

# MINISTERIO de TRABAJO y PREVISION



COMISION NACIONAL DE APRENDIZAJE Y ORIENTACION PROFESIONAL

(Ley 12921 - Titulos LXXVI y LXXVIII)

---

# MANUAL DE ELECTRICIDAD

POR EL ING.

OCTAVIO D. MICHETTI

BUENOS AIRES

1949

*Presidente de la Nación Argentina*

**GENERAL DE BRIGADA D. JUAN D. PERON**

*Ministerio de Trabajo y Previsión*

**Sr. JOSE MARIA FREIRE**

**COMISION NACIONAL DE APRENDIZAJE  
Y ORIENTACION PROFESIONAL**

**TTE. CNEL. DN. JUAN F. CASTRO**

*Presidente*

**PROF. DN. JOSE DOBARRO**

*Vicepresidente*

**ING. SEVERO A. MANTILARO**

Vocal en representación del Ministerio de Educación  
y Coordinador General

**AB. DN. ROBERTO V. BRUNO**

Vocal en representación del Ministerio de Industria y Comercio

**ARMANDO ISAIAS ECHEVARRIA**

Director General de Aprendizaje y Orientación Profesional

**SR. HORACIO M. CASTRO ESCALADA**

Vocal en representación de los Organismos Patronales

**SR. RAUL COSTA**

Vocal en representación de los Organismos Obreros

# INDICE

---

## CAPITULO I

### NOCIONES SOBRE MAGNETISMO

- 1.—Imanes. 2.—Substancias magnéticas. 3.—Imán natural. 4.—Imanes artificiales. 5.—Imanes temporarios. 6.—Imanes permanentes. 7.—Fuerza coercitiva. 8.—Magnetismo remanente o residuo. 9.—Polos y línea neutra. 10.—Campo magnético, espectro magnético, líneas de fuerza. 11.—Polo norte y polo sur. 12.—Brújula. 13.—Acciones mutuas de los polos. 14.—Métodos de imanación. 1

## CAPITULO II

### CORRIENTE ELECTRICA

- 15.—Generalidades. 16.—Cuerpos conductores y aisladores. 17.—Cuerpos conductores. 18.—Cuerpos aisladores. 19.—Analogía entre la corriente eléctrica y una corriente de agua. 20.—Diferencia de potencial. 21.—Fuerza Electro-Motriz. 22.—Unidad de F. E. M. Volt. 23.—Intensidad de corriente. 24.—Unidad de intensidad. Ampere. 25.—Conductibilidad. Resistencia eléctrica. 26.—Unidad de resistencia eléctrica. Ohm. 27.—Sección de un conductor. 28.—Ley de Ohm. 29.—Ejemplos de la Ley de Ohm ..... 7

## CAPITULO III

### EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA

- 30.—Enumeración de los efectos de la corriente. 31.—Efectos fisiológicos de la corriente. 32.—Efectos químicos de la corriente. 33.—Términos usados al referirse a efectos químicos de la corriente. 34.—Cantidad de electrólito descompuesto. 35.—Aplicaciones del efecto químico de la corriente. 36.—Efectos caloríficos de la corriente. 37.—Leyes y fórmula de Joule. 38.—Ejemplos sobre el efecto calorífico de la corriente. 39.—Efecto luminoso de la corriente. 40.—Efecto magnético de la corriente. 41.—Polaridad del campo producido por una corriente. 42.—Imanación por la corriente. 43.—Electroimanes. 44.—Campanilla eléctrica ..... 18

## CAPITULO IV

**PILAS**

- 45.—Generalidades sobre pilas. 46.—Polarización de las pilas. 47.—Amalgamación del zinc. 48.—Pila Daniell. 49.—Pila Bunsen. 50.—Pila Leclanché. 51.—Pila Grenet. 52.—Pila Minotto. 53.—Pilas secas. 54.—Pilas semi-secas. 55.—Resumen de datos sobre pilas ..... 32

## CAPITULO V

**ACOPLAMIENTO DE PILAS**

- 56.—Generalidades sobre el acoplamiento de pilas. 57.—Acoplamiento en serie. 58.—Ejemplos de acoplamiento en serie de pilas. 59.—Acoplamiento de pilas en cantidad. 60.—Ejemplos de acoplamiento de pilas en cantidad. 61.—Acoplamiento mixto. 62.—Ejemplos de acoplamiento mixto de pilas ..... 39

## CAPITULO VI

**RESISTENCIA DE CONDUCTORES**

- 63.—Como varía la resistencia según las dimensiones del conductor. 64.—Tabla de coeficientes de resistencia específica. 65.—Ejemplos de resistencia de conductores ..... 55

## CAPITULO VII

**CIRCUITOS ELECTRICOS**

- 66.—Generalidades sobre circuitos eléctricos. 67.—Conexión en serie. 68.—Resumen de datos sobre la conexión en serie. 69.—Ejemplos sobre conexión en serie. 70.—Conexión en derivación, cantidad o paralelo. 71.—Resumen de datos sobre conexión en derivación o paralelo. 72.—Ejemplos sobre la conexión en paralelo ..... 60

## CAPITULO VIII

**POTENCIA ELECTRICA**

- 73.—Generalidades sobre potencia eléctrica. 74.—Fuerza. 75.—Trabajo mecánico. 76.—Potencia mecánica. 77.—Ejemplos sobre potencia

mecánica. 78.—Potencia de la corriente eléctrica. 79.—Ejemplos sobre la potencia eléctrica. 80.—Kilowatt y Kilowatt-hora. 81.—Ejemplos sobre el costo de la corriente. 82.—Relación entre potencia mecánica y eléctrica. 83.—Ejemplos sobre la relación entre potencia mecánica y eléctrica .....	76
---	----

## CAPITULO IX

### APARATOS DE MEDIDA

84.—Generalidades sobre aparatos de medida. 85.—Galvanómetro. 86.—Conexión del galvanómetro. 87.—Amperómetros y voltímetros. 88.—Tipos comunes de amperómetros y voltímetros. 89.—Instrumentos de bobina fija y hierro móvil. 90.—Amperómetro de imán fijo y bobina móvil. 91.—Instrumentos térmicos. 92.—Shunts .....	86
--	----

## CAPITULO X

### INDUCCION ELECTROMAGNETICA

93.—Generalidades sobre inducción. 94.—Inducción por medio de un imán 95.—Inducción por medio de la corriente. 96.—Inducción de una corriente sobre si misma. 97.—Fuerza electromotriz inducida. 98.—Sentido de la corriente inducida. 99.—Ley de Lenz. 100.—Principio de los transformadores. 101.—Bobina de Ruhmkorff. 102.—Transformadores estáticos. 103.—Corriente de Foucault .....	95
---	----

## CAPITULO XI

### DINAMOS DE CORRIENTE CONTINUA

104.—Generalidades sobre dinamos. 105.—Circuito magnético de un dínamo. 106.—Analogía entre un circuito magnético y un circuito eléctrico. 107.—Valores de la permeabilidad. 108.—Analogía entre el flujo magnético y la corriente eléctrica. 109.—Ejemplos sobre flujo magnético. 110.—Producción de la f. e. m. inducida en un dínamo. 111.—Representación gráfica de la f. e. m. inducida. 112.—Inducido de anillo Gramme. 113.—Colector. 114.—Escobillas. 115.—Inducido de tambor. 116.—Máquinas multipolares. 117.—F. E. M. inducida en un dínamo. 118.—Reacción del inducido. Desviación de la línea neutra. Angulo de calaje. 119.—Dinamos con escobillas de posición fija. Polos de conmutación. 120.—Excitación de los generadores. 121.—Excitación en
---

serie. 122.—Característica del dínamo en serie. 123.—Excitación en derivación. 124.—Característica del dínamo en derivación. 125.—Excitación compound. 126.—Característica del dínamo compound. 127.—Regularidad de la marcha de los dínamos. 128.—Volante. 129.—Regulador centrífugo. 130.—Regulación del voltaje de un dínamo. 131.—Rendimiento de los dínamos. 132.—Ejemplo sobre rendimiento de un dínamo .....	106
---	-----

## CAPITULO XII

### MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

133.—Principio del motor eléctrico. 134.—Sentido de marcha de los motores. 135.—Angulo de calaje de las escobillas en los motores. 136.—Cupla o par motor. 137.—Fuerza contra-electro-motriz. 138.—Ley de Ohm aplicada a los motores eléctricos. 139.—Resistencia de puesta en marcha. 140.—Ejemplo sobre puesta en marcha de motores. 141.—Funcionamiento de los motores según su excitación. 142.—Característica del motor en derivación. 143.—Característica del motor en serie. 144.—Característica del motor compound. 145.—Regulación de velocidad de los motores. 146.—Regulación de velocidad del motor en derivación. 147.—Regulación de velocidad de motor en serie. 148.—Regulación de velocidad de los motores compound. 149.—Regulación de la velocidad variando el flujo inductor. 150.—Ejemplo sobre regulación de velocidad por variación de la excitación. 151.—Potencia desarrollada por un motor. 152.—Rendimiento o eficiencia de un motor. 153.—Freno Prony .....	135
--	-----

## CAPITULO XIII

### CUIDADO DE LOS DINAMOS Y MOTORES ELECTRICOS

154.—Funcionamiento irregular de dínamos y motores. 155.—Chispas en las escobillas. 156.—Ruido excesivo. 157.—Recalentamiento de las bobinas del inducido. 158.—Recalentamiento en las bobinas de campo. 159.—Recalentamiento de los cojinetes. 160.—Recalentamiento del colector. 161.—El generador no excita. 162.—Insuficiente generación de tensión. 163.—Excesiva generación de tensión. 164.—El motor no arranca. 165.—Excesiva velocidad del motor. 166.—Insuficiente velocidad del motor. 167.—Resumen sobre el cuidado de generadores y motores .....	156
--	-----

## CAPITULO XIV

**DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA MOTORES**

- 168.—Generalidades sobre control de motores. 169.—Tableros de puesta en marcha sencillos 170.—Contactores. 171.—Tablero de puesta en marcha con contactores. 172.—Tablero de puesta en marcha y regulación de velocidad. 173.—Controladores. 174.—Sistema de control para servicio a distancia. 175.—Frenaje de motores .. 171

## CAPITULO XV

**ACUMULADORES**

- 176.—Definición de los acumuladores. 177.—Principio del acumulador Planté. 178.—Principio del acumulador Faure. 179.—Construcción de los acumuladores. Disposición de las placas. 180.—Baterías de acumuladores. 181.—Local de la batería. 182.—Utilidad de los acumuladores. 183.—Corrientes de carga y descarga. 184.—Tensión del acumulador. 185.—Capacidad del acumulador. 186.—Energía almacenada en el acumulador. 187.—Rendimiento del acumulador de plomo. 188.—Preparación del electrólito. 189.—Determinación de la polaridad para la carga de los acumuladores. 190.—Cuidado del acumulador de plomo. 191.—Tensión para cargar la batería. 192.—Acoplamiento de los acumuladores. 193.—Conexión de la batería con la red. 194.—Reductor de descarga. 195.—Reductor de carga. Reductor doble. 196.—Disyuntores automáticos. 197.—Indicador de sentido de corriente. 198.—Acumuladores de hierro (Edison). Componentes. 199.—Funcionamiento del acumulador Edison. 200.—Constantes del acumulador Edison. 201.—Tratamiento y conservación del acumulador Edison 184

## CAPITULO XVI

**ILUMINACION POR INCANDESCENCIA**

- 202.—Lámparas incandescentes. 203.—Filamentos de carbón y metálicos. 204.—Lámparas intensivas. 205.—Intensidad luminosa. 206.—Unidad de iluminación. Lux. 207.—Tensión normal. 208.—Consumo específico. 209.—Vida de las lámparas. 210.—Portalámparas. 211.—Conexión de las lámparas incandescentes ..... 209

## CAPÍTULO XVII

**LAMPARAS DE ARCO Y PROYECTORES**

- 212.—Lámparas de arco. 213.—Clasificación de las lámparas de arco. 214.—Lámparas de arco de regulación en serie. 215.—Lámparas de regulación en derivación. 216.—Lámparas de regulación diferencial. 217.—Carbones para lámparas de arco. 218.—Longitud del arco. 219.—Instalación de lámparas de arco. 220.—Proyectores. 221.—Espejos de proyectores. 222.—Lámparas de proyectores. 223.—Sistema regulador de un proyector Siemens-Schuckert. 224.—Regulación de los proyectores Siemens-Schuckert de 110 ctms. 225.—Dispersores para proyectores. 226.—Diafragma iris. 227.—Persiana veneciana. 228.—Manejo a distancia de los proyectores. 229.—Datos sobre proyectores usados en la Armada. 230.—Proyectores con lámparas incandescentes. 231.—Proyectores de arco intensivo. 232.—Datos sobre proyectores intensivos 218

## CAPÍTULO XVIII

**INTERRUPTORES Y FUSIBLES**

- 233.—Interruptores. 234.—Interruptores para combinaciones de luces 235.—Interruptores para controlar un grupo de lámparas desde dos lugares diferentes. 236.—Fusibles. 237.—Fusibles de tapón. 238.—Fusibles de cartucho. 239.—Base de fusibles. 240.—Porta-fusible. 241.—Materiales empleados para fusibles. 242.—Capacidad y corriente de fusión de elementos fusibles. 243.—Instalación de los fusibles ..... 238

## CAPÍTULO XIX

**TELEGRAFOS, TELEFONOS Y CAMPANILLAS**

- 244.—Telégrafo eléctrico. 245.—Manipulador Morse. 246.—Receptor Morse. 247.—Teléfonos. 248.—Teléfono Bell. 249.—Principio del micrófono. 250.—Micrófono Edison. 251.—Micrófono de White. 252.—Dispositivo de llamada para teléfonos. 253.—Sistema telefónico de batería local. 254.—Sistema telefónico de batería central. 255.—Campanillas intermitentes comunes y zumbadores. 256.—Campanilla de golpe único. 257.—Campanillas tipo corto-circuito y diferenciales. 258.—Cuadros indicadores ..... 247

### NOCIONES SOBRE MAGNETISMO

---

1.—**Imanes.**—Se llaman así a los cuerpos que tienen la propiedad de traer al hierro y al acero, y en una proporción menor también al níquel, al cromo y al cobalto.

2.—**Substancias magnéticas.**—Se llama así a las que, como las arriba mencionadas, son susceptibles de ser atraídas por un imán.

3.—**Imán natural.**—Se llama así a una substancia que posee naturalmente su propiedad **magnética**; o sea, la de atraer a los cuerpos magnéticos. Dicha substancia, a la que también se da el nombre de **piedra de imán**, es un mineral ferruginoso, que se encuentra en diversas partes del globo, y especialmente en Suecia; consta aproximadamente de 72 partes de hierro y 28 de oxígeno. Si se toma un trozo de esta substancia y se lo sumerge en limadura de hierro, se observa que las partículas de metal se adhieren a su superficie formando especie de penachos.

4.—**Imanes artificiales.**—Se llaman así a los cuerpos a los cuales se les ha dotado artificialmente de **imanación**, o sea, de la propiedad magnética del imán natural; esto es, de la propiedad de atraer al hierro y demás metales magnéticos. En tal caso se dice que el cuerpo en cuestión está **imanado**; o lo que es lo mismo, convertido en un imán.

Tal imanación a la que se da el nombre de **imanación por influencia**, puede ser producida en un cuerpo magnético por la proximidad, contacto o frotamiento con un imán, o bien por efecto de la corriente eléctrica, como veremos más adelante.

5.—**Imanes temporarios.**—Se llaman así aquellos que sólo conservan la imanación durante el tiempo que dura la causa imanadora, ya sea el contacto de otro imán, la corriente eléctrica, etc.; pero que tan pronto como cesa esa influencia, vuelven al estado neutro; esto es, pierden su magnetismo.

Un ejemplo de esto lo ofrece el hierro dulce, el cual pierde su imanación tan pronto como desaparece la causa imanadora. Esto puede compro-

barse con el experimento de que da idea la figura 1. Supongamos que al extremo N de un imán aproximamos una pequeña barrita a de hierro dulce; veremos que ésta quedará adherida al imán y que, a su vez, se habrá con-

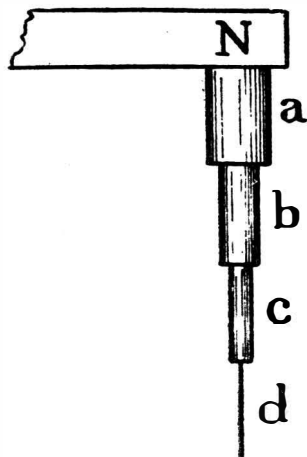


Fig. 1

vertido en un imán, pues, será capaz de atrer y mantener suspendida otra barrita b, de hierro dulce; ésta a su vez sostendrá una tercera, ésta una cuarta, y así sucesivamente, según la fuerza del imán. Pero, si desprendemos del imán N la primera barrita, veremos que las demás se caerán inmediatamente, significando esto que todas ellas han perdido su imanación, tan pronto como cesó la causa imanadora, que en este caso la constituía el contacto con el imán N. Esto es, las barritas de hierro dulce eran sólo **imanes temporarios**.

6.—**Imanes permanentes.**—Son aquellos capaces de retener su imanación durante largo tiempo, después que ha desaparecido la causa imanadora. Los imanes permanentes se construyen de acero, pues, este es el cuerpo que conserva mejor la imanación, rete- niéndola más tiempo si está templado, y tanto más cuanto más duro sea el temple.

7.—**Fuerza coercitiva.**—Se llama así a la propiedad que tienen los cuerpos magnéticos de retener la imanación que han adquirido. Así, por ejemplo, diremos que la **fuerza coercitiva** del hierro dulce es prácticamente nula, pues, sabemos que pierde su imanación tan pronto como ha cesado la causa imanadora (5); en cambio, diremos que el acero templado tiene mucha **fuerza coercitiva**, pues, sabemos que es capaz de retener su imanación durante largo tiempo.

8.—**Magnetismo remanente o residuo.**—Se llama así a la pequeña imanación que conserva los imanes temporarios después que ha desaparecido la causa imanadora.

9.—**Polos y líneas neutra.**—Los imanes artificiales suelen ser rectos, en forma de barra, figura 2, o bien de herradura, figuras 3 y 4.

La fuerza atractiva no se manifiesta por igual en toda la extensión del imán; si se introduce éste en un montón de limadura de hierro, se ob-

serva al sacarlo que las partículas de limaduras se han adherido en gran cantidad hacia los extremos de la barra, mientras que en el medio de ésta no habrá ninguna. Se ve, pues, que en los extremos de la barra es donde la

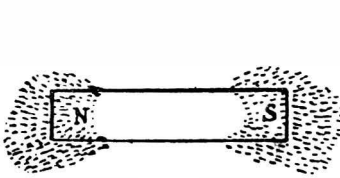


Fig. 2

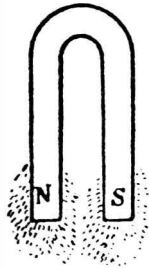


Fig. 3



Fig. 4

atracción magnética es mayor, mientras que en el medio es nula. A los extremos se les da el nombre de **polos de imán**; y a la parte media **línea neutra**.

10.—**Campo magnético, espectro magnético, línea de fuerza.**—Si sobre una barra imantada se coloca una lámina de vidrio, un cartón, etc., y se esparcen sobre él limaduras finas de hierro, se observará que, dando ligeros golpecitos al vidrio o cartón, las partículas de limadura se disponen formando líneas curvas simétricas, desde un polo al otro del imán, tal como muestra la figura 5. Tales líneas son las que indican la dirección en que se ejerce la fuerza magnética del imán, y **por eso** se conocen con el nombre de **líneas de fuerza**.

A la figura que forman las partículas de limadura de hierro, en las circunstancias indicadas, es a lo que se ha dado el nombre de **espectro magnético**.

El experimento que acabamos de mencionar, demuestra que el efecto magnético se ejerce aún a través de cuerpos no magnéticos, como son el vidrio o el cartón; y en efecto, se comprueba que si se mueve el imán, las limaduras que están sobre el vidrio, cartón, etc., también se moverán, siguiendo los movimientos de aquél.

Lo que precede puede explicarse en otros términos, diciendo que todo

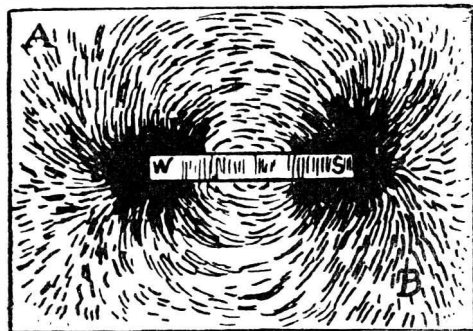


Fig. 5

imán ejerce a su alrededor, y a través de cualquier sustancia, su acción magnética. Al espacio alrededor de un imán donde se manifiestan sus efectos magnéticos, es a lo que se llama campo magnético. Así, pues, se da en general el nombre de **campo magnético**, a todo espacio donde se manifiestan efectos magnéticos, cualquiera sea su origen.

**11.—Polo norte y polo sur.**—Si se suspende de un hilo un imán rectilíneo, por su punto medio, de modo que permanezca horizontal, o bien se le coloca sobre un corcho flotante, se ve que, después de algunas oscilaciones, toma el imán una dirección fija, a la que vuelve cada vez que se lo desvía de ella. En tal posición, un polo del imán, siempre el mismo, queda dirigido aproximadamente hacia el Norte de la tierra, y por eso se le llama **polo norte**; el otro **polo** es el **polo sur**. El mismo fenómeno se observa si en vez de ser rectilíneo el imán, es en forma de herradura, y se le suspende por su punto medio.

El polo norte y el polo sur de un imán, se representan en los dibujos por las letras **N** y **S**, respectivamente.

**12.—Brújula.**—Aprovechando la propiedad que tienen los imanes de orientarse en la dirección Norte-Sur, cuando están colocados en forma que puedan girar horizontalmente, se ha construido la **brújula**, que permite determinar hacia que lado queda el Norte. La brújula, en su forma más sen-

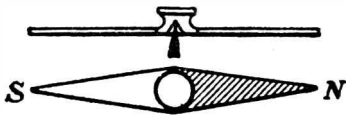


Fig. 6

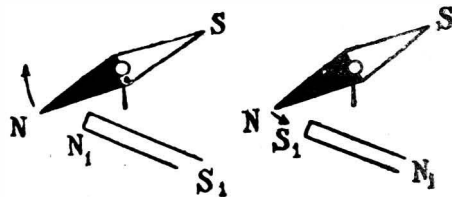


Fig. 7

cilla, consiste en una **aguja imanada**, o sea, una laminita de acero templado, de forma de rombo muy alargado, figura 6, provista de una cavidad en su centro, donde aloja la punta de un pivote vertical, sobre el cual puede girar horizontalmente.

La mitad **N** de la aguja está empavonada, de modo que se distingue de la **S**, que tiene superficie pulimentada natural.

La aplicación principal de la brújula es de servir de guía, para dirigir la marcha de los buques. Las brújulas que se emplean en éstos no son tan sencillas como las que acabamos de describir, pero el principio en que se

basa su funcionamiento es el mismo: esto es, la propiedad de los imanes de orientarse en la dirección Norte-Sur.

**13.—Acciones mutuas de los polos.**—Si a una aguja imanada, figura 7, acercamos un imán, observaremos que se ejerce entre ambos una repulsión o una atracción, según que se aproximen los polos del mismo nombre, o los de nombres opuestos. Esto es, si al **N** de la aguja aproximamos el **N** del imán, notaremos una repulsión; igual cosa pasará si al **S** presentamos otro **S**. En cambio habrá atracción si ponemos en presencia al **N** con el **S**, o el **S** con el **N**.

La acción mutua o recíproca de los polos, o sea la que ejercen ellos entre sí, puede enunciarse brevemente así: **Los polos del mismo nombre se rechazan y los de nombre contrario se atraen.**

**14.—Métodos de imanación.**—Hemos dicho que un trozo de metal magnético puede ser imanado, ya sea por efecto de una corriente eléctrica bien por la acción de un imán. Dejando para más adelante la descripción del primer procedimiento, explicaremos la imanación por medio de imanes. Esta puede practicarse por tres distintos métodos: **1º Por simple contacto; 2º Por doble contacto; 3º Por doble contacto separado.**

El método de simple contacto se utiliza para la imanación de agujas o barritas pequeñas. Consiste en colocar horizontalmente la barra **a b** que se desea imanar, figura 8, y en frotar so-

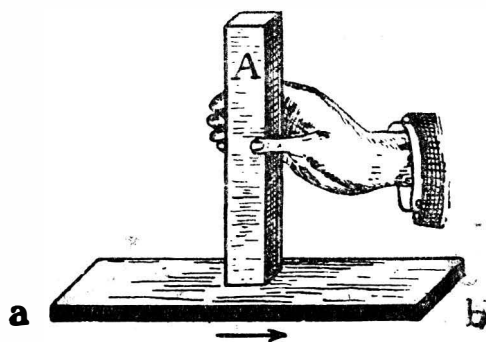


Fig. 8

bre ella uno de los polos de un fuerte imán **A**. La fricción debe hacerse repetidas veces, sobre ambas caras de la barra a imanar, y llevando la barra imanadora siempre en el mismo sentido. Llega un momento en que, por más que se prolongue la operación, la barra **a b** no adquiere más imanación, se dice entonces que la barra está **saturada**; esto es, que ha recibido ya toda la imanación que es susceptible de tomar.

Para imanar por el método del doble contacto, se apoya la barrita **a b** que se desea imanar, figura 9, sobre los dos polos contrarios de dos imanes **A B**; luego con otros dos imanes **A' B'** dispuestos en ángulo, como in-

dica la figura y con sus dos polos enfrente, separados por un trocito de madera y se friccionara la barra *a b* deslizando hacia un extremo las dos barras imanadoras, luego hacia el otro, y así sucesivamente repetidas veces.

La imanación por el método del doble contacto separado, se efectúa disponiendo también las cosas como se indica en la figura 9; pero en vez

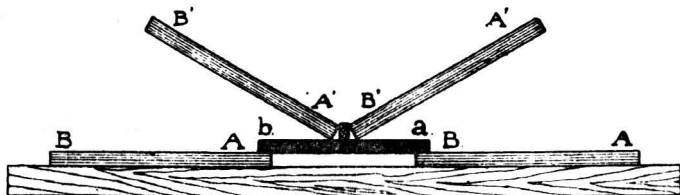
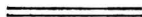


Fig. 9

de producir las fricciones deslizando juntos hacia un extremo y otro los dos imanes *A' B'*, se desliza uno hacia un extremo y otro hacia el otro, repetidas veces, hasta que la barra *a b* no adquiere más imanación; o sea, hasta que esté saturada.



## CORRIENTE ELECTRICA

**15.—Generalidades sobre corriente eléctrica.**—Sin entrar a querer definir lo que se entiende por electricidad, ni lo que realmente constituye la corriente eléctrica, la estudiaremos por los efectos que produce y por sus aplicaciones, que sabemos son tan numerosas para la iluminación, fuerza motriz, calefacción, etc., etc.

**16.—Cuerpos conductores y aisladores.**—Así como hay cuerpos buenos y malos conductores del calor, es decir, cuerpos que transmiten el calor con mayor o menor facilidad, así también pasa con la electricidad. Unos cuerpos la dejan pasar fácilmente; o sea, la conducen bien, por decirlo así; a esos cuerpos se les da el nombre de **conductores**. En cambio, a aquellos cuerpos que oponen gran dificultad al pasaje de la corriente, se les llama **malos conductores**; y si estos son tan malos conductores que detienen el pasaje de la electricidad, se les llama **aisladores**.

Usando una comparación con la transmisión de la luz, que nos es más fácil de comprender, diríamos que el vidrio, por ejemplo, es buen **conductor de la luz**, porque ésta pasa fácilmente a través de él. En cambio, a un cuerpo opaco como la madera, el hierro, etc., lo llamaríamos **aislador de la luz**, pues, ésta no puede atravesarlo.

**17.—Cuerpos conductores.**—Son cuerpos conductores de la electricidad los metales, el carbón, las sales en disolución, los ácidos, la tierra húmeda, el agua, etc. De los cuerpos nombrados, los metales son los mejores conductores, siéndolo las soluciones de sales o ácidos más o menos según la concentración. En cuanto al agua pura, es poco conductora.

**18.—Cuerpos aisladores.**—Son cuerpos tan malos conductores de la electricidad, que pueden ser calificados de aisladores, los siguientes: el aire seco, el vidrio, porcelana, mica, mármol, pizarra, seda, algodón, goma, ebonita, madera seca, lacre, cera, celuloide, cuarzo, goma laca, fibra, parafina, resina, papel, etc., etc.

---

(\*) Ver tabla de conductibilidades, a la vuelta.

## CONDUCTIBILIDAD RELATIVA DE ALGUNOS METALES Y ALEACIONES

M A T E R I A L E S	Conductibilidad relativa
Plata pura .....	100.0
Cobre puro electrolítico .....	95.0
Cobre, alambre, comercial .....	91.0
Aleación de cobre y plata (50 %) .....	86.65
Oro puro .....	78.0
Aluminio puro .....	62.0
Estaño con 10 % de sodio .....	46.9
Cobre con 10 % de plomo .....	30.0
Zinc puro .....	29.9
Bronce fosforado telefónico .....	29.0
Latón con 35 % de zinc .....	21.5
Estaño fosforado .....	17.7
Aleación de plata y oro (50 %) .....	16.12
Hierro sueco .....	16.0
Estaño puro .....	15.45
Cobre antimonioso .....	12.7
Bronce aluminio (10 %) .....	12.6
Acero Siemens .....	12.0
Platino puro .....	10.6
Cobre con 10 % de níquel .....	10.6
Plomo puro .....	8.88
Bronce con 20 % de estaño .....	8.4
Níquel puro .....	7.89
Bronce fosforado, 10 % de estaño .....	6.5
Cobre fosforado, 9 % de fósforo .....	4.9
Antimonio .....	3.88

10.—**Analogía entre la corriente eléctrica y una corriente de agua.**— A fin de comprender más fácilmente lo relativo al pasaje de la corriente eléctrica por un conductor la compararemos con una corriente de agua que circula por un tubo, el que viene a ser sencillamente el **conductor** por dentro del cual circula el agua, que se transmite de un punto a otro.

Supongamos los dos recipientes **A** y **B**, figura 10, unidos por el tubo **t**, provisto de un grifo o válvula de pasaje **c**. Siendo diferente el nivel del

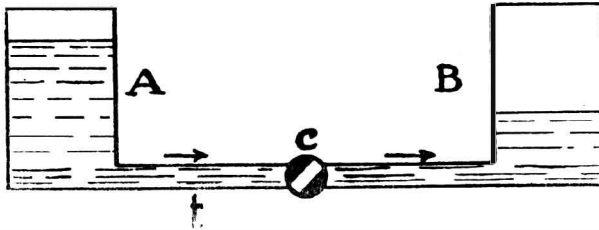


Fig. 10

agua en los dos recipientes, cuando se abra el grifo de pasaje **c**, el agua pasará por el tubo **t**, de **A** hacia **B**, y esa **corriente de agua** seguirá pasando mientras dure el desnivel del líquido entre ambos recipientes. La cantidad de agua que pasará por segundo en el tubo **t**, será tanto mayor cuanto más grande sea la **diferencia de nivel**, y cuanto más amplio sea el pasaje que el tubo le ofrece; o sea cuanto menor sea la **resistencia** que dicho tubo **conductor de agua** presenta a su pasaje.

20.—**Diferencia de potencial.**—Una cosa enteramente análoga sucede tratándose de electricidad. Para que por un conductor se establezca una corriente eléctrica, es indispensable que éste ponga en comunicación dos puntos entre los cuales exista una **diferencia de nivel eléctrico**. A esta diferencia de nivel eléctrico se le llama **diferencia de potencial**. Así, pues, cuando se dice que un cuerpo está a un potencial o tensión más alto que otro, se expresa con ello la idea de que existe entre ellos un desnivel eléctrico; y que si se conectaran ambos cuerpos entre sí por medio de un hilo metálico u otro conductor cualquiera, por éste se establecerá una corriente eléctrica que circularía desde el cuerpo que tiene potencial o tensión más elevado hacia el que la tiene más baja.

Los puntos entre los cuales se establece la comunicación para el pasaje de corriente, toman el nombre de **polos** o **electrodos**, y se la llama **positivo** (+) al de potencial mayor y **negativo** (—) al de potencial menor. La marcha de la corriente es del polo o electrodo positivo hacia el negativo.

**21.—Fuerza Electro-Motriz.**—Ahora bien, así como en el caso de dos recipientes comunicantes, si el líquido sigue corriendo desde uno al otro un tiempo suficientemente largo, acabará por igualarse el nivel, y cesará la corriente de líquido, a menos que por un medio cualquiera se mantenga el desnivel, reponiendo en el recipiente superior el líquido que va saliendo de él, así también en electricidad dos puntos no conservan indefinidamente su diferencia de potencial, o sea el nivel eléctrico, si están conectados entre sí por un conductor y circula corriente del uno al otro; análogamente al ejemplo del líquido dado más arriba. terminarían por quedar a un mismo potencial, con lo cual cesaría de producirse corriente eléctrica.

Para mantener la diferencia de potencial a fin de que pueda producirse corriente, es preciso emplear una cierta fuerza que la mantenga, y a eso es a lo que se le da el nombre de **fuerza electro-motriz**.

El objeto de los generadores de electricidad, cualesquiera que sea su clase, es precisamente generar una determinada fuerza electro-motriz (f. e. m.) que, manteniendo una diferencia de potencial entre dos puntos determinados (sus polos terminales o bornas), permite que se establezca la corriente entre el uno y el otro, a través del conductor que los une. Tal corriente, como veremos más adelante, se utiliza de diversos modos para producir luz, fuerza motriz, calor, etc.

En la práctica se confunden generalmente ambos términos: **diferencia de potencial** y **fuerza electro-motriz**; pero en realidad la primera es el efecto de la segunda, exactamente como, tratándose de agua, el **desnivel del líquido** sería el **efecto** y la fuerza que levanta el agua para producir el desnivel equivaldría a la f. e. m., es decir, sería la **causa** del desnivel.

**22.—Unidad de F. E. M.**—La unidad práctica que se utiliza para medir la tensión eléctrica, o presión eléctrica o diferencia de potencial, así como también para la fuerza electro-motriz, es el **volt**. El volt equivale prácticamente a la f. e. m. que genera un elemento de pila Daniell, cuya descripción daremos más adelante.

Así, por ejemplo, cuando se dice que un dínamo es de 110 volts, significa que al funcionar normalmente, produce entre sus terminales una diferencia de potencial, equivalente a 110 veces la de un elemento Daniell. Si se dice que la corriente de alimentación de los tranvías es de 500 volts, quiere decir que entre el cable aéreo, que es el polo positivo o conductor de llegada de la corriente y los rieles, que forman el polo negativo o conductor de regreso, existe un desnivel eléctrico o diferencia de potencial 500 veces superior al de 1 volt, que produce la pila arriba citada.

**23.—Intensidad de corriente.**—Hemos dicho (19), que la corriente eléctrica que circula por un conductor, puede ser comparada a una corriente de agua que pasa en una tubería. En ambos casos, la cantidad que pasa en un tiempo dado, puede ser mayor o menor; o sea, la corriente será **más intensa** o **menos intensa**.

Tratándose de agua, podría tomarse por unidad el litro, para saber la cantidad de líquido que pasa en un tiempo dado, por ejemplo, por segundo. Supongamos que en un tubo pasan 20 litros de agua por segundo; diríamos entonces que la **intensidad** de esa corriente de agua es de 20 litros, por segundo.

Análogamente, en el caso de la corriente eléctrica, se llama **intensidad** de la corriente, la cantidad de electricidad que pasa por segundo en el conductor considerado.

**24.—Unidad de intensidad. Ampere.**—Por más que la electricidad no sea visible como el agua, también puede medirse su intensidad, basándose en los efectos que produce. Tales efectos, como explicaremos más adelante, son de diverso orden y entre ellos figura el **efecto químico**, que consiste en la descomposición de líquidos compuestos, separando los elementos que los constituyen o forman.

Se ha tomado como unidad de intensidad de corriente, a la que, al atravesar una solución concentrada de nitrato de plata, deposita 1.118 miligramos de plata por segundo. A esa **unidad de intensidad**, se le ha dado el nombre de **ampere**.

Cuando se dice, pues, que una corriente tiene 1 ampere de intensidad, significa que circula en tal proporción, que puede producir en un segundo el efecto químico arriba mencionado, u otros efectos equivalentes, de que hablaremos más adelante.

Una corriente de 10, de 100 ó de 1000 amperes sería sencillamente 10 ó 100 ó 1000 veces más intensa que aquélla; esto es, significa que por el conductor considerado pasaría por segundo una cantidad de electricidad 10, 100 ó 1000 veces mayor que la requerida para depositar 1.118 miligramos de plata por segundo.

**25.—Conductibilidad. Resistencia eléctrica.**—Habíamos dicho (19) que la intensidad de la corriente de agua que se establece en la tubería que conecta dos recipientes, no depende tan sólo del desnivel o diferencia de presión a que se encuentre el líquido en ambos recipientes, sino que **también** influye en que pase más o menos agua por segundo, el hecho que el tubo

o conducto de comunicación ofrezca un pasaje más o menos fácil al agua; o sea, cuanto menor o mayor sea la **resistencia al paso del líquido** que el tubo presenta. Cuanto más amplio y corto sea el conducto, menos resistencia opondrá; y viceversa, ofrecerá más resistencia cuanto más largo sea y más pequeña la abertura. En el caso de dos tubos de las mismas dimensiones, presentará pasaje más fácil al líquido, o sea, ofrecerá menos resistencia aquel cuya superficie interna sea más lisa.

Ahora bien, el pasaje de la corriente eléctrica en un conductor, ofrece analogía o semejanza con el de la corriente de agua en un tubo, que acabamos de mencionar; pues, la intensidad de la corriente eléctrica en un conductor, o sea, la cantidad de electricidad que pasa por segundo, no depende tan sólo del desnivel eléctrico, o diferencia de potencial o tensión existente entre los dos puntos que el conductor comunica entre sí. Depende también del hecho que dicho conductor de conexión ofrezca un pasaje más o menos fácil a la corriente; es decir, que sea mejor o peor conductor; o en otras palabras, que tenga mayor o menor **conductibilidad eléctrica**, cosa que es variable de un cuerpo a otro, pues, hemos visto (16) que unos cuerpos son mejores conductores que otros.

