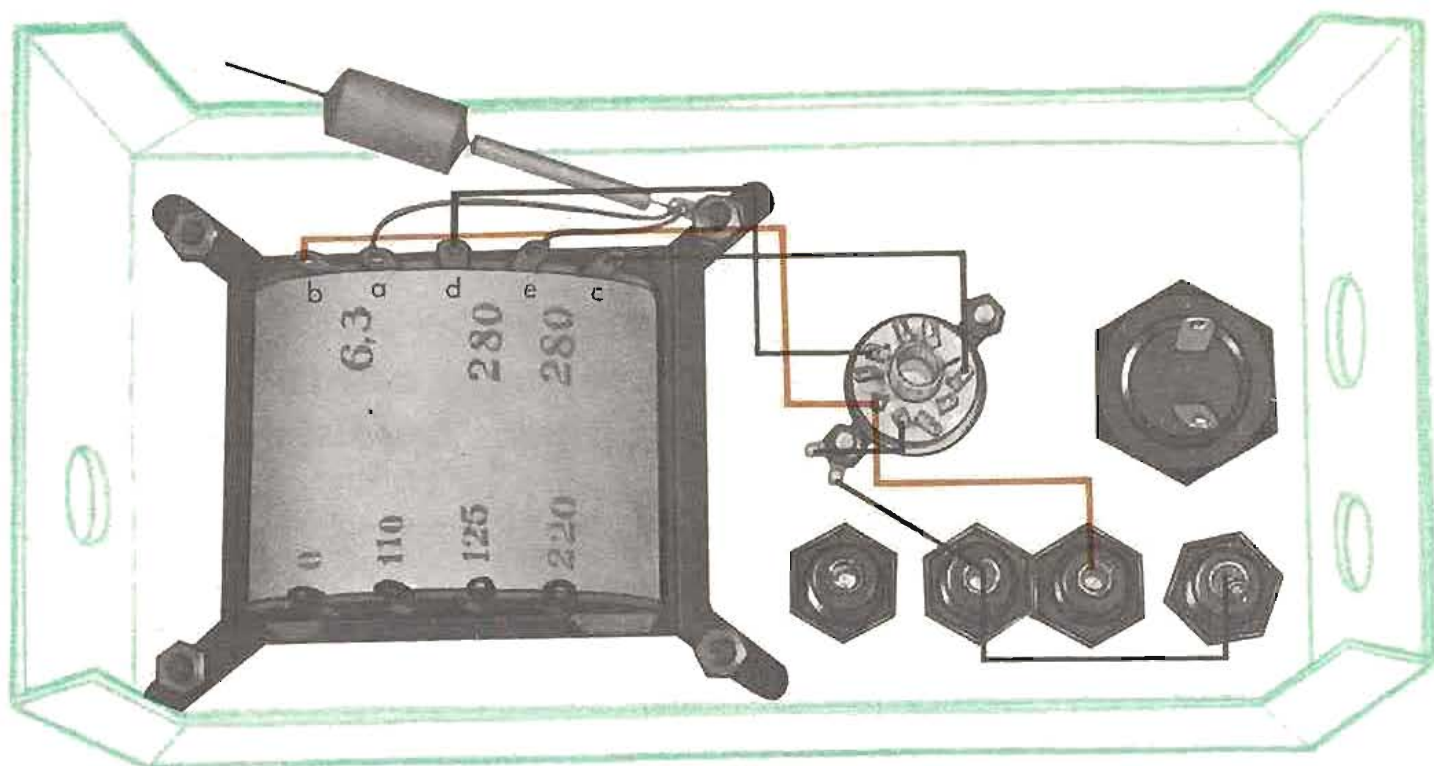
Desde la pata 4 del portalámparas haremos una corta conexión que alcance uno de los bornes del doble terminal (hilo desnudo).

Del otro borne del terminal haremos salir un hilo desnudo que, haciendo contacto en la hembrilla 3, siga hasta la hembrilla 1. Así, pues, deberemos practicar sendos puntos de soldadura en el terminal de la hembrilla 3 y en el de la hembrilla 1. A ellos quedará sujeto este hilo desnudo que principia en el terminal a masa sujeto al zócalo de la válvula.



Este cabo, de momento, déjelo sin soldar

Desde el borne b del transformador y con hilo de color encarnado, establezca una conexión entre dicho borne y la pata 5 del portalámparas. Empiece por soldar en b. Luego conduzca el hilo hasta el terminal 5 del zócalo; antes de soldarlo a él, coloque otro cabo del mismo tipo de hilo. Se trata de establecer otra conexión entre la pata 5 del zócalo y la hembrilla 2. Se trata de fijar sobre 5 el final del hilo que en el gráfico señalamos con A y el principio del hilo que llamamos B. Por el momento deje suelto, sin soldar, el extremo de B que debe soldarse a la hembrilla 2.



Desde el borne c del transformador (A.T. 280 V), y con hilo negro, llevaremos una conexión hasta la pata 1 del portalámparas. Desde el borne d (asimismo de A.T. 280 V) llevaremos otra conexión al terminal 7 del zócalo.

Aquí dejamos en suspenso este montaje. En la próxima lección, una vez estudiado el filtraje, podremos concluirlo con mayor conocimiento de causa.

Antes de terminar, empero, quisiéramos que observase cómo en estas etapas del alambrado se ha dado a los hilos unas trayectorias quebradas. Le advertimos que este detalle no influye para

nada en el funcionamiento del aparato; pero, no obstante, debe tomarse por norma que las direcciones que sigan los hilos procuren al trabajo el máximo de limpieza y claridad.

Cuando lleguen a sus manos aparatos para reparar, comprenderá lo mucho que se agradece un alambrado realizado con claridad de trazado y pulcramente soldado.

lección práctica 9

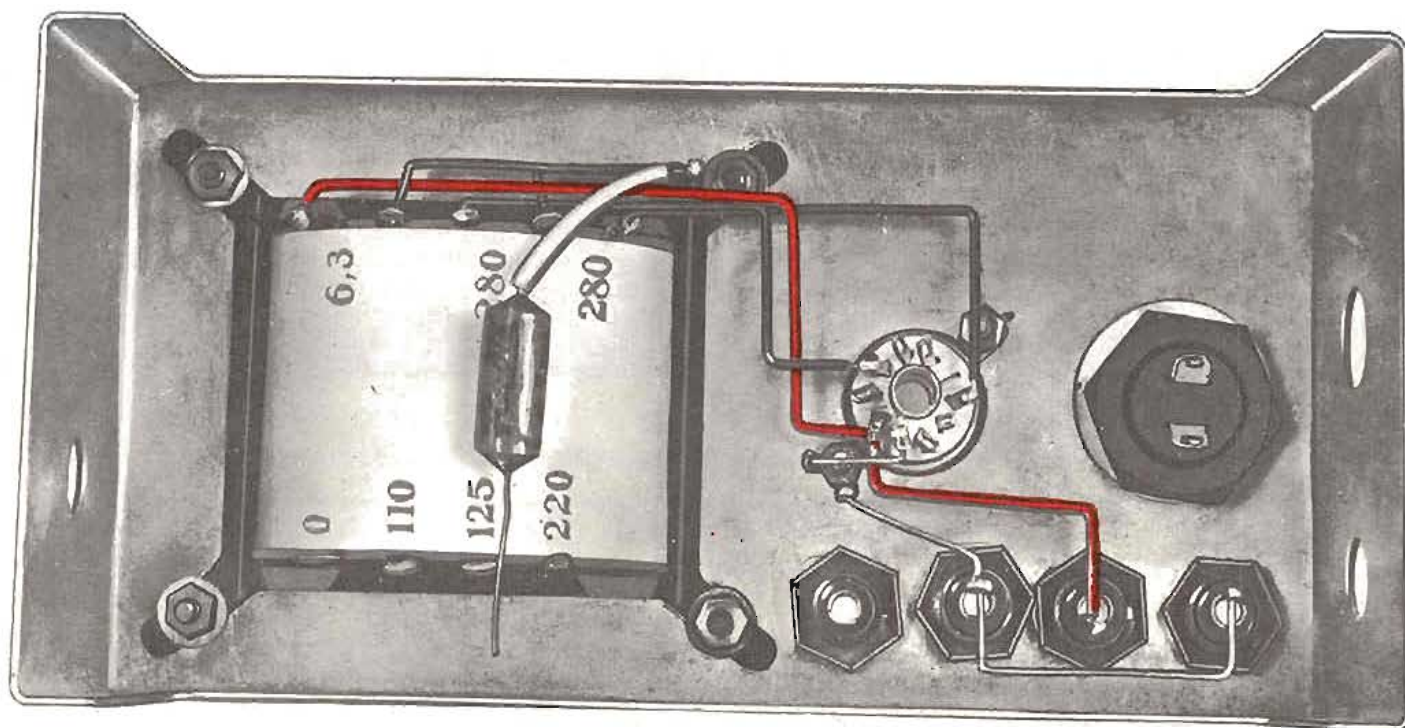
Montaje de una fuente de alimentación para receptores de corriente alterna. Segunda fase (final). Análisis del circuito

Empezaremos esta práctica con la reproducción del montaje de nuestra fuente de alimentación, tal y como la dejamos en la lección anterior. Este primer gráfico nos pondrá en situación, puesto que nuestro objetivo inmediato es terminar el montaje que emprendimos.

Si observa el esquema de esta fuente de alimentación e identifica en él las partes que ya llevamos alambradas, verá que para tenerlo completo sólo nos falta establecer la etapa de filtrado. Añadamos a esto los elementos de control; es decir: procuremos al montaje un interruptor

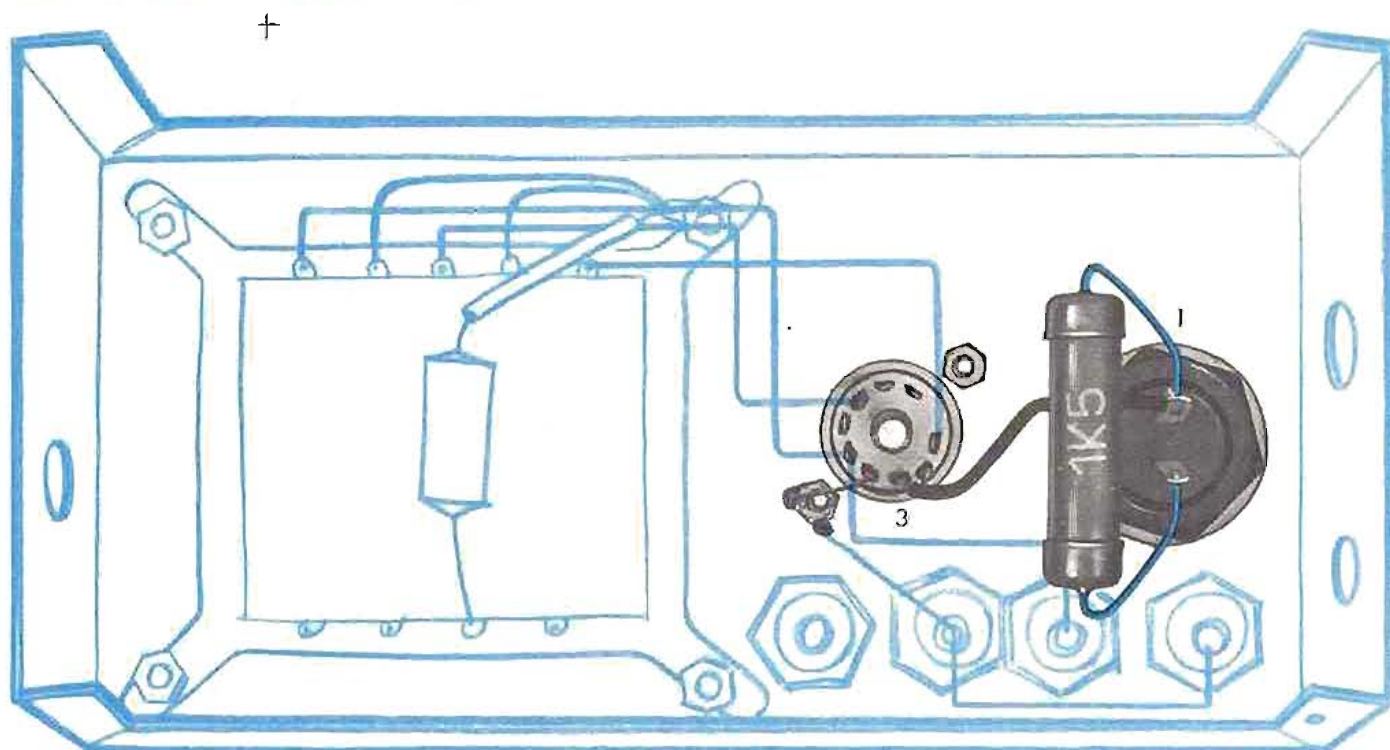
que facilite la maniobra de dar paso a la corriente e interrumpirla a voluntad así como la adición de una lámpara piloto que, al encenderse cuando la rectificación está en marcha y al apagarse cuando interrumpamos el proceso, nos avise, por medio de la luz roja del ojo de buey, de la existencia o no existencia de corriente en el circuito que nos dedicamos a armar.

Siguiendo con la pauta marcada en la lección anterior (primera fase del montaje), desarrollaremos esta fase final también mediante gráficos y epígrafes explicativos.

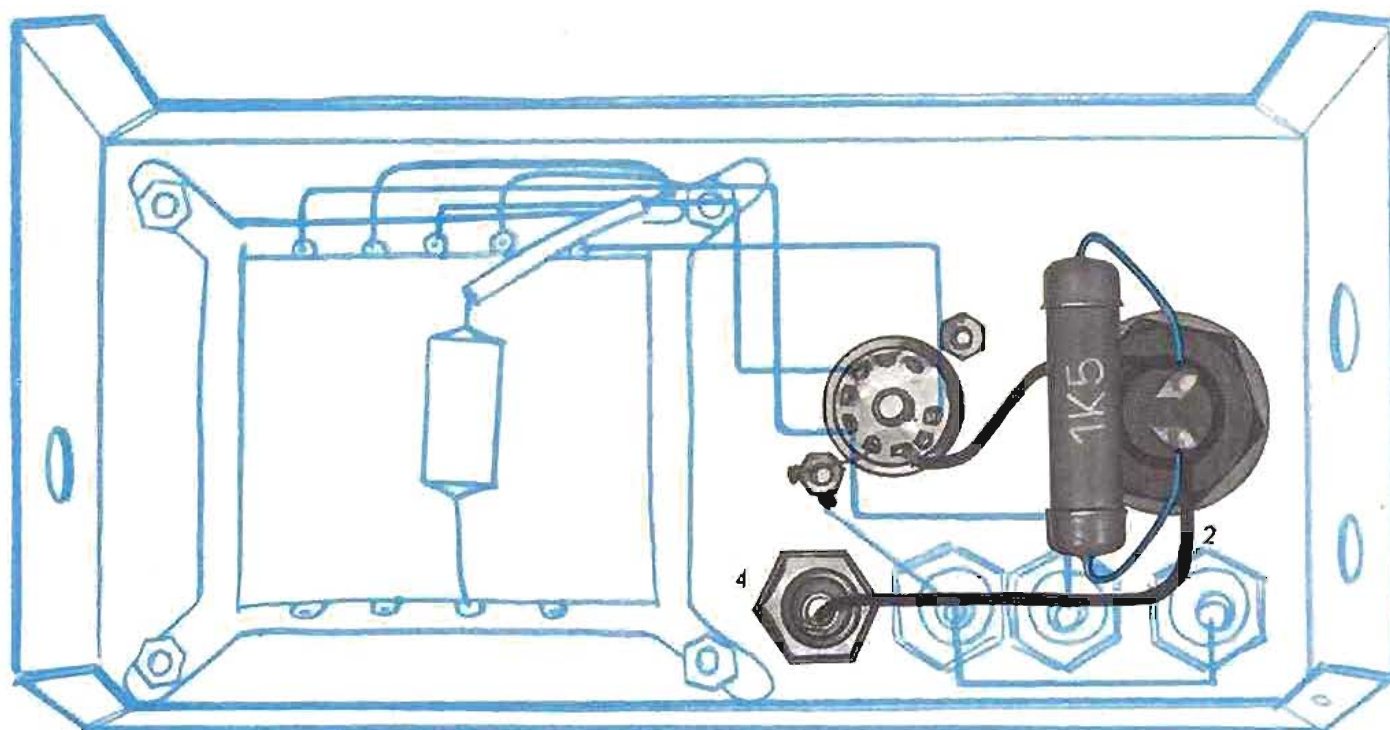


Recuerde: así dejamos el montaje, preparado para recibir la etapa de filtrado y los accesorios de control.

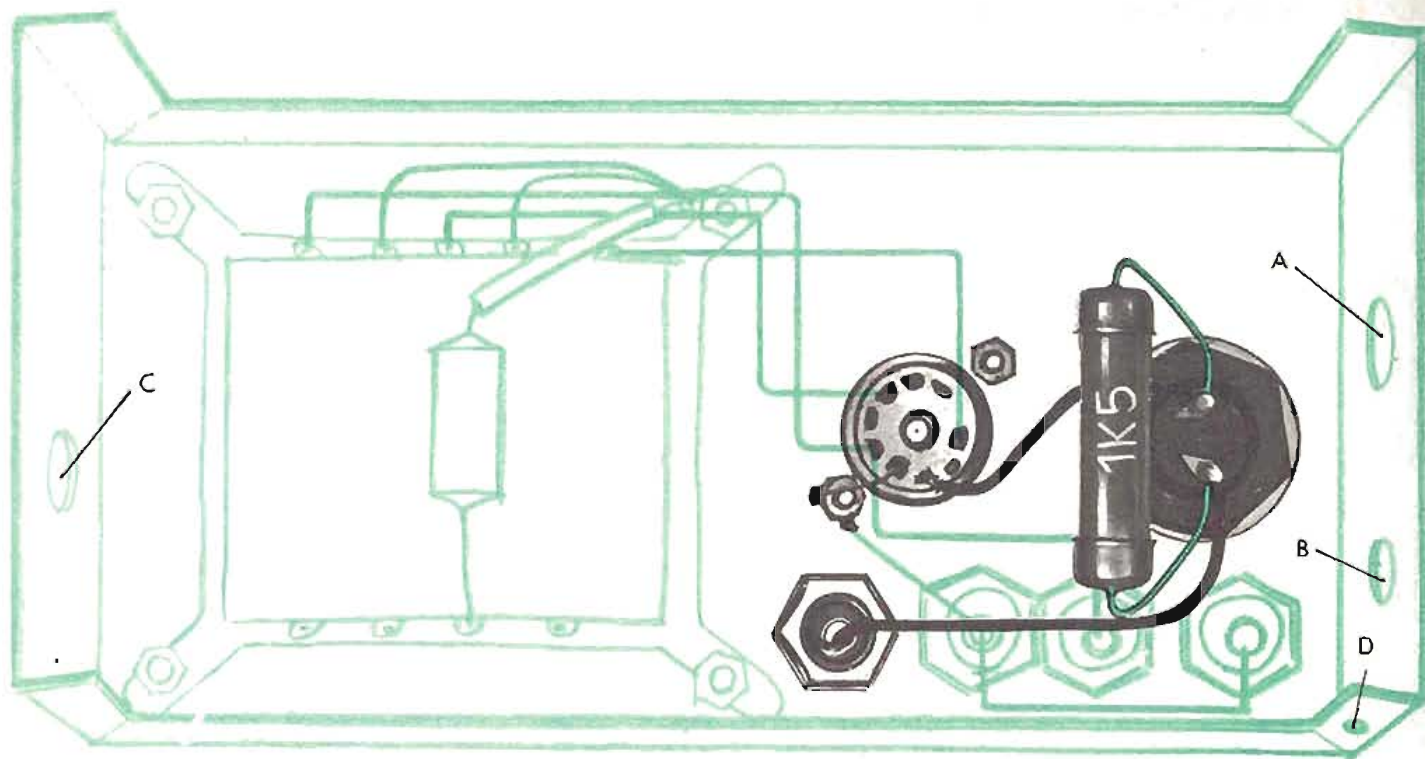
CONTINUACION DEL MONTAJE



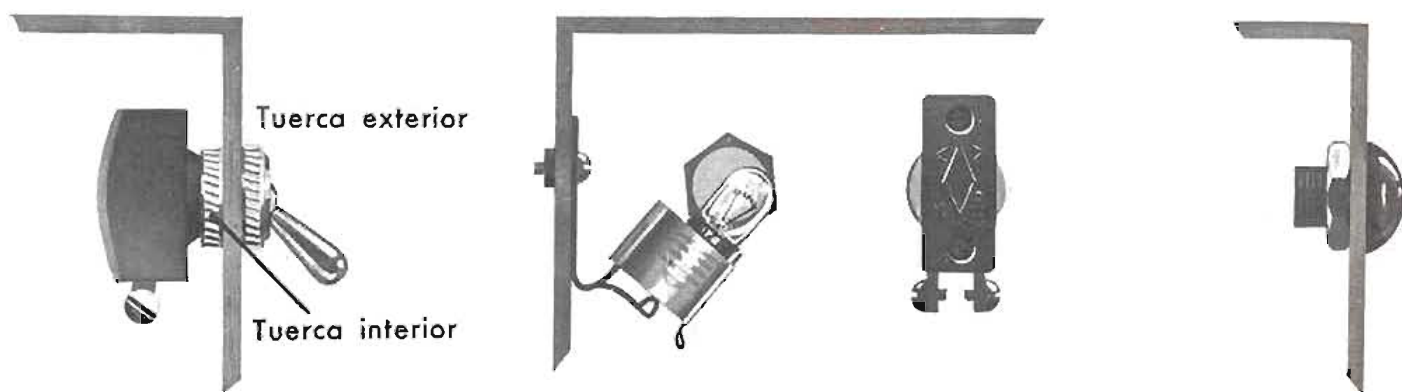
Desde la pata 3 del portalámparas haremos una conexión, con hilo negro, hasta el terminal 1 del condensador electrolítico. En este terminal, y conjuntamente con el cabo del hilo, soldaremos uno de los terminales de una resistencia de $1500\ \Omega$ 6 W. Los terminales de esta resistencia se doblarán según se indica en la figura.



Sobre el terminal 2 del condensador de filtro soldaremos el otro cabo de la resistencia de $1\ K\ 5\ \Omega$ conjuntamente con un trozo de hilo negro que llevaremos hasta la hembrilla 4.



Coloquemos el interruptor, la goma de protección y el portalámparas para la lamparilla piloto. Coloquemos también el ojo de buey. Hágalo como en las indicaciones gráficas que siguen:

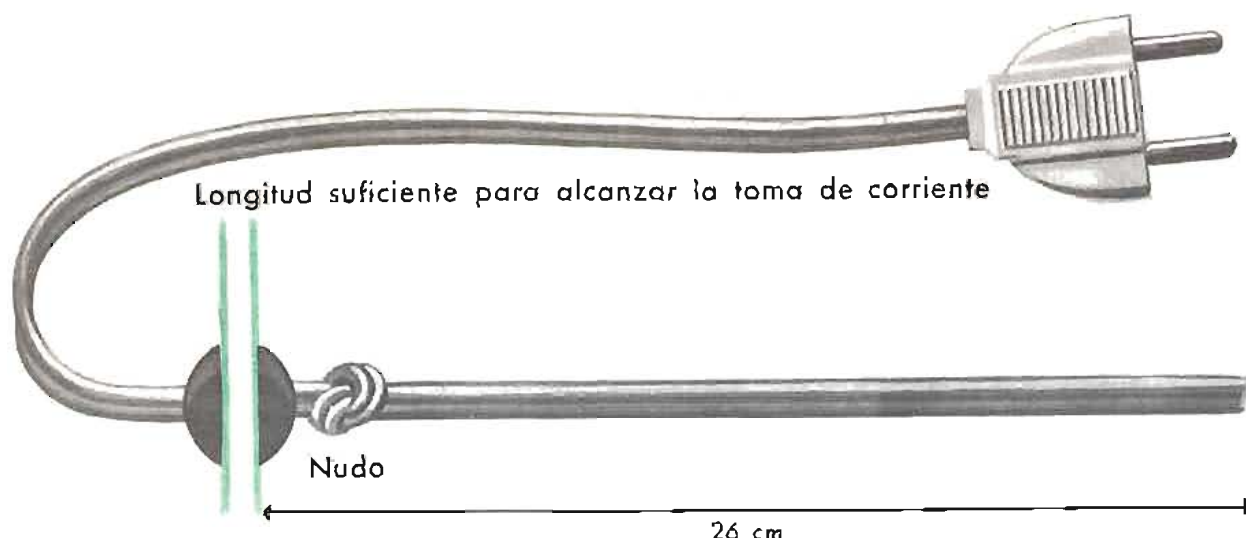


En el taladro A del chasis colocaremos el interruptor. Sus dos tuercas aprisionan la pared del chasis. Apriételas fuertemente. Los terminales deben quedar orientados hacia afuera. Sujete el portalámparas aprovechando el taladro D y mediante un tornillo con tuerca. Doble la lengüeta hasta que el portalámparas quede orientado de forma que la lámpara venga enfrente del taladro B. En este taladro entre a presión el ojo de buey, si es de este tipo; o bien, fíjelo con su correspondiente tuerca si es de espiga roscada. Suelde uno de los terminales del portalámparas del piloto a la lengüeta de sujeción.

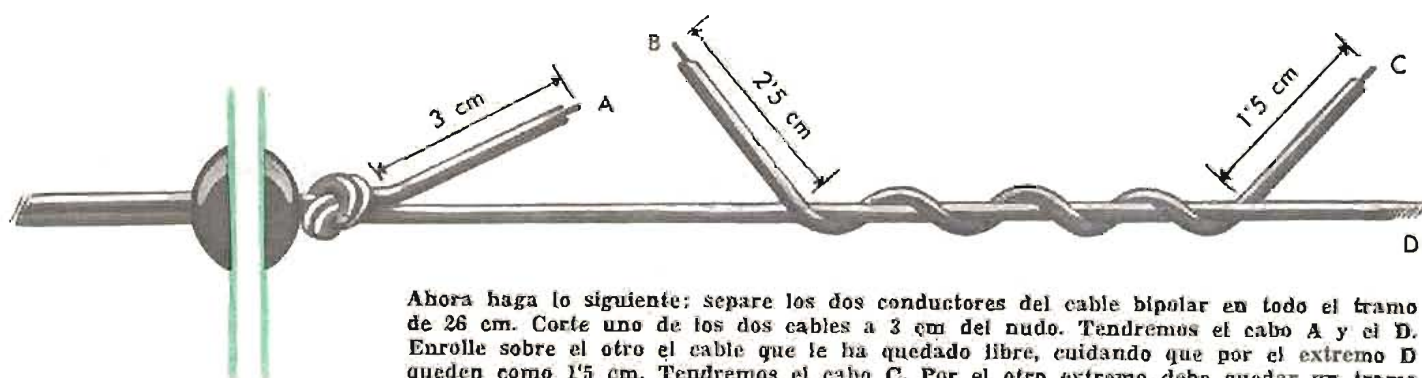
Veamos a continuación la manera de preparar el cable de conexión destinado a conducir la corriente alterna desde la toma de la red (enchufe) hasta el transformador de la fuente de alimentación pasando por el interruptor que controlará

en puesta en marcha y paro cerrado o abriendo el circuito.

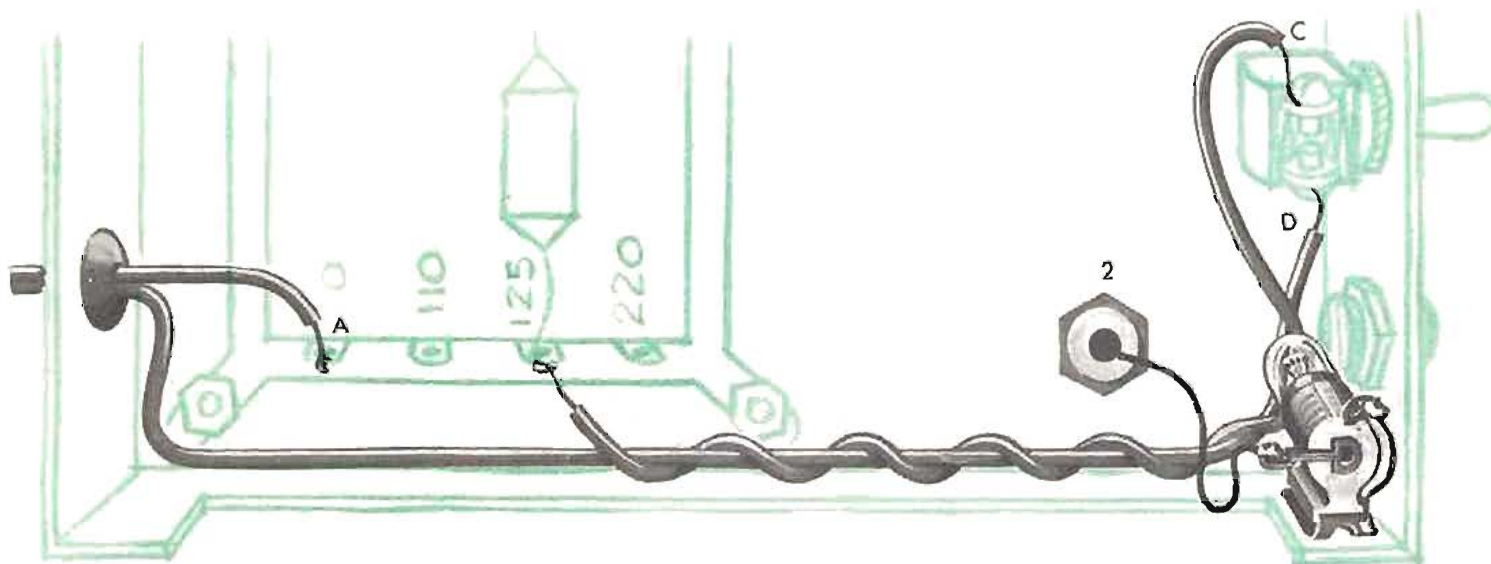
Este cable será del tipo bajo plástico y lo incorporaremos al montaje procediendo de la siguiente forma:



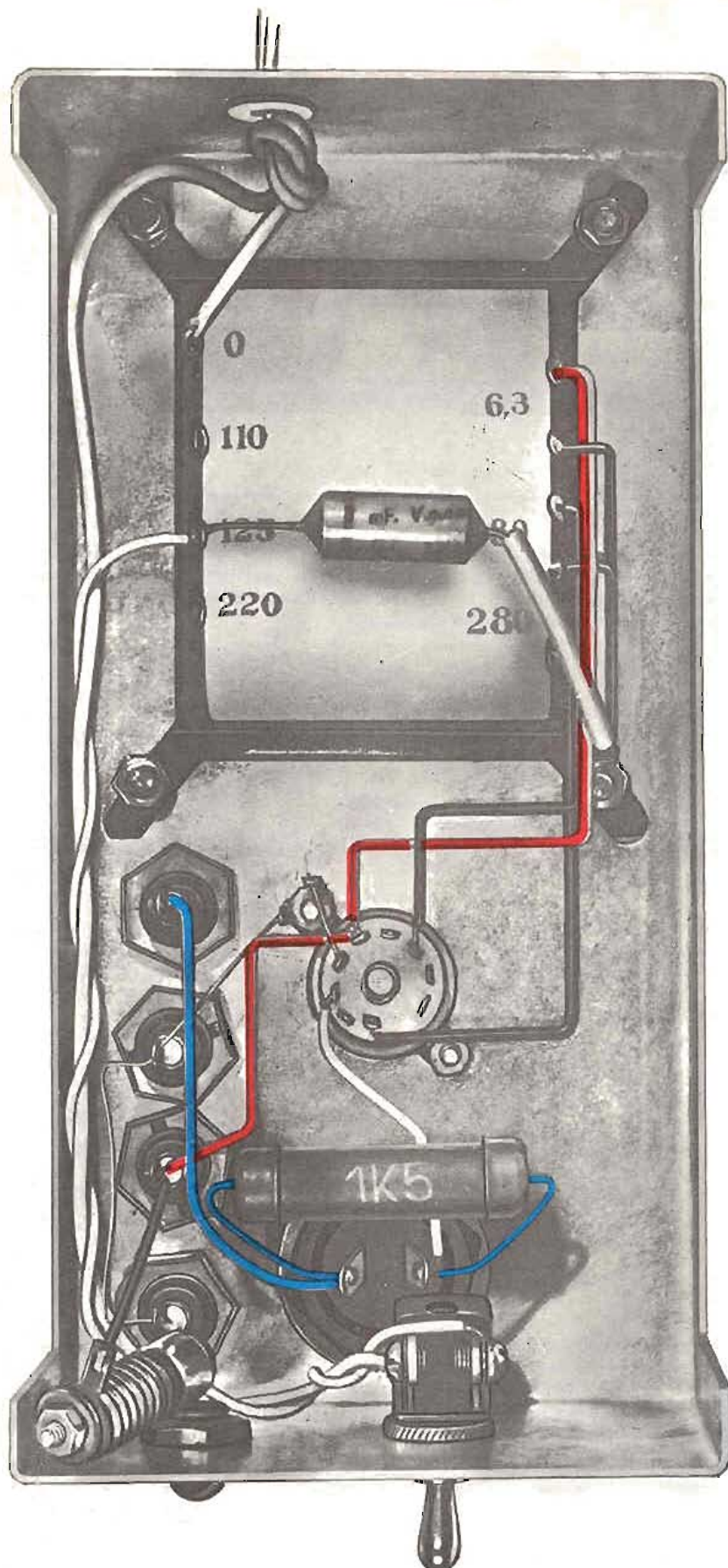
Corte un cable bipolar de conexión calculando que sea lo bastante largo como para que alcance la toma de corriente de que disponga, y sume a esta longitud 26 cm más necesarios para las conexiones a practicar en el interior del chasis. Pase el cable por la goma de protección y haga un nudo a 26 cm del final.



Ahora haga lo siguiente: separe los dos conductores del cable bipolar en todo el tramo de 26 cm. Corte uno de los dos cables a 3 cm del nudo. Tendremos el cabo A y el D. Enrolle sobre el otro el cable que le ha quedado libre, cuidando que por el extremo D queden como 1.5 cm. Tendremos el cabo C. Por el otro extremo debe quedar un tramo de 2.5 cm. Tendremos el cabo B. Las conexiones están preparadas.



Conexiones del cable de entrada: el cabo A, al borne cero (0) del transformador. El cabo B, al borne 125 V o al correspondiente a la tensión de que se disponga. Los cabos C y D, uno en cada borne del interruptor. De la hembrilla 2 llevaremos una conexión al terminal del portalámparas.



Con estas últimas conexiones termina el alambrado de esta fuente de alimentación para receptores destinados a funcionar con las tensiones alternas propias de una vivienda. Por si existe alguna duda damos prácticamente en tamaño natural el alambrado completo en este gráfico. Advierta la presencia de la lámpara piloto de 6'3 V, 0'1 A, situada ya en el portalámparas correspondiente. Se supone, también que se ha colocado la válvula que, naturalmente, no puede verse desde la parte interior del chasis.

Usted, es lógico, ansioso por inmediatamente después de haber colocado probar la bondad de su montaje, inme- la válvula EZ81 (última operación que debe efectuar) no esperará ni medio minuto para enchufar la clavija a la corriente.

Muy bien: hágalo. Si el montaje es correcto (lo será si no se aparta ni un ápice de las instrucciones recibidas), cuando accione el interruptor aparecerá la luz roja a través del ojo de buey. De momento, la única señal de que todo está en regla será ésa: que no pasa nada.

Este no pasar nada es sólo aparente, puesto que en el circuito existe una actividad electrónica endiablada, usted lo sabe, aunque es posible que no caiga en la cuenta de un detalle sobre el que debemos ponerle sobre aviso para ahorrarle lo que podría ser un buen susto.

El condensador, evidentemente, se carga en cumplimiento de su misión; y si la fuente lleva algún rato de actividad, la tensión en los terminales del condensador puede llegar a ser muy elevada (hasta de 350 V). Una vez abierto el interruptor, cuando cesa la corriente, empieza la descarga del condensador. Pero tal descarga requiere un tiempo bastante largo, durante el cual, y por la circunstancia que sea, alguien puede tocar el aparato.

Si por casualidad los dedos de ese alguien (¿quizás usted mismo?) rozan las conexiones a las que llega la carga del condensador, se producirá su descarga inmediata a través del cuerpo del desafortunado manipulador, que recibirá una sacudida que, sin llegar a ser peligrosa, tampoco tiene nada de agradable, la verdad.

Para evitar esta posibilidad, le recomendamos que sea usted mismo quien provoque la descarga.

ANÁLISIS DEL ESQUEMA

Siguiendo al pie de la letra las distintas fases del montaje de esta fuente de alimentación, es indudable que debe llegarse a un buen resultado. Es una cuestión estrictamente manual que cualquiera puede solucionar sólo con poseer un mínimo de paciencia y habilidad.

Es decir, este montaje debe funcionar aunque el montador desconozca en absoluto la finalidad de las conexiones y elementos que en él intervienen. Repetimos que es sólo cuestión de ajustarse a las instrucciones dadas.

Y creemos que estas instrucciones son claras de veras, ¿no es así?

Ahora bien: quien tiene la idea de llegar a ser un técnico en radio, no puede permitirse la ignorancia que representa montar un circuito sin que

Para ello, saque la válvula para mayor seguridad y, con un destornillador con mango aislante (no toque la espiga metálica), toque al mismo tiempo las hembrillas 3 y 4 de alta tensión. Saltará una chispa acompañada del chasquido característico de toda descarga eléctrica.

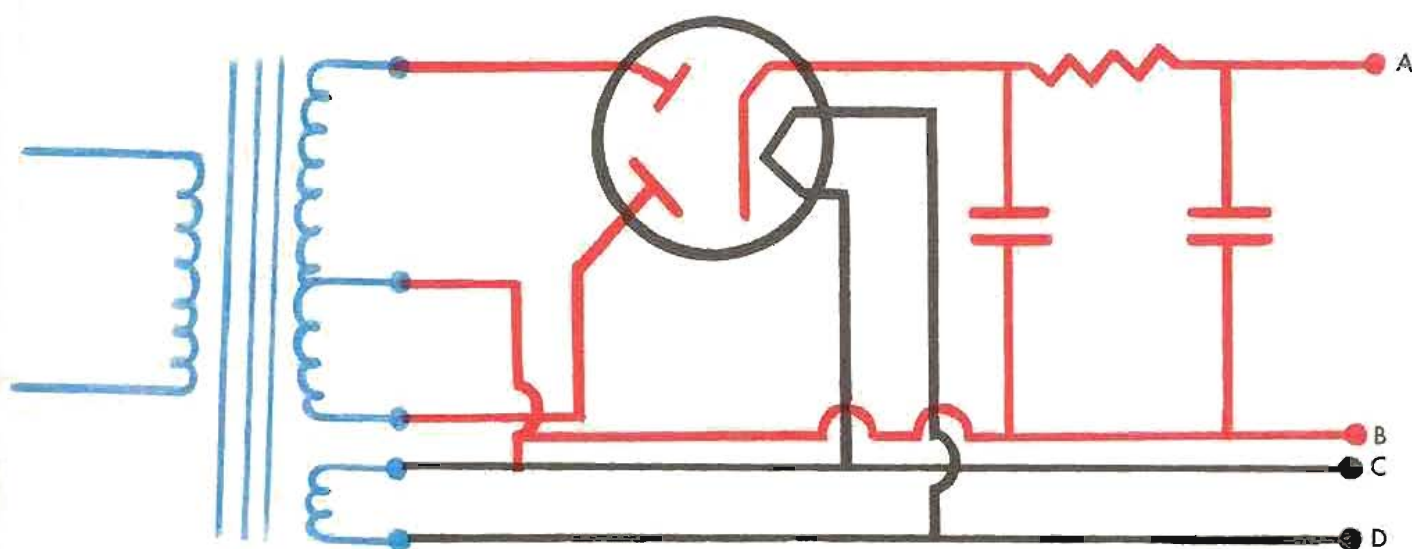
El condensador habrá perdido su carga; y si debe manipular el montaje, podrá hacerlo con tranquilidad.

exista un conocimiento más o menos exacto de su comportamiento electrónico.

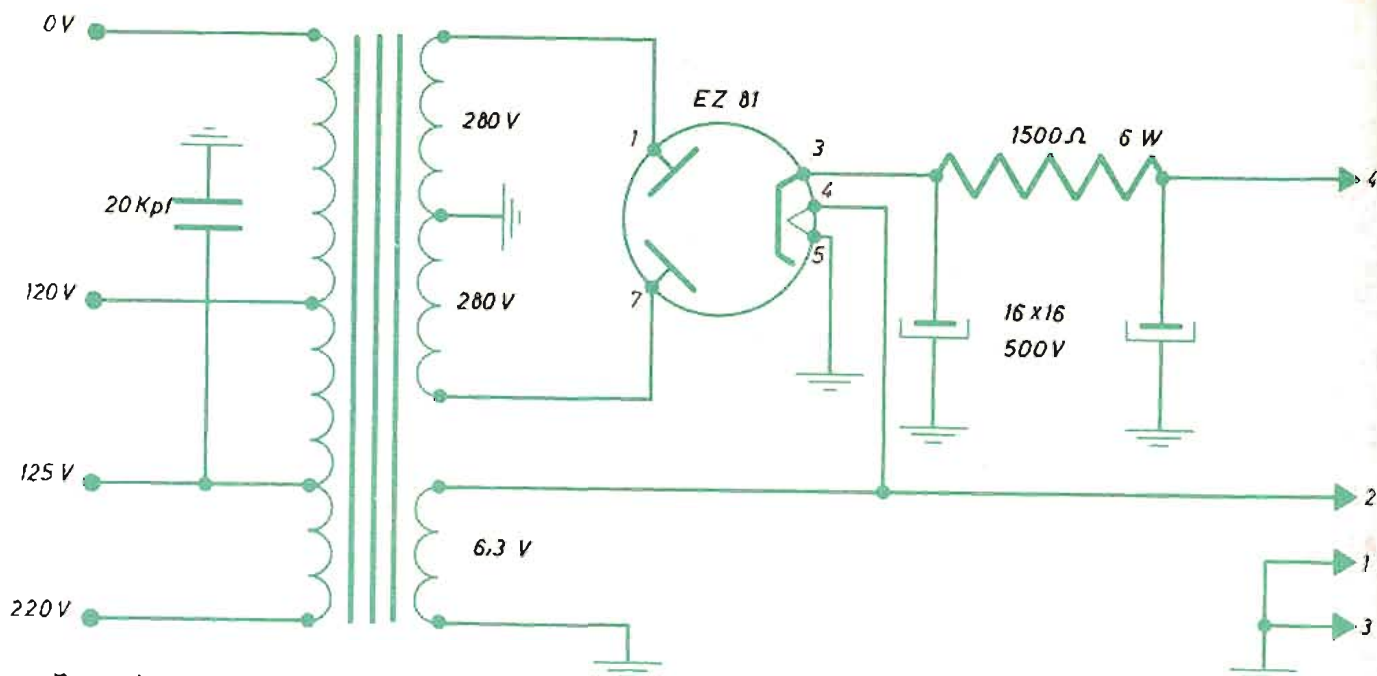
Usted, sin duda, sabe muchas cosas sobre la manera cómo actúa la fuente de alimentación.

Conoce el transformador y lo que con él se consigue. Está familiarizado con la válvula doble diodo EZ81. También sabe lo que es el filtro, y por lo tanto conoce la misión del condensador de $2 \times 40 \mu\text{F}$ y de la resistencia de 1.500Ω conexiada a sus bornes.

Usted, en fin, sabe prácticamente todo; pero es casi seguro que se ha sentido un poco confuso ante las variantes que presenta el esquema teórico de este capítulo de prácticas respecto al esquema del mismo montaje que insertamos en el capítulo de radiotecnía.



Este es el esquema de una fuente de alimentación completa. En A y B tendremos las tomas de A.T., mientras que en C y D tendremos las tomas de baja tensión.



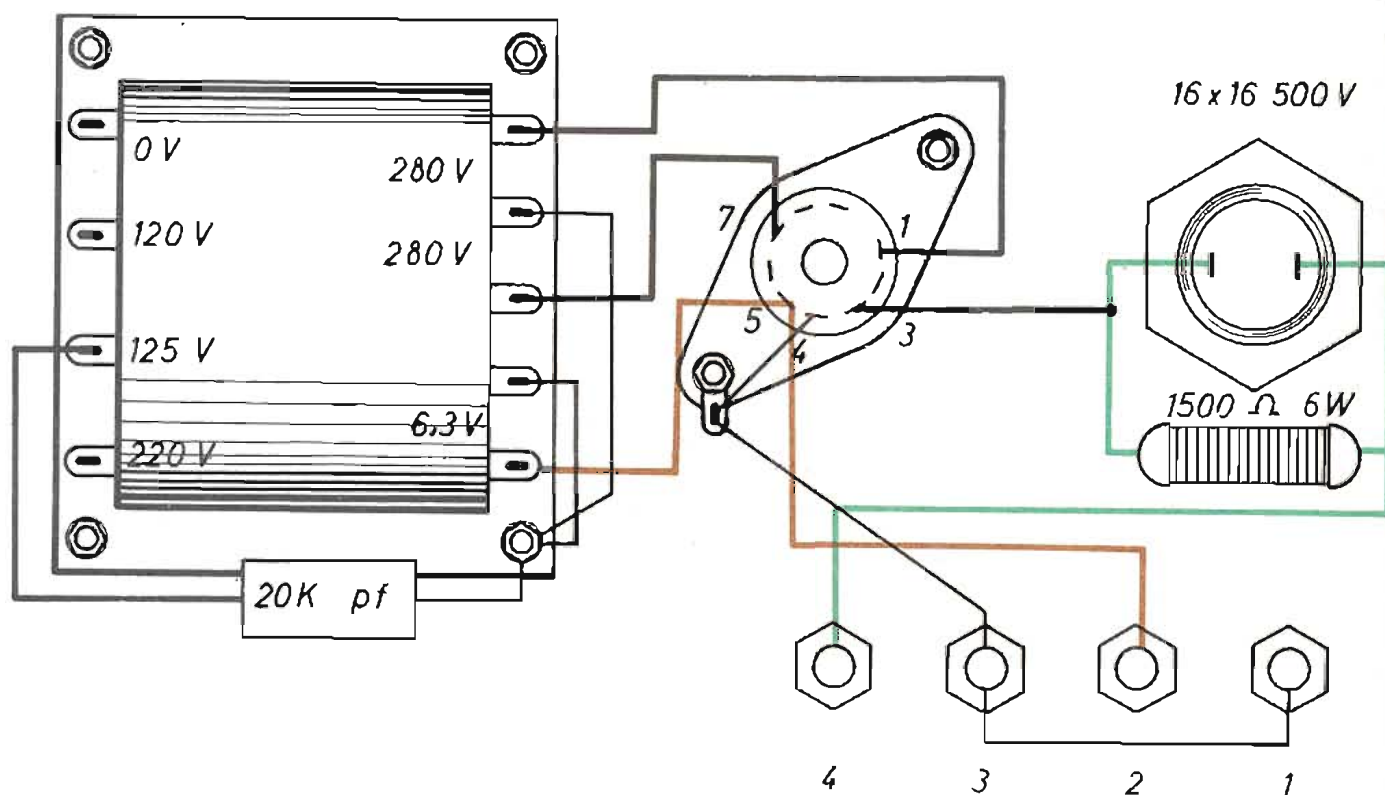
Recordemos el esquema de esta fuente de alimentación, tal y como lo hemos representado al hablar de su aplicación a un receptor con detección por triodo.

Según este esquema, en A y B tendremos las tomas de A.T. y en C y D las de baja (6.3 V).

Ahora, veamos otra vez el esquema teórico que hemos dado en este capítulo.

Aparentemente, la diferencia es notable. Sin embargo, ambos esquemas representan exactamente lo mismo.

Usted se preguntará: ¿a qué obedece la apa-



Advierta, en el esquema de montaje, cómo las tomas a masa se han efectuado sobre dos únicos puntos del chasis. En el terminal a masa del transformador hemos practicado las tomas T₁ y T₂. Sobre el terminal a masa del zócalo, las demás tomas.

rición de las cinco tomas de tierra (o masa) del segundo esquema? ¿Por qué en el primero no existe tal indicación?

No existe contradicción, como va a ver.

He ahí la respuesta: en el primer esquema no se ha tenido en cuenta la existencia del chasis; en el segundo, sí. La existencia del chasis permite que podamos suprimir hilos de conexión, porque (piense en ello) el chasis también es conductor.

Sin embargo, no debemos considerar el chasis como un camino para la corriente, sino más bien como una masa capaz de adquirir un potencial y, por tanto, de presentar respecto a otro punto del montaje una d.d.p. determinada.

Así, por ejemplo, entre la toma de tierra T_1 y la pata 7 del zócalo (placa) existirá una d.d.p. de 280 V. Lo mismo ocurrirá entre T_1 y la pata 1

(la otra placa) cuando sea ésta la que adquiere potencial positivo. La toma de masa T_1 representará siempre un potencial cero.

Siendo así, se comprende que la toma de A.T. pueda establecerse entre el borne (hembrilla en la realidad) 3 y el borne 4, puesto que en las tomas T_2 , T_3 , T_4 y T_5 tendremos siempre un potencial cero.

Por la misma razón, entre 1 y 2 mediremos una d.d.p. de 6'3 V. En T_6 tenemos también un potencial cero.

Observe cómo, en la práctica, las tomas de masa se han concentrado, por decirlo así, sobre dos únicos terminales a masa. Es así por cuanto resulta mucho más sencillo eliminar soldaduras.

Esperamos que esta aclaración explique la presencia de las tomas de masa, que en apariencia modifican el circuito de los montajes.

ADVERTENCIA IMPORTANTE

Una vez haya realizado esta práctica y haya comprobado su buen funcionamiento, desenchufe la fuente, no la mantenga innecesariamente encendida. Al no estar conectada a ningún receptor castigará el condensador electrolítico. No mantenga la fuente encendida más que el tiempo necesario para hacer las comprobaciones que le iremos indicando a lo largo de las lecciones, cuando haya montado su tester.

Lección práctica 1

Construcción de un polímetro o téster

De esta primera lección sobre medidas eléctricas se desprende, entre otras cosas, la posibilidad de acoplar a un galvanómetro un circuito especialmente calculado para que el instrumento de medida, que originariamente está indicado para determinar el valor de la intensidad o tensión debidas a una corriente continua, pueda servir para obtener medidas de intensidades o tensiones superiores a las que es capaz de registrar por su sensibilidad natural.

Eso es cierto; pero aún hay más. Adelantándonos a las conclusiones que se derivarán lógicamente del estudio sobre metrología electrónica que hemos emprendido, afirmamos que podemos utilizar un galvanómetro de cuadro móvil no sólo para medir tensiones e intensidades debidas a una corriente continua, sino que también nos permitirá conocer las distintas magnitudes eléctricas proporcionadas por una corriente alterna.

¿Por qué...? Pues porque las resistencias pueden asociarse en serie y en paralelo, usted lo sabe; porque existe la posibilidad de rectificar las corrientes alternas; también sabe algo de ello... etcétera, y porque de estas posibilidades se consigue que las tensiones o intensidades que llegan a afectar al instrumento de medida incorporado al circuito lo hagan una vez han adquirido las ca-

racterísticas que exige la naturaleza de un galvanómetro. De todo eso debemos hablar con extensión y detenimiento, puesto que nuestra meta final es conocer con detalle el funcionamiento y naturaleza de los aparatos de medida.

Por el momento, vamos a intercalar en el estudio teórico de estas cuestiones la construcción de un polímetro, analizador universal, aparato universal de medida o téster (que con todas estas denominaciones se le conoce), el cual no es otra cosa que un galvanómetro que, actuando a través de un circuito especial, puede medir tensiones e intensidades tanto en circuitos de corriente continua como en circuitos de corriente alterna, cosa muy útil en el taller de radio.

Vamos a dar las instrucciones para la construcción de un téster con unas características definidas. Decimos esto, porque existe infinidad de modelos de aparatos de medida tipo téster, con más o menos complicaciones, con más o menos sensibilidad. Como es natural, hemos estudiado uno que, cubriendo las necesidades normales del radiotécnico, responda por su precio y facilidad de montaje a las posibilidades del estudiante.

En fin: vamos a empezar este estudio práctico. En tres etapas dejaremos nuestro téster en condiciones de servicio.

COMPONENTES ELECTRONICOS

Hagamos una lista de los componentes electrónicos que intervienen en el polímetro que vamos a construir. Estos componentes son:

Un rectificador de selenio de las siguientes características: Tensión máxima de entrada, 30 V. Intensidad máxima de entrada, 30 mA.

Una resistencia de 4.700 Ω , 1/2 W.

Una resistencia de 10.000 Ω , 1/2 W.

Dos resistencias de 47.000 Ω , 1/2 W.

Dos resistencias de 56.000 Ω , 1/2 W.

Tres resistencias de 100.000 Ω , 1/2 W.

Una resistencia de 270.000 Ω , 1 W.

Una resistencia de 390.000 Ω , 1 W.

Dos resistencias de 1 M Ω , 1 W.

Una resistencia de fabricación propia que señalaremos A = . Valor, 200 Ω

Una resistencia que bobinaremos nosotros mismos y que señalaremos A ~ . Su valor será de 100 Ω .

Un conmutador 3 \times 4.

Una regleta con resistencias, que marcaremos mA y Ω , también de fabricación propia. Valor total, 600 Ω .

Otra resistencia bobinada señalada Ω , y valor ohmico igual a 50 Ω .

Una regleta de cuatro terminales y uno formando escuadra.

Un potenciómetro bobinado de 500 Ω .

Un galvanómetro de cuadro móvil de 200 ohmios de resistencia interna y 0,6 mA. a fondo de escala.



Rectificador de selenio.

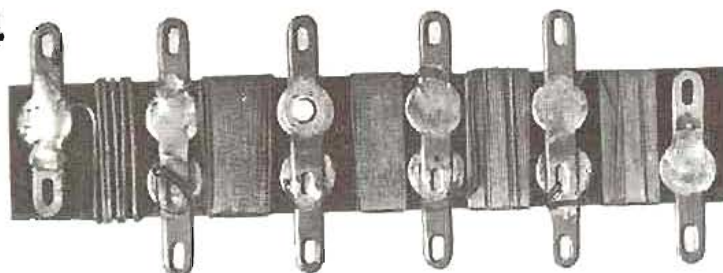


1

2

3

4



1, 2 y 3. Resistencias bobinadas sobre esteatita. — 4. Regleta con resistencias devanadas sobre una tira de cartón baquelizado.

En este recuadro mostramos la forma externa de los componentes con los que aún no está familiarizado.