Podemos, pues, definir la **“conductibilidad eléctrica”**, como la **facilidad que los cuerpos ofrecen al pasaje de la corriente.**

Lo inverso de la conductibilidad es la **“resistencia eléctrica”**, por lo que podemos definirla como el **obstáculo que presentan los cuerpos a la circulación de la corriente.** Y, lo mismo que en el caso de la tubería para agua, un conductor eléctrico ofrece menos resistencia cuanto más grueso y corto es; y, viceversa, más grande cuanto más fino o más largo sea.

**26.—Unidad de resistencia eléctrica. Ohm.**—A la unidad de-resistencia eléctrica se le ha dado el nombre de **Ohm**, y podemos definirla así: **Un ohm es la resistencia que presenta un conductor el cual, con una diferencia de potencial de un volt entre sus extremos, deja pasar una corriente de un am-pere de intensidad.**

Un ohm es también la resistencia que ofrece al pasaje de la corriente, una columna de mercurio de 106.3 ctm. de largo y de 1 milímetro cuadrado de sección, a cero grados de temperatura.

**27.—Sección de un conductor.**—Se entiende por **sección de un conductor** el área de la superficie que resulta cortándolo por un plano perpendicular a su eje.

Supongamos el conductor cilíndrico **a b**, figura 11; su sección es el área del círculo que tiene como base; y, si conocemos la medida del diámetro **D**, de ese círculo, o sea, el diámetro del alambre, deduciremos fácilmente su área, o sea, la sección del conductor, que será:

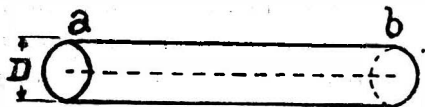


Fig. 11

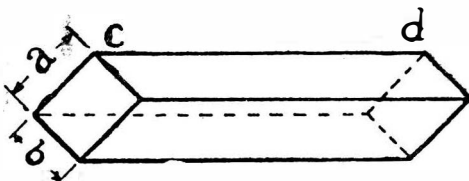


Fig. 12

tro **D**, de ese círculo, o sea, el diámetro del alambre, deduciremos fácilmente su área, o sea, la sección del conductor, que será:

$$\text{Sección} = \pi \times R^2$$

o sea,  $\pi$  multiplicado por el cuadrado del radio, o lo que es lo mismo, por el radio multiplicado por si mismo.

Sabemos que por la letra griega  $\pi$  se representa la relación entre la circunferencia y el diámetro de un círculo: o sea, el número de veces que el diámetro cabe en la longitud de la circunferencia, que es un poco más de tres veces, o sea 3.1416.

Por otra parte, sabemos que el radio es la mitad del diámetro: de modo que nos será fácil determinar la sección de un alambre redondo, conociendo sencillamente su diámetro.

Supongamos que el alambre tenga 6 milímetros de diámetro: entonces tendremos:

$$\begin{aligned} \text{Sección} &= \pi \times R^2 = 3.1416 \times 3^2 = 3.1416 \times 3 \times 3 = \\ &= 3.1416 \times 9 = 28.2744 \text{ mm.} \end{aligned}$$

o sea, 28 milímetros cuadrados con una pequeña fracción.

Si en vez de tratarse de un alambre o barra cilíndrica, se tratara de una cuya base fuera un rectángulo, como **c d**, figura 12, su sección sería también el área de la base, pero se determinaría de distinta manera que en el caso anterior. Sabemos que el área de un rectángulo es sencillamente igual al producto del largo por el ancho; así que si en el caso del conductor **c d** llamamos **a** a uno de los lados de la base y **b** al otro, tendremos que:

$$\text{Sección} = a \times b$$

Y si suponemos que el lado **a** tiene 2 milímetros, por ejemplo, y el lado **b** tiene 5, entonces:

$$\text{Sección} = a \times b = 2 \times 5 = 10 \text{ milímetros cuadrados}$$

La casi totalidad de los conductores que se usan en electricidad, están constituidos por alambres cilíndricos, de modo que resulta facilísimo determinar su sección, para lo que, como lo hemos visto, no hay más que conocer su diámetro.

**28.—Ley de Ohm.**—Ya hemos mencionado en párrafos anteriores (19, 23 y 25), que la intensidad de corriente que circula en un conductor, depende de la diferencia de potencial, o tensión, a que está sometido, y de la resistencia eléctrica que presenta ese conductor.

La “**Ley de Ohm**” expresa en resumen la relación que existe entre esas cantidades, y se enuncia así:

La intensidad de corriente que circula entre dos puntos de un conductor, es directamente proporcional a la diferencia de potencial que existe entre ellos, e inversamente proporcional a la resistencia que presenta el conductor entre los dos puntos considerados.

Supongamos el conductor **A B**, figura 13, entre cuyos puntos **A** y **B** exista una diferencia de potencial, o tensión, o voltaje (pues, también se

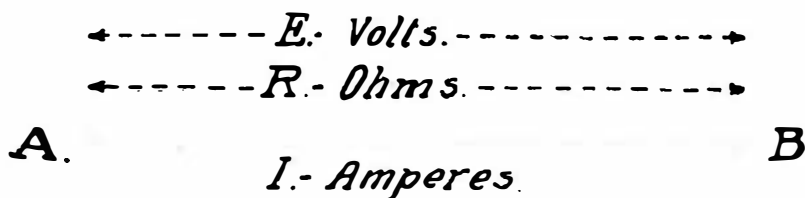


Fig. 13

le da ese nombre), de **E** volts. Si la resistencia eléctrica que ofrece el largo de conductor comprendido entre **A** y **B** es de **R** ohms, entonces la intensidad **I**, en amperes, que circulará por dicho conductor será:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}}$$

o sea, la intensidad es igual a la diferencia de potencial, o tensión, divi-

didá por la resistencia. Esto mismo puede escribirse más abreviadamente, poniendo:

$$\text{Amperes} = \frac{\text{Volts}}{\text{Ohms}}; \text{ o sea } I = \frac{E}{R}$$

De la fórmula que precede se deducen estas otras:

$$E = I \times R \quad \text{y} \quad R = \frac{E}{I} \quad \text{o sea:}$$

la diferencia de potencial, o tensión, o voltaje, es igual a la intensidad multiplicada por la resistencia; o lo que es lo mismo:

$$\text{Volts} = \text{Amperes} \times \text{Ohms}$$

La resistencia es igual a la diferencia de potencial, o tensión, o voltaje, dividida por la intensidad; o lo que es lo mismo:

$$\text{Ohms} = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}}$$

## 29.—Ejemplos de la Ley de Ohm.—

**Ejemplo 1º.**—¿Qué intensidad circulará en un conductor cuya resistencia es de 5 ohms si lo sometemos a una diferencia de potencial de 10 volts?

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}} = \frac{E}{R} = \frac{10}{5} = 2 \text{ amperes}$$

**Ejemplo 2º.**—La bobina de una campanilla tiene 60 ohms de resistencia, ¿qué intensidad la recorrerá si entre sus bornas o terminales aplicamos una diferencia de potencial o tensión de 6 volts?

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}} = \frac{E}{R} = \frac{6}{60} = 0.1 \text{ ampere}$$

**Ejemplo 3º.**—El filamento de una lámpara incandescente, figura 14, tiene 400 ohms de resistencia. ¿Qué intensidad pasará por él si conectamos la lámpara entre los dos conductores de una instalación de 100 volts?

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Resistencia}} = \frac{E}{R} = \frac{110}{400} = 0.275 \text{ ampere}$$

**Ejemplo 4º.**—La bobina de una campanilla que tiene 25 ohms de resistencia, requiere una intensidad de 0.2 amperes para funcionar bien. ¿Qué voltaje deberá aplicarse a sus bornas o terminales para obtener dicha intensidad?

$$\text{Tensión} = \text{Intensidad} \times \text{Resistencia} = I \times R = 0.2 \times 25 = 5 \text{ volts}$$

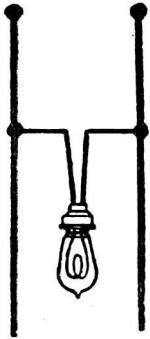


Fig. 14

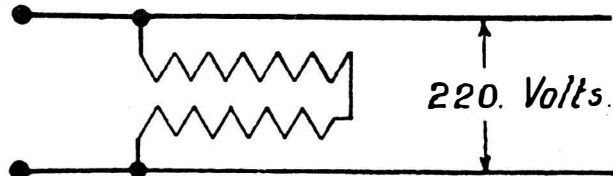


Fig. 15

**Ejemplo 5º.**—Un calentador eléctrico, figura 15, conectado a una instalación de 220 volts, consume una intensidad de 2 amperes. ¿Qué resistencia tendrá?

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Intensidad}} = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}} = \frac{E}{I} = \frac{220}{2} = 110 \text{ ohms}$$

**Ejemplo 6º.**—¿Cuál será la resistencia que presenta el filamento de una lámpara incandescente si pasa por él una intensidad de 0.2 amperes, siendo la tensión de alimentación de 220 volts?

$$\text{Resistencia} = \frac{\text{Tensión}}{\text{Intensidad}} = \frac{\text{Volts}}{\text{Amperes}} = \frac{E}{I} = \frac{220}{0.2} = 1100 \text{ ohms}$$

**Ejemplo 7º.**—A un conductor a B, figura 16, de 2 ohms de resistencia, lo recorre una corriente de 5 amperes de intensidad. Se desea saber

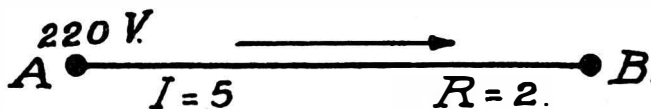


Fig. 16

qué voltaje o tensión habrá en el punto B, sabiendo que en A tenemos 220 volts, y que la corriente circula en el sentido que marca la flecha.

Sabemos que la diferencia de potencial es:

$$E = I \times R, \text{ o sea, Intensidad } \times \text{ Resistencia;}$$

Luego la diferencia entre el punto A y el B, será:

$$E = 5 \times 2 = 10 \text{ volts}$$

y habiendo en el punto A una tensión de 220 volts, en B habrá:

$$220 - 10 = 210 \text{ volts}$$

Es decir, que la corriente de 5 amperes, al pasar por el conductor desde el punto A hasta el punto B, venciendo la resistencia de 2 ohms, experimenta una pérdida o caída de potencial igual a 10 volts.

**Ejemplo 8.**—¿Qué caída o pérdida de tensión, o potencial, o voltaje, experimentará una corriente de 10 amperes de intensidad, si recorre sucesivamente cuatro resistencias de 0.1, 0.5, 0.8 y 1.6 de ohms conectados como indica la figura 17, es decir, en serie?

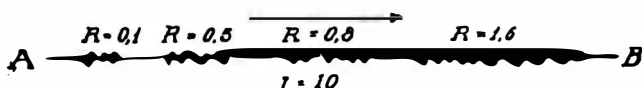


Fig. 17

Este caso es análogo al del ejemplo 7º, con la única diferencia que en vez de tratarse de una sola resistencia, son varias intercaladas sucesivamente; o sea, en la forma que se denomina **en serie**. En este caso, la resistencia que ofrece el conductor entre los puntos A y B es la suma de las varias resistencias intercaladas; o sea:

$$R = 0.1 + 0.5 + 0.8 + 1.6 = 3 \text{ ohms}$$

La diferencia de potencial entre los puntos A y B, o sea la caída o pérdida de potencial, o tensión, o voltaje, que experimentará la corriente al pasar por el conductor desde el punto A hasta el B, será sencillamente:

$$E = I \times R = 10 \times 3 = 30 \text{ volts}$$

y si al punto A llegaba la corriente, por ejemplo, con 440 volts de tensión o potencial, o voltaje, al llegar a B sólo tendrá:

$$440 - 30 = 410 \text{ volts.}$$



**EFFECTOS DE LA CORRIENTE ELECTRICA**

---

**30.—Enumeración de los efectos de la corriente.**—Los efectos que la corriente eléctrica es capaz de producir, según la naturaleza de los conductores que recorre, pueden ser clasificados así:

- 1—Efectos fisiológicos.
- 2— „ químicos.
- 3— „ caloríficos.
- 4— „ luminosos.
- 5— „ magnéticos.

**31.—Efectos fisiológicos de la corriente.**—Se llaman así a los efectos que produce sobre los seres vivos, y que consisten en conmociones nerviosas y en contracciones y paralización de los músculos.

Aprovechando tales efectos, se usa la corriente eléctrica sobre el cuerpo humano con fines medicinales, pues se ha constatado que administrada en cierta forma, produce el alivio de algunas dolencias.

En cambio, si se somete el organismo a una corriente de tensión suficientemente elevada, ella produce la muerte, por efecto de la paralización de los músculos y la interrupción del funcionamiento del corazón y los pulmones.

Tal efecto es análogo al producido por la asfixia por inmersión, y de ahí que a las víctimas de una fuerte descarga eléctrica, se les prestan los mismos auxilios que a los ahogados, tratando de producir la respiración artificial; consiguiendo muchas veces volver a la vida a personas que presentaban todos los síntomas de la muerte.

Un ejemplo del efecto fisiológico que produce una corriente eléctrica de tensión o voltaje elevado, es el de la “**electrocución**”, o sea ejecución por la electricidad, que se emplea en los Estados Unidos de Norte América. La muerte del reo se obtiene en breves instantes, sometiendo su cuerpo al efecto de una corriente cuyo voltaje varía entre 1500 y 2500 volts.

El efecto que la corriente produce sobre el organismo no depende tan sólo de su tensión o voltaje; varía también según si ella es “**continua**” o “**alternada**”. Por “**continua**” se entiende cuando circula por el conductor siempre en un mismo sentido. Se la llama “**alternada**” cuando su dirección cambia continuamente, de modo que circula un instante en un sentido y un instante en otro.

Dado un mismo voltaje, la corriente alternada es más peligrosa para el organismo que la continua; y especialmente si aquella es de baja “**frecuencia**”. Esto es, si cambia de sentido pocas veces por segundo.

No puede fijarse con precisión desde qué voltaje es peligrosa la corriente para el cuerpo humano, pues mucho depende también de la constitución física de la persona, dado que una corriente mortal para una, puede resultar casi inofensiva para otra. Además, mucho influye la clase de contacto que se establezca entre el conductor electrificado y el cuerpo. Si aquél se establece con las dos manos, será más peligroso que con una sola; y en cualquiera de los dos casos, el efecto será mayor si las manos están mojadas o húmedas en vez de secas.

En general, puede decirse que la corriente continua es peligrosa desde 220 volts para arriba, y la alternada desde 110 volts.

**32.—Efectos químicos de la corriente.**—Se llama así a la descomposición que la corriente eléctrica produce al atravesar ciertos conductores líquidos compuestos, tales como el agua, las soluciones de sales metálicas como

son las de sulfato de cobre, nitrato de plata, sulfato de níquel, cloruro de oro, etc.; o las soluciones de ácidos, como ser las de ácido sulfúrico, ácido nítrico, etc. El efecto que la corriente produce es de descomponer o separar las sustancias que forman o componen el líquido conductor a través del cual pasa.

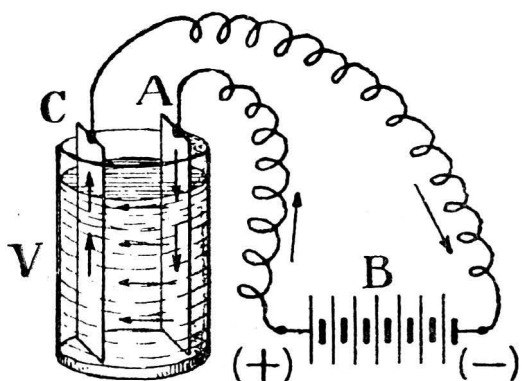


Fig. 18

algo más conductora se le haya agregado un poco de ácido sulfúrico. Si sumergimos en dicho líquido las dos láminas de platino **A** y **C**, conectadas

Supongamos el vaso de vidrio **V**, figura 18, conteniendo agua, a la cual para hacerla

respectivamente a los polos positivo (+) y negativo (—) de la batería **B**, se establecerá una corriente que saliendo del polo (+) de la batería, irá a la placa **A** y de allí a través del líquido como indican las flechas, hacia la placa **C**, y saliendo por ésta, entrará a la batería por el polo (—), completando así su recorrido. A poco de circular la corriente en la forma mencionada, se observará la formación de burbujas en el líquido; parte de ellas subirán a la superficie, y otras se depositarán sobre las láminas. Si se recogieran esas burbujas de gas así producidas, se observaría que son de hidrógeno las que van hacia la placa **C**, y de oxígeno las que se depositan sobre la **A**, y que la cantidad de hidrógeno producido será dos veces mayor que la de oxígeno; es, decir, lo que habrá sucedido será sencillamente la descomposición del agua, que está formada por hidrógeno y oxígeno, en la proporción de dos a uno. ( $H^2 O$ ).

Si el líquido contenido en el vaso **V**, en vez de ser agua acidulada, fuese una solución de alguna sal metálica, por ejemplo, sulfato de cobre, observaríamos que a poco de pasar la corriente, la placa **C** se iría cubriendo de una capa de cobre puro; o en otros términos, la corriente al pasar por la solución habría separado el metal que contiene y lo habría llevado a la placa negativa.

Lo mismo sucedería si la solución fuese de nitrato de plata, sulfato de níquel, etc., etc., la corriente siempre separaría el metal, llevándolo a la placa negativa.

**33.—Términos usados al referirse a efectos químicos de la corriente.**—Se da el nombre de **electrólisis** a la descomposición de un líquido por efecto de la corriente. **Voltámetro** se designa al dispositivo en que tal descomposición se realiza; así que en el caso citado (32) se llamaría voltámetro al conjunto formado por el recipiente **V** y las placas **A** y **C**. **Electrodo positivo** o **anodo** se llama al cuerpo por el cual la corriente penetra en el electrólito (sería la placa **A** en la figura 18) y **Electrodo negativo** o **catodo**, aquel por el cual sale la corriente (sería la placa **C** en la figura 18).

**34.—Cantidad de electrólito descompuesto.**—Se ha comprobado que la cantidad de un electrólito determinado que la corriente descompone, es tanto mayor cuanto mayor sea la intensidad y más largo el tiempo durante el cual circula. De manera que si sabemos, por ejemplo, qué cantidad de un metal la corriente de 1 ampere deposita sobre el catodo, al circular durante un segundo, nos sería fácil medir la intensidad de una corriente cualquiera, simplemente por la cantidad de metal que deposite en un tiempo igual.

Se sabe, por ejemplo (24), que una corriente de 1 ampere de inten-

sidad, al atravesar un baño de nitrato de plata, deposita una cantidad de plata igual a 1.118 miligramos en un segundo. Así que si una corriente, pasando durante un segundo en una solución de esa clase, llegara a depositar 111.8 miligramos de plata, querría decir que produce un efecto químico 100 veces mayor que la de 1 ampere; o sea, sería una corriente de 100 amperes de intensidad.

Se ha constatado experimentalmente, que una corriente de 1 ampere puede depositar en un segundo 0.65 miligramos de cobre, 0.299 de níquel, 0.68 de oro y 0.29 de hierro.

**35.—Aplicaciones del efecto químico de la corriente.**—El efecto químico de la corriente se utiliza en la práctica para fines diversos, tales como el almacenaje de energía eléctrica en las pilas secundarias o acumuladores, de que hablaremos más adelante. En la producción industrial, en grandes cantidades, de metales de un grado de pureza elevadísimo, aprovechando el transporte que efectúa la corriente, del metal puro al catodo de los baños electrolíticos.

Otra aplicación importante es la galvanostegia, consistente en el dorado, plateado, niquelado, cobreado, etc., de objetos diversos, por medio de la corriente eléctrica. Para efectuar esa operación se disponen las cosas en la forma indicada en la figura 19, donde R es una cubeta o recipiente de

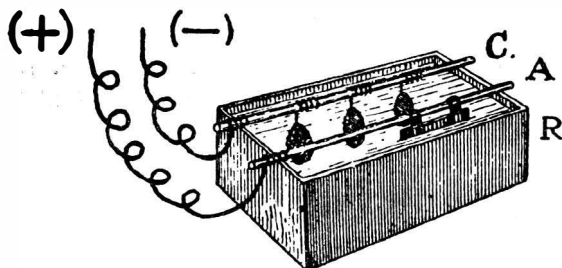


Fig. 19

vidrio, loza, madera embreada, etc., que contiene la solución a base de plata, níquel, cobre, etc., según sea el metal de que se quieren revestir las piezas. Sobre la cubeta van dispuestas dos barras metálicas **A** y **C**, conectadas respectivamente al polo (+) y (—) de una batería de pilas u otro generador de corriente. De la barra **C**, van colgados dentro del baño los objetos que se quiere platear, niquelar, etc.: y de la barra **A** se cuelga una placa del mismo metal de que se compone el electrólito; y como la corriente al pasar al líquido por dicha placa **A** la va disolviendo, va renovando la cantidad de metal en disolución, evitando así que se empobrezca el electrólito a medida que la corriente va depositando el metal sobre las piezas que se están recubriendo. Ya sabemos que la cantidad de metal que se deposita sobre ellas depende tanto de la intensidad

de la corriente como del tiempo durante el cual ella circula; por lo que es fácil regular el espesor de la capa de metal que se quiere depositar; para ello bastará hacer que la corriente sea más o menos intensa, o su duración mayor o menor.

**36.—Efectos caloríficos de la corriente.**—Se ha comprobado que la corriente eléctrica, al recorrer un conductor de cualquier clase que sea, produce en él aumento de temperatura. Ese fenómeno se observa más fácilmente en los conductores metálicos.

En la práctica vemos numerosas aplicaciones del efecto calorífico de la corriente, al que se llama “**efecto Joule**”; tales son, por ejemplo, las planchas eléctricas, los caloríferos, los soldadores eléctricos, los hornos eléctricos para la fundición de metales, los dispositivos eléctricos para soldar metales, y muchos otros, en todos los cuales su funcionamiento se basa en el calor que la corriente produce al circular por el conductor.

**37.—Leyes y fórmulas de Joule.**—El físico Joule fué el primero que dió las reglas o “**leyes**”, para hallar la cantidad de calor que produce una corriente al circular por un conductor. Tales leyes se expresan así:

**1ª—La cantidad de calor producida por una corriente en un tiempo dado, está en razón directa del cuadrado de la intensidad de la corriente.**

**2ª—Siendo iguales todas las circunstancias (intensidad y tiempo) la cantidad de calor producida está en razón directa con la resistencia del conductor.**

Las dos leyes que acabamos de mencionar, pueden expresarse abreviadamente en una fórmula, a la que se da el nombre de “**fórmula de Joule**”, y que es así:

$$Q = k \times I^2 \times R \times t$$

En esa fórmula  $Q$  representa la cantidad de calor, o sea el número de calorías desarrollada por la corriente, al circular por el conductor;  $k$  representa una cantidad constante o fija igual a 0.00024 y que más adelante veremos de donde se deduce.  $I$  representa el número de amperes de intensidad que tiene la corriente de que se trata; y por tanto  $I^2$  quiere decir  $I \times I$ , o sea, la cantidad de amperes multiplicada por si misma, o lo que es lo mismo, tomada 2 veces como factor.  $R$  representa el número de ohms de resistencia que presenta el conductor por el cual circula la corriente; y  $t$  representa el tiempo en segundos durante el cual **pasa la corriente**.

Ahora sólo nos faltaría definir o explicar qué es lo que se entiende por **caloría**. Se llama así a la cantidad de calor necesaria para elevar de un grado centígrado la temperatura de un litro de agua. Así, por ejemplo, si tenemos un litro de agua a la temperatura de 10 grados centígrados y lo calentamos hasta el punto de ebullición, o sea hasta los 100 grados centígrados, le habremos comunicado a ese litro de agua tantas calorías como grados de diferencia hay entre 10 y 100; o sea, 90 calorías.

Si tenía 5 grados y lo elevamos a 10, habremos gastado 5 calorías, siempre que se trate de un solo litro de agua, pues si fueran dos, tres o más litros, se necesitarían dos, tres o más calorías por grado; es decir, tantas veces una caloría como litros de agua hubiese, y grados se quisiera aumentar su temperatura.

### 38.—Ejemplos sobre el efecto calorífico de la corriente.—

**Ejemplo 1º**—¿Qué cantidad  $Q$  de calorías producirá por efecto Joule una corriente de 10 amperes, recorriendo durante 1 segundo un alambre de 20 ohms de resistencia?

Sabemos por la fórmula de Joule que la cantidad de calorías producidas es:

$$Q = k \times I^2 \times R \times t$$

o sea, poniendo en la fórmula en lugar de las letras las cantidades que les corresponden, y que como acabamos de decir son:  $k = 0.00024$  para todos los casos, pues es una cantidad constante; y para este problema sabemos que  $I = 10$  amperes;  $R = 20$  ohms;  $t = 1$  segundo. Así que ahora podemos escribir la fórmula así:

$$\begin{aligned} Q &= 0.00024 \times 10^2 \times 20 \times 1 = 0.00024 \times 10 \times 10 \times 20 \times 1 = \\ &= 0.00024 \times 100 \times 20 \times 1 = 0.48 \text{ calorías} \end{aligned}$$

**Resultado:** La corriente mencionada habrá desarrollado 0.48 calorías; o sea, casi el calor necesario para elevar de medio grado de temperatura un litro de agua.

**Ejemplo 2º**—¿Qué cantidad  $Q$  de calorías desarrollará por efecto Joule una corriente de 5 amperes, recorriendo durante 180 segundos el alambre de un calentador cuya resistencia sea de 44 ohms?

Volveremos a aplicar la fórmula de Joule y tendremos:

$$Q = k \times I^2 \times R \times t = 0.00024 \times 5 \times 5 \times 44 \times 180 = 47.52 \text{ calorías}$$

**Resultado:** En las condiciones mencionadas, la corriente habrá desarrollado 47.52 calorías.

**Ejemplo 3º**—Supongamos que el calentador citado en el ejemplo 2º, lo utilizáramos para calentar agua. ¿Qué cantidad de agua podríamos elevar desde 0 hasta 100 grados, con las 47.52 calorías producidas?

Sabemos que cada litro de agua requiere 1 caloría por cada grado que se quiere elevar su temperatura, así es que cada litro necesita 100 calorías para elevarlos de 0 a 100. De modo que dividiendo el número de calorías disponibles por 100 nos dará la cantidad de agua, en litros, que podremos ca-

lentar de 0 a 100 grados; o sea: litros a elevar de 0 a 100 =  $\frac{\text{calorías}}{100}$ ; y en el ejemplo que hemos citado tendremos:

$$\text{litros} = \frac{Q}{100} = \frac{47.52}{100} = 0.475$$

**Resultado:** 47.52 calorías pueden calentar desde 0 hasta 100 grados centígrados una cantidad de agua igual a 0.475 litros.

**Ejemplo 4º**—En un conductor de 25 ohms de resistencia circula durante 1 segundo una corriente de 20 amperes, y luego también durante 1 segundo otra de doble intensidad, o sea de 40 amperes. ¿Siendo doble la corriente, será doble el calor producido?

Apliquemos en ambos casos la fórmula de Joule:

$$Q = k \times I^2 \times R \times t; \text{ y tendremos}$$

Primer caso:

$$Q = 0.00024 \times 20^2 \times 25 \times 1 = 0.00024 \times 20 \times 20 \times 25 \times 1 = 2.4 \text{ calorías}$$

Segundo caso:

$$Q = 0.00024 \times 40^2 \times 25 \times 1 = 0.00024 \times 40 \times 40 \times 25 \times 1 = 9.6 \text{ calorías}$$

**Resultado:** Vemos que con 20 amperes se produjeron 2.4 calorías, mientras que con el doble, o sea 40 amperes, han resultado 9.6 que no es el doble sino 4 veces más que 2.4. Este ejemplo es la demostración práctica de lo que dice la 1ª ley de Joule, mencionada en el párrafo 37; esto es, que el calor desarrollado por una corriente “**varía en razón directa al cuadrado de**

la intensidad"; o sea, si la intensidad se hace 2 veces mayor, el calor producido se hará 2<sup>a</sup> o sea  $2 \times 2 = 4$  veces mayor. Si la intensidad se hace 3 veces mayor, el calor pasará a ser 3<sup>a</sup> o sea  $3 \times 3 = 9$  veces más grande, y así sucesivamente.

**Ejemplo 5º**—Una corriente de 20 amperes pasa durante un segundo por un conductor de 25 ohms de resistencia, y luego también durante un segundo por otro conductor de doble resistencia, o sea de 50 ohms. ¿Qué calor desarrollará esa corriente en cada uno de los conductores? Siendo doble la resistencia, será doble el calor desarrollado?

Apliquemos en ambos casos la fórmula de Joule:

$$Q = k \times I^2 \times R \times t; \text{ y tendremos}$$

Primer caso:

$$Q = 0.00024 \times 20^2 \times 25 \times 1 = 0.00024 \times 20 \times 20 \times 25 \times 1 = 2.4 \text{ calorías}$$

Segundo caso:

$$Q = 0.00024 \times 20^2 \times 50 \times 1 = 0.00024 \times 20 \times 20 \times 50 \times 1 = 4.8 \text{ calorías}$$

**Resultado:** Vemos que la corriente de 20 amperes produjo 2.4 calorías al circular por 1 segundo en el conductor de 25 ohms; y 4.8 calorías, o sea el doble, al hacerlo durante el mismo tiempo en el de doble resistencia. Es decir, que siendo todo lo demás igual, a doble resistencia corresponde doble calor; a 3 veces más resistencia 3 veces más calor, y así sucesivamente; es decir, el calor producido "**varía en razón directa con la resistencia**", tal como lo dice la 2ª ley de Joule (párrafo 37).

**39.—Efecto luminoso de la corriente.**—El efecto luminoso de la corriente no es más que una consecuencia del efecto calorífico. Si la corriente que circula por un conductor es suficientemente grande con relación a su sección, el calor desarrollado podrá calentarlo al punto de ponerlo incandescente y hasta fundirlo.

La aplicación de ese efecto de la corriente lo tenemos, por ejemplo, en las lámparas incandescentes, en las cuales la corriente circula por un filamento que se calienta hasta la incandescencia, emitiendo luz. Si ese filamento estuviese expuesto al aire, el oxígeno que éste contiene lo quemaría con rapidez; es para evitar eso que dicho filamento se coloca dentro de la ampolla o bombita de vidrio, en la que se hace el vacío y se suelda luego el piquito,

para impedir que penetre el aire; en tal forma el filamento puede funcionar mil o más horas sin quemarse. En otras lámparas modernas en vez de hacer el vacío se llenan de un gas que no contenga oxígeno, y entonces también el filamento dura largo tiempo sin quemarse.

Otra aplicación importante del efecto luminoso de la corriente es el **"arco voltaico"**. Se llama así a la especie de arco luminoso (figura 20), de brillo vivísimo, que se produce cuando al haber puesto en contacto los extremos de dos trozos de conductor, (conectados a los polos de un generador de corriente conveniente) se separan luego las puntas; entonces éstas se calientan hasta la volatización, por el efecto de la corriente, y las partículas así desprendidas forman una verdadera cadena continua a través del aire recalentado, formando un verdadero conductor gaseoso entre las dos puntas y el cual, por la elevada resistencia que presenta al pasaje de la corriente, se calienta hasta producir el vivísimo desprendimiento de luz que forma el arco.

Por más que pueda obtenerse ese efecto con los conductores metálicos, se prefiere usar trozos de carbón de fabricación especial, pues éste, por su elevadísima temperatura de volatización, produce una luz muchísimo más intensa que los metales y se desgasta con menos rapidez.

El arco voltaico se utilizaba mucho en las lámparas de alumbrado público y otros lugares que requieren iluminación intensa; pero hoy día ya está cayendo en desuso, pues lo reemplazan con ventaja las lámparas incandescentes llamadas **"intensivas"**, de 500, 1000, 2000 y hasta 3000 bujías cada una.

En la que aún se emplea el arco es en los **"proyectores"** o **"refletores"**, utilizados principalmente en las marinas de guerra y ejércitos, para generar una luz muy intensa que se refleja en haz, a larga distancia, por medio de espejos apropiados. Los arcos voltaicos de tales proyectores requieren de 50 a 75 volts de tensión o voltaje entre sus terminales, y consumen una corriente que varía, según el tamaño de los carbones, entre 60 y 150 amperes de intensidad.

**40.—Efecto magnético de la corriente.**—Toda corriente eléctrica, al circular por un conductor, produce a su alrededor un campo magnético análogo por completo al que existe alrededor de un imán. A eso es a lo que se le da el nombre de **"efecto magnético de la corriente"**. Dicho efecto es tan-

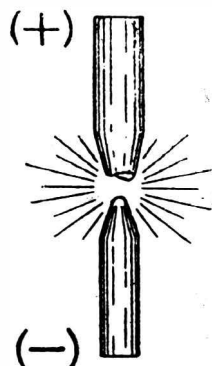


Fig. 20

to mayor cuanto más intensa es la corriente; es menor si se trata de un conductor rectilíneo, y aumenta si éste se envuelve sobre sí mismo formando espiras.

Es fácil comprobar el efecto magnético de la corriente que acabamos

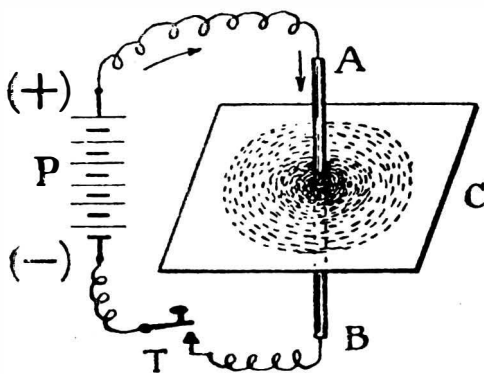


Fig. 21

de mencionar. Si tomamos un trozo de cartón **C**, figura 21, y desparramamos sobre él limadura fina de hierro y hacemos atravesar el cartón verticalmente por un conductor **A B**, conectado a los polos de una batería de pilas **P**, o de otro generador de corriente: veremos que al hacer contacto con la llave o interruptor **T**, o sea, al cerrar el circuito y establecer la corriente, la limadura de hierro, se agrupará formando círculos

concéntricos sobre el cartón, alrededor del conductor, al que también se adherirá.

Si se interrumpe la corriente y se golpea el cartón, la limadura se desprende y se distribuye de cualquier modo, pero tan pronto como vuelve a pasar corriente, se produce otra vez la agrupación de las partículas de hierro exactamente como si debajo del cartón se hubiese colocado el extremo o polo de un imán.

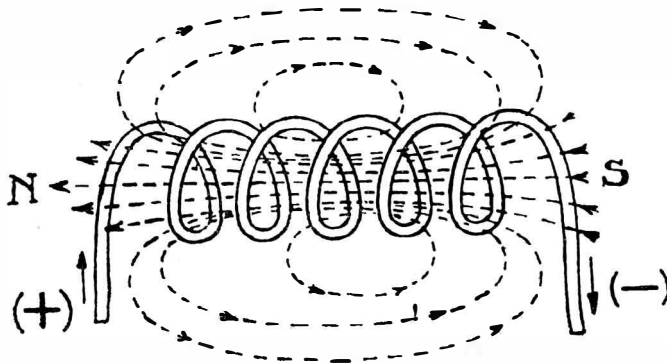


Fig. 22

Si en vez de hacer el experimento con un conductor rectilíneo, como acabamos de describir, lo envolvemos en espiral, figura 22, formando lo que

se llama un “**solenoides**”, cuyas espiras atraviesen el cartón sobre el que se ha desparramado la limadura de hierro, veremos que al establecerse corriente en la espiral, cuando se ha cerrado el circuito conectado al interruptor **T**, dando ligeros golpecitos al cartón, las partículas de limadura se agrupan o disponen formando un “**espectro magnético**” enteramente análogo al que produce un imán, como hemos dicho en el párrafo 10.

Si interrumpimos la corriente, abriendo la llave **T**, y golpeamos el cartoncito, la limadura se desparramará en cualquier forma; pero si volvemos a establecer la corriente, otra vez las partículas de limadura se volverán a agrupar en las líneas curvas regulares que hemos mencionado, demostrando con eso que tal efecto de atracción no proviene del conductor mismo, sino de la corriente que lo recorre, pues empieza con ésta y termina cuando ella ha dejado de circular. Y, como hemos dicho, se comprueba que el efecto es tanto más grande cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y también, en el caso de un solenoide (figura 22) cuantas más espiras tenga.

**41.—Polaridad del campo producido por una corriente.**—Como hemos visto en el párrafo anterior, la corriente eléctrica produce alrededor del conductor por el que pasa, un campo magnético como el de un imán, y que por lo tanto debe presentar sus polos Norte y Sur, de manera que ejercerán atracciones o repulsiones sobre otros polos que se pongan en las proximidades de dicho conductor. Así sucede en efecto, y se comprueba como sigue: Si tomamos una aguja inmantada **N S** (figura 23) y colocada sobre un pivote vertical de modo que ella pueda girar horizontalmente, y tendremos encima un conductor **A B**, veremos que, al establecerse la corriente, la aguja se desvía y tiende a ponerse en cruz con el conductor. Ahora bien, esa desviación es hacia un lado u otro, según el sentido de la corriente, y hay una regla para determinar hacia qué lado desviará el polo Norte de la aguja. Esa regla se llama “**Regla de Ampere**” y dice: “**El polo Norte de un imán móvil es siempre desviado hacia la izquierda de la corriente**”. Por la izquierda de la corriente se entiende la de un observador que, colocado sobre el conductor, con la cara hacia la aguja (figura 23), el sentido de la corriente sea de los pies hacia la cabeza.

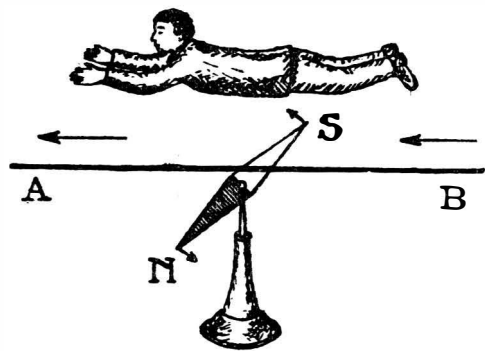


Fig. 23

Si la corriente se invierte, también se invierte la desviación de la aguja; y como la desviación es tanto mayor cuanto más intensa es la corriente, se desprende que por medio de las agujas imantadas podrá deducirse no sólo el sentido de la corriente, sino también medir su intensidad. En ese principio se basa el “galvanómetro” que describiremos más adelante.