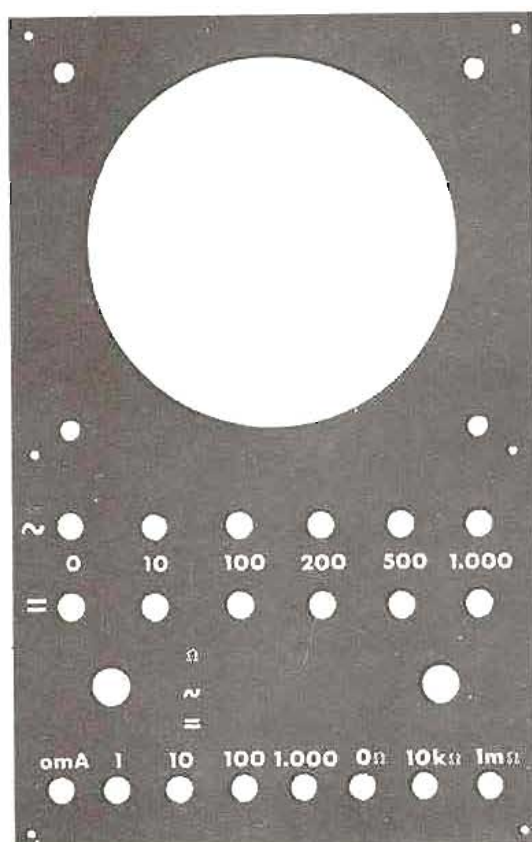
COMPONENTES MECANICOS

Además de los componentes electrónicos, necesitaremos una serie de elementos que identificaremos como elementos mecánicos. Veamos cuáles son y la cantidad precisa:

La tapa

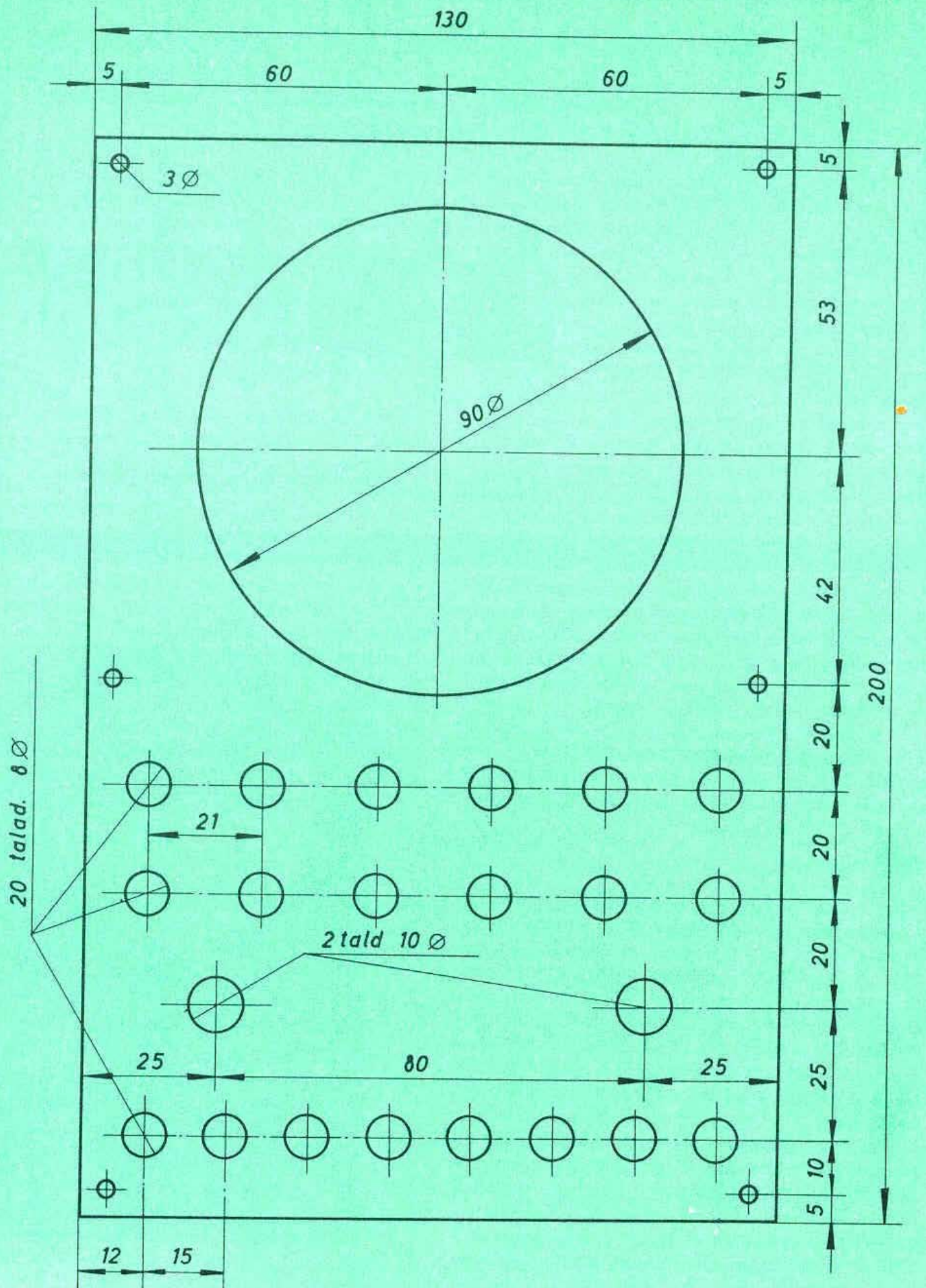
Proporcionamos el plano de lo que debe ser la tapa del tester. En él quedan indicadas las medidas a considerar. Tenga en cuenta que el taladro mayor, que indicamos de 90 mm de diámetro, debe ser suficiente para dar paso a la caja del galvanómetro, y que por ello su diámetro definitivo dependerá del modelo elegido. Lo propio sucede con los diámetros de los taladros destinados a las hembrillas.

En cuanto al material, esta tapa puede ser de madera contrachapada (de un espesor aproximado a los 3 mm), de plástico o de chapa metálica (hierro estañado, aluminio, zinc, etc.). Lo más recomendable, quizás, es el metal; y no porque contribuya a un mejor rendimiento, sino por ser garantía de mayor fortaleza y duración.



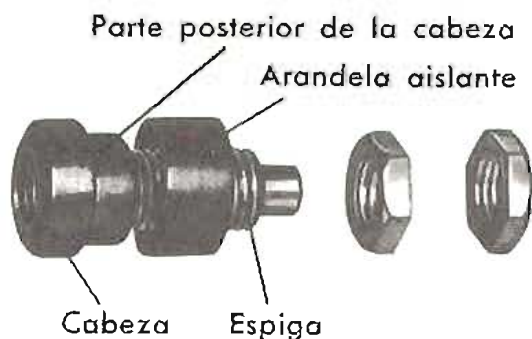
Fotografía de la tapa del tester, vista por su cara anterior.

PLANTILLA DE LA TAPA, CON TODAS LAS MEDIDAS ACOTADAS

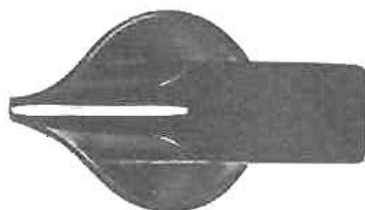




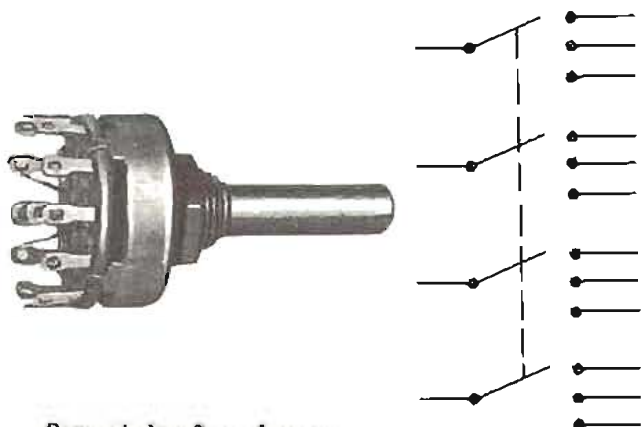
Fotografía de la caja construida en madera, cuyo plano proporcionamos en la página siguiente.



Tipo de hembrilla aislada de chasis que recomendamos para este montaje. (Tamaño doble del real.)



Este es un modelo de mando tipo flecha.



Conmutador 3 x 4 y esquema teórico del mismo.

La caja

El conjunto del circuito con el instrumento incluido queda montado y sujeto a la tapa. Como protección para todo ello, el aparato se provee de una caja exterior que constituye lo que podemos llamar el mueble.

De acuerdo con las características de la tapa, la caja del téster que nos ocupa deberá tener las medidas que se determinan en el plano adjunto. Suponemos que esta caja se construirá de madera.

Los polímetros que se construyen en plan industrial, llevan cajas de plancha metálica, de material plástico o también de madera. Depende del fabricante.

Las hembrillas

Deben ser hembrillas aisladas de chasis, cuando la tapa se construye de metal. Si la tapa es de algún material aislante bastan hembrillas normales.

Nosotros, como podrá apreciar por los dibujos, trabajamos con tapa metálica y en consecuencia con hembrillas aisladas de chasis.

Necesitamos veinte hembrillas.

Terminales

Para alambrear convenientemente el circuito contaremos con el concurso de 21 terminales sencillos y dos terminales dobles con las patas en línea recta. Los sencillos deben tener su taladro con un diámetro interior capaz de contener la espiga roscada de una hembrilla.

Botones de mando

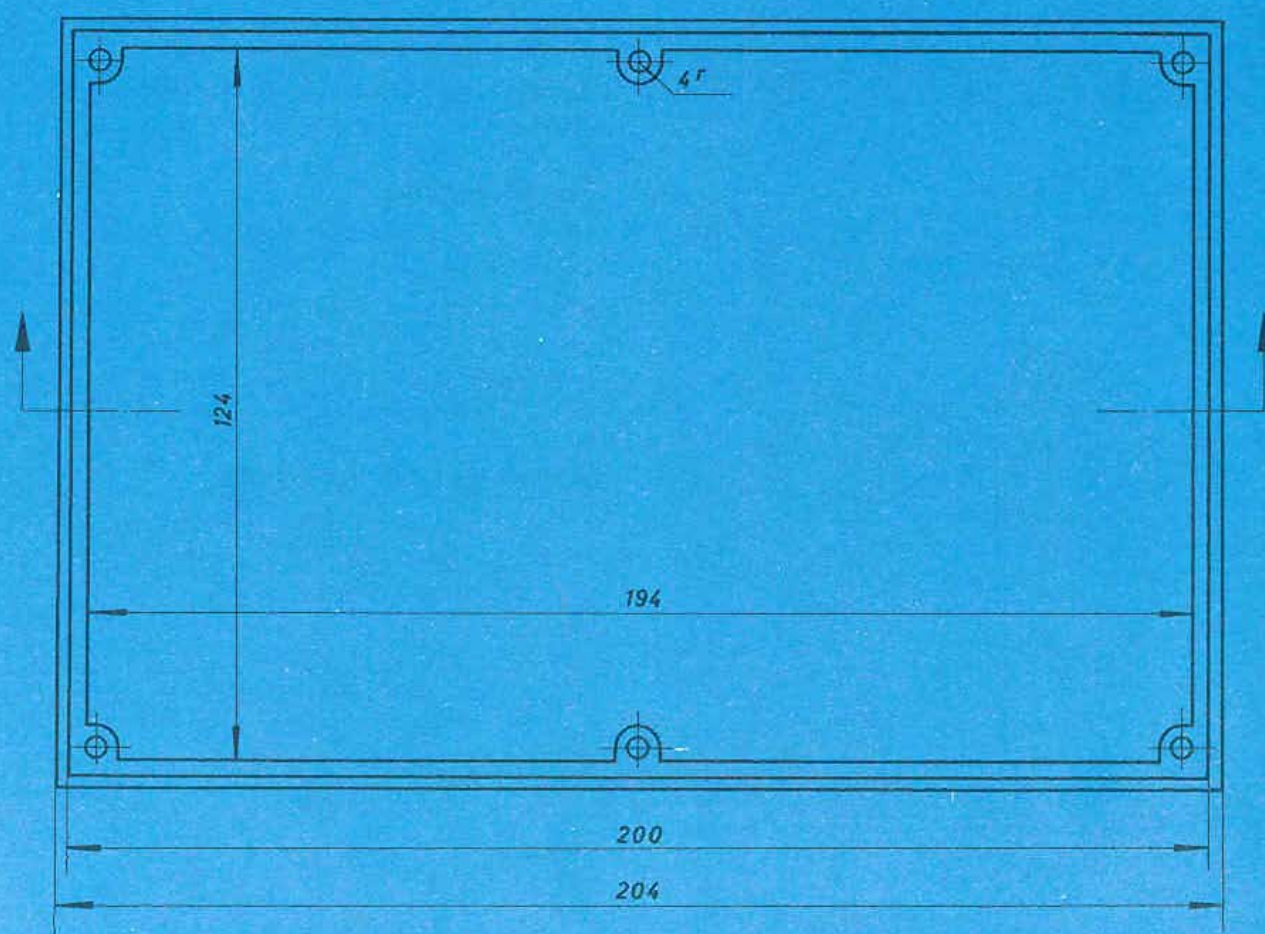
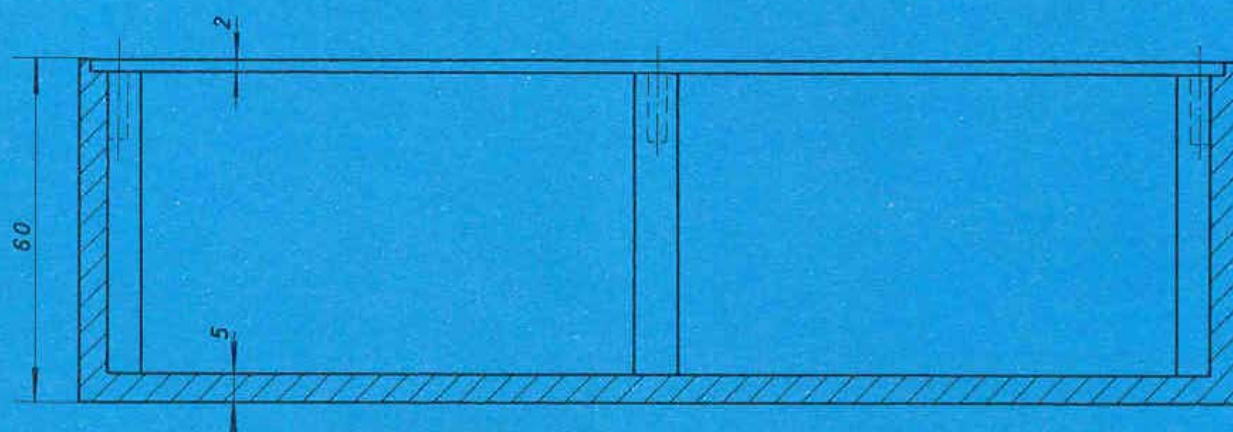
Para gobernar los distintos circuitos del polímetro, emplearemos dos botones de mando de los llamados de flecha, precisamente por la forma de cuña de una de sus prolongaciones. Esta cuña permite señalar con fidelidad las distintas posiciones del eje al que está unido el botón de mando.

Conmutador 3 x 4

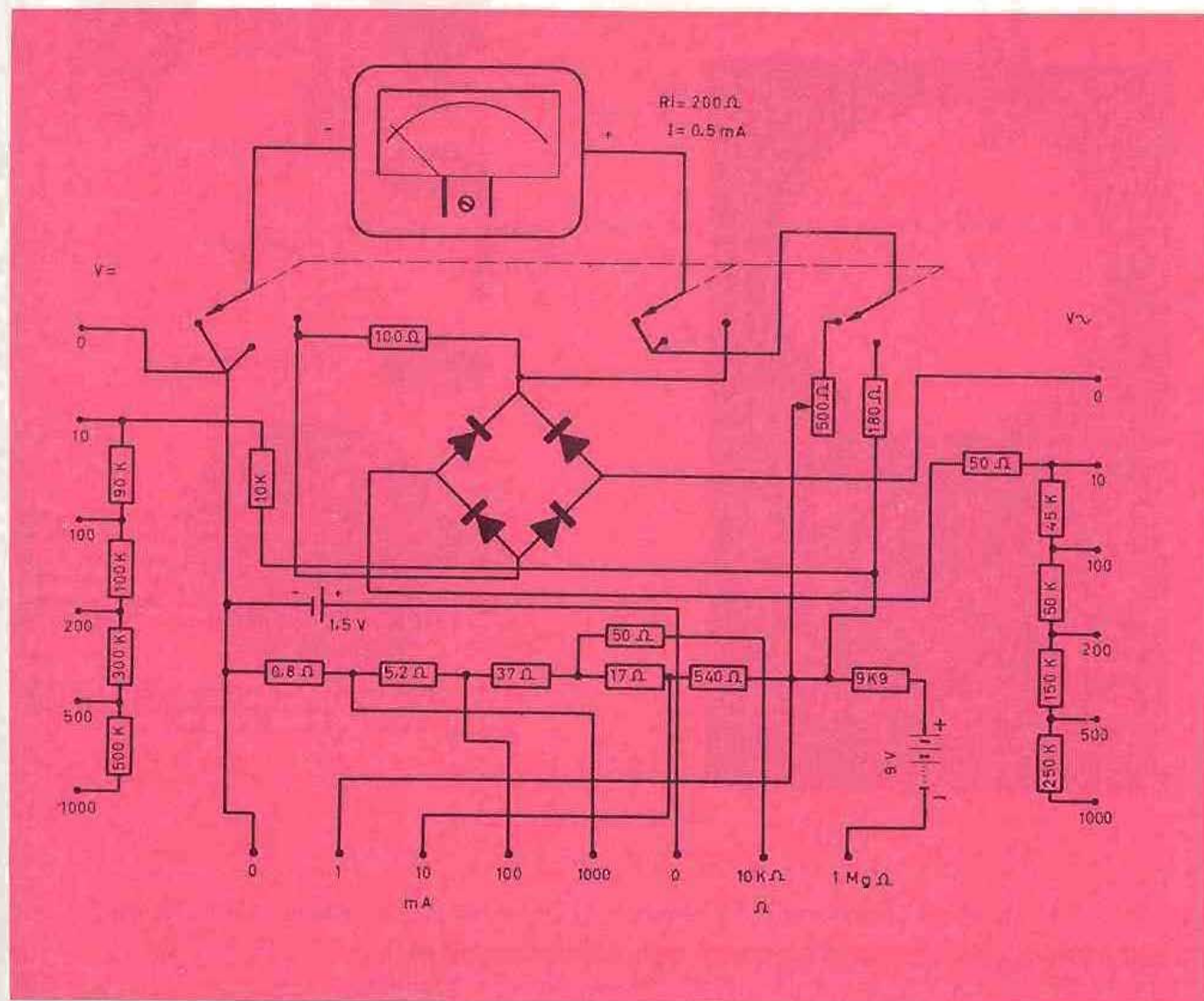
Es un conmutador de tres posiciones capaz de relacionar cuatro circuitos. En realidad, el esquema sólo requiere un conmutador 3 x 3; pero tratándose de un tipo que no se fabrica si no es bajo pedido especial, preferimos utilizar un conmutador 3 x 4, que sí es normal en el mercado.

De los cuatro circuitos que permite conectar, utilizaremos tres. Mejor dicho: sólo trabajaremos con las conexiones que relacionan tres circuitos.

PLANO DE LA CAJA, CON SUS MEDIDAS ACOTADAS



lo usted, antes de hacer nada, y analícelo un poco. Dese cuenta de que, en definitiva, se trata de establecer una serie de valores de resistencias para que las corrientes que lleguen al galvanómetro tengan el valor que éste requiere de acuerdo con su sensibilidad.

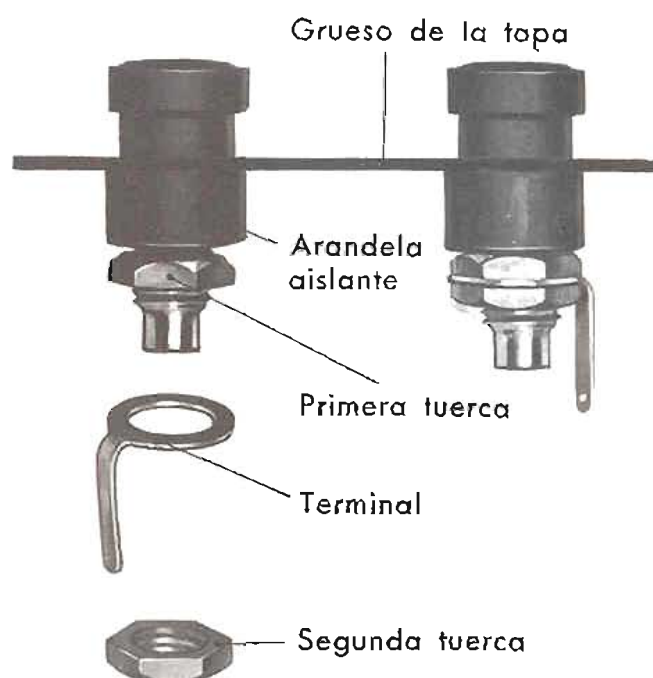
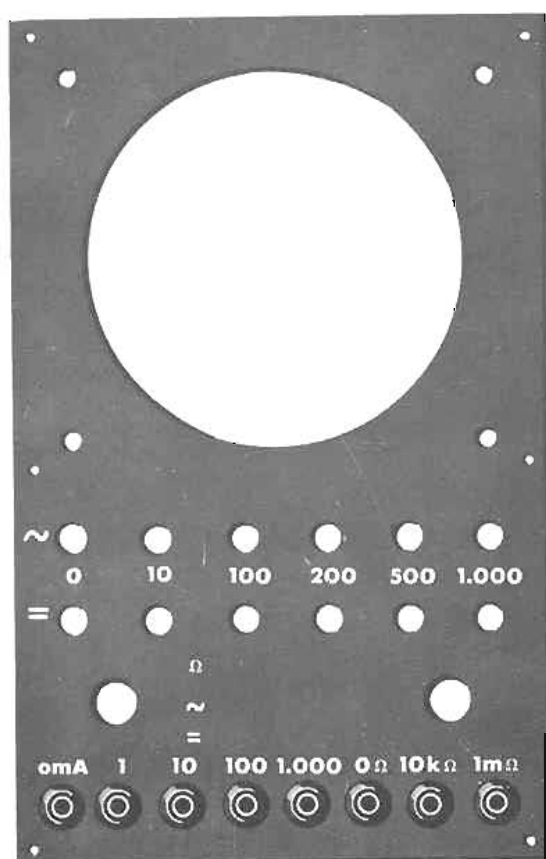


EL MONTAJE

COLOCACION DE LAS HEMBRILLAS Y TERMINALES

En la tapa hemos practicado veinte taladros iguales, en cada uno de los cuales introducimos una hembrilla. Recuerde que suponemos que la tapa es metálica, por lo que las hembrillas serán aisladas de chasis.

Tenga presente que trabajamos por la cara posterior de la tapa.



Una vez introducida la hembrilla y su arandela aislante, apretaremos una de las tuercas. Acto seguido introduciremos el terminal alrededor de la espiga roscada de la hembrilla, para aprisionarlo entre la tuerca primera y la que ahora colocaremos. Una vez sujeto doblaremos el terminal en ángulo recto.

NOTA.—Las cuatro hembrillas rojas deben colocarse en los taladros correspondientes a los extremos de lectura ($0 \sim$; $0 =$; 0mA y 0Ω).

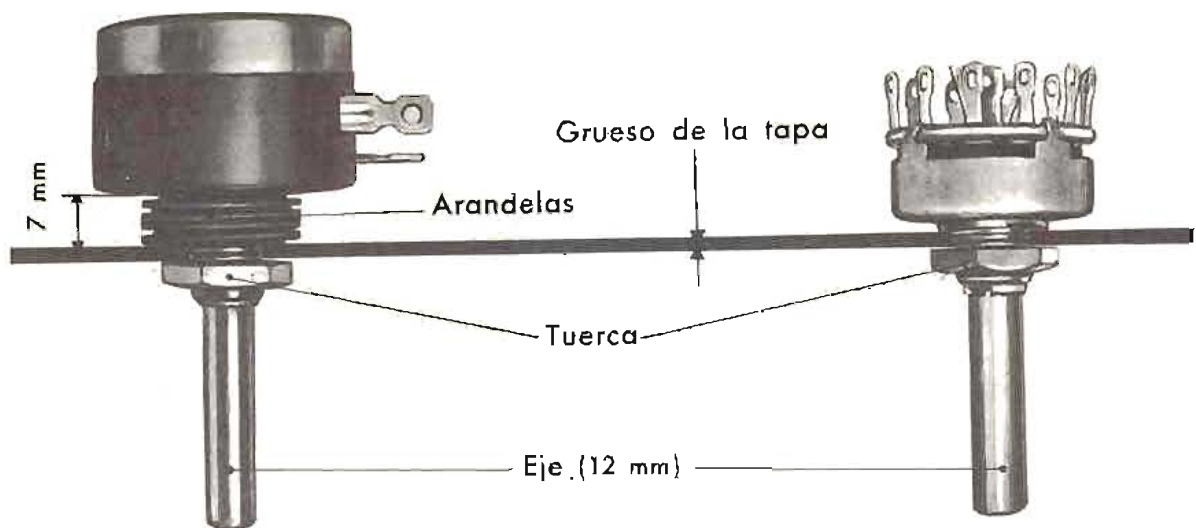
COLOCACION DEL CONMUTADOR Y DEL POTENCIOMETRO

La colocación de estos elementos es similar a la colocación de una hembrilla. Se trata de pasar las espigas de ambos componentes por los taladros de 10 mm de diámetro, sujetándolas por medio de las tuercas correspondientes, que se entregan con esos mismos componentes.

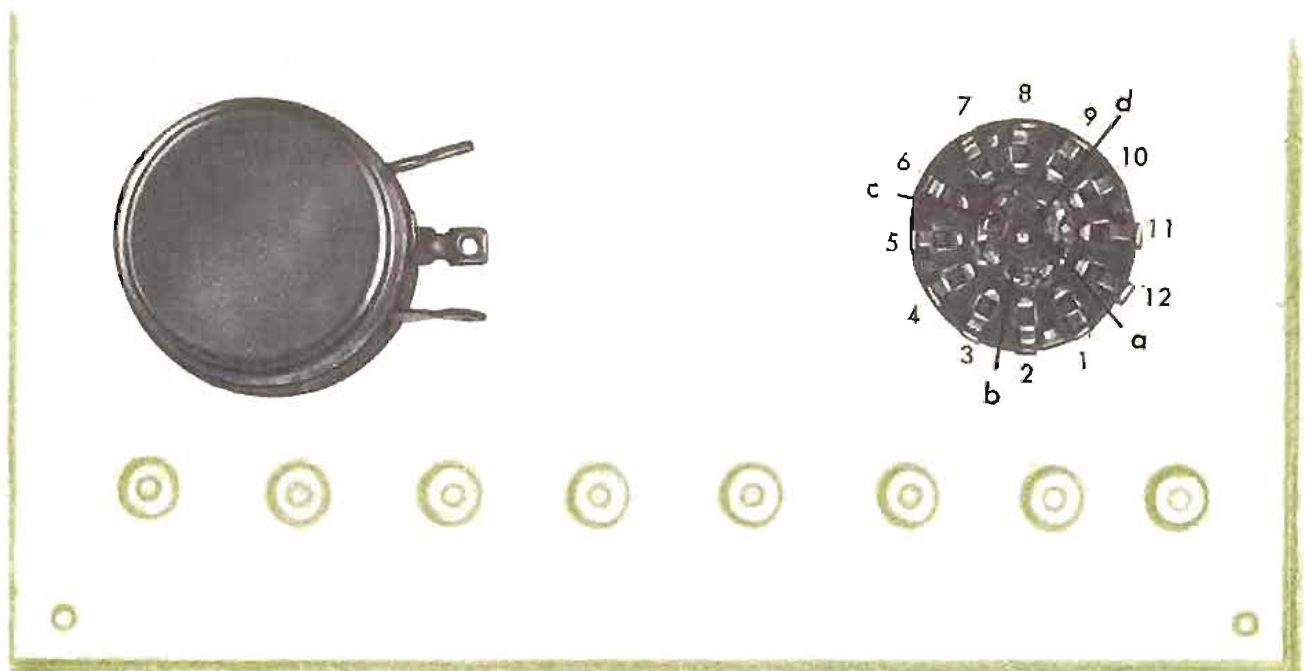
Es importante que la posición de los dos elementos sea exactamente la que demostramos en el gráfico: los tres terminales del potenciómetro

quedarán señalando hacia el interior. En cuanto al conmutador, haremos que los cuatro contactos centrales se sitúen señalando los vértices de un cuadrado de lados paralelos a los límites de la tapa.