Si en vez de tratarse de un conductor rectilíneo, como el de la figura 23, consideráramos un solenoide, figura 24, podríamos aplicar la regla de Ampere para determinar fácilmente la polaridad de sus extremos. Veríamos que suponiendo al observador acostado sobre las espiras, de modo que el sentido de la corriente fuese de los pies hacia la cabeza, el polo Norte del solenoide estaría siempre a su izquierda; y la verdad de esto podría comprobarse aproximando a dicho extremo el polo Norte del imán, el que produciría una repulsión.



Fig. 24

Otra regla para determinar la polaridad de un solenoide, basada en la de Ampere, pero tal vez más fácil de recordar, consiste en aplicar la mano derecha con la palma hacia el conductor (figura 25) y en forma que la punta de los dedos estén dirigidas en el sentido en que marcha la corriente; en tal caso, el dedo pulgar, extendido en ángulo recto con respecto a los otros, indicará hacia qué lado queda el polo Norte del solenoide.

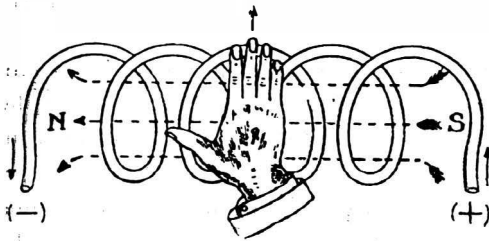


Fig. 25

Con las reglas citadas puede producirse entonces tanto la polaridad cuando se conoce el sentido de la corriente, como la dirección de ésta si se conoce la polaridad producida.

**42.—Imanación por la corriente.**—Si, como hemos dicho en el párrafo 40, la corriente produce un campo magnético como el de un imán, es lógico pensar que por medio de la corriente también se podrá imanar trozos de metales magnéticos.

En efecto, si en el interior de un solenoide, (figura 26) se coloca un trozo de acero templado, éste se convertirá en un imán, en un tiempo más o

menos largo, según el número de espiras de que se componga el solenoide y la intensidad de la corriente que las recorra.

Si en vez de colocar un trozo de acero templado en el interior del solenoide, se pone uno de hierro dulce, se observará que se imanta tan pronto como se establece la corriente, y se desimantará cuando ésta cesa. Es decir, se convertirá en un **“imán temporal”** (párrafo 5), por efecto del campo de la corriente, pero no retendrá la imanación porque, como hemos dicho en el párrafo 7, no tiene **“fuerza coercitiva”** como el acero templado.

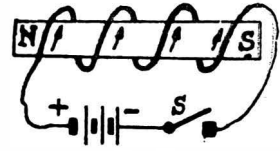


Fig. 26

**43.—Electroimanes.**—Un imán temporal formado por un núcleo de hierro dulce y un enrollamiento de conductor, es lo que se llama un **“electroimán”**.

En la práctica los electroimanes no se construyen como en la figura 26, en que las pocas espiras de alambre están envueltas directamente sobre el núcleo, sino que el conductor, aislado con seda, algodón, etc., va envuelto en numerosas capas de espiras cerradas, sobre un carretel, como se ve en la figura 27.

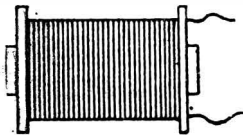


Fig. 27

En vez de un núcleo derecho, el electroimán puede también adoptar otras formas, siendo una de las más usadas la **“de herradura”**, como muestran las figuras 28 y 29.

En este tipo de electroimán, es necesario que el enrollamiento de una de las bobinas sea de sentido inverso al de la otra, para obtener polos de

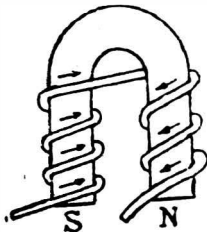


Fig. 28

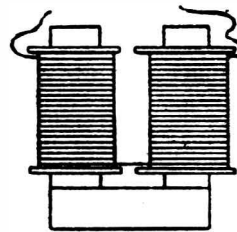


Fig. 29

nombre opuestos en los extremos del núcleo, pues de otro modo la atracción magnética sería prácticamente nula. La pieza de hierro dulce que une a ambos núcleos recibe el nombre de **“yugo”** o **“culata”**.

**44.—Campanilla eléctrica.**—Una de las aplicaciones más comunes del electroimán, es la campanilla eléctrica. Este aparato (figura 30) consiste en un electroimán **E**, provisto de una armadura **A**, sostenida por una laminita flexible **B**, que le permite aproximarse a los núcleos **N S** del electroimán. Cuando éstos la atraen por su imantación al circular corriente en los carretes

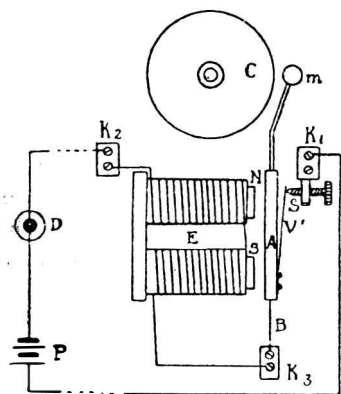


Fig. 30

o bobinas. Al ser atraída la armadura **A**, el martillo **m** golpea en la campanilla **C**, produciendo un sonido que es variable según la forma y tamaño de dicha campanilla.

La corriente de alimentación la suministra una batería de pilas **P**, de dos o tres elementos en serie, y el botón o pequeño interruptor **D** permite establecer la corriente o cortarla a voluntad, al completar o abrir el circuito. Este tipo de campanilla es de las llamadas “intermitentes”, porque manteniendo apretado el botón, el electroimán atrae a la armadura durante un instante, luego la suelta, la vuelve a atraer, y así sucesivamente,

produciendo un repiqueteo del martillo sobre la campanilla. El funcionamiento es como sigue: al cerrar el circuito, apretando el botón **D**, la corriente sale del polo (+) de la pila, pasa por el botón **D** al terminal **K2** y de allí pasa a las bobinas del electroimán, sigue al terminal **K3**, luego por la lámina **B**, armadura **A**, lámina **V'** y tornillo **S** y terminal **K1**, volviendo de allí al polo (—) de la pila. Ahora bien, cuando la corriente circula por las bobinas del electroimán, sus núcleos se imantan y atraen a la armadura **A**, produciendo la separación entre la laminita **V'** y el tornillo **S**, cortando así el circuito e interrumpiendo el pasaje de la corriente, con lo que pierden su imantación los núcleos **N S**, que sueltan a la armadura **A**, a la que la laminita **B** vuelve a llevar a su posición primitiva, de modo que se establece de nuevo el contacto entre **V'** y **S**, con lo que vuelve a pasar corriente, siendo de nuevo atraída la armadura **A**, dando otro golpe con el martillito sobre la campanilla, y así sucesivamente, de modo que se produce el repiqueteo intermitente, el que dura mientras se mantenga apretado el botón **D**.

## PILAS

**45.—Generalidades sobre pilas.**—Se da el nombre de “pila primaria” o sencillamente “pila”, a un aparato que genera corriente eléctrica por la acción de una combinación química. Supongamos que en el vaso o recipiente de vidrio **V**, (figura 31) conteniendo agua acidulada con ácido sulfúrico, colocamos dos placas de metales diferentemente atacables por el ácido; es decir, una muy atacable, como por ejemplo la de cinz (**Z**) y otra apenas atacable, como ser la de cobre (**C**). Desde el momento que se las sumerge en el líquido mencionado (líquido excitador) esas dos placas (electrodos) toman un potencial o nivel eléctrico diferente, correspondiéndole el más alto al electrodo menos atacable (**C**) y el más bajo al más atacable (**Z**). Es decir, el aparato en cuestión habrá generado una fuerza electromotriz, que mantendrá entre ambos polos una diferencia de potencial más o menos grande, según sean las circunstancias que veremos luego. Ahora bien, mientras no se pongan en comunicación entre sí las placas por medio de un conductor exterior, no se producirá pasaje de corriente de una a otra, por más que estén a distinto potencial; sencillamente porque el circuito estará “abierto” o sea, interrumpido; pero tan pronto como establezcamos la conexión entre los electrodos por medio del alambre **A**, empezará a circular una corriente eléctrica que partiendo del electrodo positivo **C**, irá por el alambre **A** hasta el electrodo negativo **Z**, y desde éste, por el interior del líquido irá hacia la placa **C**, como indican las flechas. Es decir, en otras palabras, que en el exterior de la pila la corriente va desde el electrodo positivo al negativo y en el interior va del negativo al positivo.

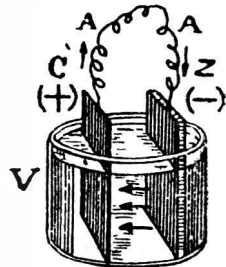


Fig. 31

Al establecerse la corriente en el circuito, se observa que el líquido se descompone o sea, se separan las partes que lo forman; el oxígeno se dirige al electrodo negativo (**Z**), donde se combina con el metal de que está hecho, oxidándolo; el hidrógeno, en cambio, en pequeñas burbujas, se deposita en gran parte sobre el electrodo positivo y en parte sube a la superficie del líquido.

La corriente eléctrica producida depende de la cantidad de metal del electrodo negativo descompuesto. La fuerza electromotriz de la pila sólo depende de cuáles son los cuerpos que forman ambos electrodos; cuanto más diferentemente atacables por el ácido ellos sean, mayor será la fuerza electromotriz que la pila podrá generar, con prescindencia del tamaño que tengan dichos electrodos.

El cinc es el metal casi exclusivamente empleado como electrodo negativo de las pilas, pues, además de ser muy atacable por el ácido, es muy barato.

Para electrodo positivo se usan casi exclusivamente el cobre y el carbón comprimido. En algunas pilas especiales se emplea el platino.

Como líquido excitador se emplean generalmente soluciones de ácido sulfúrico o de sal amoniacal.

**46.—Polarización de las pilas.**—Si en el caso de la figura 31, se mantiene el circuito “cerrado”, o sea establecida la comunicación entre ambos polos de la pila, se podrá observar con ayuda de los aparatos destinados a ese objeto, que la intensidad de la corriente producida va gradualmente disminuyendo, hasta cesar por completo, aunque el cinc no haya sido totalmente oxidado, y por más que el líquido excitador esté aún en buenas condiciones. Eso será debido a que las burbujas de hidrógeno, que es mal conductor, se habrán ido depositando sobre el electrodo positivo, formando sobre él una especie de vaina cada vez de mayor espesor, hasta llegar a impedir el pasaje de la corriente. Aparte de eso, habrá también el efecto de una fuerza electromotriz contraria a la principal, pero que no entraremos a estudiar aquí.

Cuando la pila se “extingue” por decirlo así, en la forma arriba mencionada, se dice que está “polarizada”.

Para evitar la polarización de las pilas, de modo que ellas puedan mantener su fuerza electro-motriz y suministrar corriente durante un tiempo relativamente largo, se rodea al electrodo positivo de sustancias capaces de absorber el hidrógeno en gran proporción, combinándose con él, impidiéndole así acumularse sobre el electrodo positivo. A las sustancias que se destinan a ese fin se las llama “despolarizantes”.

En general los despolarizantes están formados por sustancias ricas en oxígeno; el cual, combinándose con el hidrógeno libre producido por la descomposición del líquido excitador, forma agua.

Los despolarizantes más comúnmente empleados en las pilas son el ácido nítrico, el peróxido de manganeso y el sulfato de cobre.

**47.—Amalgamación del cinc.**—Cuando se usa el cinc puro como electrodo negativo, éste no se consume estando el circuito exterior abierto; pero no sucede lo mismo tratándose del cinc comercial común, pues, conteniendo como impurezas cuerpos extraños, entre éstos y el cinc se forman como si diéramos pequeños elementos de pila, que dan lugar a corrientes “locales” que circulan dentro del cinc y éste se va consumiendo, por más que la pila no suministre corriente al circuito exterior, es decir, el cinc se consume a pura pérdida. Tal cosa se evita “amalgamándolo”; esto es, cubriendo su superficie con una capa uniforme del mercurio.

Esa operación se realiza fácilmente rascando previamente la superficie del cinc para limpiarlo bien y luego desengrasándolo, lavándolo en una solución muy rebajada de ácido sulfúrico; después de lo cual con estopa envuelta en la punta de un trozo de madera, se extiende, restregando, el mercurio sobre la superficie del cinc, a la que se adhiere formando una capa delgada, a la que se da el nombre de “amalgamado”.

**48.—Pila Daniell.**—Este elemento de pila, que produce una f. e. m. muy constante (1,06 volts), está representada en la figura 32. Tiene como electrodo positivo un cilindro de cobre **C**; como negativo uno de cinc **Z**; co-

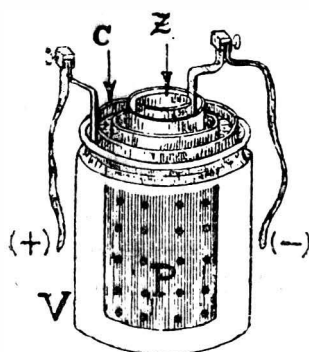


Fig. 32

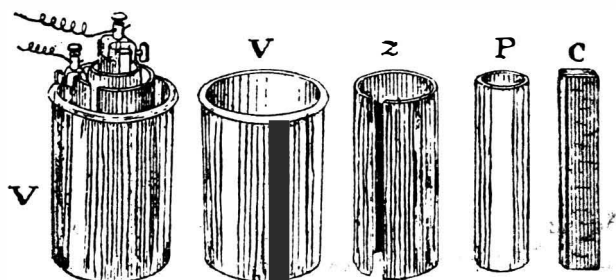


Fig. 33

mo líquido excitador una solución de ácido sulfúrico de 10 a 15 %; como desporaliente tiene cristales de sulfato de cobre, contenidos en el vaso poroso **P**, de tierra cocida. El recipiente o vaso **V** que contiene todo el conjunto puede ser de vidrio, ebonita, etc.

**49.—Pila Bunsen.**—Este elemento está representado en conjunto en la figura 33, que también muestra las partes de que se compone. Su electrodo positivo es un prisma **C**, de carbón de retorta; el negativo un cilindro de cinc **Z**; el líquido excitador es una solución de ácido sulfúrico del 10 al 15 %;

el despolarizante es ácido nítrico puro, el que va contenido en el vaso poroso **P**, en cuyo interior se coloca el electrodo positivo. El recipiente **V** que contiene el conjunto, puede ser de vidrio, arcilla, etc.

Este elemento de pila desarrolla una f. e. m. de 1,8 volts.

**50.—Pila Leclanché.**—La figura 34 representa una de las formas más comunes de este tipo de pila, que es una de las más empleadas en las instalaciones comunes de campanillas. Su electrodo positivo es un prisma de carbón

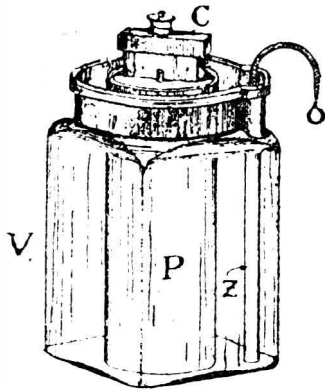


Fig. 34

de retorta **C**; el negativo lo forma una barrita de cinc **Z**; que se aloja en la extensión especial que tiene el recipiente **V**; el líquido excitador es una solución saturada de sal amoníaco; el despolarizante, que rodea al electrodo positivo dentro del vaso poroso **P**, es un conglomerado de peróxido de manganeso con carbón triturado. El recipiente **V** que contiene el conjunto es de vidrio y tiene el borde superior cubierto con una capa de parafina de 2 a 3 centímetros de ancho, para impedir la adherencia de sales trepadoras. La misma precaución se toma con el extremo superior del carbón, para que la sal amoníaco no trepe y oxide el terminal donde se

conecta el conductor, que debe permanecer siempre bien limpio para establecer buen contacto.

Este elemento produce una f. e. m. de 1.45 volts. El elemento Leclanché arriba mencionado es de tamaño mediano, pero existe, además, el de la figura 35, cuyos electrodos tienen más superficie, y que si bien produce la misma f. e. m. de 1.45 volts, puede en cambio proporcionar mayor cantidad de corriente.

En este tipo el negativo en vez de ser una barrita de cinc, es un cilindro abierto **C**.

**51.—Pila Grenet.**—Tiene esta pila representada en la figura 36, la particularidad que el despolarizante está disuelto en el líquido excitador. Este último es una solución de ácido sulfúrico del 8 al 10 % en la que también se disuelve un 5 a 8 % de bieromato de potasa, que constituye el despolarizante.

En esta pila el electrodo positivo lo forman

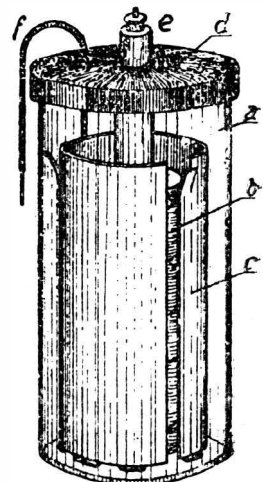


Fig. 35

dos placas **C** de carbón de retorta, entre las cuales va una de cinc **Z**, que es el negativo, la cual se extrae del líquido cuando el elemento no se usa. El recipiente es de vidrio y tiene forma de botellón, como se ve en la figura.

La f. e. m. que produce este elemento es, aproximadamente, de 2 volts.

**52.—Pila Minotto.**—Este tipo de pila, figura 37, se emplea en nuestra Armada en conexión con un galvanómetro para probar los circuitos de la

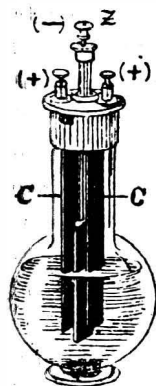


Fig. 36

artillería. Su electrodo positivo es un disco de cobre **C**, dispuesto hacia el fondo de un recipiente o vaso **V** de ebonita y cubierto por una gruesa capa de cristales de sulfato de cobre, sobre la cual va un grueso disco de fieltro **F**, que separa el sulfato de cobre de la capa de aserrín **A**, empapado en el líquido excitador que es sulfato de cinc. El electrodo negativo es un grueso disco de cinc, que asienta en la capa de aserrín arriba mencionado. A cada electrodo va soldado un hilo de cobre ais-

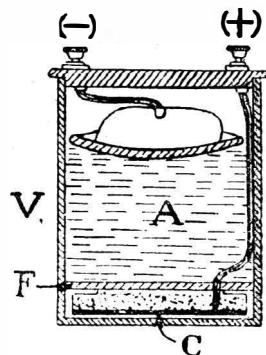


Fig. 37

lado, que va a su respectiva borna o terminal, sobre la tapa de que está provisto el recipiente.

La pila que acabamos de describir es la destinada a usar a bordo, donde los rolidos podrían volcar el líquido excitador, y por ello éste va contenido en el aserrín que lo absorbe. En cambio, en las destinadas a usarse en tierra, en vez de aserrín, tienen una capa de arena gruesa o ladrillo machacado sobre la cual va el líquido excitador.

La pila Minotto desarrolla una f. e. m. de aproximadamente 1 volt.

**53.—Pilas secas.**—Se llaman así porque en vez de contener el excitador en estado líquido, lo tienen en pasta semi-seca, que está en contacto con los electrodos. Por esa causa son muy manuales, y son muy convenientes para emplearlas a bordo, en vehículos, etc. Estas pilas son del tipo Leclanché, y la figura 38 representa una, cortada longitudinalmente, para ver su construcción, que es la siguiente: dentro de un recipiente cilíndrico de cinc, **a**, que constituye a la vez el electrodo negativo, va alojado el prisma de carbón **b**, que es el electrodo positivo, rodeado por el despolarizante **c**, de forma cilíndrica. El espacio **d** entre uno y otro, que es de 8 a 10 mm. está relleno

nado con la masa o pasta excitadora, compuesta de una substancia inerte, o sea que no entra en la combinación química, tal como yeso, polvo de vidrio, gelatina, amianto, etc. Tal substancia sirve para contener en su masa al líquido excitador, que es una solución de sal amoníaco, cloruro de cinc, etc., según sea la casa fabricante, pues, cada una tiene su receta propia, que por razones comerciales no da a conocer.

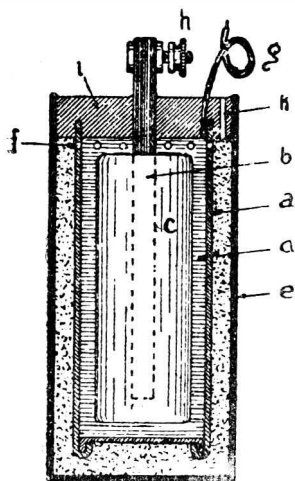


Fig. 38

La propiedad de la pasta es que conserva mucho tiempo el líquido excitador en forma de humedad, lo que permite mantener la pila en condiciones de funcionar durante largos períodos.

El conjunto de los elementos mencionados va alojado en una caja cuadrada o cilíndrica de cartón, rellenando con aserrín los intersticios. Este, a través de los orificios, absorbe los gases provenientes del electrolito. El conductor *g* soldado al cinc, y el tornillo *h*, de que está munido el carbón, constituyen los polos o terminales del elemento, mediante los cuales se conectan los conductores del circuito exterior. La f. e. m. de estos elementos es alrededor de 1.45 volts.

**54.—Pilas semi-secas.**—Son de forma y construcción parecidas a las pilas secas arriba descriptas; pero en vez de pasta húmeda contienen una composición seca a base de sal amoníaco y substancias inertes. En estas condiciones la pila es inactiva y puede ser almacenada por tiempo indeterminado, sin que pierda su eficacia para cuando deba ser puesta en actividad. Para prepararla basta verter agua limpia por el orificio de su parte superior, hasta llenarla, dejándola luego una hora para que la composición se sature de líquido. Después se vacía el agua excedente, cerrando herméticamente la abertura, y el elemento estará listo para funcionar.

A medida que la pila va perdiendo su actividad, ésta puede reavivarse agregando más agua. Por esa razón es que a este tipo de pila se le llama también “**pila regenerable**”.

Su ventaja consiste en poderla almacenar un tiempo indeterminado sin que pierda su eficacia como las de otro tipo; y una vez cargadas, presentan las mismas ventajas que las secas en cuanto a limpieza, seguridad en lugares inestables, etc.

La f. e. m. de estos elementos es alrededor de 1.45 volts.

55.—Resumen de datos sobre pilas.—En la tabla siguiente damos un resumen de los datos principales concernientes a las pilas más comunes :

TIPO DE PILA	ELECTRODOS		EXCITADOR	DESPOLARIZANTE	F. E. M. volts.
	Positivo (+)	Negativo (—)			
Daniell	Cobre	Cinc	Acido Sulfúrico	Sulfato de cobre	1.06
Bunsen	Carbón	Cinc	Acido Sulfúrico	Acido nítrico	1.80
Leclanché	Carbón	Cinc	Sal amoníaco	Peróxido Manganeseo	1.45
Minotto	Cobre	Cinc	Acido Sulfúrico	Sulfato de cobre	1.06
Grenet	Carbón	Cinc	Acido Sulfúrico	Bicromato de potasa	2.00
Seca	Carbón	Cinc	Sal amoníaco	Peróxido Manganeseo	1.45
Semi-seca	Carbón	Cinc	Sal amoníaco	Peróxido Manganeseo	1.46

## ACOPLAMIENTO DE PILAS

**56.—Generalidades sobre acoplamiento de pilas.**—En la práctica será raro que baste un solo elemento de pila para suministrar la corriente que se necesite para un fin determinado; pues, por una parte, es muy reducido el voltaje que cada elemento genera y por otra, aunque en algunos casos muy especiales fuera suficiente dicha tensión, se requeriría una corriente de mayor intensidad que la que tan reducido voltaje podría hacer circular en un circuito exterior cuya resistencia no fuera mínima.

Por esas causas, se hace necesario usar “baterías” de pilas, constituidas por cierto número de elementos, conectados o “acoplados” de manera tal que se sumen entre sí sus f. e. m. o bien sus intensidades. El primer tipo de acoplamiento se llama “en serie” y el segundo “en derivación” o “en cantidad” o “en paralelo”.

**57.—Acoplamiento en serie.**—La figura 39 muestra un grupo de elementos Leclanché, acoplados en serie, y la figura 40 indica en esquema, o sea, en rasgos sencillos, la misma batería de 4 elementos unidos de esa manera.

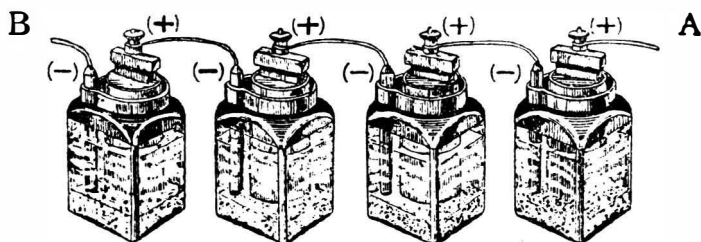


Fig. 39

El acoplamiento en serie consiste en unir el polo negativo de cada elemento con el polo positivo del siguiente, de modo que así formada la batería, quedarán libres el positivo del primer elemento y negativo del último, y ellos vendrán a ser el polo positivo **A** y el negativo **B**, de la batería, figura 39, a los que se conectarán los terminales o extremos del circuito

exterior, donde estará intercalada una campanilla, una lámpara, o cualquier otro aparato receptor de la corriente.

Estando los elementos unidos o acoplados en serie, sus f. e. m. se suman entre sí, de modo que el voltaje existente entre los polos o terminales de la batería es igual a la suma de los voltajes de los elementos; y si éstos tienen la misma f. e. m. entonces la f. e. m. total de la batería será igual a la de un elemento, multiplicado por el número de ellos que haya en serie.

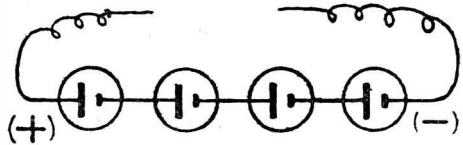


Fig. 40

En el caso de la figura 39, como se trata de 4 elementos Leclanché, cada uno de los cuales produce 1.45 volts, la f. e. m. de la batería, a la que llamaremos **E**, será:

$$E = 1.45 + 1.45 + 1.45 \text{ o sea : } E = 1.45 \times 4 = 5.80 \text{ volts}$$

Podemos escribir más sencillamente esto mismo, representando con letra las cantidades, para poder aplicar en general la misma fórmula a cualquier número de pilas, y cualquier voltaje. Así, por ejemplo, si llamamos **n** al número de pilas en serie de que se compone la materia, y **e** a la f. e. m. que tiene cada elemento, la f. e. m. total **E**, será sencillamente:

$$E = e \times n$$

Si, por ejemplo, se tratara de elementos Grenet, en que la f. e. m. de cada uno es  $e = 2$  volts, y si acopláramos en serie una cantidad  $n = 20$  elementos, entonces la f. e. m. total de la batería sería:

$$E = e \times n = 2 \times 20 = 40 \text{ volts}$$

En la misma forma, para resolver el problema en cada caso, no tendríamos más que reemplazar a cada letra por el valor que le corresponde, y entonces no queda más que efectuar la operación aritmética para hallar el resultado.

En el acoplamiento en serie no sólo se suman entre sí las f. e. m. de los elementos que componen la batería, sino que también la resistencia interna de cada elemento se suma a la de los otros, de modo que si todos los elementos son iguales, la resistencia interna total **R** de la batería, sería igual al producto de la **r** de cada elemento, por la cantidad **n** de ellos que estén unidos en serie. O sea:

$$R = r \times n$$

La razón de esto es que cada elemento es sencillamente un conductor a través del cual pasa la corriente; y como ésta los recorre a todos, uno después de otro, tiene que ir venciendo sucesivamente la resistencia de cada uno, del mismo modo que si se tratara de los alambres representados en la figura 17, los que también están unidos en serie; o de manera análoga a la de una corriente de agua que debiera pasar por cuatro trozos de caños, dispuestos uno a continuación de otro y en los que, por tanto, el agua debiera ir venciendo sucesivamente la resistencia que por fricción y otras causas le presentara cada trozo de tubo a su pasaje.

Para facilitar la comprensión de lo explicado precedentemente, compararemos a cada elemento de pila con un recipiente conteniendo agua.

Supongamos que tenemos los 4 recipientes iguales a, b, c y d, figura 41, en cada uno de los cuales el agua tenga la misma altura e y designemos con el signo (+) la parte superior de cada elemento y con (—) la inferior, por analogía con los elementos de pilas. Supongamos

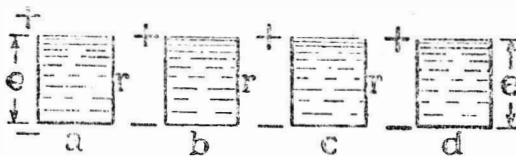


Fig. 41

también que cada recipiente de esos ofreciera al pasaje del agua, si no tuviera fondo, una cierta resistencia r.

Ahora bien, supongamos que colocamos los 4 recipientes uno encima de otro, como muestra la figura 42, o sea la parte superior o (+) de uno con la inferior o (—) del que sigue, y así sucesivamente, de modo que quedara libre la extremidad (—) del primero y la (+) del último; o sea, los habremos dispuestos "en serie".

Es evidente que la altura total E de la columna de líquido así formada con los 4 recipientes llenos, será igual a la suma de las alturas de cada uno; y si todos los recipientes tienen el mismo alto e y llamamos n a la cantidad de recipientes así dispuestos, entonces tendremos que entre la extremidad o terminal (—) del primer recipiente y el (+) del último, habrá una altura total o desnivel del líquido de:

$$E = e \times n$$

y si suponemos quitado el fondo o tabique divisorio que separa los recipientes entre sí y que hace de "aislador" del líquido entre los recipientes, o sea si efectuamos la "conexión" o "acoplamiento" de los recipientes para que el líquido pueda pasar o circular

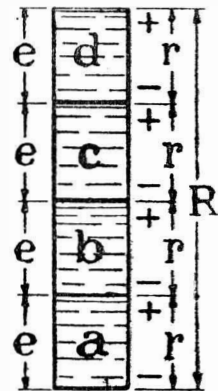


Fig. 42

del uno al otro, tendremos que la “presión” total que esa columna líquida ejercerá sobre el fondo del recipiente, y que sería la que daría lugar a una corriente de líquido en caso de haber una abertura o pasaje de salida, tal presión estaría representada por el desnivel total **E** que es la suma de las alturas parciales **e**; exactamente como, en el caso de las pilas, la tensión total **E** es la suma de las parciales **e** de los elementos acoplados en serie.

Cosa análoga sucede con la resistencia, pues, si en el caso de la figura 42, cada recipiente presenta al pasaje del líquido una resistencia **r**, es evidente que si éstos están comunicados de modo que el agua deba recorrerlos sucesivamente a todos, entonces deberá ir venciendo una después de otra tantas resistencias **r** como recipientes se haya acoplado uno a continuación de otro. Si la cantidad de éstos es igual a **n**, entonces la resistencia total **R**, será:

$$R = r \times n$$

que es la misma fórmula que habíamos puesto en el caso de los elementos de pilas en serie.

**58.—Ejemplos del acoplamiento en serie de pilas.**—A continuación damos algunos ejemplos sobre este punto:

**Ejemplo 1º**—Supongamos que tenemos una batería compuesta de  $n = 6$  elementos Daniell, acoplados en serie, figura 43, los que alimentan el electroimán de una campanilla que tenga una resistencia de  $R_e = 20$  ohms. Supongamos que la resistencia interna de cada elemento sea de 2 ohms. Se pregunta:

1º—¿Qué f. e. m. total **E**, tendrá la batería?

2º—¿Qué resistencia interna total **R<sub>i</sub>** ofrecerá la batería?

3º—¿Cuál será la resistencia total **R<sub>t</sub>** de todo el circuito, no contando la que puedan tener los conductores de unión entre la batería y el electroimán?

4º—¿Qué intensidad **I** de corriente recorrerá el circuito?

**Respuesta 1ª**—Sabemos que estando los elementos acoplados en serie tenemos que:

$$\text{F. E. M. total} = \text{F. E. M. de un elemento} \times \text{número de elementos};$$

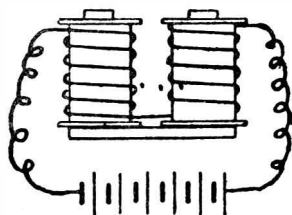


Fig. 43

o bien:

$$E = e \times n = 1.06 \times 5 = 5.30 \text{ volts}$$

**Respuesta 2ª**—La resistencia interna total de la batería, estando sus elementos unidos en serie, es:

Resistencia interna total = Resist. de un elemento  $\times$  número de elementos;  
o bien:

$$R_i = r \times n = 2 \times 5 = 10 \text{ ohms}$$

**Respuesta 3ª**—La resistencia total del circuito consta de la suma de dos partes, a saber:

Resistencia total del circuito = Resistencia interna + Resistencia exterior;  
y como en este caso la resistencia  $R_e$  del circuito exterior está formada por las bobinas del electroimán arriba mencionado, entonces:

$$R_t = R_i + R_e = 10 + 20 = 30 \text{ ohms}$$

**Respuesta 4ª**—Sabemos por la Ley de Ohm que la intensidad  $I$  de la corriente que circula en un circuito cualquiera es:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{F. E. M. total}}{\text{Resistencia total}}$$

así que:

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{5.30}{30} = 0.176 \text{ amperes}$$

**Ejemplo 2º**—Supongamos una batería de pilas, figura 44, compuesta de  $n = 10$  elementos Bunsen acoplados en serie, y que cada elemento tenga una resistencia interna de  $r = 1$  ohm. La pila está conectada a un circuito exterior formado por las resistencias  $A = 2$  ohms;  $B = 1$  ohm;  $C = 3$  ohms; y  $D = 4$  ohms, todas conectadas en serie entre sí. Se pregunta:

1º—¿Cuál será la f. e. m. total  $E$  de la batería?

2º—¿La resistencia interna total  $R_i$  de ésta?

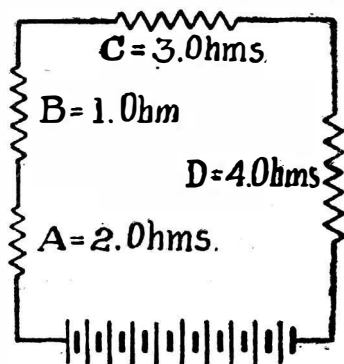


Fig. 44

3º—¿La resistencia **Re** del circuito exterior?

4º—¿La resistencia total **Rt** de todo el circuito interno y externo?

5º—¿La intensidad **I** que circulará en todo el circuito?

**Respuesta 1ª**—La fuerza electro-motriz total, estando los elementos unidos en serie, sabemos que es:

F. E. M. total = F. E. M. de un elemento  $\times$  número de elementos

o sea:

$$E = e \times n = 1.8 \times 10 = 18 \text{ volts}$$

**Respuesta 2ª**—La resistencia interna total de la batería, estando sus elementos acoplados en serie, es:

Resistenc. interna total = Resistenc. de un elemento  $\times$  número de elementos;

o bien:

$$R_i = a \times n = 1 \times 10 = 10 \text{ ohms}$$

**Respuesta 3ª**—La resistencia del circuito exterior, estando sus partes unidas en serie entre sí, es igual a la suma de las resistencias parciales, o sea:

Resistenc. circuito exterior = Resistenc. A + Resistenc. B + Resist. C, etc.;

estos es:

$$R_e = A + B + C + D = 2 + 1 + 3 + 4 = 10 \text{ ohms}$$

**Respuesta 4ª**—El circuito completo se compone del interno o sea de la batería, y del externo, formado por todos los conductores intercalados exteriormente entre los dos polos o terminales de aquélla; es decir:

Resistencia total = Resistencia interna + Resistencia exterior;

o bien:

$$R_t = R_i + R_e = 10 + 10 = 20 \text{ ohms}$$

**Respuesta 5ª**—Como hemos dicho más arriba, la intensidad de la corriente que recorre un circuito se halla dividiendo la fuerza electro-motriz total por la resistencia total que presenta dicho circuito, o sea:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Fuerza Electro-Motriz total}}{\text{Resistencia total}}$$

esto es:

$$I = \frac{E}{R_i} = \frac{18}{20} = 0.9 \text{ ampere}$$

**59.—Acoplamiento de pilas en cantidad.**—Esta clase de acoplamiento, que también se llama “**en derivación**” o “**en paralelo**”, consiste, figura 45, en conectar entre sí por un lado los polos positivos de todos los elementos y por otro todos los negativos.

Conectados en esa forma los elementos, se tendrá entre los polos o terminales **A** y **B** de la batería la fuerza electro-motriz que tiene un solo elemento; o sea  $E = e$ . Es decir, que con el acoplamiento en cantidad, o paralelo o derivación, no se aumenta la f. e. m. de la batería, pues, ésta permanece igual a la de **un solo** elemento, por grande que sea el número de ellos acoplados de ese modo.

La razón de ello es que uniendo los elementos así, por los polos del mismo nombre, lo que se ha hecho es sencillamente como si se hubiese aumentado la superficie de los electrodos.

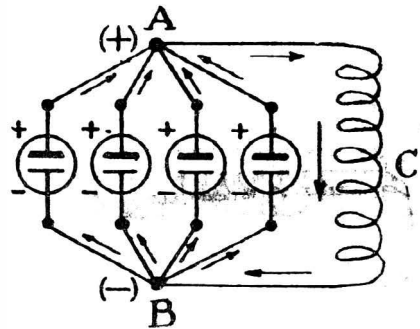


Fig. 45

Esto es, en el caso de la figura 45, en que se han acoplado 4 elementos en cantidad, es como si hubiésemos hecho con ellos uno solo, pero con electrodos 4 veces más grandes; y ya sabemos que la f. e. m. de una pila no depende de su tamaño. Pero en cambio depende del tamaño de los electrodos la **cantidad** de corriente que un elemento o batería puede proporcionar, pues, a mayor superficie de placas expuestas a la corrosión por el líquido excitador, corresponde mayor **acción química** y de ahí también mayor **cantidad de corriente generada**, pues, una cosa depende de la otra.

Por otra parte, cuando mayor sea la superficie de los electrodos sumergida en el líquido excitador, mayor será la sección del conductor líquido que comunica entre sí ambos electrodos y cuya resistencia es lo que se llama la **resistencia interna** del elemento o de la batería de que se trata. Y como ya sabemos que la resistencia eléctrica de un conductor varía en **razón inversa de su sección**, tenemos que al formar una batería acoplando en cantidad 3, 4, o más elementos, haciendo con ellos como una sola pila con electrodos de 3, 4, o más veces mayor superficie, habremos sencillamente reducido

la resistencia interna a la tercera, cuarta o quinta parte, etc., de la que tenía un solo elemento. O sea, escribiendo esto de otra manera:

$$\text{Resistencia de una batería en cantidad} = \frac{\text{Resistencia de un elemento}}{\text{Número de elementos}}$$

Y si queremos escribir esto más abreviadamente, llamando **Ri** a la resistencia interna de una batería compuesta de una cantidad **Q** de elementos acoplados en cantidad, cada uno de los cuales tenga una resistencia interna de **r** ohms, la de toda la batería será:

$$R_t = \frac{r}{Q}$$

Para facilitar la comprensión de lo que acabamos de decir con respecto al acoplamiento en cantidad, derivación o paralelo de los elementos de pila, haremos uso otra vez de una comparación con recipientes conteniendo agua, figura 46, como en el ejemplo del párrafo 57.

Dispuestos como indica la figura 46, todos con su fondo sobre el conductor **F**, es evidente que el desnivel del agua de toda la batería de recipientes, no es más que la altura **e** que

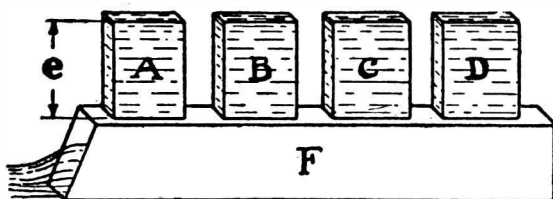


Fig. 46

el agua tiene en cada uno de ellos. Esa altura, igual para todos, es la que determina o produce sobre el fondo de cada recipiente, la presión con que el líquido saldría al conducto **F** si se quitara el material que obstruye el paso

Si se estableciera la comunicación entre los recipientes y el conducto **F**, es evidente que éste recibiría una cantidad de agua tanto mayor cuanto más grande fuera el número de recipientes conectados de ese modo (o sea en cantidad) sobre el conducto.

Y, al revés del caso presentado en la figura 42, en que el agua debía recorrer **sucesivamente** todos los recipientes, venciendo una después de la otra la resistencia interna de cada uno, en el caso de la figura 46, el agua recorre **simultáneamente** los diversos recipientes; o sea, éstos presentan en conjunto un pasaje tantas veces mayor cuanto más grande sea el número de recipientes así dispuestos "**en cantidad**".

**60.—Ejemplos del acoplamiento de pilas en cantidad.**—El acoplamiento de las pilas en cantidad, derivación o paralelo, es conveniente tan solo cuando la resistencia del circuito exterior es pequeña; pues, si no lo es, resulta muy reducida la intensidad que circula, por causa del poco voltaje que se consigue con ese acoplamiento, pues, como hemos dicho es igual al de un elemento solamente.

Como ejemplo para ilustrar lo que precede, tomaremos los mismos elementos mencionados en los ejemplos 1º y 2º del párrafo 58, pero acoplados en cantidad en vez de hacerlo en serie, e intercalando en cada caso igual resistencia exterior.

**Ejemplo 1º**—Supongamos que tenemos una cantidad  $Q = 5$  de elementos Daniell acoplados en derivación, figura 47. Esta batería alimenta un circuito exterior formado por las bobinas de una campanilla cuya resistencia sea  $R_e = 20$  ohms. La resistencia interna de cada elemento supongamos que sea  $r = 2$  ohms. Sabemos que la f. e. m. de cada elemento Daniell es  $e = 1.06$  volts. Se pregunta:

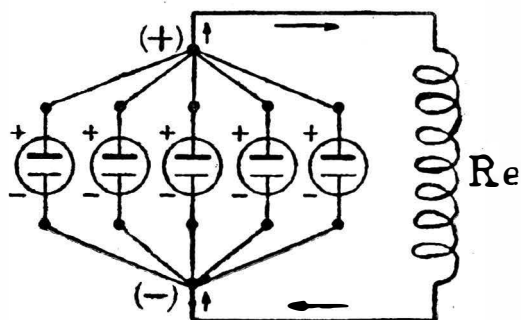


Fig. 47

un circuito exterior formado por las bobinas de una campanilla cuya resistencia sea  $R_e = 20$  ohms. La resistencia interna de cada elemento supongamos que sea  $r = 2$  ohms. Sabemos que la f. e. m. de cada elemento Daniell es  $e = 1.06$  volts. Se pregunta:

1º—¿Cuál será la f. e. m. total  $E$  de la batería?

2º—¿Cuál será su resistencia interna  $R_i$ ?

3º—¿Cuál será la resistencia total  $R_t$  de todo el circuito?

4º—¿Cuál será la intensidad  $I$  que circulará por dicho circuito?

**Respuesta 1ª**—Sabemos que estando los elementos unidos o acoplados en derivación, la f. e. m. de toda la batería es igual a la de un solo elemento. O sea, en este caso:

$$E = e = 1.06 \text{ volts}$$

**Respuesta 2ª**—Hemos dicho que cuando los elementos están acoplados en cantidad, la resistencia de la batería es igual a la de un elemento, dividida por el número de ellos acoplados entre sí de ese modo. O sea:

$$\text{Resistencia interna batería en cantidad} = \frac{\text{Resistencia de un elemento}}{\text{Nº de ellos en cantidad}}$$

o bien en este caso:

$$R_i = \frac{r}{Q} = \frac{2}{5} = 0.4 \text{ ohms}$$

**Respuesta 3ª**—La resistencia total del circuito es igual a la del circuito interno, o sea a la resistencia interna de la batería, sumada a la del circuito exterior. O sea:

Resistencia total = Resistencia interna batería + Resistencia exterior;

o bien en este caso:

$$R_t = R_i + R_e = 0.4 + 20 = 20.4 \text{ ohms}$$

**Respuesta 4ª**—Sabemos por la Ley de Ohm que la intensidad de corriente que recorre un circuito es siempre igual a la f. e. m. total dividida por la resistencia total de ese circuito. O sea:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Fuerza Electro-Motriz total}}{\text{Resistencia total}}$$

y en el caso presente:

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{1.06}{20.4} = 0.05 \text{ ampere aproximad.}$$

**Conclusión.**—Vemos que la intensidad de corriente producida es sólo de 0.05 ampere, mientras que en el ejemplo 1º del párrafo 58, la misma cantidad de pilas conectadas también sobre un circuito exterior de 20 ohms, pero acopladas en serie entre sí, produjeran una intensidad de 0.176 ampere; o sea más de 3 veces mayor que en este caso. La razón es que la resistencia exterior es grande y en ese caso conviene más el acoplamiento en serie.

**Ejemplo 2º**—Tomemos los mismos datos del ejemplo 2º del párrafo 58, pero acoplemos los elementos en cantidad en vez de hacerlo en serie. Se trata de una cantidad  $Q = 10$  elementos acoplados en cantidad, que alimentan un circuito exterior cuya resistencia es de  $R_e = 10$  ohms. Cada elemento tiene una resistencia interna de  $r = 1$  ohm. Se pregunta:

1º—¿Cuál será la f. e. m. total  $E$  de la batería?

2º—¿Su resistencia interna  $R_i$ ?

3º—¿La resistencia total  $R_t$  del circuito?

4º—¿Qué intensidad  $I$  circulará por el circuito?

**Respuesta 1ª**—Como ya hemos dicho, estando los elementos acoplados en cantidad, derivación o paralelo, la f. e. m. de la batería es solamente la de un elemento. O sea:

$$E = e = 1.8$$

**Respuesta 2ª**—Estando los elementos en cantidad, la resistencia de toda la batería es:

$$\text{Resistencia interna batería} = \frac{\text{Resistencia de un elemento}}{\text{Número de ellos en cantidad}}$$

o bien, en este caso:

$$R_i = \frac{r}{Q} = \frac{1}{10} = 0.1 \text{ ohms}$$

**Respuesta 3ª**—La resistencia de todo el circuito es:

Resistencia total = Resistencia interna batería + Resistencia exterior;  
o sea;

$$R_t = R_i + R_e = 0.1 + 10 = 10.1$$

**Respuesta 4ª**—La resistencia que circulará sabemos es:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Fuerza Electro-Motriz total}}{\text{Resistencia total}}$$

lo que en este caso será:

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{1.8}{10.1} = 0.178 \text{ ampere}$$

**Conclusión.**—Acoplando en cantidad los 10 elementos Bunsen sólo hemos obtenido 0.178 ampere; mientras que conectándolos en serie, como en el ejemplo 2º del párrafo 58, y alimentando un circuito exterior de una resistencia de 10 ohms, igual en ambos casos, obtuvimos 0.9 ampere; esto es, una corriente más o menos 5 veces mayor. Esto es debido a que la resistencia del circuito exterior era elevada, y como ya hemos dicho, en ese caso conviene más acoplar los elementos en serie.

**Ejemplo 3º**—Supongamos que tenemos 5 elementos de  $e = 2$  volts;  $r = 1$  ohm destinados a alimentar un circuito exterior  $R_e = 0.5$  ohms. Preguntamos:

1º—¿Qué intensidad  $I_s$  obtendremos en el circuito si acoplamos en serie los 5 elementos?

2º—¿Cuál será la intensidad  $I_e$  si los unimos en cantidad?

**Respuesta 1ª**—Sabemos que en todos los casos:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{F. E. M. total}}{\text{Resistencia total}} \text{ es decir } I = \frac{E}{R_i + R_e} = \frac{E}{R_t}$$

Estando los elementos acoplados en serie, sabemos que la f. e. m. de la batería es  $E = e \times n$ , de modo que en este caso  $E = 2 \times 5 = 10$  volts.

La resistencia es  $R_i = r \times n = 1 \times 5 = 5$  ohms.

Y como hemos dicho que el circuito exterior tiene una resistencia de  $R_e = 0.5$  ohm, entonces la resistencia total es:

$$R_t = R_i + R_e = 5 + 0.5 = 5.5 \text{ ohms}$$

de manera que la intensidad producida con los elementos acoplados en serie será:

$$I_s = \frac{E}{R_t} = \frac{10}{5.5} = 1.81 \text{ ampere}$$

**Respuesta 2ª**—La intensidad obtenida en el circuito será siempre:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{F. E. M. total}}{\text{Resistencia total}} ; \text{ o sea } I = \frac{E}{R_i + R_e} = \frac{E}{R_t}$$

Ahora bien, por estar los elementos unidos en derivación, tendremos que:

$$E = e = 2 \text{ volts}$$

y la resistencia interna de la batería será:

$$R_i = \frac{r}{Q} = \frac{1}{5} = 0.2 \text{ ohms.}$$

de manera que la resistencia total del circuito será:

$$R_t = R_i + R_e = 0.2 + 0.5 = 0.70$$

y la intensidad obtenida, con los elementos unidos en cantidad será:

$$I_e = \frac{E}{R_t} = \frac{2}{0.70} = 2.85 \text{ amperes}$$

**Conclusión.**—Vemos que con una resistencia exterior baja, como es la de 0.5 ohms, que hemos supuesto, nos ha resultado más conveniente el acoplamiento en cantidad, pues, con el mismo número de elementos, obtuvimos una intensidad de corriente mayor que acoplándolos en serie.

En general, se obtiene el máximo de corriente cuando la resistencia del circuito exterior es prácticamente igual a la interna de la batería.

**61.—Acoplamiento mixto.**—Este sistema de acoplamiento, que está representado en la figura 48, consiste en unir en cantidad entre sí varios grupos **A**, **B**, **C**, etc., de elementos que están acoplados en serie entre sí.

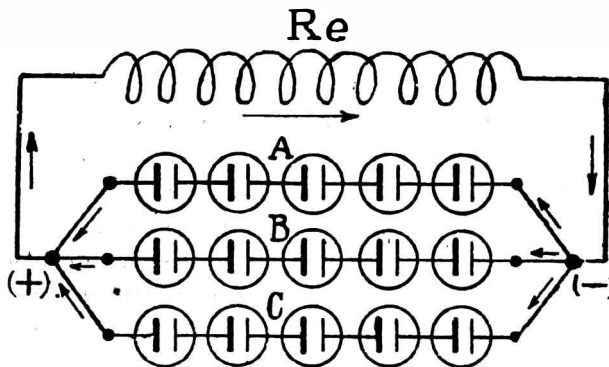


Fig. 48

En tal forma la f. e. m. total de la batería es igual a la de uno de los grupos **A**, **B** o **C**. Y si cada uno de éstos consta de una cantidad  $n$  de elementos en serie, sabemos que la f. e. m. total del grupo será  $E = e \times n$ , y esa será, también, como hemos dicho, la f. e. m. total de la batería.

La resistencia interna de toda la batería es igual a la de uno de los grupos **A**, **B** o **C**, dividido por el número de ellos que haya acoplados en cantidad, derivación o paralelos. O sea:

$$\text{Resistencia interna batería} = \frac{\text{Resistencia de un grupo de elementos en serie}}{\text{Número de grupos unidos en cantidad}}$$

Si llamamos  $r$  a la resistencia interna de cada elemento;  $n$  al número de ellos acoplados en serie en cada grupo;  $R_s$  a la resistencia interna que representa cada grupo de  $n$  elementos en serie;  $Q$  a la cantidad de grupos acoplados en derivación entre sí y  $R_i$  a la resistencia interna de toda la ba-

tería, podremos escribir abreviadamente en una fórmula lo que arriba pusimos en palabras. Esto es:

$$R_i = \frac{r \times n}{Q}$$

En la práctica, al estudiar la conveniencia de adoptar el acoplamiento mixto de las pilas, se parte generalmente de la base que en un circuito exterior de resistencia conocida, es necesario hacer pasar una corriente de una intensidad determinada (2, 5, 8 amperes, etc.), y entonces se trata de hallar la manera de agrupar las pilas para conseguir el resultado deseado, empleando el menor número posible de elementos.

Partiendo de la fórmula general:

$$I = \frac{E}{R_i} = \frac{e \times n}{R_i + R_e} = \frac{e \times n}{\frac{r \times n}{Q} + R_e}$$

se deduce de ella tanto el número  $n$  de elementos que deben acoplar en serie, como la cantidad  $Q$  de grupos que se deben después unir en cantidad.

Como estos problemas se apartan de la índole de este librito, no daremos ejemplos sobre este punto; limitándonos a los casos sencillos en que se conoce la cantidad y acoplamiento de los elementos disponibles.

## 62.—Ejemplos del acoplamiento mixto de pilas.—

**Ejemplo 1º**—Supongamos que en el caso de la figura 48, cada elemento tenga una resistencia de  $r = 1$  ohm. ¿Qué resistencia interna total  $R_i$  tendrá la batería?

**Respuesta.**—Vemos que la batería se compone de  $Q = 3$  grupos acoplados en cantidad entre sí, compuesto cada uno de  $n = 5$  elementos unidos en serie. La resistencia interna de la batería será, pues:

$$R_i = \frac{r \times n}{Q} = \frac{1 \times 5}{3} = 1.600 \text{ oms}$$

**Ejemplo 2º**—Supongamos que en el caso de la figura 48, cada elemento tenga una f. e. m. de  $e = 2$  volts; que la resistencia del circuito exterior sea  $R_e = 3$  ohms y que la de cada elemento sea, como en el caso anterior, de  $r = 1$  ohm. Se pregunta:

1º—¿La f. e. m. total  $E$  de la batería?

2º—¿La resistencia interna  $R_i$  de la batería?

3º—¿La resistencia total R del circuito?

4º—¿La intensidad I que circulará por dicho circuito?

**Respuesta 1ª**—Como hemos dicho en el párrafo 61, en el caso del acoplamiento mixto, la f. e. m. de la batería es:

F. E. M. batería = F. E. M. de cada grupo de elementos en serie.  
Es decir:

F. E. M. batería = F. E. M. de un elemento  $\times$  número de ellos unidos en serie, y en el citado ejemplo tenemos que:

$$E = e \times n = 2 \times 5 = 10 \text{ volts}$$

**Respuesta 2ª**—Según se ha dicho en el párrafo 61, tenemos:

$$\text{Resistencia interna batería} = \frac{\text{Resistencia de un grupo de elementos en serie}}{\text{Número de grupos unidos en cantidad}}$$

y en el caso de nuestro problema, tendremos que:

$$R_i = \frac{r \times n}{Q} = \frac{1 \times 5}{3} = 1.66 \text{ ohms}$$

**Respuesta 3ª**—La resistencia total del circuito, que es sencillamente la suma de la interna con la exterior, será:

$$R_t = R_i + R_e = 1.66 + 3 = 4.66 \text{ ohms}$$

**Respuesta 4ª**—La intensidad que recorrerá el circuito, ya sabemos por la Ley de Ohm que es:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{F. E. M. total}}{\text{Resistencia total}}$$

así que en el caso de este problema será:

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{10}{4.66} = 2.14 \text{ amperes}$$

**Ejemplo 3º**—Supongamos que en vez del acoplamiento mixto mencionado en el ejemplo anterior, los 15 elementos hubiesen sido acoplados primero todos en serie entre sí, y después todos en cantidad. Se pregunta: ¿Qué intensidad habrían producido en cada caso, siendo la resistencia exterior siempre la misma, o sea 3 ohms?

**Respuesta 1ª**—(15 elementos en serie).

La f. e. m. total de la batería será:  $E = e \times n = 2 \times 15 = 30$  volts.

La resistencia interna de la batería será:  $R_i = r \times n = 1 \times 15 = 15$  ohms.

La resistencia total del circuito será:  $R_t = R_i + R_e = 15 + 3 = 18$  ohms.

La intensidad en el circuito será:

$$I_s = \frac{E}{R_t} = \frac{30}{18} = 1.66 \text{ amperes}$$

**Respuesta 2ª**—(15 elementos en cantidad).

La resistencia interna de la batería será:

$$R_i = \frac{r}{n} = \frac{1}{15} = 0.066 \text{ ohms.}$$

La resistencia total del circuito será:  $R_t = R_i + R_e = 0.066 + 3 = 3.066$  ohms.

La intensidad en el circuito será:

$$I = \frac{E}{R_t} = \frac{30}{45.932} = 0.65 \text{ amperes}$$

**Conclusión.**—Con una resistencia exterior de 3 ohms, vemos que agrupando de distinto modo los 15 elementos de pila se ha obtenido diferente intensidad en cada caso, a saber:

Con acoplamiento mixto:  $I = 2.14$  amperes.

Con acoplamiento en serie:  $I = 1.66$  amperes.

Con acoplamiento en cantidad:  $I = 0.65$  amperes.

Se ve, pues, que en ese caso particular, el acoplamiento mixto de los elementos es el más conveniente de todos.



---

**RESISTENCIA DE CONDUCTORES**

---

**63.—Como varía la resistencia según las dimensiones del conductor.**— En el párrafo 25 ya hemos explicado que todo conductor presenta una cierta dificultad u obstáculo al pasaje de la corriente, y hemos dicho que a eso es a lo que se le da el nombre de “**resistencia eléctrica**” del conductor.

Refiriéndonos al ejemplo del agua que circula en una tubería, hemos dicho que cuanto más larga fuese ésta, presentaría mayor resistencia al pasaje del agua; y en cambio, cuanto más amplio fuese el caño, o sea cuanto mayor su “**sección**”, menor resistencia encontraría el líquido en su recorrido.

Análogamente, un conductor eléctrico ofrece al pasaje de la corriente una resistencia tanto mayor, cuanto más largo es; y tanto menor, cuanto mayor sea su sección.

O en otros términos, se expresa más brevemente eso mismo, diciendo que: “**La resistencia de un conductor es directamente proporcional a su largo, e inversamente a su sección**”.

De lo que acabamos de decir, se deduce que si conocemos la resistencia que presenta un trozo de conductor de un largo y de una sección dada, siempre será posible calcular la resistencia de cualquier porción de ese material, siempre que se conozca su largo y su sección.

Como base de comparación para determinar la resistencia de los diversos conductores, se toma la que presenta un trozo de un metro de largo y de un milímetro cuadrado de sección. A esa resistencia es a lo que se llama “**coeficiente de resistencia específica**” del material de que se trata.

Como la resistencia que presentan los cuerpos al pasaje de la corriente es variable según la temperatura a que ellos se encuentran, se toma como resistencia específica la que ellos presentan a una temperatura dada, por ejemplo, a cero o bien a 15 grados centígrados. En la práctica esta última temperatura es la que generalmente se considera, por el hecho de estar más próxima que la otra a la temperatura del ambiente en que se encuentran en general los conductores.

Los coeficientes de resistencia específica de que haremos uso en este libro, serán sobre la base de 15°c de temperatura.

Así por ejemplo: si decimos que el coeficiente de resistencia específica del cobre comercial es le 0.0174, quiere decir que un alambre de ese material que tenga 1 metro de largo y 1 mm<sup>2</sup> de sección, presentará a 15°c de temperatura una resistencia de 0.0174 ohms.

De acuerdo con lo explicado más arriba, para determinar la resistencia de un conductor cualquiera, basta conocer su coeficiente de resistencia específica, su largo en metros y su sección en milímetros.

Así por ejemplo, si se tratara de un alambre de cobre de 100 metros de largo y de 1 mm<sup>2</sup> de sección diríamos: Si un trozo de 1 metro de largo y de la misma sección de 1 mm<sup>2</sup> tiene 0.0174 ohm, uno de 100 metros tendrá 100 veces más, puesto que sabemos que siendo la resistencia **directamente proporcional al largo**, quiere decir que a **más largo más resistencia**. Así que la de esos 100 metros será:

$$\text{Resistencia} = 0.0174 \times 100 = 1.74 \text{ ohm}$$

Y si en vez de ser la sección 1 mm<sup>2</sup> fuese 10 mm. entonces, la resistencia sería 10 veces menor, puesto que, como sabemos, la resistencia es **inversamente proporcional a la sección**; o sea, **a mayor sección menor resistencia**. De modo que la de un alambre de cobre de 100 metros de largo y 10 mm<sup>2</sup> de sección sería:

$$\text{Resistencia} = \frac{0.0174 \times 100}{10} = 0.174 \text{ ohms.}$$

Lo que acabamos de explicar, puede, entonces, escribirse así:

$$\text{Resistencia de un conductor} = \frac{\text{Coeficiente de resist. específica} \times \text{largo en mts.}}{\text{Sección en m/m}^2}$$

Eso mismo puede expresarse mucho más abreviadamente, usando letras para representar los nombres o las cantidades correspondientes. Así, por ejemplo, si llamamos:

**R** a la resistencia del conductor.

**c** a su coeficiente de resistencia específica.

**L** a su largo en metros.

**s** a su sección en milímetros cuadrados.

Podremos expresar de que depende la resistencia de un conductor, sencillamente por medio de la siguiente formulita:

$$R = \frac{c \times L}{s}$$

y en cada problema que se presente no tendremos más que poner en lugar de cada letra la cantidad que le corresponde, y no quedará más que hacer las operaciones aritméticas para resolver el problema.

De la formulita que precede se deducen estas otras, que se aplican cuando, en vez de buscar la resistencia **R**, se desea saber el largo **L**, o bien la sección **S**.

$$L = \frac{R \times S}{c} \quad \text{y} \quad S = \frac{c \times L}{R}$$

**64.—Tabla de coeficientes de resistencia específica.**—A continuación damos una tabla en que figura el coeficiente de resistencia específica de varios conductores, a 15°c, de temperatura.

T A B L A I  
Coeficiente de resistencia específica de algunos conductores

CONDUCTORES	Coeficiente de resis. esp. (c) (Resistencia en ohms de un tro- zo de 1 mt. de largo y de 1 mm cuadrado de sección)
Aluminio recocido . . . . .	0.0308
Cobre puro . . . . .	0.01635
Cobre Comercial . . . . .	0.0174
Cromo-níquel (material para resistencias) . .	0.96
Estaño . . . . .	0.14
Hierro . . . . .	0.1042
Maillechort (material para resistencias) . .	0.28 a 0.32
Mercurio . . . . .	0.954
Níquel recocido . . . . .	0.1306
Niquelina (material para resistencias) . . .	0.45 a 0.50
Oro recocido . . . . .	0.0217
Platino recocido . . . . .	0.0940
Plata pura . . . . .	0.0159
Plomo comprimido . . . . .	0.2076
Cine . . . . .	0.0593

**65.—Ejemplos sobre resistencias de conductores.—**

**Ejemplo 1º**—Supongamos un alambre de cobre comercial, cuyo largo sea  $L = 2000$  metros; la sección  $S = 10 \text{ mm}^2$ ; se pregunta: ¿Cuál será su resistencia  $R$ ?

**Respuesta:** Sabemos que el coeficiente de resistencia específica del cobre es  $c = 0.0174$ . Luego:

$$R = \frac{c \times L}{S} = \frac{0.0174 \times 2.000}{10} = \frac{34.8}{10} = 3.48 \text{ ohms.}$$

**Ejemplo 2º**—La resistencia de un calorífero está formada por un alambre de cromo-níquel, de un largo  $L = 50$  metros y de una sección  $S = 1 \text{ mm}^2$ . Se pregunta:

1º—¿Cuál es la resistencia de dicho alambre?

2º—¿Qué intensidad  $I$  lo recorrerá, si se conectan sus terminales a una instalación de 220 volts?

**Respuesta 1ª**—Sabemos que el coeficiente de resistencia específica del alambre de cromo-níquel es:  $c = 0.96$ ; luego, tendremos que:

$$R = \frac{c \times L}{S} = \frac{0.96 \times 50}{1} = 48 \text{ ohms.}$$

**Respuesta 2ª**—Por la Ley de Ohm, sabemos que:

$$I = \frac{E}{R} \text{ . así que en este caso tendremos:}$$

$$I = \frac{E}{R} = \frac{220}{48} = 4.58 \text{ amperes.}$$

**Ejemplo 3º**—Un cable de cobre de sección  $S = 20 \text{ mm}^2$ , tiene una resistencia  $R = 0.87 \text{ ohms}$ . Se desea saber: ¿Cuál es su largo  $L$  en metros?

**Respuesta:** Por lo que se ha dicho en el párrafo 63, sabemos que:

$$L = \frac{R \times S}{c} \text{ : de modo que en este caso:}$$

$$L = \frac{R \times S}{c} = \frac{0.87 \times 20}{0.0174} = \frac{17.4}{0.0174} = 1.000 \text{ metros}$$

**Ejemplo 4º**—Una bobina está hecha de alambre de cobre de 1 mm. de diámetro, y tiene una resistencia de  $R = 174$  ohms. Se pregunta:

1º—¿Qué sección **S** en  $\text{mm}^2$  tiene el alambre?

2º—¿Cuál es la longitud **L** en metros, que tiene dicho alambre?

**Respuesta 1ª**—Sabemos (27) que la sección de un conductor es:  $S = \pi \times R^2$ . En este problema conocemos el diámetro del alambre, que es 1 mm. y como el radio es igual a la mitad del diámetro, tenemos que el radio de dicho alambre es de 0.5 mm., así que la sección será:

$$S = \pi \times R^2 = 3.1416 \times 0.5^2 = 3.1416 \times 0.5 \times 0.5 = 3.1416 \times 0.25 = 0.7854 \text{ mm}^2$$

**Respuesta 2ª**—Hemos dicho ya, que:

$$L = \frac{R \times S}{c}$$

de modo que en este caso la longitud del alambre será

$$L = \frac{R \times S}{c} = \frac{174 \times 0.7854}{0.0174} = 7854 \text{ metros}$$

---

## CIRCUITO ELECTRICOS

**66.—Generalidades sobre circuitos eléctricos.**—En el capítulo precedente, hemos tratado de la resistencia de conductores simples; esto es, trozos de alambre o cable que en toda su longitud son de un material homogéneo y de una sección única. Ahora consideraremos el caso de los circuitos constituidos por los dispositivos o aparatos receptores de la corriente y las líneas que los conectan a los terminales de los generadores, o a los puntos de toma de la corriente destinada a alimentar dichos receptores.

El circuito puede estar formado por conductores, aparatos o dispositivos conectados uno a continuación de otro, en sucesión o cadena, cuyas partes la corriente recorre sucesivamente; o bien pueden estar unidos de modo que el circuito se ramifique, en forma que la corriente se subdivide, recorriendo simultáneamente las diversas ramas.

En el primer caso se dice que los aparatos, conductores, etc., están conectados **"en serie"** y en el segundo se dice que lo están en **"derivación"**, en **"cantidad"** o en **"paralelo"**.

En el primer caso se dice que los aparatos, conductores, etc., están conectados **"mixto"**.

**67.—Conexión en serie.**—En las figuras 49, 50 y 51, se muestran circuitos constituidos por dispositivos y conductores unidos entre sí **"en serie"**; esto es, formando un circuito simple cuyas partes la corriente recorre una

después de la otra, o sea, sucesivamente.

En la figura 49 tenemos la batería **P** que alimenta al circuito exterior, formado por los conductores de unión y las resistencias **A, B, C y D**, todas en serie, tanto entre sí como con la batería.

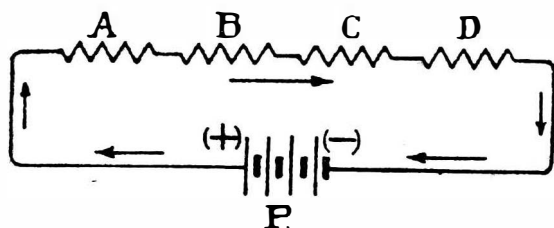


Fig. 49

La figura 50 muestra el generador **G**, que alimenta un grupo de lámparas **A**, **B**, **C** y **D**, conectadas en serie.

En la figura 51 tenemos otro circuito formado por la batería **P**, la lámpara **L**, campanilla **C** y la bobina **B**, todos en serie entre sí.

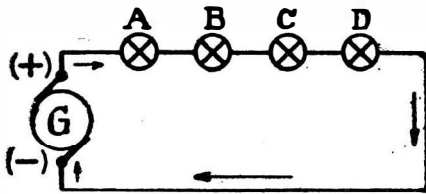


Fig. 50

En un circuito cuyas partes estén conectadas en serie, la resistencia total del circuito es igual a la suma de las resistencias de los conductores o dispositivos que lo componen.

En todos los puntos del circuito la intensidad de la corriente es la misma. Dicha intensidad será siempre, de acuerdo con la Ley de Ohm, el cociente de dividir la tensión o voltaje total por la resistencia total del circuito.

Sucede en estos circuitos en serie, lo mismo que en la tubería de la figura 52, en que están acoplados o conectados uno a continuación de otro, o sea "en serie" los trozos de tubo **A**, **B**, **C** y **D**, que son de diferente diámetro. Sin embargo, la cantidad de agua que pasará por segundo en cada uno de ellos será la misma para todos; o sea, la que sale en cada segundo de tiempo por el tubo **D**.

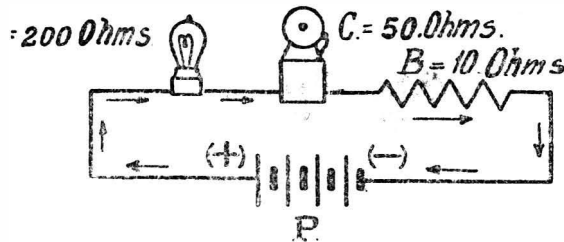


Fig. 51

Análogamente, en el caso de la figura 51, por ejemplo, por más que la resistencia de la bobina **B** es mucho menor que la de la campanilla o que la de la lámpara, no por eso circulará por ella mayor corriente que la que pasa por otras dos. Dicha intensidad será siempre:

$$I = \frac{E \text{ total}}{R \text{ total}}$$

Ya hemos visto a qué es igual la resistencia total de los conductores en serie, y también la intensidad que los recorre. Nos falta ver lo relativo al voltaje o tensión que hace circular a la corriente en el circuito.

Supongamos que en el circuito representado en la figura 49 circule una corriente de intensidad  $I = 2$  amperes y que la sección **A** tenga 1 ohm

de resistencia; la **B**, 1.5 ohm; la **C**, 2 ohms, y la **D** 3 ohms y no contamos la resistencia que puedan tener los conductores de unión entre dichas secciones del circuito y la pila.

Sabemos, por la Ley de Ohm, que la diferencia de potencial o tensión, o voltaje necesario para hacer circular una corriente entre dos puntos de

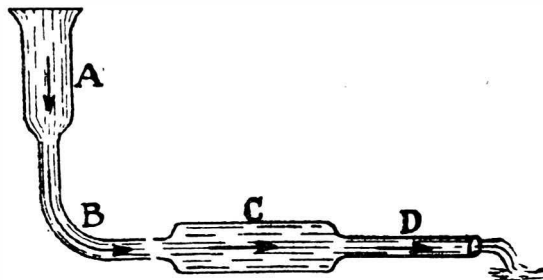


Fig. 52

un conductor, es siempre igual a la intensidad de la corriente multiplicada por la resistencia que el conductor presenta entre dichos dos puntos, o sea:

Tensión o diferencia de potencial o voltaje = Intensidad  $\times$  Resistencia

Así, pues, entre los extremos de la sección **A**, tendremos un voltaje de:

$$e_1 = \text{Intensidad} \times \text{Resistencia de A} = 2 \times 1 = 2 \text{ volts}$$

Entre los extremos de la sección **B**, tendremos el voltaje de:

$$e_2 = \text{Intensidad} \times \text{Resistencia de B} = 2 \times 1.5 = 3 \text{ volts}$$

Entre los extremos de la sección **C**, tendremos:

$$e_3 = \text{Intensidad} \times \text{Resistencia de C} = 2 \times 2 = 4 \text{ volts}$$

Y entre los extremos o terminales de la sección **D**, habrá:

$$e_4 = \text{Intensidad} \times \text{Resistencia de D} = 2 \times 3 = 6 \text{ volts}$$

Es decir, que entre el principio de la sección de conductor **A**, y el fin de la sección o trozo **D**, habrá una diferencia de potencial, o una tensión o un voltaje total **E**, que será la suma de los voltajes de cada una de las partes de que se compone ese conductor, o sea:

$$E = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 = 2 + 3 + 4 + 6 = 15 \text{ volts}$$

Si ahora, que conocemos el voltaje total entre los extremos o terminales del conductor formado por las cuatro secciones **A**, **B**, **C** y **D**, queremos

como prueba, hallar la intensidad que recorrerá ese conductor, no tendremos más que recordar lo que hemos dicho anteriormente:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{P. E. M. o tensión, o voltaje total}}{\text{Resistencia total}}$$

Ahora bien, como sabemos que estando esas 4 secciones en serie entre sí, su resistencia total **R** es la suma de la resistencia de cada una, tendremos que:

**R** total = Resistencia A + Resistencia B + Resistencia C + Resistencia D y entonces:

$$\begin{aligned} I &= \frac{\text{Tensión total}}{\text{Resistencia total}} = \frac{E}{R} = \frac{E}{A + B + C + D} = \\ &= \frac{15}{1 + 1.5 + 2 + 3} = \frac{15}{7.5} = 2 \text{ amperes} \end{aligned}$$

Resumiendo todo lo que acabamos de explicar, diremos entonces que: **En un circuito formado por partes o secciones unidas en serie entre sí, el voltaje entre los extremos o terminales de todo el circuito es igual a la suma de los voltajes existentes entre los terminales o extremos de cada una de las partes o secciones de que se compone.**

68.—Resumen de datos sobre la conexión en serie.—A continuación damos en la Tabla II el resumen de las condiciones que presentan los circuitos formados por secciones conectadas en serie:

T A B L A II  
Conexión en serie

La intensidad de la corriente que recorre las secciones unidas en serie, es	la misma en cada parte del circuito; o sea: $I = i_1 = i_2 = i_3 = i_4 \dots \text{etc.}$
La resistencia de todo el circuito es	igual a la suma de las resistencias de las partes o secciones; o sea: $R = r_1 + r_2 + r_3 = r_4 \dots \text{etc.}$
La tensión, o diferencia de potencial o voltaje en los extremos o terminales de todo el circuito es	la suma de los voltajes de cada una de las partes o secciones; o sea: $E = e_1 + e_2 + e_3 + e_4 \dots \text{etc.}$

### 69.—Ejemplos sobre conexión en serie.—

**Ejemplo 1º**—Una lámpara **L**, figura 53, está conectada por medio de los conductores **a** y **b**, al generador **G**. La lámpara requiere una corriente

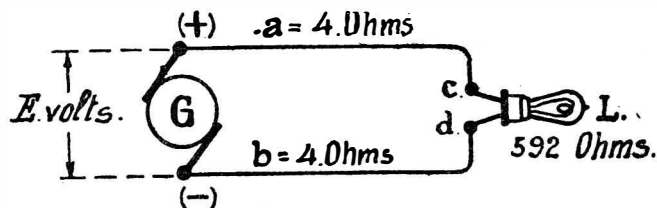


Fig. 53

$I = 0.2$  amperes; su resistencia es de 592 ohms. Los conductores **a** y **b** que están en serie con la lámpara tienen cada uno, una resistencia de 4 ohms. Se pregunta:

1º—¿Qué voltaje total **E** deberá producir el generador entre sus terminales (+) y (—) para que en el circuito circule la corriente  $I = 0.2$  ampere?

2º—¿Cuál será el voltaje  $e_1$  entre los terminales **c** y **d** de la lámpara **L**?

3º—¿Qué caída de potencial, o de tensión, o de voltaje  $e_2$ , experimentará la corriente en los dos trozos de conductor **a** y **b**?

**Respuesta 1ª**—

Tensión o voltaje total = Intensidad + Resistencia total

Resistencia total = Conductor **a** + Lámpara **L** + Conductor **b** o sea:  
 $R = 4 + 592 + 4 = 600$  ohms.