Para guiarnos en el montaje, estableceremos una numeración convencional de todos los contactos del conmutador. Indicaremos los centrales con letras minúsculas (a, b, c y d).



La colocación del potenciómetro y del conmutador es similar a la de una hembrilla.



Dando frente a la cara posterior de la tapa (cara en la que trabajamos), el potenciómetro debe quedar a nuestra izquierda, con los terminales señalando hacia el interior. El conmutador, pues, quedará a nuestra derecha.

DATOS PARA LA CONSTRUCCION DE LAS RESISTENCIAS BOBINADAS

Para conseguir todos los valores de resistencia necesarios en el téster, no tenemos otra opción que construirlas con procedimientos artesanos. Se trata de valores óhmicos muy especiales

que no encontramos en el mercado. Además, son resistencias de considerable vataje, por lo que no puede pensarse en asociar resistencias de carbón tratando de conseguir el valor deseado.

Vamos a darle todos los datos necesarios para la construcción de estas resistencias; consideraremos honrado hacerle una advertencia acerca de este particular:

Del justo calibrado de estas resistencias depende en gran parte la fidelidad del aparato; y si bien los datos que proporcionamos son el resultado de muchas verificaciones, lo cierto es que cualquier irregularidad del hilo, o cualquier variación en su longitud, sin excluir las variaciones de la resistencia debidas a terminales y soldaduras, puede alterar el valor óhmico total que se ha calculado. Estas resistencias requieren una

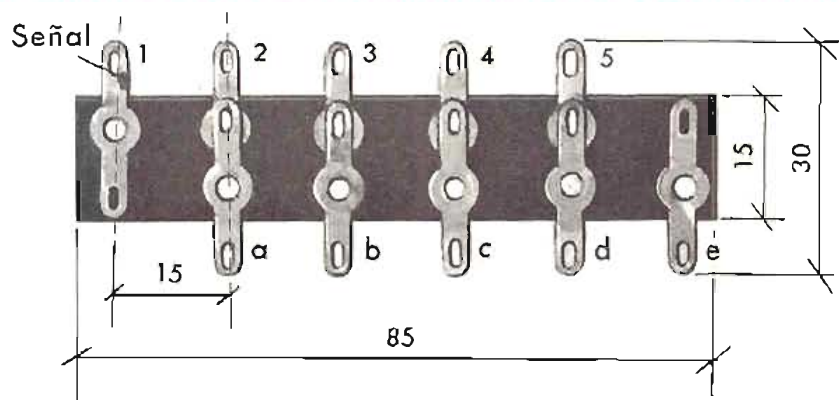
comprobación muy exacta que difícilmente podrá conseguir quien carezca del instrumental oportuno.

Creemos prudente que, con los datos en la mano, encargue a un técnico la construcción de estas resistencias.

También hay otra solución: que las construya usted y, una vez terminadas, las entregue a un técnico para que las compruebe y ajuste en caso de que no proporcionen los valores estipulados.

Hecha esta advertencia, pasemos al estudio de los datos que permitirán el correcto bobinado de estas resistencias especiales.

REGLETAS PARA LAS RESISTENCIAS MARCADAS mA y Ω



Esta es la cara anterior de la regleta sobre la que bobinaremos las resistencias mA. Observe que en ella aparecen dos series de terminales. Los que sobresalen por la parte superior los numeramos del 1 al 5. Con a, b, c, d y e señalamos los que salen por el borde inferior de la regleta. Los terminales a, b, c y d son sencillos, y sobre ellos caben las patas inferiores de los terminales dobles 2, 3, 4 y 5.

Esta será la posición de referencia para la regleta. Para mejor identificar esta posición señalamos el terminal 1.



Base para las resistencias señaladas A~, A= y Ω . Tanto estas bases como la regleta anterior, tendrán un grosor aproximado a 1 mm.

BOBINADO DE LAS RESISTENCIAS

Empezaremos por las resistencias de la regleta. Daremos las instrucciones necesarias para su correcto bobinado, aunque, insistiendo sobre lo dicho anteriormente, advertimos que son datos un tanto empíricos, puesto que dependen de la resistividad propia del hilo empleado, factor que a su vez varía según la marca del mismo.

Naturalmente, no vamos a recomendar ninguna marca, limitándonos a decir qué resistividad aproximada debe tener el hilo.

Para las resistencias de la regleta recomendamos utilizar hilo constantán, cuyo coeficiente de resistividad es:

$$\rho = 0,488 \Omega \text{m/mm}^2$$

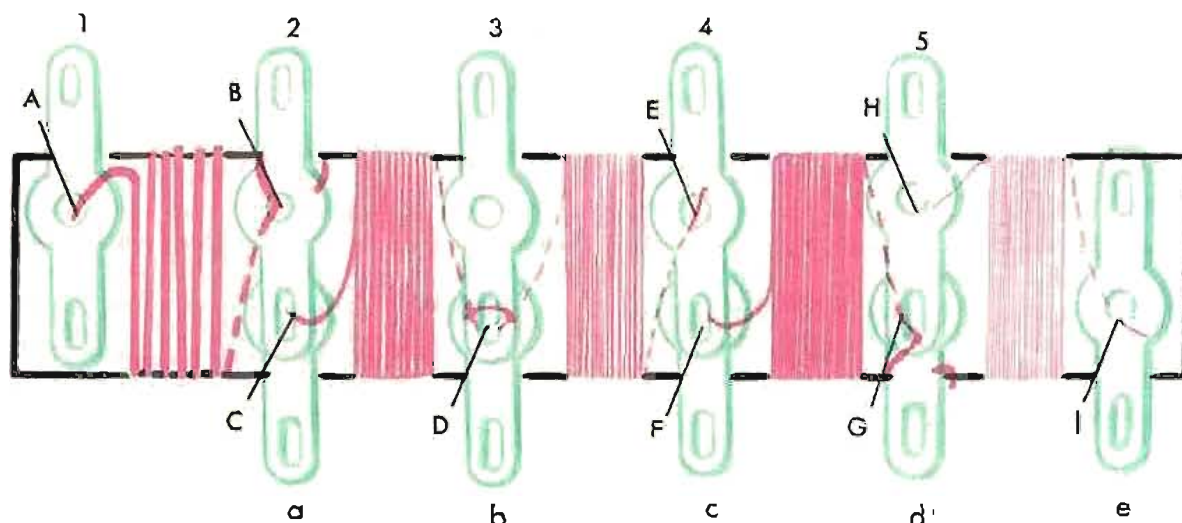
De acuerdo con esta resistividad, se han calculado la sección y longitud del hilo resistente de cada uno de los tramos de la regleta. Veamos el proceso que nos ha llevado a la realización del primer tramo:

Entre los terminales 1 y 2 requerimos una resistencia de 0.8Ω , que conseguimos con hilo de 0.4 mm de diámetro, cuya resistencia en ohmios por metro es de 3.82 . Estos datos tan concretos vienen dados por el fabricante, razón de más por la que recomendamos encargar estas resistencias a un especialista. Observe cómo $3.82 \Omega \text{ por m}$ representan $0.8 : 3.82 = 0.209 \text{ m} = 20.9 \text{ cm}$, longitud muy aproximada a los 21 cm que determinamos.

Un razonamiento similar nos lleva a cada uno de los resultados que damos como definitivos.

En el gráfico que sigue y en los epígrafes que lo acompañan encontrará unos datos muy aproximados para el bobinado de las resistencias.

Advirtamos, finalmente, que en estas operaciones interesan soldaduras muy limpias para fijar los extremos de los hilos al terminal. Tratándose de hilos cubiertos, claro, se tendrá la precaución de raspar sus cabos antes de aplicarles el punto de soldadura. En el mismo gráfico indicamos el lugar exacto donde quedarán soldados los extremos de cada resistencia.



$$\rho = 0.488 \Omega \text{ m/mm}^2$$

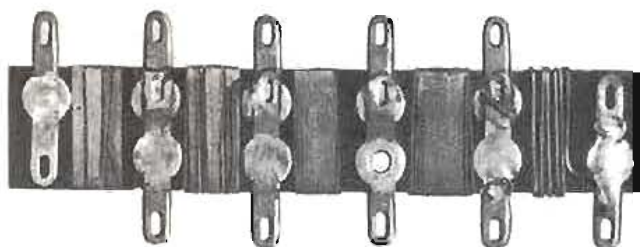
Entre 1 y 2. — Resistencia de 0.8Ω lograda con hilo de $\varnothing = 0.4 \text{ mm}$ y 21 cm de largo. Soldar en A y B.

Entre 2 y 3. — Resistencia de 5.2Ω . Hilo de 0.3 mm \varnothing . Soldar en C y bobinar 75.5 cm de hilo. Soldar el otro cabo en D.

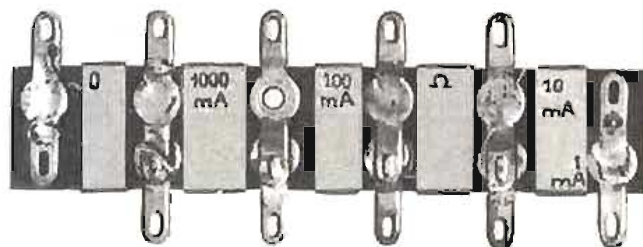
Entre 3 y 4. — Resistencia de 37Ω . Se consigue con hilo de 0.1 mm \varnothing , soldando un cabo en D y bobinando 59.5 cm . Soldar en E el otro cabo.

Entre 4 y 5. — Resistencia de 17Ω . Bobinar 110 cm de hilo de $\varnothing = 0.2 \text{ mm}$, soldando los cabos en F y G.

Entre 5 y e. — Resistencia de 540Ω . Se emplea hilo de 0.04 mm \varnothing . Soldando en H, bobinaremos 139 cm , fijando en I el cabo final.



Una vez bobinadas todas las resistencias de la regla, se recubrirán los hilos con unas pinceladas de barniz aislante.



Cubriremos los hilos con unas fajas de papel en las cuales escribiremos las anotaciones que indicamos en esta fotografía.



Resistencia A=. Su valor óhmico debe ser de 200 Ω . Se logra con 205 cm de hilo de \varnothing 0'08 mm. $\rho = 0'488 \Omega \text{ m/mm}^2$

Resistencia A~. Su valor será de 100 Ω , que se obtienen bobinando 102'5 cm de hilo de \varnothing 0'08 mm. $\rho = 0'488 \Omega \text{ m/mm}^2$

Resistencia Ω . Debe valer 50 Ω . Para ello bobine 51'2 cm de hilo de 0'08 mm \varnothing . $\rho = 0'488 \Omega \text{ m/mm}^2$

Los extremos de las bobinas se soldarán sobre los terminales.

CARACTERISTICAS DE FABRICACION DE LAS RESISTENCIAS DE LA REGLITA

Indicaciones de la regleta	Resistencia Ω	Longitud (cm)	Diámetro (mm)
0 - 1000 mA	0'8	21	0'4
1000 - 100 mA	5'2	75'5	0'3
100 - Ω	37	59'5	0'1
Ω - 10	17	110	0'2
10 - 1	540'2	139	0'04

lección práctica 1

CONEXIONADO DE LAS RESISTENCIAS QUE CORRESPONDEN A LAS TENSIONES DE CORRIENTE ALTERNA

Construcción de un polímetro o téster (Segunda fase)

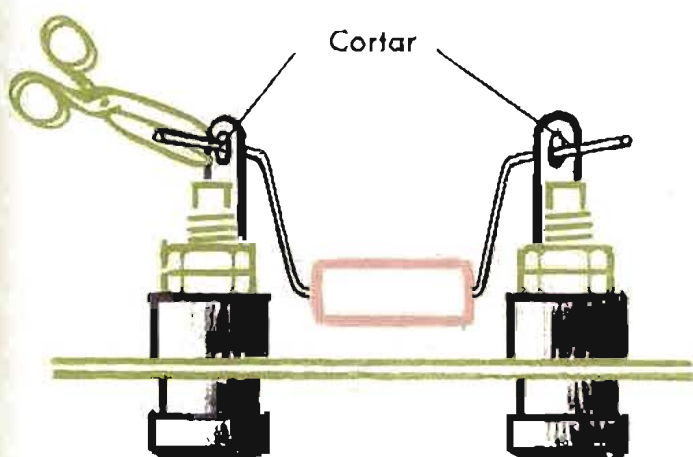
En nuestra práctica anterior dejamos las cosas preparadas para emprender las etapas de alambreado. Así que, soldador en mano —y en el supuesto de que esté en posesión de las resistencias bobinadas que dejamos descritas y que en ellas ha pegado los envoltentes de papel con las anotaciones oportunas—, podemos seguir nuestro montaje hasta completar esta segunda etapa.

Digamos antes de empezar que lo que vamos a hacer no estriba en más que en establecer el

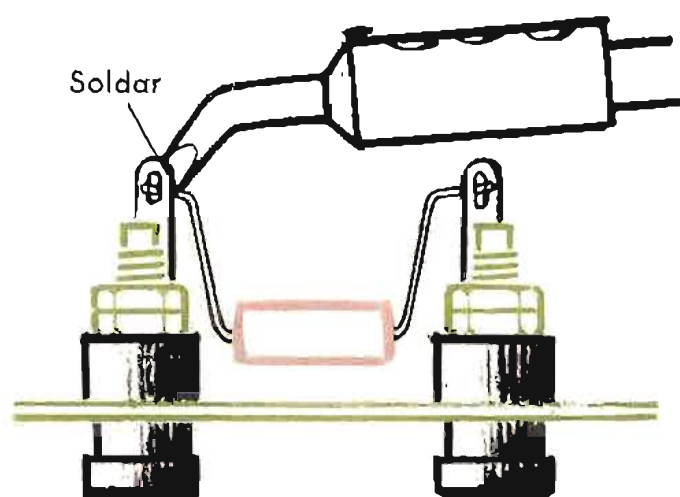
valor de la resistencia necesaria para absorber la intensidad proveniente del circuito que se analiza, que sería excesiva para la sensibilidad del galvanómetro. Así, pues, nuestra misión (amén de la colocación del oportuno puente de Graetz cuando llegue el momento) consistirá en soldar entre hembrilla y hembrilla (contiguas o alternadas, según los casos) la resistencia o resistencias que proporcionen el valor óhmico que requiere el instrumento que empleamos.

La fila de hembrillas y terminales correspondientes situada más próxima al instrumento se destina a sostener un sistema de resistencias en

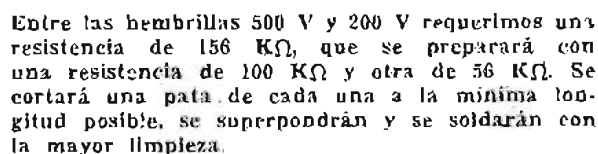
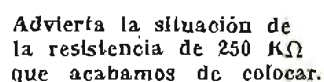
serie que actúen de *shunt* al medir una tensión alterna. Estas resistencias deberán soldarse de la siguiente manera:



Entre los terminales de las hembrillas señaladas 1000 V y 500 V soldaremos una resistencia de 390 K Ω . Primero la centraremos cortando el exceso de hilo.



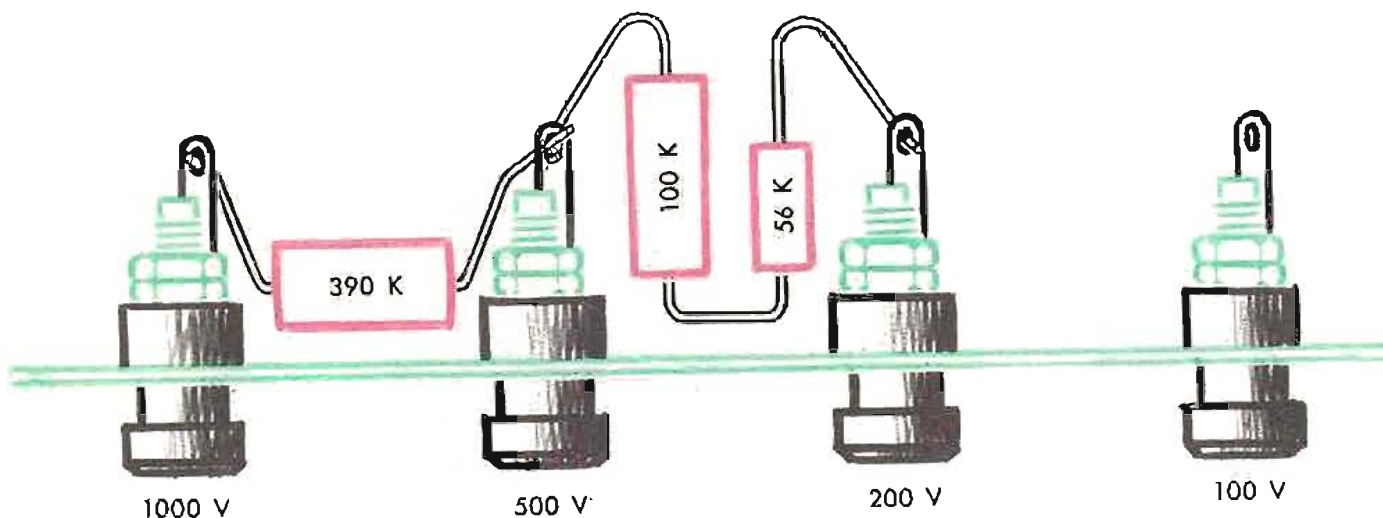
Acto seguido, y procurando no entretenerse demasiado en la operación, aplicaremos un punto de soldadura sobre el terminal señalado 1000 V. Interesa mucha limpieza.



Entre el terminal señalado 1.000 V y el terminal 500 V deberemos intercalar una resistencia de 250 K Ω . Para ello introducimos uno de sus cables por el taladro del primer terminal, hasta que veamos que el cuerpo de la resistencia queda centrado entre los dos terminales contiguos. Cortaremos el trozo de hilo sobrante y practicaremos el oportuno punto de soldadura.

Entre el terminal 500 V y el siguiente (200 V) precisamos una resistencia de 156 K Ω . Como este valor no es standard, deberemos obtenerlo uniéndolo en serie una resistencia de 100 K Ω , y otra de 56 K Ω . Procuraremos que esta unión deje el mínimo de espacio entre los dos cuerpos de las resistencias. Observe por el gráfico la forma conveniente de establecer la unión.

Una vez preparadas las dos resistencias, soldaremos uno de los cabos libres sobre el taladro del terminal 500 V, junto con el cabo de la resistencia 250 K Ω que había quedado libre.

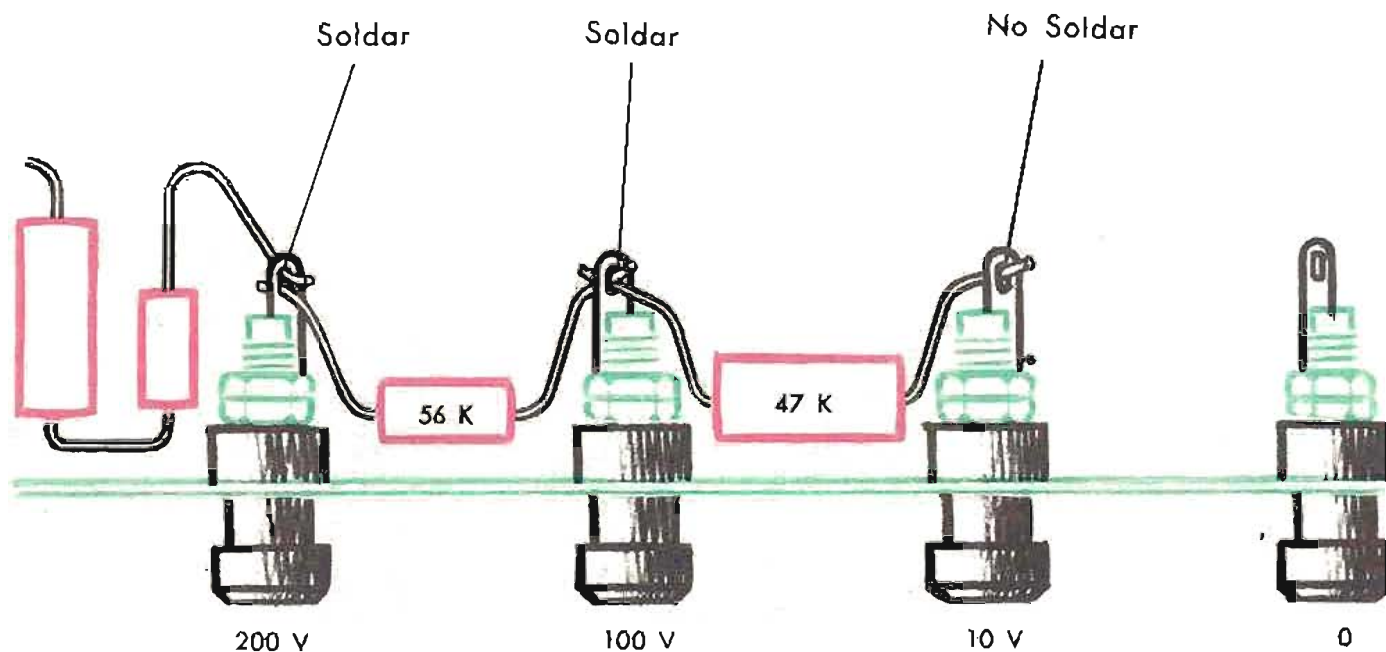


Y acto seguido soldaremos una resistencia de $56\text{ K}\Omega$ entre los terminales 200 V y 100 V , juntando sobre el terminal 200 V uno de los cabos de esta resistencia y el libre del paso anterior.

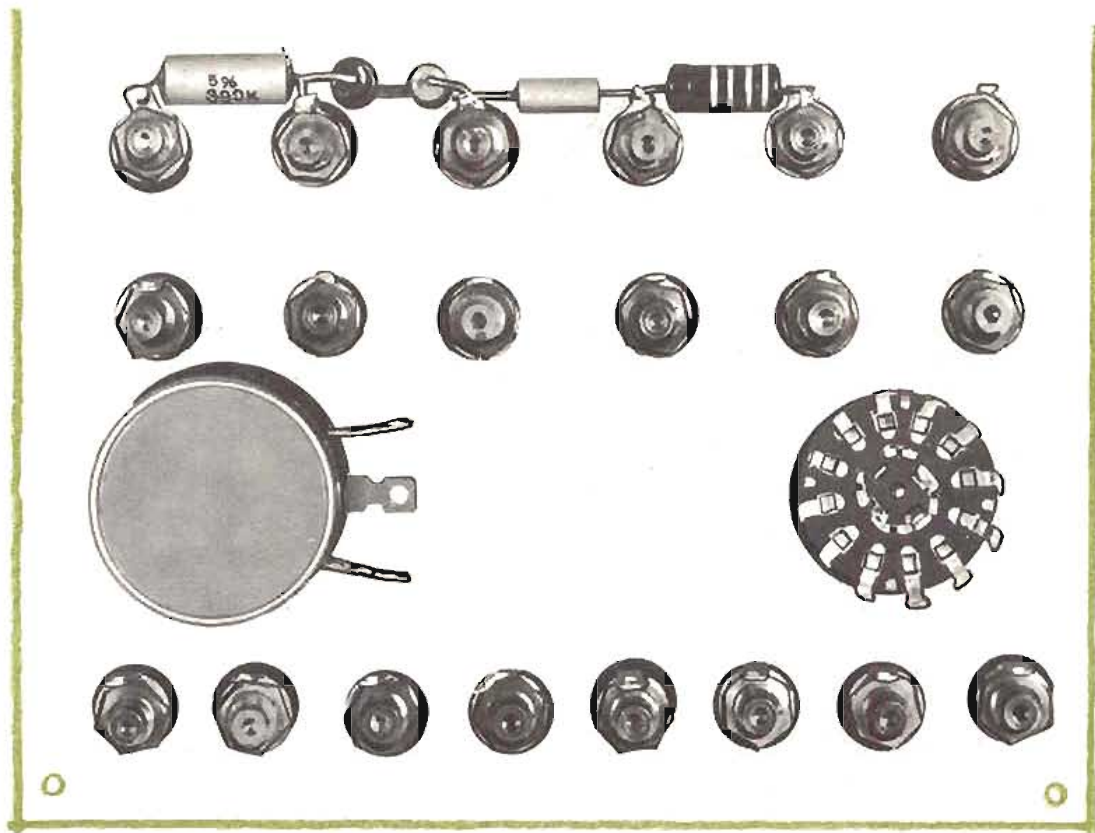
Ponga especial cuidado en estas soldaduras, en el sentido de no entretenerse demasiado en ellas para evitar que el calor desprendido llegue a dañar el cuerpo de la resistencia.

Entre la hembrilla 100 V y la correspondiente a los 10 V deberemos soldar una resistencia de $47\text{ K}\Omega$.

En principio, dejaremos de lado el terminal cero, con lo cual habrá quedado el montaje en el estado que muestra la figura que aparece en la página siguiente. No estará de más que revise lo que lleva hecho hasta ahora.



Entre la hembrilla 200 V y la siguiente (100 V) soldaremos una resistencia de $56\text{ K}\Omega$; y entre la 100 V y la 10 V , otra resistencia de $47\text{ K}\Omega$.



En esta fotografía a tamaño natural demostramos el estado del montaje hasta el momento presente.

COLOCACION DE LAS RESISTENCIAS CORRESPONDIENTES A LAS TENSIONES CONTINUAS

Siguiendo análogas instrucciones, procederemos al conexionado de las resistencias que corresponden a las tensiones continuas. Las hembrillas que sostendrán esta nueva agrupación en serie son las de la fila inmediata a la de tensiones alternas.

Los valores de las resistencias serán:

Entre 1.000 V y 500 V: una resistencia de $0,5\text{ M}\Omega$ obtenida con dos resistencias $1\text{ M}\Omega$ en paralelo.

Entre 500 y 200 Ω : resistencia de $317\text{ K}\Omega$ que

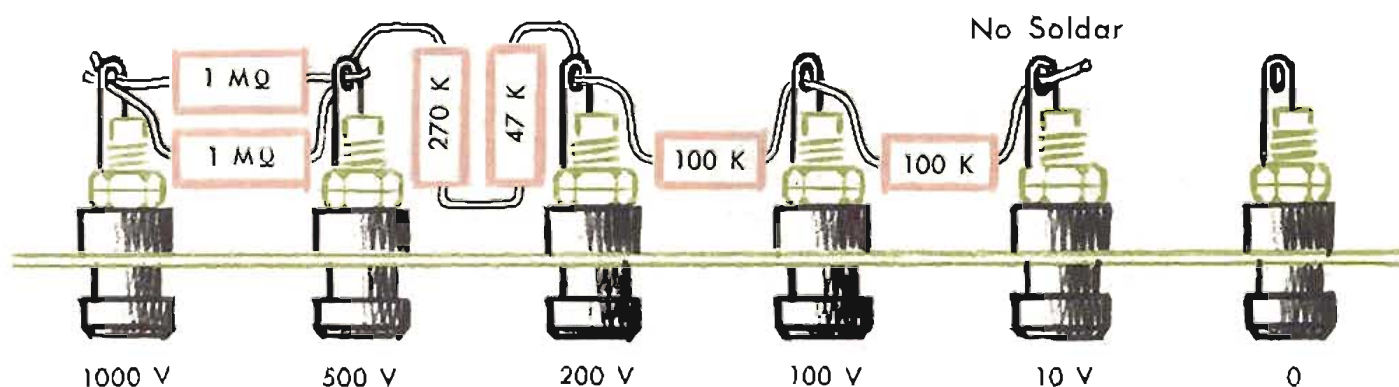
vamos a conseguir con dos resistencias en serie de $270\text{ K}\Omega$ y $47\text{ K}\Omega$ respectivamente ($270 + 47 = 317$).