Luego el voltaje o tensión total tendrá que ser:

$$E = 0.2 \times 600 = 120 \text{ volts}$$

**Respuesta 2ª**—El voltaje, o tensión, o diferencia de potencial  $e_1$  entre los terminales de la lámpara **L** será siempre, según la Ley de Ohm:

Tensión o voltaje en una parte del circuito = Intensidad  $\times$  Resistencia de esa parte, o sea: Tensión o voltaje de la lámpara:

$$e_1 = 0.2 \times 592 = 118.4 \text{ volts}$$

**Respuesta 3ª**—La corriente, al recorrer los conductores **a** y **b**, va perdiendo parte de su tensión o voltaje; es decir, sufre una caída de potencial, de modo que entre los extremos o terminales habrá una diferencia de potencial que es:

Diferencia de potencial, o voltaje, o tensión = Intensidad  $\times$  Resistencia del conductor.

Es decir que, caída de potencial o voltaje en **a** y **b** es:

$$e_2 = 0.2 \times 8 = 1.6 \text{ volts}$$

..Ejemplo 2º—Tenemos 6 lámparas de arco conectadas en serie, figura 54, cada una de las cuales tiene una resistencia de 14 ohms. La resistencia de los conductores de unión es en total 7 ohms. Se pregunta: ¿Qué voltaje total **E** se requerirá en los terminales (+) y (—) del generador, para producir en el circuito una corriente de  $I = 6$  amperes?

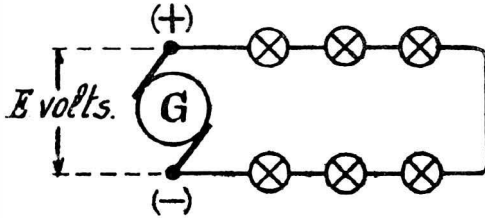


Fig. 54

figura 54, cada una de las cuales tiene una resistencia de 14 ohms. La resistencia de los conductores de unión es en total 7 ohms. Se pregunta: ¿Qué voltaje total **E** se requerirá en los terminales (+) y (—) del generador, para producir en el circuito una corriente de  $I = 6$  amperes?

**Respuesta:**

Voltaje total = Intensidad  $\times$  Resistencia total

Resistencia total = Resistencia de 1 lámpara  $\times$  número de lámparas + Resistencia conductor; o sea:

$$R = 14 \times 6 + 7 = 84 + 7 = 91 \text{ ohms}$$

así que el voltaje total requerido será:

$$E = 6 \times 91 = 546 \text{ volts}$$

Ejemplo 3º—Entre los polos (+) y (—) de una instalación de 110 volts, queremos conectar en serie las espiras  $r_1$  y  $r_2$ , cuyas resistencias son 20 y 30 ohms, respectivamente.

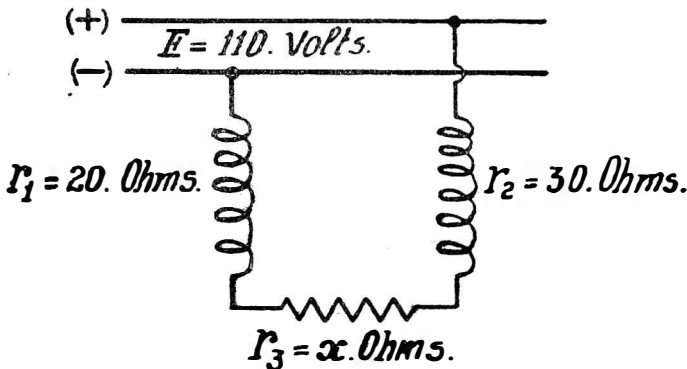


Fig. 55

¿Cuántos ohms, deberá tener la resistencia  $r_3$ , figura 55, que debemos agregar, si queremos que la corriente que las recorra sólo sea de 2 amperes?

**Respuesta:**

$$\text{Resistencia total} = \frac{\text{Voltaje}}{\text{Intensidad}} = \frac{110}{2} = 55 \text{ ohms.}$$

luego, si  $R \text{ total} = r_1 + r_2 + r_3$  y  $R = 55$  ohms;  $r_1 = 20$  ohms;  $r_2 = 30$  ohms;  $r_1 + r_2 = 20 + 30 = 50$  ohms, entonces la resistencia  $r_3$  a intercalar será la diferencia entre 55 y 50, o sea:

$$r_3 = 55 - 50 = 5 \text{ ohms}$$

**70.—Conexión en derivación, cantidad o paralelo. Tensión.**—Supongamos el caso de la figura 56, en que tenemos los dos tubos **M** y **N**, a distinto nivel, llenos de líquido, y que entre los dos establecemos la comunicación por medio de los tres tubos paralelos **A**, **B** y **C**. Ahora bien, es evidente que entre las extremidades superior e inferior de todos estos tubos, existe la

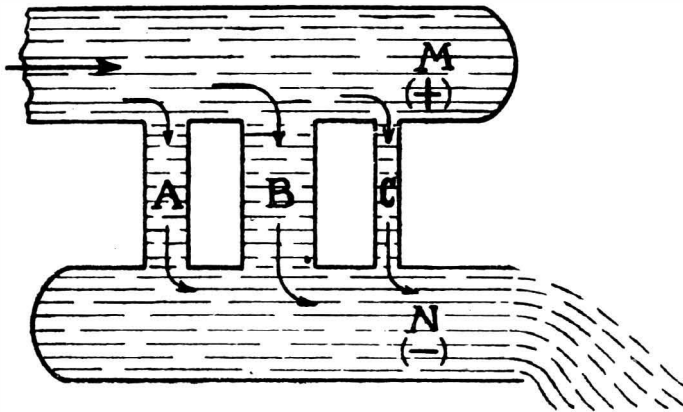


Fig. 56

misma diferencia de nivel, que es la que hay entre el líquido en **M** y en **N**, y cuya diferencia de nivel es la que produce la presión necesaria para hacer pasar el líquido por los tubos o conductores **A**, **B** y **C** desde el nivel mayor al nivel menor. Cualquiera que fuera el número de tubos entre **M** y **N** y cualquiera su diámetro, siempre sería igual en todos ellos la presión que impulsaría al agua a circular por dichos tubos o conductos. De modo que si lla-

llamamos  $E$  al desnivel entre los tubos  $M$  y  $N$ , y  $e_1$ ,  $e_2$  y  $e_3$  respectivamente, los desniveles a que están sometidos los tubos  $A$ ,  $B$  y  $C$  tendremos sencillamente que:

$$E = e_1 = e_2 = e_3$$

Una cosa enteramente análoga sucede si en vez de tratarse de conductores para líquidos, tenemos conductores de corriente eléctrica. Así, si entre las dos líneas  $M$  y  $N$ , figura 57, existe una diferencia de potencial, o una tensión o un voltaje de 120 volts, y establecemos la conexión entre ellos por medio de los tres conductores  $A$ ,  $B$  y  $C$ , de igual o de diferente resistencia,

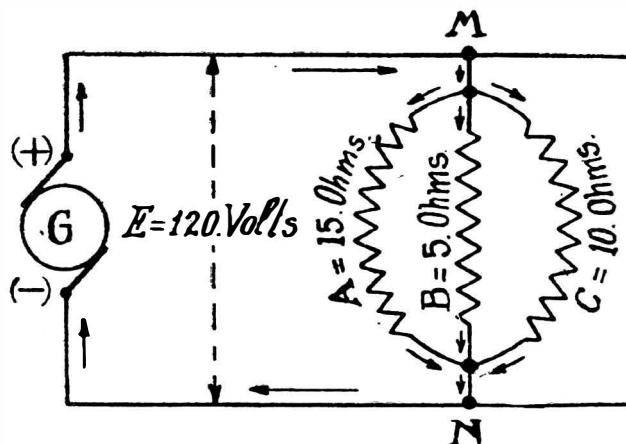


Fig. 57

dispuestos en paralelo, derivación o cantidad, la diferencia de potencial existente en cada uno de los conductores entre sus extremos, será la misma para los tres; o sea, será la de 120 volts que hay entre  $M$  y  $N$ . De manera que si llamamos  $E$  a esta diferencia de potencial, y  $e_1$ ,  $e_2$  y  $e_3$ , respectivamente, a la que corresponde a los conductores  $A$ ,  $B$ , y  $C$  tendremos, como en el caso del agua, que:

$$E = e_1 = e_2 = e_3$$

lo que se puede expresar en palabras así: “**Estando varios conductores unidos en derivación, paralelo o cantidad, la tensión entre los terminales del conjunto es igual a la existencia entre los de cada uno**”.

**Intensidad.**—Veamos ahora la corriente que pasará, estando los conductores en paralelo. Considerando de nuevo el caso del agua, figura 56,

vemos que por el hecho de no estar en serie los tubos **A**, **B** y **C**, o sea por ser independientes el uno del otro, la corriente de agua no los recorre sucesivamente, sino que se ramifica o subdivide, pasando tanto más por cada uno, cuanto mayor sea su abertura; es decir, cuanto menos resistencia presenta al pasaje del agua. Así que en **B** pasará una corriente de líquido mayor que en **A**, y en éste una mayor que en **C**, cuyo diámetro es menor. Y es evidente que la cantidad total de agua que pasará por segundo desde **M** a **N**, será la suma de la que va por **A**, por **B** y por **C** en ese tiempo.

Del mismo modo en el caso eléctrico de la figura 57, la corriente circulará desde la línea **M** a la **N**, pasando a través de los conductores **A**, **B** y **C**, y la intensidad de corriente en cada uno (• sea la cantidad que pasa por segundo) será tanto mayor cuanto menor sea la resistencia eléctrica que presenta. Y la intensidad total en que pasará de **M** a **N**, no será más que la suma de la que va por **A**, por **B** y por **C**.

Sabemos por la Ley de Ohm:

Intensidad en **A** =

$$\frac{E}{R} = \frac{\text{Tensión entre los extremos de A}}{\text{Resistencia de A}} = \frac{120}{15} = 8 \text{ amperes}$$

Intensidad en **B** =

$$\frac{E}{R} = \frac{\text{Tensión entre los extremos de B}}{\text{Resistencia de B}} = \frac{120}{5} = 24 \text{ amperes}$$

intensidad en la **C** =

$$\frac{E}{R} = \frac{\text{Tensión entre los extremos de C}}{\text{Resistencia de C}} = \frac{120}{10} = 12 \text{ amperes}$$

Llamemos **I** a la intensidad total que pasa de **M** a **N** por los tres conductores **A**, **B** y **C**; y sea  $i_1$  la que va por **A**,  $i_2$  la de **B**, e  $i_3$  la de **C**. Entonces por lo que hemos dicho tendremos que:

$$I = i_1 + i_2 + i_3, \text{ o sea } I = 8 + 24 + 12 = 44 \text{ amperes}$$

Lo que precede puede expresarse en palabras, sencillamente así: “La intensidad total de la corriente que circula a través de un conjunto de conductores en paralelo, derivación o cantidad, es igual a la suma de las intensidades en cada uno de los conductores”.

**Resistencia.**—Supongamos ahora que quisiéramos determinar la resistencia combinada de varios conductores en paralelo, como, por ejemplo, los

**A, B y C** de la figura 57. Hay muchas fórmulas para esto, pero lo más sencillo es aplicar la Ley de Ohm, como sigue:

Hemos visto que:

$$\text{La intensidad en A, que llamamos } i_1 = \frac{120}{15} = 8 \text{ amperes}$$

$$\text{La intensidad en B, que llamamos } i_2 = \frac{120}{5} = 24 \text{ amperes}$$

$$\text{La intensidad en C, que llamamos } i_3 = \frac{120}{10} = 12 \text{ amperes}$$

Intensidad total a través de los tres conductores, es  $I = 44$  amperes.

Ahora bien, puesto que conocemos la intensidad total que pasa a través del conjunto o combinación de los tres conductores (44 amperes) y el voltaje o diferencia de potencial existente entre los terminales de la combinación (120 volts), podremos hallar la resistencia total del conjunto o combinación de los tres conductores en rapalelo, así:

Resistencia de la combinación =

$$\frac{\text{Tensión entre los terminales de la combinación}}{\text{Intensidad a través de la combinación}}$$

$$\text{o sea: } R = \frac{120}{44} = 2.727 \text{ ohms.}$$

A primera vista podrá parecer extraño que la resistencia de una combinación formada por tres trozos que tienen respectivamente 5, 10 y 15 ohms, pueda resultar tan sólo 2.73 ohms. Pero la duda desaparece si consideramos el caso del agua, figura 56, donde se ve claramente que cuantos más conductos o tubos de comunicación se conecten entre **M** y **N**, más caminos se ofrecen a la circulación del agua; y por lo tanto, menos resistencia encontrará ésta en su pasaje. Y de modo análogo en electricidad, pues, si en la figura 57 hubiésemos comunicado a la línea **M** con la **N** sólo por medio del conductor **B**, de 5 ohms, es evidente que la corriente no encontraría el pasaje tan fácil como cuando al lado de aquel conductor **B**, establecimos otra vía de paso por medio del alambre **A**. Quiere decir entonces, que agregando otro conductor en paralelo, hemos disminuído entre **M** y **N** la resistencia que antes mediaba entre ambos, cuando los unía sólo el de 5 ohms. De modo que, a pesar de que la resistencia del conductor **A** que conectamos fuera de

15 ohms, la del conjunto o combinación de ellos en paralelo resulta menor aun que la de aquel de menor resistencia de ellos. Del mismo modo, la resistencia del conjunto o combinación irá disminuyendo tanto más, cuanto más conductores vayamos conectando en derivación, cantidad o paralelo; pues, como hemos dicho, son otros tantos pasajes que se abren en el camino de la corriente.

Lo que precede puede también explicarse diciendo que, conectando en paralelos varios conductores, se suman sus “conductibilidades”, de modo que la conductibilidad del conjunto o combinación viene a ser mayor que la de cualquiera de ellos por separado.

Supongamos ahora que en el caso de la figura 57, quisiéramos hallar la resistencia combinada de los tres conductores **A**, **B** y **C**, pero que no conociéramos el voltaje existente entre sus terminales. No podríamos entonces valernos de la Ley de Ohm; pero como conocemos la resistencia de cada uno de los conductores, procederíamos así:

Hallaríamos primero la conductibilidad de la combinación; la cual, como hemos dicho, es igual a la suma de la de cada uno de los conductores de que se compone y luego de ahí sacaríamos la resistencia, que es la inversa o recíproca de la conductibilidad.

Por “inversa” o “recíproca” de una cantidad, se entiende el cociente que resulta de dividir a la unidad por dicha cantidad. Así, por ejemplo, la inversa o recíproca de 10 es: uno dividido por diez; o sea:

$$\frac{\text{uno}}{\text{diez}} ; \text{ o sea: } \frac{1}{10} ; \text{ o lo que es lo mismo: } 0.1.$$

La inversa o recíproca de 15 es  $\frac{1}{15}$ ; la de 50 es  $\frac{1}{50}$ ; y así en todos los casos.

De modo, pues, que sabiendo la resistencia de los conductores **A**, **B** y **C** de la figura 57, podemos sacar la conductibilidad de cada uno, o sea, la recíproca de su resistencia, en la forma que acabamos de decir:

Conductor A. Resistencia = 15 ohms.	Conductibilidad	$\frac{1}{15}$
Conductor B. Resistencia = 5 ohms.	Conductibilidad	$\frac{1}{5}$
Conductor C. Resistencia = 10 ohms.	Conductibilidad	$\frac{1}{10}$

Conductibilidad de la combinación:

$$\frac{1}{15} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10} = \frac{1 \times 5 \times 10 + 1 \times 15 \times 10 + 1 \times 5 \times 15}{15 \times 5 \times 10} =$$

$$\frac{50 + 150 + 75}{750} = \frac{275}{750} = \frac{55}{150} = \frac{11}{30}$$

Tenemos, pues, que la “conductibilidad de la combinación”, es igual a 11

— y de aquí podemos deducir cuál será la “resistencia de la combinación” 30

de dichos tres conductores en paralelo. Para ello no tenemos más que recordar que la resistencia es la recíproca o inversa de la conductibilidad;

así que “invirtiendo” el quebrado  $\frac{11}{30}$ , o sea, poniendo el numerador por denominador, y viceversa, tendremos la resistencia buscada, que será:

$$\text{Resistencia del conjunto o combinación} = \frac{30}{11} = 2.727 \text{ ohms, que es la}$$

misma que habíamos hallado primero por medio de la Ley de Ohm, cuando conocíamos la tensión.

El caso de la resistencia combinada que acabamos de explicar, considerando que los diversos conductores unidos en paralelos tienen diferente resistencia, es el más difícil. En cambio el problema se hace mucho más fácil

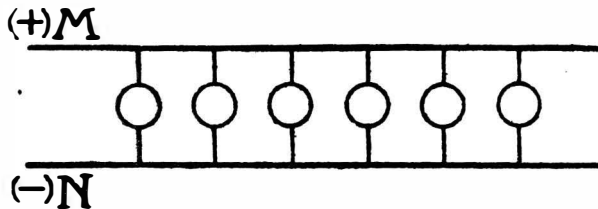


Fig. 58

si todos tienen igual resistencia, como por ejemplo las seis lámparas instaladas en derivación, o paralelo, que muestran la figura 58. En ese caso la resistencia combinada del grupo o conjunto es igual a la de una sola, dividida por el número de ellas. O sea:

$$\text{Resistencia combinada} = \frac{\text{Resistencia de una rama o derivación}}{\text{Número de ramas o derivaciones}} = \frac{r}{n}$$

De modo que si cada una de dichas seis lámparas tiene  $r = 600$  ohms. de resistencia, la combinación de las seis en derivación o paralelo o cantidad, tendrá:

$$R = \frac{600}{6} = 100 \text{ ohms.}$$

Resumiendo en pocas palabras todo lo anteriormente expuesto sobre este punto, podremos decir que: **“La resistencia combinada de varios conductores unidos en paralelo, derivación o cantidad, es menor que la de cualquiera de ellos; y es igual a la inversa o recíproca de la conductibilidad del conjunto”**.

**71.—Resumen de datos sobre conexión en derivación o paralelo.**—  
A continuación damos en la Tabla III el resumen de las condiciones que presentan los circuitos constituídos por secciones o ramas conectadas en derivación, cantidad o paralelo.

T A B L A    I I I

**Conexión en derivación, paralelo o cantidad**

La intensidad de la corriente que pasa por la combinación de conductores conectados en paralelo es	la suma de las intensidades de cada una de las ramas o derivaciones del conjunto; o sea: $I = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 \dots \text{etc.}$
El voltaje o diferencia de potencial entre los terminales de la combinación o conjunto es	igual al voltaje o diferencia de potencial de cada rama o derivación; o sea: $E = e_1 = e_2 = e_3 = e_4 \dots \text{etc.}$
La resistencia combinada, o sea la del conjunto de conductores en paralelo es	menor que la de cada uno de ellos e igual a la inversa o recíproca de la conductibilidad del grupo, conjunto o combinación.

**72.—Ejemplos sobre la conexión en paralelo.**—

**Ejemplo 1º**—Entre las líneas **M** y **N**, figura 59, tenemos cuatro conductores en paralelo, cuyas resistencias son:

$$r_1 = 2; r_2 = 4; r_3 = 5; \text{ y } r_4 = 10 \text{ ohms}$$

Se pregunta:

1º—¿Cuál es la conductibilidad  $c_1$ ,  $c_2$ ,  $c_3$  y  $c_4$  de las diversas ramas?

2º—¿La conductibilidad combinada, o sea, la del conjunto?

3º—¿La resistencia combinada, o sea, la del conjunto?

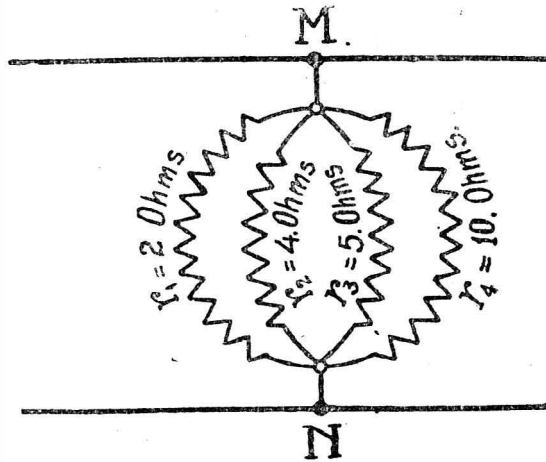


Fig. 59

**Respuesta 1ª**—La conductibilidad de cada rama será

$$c_1 = \frac{1}{r_1} = \frac{1}{2} ; c_2 = \frac{1}{r_2} = \frac{1}{4} ;$$

$$c_3 = \frac{1}{r_3} = \frac{1}{5} ; \text{ y } c_4 = \frac{1}{r_4} = \frac{1}{10}$$

**Respuesta 2ª**—La conductibilidad combinada será:

$$C = c_1 + c_2 + c_3 + c_4 = \frac{1}{2} + \frac{1}{4} + \frac{1}{5} + \frac{1}{10}$$

$$= \frac{200 + 100 + 80 + 40}{400} = \frac{420}{400} = \frac{21}{20}$$

**Respuesta 3ª**—La resistencia combinada será la inversa de la conductibilidad, o sea:  $R = \frac{20}{21} = 0.952 \text{ ohms}$ .

**Ejemplos 2º**—Si en el caso de la figura 59 tenemos una diferencia de potencial de 50 volts entre las líneas **M** y **N**, se pregunta:

1º—¿Qué intensidad  $i_1, i_2, i_3, i_4$ , pasará por cada rama o derivación?

2º—¿Qué intensidad total  $I$  pasará por el conjunto?

**Respuesta 1ª**—La intensidad en cada rama será, según la Ley de Ohm:

$$i_1 = \frac{E}{r_1} = \frac{50}{2} = 25 \text{ amperes}$$

$$i_2 = \frac{E}{r_2} = \frac{50}{4} = 12.5 \text{ amperes}$$

$$i_3 = \frac{E}{r_3} = \frac{50}{5} = 10 \text{ amperes}$$

$$i_4 = \frac{E}{r_4} = \frac{50}{10} = 5 \text{ amperes}$$

**Respuesta 2ª**—La intensidad total será la suma de las intensidades parciales, o sea:

$$I = i_1 + i_2 + i_3 + i_4 = 25 + 12.5 + 10 + 5 = 52.5 \text{ amperes}$$

o también la podemos hallar por la Ley de Ohm, dividiendo el voltaje total por la resistencia total, o sea:

$$I = \frac{E}{R} = \frac{50}{0.952} = 52.5 \text{ amperes, como en la operación anterior}$$

**Ejemplo 3º**—Las tres lámparas de la figura 60, tienen la misma resistencia. La intensidad total que consumen las tres lámparas es  $I = 1.8$  amperes, cuando hay un voltaje de  $E = 108$  volts entre las líneas **M** y **N**. Se pregunta:

¿Qué resistencia tiene cada lámpara?

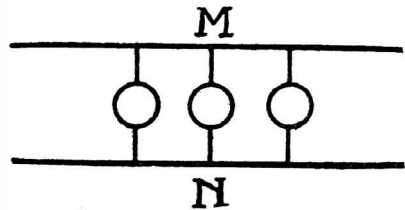


Fig. 60

**Respuesta.**—La resistencia combinada de las tres lámparas es:

$$R = \frac{\text{Tensión total}}{\text{Intensidad total}} = \frac{E}{I} = \frac{108}{1.8} = 60 \text{ ohms.}$$

y como sabemos que siendo de igual resistencia cada rama o derivación, la del conjunto es igual a la de una sola rama dividida por el número de ellas,

o sea  $R = \frac{r}{n}$  de ahí se deduce que la de cada rama (lámpara en este caso),

es igual a la combinada, multiplicada por el número de ramas; o sea:

$$r = R \times n = 60 \times 3 = 180 \text{ ohms}$$

que tendrá de resistencia cada lámpara. Y, en efecto, pues, si para hacer la prueba sacamos cuál será la resistencia combinada de 3 lámparas de 180 ohms cada una, tenemos que:

$$R = \frac{r}{n} = \frac{180}{3} = 60 \text{ ohms, como dijimos antes.}$$

---

### POTENCIA ELECTRICA

---

**73.—Generalidades sobre potencia eléctrica.**—En capítulos anteriores habíamos comparado la corriente eléctrica que circula en un conductor con la corriente de agua que se establece en una tubería entre cuyos extremos existe un desnivel o una diferencia de presión. Comparamos a esta diferencia de nivel o presión con la de nivel eléctrico o potencial que produce la circulación de la corriente eléctrica. También establecíamos la analogía o semejanza entre la intensidad de esta corriente con la del agua; o sea, con el número de litros que pasarán por segundo. Ahora bien, cabe una comparación más entre las dos corrientes (la del agua y la eléctrica) y es la del trabajo que cada una puede realizar por segundo. Pero, para la mejor comprensión de esto, se requiere una ligera explicación sobre los puntos de mecánica que damos a continuación:

**74.—Fuerza.**—El estudio de la física nos enseña que ningún cuerpo puede ponerse en movimiento o modificar el movimiento que posee, sino por efecto de una causa exterior. Dicha causa se denomina **fuerza**; de modo que podemos decir que se entiende por **“fuerza” a toda causa que modifica o tiende a modificar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo.**

Las fuerzas reciben diversas denominaciones según las circunstancias particulares en que se producen o las distintas maneras cómo ejercen sus efectos; como ser el rozamiento, acciones caloríficas, tracción, presión, flexión, atracción, repulsión, gravedad, etc.

Recibe el nombre de **“gravedad”** la fuerza que obliga a caer a los cuerpos libremente abandonados. Dicha fuerza se ejerce sobre todos los cuerpos, puesto que todos caen en cuanto ninguna causa se opone a su caída. El **“peso”** de un cuerpo es la presión por él ejercida sobre otro cuerpo que impida su caída, por efecto de la acción que la gravedad ejerce sobre el primero. Por lo tanto, la **“gravedad”** es la **“causa”** y el **“peso”** es el **“efecto”**.

Para comparar distintas fuerzas es preciso tener una unidad o término de comparación. Como unidad de fuerza se ha elegido el kilogramo; es decir, el peso de un decímetro cúbico de agua destilada, a la temperatura de 4° centígrados, que es la temperatura en que es más pesada.

**75.—Trabajo mecánico.**—En el párrafo anterior hemos dicho que las fuerzas se pueden comparar entre sí, midiéndolas en kilogramos. Pero, para determinar el efecto útil que una fuerza es capaz de producir, es necesario tomar en cuenta otro factor, y es el espacio o camino que ella hace recorrer al cuerpo o móvil al cual se aplica. Así, por ejemplo, si un hombre sostiene una carga, y la mantiene inmóvil, experimentará una cierta fatiga; pero como motor no prestará servicio alguno, pues, podría ser reemplazado por un puntal cualquiera. En cambio, si eleva su carga a cierta altura, la cuestión varía, pues, elevando una resistencia (peso de la carga), realiza un trabajo mecánico.

**Si no hay camino recorrido en el sentido del esfuerzo, o no hay esfuerzo desarrollado en el sentido del movimiento, no se produce trabajo mecánico.**

Así, pues, el trabajo mecánico depende de dos factores: “la fuerza” y “el camino recorrido”. Podemos definir el “trabajo mecánico” diciendo que el “el producto de una fuerza por el camino recorrido en el sentido de la misma”.

Las fuerzas se miden en kilogramos y el camino recorrido en metros. La unidad de trabajo es el “kilográmetro”, que es el trabajo producido por una fuerza de un “kilógramo” el hacer recorrer a su punto de aplicación el camino de un metro, en la dirección del esfuerzo. Así por ejemplo, se efectuará un trabajo de un kilográmetro elevando el peso de un kilo a un metro de altura; 3 kilos elevados a 5 metros, representan un trabajo de:

$$3 \times 5 = 15 \text{ kilográmetros}$$

**76.—Potencia mecánica.**—Cuando se trata de conocer el efecto que puede producir un motor cualquiera, no nos basta saber los kilográmetros que desarrolla, sino que nos es preciso también conocer el tiempo que emplea en producirlas. Así, por ejemplo, si decimos que un hombre puede subir 100 kilos a 10 metros de altura, es decir, desarrollar kilográmetros, necesitamos saber el tiempo en que lo hará, pues, no será lo mismo que levantar 1 kilo cada hora; o sea, que emplee 100 horas en desarrollar 1000 kilográmetros, que si lo realiza todo en pocos minutos.

Es evidente que el mismo número de kilográmetros lo pueden desarrollar dos hombres, o dos máquinas, de desigual potencia, en distinto tiempo.

Se entiende por “potencia mecánica” el “trabajo mecánico efectuado por segundo”, o sea:

$$\text{Potencia mecánica} = \frac{\text{Trabajo mecánico}}{\text{Tiempo en segundos}} = \frac{\text{Kilográmetros}}{\text{segundos}}$$

A la unidad de potencia mecánica se le ha dado el nombre de “caballo de vapor”, o sencillamente “caballo”, que se representa abreviadamente con las iniciales H. P. El caballo de vapor es igual al trabajo de 75 kilográmetros por segundo. De modo que si una máquina es capaz de elevar 75 kilos a 1 metro de altura en 1 segundo, diremos que su potencia es de 1 caballo de vapor (1 H. P.).

### 77.—Ejemplos sobre potencia mecánica.—

**Ejemplo 1º**—¿Cuál es la potencia de una máquina que eleva un peso de 750 kilos a 2 metros de altura, en 2 segundos?

**Respuesta:** La máquina produce:

$$750 \text{ kilos} \times 2 \text{ metros} = 1500 \text{ kilográmetros en 2 segundos}$$

En 1 segundo producirá:  $\frac{1500}{2} = 750$  kilográmetros; y como 1 caballo de vapor equivale a 75 kilográmetros por segundo, la máquina será de tantos caballos de vapor como veces esté contenido 75 en 750, o sea 10 caballo.

**Ejemplo 2º**—¿Cuántos caballos desarrollará una máquina que eleva 1800 kilos a una altura de 25 metros en 30 segundos?

**Respuesta:**

$$1800 \text{ kilos} \times 25 \text{ metros} = 45.000 \text{ kilográmetros en 30 segundos}$$

$$\frac{45000}{30} = 1.500 \text{ kilográmetros por segundo} = \frac{1500}{75} = 20 \text{ H. P.}$$

**Ejemplos 3º**—¿Cuál es la potencia, en caballos de vapor, de una máquina que debe elevar 13 metros cúbicos de agua a la altura de 225 metros, en un minuto?

**Respuesta:**

$$13.000 \text{ kilos} \times 225 \text{ metros} = 2.925 \text{ Kgmtr. por minuto}$$

$$\frac{2925000}{60} = 48.750 \text{ kilogrametros por segundo, o sea:}$$

$$\frac{48750}{75} = 650 \text{ H. P.}$$

**Ejemplo 4º**—Una corriente de agua cae desde una altura o desnivel de 11 metros; el caudal o cantidad de agua que pasa por segundo (sería la intensidad tratándose de corriente eléctrica) es de 1 metro cúbico. ¿Cuál será la potencia disponible, en caballos de vapor?

**Respuesta:** La potencia será igual al producto del peso del agua que pasa por segundo, multiplicado por el salto o desnivel en metros.

El trabajo por segundo será:

$$1000 \text{ kilos} \times 11 \text{ metros} = 11.000 \text{ kilogrametros}$$

La potencia en caballos de vapor será:

$$\frac{11000}{75} = 146.6 \text{ H. P.}$$

**78.—Potencia de la corriente eléctrica.**—Así como en el caso de una corriente de agua, en que la potencia que ésta puede desarrollar depende del desnivel de los puntos entre los cuales ella corre, y de la cantidad de líquido que pasa por segundo, del mismo modo, la **potencia de una corriente eléctrica** depende del desnivel eléctrico, o diferencia de potencial o tensión entre dos puntos del conductor que se considere, y de la cantidad de corriente que circule por segundo, o sea de la intensidad. Es decir que:

$$\text{Potencia eléctrica} = \text{tensión} \times \text{intensidad}$$

La unidad de potencia eléctrica se llama **watt**, y es la potencia de una corriente de 1 ampere de intensidad y 1 volt de tensión o voltaje. O sea:

$$1 \text{ watt} = 1 \text{ volt} \times 1 \text{ ampere}$$

Para hallar el número de watts de potencia que tiene una corriente cualquiera, no habrá más que multiplicar su tensión por su intensidad; o sea:

$$\text{watts} = \text{volts} \times \text{amperes}$$

o más abreviadamente, se puede escribir:

$$W = E \times I$$

De esta formulita se pueden deducir también los valores de la tensión o de la intensidad, cuando se conozcan los otros dos términos. Así tendremos que:

$$\text{Tensión} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Intensidad}} = \frac{\text{Watts}}{\text{Amperes}} = \frac{W}{I}$$

y del mismo modo:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Tensión}} = \frac{\text{Watts}}{\text{Volts}} = \frac{W}{E}$$

### 79.—Ejemplos sobre potencia eléctrica.—

**Ejemplo 1º**—Una lámpara incandescente de filamento metálico, de 20 bujías, alimentada con 110 volts, consume 0.2 ampere. Se pregunta:

1º—¿Qué potencia absorbe dicha lámpara?

2º—¿Cuántos watts consume por bujía?

**Respuesta 1ª:**

Potencia = tensión  $\times$  intensidad; o sea: watts = volts  $\times$  amperes  
así que:

$$W = E \times I = 110 \times 0.2 = 22 \text{ watts}$$

**Respuesta 2ª**—Puesto que para producir una intensidad luminosa de 20 bujías se requieren 22 watts, para producir 1 bujía se necesitará 20 veces menos potencia, o sea:

$$\text{Watts por bujía} = \frac{\text{Watts totales}}{\text{Número de bujías}} = \frac{22}{20} = 1.1 \text{ watts}$$

**Ejemplo 2º**—Por una lámpara de arco, entre cuyos terminales hay una diferencia de potencial de 110 volts, circula una corriente de 5 amperes. ¿Qué potencia consumirá?

**Respuesta:**

$$\text{Watts} = \text{volts} \times \text{amperes} = E \times I = 110 \times 5 = 550 \text{ watts}$$

**Ejemplo 3º**—Un motor eléctrico, conectado a una línea de 220 volts, consume 4 amperes. ¿Qué potencia eléctrica absorbe?

**Respuesta:**

$$\text{Watts} = \text{volts} \times \text{amperes} = E \times I = 220 \times 4 = 880 \text{ watts}$$

**Ejemplos 4º**—Tenemos instaladas en paralelo sobre una línea de 220 volts, 5 lámparas de filamento de carbón, de 25 bujías cada una. Consumen 3.5 watts por bujía. Se pregunta:

1º—El consumo total en watts de las 5 lámparas.

2º—La intensidad de la corriente absorbida por las 5 lámparas.

**Respuesta 1ª**—Si por cada bujía se requiere 3.5 watts, para 25 bujías se requerirán 25 veces más, o sea:

Watts por lámpara = watts por bujía  $\times$  número de bujías

Esto es:

$$\text{Watts por lámpara} = 3.5 \times 25 = 87.5 \text{ watts}$$

Y los watts totales serán:

Watts totales = watts por lámpara  $\times$  número de lámparas;

o lo que es lo mismo:

$$\text{Watts totales} = 87.5 \times 5 = 437.5 \text{ watts}$$

**Respuesta 2ª**—Sabemos que:

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Tensión}} = \frac{\text{Watts}}{\text{Volts}} = \frac{W}{V}$$

de modo que tendremos:

$$\text{Intensidad por lámpara} = \frac{\text{Watts por lámpara}}{\text{Tensión de la lámpara}} = \frac{87.5}{220} = 0.39 \text{ amperes}$$

Tratándose de lámparas instaladas en paralelo, sabemos (71) que la intensidad total absorbida es igual a la de una, multiplicada por el número de ellas. Esto es:

Intensidad total = intensidad por lámpara  $\times$  número de lámparas; o sea:

$$I = i \times n = 0.39 \times 5 = 1.95 \text{ ampere}$$

**Ejemplo 5º**—¿Qué intensidad de corriente absorberá un calentador eléctrico de 660 watts y 220 volts?

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Potencia}}{\text{Tensión}}$$

Esto es :

$$I = \frac{W}{E} = \frac{660}{220} = 3 \text{ ampéres}$$

**80.—Kilowatt y Kilowatt-hora.**—Como el watt es una unidad que generalmente resulta demasiado chica, en la práctica se ha adoptado como unidad de potencia el “**Kilowatt**”, que es igual a 1000 watts.

Para la medida de la energía eléctrica suministrada a los consumidores por las compañías proveedoras de corriente, se emplea como unidad el “**Kilowatt-hora**”. Es decir, se considera como unidad de energía la de una corriente de 1000 watts, que circule durante 1 hora, en vez de hacerlo durante un segundo. Y como 1 hora tiene 3600 segundos, quiere decir que 1 Kilowatt-hora, representa 3600 veces más energía que 1 Kilowatt segundo.

Si la tarifa establece que el costo de la corriente es de \$ 0.25 por Kilowatt-hora, quiere decir que por ese precio se podrá tener conectado durante 1 hora un aparato que consuma 1000 watts, o sea 1 Kilowatt de potencia eléctrica.

A continuación daremos algunos ejemplos para ilustrar ese punto.

**81.—Ejemplos sobre el costo de la corriente.**—

**Ejemplo 1º**—Un calorífico de 1200 watts ha funcionado durante 5 horas. El costo de la corriente es de \$ 0.25 por Kilowatt-hora. ¿Cuánto costará la corriente consumida?

**Respuesta:**

$$\text{K. W. H. consumidos} = \frac{\text{Watts} \times \text{horas}}{1000} = \frac{1200 \times 5}{1000} = 6 \text{ K. W. H.}$$

y como cada Kilowatt-hora cuesta \$ 0.25, tendremos:

$$\text{Costo total} = \text{K. W. H.} \times \text{precio de 1 K. W. H.} = 6 \times 0.25 = \$ 1.50$$

**Ejemplo 2º**—Tenemos 10 lámparas incandescentes de filamento metálico, de 25 bujías cada una, encendidas durante 10 horas. Consumen 1.2 watt por bujía. La corriente cuesta \$ 0.25 por Kilowatt-hora. ¿Cuánto costará la corriente consumida?