Entre 200 y 100 V: situaremos una resistencia de $100\text{ K}\Omega$.

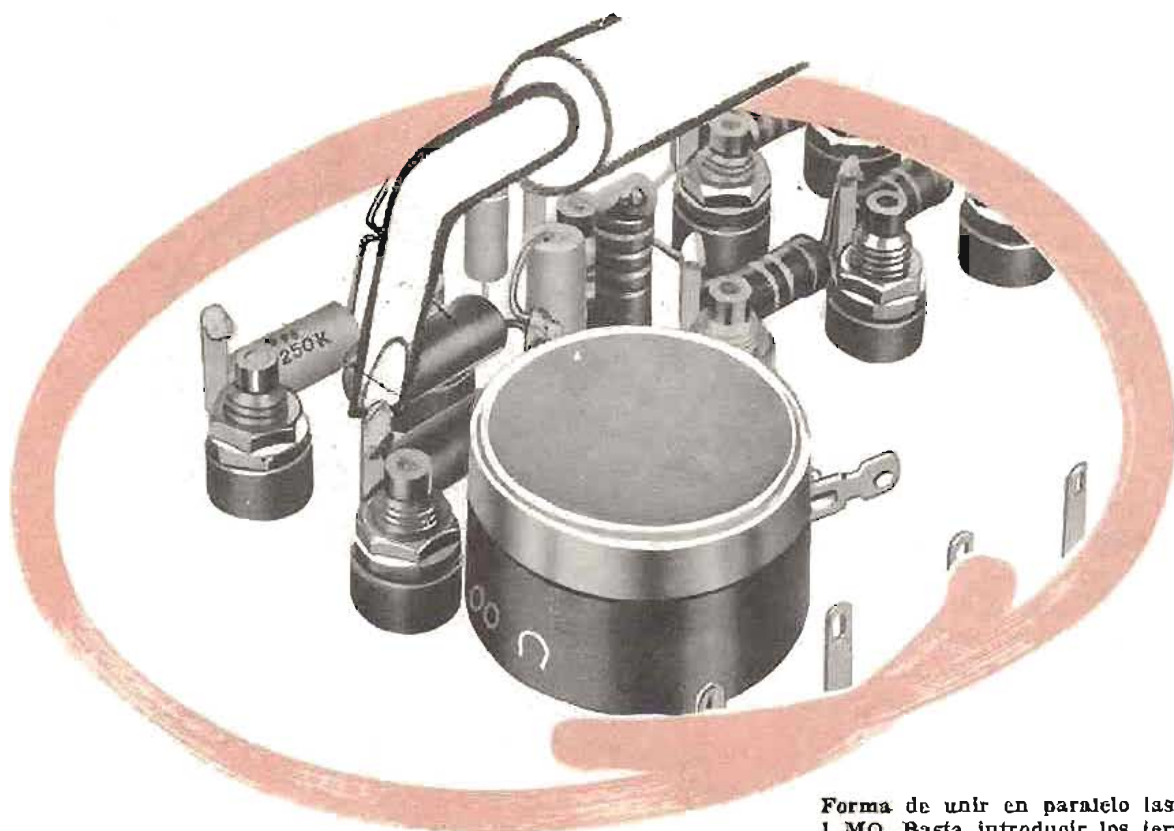
Finalmente: entre 100 V y 10 V, otra resistencia de $100\text{ K}\Omega$.

En definitiva, tendremos el sistema de resistencias que representamos más abajo.

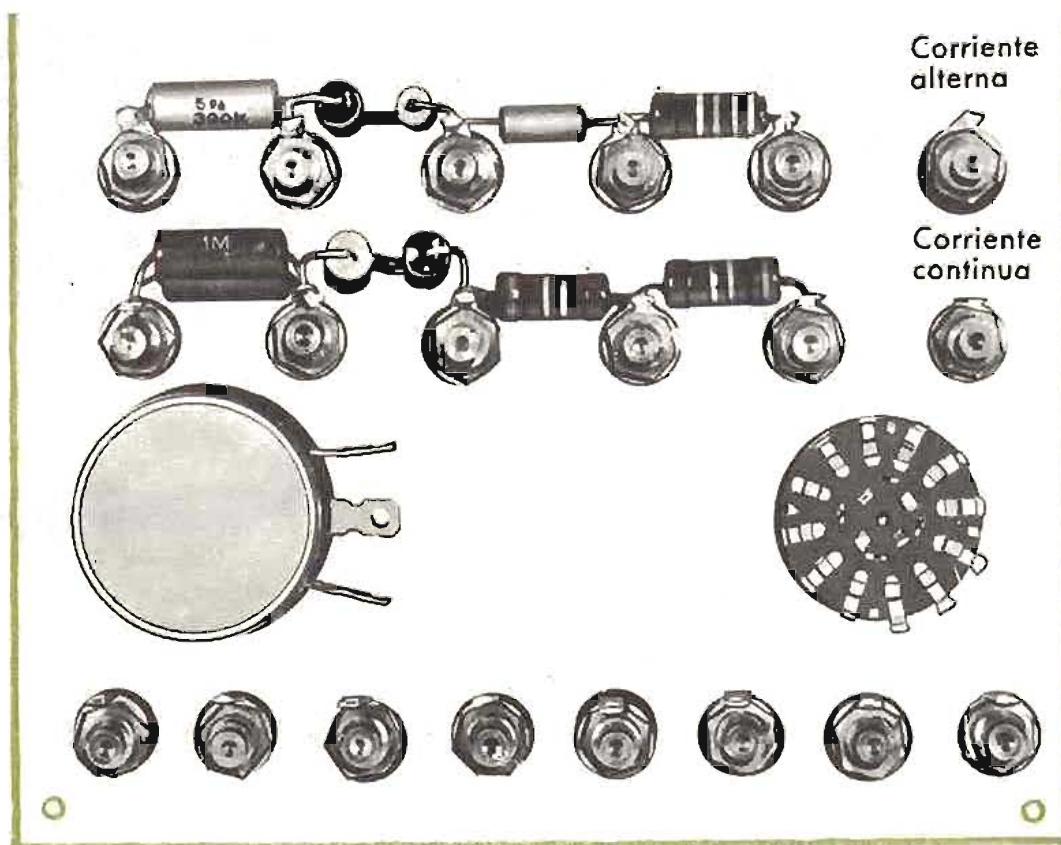
Y el conjunto de nuestro montaje presentará el aspecto de la fotografía de la página siguiente:



Así deben quedar situadas las resistencias correspondientes a las tensiones continuas.



Forma de unir en paralelo las dos resistencias de 1 MΩ. Basta introducir los terminales por el taladro de la hembrilla, habiéndolos doblado según demuestra el gráfico. Con un solo punto de soldadura untremos el terminal de la hembrilla y los dos de las resistencias.



Hasta el momento presente, tenemos el montaje en este punto.

PREPARACION DEL CONMUTADOR

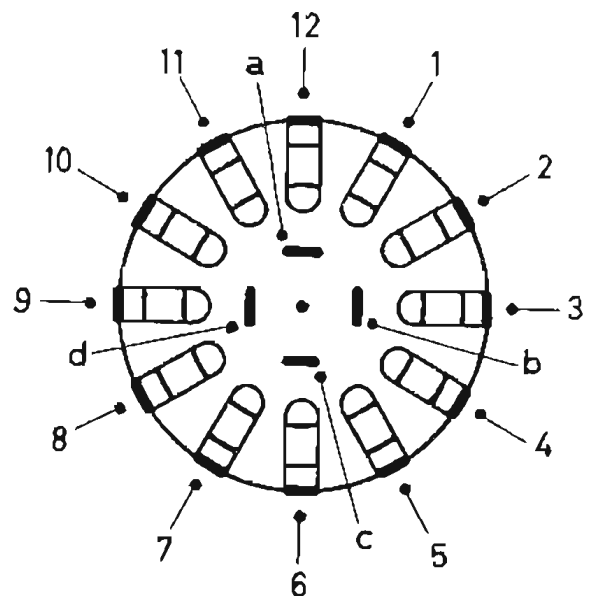
Para que el conmutador 3×4 relacione debidamente los circuitos de nuestro téster, debere-
mos prepararlo en el sentido de establecer unos
puentes entre algunos de sus contactos.

Tales puentes se harán con hilo de cobre esta-
ñado sin ningún tipo de cubierta. Serán pequeños
tramos de hilo desnudo.

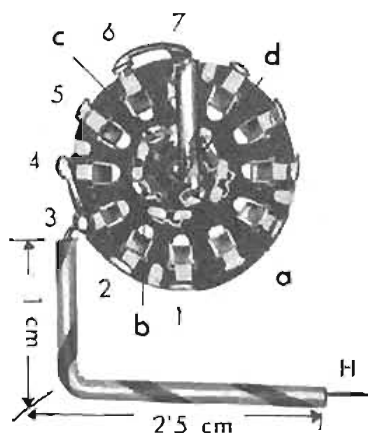
La fijación de los puentes no entraña ninguna
dificultad. Basta un poco de paciencia y pulcri-
tud, así como un mínimo de habilidad para ma-
nejar el soldador.

Le recomendamos que antes de proceder a
efectuar las soldaduras deje los hilos cortados a
la longitud debida, y con sus extremos debida-
mente doblados si ha lugar a este pormenor.

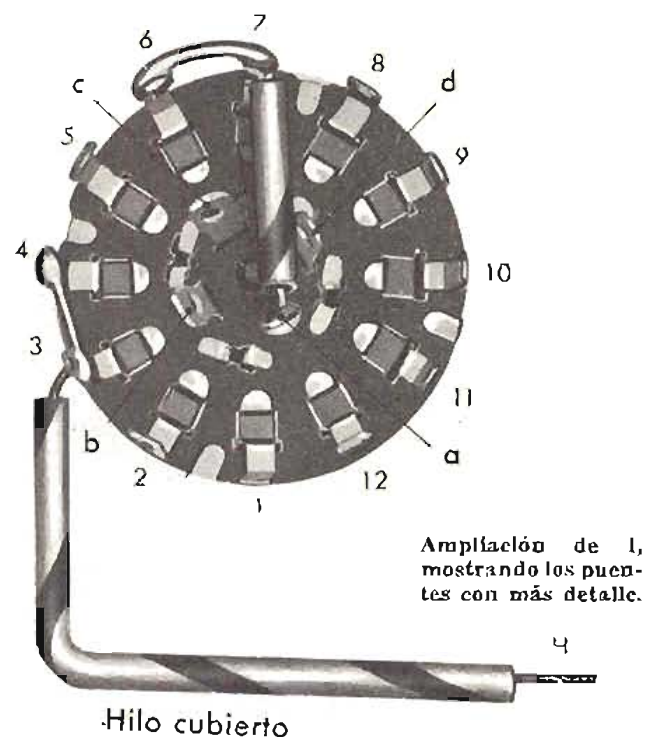
Como se trata de puentes muy cortos, lo me-
jor es sujetar los hilos con unas pinzas o alica-
tes de puntas mientras el soldador cumple con su
cometido.



Recuerde que para el conmutador establecíamos la
numeración y letras que figuran en este gráfico.



Fotografía a tama-
ño natural de los
puentes a estable-
cer en el conmuta-
dor.



Hilo cubierto

Este cabo debe unirse a la hembrilla 7
de la fila inferior.

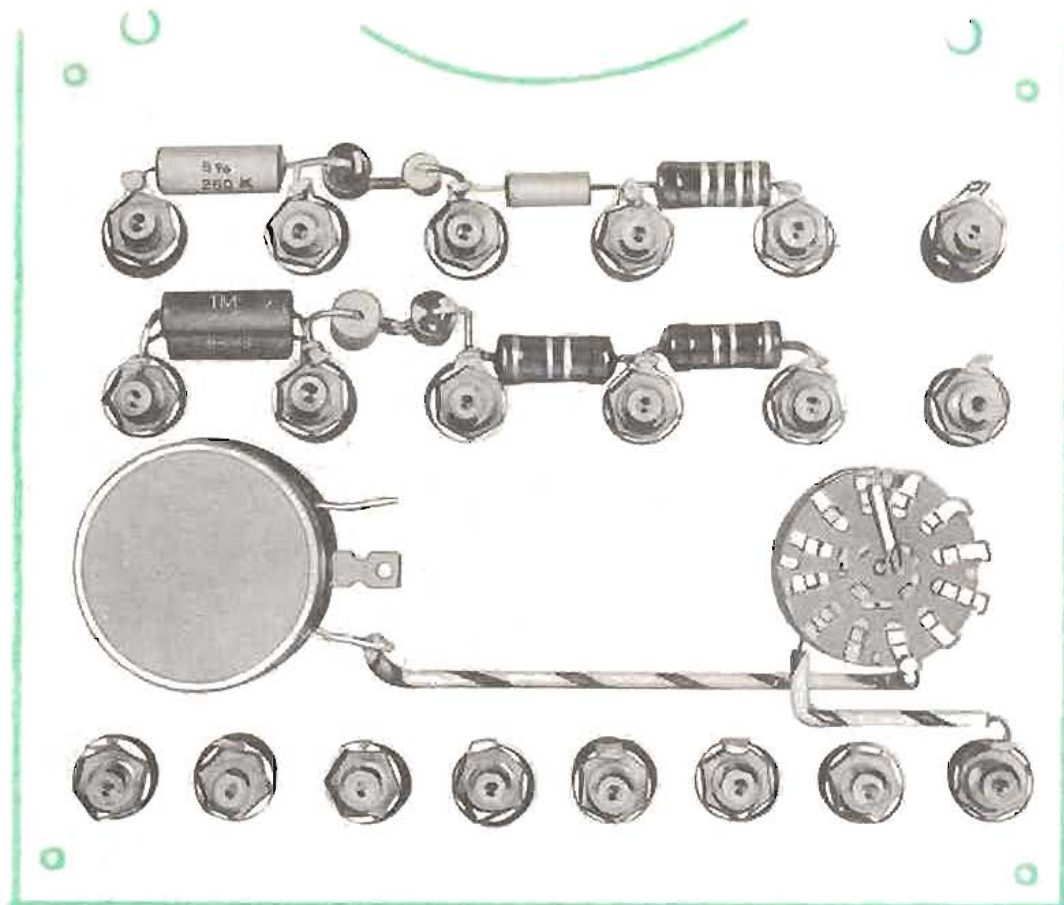
Los puentes a establecer son:

Entre los contactos 6 y 7, uniendo luego 7
con a.

Entre los contactos 3 y 4, uniendo el 3 al ter-
minal de la hembrilla 1 de la fila inferior.

Aprovechando que aún tenemos el campo ope-

ratorio bastante libre de hilos, estableceremos
conexión entre la pata 1 del conmutador y el
contacto A del potenciómetro. Estas conexiones,
así como las que van del terminal 3 del conmuta-
dor a la hembrilla 1 y la que une 7 con a, serán
en hilo cubierto.



Desde el terminal A del potenciómetro, estableceremos una conexión con hilo cubierto hasta el terminal 1 del conmutador. Este hilo pasará por debajo de la conexión entre 3 del conmutador y la hembrilla 1 de la fila inferior.

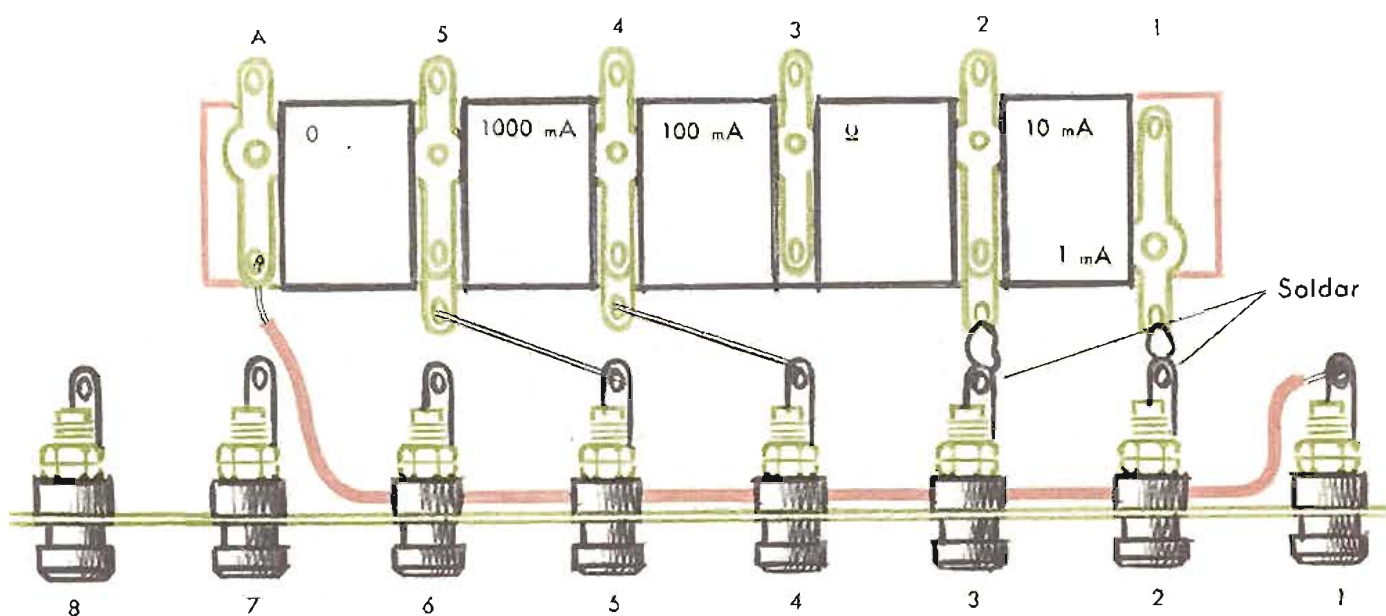
Vamos a proceder a la fijación de la regleta con las resistencias bobinadas sobre los terminales de las hembrillas que deben corresponderle. Para ello, recuerde que estamos trabajando sobre la cara posterior de la tapa del instrumento. Insistimos en ello para evitar que distraídamente invierta la posición de la regleta, con lo cual quedarían alterados todos los valores de las mediciones que quisiéramos efectuar con nuestro téster.

Pero dejemos las palabras y observemos el

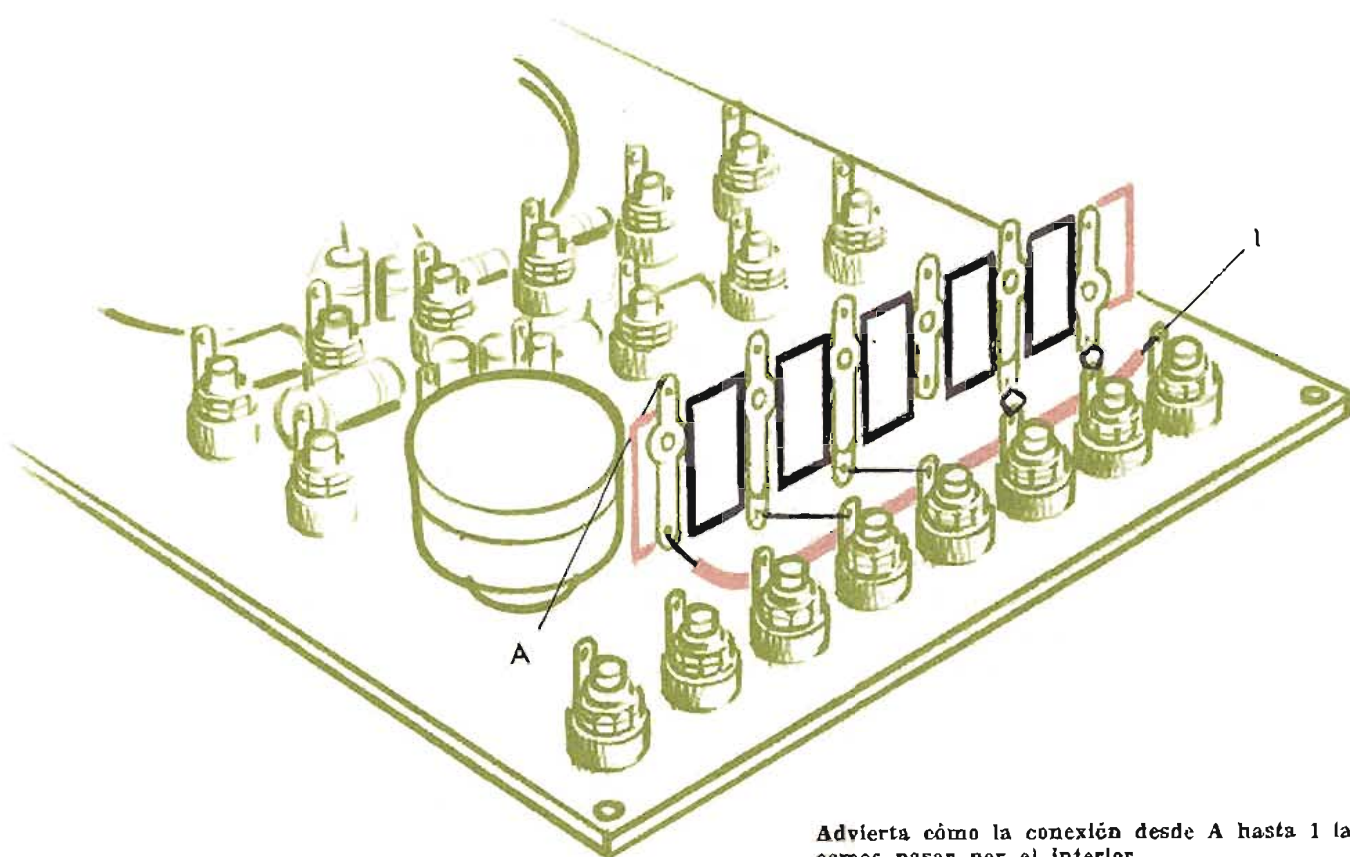
gráfico demostrativo de cómo situar esta regleta.

Empezando a contar desde la derecha, diremos que la regleta queda sujeta por dos puntos de soldadura practicados sobre los terminales de las hembrillas 2 y 3 en correspondencia con la pata inferior de los terminales 1 y 2 de la regleta. Entre los terminales 4 (hembrilla y regleta) y los terminales 5, estableceremos sendas conexiones con hilo desnudo.

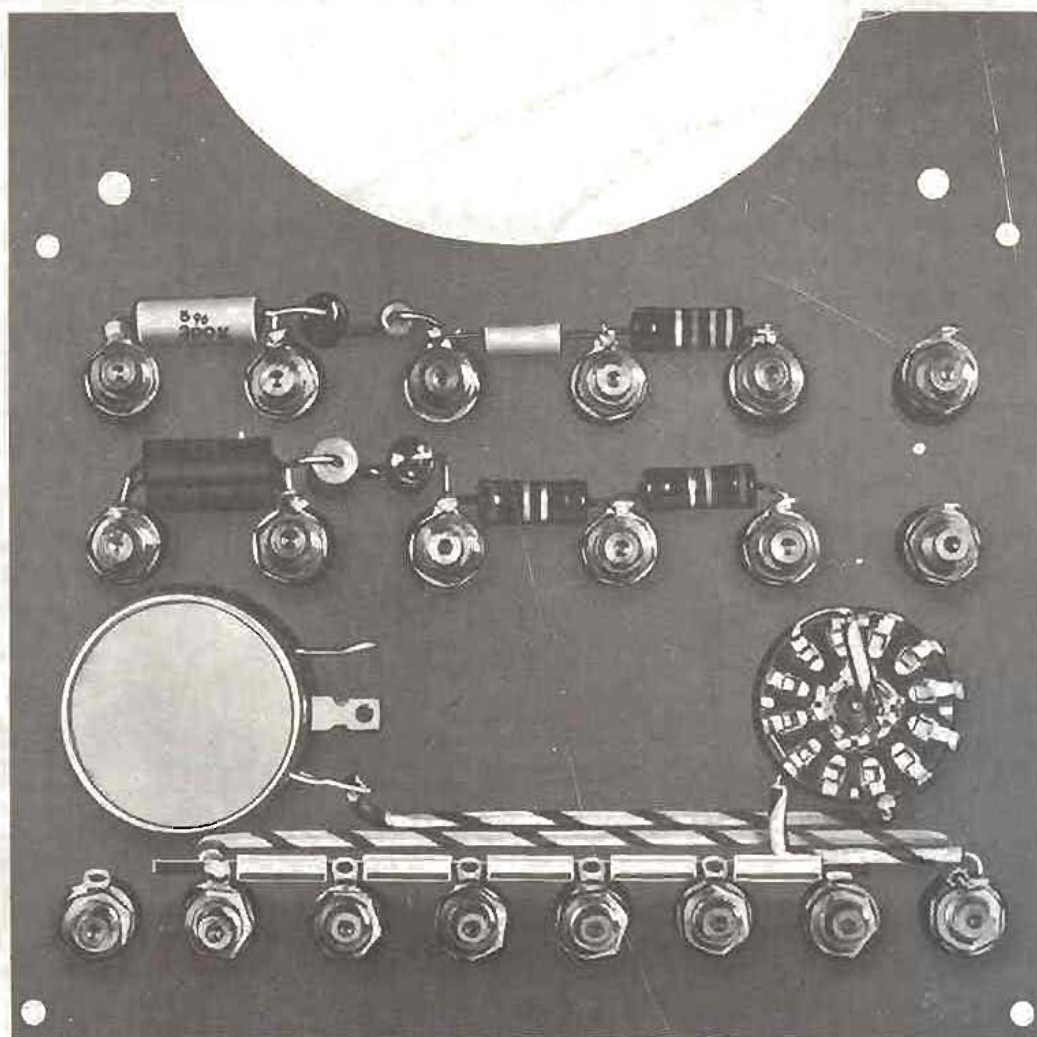
Finalmente: lleve un conductor del terminal A de 0 mA al terminal de la hembrilla 1.



Colocación de la regleta. Observe que en 2 y 3 efectuamos las soldaduras directamente sobre los terminales de hembrilla y regleta. La unión entre 4 y 4 y 5 y 5 se establece con un trozo de hilo desnudo. Entre A y la hembrilla 1 establecemos una conexión con hilo cubierto. Para mayor claridad, veamos lo mismo; pero desde otro punto de vista.



Advierta cómo la conexión desde A hasta 1 la hacemos pasar por el interior.



Fotografía de la parte del circuito que llevamos montada.

Vea lo que llevamos hecho hasta ahora:

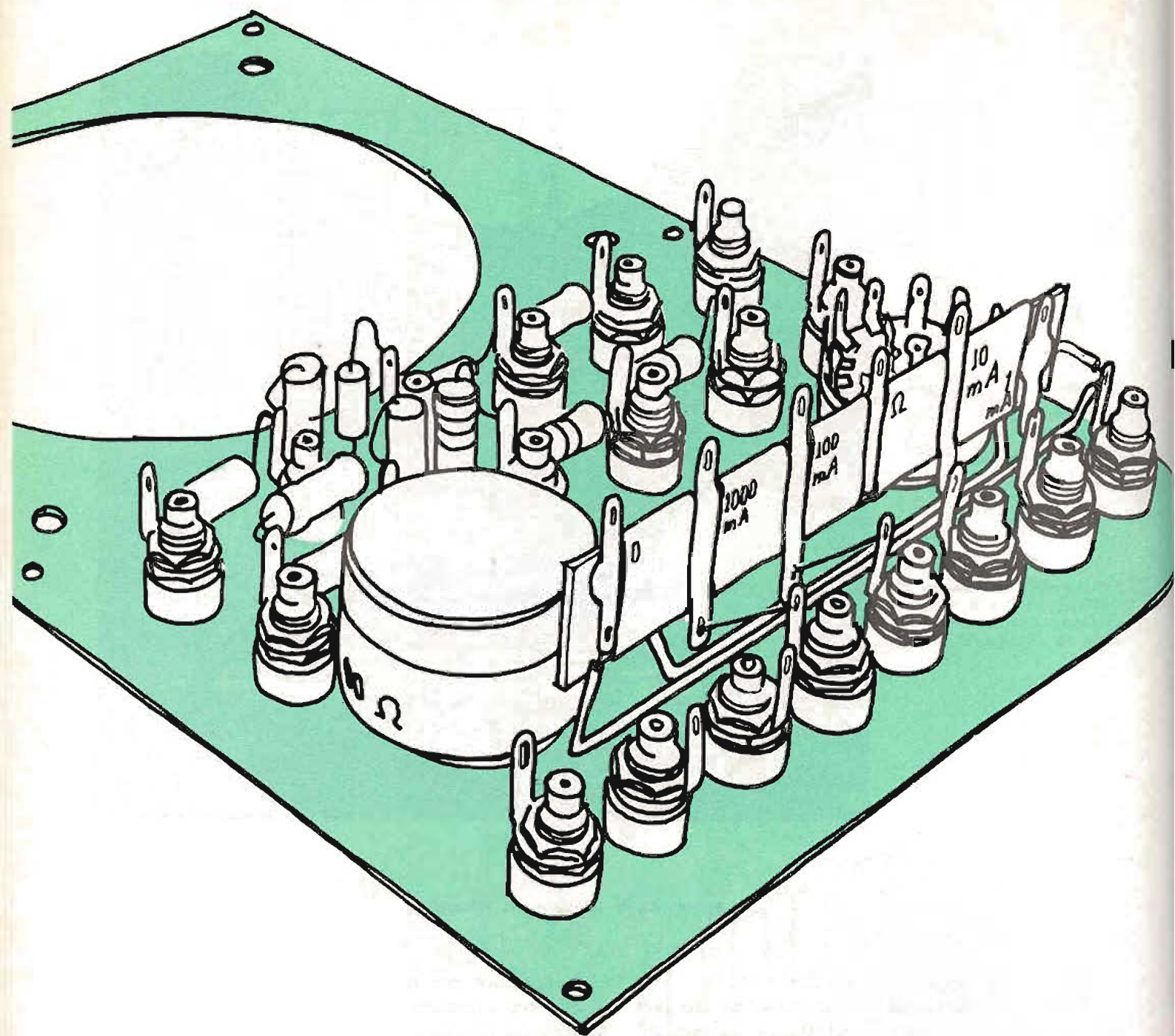
Repase a conciencia las operaciones efectuadas, comparando con los dibujos y fotografías que ilustran estas instrucciones, y vea si realmente las resistencias soldadas tienen el valor prescrito y si de verdad se han colocado allí donde les corresponde.

Consideramos del todo conveniente este alto en el camino para proceder a una revisión total de la parte de montaje que llevamos realizada. Le aprovechará mucho más este repaso que emprender de un solo tirón la etapa que completará el circuito de nuestro téster.

Y porque creemos sinceramente que es importante, queremos ayudarle a repasar. Pero no

lo haremos por medio de la palabra, puesto que ello representaría tanto como repetir todo lo dicho. Lo haremos mediante un gráfico en el que queden esquematizadas cuantas operaciones llevamos hechas. En este esquema de la parte del montaje que nos ocupa anotamos todos los valores de las resistencias, así como todas las letras y números que nos han servido de referencia durante la práctica.

Vea en la página siguiente el dibujo a que nos referimos; y con él por delante, vaya siguiendo una por una las resistencias colocadas, comprobando si, efectivamente, están situadas en el lugar oportuno y si su valor óhmico coincide con el prescrito.



En la siguiente lección práctica reemprenderemos este montaje para no dejarlo hasta haberlo concluido. En la próxima sesión, pues, dejaremos el téster completamente acabado y en condiciones de prestar servicio.

Luego, daremos las oportunas instrucciones para que podamos servirnos de él, efectuando correctamente cuantas mediciones se nos presenten, de acuerdo con el tipo de corriente y naturaleza de las magnitudes a medir.

lección práctica 2

CONSTRUCCION DE UN TESTER ETAPA FINAL

Tal y como dejamos dicho en nuestro anterior capítulo de prácticas, vamos a emprender la etapa final de la construcción de este tester que está acaparando nuestra atención.

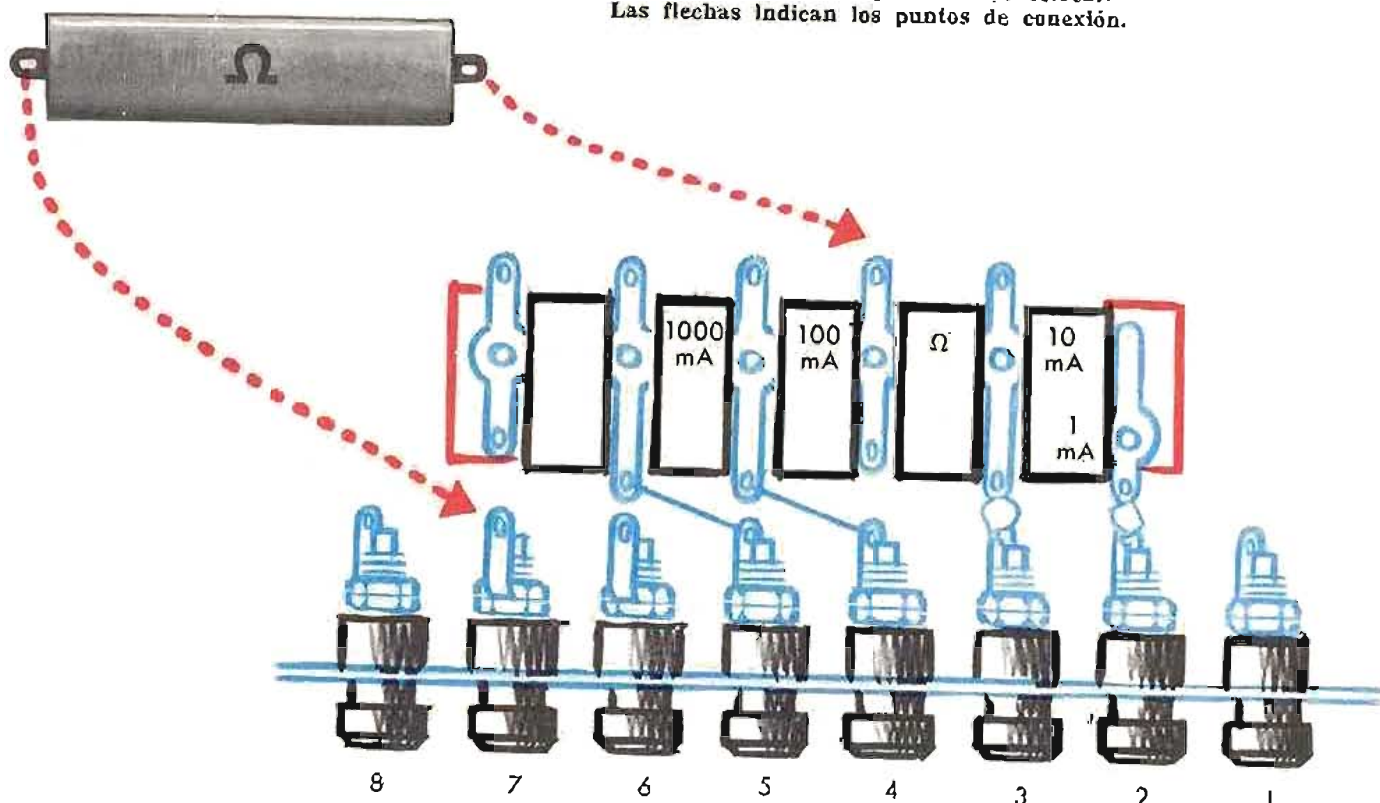
Después de esta lección, el tester debe quedar en condiciones de prestar servicio. En la próxima lección destinaremos el capítulo de prácticas a proporcionar las instrucciones para el manejo

del aparato; además, allí propondremos algunos ejercicios prácticos para la mejor comprensión de la forma de trabajar de un polímetro.

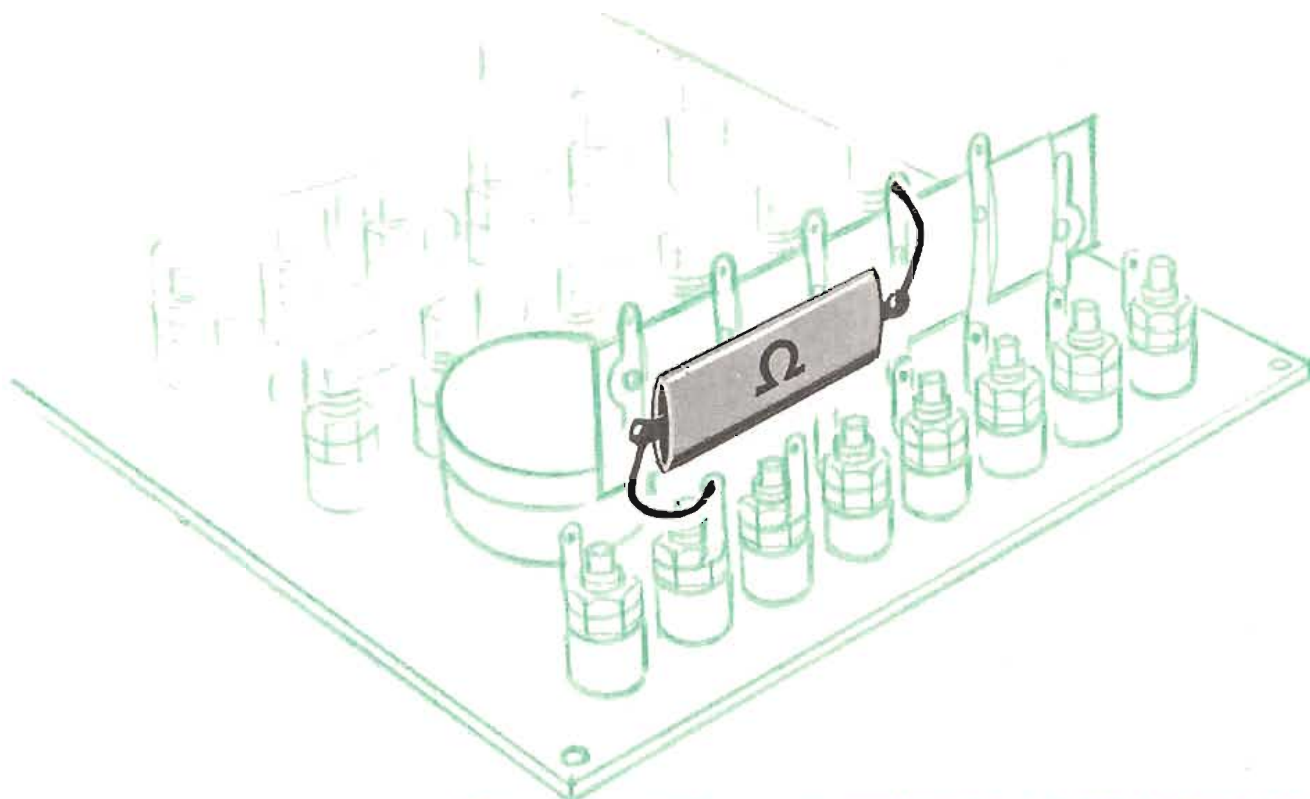
Empecemos, pues. Sin embargo, casi resulta obligado pedirle que, antes de proceder a estas últimas manipulaciones repase a conciencia el estado en que dejó su montaje. Suponiendo que lo haya encontrado correcto, puede seguir adelante,

COLOCACION DE LA RESISTENCIA BOBINADA SEÑALADA Ω

Esta es la resistencia que debemos colocar.
Las flechas indican los puntos de conexión.

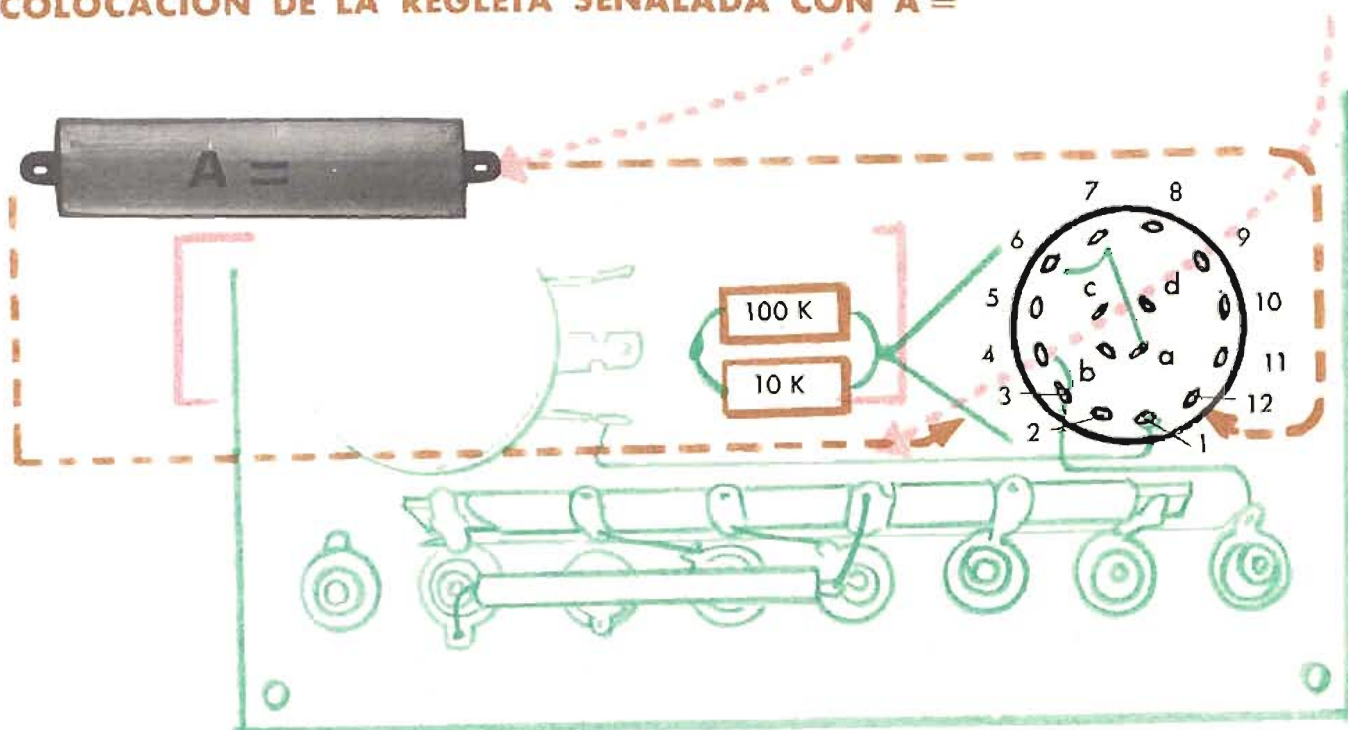


Esta resistencia debe conectarse al terminal de la hembra 7 ($10\text{ K } \Omega$) y al terminal de la regleta señalado con Ω . Las conexiones se harán por medio de sendos trozos de hilo desnudo, según indica el gráfico siguiente.

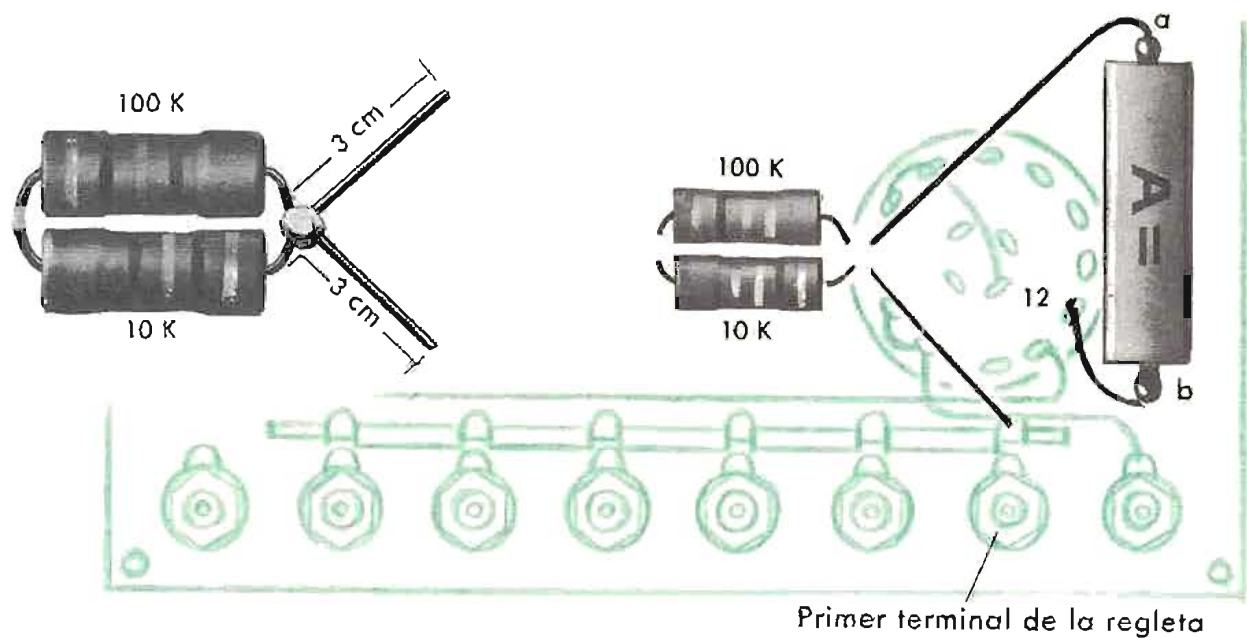


COLOCACION DE LA RESISTENCIA BOBINADA SEÑALADA Ω

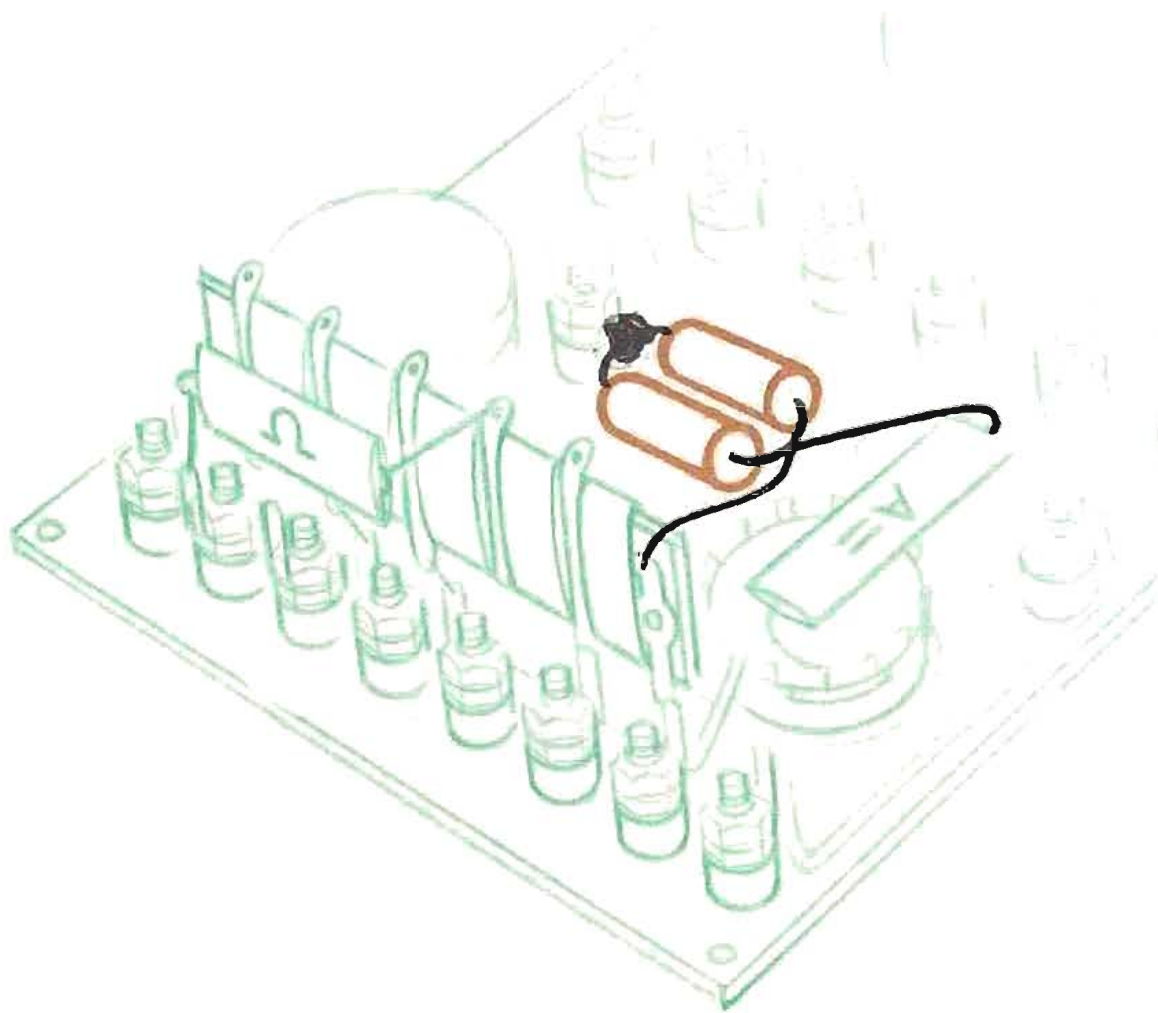
COLOCACION DE LA REGLETA SEÑALADA CON A =



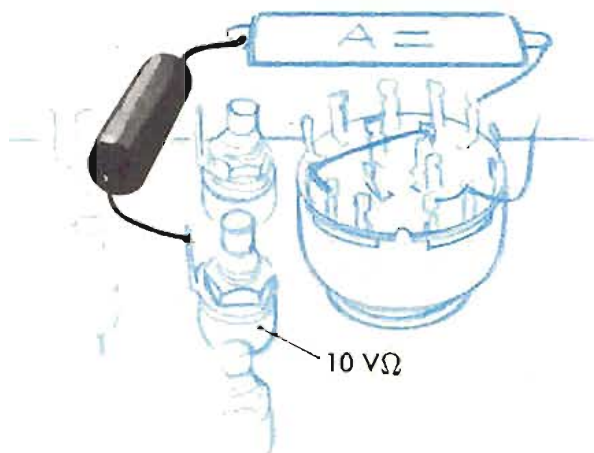
La resistencia $A =$ está relacionada directamente con el terminal 12 del conmutador y con uno de los extremos de un sistema de dos resistencias en paralelo de $100\text{ K}\Omega$ y $10\text{ K}\Omega$. Prepare estas dos resistencias en paralelo. Deje de 2'5 a 3 cm de terminal para que alcancen los puntos de conexión previstos.



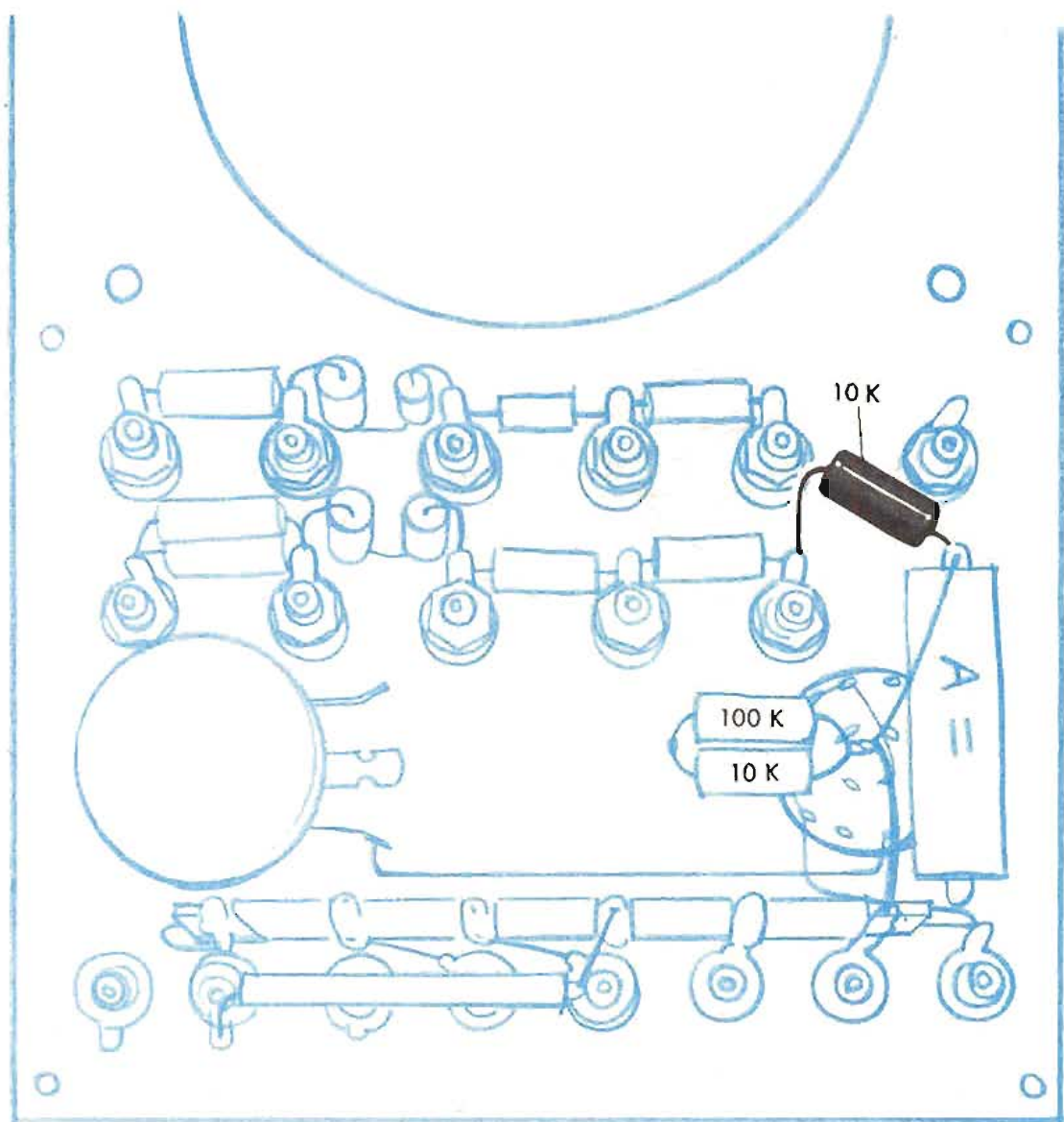
Así debe prepararse el sistema de resistencias a que nos referimos.