**Respuesta:**

El consumo de las 10 lámparas será:

$$\text{Kilowatts-hora consumidos} = \frac{\text{Watts} \times \text{horas}}{1000}$$

o sea:

$$\text{K. W. H.} = \frac{10 \times 25 \times 1.2 \times 10}{1000} = \frac{3000}{1000} = 3 \text{ K. W. H.}$$

y como cada K. W. H. cuesta \$ 0.25, tendremos:

$$\text{Costo total} = 3 \times 0.25 = \$ 0.75$$

**Ejemplo 3º**—Una plancha eléctrica de 220 volts y 2 amperes, ha funcionado durante 4 horas. ¿A cuánto ascenderá el gasto si la corriente vale \$ 0.25 el K. W. H.?

**Respuesta:**

$$\text{Watts} = \text{Volts} \times \text{Amperes} = 220 \times 2 = 440 \text{ watts}$$

$$\frac{\text{Watts} \times \text{horas}}{1000} = \frac{440 \times 4}{1000} = 1.76 \text{ K. W. H.}$$

De modo que tendremos:

$$\text{Costo total} = 1.76 \times 0.25 = \$ 0.44$$

**82.—Relación entre potencia mecánica y eléctrica.**—Hemos visto anteriormente (Cap. III) que la corriente eléctrica es capaz de producir diversos efectos, y entre ellos, generar calor en el conductor por donde circula. Ahora bien, el calor puede a su vez ser producido por efecto de una energía o trabajo mecánico, de modo que si sabemos, por ejemplo, cuántos kilográmetros se necesitan para producir una unidad de calor, o sea, una caloría; y si por otro lado conocemos la cantidad de watts que se requieren para generar la misma cantidad de calor, entonces ya podremos establecer la relación que existe entre la potencia mecánica y la eléctrica; o sea, deduciremos a cuántos watts equivaldrá un kilográmetro por segundo y también el equivalente del caballo de vapor.

Por experiencias se ha hallado que para producir una caloría se requiere efectuar un trabajo mecánico de 425 kilográmetros. Y, por otra parte, se ha hallado que generando calor por medio de la corriente eléctrica, se requiere una potencia de 4169 watts, aproximadamente para producir también una caloría.

Entonces tenemos que:

$$1 \text{ caloría} = 425 \text{ kilográmetros}$$

$$1 \text{ caloría} = 4169 \text{ watts}$$

Luego, como dos cosas iguales a una tercera son iguales entre sí, tendremos que:

$$425 \text{ kilográmetros (por segundo)} = 4169 \text{ watts}$$

y si 425 kilográmetros por segundo equivalen a 4169 watts, 1 kilográmetro equivaldrá a 425 veces menos, o sea:

$$1 \text{ Kilográmetro (por segundo)} = \frac{4169}{425} = 9.81 \text{ watts}$$

Como un caballo de vapor equivale a 75 kilográmetros por segundo y cada uno de estos es igual a 9.81 watts, tendremos que:

$$1 \text{ caballo de vapor} = 75 \times 9.81 \text{ watts} = 736 \text{ watts}$$

o sea:

$$1 \text{ H. P.} = 736 \text{ watts}$$

y de ahí deduciremos que:

$$\text{Watts} = \text{H. P.} \times 736$$

$$\text{H. P.} = \frac{\text{Watts}}{736}$$

### 83.—Ejemplos sobre la relación entre potencia mecánica y eléctrica.—

A continuación damos algunos ejemplos al respecto, en los que para mayor sencillez no se tienen en cuenta las pérdidas de transformación; o sea, se considera el rendimiento de 100 %.

**Ejemplo 1º**—Tenemos un motor eléctrico de 220 volts y 10 amperes.

Se pregunta:

1º—¿Cuál es su potencia en K. W.?

2º—¿A cuántos H. P. equivale?

**Respuesta 1ª:**

$$\text{Watts} = \text{volts} \times \text{amperes} = 220 \times 10 = 2200 \text{ watts}$$

$$\text{Kilowatts} = \frac{\text{Watts}}{1000} = \frac{2200}{1000} = 2.2 \text{ K. W.}$$

**Respuesta 2ª:**

$$\text{H. P.} = \frac{\text{Watts}}{736} = \frac{2200}{736} = 2.98 \text{ H. P.}$$

**Ejemplo 2º**—¿Qué intensidad de corriente corresponderá a un motor de 10 H. P. y 440 volts?

**Respuesta:**

$$\text{Watts} = \text{H. P.} \times 736 = 10 \times 736 = 7360 \text{ watts}$$

$$\text{Intensidad} = \frac{\text{Watts}}{\text{Volts}} = \frac{7360}{440} = 16.73 \text{ amperes}$$

=====

### APARATOS DE MEDIDA

---

**84.—Generalidades sobre aparatos de medida.**—En capítulos anteriores hemos hablado de los efectos de la corriente eléctrica y vimos que ellos son tanto mayores cuanto más intensa es la corriente. De ahí se deduce que puede medirse una corriente comparando sus efectos con los que produce otra de intensidad ya conocida. Pueden servir para ese objeto de medición los efectos químicos, magnéticos y caloríficos. Los aparatos de medida empleados en la práctica se basan en estos dos últimos efectos.

En este capítulo trataremos sólo de los aparatos de medida de uso más general, que son los siguientes:

1—El galvanómetro

2—El amperómetro

3—El voltmetro

**85.—Galvanómetro.**—Este aparato está destinado a revelar la presencia y dirección de la corriente en un circuito. También se utiliza para revelar la continuidad de un conductor; es decir, si está completo o interrumpido. Su funcionamiento se basa en el efecto magnético de la corriente, de que hablamos en los párrafos 40 y 41.

Hemos visto allí que una aguja imantada, figura 23, se desvía bajo el influjo de la corriente que recorre el conductor puesto en su proximidad, y que el sentido de la desviación depende de la dirección de la corriente; y que, por otra parte, la desviación de la aguja era tanto mayor cuanto más intensa fuera la corriente.

Es decir, pues, que mediante una aguja imantada convenientemente colocada con respecto a un conductor, podemos determinar la presencia de corriente, su dirección y también su intensidad, siempre que se trate de corrientes muy débiles. Al aparato basado en ese principio se le llama “**galvanómetro**”; pero en vez de tener sólo un conductor rectilíneo dispuesto sobre la aguja, aquél se envuelve en numerosas espiras, formando un carrete o bo-

bina alrededor de ella, figura 61, con lo cual se aumenta el efecto magnético, que resulta multiplicado por el número de espiras; y de ahí que a tal instrumento se le dé también el nombre de “multiplicador”.

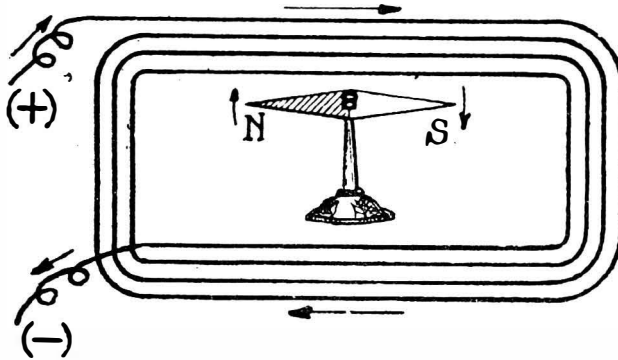


Fig. 61

En la práctica los galvanómetros en vez de estar dotados de una sola aguja imantada, tienen dos, unidas entre sí rígidamente, y colocadas con sus polos de nombre opuesto en frente, figura 62. Una de

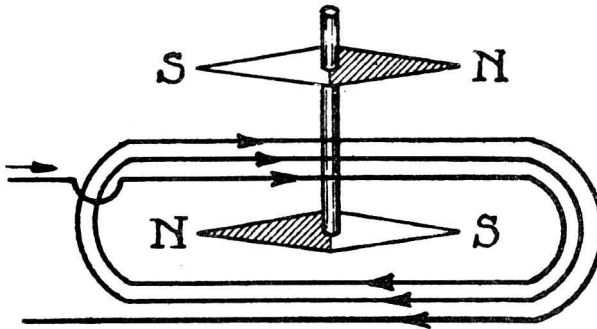


Fig. 62

las agujas viene a quedar dentro de la bobina o carrete, donde dispone de suficiente espacio para girar. La otra queda en el exterior, sobre el cuadrante o disco graduado del aparato.

En la figura 63, se da una vista de conjunto de uno de estos instrumentos. Se trata de un galvanómetro como los que se emplean en la Armada para probar la continuidad de los circuitos de artillería.

Dicho aparato va montado sobre la tapa de un estuche que contiene la pila destinada a suministrar la corriente para las pruebas en que se utiliza el aparato.

**86.—Conexión del galvanómetro.**—En la figura 64 indicamos la manera cómo se conecta el galvanómetro para probar la continuidad de un conductor, que es para lo que más se emplea dicho aparato.

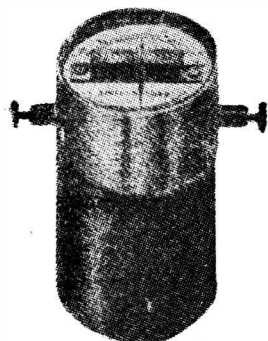


Fig. 63

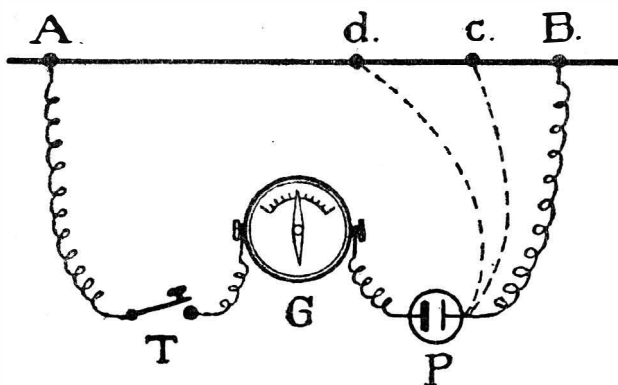


Fig. 64

Supongamos que se desea saber si hay continuidad entre los extremos o terminales **A** y **B** de un conductor cualquiera, que puede ser una bobina, una cable, etc. Se conectará el galvanómetro **G** a dichos puntos, intercalando en serie una pila **P** y una llave, botón o interruptor **T**. Entonces al establecer el contacto en **T**, si entre los puntos **A** y **B** no hay interrupción alguna, el circuito quedará cerrado o completo, y se producirá un pasaje de corriente que saliendo del polo positivo de la pila irá al punto **B**, por ejemplo, de allí recorrerá el conductor hasta **A**, pasará por **T**, circulará por la bobina del galvanómetro, regresando al otro polo de la pila. La aguja del galvanómetro se desviará acusando el pasaje de la corriente, indicando con ello que el circuito no tiene interrupción. En caso que la hubiese, se podría ir ensayando por tanteos sucesivos, haciendo contacto en puntos intermedios como **c**, **d**, etc., hasta localizar la falla; esto es, hasta determinar aproximadamente en qué parte del conductor está la interrupción.

**87.—Amperómetros y voltímetros.**—Al tratar de la corriente eléctrica, las dos cantidades más importantes que deben tenerse en cuenta, son la “intensidad” y la “diferencia de potencial”.

Los instrumentos industriales para medir la intensidad reciben el nombre de “**amperómetros**”, porque la unidad práctica de intensidad es el “**ampere**”.

Los destinados a medir la diferencia de potencial se llaman “**voltmetros**”, dado que la unidad de diferencia de potencial es el “**volt**”.

Los amperómetros se conectan en serie con el circuito, cuya intensidad se desea medir, figura 65. Los voltmetros se instalan en derivación, conec-

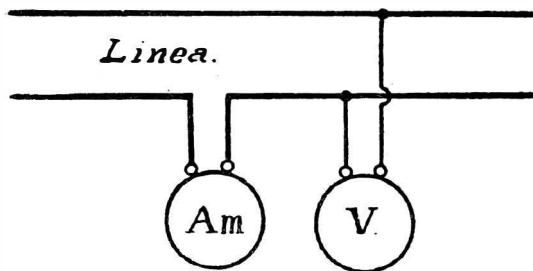


Fig. 65

tándolos a los dos puntos cuya diferencia de potencial se desea medir.

No hay diferencia fundamental en la construcción de los voltmetros y amperómetros, (excepción hecha de los voltmetros electrostáticos, de que no nos ocuparemos aquí. En realidad los voltmetros sólo vienen a ser ampe-

rómetros graduados en volts. O, en otras palabras, los voltmetros miden la intensidad de la corriente que pasa por ellos, la que a su vez depende de la diferencia de potencial existente entre los terminales del aparato, y la resis-

tencia de éste. O sea, por la Ley de Ohm;  $I = \frac{E}{R}$  y como la resistencia  $R$  del aparato es siempre la misma, entonces la intensidad  $I$  variará de acuerdo con la diferencia de potencial  $E$ ; de modo que al medir  $I$ , en realidad venimos a medir también  $E$ .

Supongamos, por ejemplo, que un amperómetro cuya resistencia fuese  $R = 1000$  ohms, y que conectado en derivación como el aparato  $V$  de la figura 65 indicara una intensidad de  $I = 0.1$  ampere.

Por la Ley de Ohm sabemos que  $E = I \times R$  de modo que en este caso tendremos que  $E = 0.1 \times 1000 = 100$  volts.

Entonces, si quisiéramos usar este aparato como voltmetro, sólo tendríamos que poner en la escala 100 volts en el punto donde antes decía 0.1 ampere. Del mismo modo, se pondría 200 volts donde correspondía a 0.2 amperes, y así sucesivamente, graduando la escala en volts, ese aparato quedaría en realidad convertido en un voltmetro.

**88.—Tipos comunes de amperómetros y voltmetros.**—A continuación enumeramos los tipos de amperómetros y voltmetros más comúnmente empleados en la práctica:

a) Instrumentos electro-magnéticos, basados en la atracción ejercida por una bobina fija sobre una piecita de hierro, móvil, figura 66.

b) Instrumentos de imán fijo y bobina móvil (tipo Deprez-D'Arsonval), consistentes en una bobinita que se mueve entre los polos de un fuerte imán permanente, figuras 67 y 68.

c) Instrumentos térmicos, en que la corriente a medir calienta un alambre, que se dilata más o menos, según la corriente que lo recorre.

**89.—Instrumentos de bobina fija y hierro móvil.**—En la figura 66, se representa un instrumento de este tipo, de construcción muy sencilla. Consiste en una bobina estacionaria **B**, por la que circula la corriente a medir. **N** es un núcleo de hierro dulce que puede moverse libremente hacia arriba o hacia abajo y el cual está conectado a la aguja **A** y al contrapeso **Q**. Cuando circula corriente en la bobina **B**, ésta atrae hacia su interior al núcleo **N**, en oposición al efecto del contrapeso **Q**, y la aguja **A**, avanzará sobre el cuadrante tanto más cuanto más se haya desplazado el núcleo **N**; o sea, cuanto más intensa sea la corriente que lo atrae.

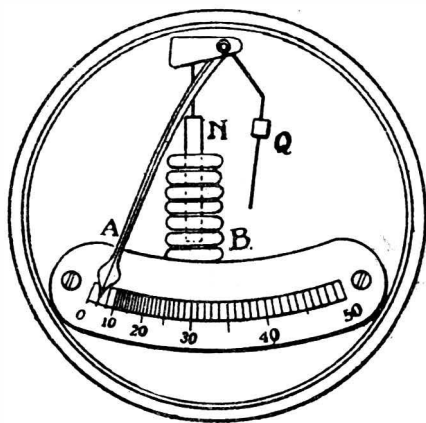


Fig. 66

La escala del aparato está graduado en amperes o en volts, según que él esté destinado a medir intensidades o diferencias de potencial. En el primer caso la bobina se compone de pocas espiras de alambre grueso; y en el segundo consta de gran número de espiras de hilo muy fino y, por lo tanto, de mucha resistencia.

**90.—Amperómetro de imán fijo y bobina móvil.**—En la figura 67 se da una vista de conjunto de este tipo de instrumento y en la figura 68 una de detalle. Dicho aparato, figura 67, consiste en un fuerte imán permanente, fijo, en forma de herradura, entre cuyos polos **N** y **S** hay un núcleo de hierro **H**, también fijo. En el espacio o entre hierro existente entre los polos del imán y el núcleo **H**, va montada sobre unos pivotes una ligera bobina móvil **B**, formada por alambre muy fino, cuyos dos extremos o terminales van soldados respectivamente a dos resortes en espiral **R**, existentes uno en la

parte superior y otro en la inferior del aparato, (ver detalle en la figura 68), y por medio de los cuales se hace llegar la corriente a la bobinita móvil. Esta está unida a la aguja **A**, que avanza sobre el cuadrante, más o menos, según sea la desviación de la bobinita, la que a su vez depende de que sea mayor o menor la corriente que circula por ella. Cuanto más intensa sea

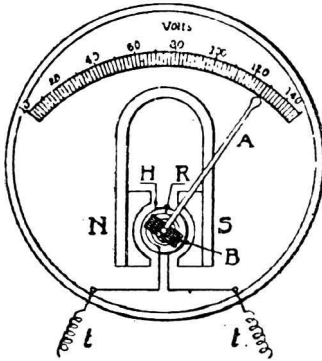


Fig. 67

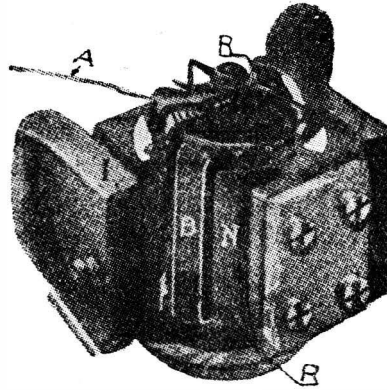


Fig. 68

ésta, más tiende la bobinita a ponerse paralela a los polos del imán en contra de la acción de los resortes **R** que tienden a mantenerla perpendicular, o en posición tal que la aguja marque el punto **O** sobre el cuadrante.

Estos instrumentos sirven solamente para medir corriente continua, pues, el sentido de la desviación de la bobinita móvil depende de la dirección en que circula en ella la corriente. Ahora bien, si ésta cambiara continuamente de sentido, como en el caso de la corriente alternada, la bobinita no alcanzaría a desviarse hacia un lado cuando ya la inversión de la corriente tendería a llevarla hacia el otro, y así sucesivamente, con lo que la aguja indicadora se limitaría a vibrar en el mismo sitio.

**91.—Instrumentos térmicos.**—En la figura 69 se muestra en esquema este tipo de instrumento. La corriente a medir, o una parte determinada de ella, pasa por el hilo de plano, extendido entre los

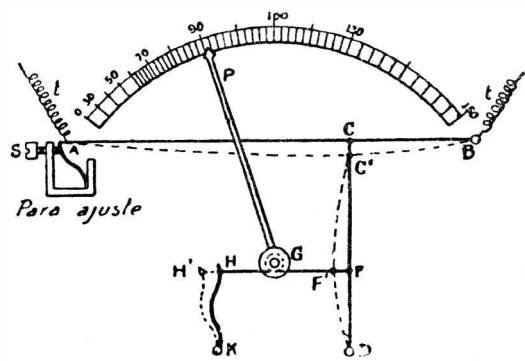


Fig. 69

puntos fijos **A** y **B**. Un hilo de bronce está conectado por un extremo al punto **C** del hilo **A B** y por otro a un punto fijo **D**. Un hilo de seda va fijado al punto **F** del hilo **C D** y dando vuelta sobre una poleita **G**, va a terminar al punto **H** del resorte **H K** que lo mantiene tirante. La poleita **G** está unida al índice o aguja **P**, que avanza más o menos sobre el cuadrante cuando la poleita gira. Ahora bien, cuando circula corriente en el hilo **A B**, éste al calentarse, se dilata más o menos según que sea más o menos intensa la corriente que lo atraviesa. Al dilatarse toma una posición como la que se indica en la línea punteada; el punto **C** pasa a **C'**, con lo cual el hilo **C F** toma la posición que marca la línea punteada **C' F' D**, pues, el resorte **H K** tira del hilito de seda, colocándose en la posición **H' K**. Pero al hacerlo así, hará girar la poleita **G** y con ella la aguja avanzará sobre el cuadrante un número mayor o menos de graduaciones según haya sido la dilatación del hilo **A B**, que, como hemos dicho, depende a su vez de la corriente mayor o menor que por él circula.

**92.—Shunts.**—Se llama así a unos conductores especiales de baja resistencia que se conectan en paralelo con los amperómetros, para que por éstos pase tan solo una pequeña fracción de la corriente que se desea medir.

Habíamos dicho (90) que los instrumentos del tipo representado en las figuras 67 y 68 tienen una bobinita de hilo muy fino. La intensidad que puede recorrerlas sin quemarlas no excede generalmente de 0.05 de ampere. Es decir, que si se intercalara dicho instrumento directamente en un circuito de mayor intensidad, se destruirá la bobina. Para evitar eso y poder medir corrientes intensas, se disponen las cosas como muestra la figura 70. Sea a a

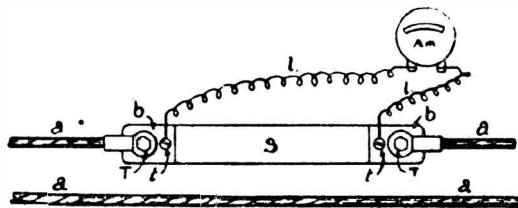


Fig. 70

la línea cuya intensidad se desea medir; se la corta y se conectan los extremos o terminales **T T** en los gruesos blocks **b b** del **shunt S**, de cuyos puntos **t t** se derivan los conductores **l l** que van a los terminales del amperómetro, el que viene así a quedar en paralelo con el **shunt S**, el cual se ve

en conjunto en la figura 71. Consiste en una o más láminas de material especial, como ser "Plata Alemana", "Constatan", u otra aleación análoga, cuya resistencia eléctrica se mantiene prácticamente invariable a pesar de los cambios de temperatura.

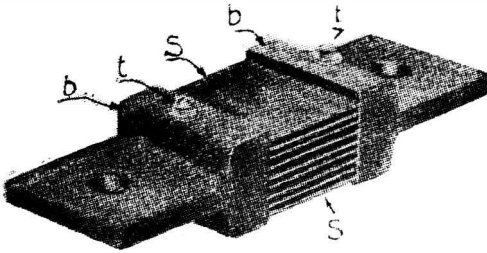


Fig. 71

Para comprender más fácilmente la instalación del amperómetro con su shunt, dada en la figura 70, podemos representarlos en esquema, como se ve en la figura 72, donde la rama superior en que se bifurca la línea, es la del amperómetro, y la inferior la del shunt.

Supongamos que la rama superior o sea el amperómetro con sus conductores, tenga una resistencia de  $R_a = 0.999$  de ohm; que la rama inferior o sea el shunt, tenga  $R_s = 0.001$  de ohm; y que la intensidad total en la línea sea de  $I = 100$  amperes.

Deseamos saber qué parte  $i_a$  de esos 100 amperes pasará por el amperómetro, y qué otra parte  $i_s$  irá por el shunt.

Para resolver este problema nos basaríamos en lo explicado en el párrafo 70, sobre conductores unidos en paralelo. No habría más que aplicar la Ley de Ohm a cada rama, una vez determinada la diferencia de potencial  $E$ , que existe entre sus extremos  $a$  y  $a'$ ; para lo cual tendríamos que hallar primero la resistencia combinada que ofrecen las dos ramas unidas en paralelo; y entonces tendríamos que:

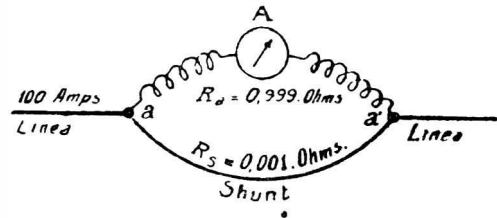


Fig. 72

Dif. de pot. entre  $a$  y  $a' =$  Intensidad  $\times$  Resistencia combinada, o sea:

$$E = I \times \text{Resistencia combinada}$$

Hallado  $E$ , tendríamos que la intensidad en cada rama sería:

$$\text{Intensidad en el amperómetro} = \frac{\text{Dif. de pot. entre } a \text{ y } a'}{\text{Resistencia del amperómetro}}$$

$$\text{o sea } i_a = \frac{E}{R_a}$$

y del mismo modo:

$$\text{Intensidad en el shunt} = \frac{\text{Dif. de pot. entre a y a}_1}{\text{Resistencia del shunt.}}$$

o bien:

$$i_s = \frac{E}{R_s}$$

Más brevemente puede hallarse la intensidad en cada una de las dos ramas, recordando sencillamente que la corriente total dividirá entre ellas en razón inversa de su resistencia. Así que la intensidad en la rama superior, por ejemplo, se obtendrá multiplicando la corriente total por la resistencia de la rama inferior. Y, del mismo modo, la intensidad en la inferior la tendremos multiplicando la total por la resistencia de la rama superior.

O sea:

$$\text{Int. en el amperómetro} = \text{Int. total} \times \text{Resistencia del shunt}$$

$$\text{Int. en el shunt} = \text{Int. total} \times \text{Resistencia del amperómetro}$$

Y escribiendo esto más abreviadamente, valiéndonos de las letras indicadas, tendremos:

$$i_a = I \times R_s = 100 \times 0.001 = 0.1 \text{ ampere}$$

$$i_s = I \times R_a = 100 \times 0.999 = 99.9 \text{ amperes}$$

Es decir, que si conectamos en paralelo con un amperómetro de 0.999 ohm de resistencia, un shunt que tenga 0.001 ohm, si la corriente a medir es de 100 amperes, pasarán 99.9 amperes por el shunt, y el resto, o sea solamente 0.1 ampere por el amperómetro.

---

## INDUCCION ELECTROMAGNETICA

93.—**Generalidades sobre inducción.**—Hemos visto (46) que toda corriente eléctrica produce, alrededor del conductor por donde circula, un campo magnético. Es lógico suponer que también podrá producirse el fenómeno inverso; esto es, que un campo magnético sea capaz de generar corriente eléctrica en un conductor. Y, en efecto, la experiencia ha demostrado que así sucede.

La corriente generada por la influencia de un campo magnético toma el nombre de “**corriente de inducción**” o “**corriente inducida**”. Al conductor o sistema de conductores y accesorios donde dicha corriente se genera, se le llama “**inducido**”. Al imán u otro dispositivo que produce el campo magnético que da lugar a la generación de la corriente inducida, se le llama “**inductor**”.

94.—**Inducción por medio de un imán.**—Supongamos que tenemos un carrete **C**, figura 73, constituido por gran número de espiras de alambre aislado, cuyos extremos van conectados a los terminales del galvanómetro **G**. Si en el hueco del carrete introducimos rápidamente el imán **N S**, observaremos que la aguja del galvanómetro se desviará, acusando así la presencia de una corriente, que cesa tan pronto como cesa el movimiento del imán. Al retirar vivamente la barra imanada, el fenómeno se repite, pero la desviación de la aguja será en sentido contrario, indicando así que el sentido de la corriente se ha invertido.

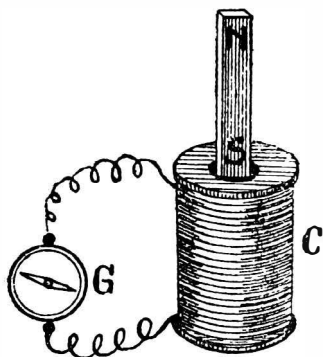


Fig. 73

La corriente generada es una corriente “**inducida**” por efecto del campo magnético del imán. La bobina de alambre en que se ha producido la corriente es el “**inducido**”; y el imán cuyo campo produjo el fenómeno de inducción es el “**inductor**”.

El mismo fenómeno se producirá si en vez de ser estacionaria la bobina y móvil el imán, fuese al revés; o sea, que dejando fijo al imán se moviera rápidamente la bobina. En cambio, si no hay desplazamiento del uno con respecto al otro, como por ejemplo si dejamos estacionario el imán dentro de la bobina, por más poderoso que él sea, la aguja del galvanómetro no desviará; es decir, no se producirá inducción alguna.

Eso significa que el fenómeno de inducción depende de **la variación del número de líneas de fuerza que atraviesan al conductor inducido.**

Cuando acercamos el imán a la bobina, ésta viene a ser atravesada por un número cada vez mayor de líneas de fuerza del campo magnético existente alrededor del imán, hasta llegar a un máximo cuando el imán ha sido introducido del todo dentro de la bobina.

Al retirarlo sucede el fenómeno inverso; esto es, va disminuyendo el número de dichas líneas de fuerza que pasan a través de la bobina y el galvanómetro desviará en sentido opuesto al caso anterior, hasta que, cuando hayamos alejado bastante el imán, ya no pasará línea alguna por la bobina; cesará la inducción y el galvanómetro volverá a cero.

**95.—Inducción por medio de la corriente.**—El campo magnético inductor tanto puede ser producido por medio de un imán como en el caso que acabamos de describir, como por una corriente. En efecto, si en vez de una barra imantada como en la figura 73, usamos un carrete *c* de alambre conductor, figura 74, por el que circula la corriente procedente de una batería de pila *P*, veremos que al introducir rápidamente en la bobina *C* el carrete *c*, o al retirarlo, la aguja del galvanómetro desviará primero en un sentido y luego en el opuesto, como sucedía al mover la barra imantada.

También podremos obtener el mismo resultado si en vez de desplazar las bobinas una con respecto a la otra, dejamos estacionaria la chica dentro de la grande, y producimos interrupciones en el circuito de la bobina *c*; esto es, si cortamos y establecemos sucesivamente la corriente de alimentación procedente de la pila *P*. Veremos que al cesar la corriente inductora,

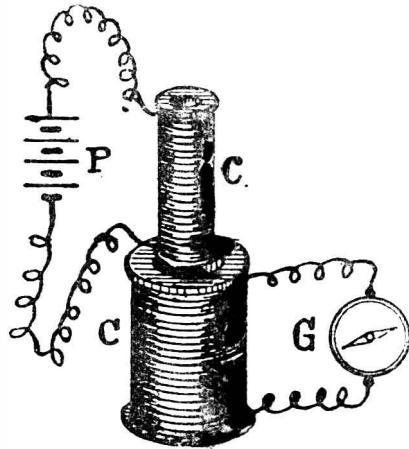


Fig. 74

el galvanómetro desviará hacia un lado; y al establecerse de nuevo, desviará hacia el otro; es decir, obtendremos así el mismo resultado que si acercáramos la bobina inductora. Eso confirma lo que dijimos, de que la inducción no se debe a la sola existencia del campo magnético en el que se encuentra sumergido el conductor inducido, sino a la **variación de ese campo**; o sea, a la **variación del número de líneas de fuerza que dicho conductor inducido corta**. Al cesar la corriente en el carrete inductor **C**, cesa con ella el campo que produce a su alrededor; es decir, las líneas de fuerza van **en disminución** hasta desaparecer por completo. Al establecerse de nuevo la corriente, el campo inductor que era nulo vuelve a formarse; o sea, las líneas de fuerza habrán **aumentado**, y en definitiva esas variaciones generarán en el carrete inducido **C** la corriente inducida.

**96.—Inducción de una corriente sobre sí misma. Auto-inducción.—**

Para obtener inducción por efecto de una corriente eléctrica, no es forzoso que haya dos circuitos separados (inductor e inducido) como en la figura 74; es suficiente que haya uno solo; pues, como ya dijimos, para producir el fenómeno de inducción basta que el conductor corte un número variable de líneas de fuerza; y, por lo tanto, no importa si ese campo magnético variable lo produce la corriente que recorre un conductor próximo, o bien lo

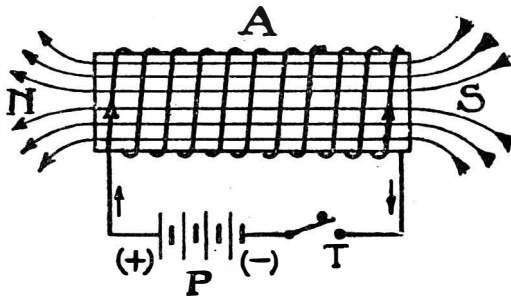


Fig. 75

genera la que circula por el mismo conductor. Supongamos, por ejemplo, que tenemos el electroimán **A**, cuyo enrollamiento está recorrido por la corriente procedente de la batería de pilas **P**, figura 75. Dicha corriente producirá el campo magnético que representamos en la figura. Ahora bien, si por medio del interruptor **T**, cortamos el circuito, cesará el pasaje de co-

rriente en el solenoide, y, por tanto, desaparecerá también el campo magnético. Es decir, que el conductor referido habrá venido a encontrarse dentro de un campo magnético variable por efecto de la variación de su propia corriente, en vez de serlo por la de un conductor próximo, como en el de la bobina **C** de la figura 74. Y entonces, lo mismo que en este caso, se producirá en dicho conductor un efecto de inducción, al que se da el nombre de **"auto-inducción"**; o sea, de inducción de la corriente sobre sí misma. Tal

efecto se manifiesta en una chispa en el punto de ruptura **T** del circuito; tanto más fuerte cuanto más grande sea el número de espiras del enrollamiento, cuanto más intensa la corriente que lo recorría, y cuanto más rápida haya sido la interrupción; o en definitiva, cuanto más intenso haya sido el campo existente y más rápida su desaparición; lo que confirma lo dicho anteriormente “que el efecto de inducción depende de la variación en el número de líneas de fuerza cortadas por el conductor”.

A la descarga de corriente en forma de chispa, producida por auto-inducción al cortarse un circuito, por donde circule corriente, se le da el nombre de “extra-corriente de ruptura”.

**97.—Fuerza electromotriz inducida.**—En los párrafos anteriores sólo hemos considerado el efecto de inducción sobre circuitos cerrados, pero en realidad también se produce en circuitos abiertos, tales como serían simples

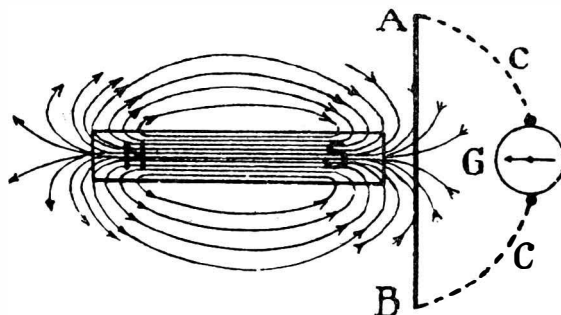


Fig. 76

trozos de conductor rectilíneo, como **A B**, en la figura 76. Basta que dicho trozo de conductor corte un número variable de líneas de fuerza, como sucedería, por ejemplo, moviéndolo transversalmente frente a unos de los polos del imán **N S**, para que se generara en él una “fuerza electromotriz inducida”; o sea, entre ambos extremos del conductor se establecería un des-nivel eléctrico o diferencia de potencial que, si se completara el circuito comunicando entre sí los dos extremos por medio de un conductor exterior, por ejemplo, los hilos **c c**, que se indican en línea punteada en la figura, daría lugar al pasaje de una corriente que, como sabemos, iría del punto o extremo de potencial más elevado hacia el que lo tiene más bajo. Tal corriente de inducción es la que ya hemos mencionado, y duraría tanto tiempo como durase la f. e. m. inducida, la que a su vez subsistiría mientras el conductor citado estuviera cortando un número variable de líneas de fuerza.

El valor de la f. e. m. inducida en dicho conductor **es directamente proporcional al número de líneas de fuerza que corta por segundo**. De modo que cuando más intenso sea el campo magnético inductor y más rápido el movimiento del conductor inducido, mayor será la f. e. m. generada. Esta será también tanto mayor cuanto más larga sea la parte del conductor que corta las líneas de fuerza.

Esto que acabamos de decir podemos expresarlo más abreviadamente por medio de una formulita. Supongamos que quisiéramos saber cuántos volts (e) de f. e. m. se desarrollarán en un conductor rectilíneo que tiene un largo de **L** centímetros, que se mueve con una velocidad de **v** centímetros por segundo, cortando perpendicularmente las líneas de fuerza de un campo magnético cuya intensidad (o sea cuyo número de líneas de fuerza por centímetro cuadrado), es **H**.

Tendríamos:

$$F. E. M. = \text{Líneas de fuerza por etm.} \times \text{Largo en etm.} \times \text{Veloc. en etm.}$$

$$10^8$$

O más abreviadamente:

$$e = \frac{H \times L \times v}{10^8}$$

El término  $10^8$ , o sea 100000000 que usamos en esa fórmula, es para reducir a volts la f. e. m. hallada; pues, el resultado que se obtiene multiplicando la intensidad de campo (**H**), por el largo (**L**) en centímetros, por la velocidad (**v**) en centímetros, por segundo, da la f. e. m. en unidades "**absolutas**", que son 100000000 menores que el volt; o sea, éste equivale a  $10^8$  veces la unidad absoluta de f. e. m.

Apliquemos la fórmula arriba indicada, resolviendo un ejemplo. Supongamos que un conductor de **L** = 100 etm. de largo se mueve con una velocidad de **v** = 500 etm. por segundo en un campo magnético cuya intensidad sea de **H** = 10000 líneas de fuerza por centímetro cuadrado. Se pregunta: ¿Qué f. e. m. (e) se generará en ese conductor?

Tendremos:

$$e = \frac{H \times L \times V}{10^8} = \frac{10.000 \times 100 \times 500}{100.000.000} = 5 \text{ volts.}$$

**98.—Sentido de la corriente inducida.**—El sentido que tendrá la corriente inducida en un conductor está dada por la "**Regla de Fleming**" o "**Regla de los tres dedos**", que indicamos a continuación: Si se extienden en

ángulo recto entre sí los dedos pulgar, índice y medio de la mano derecha, de modo que el pulgar indique el sentido del movimiento del conductor y el índice la dirección de las líneas de fuerza, entonces el dedo medio indicará el sentido de la corriente inducida, figura 77.

Aplicando dicha regla al caso de la figura 76, suponiendo que el movimiento del conductor sea del plano del papel hacia arriba y como el índice iría dirigido desde S. a N., pues esa es allí la dirección de las líneas de fuerza, entonces el dedo medio vendría a quedar apuntando hacia el extremo **B** del conductor; o sea, el sentido de la corriente inducida sería en dicho conductor de **A** hacia **B**. Y si invirtiéramos el sentido del movimiento; es decir, si

supusiéramos que es hacia abajo del plano del papel, veríamos, aplicando de nuevo la regla citada, que el sentido de la corriente se invertiría también y sería de **B** hacia **A**.