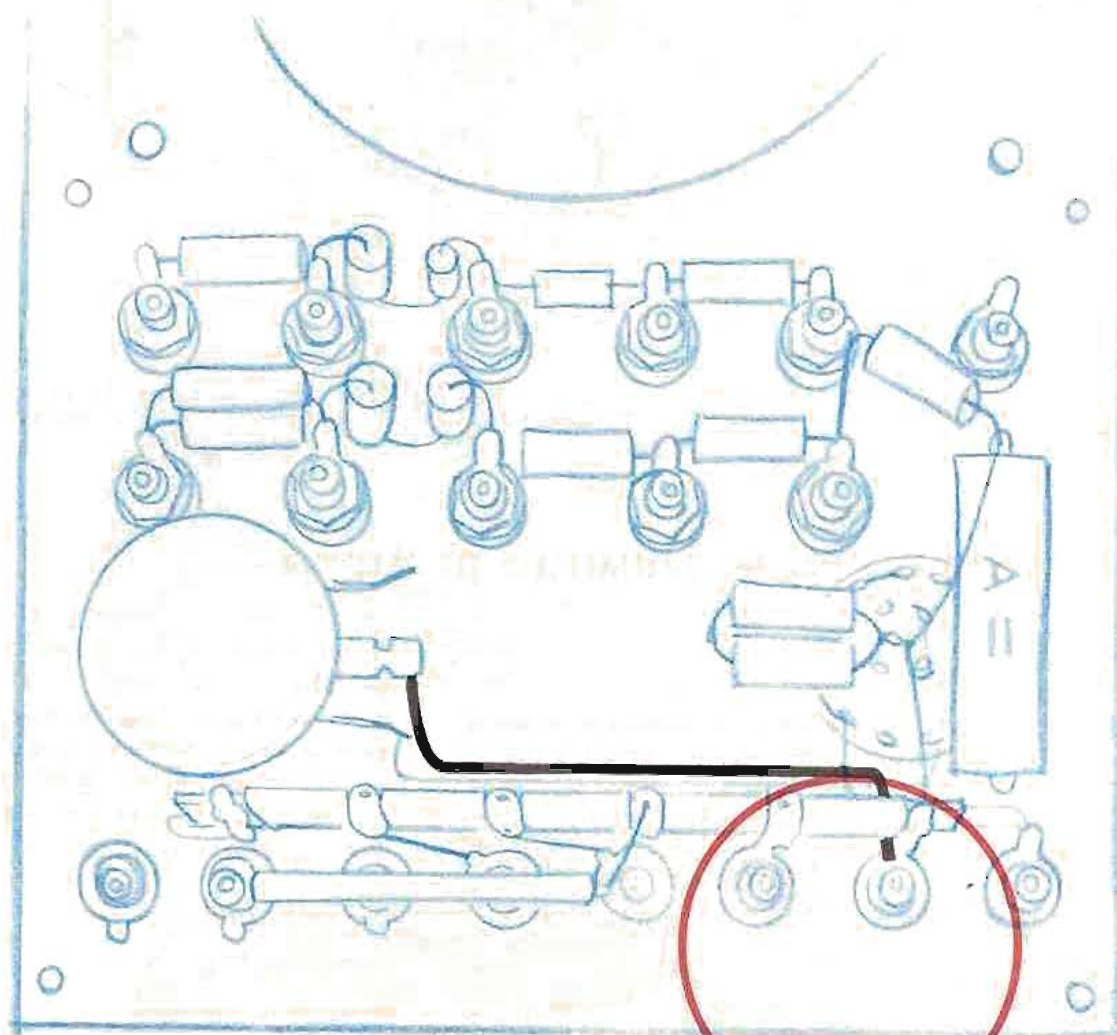
Efectuaremos la colocación soldando un cabo de las dos resistencias al terminal 1 mA de la regleta. El otro cabo irá al extremo de la resistencia A =. El extremo b de esta resistencia se conecta con un trozo de hilo desnudo al terminal 12 del conmutador.



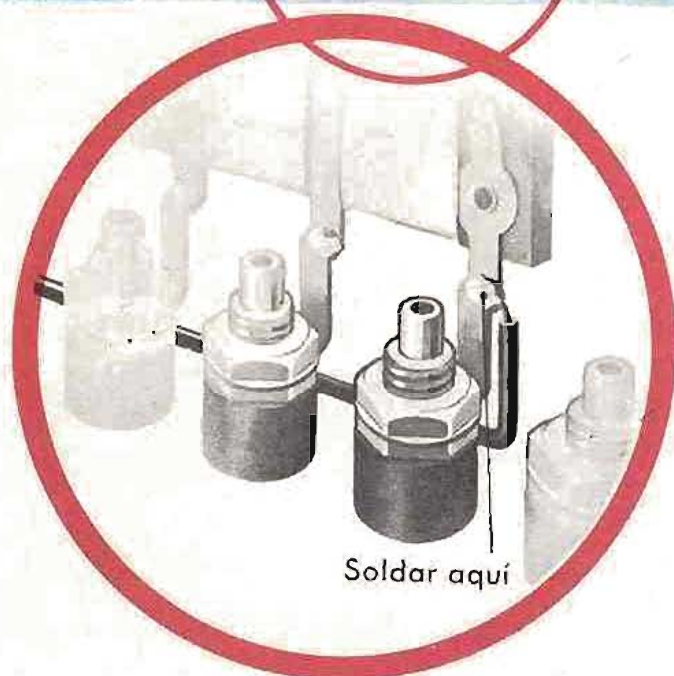
La resistencia $A =$ se relaciona aún con otro elemento: una resistencia de $10\text{ K}\Omega$ que soldaremos al terminal "a" de $A =$ y al terminal de la hembrilla 10 V de las que corresponden a las tensiones continuas. Recuerde que son las que forman la segunda fila.



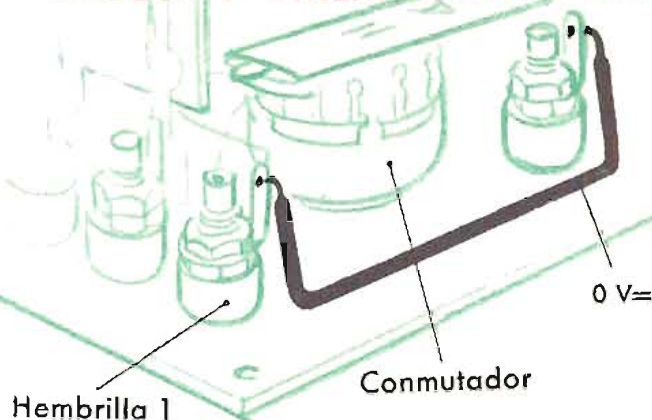
NUEVA CONEXION ENTRE POTENCIOMETRO Y REGLETA



Estableceremos una conexión con hilo cubierto desde el terminal B del potenciómetro hasta el terminal de la hembrilla correspondiente a 1 mA. Practicaremos la soldadura sobre la ya existente que une el terminal de hembrilla y el de la regleta.



NUEVA CONEXION ENTRE POTENCIOMETRO Y REGLETA

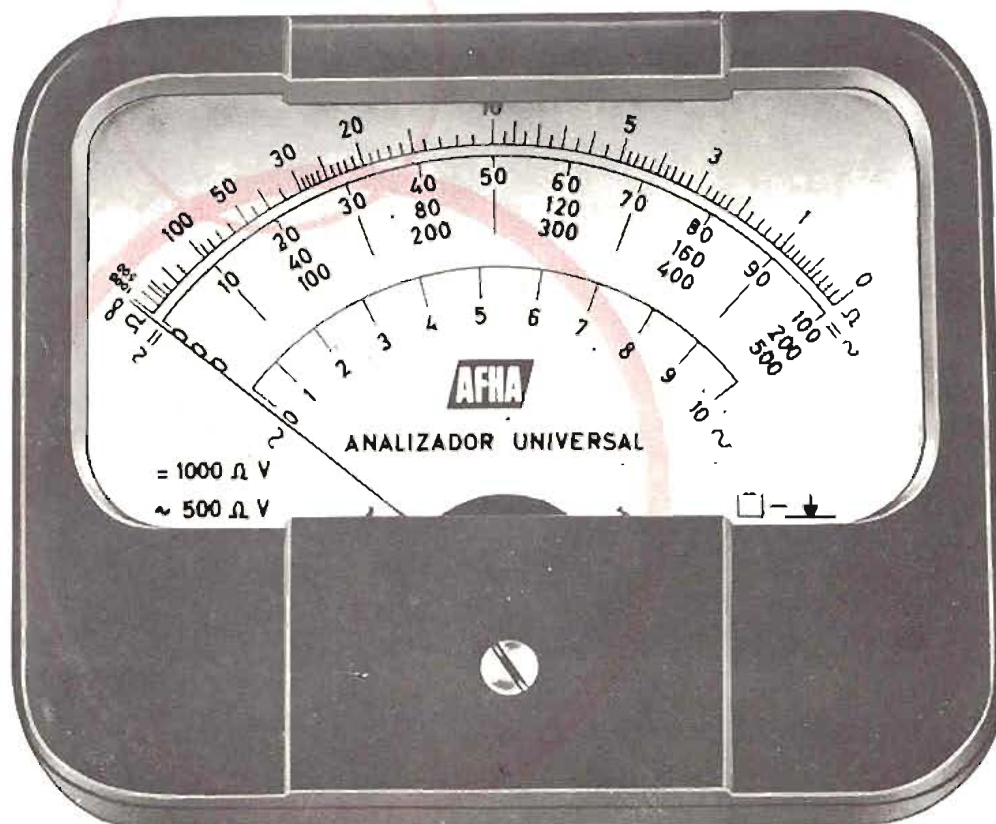


Vamos a colocar el instrumento de medida; pero antes, hagamos una última operación sin él. Se trata de conectar la hembra 1 con la hembra de cero voltios de las tensiones continuas.

COLOCACION DEL INSTRUMENTO DE MEDIDA

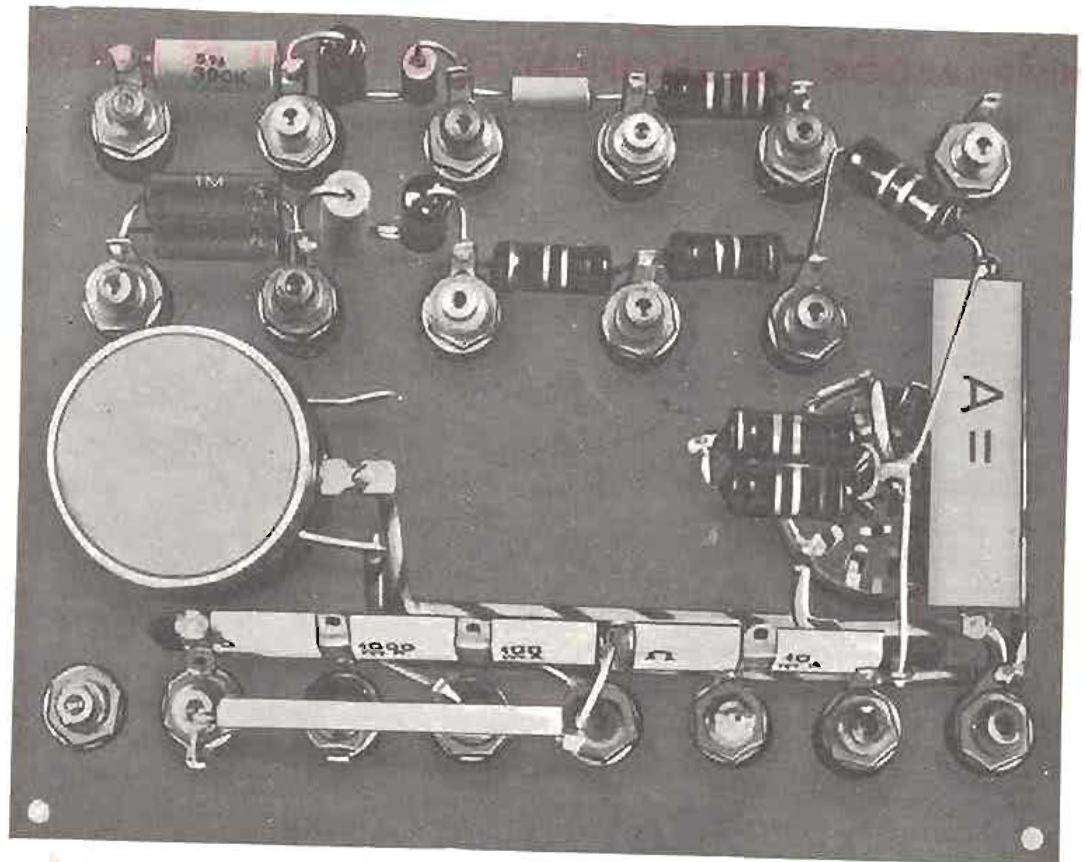
Podemos colocar el instrumento. Recordemos que se tratará de un galvanómetro de cuadro móvil de $500 \Omega/V$ en corriente continua y $1000 \Omega/V$ en corriente alterna. En cuanto al modelo, mientras la resistencia interna del aparato sea de 200Ω , es indiferente. Puede ser mayor o menor, circular o rectangular. En esta práctica hemos adoptado un modelo que por su forma y dimen-

siones nos parece apropiado. Lo que es importante es que la escala del instrumento que acople al polímetro tenga las divisiones situadas según los mismos ángulos que mantienen las de la escala del instrumento que fotografiamos. Es decir: si no puede ser igual en dimensiones, debe ser geoméricamente semejante a la del modelo que representamos.



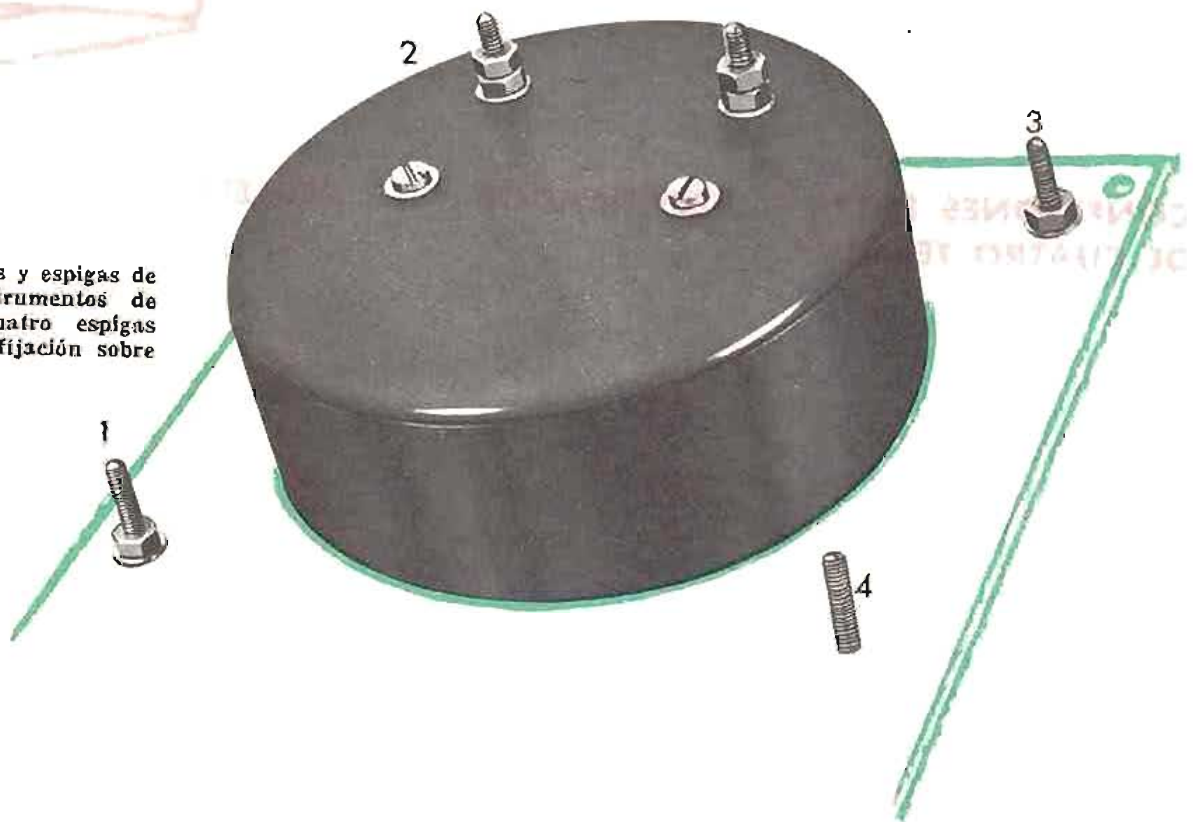
Vista frontal del instrumento que adoptamos en este montaje. Es una fotografía a tamaño natural, de la que podrá sacar un calco de la escala graduada para incorporarla al instrumento que elija para su tester.

Por la parte posterior presenta cuatro espigas ros-cadas para su fijación a la tapa del aparato.



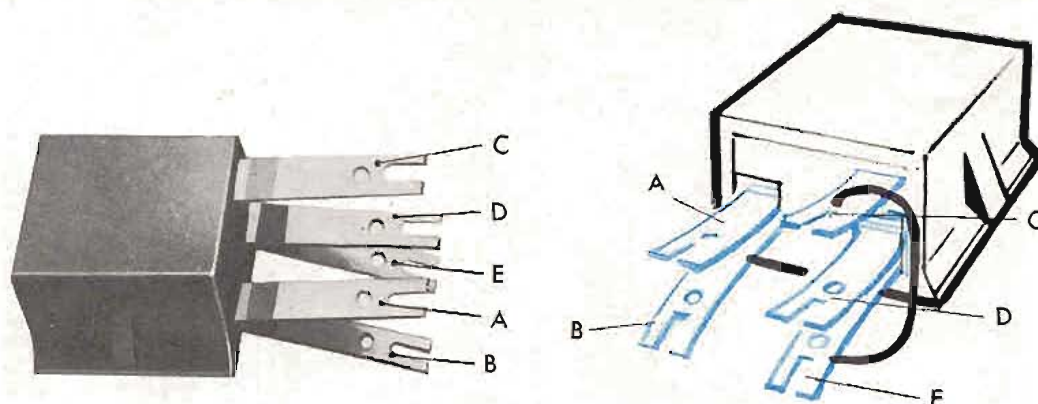
Antes de seguir adelante, compruebe si el montaje se ajusta a esta fotografía. En ella aparece nuestro téster, en el estado en que debe tenerlo después de las operaciones realizadas.

1, 2, 3 y 4. Tuercas y espigas de fijación. Los instrumentos de medida llevan cuatro espigas roscadas para su fijación sobre el mueble.

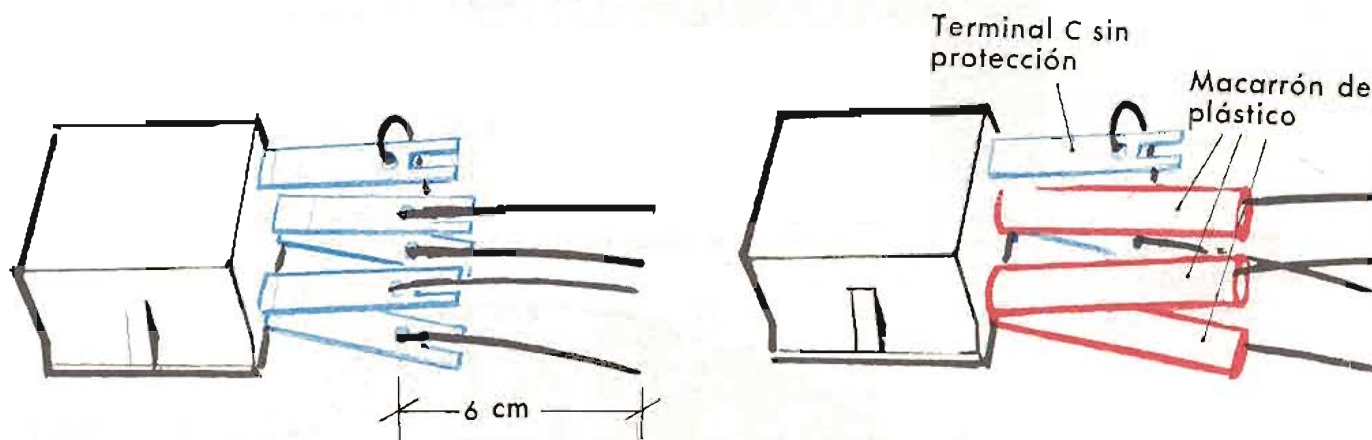


Fijaremos el instrumento de medida sobre la tapa donde montamos el circuito. Introduciremos sus cuatro espigas roscadas en los taladros preparados al efecto, y lo sujetaremos con las tuercas correspondientes. Por el momento, no interesa roscar la tuerca perteneciente a la espiga 4.

PREPARACION DEL RECTIFICADOR O PUENTE DE GRAETZ



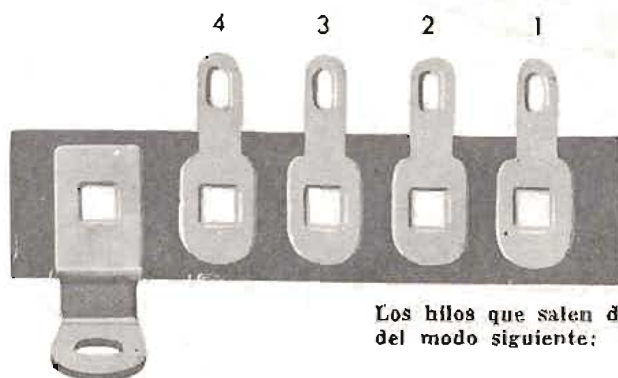
El rectificador presenta cinco terminales que citamos con las letras A, B, C, D y E. La primera operación a efectuar consiste en establecer un puente entre los terminales C y E. Luego, soldaremos en los terminales A, B, D y E un cabo de un hilo cubierto cuya longitud sea de unos 6 cm. Después, con macarrón de plástico, protegeremos las conexiones de A, B y D.



CONEXIONES ENTRE EL RECTIFICADOR Y LA REGLETA DE CUATRO TERMINALES

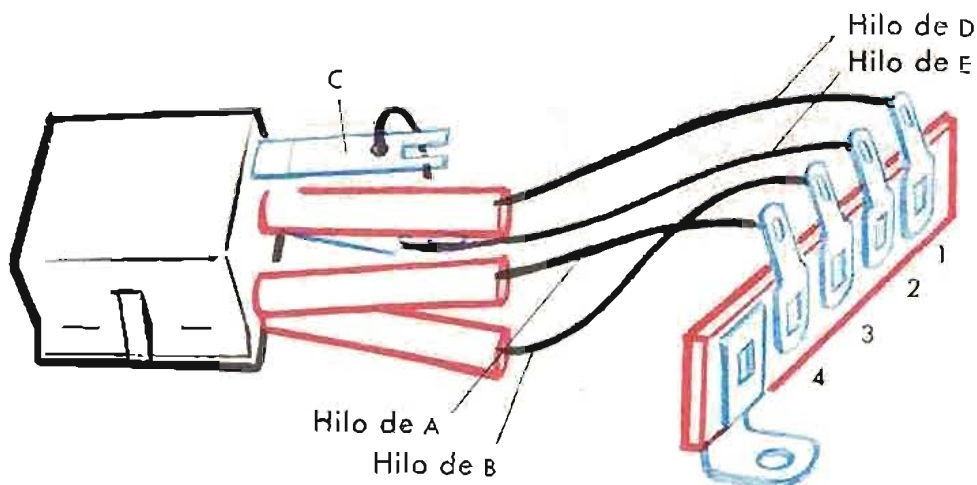
Tome ahora el rectificador o puente de Graetz y la regleta de cuatro terminales que tiene preparada. Entre ambos elementos deben establecerse cuatro conexiones con hilo cubierto, que son, claro, los cuatro hilos que hemos soldado a los terminales A, B, D y E del rectificador. Como puede ver por los gráficos, estos hilos deben

soldarse al taladro superior de los terminales de la regleta. En los ojales centrales deberemos soldar algunos hilos, como especificamos a continuación. Es muy importante que la relación entre rectificador y regleta sea precisamente la que determinamos aquí. Un error en este sentido daría al traste con la efectividad del montaje.



Esta regleta de cuatro terminales, recuérdelo, queda relacionada con el rectificador.

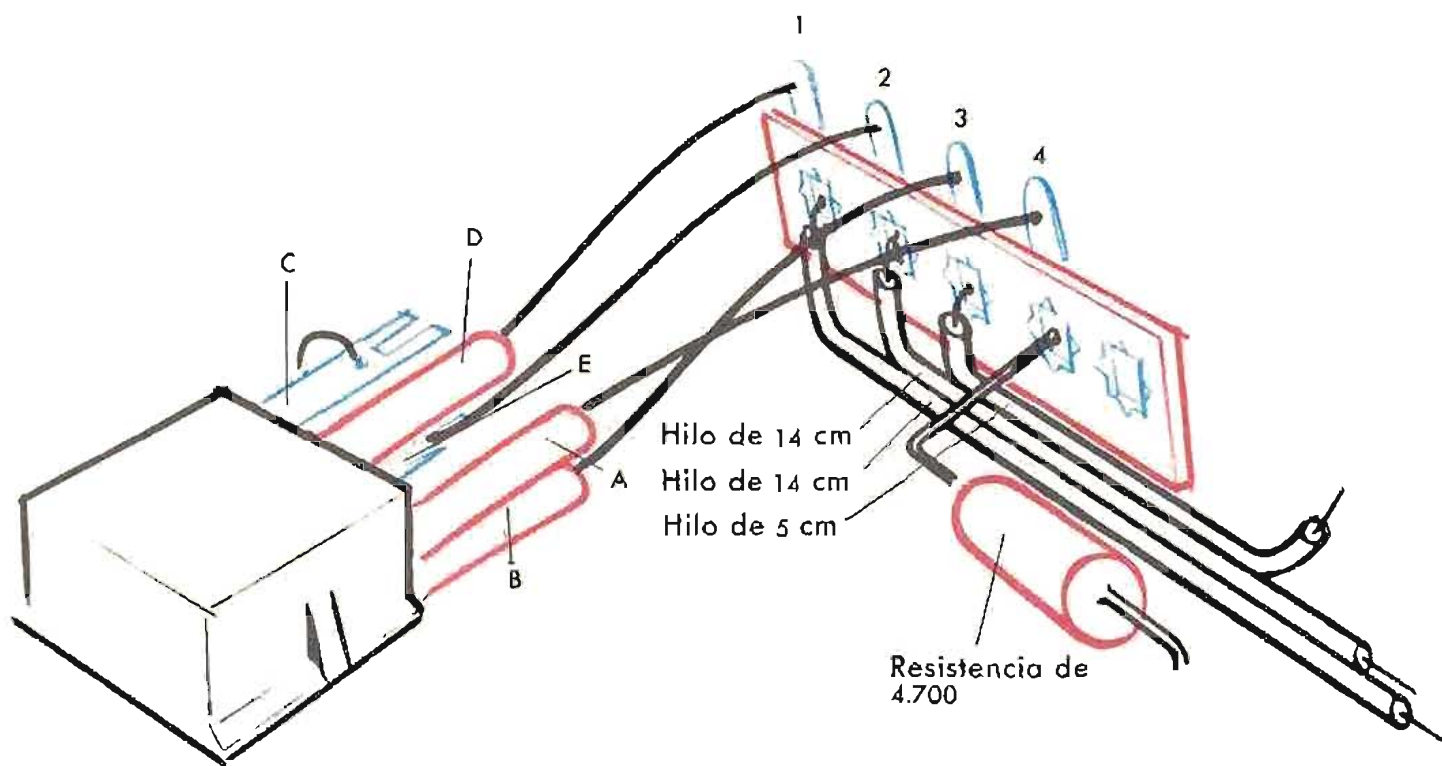
Los hilos que salen de los terminales del rectificador deben soldarse a los de la regleta del modo siguiente:



Relación entre los terminales del rectificador y de la regleta.

A → 4 D → 1
B → 3 E → 2

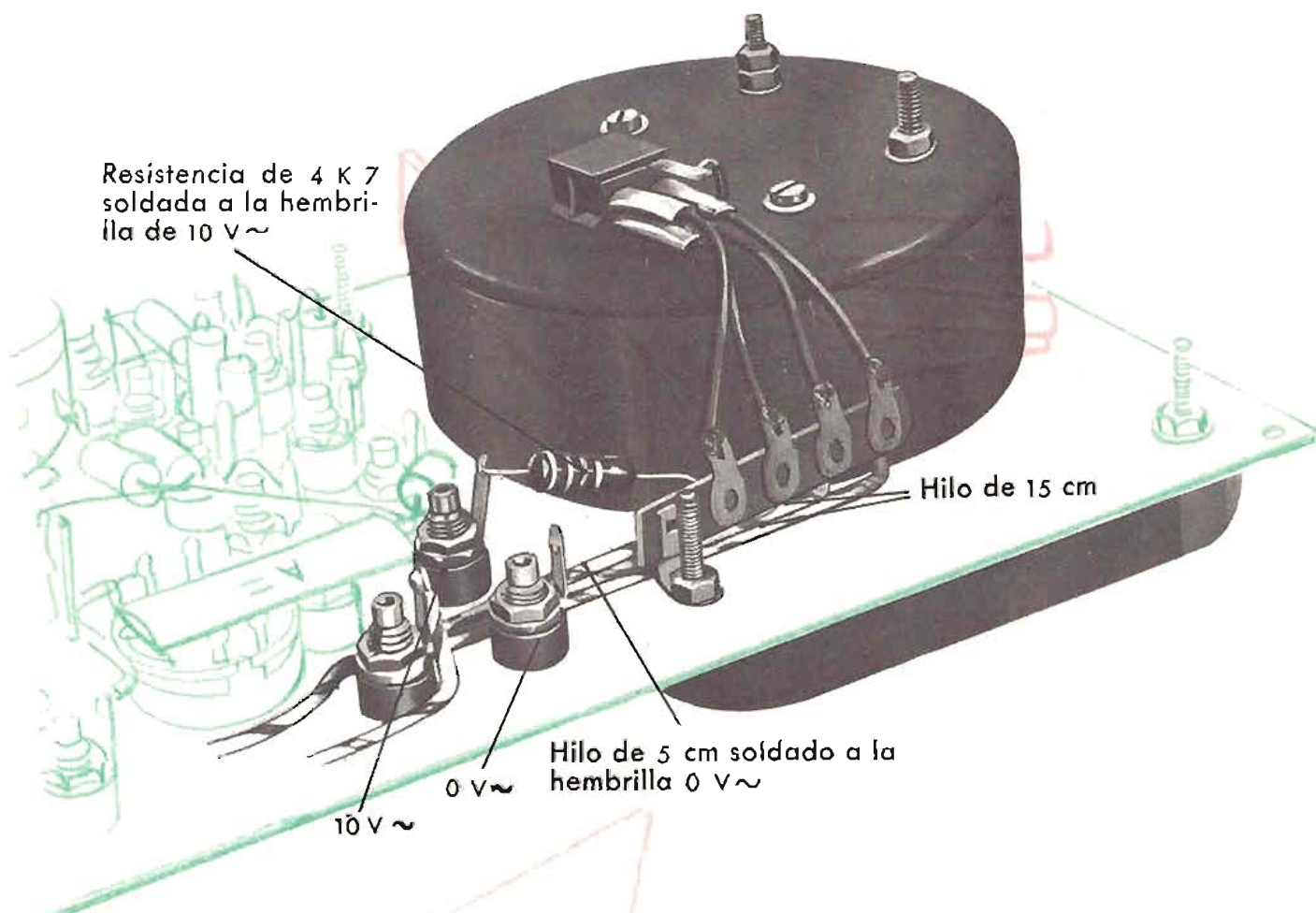
En el ojal de los terminales de la regleta debe soldar los siguientes elementos:
 En el terminal 1: un hilo cubierto de 14 cm de longitud.
 En el terminal 2: un hilo cubierto de 14 cm de longitud.
 En el terminal 3: un hilo cubierto de 5 cm de longitud.
 En el terminal 4: una resistencia de 4 K 7 (4.700 Ω).



COLOCACION DE LA REGLETA Y ELEMENTOS ADJUNTOS SOBRE LA TAPA

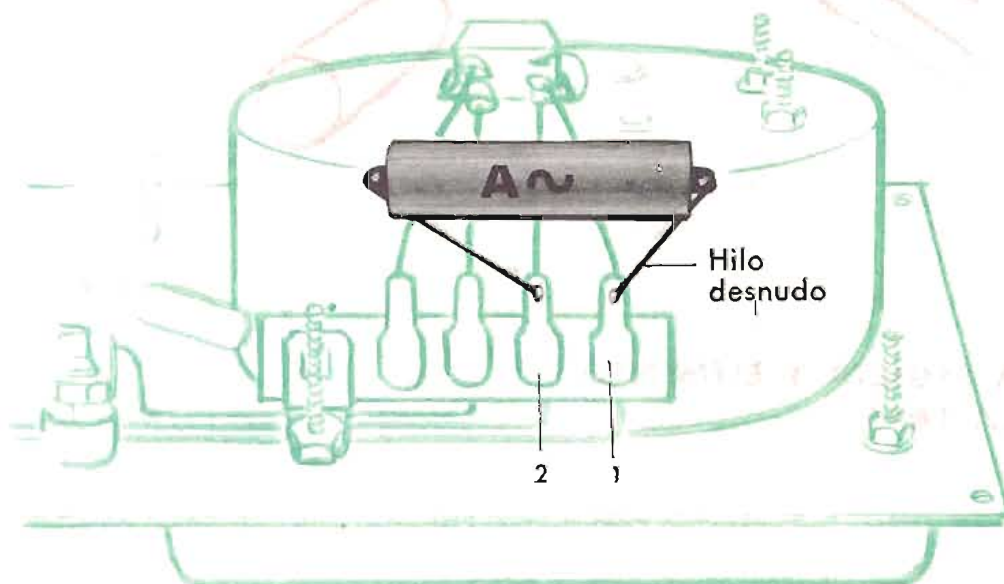
La regleta con el rectificador, la resistencia de 4.700 Ω y los tres hilos cubiertos que arrancan de los terminales deben sujetarse sobre la tapa del téster (se entiende que por la cara posterior),

operación que describimos acto seguido. Haga pasar los dos hilos largos (15 cm) detrás de las hembrillas de 0 voltios alterna y 0 voltios continua en espera de su conexión al conmutador.



La regleta y componentes a ella sujetos se fijarán por medio de la espiga roscada del instrumento que habíamos dejado sin tuerca. Rebatiremos el rectificador sobre la caja del instrumento y doblaremos los hilos que salen de él. El hilo de 5 cm que arranca del terminal 3 de la regleta se soldará a la hembrilla de cero voltios alterna; y la resistencia de 4 K 7 a la hembrilla inmediata (10 V ~).

COLOCACION DE LA RESISTENCIA BOBINADA SEÑALADA A ~



La resistencia bobinada señalada con A ~ debe conectarse a los terminales 1 y 2 de la regleta de cuatro terminales. Dichas conexiones se harán por medio de dos trozos de hilo desnudo soldados en 1 y 2 y a cada terminal de la resistencia.

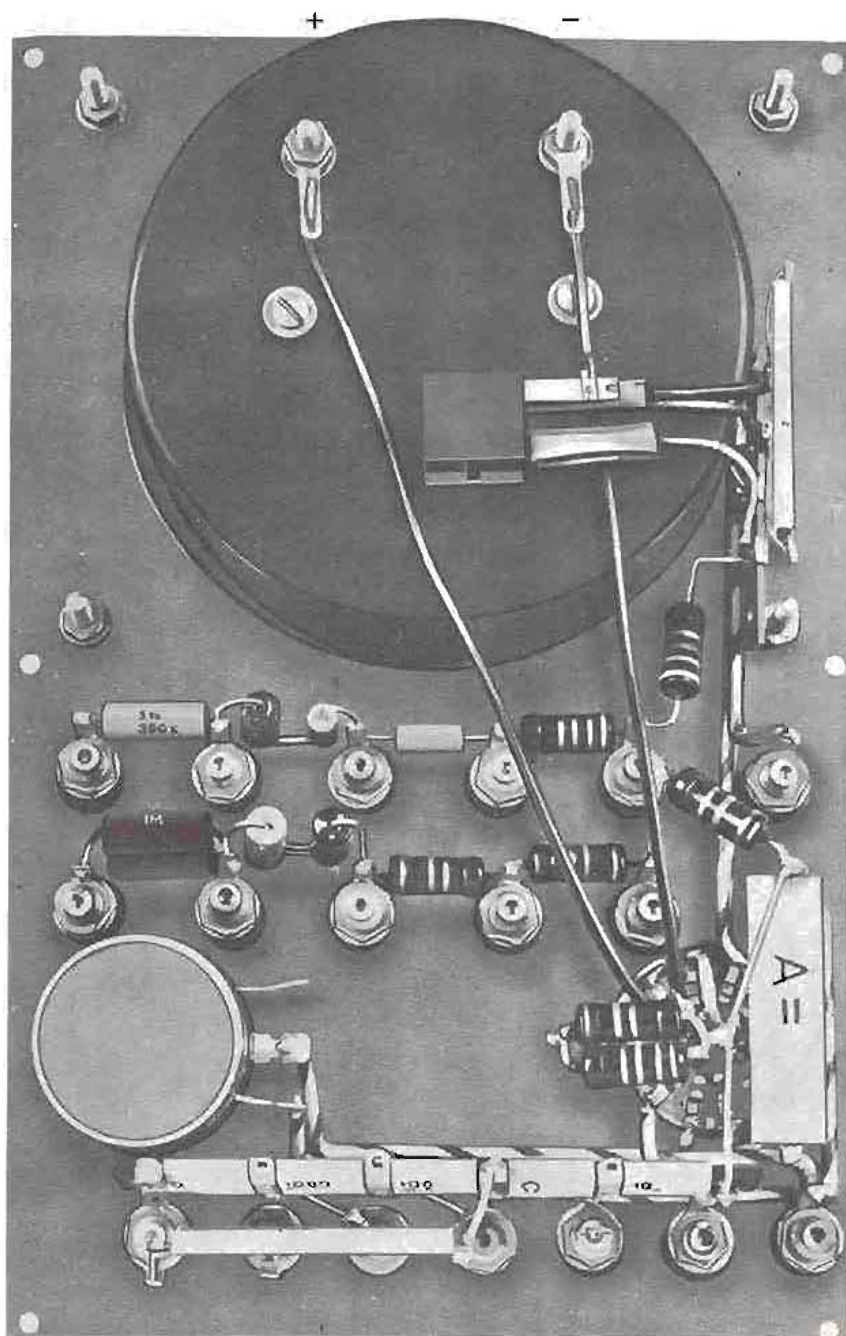
CONEXION DE LOS HILOS DE 14 CM QUE SALEN DE LA REGLETA Y CONEXIONES AL INSTRUMENTO

COLOCACION DE LAS PILAS

Estamos llegando al final del montaje; y, como es natural, nos encontramos con que el *campo de operaciones* cada vez está más cubierto de elementos que dificultan la última operación a realizar. Ahora, por ejemplo, nos encontramos con que debemos conexionar dos hilos (los de 14 cm) a la pata 2 y 5 del conmutador, cuando a su alrededor, e incluso por su parte superior,

se hallan otros componentes que nos estorban. En estos casos sólo hay una solución: tener paciencia y poner los cinco sentidos en el trabajo. Y también, ¿cómo no?, procurar que las soldaduras se realicen con la mayor limpieza y en el tiempo mínimo posible, para evitar que las uniones ya existentes puedan resentirse del calor desprendido por la nueva soldadura.

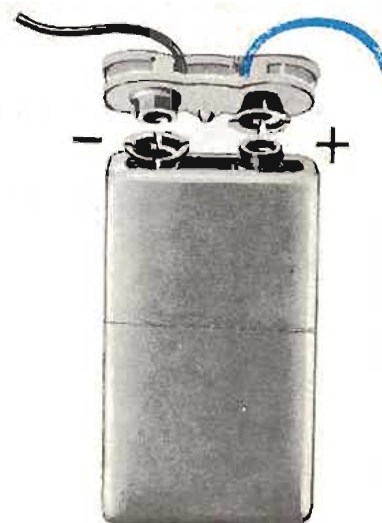
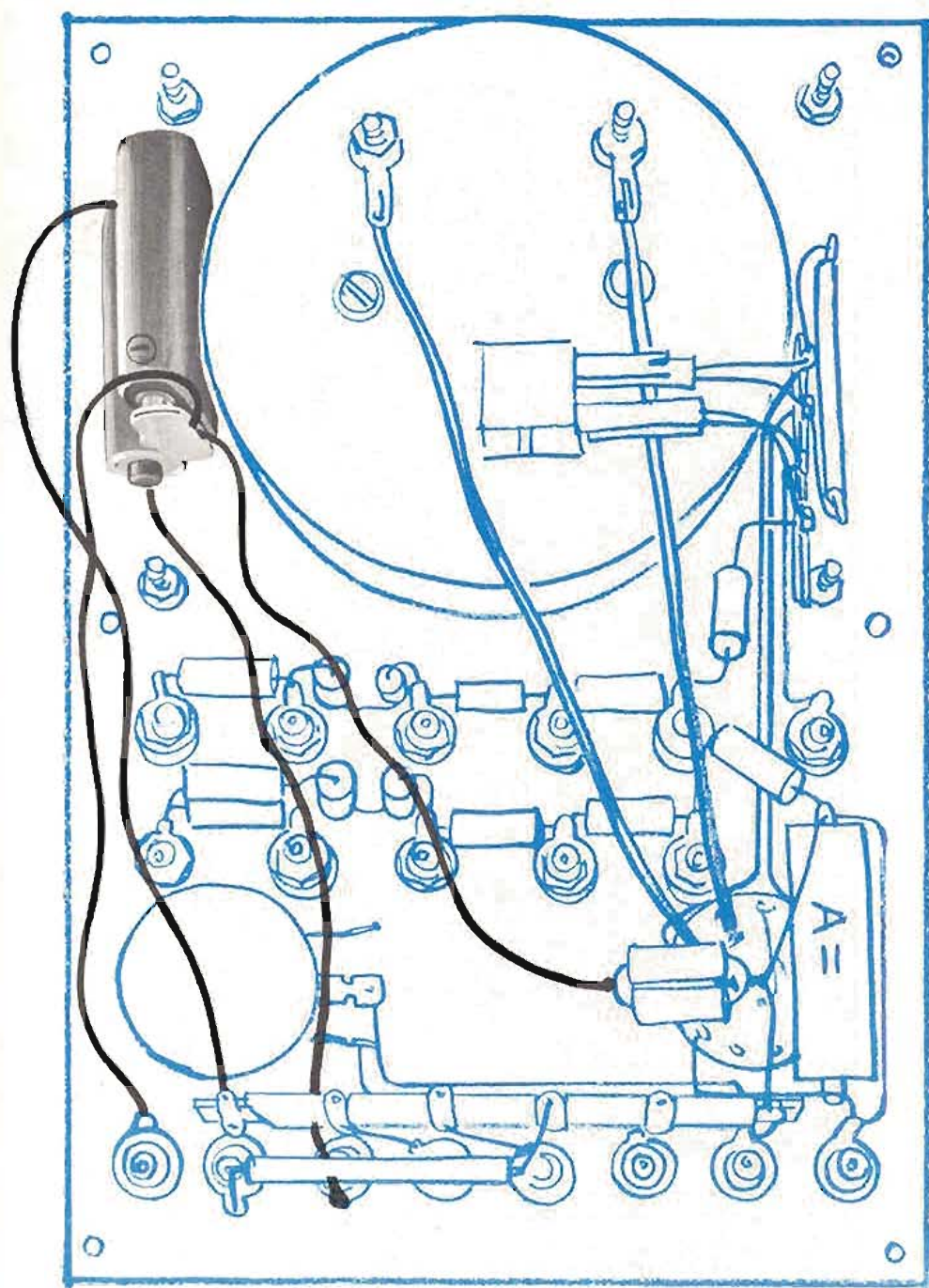
Los hilos de 14 cm que salen de los terminales 1 y 2 de la regleta de cuatro terminales deben conexionarse al conmutador. El que sale del terminal 1 de la regleta, al terminal 5 del conmutador. El que sale del terminal 2 de la regleta, al terminal 2 del conmutador. De los terminales "b" y "c" centrales del conmutador saldrán sendos hilos cubiertos, que soldaremos a dos terminales fijos a los bornes del instrumento. En este mismo gráfico aparece la totalidad del montaje, antes de la última operación: la colocación de las pilas.



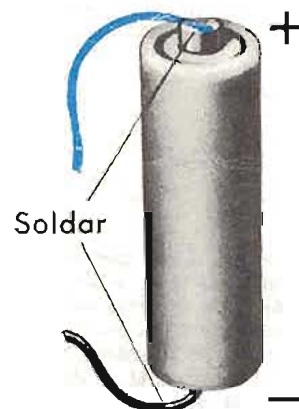
COLOCACION DE LAS PILAS

Necesitamos una pila de 9 V y otra de 1'5 V. Son pilas de pequeño tamaño, especialmente construidas para alimentar receptores de transistores o bien aparatos de medida. Las conexiones pueden hacerse soldando directamente los hilos sobre los bornes de las pilas o bien, en el caso de la pila de 9 V, empleando unos complementos llamados portaconexiones que sujetan los hilos

a conectar y encajan después a presión con los dos bornes de la pila. Estos bornes quedan convenientemente señalados con el signo de su polaridad. Haga salir hilo negro los bornes positivos, y de los bornes negativos hilo de color, porque es importante que, cuando deban cambiarse las pilas agotadas, podamos distinguir sin error cuáles son las conexiones del borne + y del —.

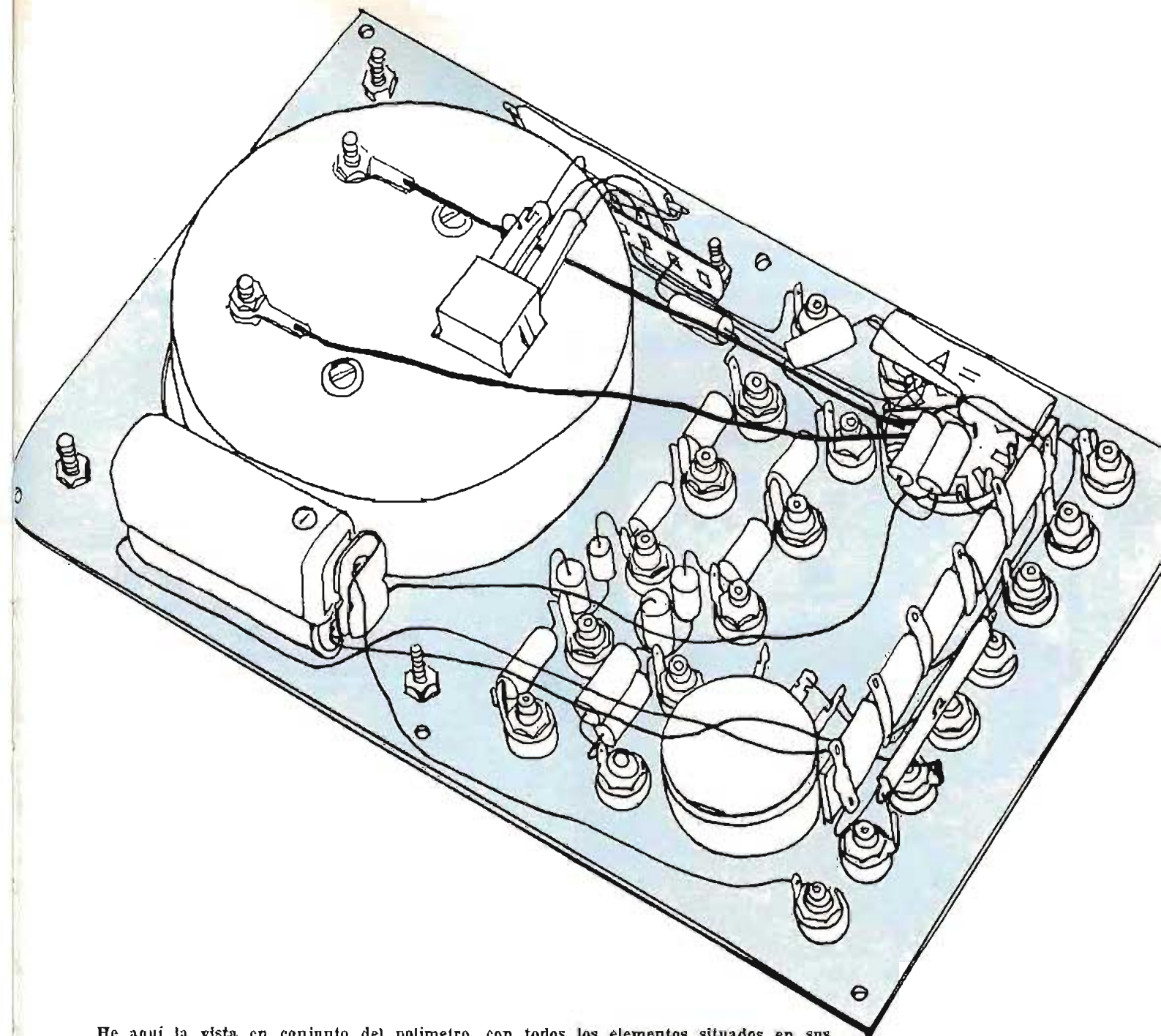


Pila de 9 V. Fotografía a tamaño natural.



Pila de 1'5 V. Fotografía a tamaño natural.

Las pilas se colocarán así: el polo + de la de 9 V, conectado con hilo negro a la hembrilla 1 M Ω . El negativo, a las resistencia de 100 K Ω y 10 K Ω en paralelo. La de 1'5 V, su polo + a la hembrilla 0 Ω y su polo — al terminal 0 de la regleta. Los hilos que salen de los bornes —, en color.



He aquí la vista en conjunto del polímetro, con todos los elementos situados en sus lugares respectivos y dispuesto para el trabajo. Última recomendación: ¡asegúrese de la buena calidad de las soldaduras y de la inexistencia de errores de montaje!

EL TESTER TERMINADO

Debe colocar las pilas al lado del instrumento, sujetándolas con una cinta adhesiva. Puede parecer un procedimiento un poco primitivo, pero le aseguramos que es muy práctico. Una vez sujetas las pilas, introduzca todo el montaje en la caja o mueble, uniéndolo a ella por medio de pequeños tornillos de latón con arandela.

Para la buena presentación del aparato, cosa

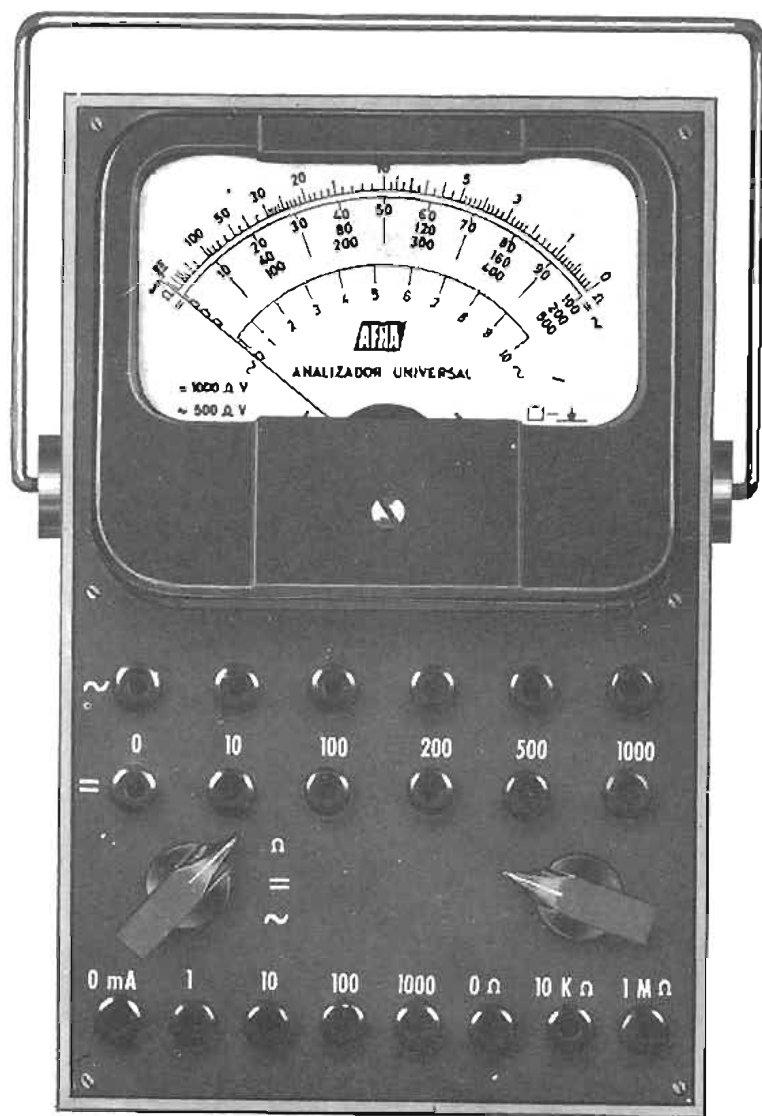
que siempre tiene importancia, debe procurar que las anotaciones que deben añadirse sobre la tapa queden trazadas con unos tipos de números y letras que acrediten su buen gusto. Si usted no es práctico en la rotulación, vale la pena que encargue este detalle final a alguien que esté acostumbrado a dibujar números y letras; es decir, a un rotulista.

Se comprende que cada cual es libre para pintar la caja del color que más le guste; aunque, si se fija, verá que en los instrumentos y aparatos destinados a una labor científica nunca prevalecen los colores chillones.

Por último, si puede fijar a la caja un asa confeccionada con alambre de acero de sección un poco considerable, dispondrá de un dispositivo que, además de facilitar el transporte del

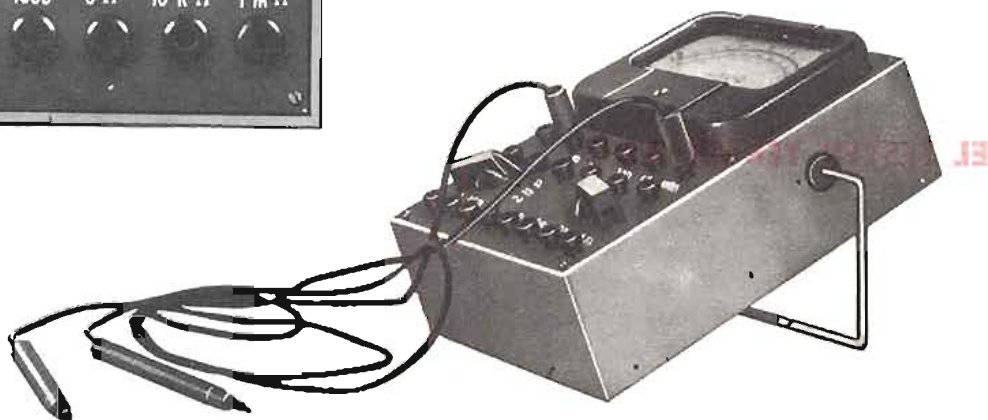
aparato de un lugar a otro, añadirá la posibilidad de disponerlo inclinado sobre la mesa de trabajo, cosa que facilita bastante las lecturas.

El manejo del téster requiere el concurso de un juego de puntas de prueba; pero como su utilidad pertenece ya al campo de la práctica sobre mediciones, dejamos su descripción para la lección siguiente, donde aprenderemos a trabajar con nuestro aparato universal de medidas.



Este es nuestro téster. Escriba la notación correspondiente debajo de cada hembrilla. Vea en la fotografía el aspecto final del aparato.

Añadiendo una abrazadera de alambre de acero podemos colocarlo en una cómoda posición de trabajo.



AFHA