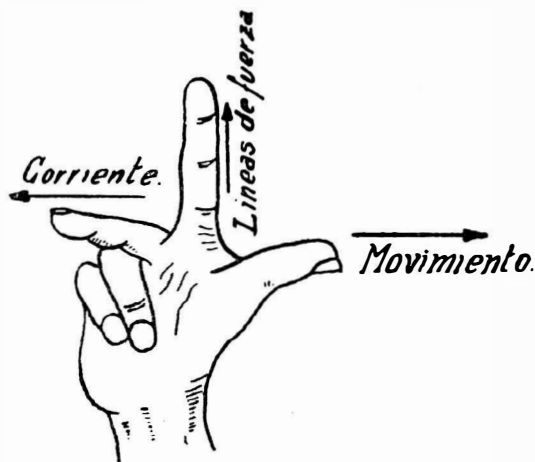


Fig. 77

**99.—Ley de Lenz.**—Para producir toda corriente eléctrica es preciso gastar energía de alguna clase. Si se trata de la generada por las pilas, por ejemplo, ella se produce a expensas de la energía química consumida en la descomposición de los cuerpos utilizados en ellas. Cosa análoga sucede con la corriente de inducción. La energía o trabajo que ésta representa no es más que el equivalente de otra que es necesario gastar para su producción. Así, por ejemplo, en el caso de la figura 73, la energía eléctrica desarrollada en el circuito inducido **C** no es más que el equivalente del trabajo mecánico empleado para mover el imán dentro y fuera del carrete. Del mismo modo, en el caso de la figura 74, si dejáramos estacionario el carrete chico **c** dentro del grande **C** y produjéramos el fenómeno de inducción mediante interrupciones y conexiones sucesivas de la pila **P**, tendríamos de igual modo que la potencia de la corriente inducida sería solamente el equivalente de la corriente inductora; menos, naturalmente, la parte que se pierde siempre en toda transformación de energía.

Al introducir el imán **N S** en el carrete, figura 73, se observa que se puede hacerlo sin experimentar resistencia, siempre que el circuito inducido esté abierto; o sea, **si no se genera corriente inducida**; pero si dicho conductor inducido forma un circuito cerrado, de modo que al introducir el imán se produzca corriente inducida, se nota una resistencia al movimiento de aproximación del imán a la bobina. Y, del mismo modo cuando se lo retira, hay que vencer la resistencia ocasionada por la atracción de la bobina que antes tendía a rechazarlo. Si la inducción se obtiene entre dos bobinas como las de la figura 74, mediante interrupciones de la corriente inductora, se observa que al cortarla, el sentido de la inducida es tal que tiende a reforzar el campo magnético que la corriente inductora había producido y que desaparece al cesar ésta; e inversamente, al establecer de nuevo la corriente inductora y con ella su campo magnético, la corriente inducida es de sentido tal que tiende a disminuir dicho campo inductor.

Todo esto está brevemente expresado en la “**Ley de Lenz**” que dice: “**El sentido de la corriente inducida es siempre tal que se opone a la causa que la ha generado**”.

**100.—Principio de los transformadores.**—Los efectos de la inducción por medio de la corriente, de que hablamos en el párrafo (95), se pueden constatar aún más claramente con el dispositivo de que da la idea la figura 78.

Sobre un núcleo de hierro **N**, van dos carretes; un **P**, llamado “**primario**”, compuesto por un reducido número de espiras, de alambre grueso, aislado; otro **S**, formado por un gran número de espiras de hilo fino y tam-

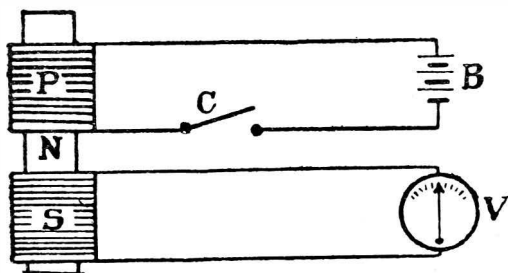


Fig. 78

bién aislado. La batería **B** alimenta el carrete **P**, y un interruptor **C** permite producir las interrupciones o conexiones del circuito, para que la corriente se establezca o cese.

Los terminales de la bobina secundaria **S** van conectados a un voltímetro **V**, cuyo cero está en el centro de la escala.

Al cerrar el interruptor **C**, circula corriente en el circuito primario **P**; éste genera un campo magnético en el que viene a encontrarse sumergido el secundario **S**, en el cual se produce una corriente de inducción, cuya tensión y sentido acusa el voltmetro **V**, desviándose su aguja hacia un lado de la escala. Al abrir el interruptor **C**, cesa la corriente; desaparece el campo magnético, y en el secundario se genera una corriente de sentido opuesto a la anterior, y la aguja del voltmetro desviará hacia el otro lado de la escala.

Se comprueba que la tensión o voltaje de la corriente secundaria (o sea la generada en **S**) es tanto mayor, cuando más grande sea el número de espiras de **S** con respecto al de **P**. Puede considerarse que, prácticamente, los voltajes en ambos enrollamientos están en proporción directa al número de espiras respectivas. O sea, si llamamos  $V_p$  al voltaje en el primario;  $V_s$  al del secundario;  $N_p$  al número de espiras del carrete **P** y  $N_s$  a las que tiene el carrete **S**, tendremos:

$$V_p : V_s :: N_p : N_s \text{ o lo que es lo mismo } \frac{V_p}{V_s} = \frac{N_p}{N_s}$$

y de ahí deduciremos uno cualquiera de los términos, conociendo los otros tres.

**Ejemplo.**—Si el primario tiene  $N_p = 100$  espiras; el secundario  $N_s = 10000$  y el voltaje en el primario es  $V_p = 5$  volts. ¿Qué voltaje se generará en el secundario?

**Respuesta:**

$$V_s = \frac{V_p \times N_s}{N_p} = \frac{5 \times 10.000}{100} = 500 \text{ volts.}$$

Se ve que con un dispositivo de esta clase se puede transformar una corriente de una potencia determinada en otra equivalente (menos las pérdidas) pero de distinto voltaje; y, por lo tanto, también de diferente intensidad. Así por ejemplo, para obtener una corriente cuya potencia sea de  $W = 1000$  watts, lo mismo puede ser producida por  $E = 100$  volts, e  $I = 10$  amperes, como por  $E = 10000$  volts, e  $I = 0.1$  ampere, pues, en ambos casos tendremos:

$$W = E \times I = 100 \times 10 = 1000 \text{ watts, y}$$

$$W = E \times I = 10000 \times 0.1 = 1000 \text{ watts.}$$

En el principio arriba expresado se basan los “**transformadores**”, que son aparatos destinados a convertir una corriente, en otra, cuyos factores (tensión e intensidad) sean diferentes.

**101.—Bobina de Ruhmkorff.**—Es un transformador que convierte una corriente continua de baja tensión, en corriente alternada de muy elevada tensión. Consiste, figura 79, en un núcleo **N** compuesto de un haz de alambre de hierro dulce, barnizados. Sobre ese núcleo va el enrollamiento primario **P**, de pocas espiras de alambre grueso; y encima está dispuesto el secundario **S**, constituido por muchos millares de espiras de alambre fino, bien aislado. Una batería de pilas **B** suministra la corriente para el primario, y un interruptor vibratorio **a**, que funciona en forma análoga al de las campanillas (44), produce las interrupciones de corriente necesarias para obtener la variación de campo magnético, que da lugar a la f. e. m. inducida.

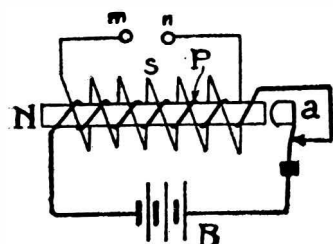


Fig. 79

Estas bobinas producen en el secundario una tensión tan elevada (varios millares de volts), como para vencer la resistencia eléctrica del espacio de aire que separa los puntos **m** y **n**, produciendo una descarga en forma de chispa entre ambos.

La corriente generada por estas bobinas tiene muchas aplicaciones, entre otras para fines medicionales, para aparatos de rayos X, radiotelegrafía, etc.

En el mismo principio de la bobina de Ruhmkorff se basan las “**bobinas de inducción**” que se utilizan para la ignición en los motores de automóviles y otros análogos. Ellas transforman la corriente de bajo voltaje de una batería de dos o tres elementos de pila, en otra de muy elevada tensión, que en el momento oportuno salta en forma de chispa entre los terminales de la “**bujía**”, produciendo la inflamación, en el cilindro, de la mezcla formada por la nafta evaporada y el aire.

**102.—Transformadores estáticos.**—Basados en el mismo principio de la inducción producida por un campo magnético variable, mencionado más arriba; se construyen aparatos destinados a convertir una corriente alternada en otra, también alternada, de distinta tensión e intensidad. Consisten en un núcleo de hierro **N**, figura 80, sobre el cual van enrollados los circuitos “**primarios**” **P**, y “**secundario**” **S**. El primario está alimentado por corriente

alternada, y el campo magnético que ella produce se establece casi íntegramente en el núcleo de hierro, en la forma que indican las líneas punteadas de la figura.

Para producir la variación del campo magnético, la que, como sabemos, es condición indispensable para que haya inducción, no se requiere en este caso dispositivo o interruptor alguno; pues, siendo alternada la corriente que circula por el primario, o sea cambiando de sentido alternativamente (por lo general de 25 a 60 veces por segundo, en la práctica) produce simultáneamente la variación de sentido y de intensidad del campo magnético cuyas líneas de fuerza abarcan el enrollamiento secundario **S**; donde, por consiguiente, se generará una f. e. m. inducida, la que dará lugar a la producción de corriente si el circuito **S** está cerrado, como sería el caso si alimentara lámparas o cualquier otro aparato en su circuito exterior.

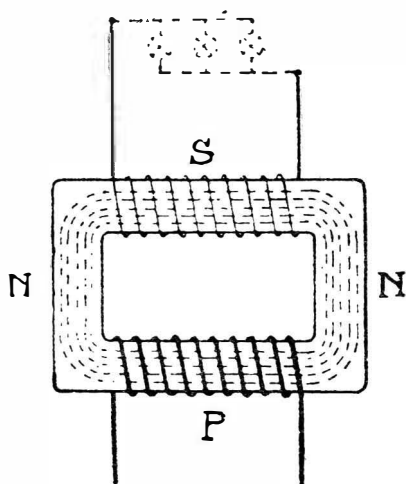


Fig. 80

Estos transformadores toman el nombre de “estáticos” (en reposo) porque para su funcionamiento no requieren órgano movable alguno.

Se utilizan en la práctica tanto para transformar una corriente de alta tensión en otra baja, como para el caso inverso.

Los voltajes o tensiones del primario y secundario están entre sí, prácticamente, en la misma relación como su número de espiras respectivas (ver párrafo 100).

Como en todo dispositivo que transforma energía de una clase en otra, la potencia devuelta es siempre inferior a la absorbida, así también el transformador estático no devuelve en el secundario más que un 90 a 98 % de la energía absorbida por el primario. La diferencia, o sea de 2 a 10 % según el tipo, representa la pérdida experimentada en el aparato por calentamientos de los conductores y otras causas que más adelante mencionaremos.

**103.—Corrientes de Foucault.**—Un campo magnético genera corriente de inducción no sólo en los hilos conductores, sino también en toda masa metálica que se encuentre sumergida en un campo magnético variable. Para demostrarlo se puede hacer el experimento siguiente, figura 81. Por medio

de un manubrio y un sistema de engranajes se imprime un rápido movimiento de rotación a un grueso disco de cobre **D**, que puede girar entre los polos **N S** de un poderoso electroimán. El disco abandonado a sí mismo, continua girando en virtud de la velocidad adquirida, pero se para bruscamente, como si lo detuviera un fuerte freno, tan pronto como se envía corriente al enrollamiento del electroimán. Si por medio del manubrio se sostiene entonces la rotación, es necesario gastar un trabajo considerable en el manubrio y se observará que el disco termina por calentarse. La causa de todo ello son las corrientes inducidas generadas en el disco al girar éste dentro del campo magnético existente entre los dos polos **N** y **S**, cuando pasa corriente por la bobina del electroimán.

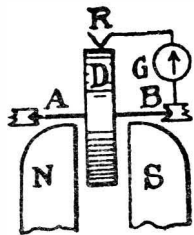


Fig. 81

La existencia de esas corriente se comprueba apoyando sobre el borde del disco **D**, un ligero resorte **R** comunicado a un terminal del galvanómetro **G**, cuya otra borna se conecta al eje del disco **D**.

Si se substituye el disco de cobre por otro de plomo, se observará que es menor la resistencia que se opone al movimiento, y a la vez que se calentará menos. Tal cosa se debe a que, por ser menos conductor el plomo que el cobre, las corrientes inducidas que lo recorren serán menos intensas. A estas corrientes que se inducen en masas metálicas se las conoce con el nombre de “**corrientes de Foucault**”, por haber sido este físico quien las estudió y dió a conocer.



## DINAMOS DE CORRIENTE CONTINUA

**104.—Generalidades sobre dinamos.**—Al tratar de los fenómenos de la inducción electro-magnética (Cap. X) hicimos referencia a los dispositivos de las figuras 73 y 74, utilizados para generar corrientes de inducción. Tales aparatos sólo sirven para fines demostrativos, pero no son aptos para producir en gran escala las corrientes que se utilizan en la práctica. Para este fin se emplean las máquinas dinamoeléctricas, más comúnmente llamadas “**dinamos**”, que son aquéllas que transforman la energía mecánica en eléctrica.

Trataremos aquí solamente de los dinamos de corriente continua, por ser esta clase de corriente la que en la Armada se usa casi exclusivamente.

En los dinamos de corriente continua la corriente se produce por el movimiento de un conductor en un campo magnético intenso.

Antes de entrar a estudiar la generación de la corriente inducida en el dínamo, trataremos de la producción de dicho campo magnético y del circuito en que se forma, en vista de que las nociones sobre magnetismo dadas en el Capítulo I, son insuficientes para el estudio del dínamo.

**105.—Circuito magnético de un dínamo.**—Consideremos el electroimán N-A-B-C-D-E-F-S de la figura 82, dotado de un enrollamiento de alambre aislado, el cual es recorrido por la corriente eléctrica, que produce su “**excitación**”. Entendiéndose por “**excitar un electroimán**” la producción del campo magnético que lo imanta. Y, por lo tanto, se dice que un electroimán está “**excitado**” cuando sus núcleos están emanados por la acción de la corriente que recorre su enrollamiento.

Las piezas de hierro dulce **N** y **S** se llaman “**piezas polares**”. Los dos trozos **AB** y **EF** sobre los que va el enrollamiento, se denominan “**núcleos**”. El travesaño **CD** que los une, recibe el nombre de “**yugo**” o “**culata**”. El anillo de

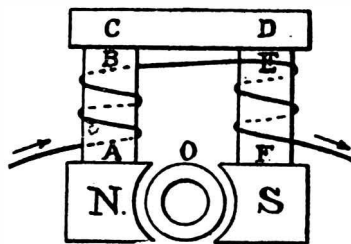


Fig. 82

hierro **O**, comprendido entre las piezas polares **NS**, constituye la “armadura” del electroimán, pero más generalmente se le designa con el nombre de “**Núcleo del inducido**”. Al espacio de aire que separa por ambos lados al anillo **O** de las piezas polares **N** y **S** se le denomina “**entrehierro**”.

El conjunto del electroimán y su armadura constituyen lo que se llama un “**circuito magnético**”; en el cual, cuando el electroimán está excitado, se establecen las líneas de fuerza del campo magnético, figura 83. En

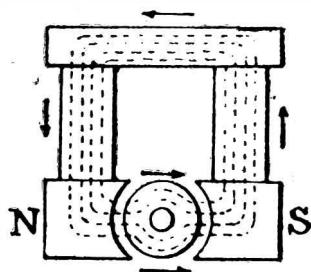


Fig. 83

esta figura, por sencillez, sólo se indican pocas líneas; pero en la práctica se consideran que pasan varios millares de ellas, por cada centímetro cuadrado de sección del circuito magnético.

Al conjunto de esas líneas de fuerza es a lo que se da el nombre de “**flujo magnético**”, y se representa por la letra griega  $\phi$  (phi) (fi).

Como se ve en la figura, dicho flujo sale del polo norte **N**, cruza el entrehierro, pasa por el anillo, bifurcándose en las dos mitades de éste,

sigue por la otra porción de entrehierro y entra al polo sur **S**, cerrándose luego las líneas de fuerza sobre sí mismos a través del resto del circuito magnético.

#### 106.—Analogía entre un circuito magnético y un circuito eléctrico.—

Así como no todos los cuerpos ofrecen la misma facilidad al pasaje de la corriente, o sea, unos son mejores conductores que otros, así también hay cuerpos que ofrecen más facilidad que otros al pasaje del flujo magnético; o sea, presentan más “**permeabilidad**” a las líneas de fuerza.

La permeabilidad es en magnetismo lo que la conductibilidad es en electricidad; y, en la misma forma que la conductibilidad, tiene por recíproca o inversa a la resistencia eléctrica, la recíproca o inversa de la permeabilidad es la resistencia magnética, a la que se da el nombre de “**reluctancia**”.

Así como la resistencia eléctrica de un conductor es directamente proporcional a su largo, e inversamente a su sección, o sea  $R = \frac{\rho \times L}{S}$  también la resistencia que un cuerpo presenta al pasaje del flujo magnético, o sea su resistencia magnética, es directamente proporcional al largo e inversamente a su sección; esto es:

$$\text{Reluctancia} = \frac{\text{Coef. de resistencia magnética} \times \text{Largo en cms.}}{\text{Sección en cm.}}$$

En la práctica no se emplea el coeficiente de resistencia magnética, sino el de la permeabilidad, el cual se representa por la letra griega  $\mu$  (mu); y como sabemos que permeabilidad es lo inverso de la resistencia, o sea, que la resistencia está en razón inversa de la permeabilidad, la fórmula que precede será reemplazada por esta otra:

$$\text{Reluctancia} = \frac{\text{Largo en ctms. del circuito magnético}}{\text{Permeabilidad} \times \text{Sección en ctms.}}$$

es decir:

$$R = \frac{L}{\mu \times S};$$

que es una fórmula análoga a la que se emplea para calcular la resistencia eléctrica de un conductor, cuando en vez de tomar el coeficiente de resistencia específica  $c$ , se usa de la conductibilidad  $c'$ , en cuyo caso se escribe:

$$\text{Resistencia eléctrica} = \frac{\text{Largo en mts. del conductor.}}{\text{Coef. de conductibilidad} \times \text{Sección en m/m}}$$

o sea:

$$R = \frac{L}{c' \times s}$$

La fórmula dada anteriormente para hallar la reluctancia, se refiere al caso en que todo el circuito magnético es homogéneo; o sea, que todo él esté constituido por material que tenga la misma permeabilidad; como sería el caso, por ejemplo, tratándose del anillo de la figura 84. Pero en un circuito magnético como el de la figura 83, compuesto por una parte de hierro y otra de aire, habría que sacar por separado la reluctancia de cada parte. Así que si llamamos  $L$  al largo en centímetros de la parte de hierro del circuito;  $\mu$  a la permeabilidad del hierro;  $L_1$  al largo en centímetros del entrehierro, o sea del espacio de aire intercalado en el circuito;  $S_1$  a la sección de esa parte; y  $\mu_1$  a la permeabilidad del aire, tendremos:

$$\text{Reluctancia total} = \frac{L}{\mu \times S} + \frac{L_1}{\mu_1 \times S_1}$$

y así, en la misma forma, se agregarán más sumandos si el circuito tuviese más partes de distinta permeabilidad.

**107.—Valores de la permeabilidad.**—El coeficiente de permeabilidad varía mucho de un cuerpo a otro. Su valor es 1 para el aire y es de 2000

a 5000 para el hierro dulce; o sea, este material presenta una conductibilidad magnética 2000 a 5000 veces mayor que la del aire. O en otros términos, una bobina de cierto número de espiras, recorrida por una corriente determinada, producirá un campo magnético de 2000 a 5000 veces mayor en un circuito todo de hierro dulce (como el de la figura 84), que el que generaría si las líneas de fuerza tuviesen que establecerse a través de aire solamente. Esto explica el por qué se construyen los electroimanes con núcleo de hierro dulce, y por qué se hacen los entrehierros tan reducidos como es posible.

Cabe hacer notar aquí que la semejanza entre la permeabilidad y la conductibilidad eléctrica no es completa, pues, mientras ésta no varía para un mismo material, cualquiera que sea la corriente que la recorra en ese momento, la permeabilidad, en cambio es diferente según que el cuerpo esté atravesado por un flujo magnético más o menos denso. Por ello existen tablas que dan para varias clases de hierro y acero, los valores de  $\mu$ , o sea de la permeabilidad, que corresponden a los flujos de distinta densidad que pueden atravesarlo; es decir, indican qué valor tendrá  $\mu$  cuando por ese material pasan 1000, 2000, 5000, 8000, etc., líneas de fuerza por cada centímetro cuadrado de sección. A esta cantidad de líneas de fuerza que pasan por cada centímetro de sección, es a lo que se da el nombre de “inducción magnética” y se representa siempre con la letra **B**.

Habíamos dicho que se entendía por flujo magnético ( $\mu$ ) el conjunto de líneas de fuerza que pasan por un circuito magnético determinado; y si la sección de ese circuito es de **S** centímetros, y por cada centímetros pasan **B** líneas de fuerza, es evidente que el número total de líneas de fuerza que pasarán por el circuito será:

Flujo total = líneas de fuerza por ctm.  $\times$  sección en ctm.

o sea:

$$\varphi = B \times S$$

#### 108.—Analogía entre el flujo y la corriente eléctrica.—

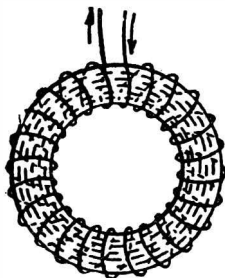


Fig. 84

Si tenemos un anillo de hierro, figura 84, de sección constante, dotado de un enrollamiento compuesto de una cantidad **N** de espiras, recorridas por una corriente de intensidad **I**, y llamemos **L** al largo medio del anillo, se constata que dentro de éste se establecerá, por efecto de la corriente, sin flujo magnético  $\varphi$  cuyo número de líneas de fuerza será:

$$\varphi = \frac{1.26 \times N^{\circ} \text{ de espiras} \times \text{intensidad en amperes}}{\text{Reluctancia}}$$

La cantidad 1.26 es una constante, cuya deducción no entra en la índole de este librito. Al producto de las espiras por la intensidad, es a lo que se llama los **“Amperes-vueltas”** de la excitación.

A todo el numerador, o sea el producto de 1.26 por los amperes-vueltas (o sea  $1.26 \times N \times I$ ), es a lo que se llama la **“fuerza magnetomotriz”** (F. M. M.), que es comparable a lo que la f. e. m. es en electricidad.

De manera que tenemos para el flujo magnético la fórmula:

$$\varphi = \frac{\text{Fuerza Magneto-Motriz}}{\text{Reluctancia}} = \frac{\text{F. M. M.}}{R} = \frac{F}{R}$$

que es análoga a la de la Ley de Ohm:

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

Sabemos que la reluctancia es:  $R = \frac{L}{\mu \times S}$ ; de modo que poniendo este valor en el denominador de la fórmula dada más arriba, y poniendo también todos los factores de que se compone la F. M. M. a la que hemos representado por la letra **F**, tendremos:

$$\varphi = \frac{F}{R} = \frac{1.26 \times N \times I}{\frac{L}{\mu \times S}} \text{ , o lo que es lo mismo}$$

$$\varphi = \frac{1.26 \times N \times I \times \mu \times S}{L}$$

puesto que  $\mu \times S$  que es divisor del denominador, puede ponerse sencillamente como factor o multiplicador del numerador.

### 109.—Ejemplos sobre flujo-magnético.—

**Ejemplo 1º**—Supongamos que el anillo de la figura 84, tenga un largo medio de  $L = 126$  ctm.; una sección de  $S = 10$  ctm<sup>2</sup>; que la permeabilidad del hierro sea de  $\mu \times 500$ ; que el enrollamiento conste de  $N = 100$  vueltas, recorridas por una corriente de  $I = 1$  ampere.

Se pregunta:

1º—¿Cuál será el valor del flujo magnético  $\varphi$  que se establecerá en ese anillo?

2º—¿Qué valor tendrá la inducción magnética **B**, o sea, cuántas líneas de fuerza pasarán por centímetro cuadrado de sección?

**Respuesta 1ª:**

$$\varphi = \frac{1.26 \times N \times I \times \mu \times S}{L} =$$

$$= \frac{1.26 \times 100 \times 1 \times 5000 \times 10}{126} = 50.000 \text{ líneas de fuerza}$$

**Respuesta 2:**

Si en una sección de 10 centímetros cuadrados pasa un flujo  $\varphi = 50.000$  líneas de fuerza, en 1 centímetro pasarán 10 veces menos, o sea:

$$B = \frac{\varphi}{S} = \frac{50000}{10} = 5000 \text{ líneas de fuerza}$$

**Ejemplo 2ª**—Supongamos un circuito magnético con entrehierro como el de la figura 83, en el que, para mayor sencillez, consideramos que todas las partes, tanto del hierro como el entrehierro, tengan la misma sección  $S = S_1 = 100 \text{ cm.}$ ; que el largo total de la parte de hierro sea de  $L = 200 \text{ cm.}$ , y que el entrehierro sea de 25 mm., por cada lado, o sea,  $L_1 = 0.5 \text{ cm.}$  Tomemos la permeabilidad del hierro  $\mu = 2000$ , y la del aire ya sabemos que es  $\mu_1 = 1$ . El número de espiras que sea  $N = 5000$  y la intensidad  $I = 1 \text{ ampere.}$

Se pregunta:

1ª—¿Cuál será el flujo magnético total  $\varphi$  en ese circuito?

2ª—¿Qué valor tendrá la inducción magnética  $B$ ?

**Respuesta 1ª:**

$$\varphi = \frac{\text{Fuerza magneto-motriz}}{\text{Reluctancia del hierro} + \text{Reluctancia del aire}} = \frac{F}{R + R_1};$$

o sea:

$$\varphi = \frac{1.26 \times N \times I}{\frac{L}{\mu \times S} + \frac{L_1}{\mu_1 \times S_1}} = \frac{1.26 \times 5000 \times 1}{\frac{200}{2000 \times 100} + \frac{0.5}{1 \times 100}};$$

y sumando los dos quebrados que forman el denominador, tendremos:

$$\varphi = \frac{1.26 \times N \times I}{\frac{200 \times 100}{2000 \times 100 \times 100} + \frac{0.5 \times 2000 \times 100}{100 \times 2000 \times 100}} = \frac{1.26 \times 5000 \times 1}{\frac{20.000}{20.000.000} + \frac{100.000}{20.000.000}}$$

o sea

$$\varphi = \frac{1.26 \times 5000 \times 1}{120.000} = \frac{1.26 \times 5.000 \times 20.000.000}{120.000}$$

$$= \frac{20.000.000}{120.000}$$

lo que viene a dar:

$$\varphi = \frac{12.600.000}{12} = 1.050.000 \text{ líneas de fuerza}$$

**Respuesta 2:**

$$B = \frac{\varphi}{S} = \frac{1.050.000}{100} = 10.500 \text{ líneas por ctm.}^2$$

**Ejemplo 3º**—Supongamos un núcleo cerrado, como el de la figura 84, de hierro, cuya permeabilidad sea  $\mu = 2500$ ; cuya sección sea  $S = 25 \text{ ctm}^2$ ; cuyo largo medio sea  $L = 100 \text{ ctm}$ . Se pregunta:

¿Cuántos amperes-vueltas se requerirán para obtener en ese núcleo una inducción magnética de  $B = 5000 \text{ líneas de fuerza}$ .

**Respuesta:**

Si queremos obtener  $B = 5000 \text{ líneas de fuerza por centímetro cuadrado}$ , entonces el flujo total  $\varphi$  en los 25 centímetros cuadrados de sección que tiene el núcleo, será 25 veces mayor, o sea:

$$\varphi = B \times S = 5000 \times 25 = 125.000 \text{ líneas de fuerza}$$

Ahora bien, sabemos que:

$$\varphi = \frac{\text{F. M. M.}}{\text{Reluctancia}} = \frac{1.26 \times N \times I}{L} = \frac{1.26 \times N \times I \times \mu \times S}{L \times \mu \times S}$$

y como en esa fórmula conocemos todos los términos, menos el producto  $N \times I$  (o sea los amperes-vueltas), para despejar éstos, no hay más que dejarlos solos en el miembro de la igualdad donde están, pasando al otro miembro todos los términos que los acompañan, con el signo cambiado, y tendremos:

$$N \times I = \frac{\varphi \times L}{1.26 \times \mu \times S} = \frac{125.000 \times 100}{1.26 \times 2500 \times 25} = 158 \text{ amperes-vueltas}$$

Luego el flujo magnético requerido podrá obtenerse ya sea con  $N = 158 \text{ vueltas}$  e  $I = 1 \text{ ampere}$ , como con  $N = 316$ , e  $I = 0.5 \text{ ampere}$ , pues, en ambos casos tendremos:

$$N \times I = 158 + 1 = 316 + 0.5 = 158 \text{ amperes-vueltas requeridos}$$

Y del mismo modo podría variarse el valor de ambos factores, siempre que dieran el mismo producto necesario.

**110.—Producción de la f. e. m. inducida, en un dínamo.**—Supongamos que sobre un núcleo de hierro en forma de anillo, figura 85, disponemos una espira de alambre de cobre y que por un procedimiento cualquiera, le imprimimos un movimiento de rotación, en el sentido que marca la flecha *f*, de manera que partiendo del punto  $0^\circ$  vaya ocupando sucesivamente las posiciones  $0^\circ$  - A -  $90^\circ$  - B -  $180^\circ$  - C -  $270^\circ$  - D -  $0^\circ$ .

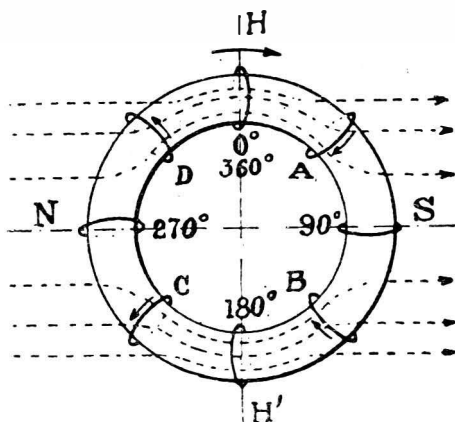


Fig. 85

De acuerdo con las leyes de la inducción, que hemos enunciado anteriormente, en dicha espira se generará una f. e. m. inducida, pues en su movimiento cortará un número variable de las líneas de fuerza del campo magnético en que ella se desplaza.

En efecto, vemos que en la posición  $0^\circ$ , la espira está atravesada por un máximo de líneas de fuerza

za; es decir, por todas las que pasan por la mitad superior del anillo; pero, a pesar de ello, en ese punto la f. e. m. inducida en la espira es nula, por el hecho que al desplazarse lo hace casi paralelamente a las líneas de fuerza, de modo que prácticamente no hay variación en el número de éstas que la atraviesan. En cambio, cuando la espira llega a la posición  $90^\circ$ , si bien en ese punto no pasa a través de ella ninguna línea, en cambio allí la f. e. m. inducida en la espira es máxima, porque al más pequeño desplazamiento de ella, varía grandemente el número de líneas de fuerza que la atraviesan.

En el punto  $180^\circ$ , se repite el caso del punto  $0^\circ$ ; o sea, es nula la f. e. m. generada. En  $270^\circ$ , en cambio, se hace máxima de nuevo, y al completar la revolución y volver la espira al punto de partida  $0^\circ$ , vuelve a hacerse nula la f. e. m.

Si aplicamos la regla de Fleming, que dimos anteriormente (98) para determinar el sentido de la f. e. m. inducida, hallaremos que la dirección es en un sentido en la primera media revolución ( $0 - 180$  y en sentido opuesto en la otra media.

**111.—Representación gráfica de la f. e. m. inducida.**—Podemos representar gráficamente, figura 86, las fluctuaciones que experimenta la f. e. m. inducida en un caso como el del ejemplo anterior.

Sobre la línea horizontal 0-360 se indican las distintas posiciones tomadas por la bobina en su rotación; la longitud de las líneas verticales (ordenadas) representa el valor de la f. e. m. inducida en la espira, cuando ella, en su rotación, se va encontrando en los puntos 0°, A, 90°, B, 180°, etc.

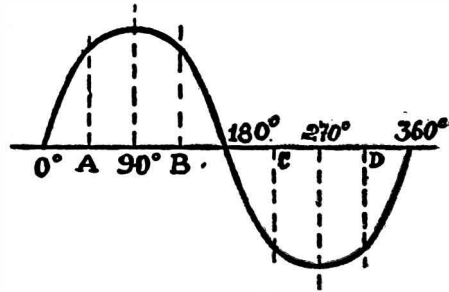


Fig. 86

Los valores de la f. e. m. por encima de la línea horizontal se consideran positivos, y negativos los que están debajo. O dicho en otros términos, en la primera mitad de su rotación se induce en la espira una f. e. m. en un sentido y en sentido opuesto en la otra mitad.

Esto equivale a decir que la f. e. m. inducida en un caso como el del ejemplo, es alternada.

A la línea H H', figura 85, donde la f. e. m. inducida es nula, se le da el nombre de "línea neutra".

**112.—Inducido de anillo, Gramme.**—En el ejemplo que acabamos de dar, hemos supuesto que sobre el núcleo del inducido, teníamos una sola espira de alambre de cobre, la que giraba sobre el anillo. En la práctica, en vez de una espira, el conductor inducido se compone de un enrollamiento

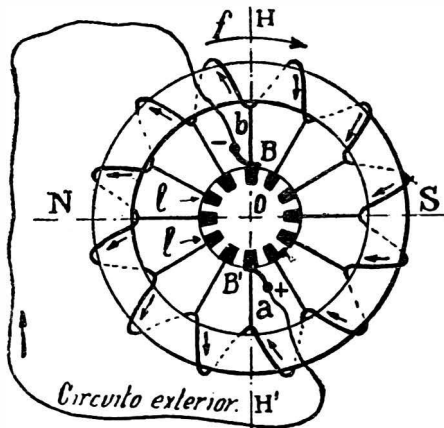


Fig. 87

completo, de gran número de espiras envueltas sobre el núcleo; y el movimiento de rotación no se imprime solamente a las espiras, sino al conjunto constituido por el núcleo con su enrollamiento, pues con ello no cambia la distribución de las líneas de fuerza que se representan en la figura 85.

Al inducido dotado de núcleo anular como el de la figura 85, se le da el nombre de "inducido de anillo" o "inducido Gramme".

En la figura 87 representamos en esquema un inducido Gramme, en

el cual para mayor claridad se muestra el enrollamiento compuesto sólo por un reducido número de espiras. Como hemos dicho, al girar ese inducido en un campo magnético, se genera en todas las espiras que están a la derecha de la línea neutra  $H H'$ , una f. e. m. en un sentido, y en las que están a la izquierda, otra en sentido opuesto. Las f. e. m. generadas en cada una de las espiras que están a la derecha, se suman entre sí, y dan una f. e. m.

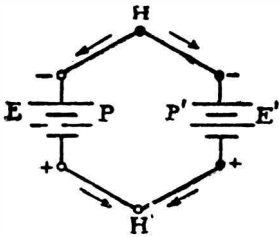


Fig. 88 a

total  $E$ . Lo mismo pasa con las de la izquierda, que darán una f. e. m. total  $E'$  igual a  $E$ , pero de sentido opuesto. Si hacemos girar el inducido en esas condiciones, las f. e. m. motrices  $E$  y  $E'$  se anularán entre sí, y no darán lugar a la pro-

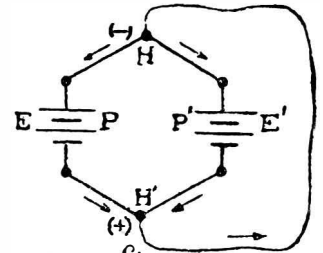


Fig. 88 b

ducción de corriente. Es decir, sucederán las cosas como si se montaran "en oposición", dos baterías de pilas idénticas, figura 88 a.

Pero si reunimos los puntos  $H$  y  $H'$  por medio de un conductor exterior, eso equivaldrá a montar las dos baterías en cantidad entre sí, para alimentar dicho circuito, figura 88 b. La corriente que circulará en él, será igual a la suma de las intensidades de cada batería y la f. e. m. del conjunto será la de uno cualquiera de los dos grupos que lo componen (59).

Entonces, para recoger la corriente generada en el inducido del dí-

namo, será preciso mantener la conexión por medio de un hilo exterior, entre los dos puntos del enrollamiento inducido, que en cada instante pasan por la línea neutra. Tal es el objeto del órgano llamado "colector".

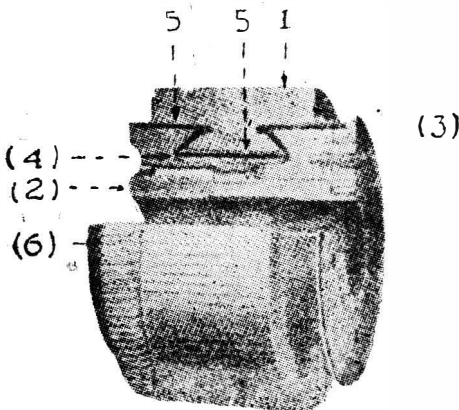


Fig. 89

**113.—Colector.**—En la figura 87, está representado esquemáticamente el colector, y en la figura 89, se da una vista de conjunto del mismo, con una parte seccionada, para mostrar su construcción.

Consiste en una serie de láminas de cobre 1, fijadas sobre un buje que va montado sólidamente sobre el eje del inducido. Dichas láminas o delgas están aisladas entre sí por medio de hojas de mica, y del buje y eje que las soporta, también, por medio de mica o micanita, especialmente moldeada para adaptarla a la forma de las piezas entre las que debe ir el aislamiento.

A cada una de las láminas del colector se suelda el principio de cada bobina y el fin de la que le sigue, figura 87.

**114.—Escobillas.**—La comunicación entre el colector y los terminales a y b del circuito exterior, figura 87, se establece por medio de las “escobillas” **B** y **B'**, que apoyan sobre el colector; su punto de contacto se encuentra sobre la línea neutra.

Las escobillas pueden ser metálicas o de carbón. Las primeras, están formadas por un conjunto de láminas muy flexibles de cobre, bronce o latón, o bien por tela plegada, de los mismos materiales. Las de carbón

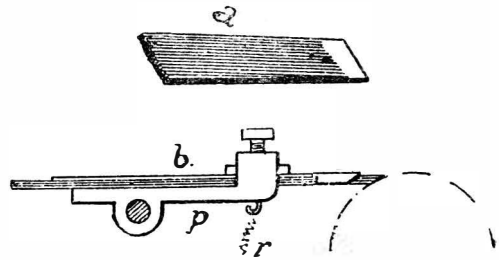


Fig. 90

son pequeños blocks formados por un conglomerado de polvo de coque muy fino con grafito y una pequeña proporción de parafina como lubricante.

En la figura 90 se ve en **a**, una escobilla metálica, y en **b** la misma colocada en el “porta-escobilla” **p**, que es el órgano destinado a sostenerla, haciéndola hacer contacto sobre el colector, con una presión conveniente, gracias a un resorte **r**. El porta-escobilla, que debe estar perfectamente aislado de la masa de la máquina, es el que establece la conexión eléctrica entre la escobilla y el circuito exterior.

Como se ve en la figura 90, la escobilla metálica se apoya tangencialmente sobre el colector.

En la figura 91, se muestra una escobilla de carbón del tipo más comúnmente usado. La conexión entre la escobilla y el porta-escobilla, se hace generalmente por medio del cordón flexible **c**, figura 91, el cual está asegurado al carbón por medio de un tornillo o un tubito rebatido, asegurándose, además, el buen contacto cobreando la parte superior **a** de la escobilla.

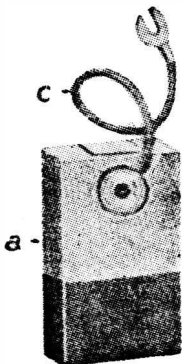


Fig. 91

En la figura 92, se muestra una escobilla de carbón colocada en un porta-escobilla completo, de uno de los tipos más comúnmente usados.

En la figura 93, se indica la forma en que hacen contacto sobre el colector las escobillas de carbón.

Los porta-escobillas van montados sobre un anillo o aro llamado “collar de porta-escobillas”, el cual va instalado sobre uno de los cojinetes u otra

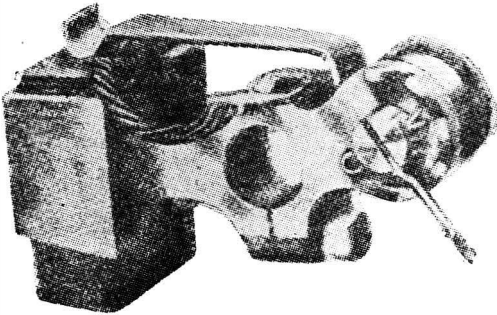


Fig. 92

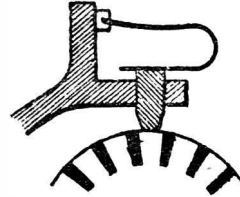


Fig. 93

parte fija de la máquina; en forma tal, que se pueda hacerlo girar concéntricamente al eje, de manera que por su intermedio puedan desplazarse en uno u otro sentido sobre el colector todas las escobillas a la vez. Tal cosa es necesaria por las razones que veremos más adelante.

**115.—Inducido de tambor.**—El inducido de anillo de que hemos hablado anteriormente, tiene el inconveniente de que una gran parte del conductor no corta líneas de fuerza, y por lo tanto no genera corriente. En efecto, si consideramos la bobina *a b c d*, figura 94, envuelta sobre un núcleo anular, vemos que la única parte activa de ese conductor es la porción

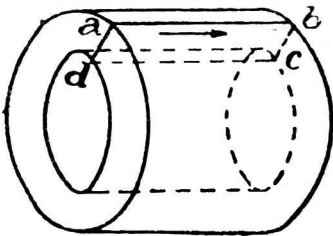


Fig. 94

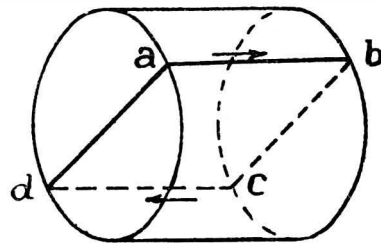


Fig. 95

*a b*, colocada sobre la superficie exterior del núcleo y que al girar el inducido **corta** las líneas de fuerza existentes en el entrehierro. Las otras porciones *a d*, *d c* y *c b*, no cortan líneas de fuerza y por lo tanto son nulas a los efectos de la inducción, y no hacen más que aumentar la resistencia del circuito que la corriente inducida debe recorrer.

El inducido de tambor, o Siemens, remedia en gran parte el inconveniente que acabamos de citar. Dicho inducido, figura 95, consta de un núcleo cilíndrico, sobre el cual se envuelve el conductor en la forma que muestra la figura. En la bobina *a b c d*, los dos trozos *a b* y *c d* son activos, pues ambos cortan el flujo magnético del entrehierro al girar el inducido. Como se ve en la figura, los trozos *a b* y *c d* están en serie entre sí; las f. e. m. inducidas en ambos trozos se suman entre sí.

La figura 96 representa un inducido de tambor provisto de su colector, y se muestra solamente una de las bobinas de que consta el enrollamiento, para que vea con más claridad como va envuelta sobre el núcleo, así como la unión de sus extremos con el colector.

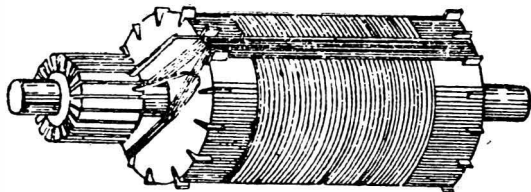


Fig. 96

El núcleo del inducido, en vez de ser macizo, está formado por un conjunto de chapas de hierro muy delgadas, aisladas una de otra por una ligera capa de barniz. El objeto de ello es evitar la producción en dicho núcleo de las corrientes de Foucault que, como dijimos en el párrafo 103; se generan en toda masa metálica sometida a un campo magnético variable;

cosa que sucederá al girar el inducido en el campo magnético inductor. Tales corrientes producirían el calentamiento del núcleo, y ocasionarían un consumo de energía a pura pérdida; por ello se las denomina también “**corrientes parásitas**”.

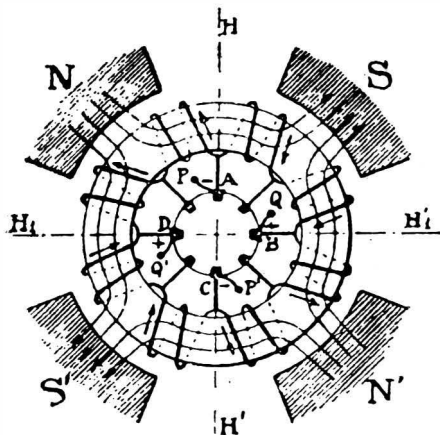


Fig. 97

métricamente alrededor del inducido; se obtienen así las máquinas que se denominan “**multipolares**”. En la figura 97 representamos una de estas má-

#### 116.—Máquinas multipolares.—

Hasta ahora habíamos supuesto que el sistema inductor estaba constituido por un electroimán de herradura, con dos polos; es decir: “**bipolar**”.

También puede formarse el sistema inductor con un número cualquiera de pares de polos distribuidos si-

quinas, dotada de cuatro polos, en la cual las líneas de fuerza se distribuyen como indica la figura.

La f. e. m. inducida en cada espira, cambia de sentido cuando ella pasa por las dos líneas neutras  $HH'$  y  $H_1 H'_2$ . El inducido viene así a quedar dividido en cuatro partes **AB**, **BC**, **CD** y **DA**, en las cuales, en un momento cualquiera, las f. e. m. son iguales, pero alternativamente dirigidas en un sentido o en el otro.

Para recoger la corriente se utilizará el colector, a cuyas láminas, como hemos dicho, se suelda el principio de cada bobina y el fin de la adyacente.

Habrán cuatro escobillas (**P**, **Q**, **P'**, **Q'**). Se conectarán entre sí por medio de un conductor exterior las escobillas **P** y **P'** que vendrán así a formar el polo (—) del dínamo; las escobillas **Q** y **Q'** unidas en la misma forma, constituirán el polo (+).

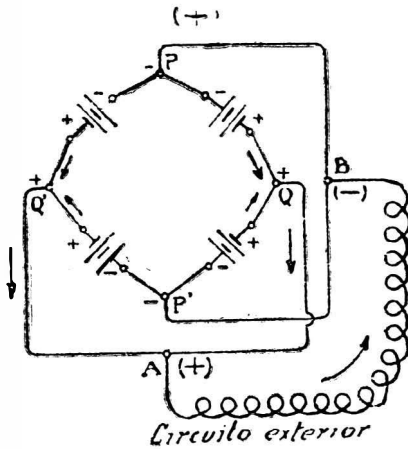


Fig. 98

En el caso que acabamos de describir, las cosas suceden como si se dispusieran cuatro baterías de pilas, acopladas en cantidad, figura 98. La f. e. m. total entre los puntos **A** y **B** será igual a la de una cualquiera de las cuatro baterías, y la intensidad que circule en el circuito exterior, será cuatro veces mayor que la de cada batería de pilas. Del mismo modo, en la máquina de la figura 97, la f. e. m. total será igual a la de uno cualquiera de los grupos de bobinas; y la corriente en el circuito exterior

será cuatro veces mayor que la que circula en cada uno de esos cuatro grupos de bobinas.

**117.—F. E. M. inducida en un dínamo.**—La f. e. m. inducida en un dinamo es directamente proporcional al número de espiras ( $N$ ) de que consta el enrollamiento del inducido; al flujo magnético total ( $\phi$ ) que dichas espiras cortan en su movimiento de rotación, y el número de revoluciones ( $n$ ) del inducido. Esto puede expresarse abreviadamente en una fórmula, utilizando las letras que acabamos de indicar. Así, si llamamos **E**, a las f. e. m. en volts, generada en un dinamo bipolar, cuyo inductor produce un flujo magnético de una cantidad  $\phi$  de líneas de fuerza; y siendo la velocidad de rotación del inducido de  $n$  revoluciones por minuto, tendremos que:

$$E = \frac{\varphi \times N \times n}{60 \times 10^8}$$

En el denominador ponemos 60 para reducir las revoluciones por minuto a revoluciones por segundo; y  $10^8$  para obtener la f. e. m. en volts, unidad práctica de f. e. m. que, como sabemos, es de  $10^8$  veces mayor que la unidad teórica.

Si en vez de tratarse de una máquina bipolar fuese una multipolar, entonces la fórmula precedente se modificaría, pues sería preciso tomar en cuenta el número de pares de polo ( $p$ ) del inductor, y el de pares de derivaciones ( $d$ ) en que estuviese dividido el enrollamiento del inducido. En tal caso la fórmula pasaría a ser:

$$E = \frac{\varphi \times N \times n \times p}{60 \times 10^8 \times d}$$

**118.—Reacción del inducido. Desviación de la línea neutra. Angulo de calaje.**—Consideremos un dinamo bipolar con inducido de anillo, figura 99.

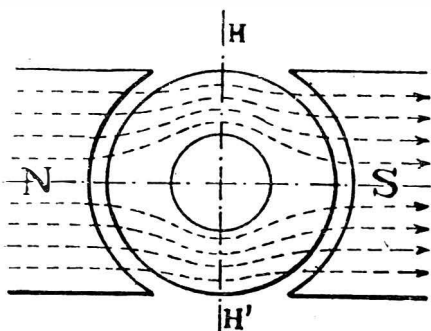


Fig. 99

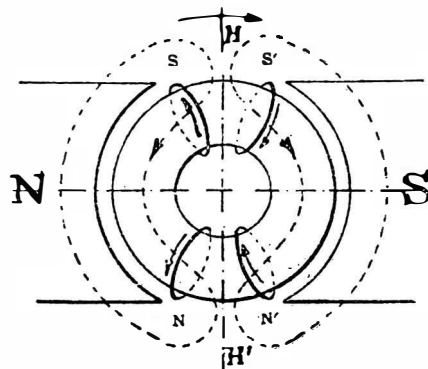


Fig. 100

Habíamos dicho que el flujo magnético inductor, se reparte igualmente entre las dos mitades del anillo, de modo que las líneas de fuerza se disponen simétricamente con respecto a la línea de los polos **N S**; y a la línea **H H'** perpendicular a la primera.

Esta última es entonces la línea neutra; pero esto es así tan solo cuando no circula corriente en el inducido. En cambio, si éste está recorrido por corriente, ella genera a su vez un campo magnético propio, que modifica el campo debido al electroimán inductor. A este fenómeno es a lo que se denomina “**reacción del inducido**”.

Consideremos que el electroimán inductor **N S**, no está excitado, y tomemos en cuenta solamente el campo magnético que produciría la corriente que circule en las bobinas del inducido, de las que sólo representaremos cuatro, figura 100, para mayor sencillez. Dichas bobinas, recorridas por la corriente generada en el inducido, producirán en el núcleo de éste los polos **s s'** y **n n'** que se indican en la figura 100, y las líneas de fuerza de ese campo magnético, seguirán una dirección prácticamente perpendicular a los del campo inductor **N S**, como se ve en la figura.

Ambos campos magnéticos (el del inductor y el del inducido), se componen entre sí, de manera que el campo magnético resultante tiene una dirección que no es ya la de la figura 99 ni la de la figura 100, sino una intermedia, como indica la figura 101.

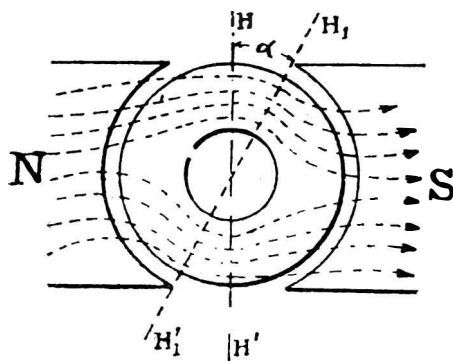


Fig. 101

Es decir, el campo magnético del dinamo habrá sufrido una “**distorsión**”, por efecto de la reacción del inducido; y como consecuencia de ello la línea neutra ya no vendrá a estar en la posición **H H'**, sino que estará avanzada o “**decalada**” con respecto a aquélla, en el sentido del movimiento del inducido, y vendrá a ocupar la posición **H<sub>1</sub> H'<sub>1</sub>** como se ve en la figura 101. El ángulo  $\alpha$  que forman entre sí dichas dos líneas, se llama

“**ángulo de calaje**”; e indica el avance mayor o menor que es preciso dar a las escobillas sobre el colector, según sea la “**carga**” con que trabaja la máquina; o sea, la corriente que genera. Tal desplazamiento de las escobillas es preciso, para evitar chispas entre éstas y el colector, a menos que la máquina esté provista de ciertos accesorios especiales para subsanar ese inconveniente.

### 119.—Dinamos con escobillas de posición fija. Polos de conmutación.—

Como hemos dicho en el párrafo precedente, la reacción del inducido se debe al campo magnético propio que éste produce; y él, a su vez, depende de la intensidad que circula en las bobinas de dicho inducido; es decir, de la corriente que el dinamo genera. De manera que si un dinamo está sometido a una “**carga**” variable, o sea, si alimenta un circuito exterior cuyo consumo se hace mayor o menor de un momento a otro, sería preciso cambiar

continuamente el ángulo de calaje de las escobillas, para evitar las chispas en el colector. Esto requeriría la atención constante de un operador y por lo tanto significaría una complicación en el servicio.

Para evitar tal inconveniente se ha ideado usar un campo magnético auxiliar, siempre de valor igual y contrario al producido por la corriente del inducido. Ese campo magnético se obtiene por medio de electroimanes suplementarios, intercalados entre los polos inductores principales, figura 102. Tales polos suplementarios reciben el nombre de “interpolos” o “polos de conmutación”, siendo más generalmente designados con este último nombre, pues su objeto es precisamente hacer que la conmutación se realice sin chispas en el colector. El enrollamiento de dichos polos de conmutación está dispuesto en serie con el inducido, de modo que circula por ellos la totalidad de la corriente de éste; de esa manera el campo magnético que ellos producen es en todo instante proporcional a la “carga” del dínamo; y, por lo tanto, su flujo magnético tenderá a neutralizar en todo instante al flujo propio del inducido, causante de la “reacción” de éste; la que en tal momento viene a quedar anulada, haciendo así innecesario el desplazamiento de las escobillas, para evitar las chispas, al variar la carga de la máquina.

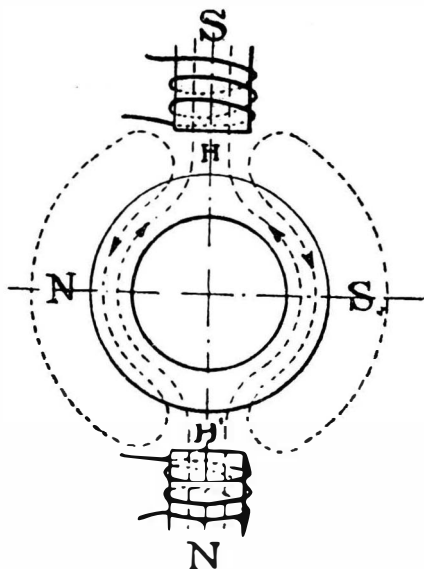


Fig. 102

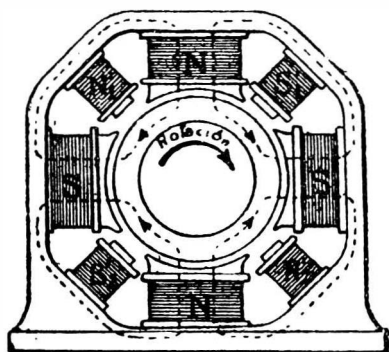


Fig. 103

En la figura 103 se representa un dínamo tetrapolar (o sea de 4 polos), provisto de polos de conmutación.

La polaridad de éstos debe ser de nombre opuesto a la de los polos inductores que les preceden en el sentido del movimiento; o sea, debe ser tal como indica la figura.

Para anular los efectos de la reacción de inducido, se emplean también en

ciertos casos enrollamientos especiales a los que se denomina “**enrollamiento de compensación**”; pero como su empleo no es de carácter común, no lo trataremos aquí.

**120.—Excitación de los generadores.**—Para producir el campo magnético inductor, se utilizan dos sistemas:

- a) Imanes permanentes.
- b) Electroimanes.

A los generadores cuyo sistema inductor está constituido por imanes permanentes, se les denomina “**magneto-eléctrico**” o sencillamente “**magnetos**”. En la figura 104 se muestra un generador de este tipo, cuyo empleo

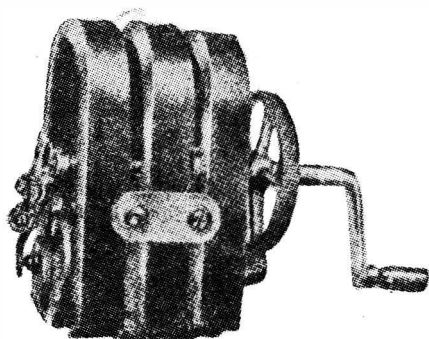


Fig. 104

se limita a casos especiales, en que se requiere corriente de muy poca intensidad, como por ejemplo para la ignición en los motores de explosión; o bien para alimentar instrumentos de medida; para prueba de aislamientos, u otras aplicaciones análogas.

A las máquinas cuyo sistema inductor está constituido por electroimanes, se las denomina “**dínamo eléctricas**” o sencillamente “**dínamos**”.

La excitación de los electroimanes inductores se divide en dos tipos, a saber:

- a) Excitación separada.
- b) Auto-excitación.

Se entiende por “**excitación separada**”, aquella en la cual la corriente de excitación del electroimán, inductor procede de una fuente ajena a la máquina misma, tal como una batería de acumuladores, pilas u otro dínamo.

Por “**auto-excitación**” se entiende aquella en que la corriente de excitación la proporciona el mismo generador. La auto-excitación se subdivide en tres clases:

- a) Excitación en serie.
- b) Excitación en derivación
- c) Excitación compound.

**121.—Excitación en serie.**—En la figura 105, se muestra un dínamo excitado en serie, y en la figura 106 se representa en esquema el mismo dínamo, en la forma simplificada que es más usual.

En el caso de la excitación en serie, la totalidad de la corriente generada en el inducido, es la misma que pasa por el enrollamiento inductor y recorre el circuito exterior.

Para obtener la excitación necesaria, se requiere un cierto número de amperes-vueltas (parágrafo 108); y como la corriente de excitación es grande, pues es la total que la máquina genera bastará entonces con que el enrollamiento conste de un reducido número de espiras, que deberán ser de conductor muy grueso, o sea de poca resistencia, para disminuir las pérdidas de energía por “efecto Joule” en dichos conductores; las que, como dijimos (parágrafo 37) son proporcionales al cuadrado de la intensidad, y a la resistencia. ( $I^2 \times R$ ).

Supongamos que ponemos en marcha el dínamo de la figura 105, habiendo conectado previamente el circuito exterior. Si los núcleos del inductor fuesen de hierro dulce completamente puro, que no conservara magnetismo remanente alguno, sería inútil mantener en movimiento el inducido, pues, no existiendo campo magnético, no habría inducción; y por lo tanto, la máquina no generaría corriente alguna. Pero, en realidad, los núcleos inductores habiendo sido imanados una vez, nunca pierden por completo su imanación, pues conservan siempre un pequeño magnetismo “**remanente**”; de manera que al girar el inducido, lo hace dentro de un campo magnético que, aunque débil, es suficiente para que en los conductores del inducido se genere una pequeña f. e. m.; la cual, si el circuito está cerrado

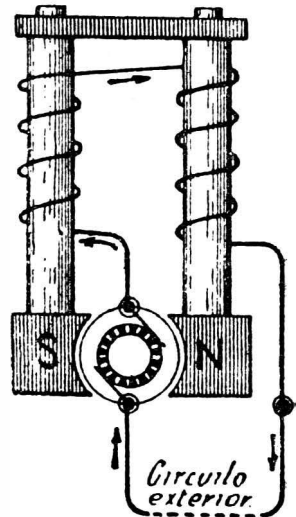


Fig. 105

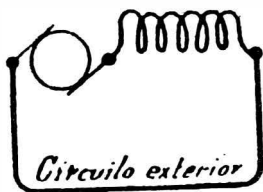


Fig. 106

o completo, da lugar al pasaje de una pequeña corriente. Esta, circulando por el enrollamiento inductor, produce cierto campo magnético que refuerza al que aún conservaban los núcleos, y entonces los conductores del inducido en su movimiento, ya cortan un número mayor de líneas de fuerza; esto da lugar a una mayor f. e. m. inducida; y por lo tanto, a una corriente mayor, la que a su vez genera un campo magnético más intenso, y así sucesivamente, hasta que la máquina alcanza su tensión “**de régimen**”; esto es, la tensión correspon-

diente a la velocidad normal para la cual ha sido construída. Se dice entonces que la máquina está **“excitada”**.

Observando las figuras 105 y 106, se comprenderá fácilmente que si el circuito exterior está abierto, o sea, cortado, será inútil tratar de excitar el dínamo en serie, pues, no podrá circular corriente por los inductores, dado que éstos forman un circuito único con el exterior; y por ello, no habiendo corriente excitadora, el campo quedará reducido al pequeñísimo magnetismo remanente de los núcleos; que, como dijimos, será insuficiente para excitar la máquina. Igual cosa sucederá si el circuito exterior es de una resistencia tan elevada que sólo permite pasar una corriente de muy pequeña intensidad, se llama **“resistencia crítica”** del circuito exterior a aquélla más arriba de la cual el dínamo ya no se excita.

**122.—Característica del dínamo en serie.**—Habíamos dicho (117) que la f. e. m. (E), generada en un dínamo, es:

$$E = \frac{\phi \times N \times n}{60 \times 10^8}$$

Vemos que dicha f. e. m. es directamente proporcional al flujo magnético inductor  $\phi$ ; y por otra parte (108) sabemos que ese flujo a su vez depende de la intensidad de la corriente que circula por el enrollamiento inductor. Ahora bien, en el caso de la excitación en serie, figuras 105 y 106, vemos que la corriente inductora es la misma corriente total que el inducido genera y la que circula también por el circuito exterior. Es decir, entonces, que la excitación del dínamo (y por lo tanto también la f. e. m.

(E) generada) dependerá de que sea mayor o menor la carga con que la máquina trabaja; esto es, será mayor o menor según que el circuito exterior consuma más o menos corriente.

Esto puede constatarse fácilmente conectando un voltmetro a los terminales de un dínamo de excitación en serie, figura 107, y leyendo los distintos voltajes que va marcando, a medida que se va disminuyendo la resistencia del circuito exterior, cosa que

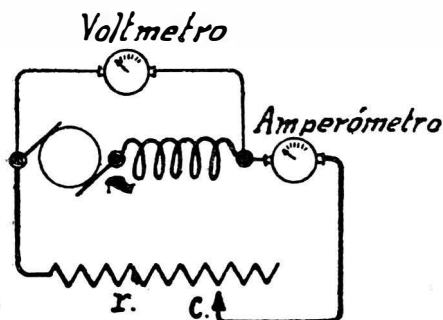


Fig. 107

dará lugar a un mayor pasaje de corriente, pues ya sabemos que  $I = \frac{E}{R}$ ;

y por lo tanto que **I** será tanto mayor cuanto menor sea la resistencia **R** del circuito.

En la figura 107 representamos al circuito exterior por la resistencia **r**, de la que se puede ir intercalando una porción menor o mayor, según que se mueva para un lado u otro el contacto corredizo **c**.

Tomemos un trozo de papel cuadriculado como el de la figura 108 y supongamos que cada división sobre la línea horizontal (abcisa) **o x** representa 10 amperes; marquemos los valores 10, 20, 30, 40, 50, etc., amperes de carga que iremos dando al dínamo. So-

sobre la línea vertical (ordenada) **o y**, iremos marcando de acuerdo con una cierta escala (por ejemplo 2 mm. por cada volts), los volts que indique el vóltmetro, cuando la carga sea 10, 20, 30, 40, etc., amperes. Durante toda la experiencia debemos mantener el dínamo en marcha a su velocidad normal, tratando de que ésta no varíe. Regulemos la resistencia **r** hasta que el amperómetro marque 10 amperes, por ejemplo; supongamos que en ese instante el vóltmetro indique 40 volts; marcamos entonces sobre la recta **y o** una distancia  $2 \times 40 = 80$  mm. y trazamos el punto **a** en la inter-

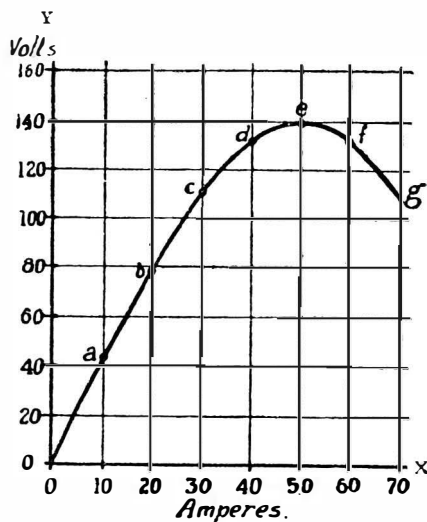


Fig. 108

sección de la línea vertical, que pasa por el punto 10 amperes y la horizontal que pasa por el punto correspondiente a 40 volts. Luego, manteniendo siempre constante la velocidad, variamos de nuevo la resistencia **r**, hasta que la carga llegue a 20 amperes y leemos entonces la indicación del vóltmetro; transportamos en escala esta nueva distancia sobre la línea vertical **o y**, y como en el caso anterior, marcamos un nuevo punto **b**, en la intersección de ambas líneas. En la misma forma, aumentando gradualmente la carga a 30, 40, 50, 60 y 70 amperes, por ejemplo, según la potencia de la máquina de que se trate, vamos leyendo en el vóltmetro el voltaje que corresponde a cada una de esas intensidades, y así marcamos los nuevos puntos **c**, **d**, **e**, **f**, etc. Uniendo luego con un trazo continuo todos estos puntos, obtendremos una curva como la que se ve en la figura 108, a la cual se le da el nombre de “**característica externa**” del dínamo, o también de “**característica con carga**”, pues es la que muestra como varía, con relación a la carga, la tensión generada.

De todo lo que hemos dicho sobre el dínamo excitado en serie, confirmado por la curva de la figura 108, se deduce claramente que: **“el dínamo excitado en serie no produce una tensión constante sino cuando la carga no varía”**. Por eso se le denomina **“dínamo de corriente constante”**. Su empleo conviene solamente para aquellos casos en que sea necesario alimentar un circuito exterior cuyo consumo sea siempre fijo.

**123.—Excitación en derivación.**—En la figura 109 se muestra un dínamo excitado en derivación, y en la figura 110 se representa el mismo en esquema. Como se ve en ambas figuras, el enrollamiento inductor está derivado directamente de las escobillas, formando un circuito independientemente del exterior; y, por lo tanto, es fácil ver que una máquina de este tipo podrá excitarse aunque esté desconectado el circuito exterior.

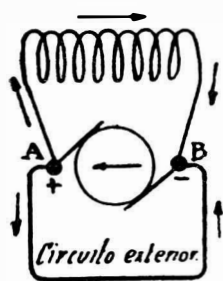


Fig. 110

El enrollamiento inductor de los dinamos en derivación, está compuesto de un elevado número de espiras de alambre de poca sección, y cuya resistencia total es suficientemente elevada como para que sólo lo recorra una intensidad muy reducida (generalmente de un 2 a un 4 % de la total que produce el dínamo). En

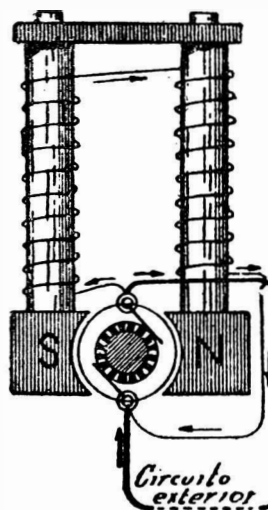


Fig. 109

esa forma, o sea con muchas espiras y poca corriente, se obtienen los amperes-vueltas necesarios para la excitación y a la vez reducen las pérdidas de energía por efecto Joule; las cuales, como sabemos, aumentan en razón directa al cuadrado de la intensidad ( $I^2 \times R$ ).

La corriente excitadora es, en el dínamo en derivación, independiente de la que va al circuito exterior, pues, su intensidad sólo depende de la resistencia de las bobinas inductoras y de la diferencia de potencial que existe entre sus terminales; o sea:

$$\text{Corriente excitadora} = \frac{\text{Tensión en las escobillas del dínamo}}{\text{Resistencia de las bobinas inductoras}}$$

Y como sabemos que el flujo magnético depende directamente de la intensidad de la corriente excitadora, se deduce que en el dínamo en derivación el flujo magnético ( $\phi$ ) en que gira el inducido, no variará al variar la carga —como hemos visto (122) que sucede en el dínamo en serie— y, por lo tanto, tampoco variará la f. e. m. inducida (E) la que depende del flujo, pues es:

$$E = \frac{\phi \times N \times n}{60 \times 10^8}$$

Las variaciones de carga no producen, pues, en el dínamo en derivación, fluctuaciones grandes de tensión; y de ahí que se le designe con el nombre de “**dínamo de tensión constante**” y se lo utilice para alimentar circuitos cuyo consumo pueda estar expuesto a variaciones.

**124.—Característica del dínamo en derivación.**—Por más que, como dijimos en el parágrafo anterior, a este dínamo se lo considera de tensión constante, no lo es enteramente, pues el aumento de carga produce en él una cierta caída de tensión, de manera que el voltaje en sus terminales es siempre algo menor a plena carga que cuando la máquina funciona “a vacío”; esto es, sin suministrar corriente al circuito exterior.

Esto se constata por medio de un voltmetro y un amperómetro y haciendo que el dínamo alimente un circuito exterior como el de la figura 107, cuya resistencia puede variarse gradualmente.

Se empieza por excitar la máquina dejando el circuito exterior abierto, hasta obtener la tensión normal (por ejemplo 110 volts). Luego, manteniendo siempre constante la velocidad, se conecta el circuito exterior y se va variando la resistencia a fin de ir obteniendo las cargas de 10, 20, 30, etc., amperes, y se leen al mismo tiempo los volts, que indicará el voltmetro para cada una de esas cargas. Marcando en el papel cuadriculado los puntos correspondientes, como hemos explicado en el parágrafo 123, y, uniéndolos por un trazo continuo, se obtendrá una curva como la **A B** de la figura 111, que indica cómo varía el voltaje en

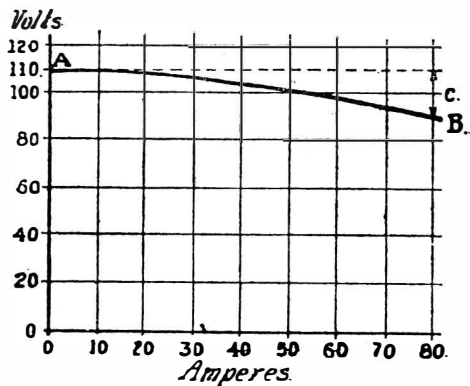


Fig. 111

los terminales de un dinamo en derivación, al variar la carga. Tal curva recibe el nombre de “**Característica externa del dinamo en derivación**”.

La curva **A B**, de la figura 111, nos demuestra que en ese dinamo la tensión era de 110 volts cuando funcionaba a vacío, o sea, con 0 carga; y que esa tensión ha ido disminuyendo gradualmente a medida que aumentaba la intensidad; hasta que al llegar ésta a 80 amperes, la disminución de tensión viene a estar representada por la distancia **c**, que de acuerdo con la escala adoptada en este croquis, vemos equivale a 15 volts.

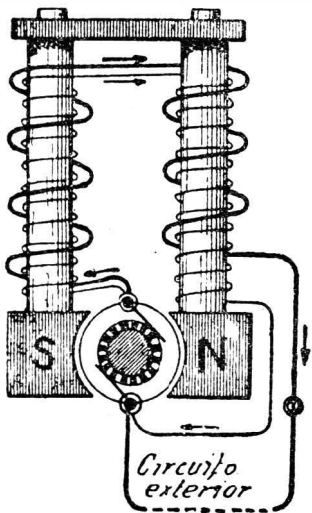


Fig. 112

Esa pérdida de tensión se debe en parte a la caída de potencial que la corriente sufre al recorrer los conductores del inducido y la cual, como ya dijimos (28), es igual a  $I \times R$ . Otra parte de la caída de tensión experimentada, se debe a la reacción de inducido.

**125.—Excitación compound.**—En la figura 112 se representa un dinamo de excitación compuesta o compound.

Este tipo de excitación no es más que la combinación de los enrollamientos en serie y en derivación antes descriptos.

Se distinguen dos clases de enrollamientos compound. Ellos están representados en esquema en las figuras 113 a y 113 b.

La primera representa el enrollamiento compound de “**derivación corta**”, en el cual el hilo fino está conectado directamente en los terminales del inducido. La segunda muestra el enrollamiento compound de “**derivación larga**”, en el cual el hilo fino está derivado de los terminales exteriores de la máquina.

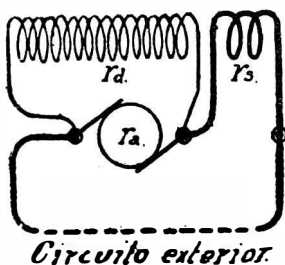


Fig. 113 a

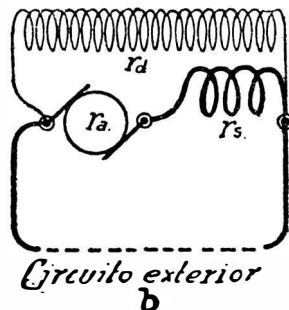


Fig. 113 b

**126.—Característica del dínamo compound.**—El dínamo compound participa de las características de las dos excitaciones de que está dotado.

Si en su construcción se han hecho ambos enrollamientos bien proporcionados, de modo, por ejemplo, que la excitación en serie compense la caída de potencial que se produce en el dínamo en derivación al aumentar la carga, puede resultar un dínamo que produzca una tensión prácticamente constante con cualquier carga. Es decir, podría obtenerse una curva característica como la **A B** de la figura 114.

Puede decirse que los dínamos compound son autoreguladores en cuanto a su tensión —siempre que no cambie la velocidad de rotación— y por ello son preferidos para alimentación de redes de distribución donde se requiere una tensión constante, por más que la carga sea variable.

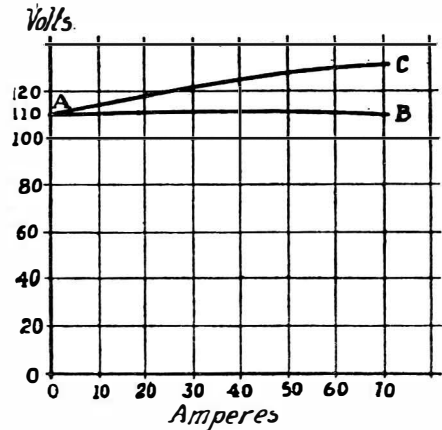


Fig. 114

A veces se construyen para fines especiales, dínamos compound, cuyo voltaje aumenta ligeramente al crecer la carga, tal como muestra la curva **A C**, de la figura 114. En ese caso se dice que la excitación es “**hipercompound**”.

**127.—La regularidad de marcha de los dínamos.**—Hemos visto por la

fórmula de la f. c. m. inducida  $E = \frac{\varphi \times N \times n}{60 \times 10^8}$  que la velocidad de rota-

ción  $n$ , influye directamente en la tensión generada por el dínamo. Una de las condiciones a llenar, entonces, para obtener una tensión constante en los dínamos de ese tipo (en derivación y compound) será mantener lo más constante posible la velocidad del inducido, regularizando la marcha del motor que lo acciona. Con tal fin se utilizan dos dispositivos: el “**volante**” y el “**regulador centrífugo**”.

**128.—Volante.**—El volante consiste en una rueda de hierro fundido, figura 115, en la que la mayor parte del peso está acumulado en la circunferencia, denominada “**llanta**”. Dicha rueda, en virtud de su peso considerable, posee una gran inercia que la hace presentar una resistencia muy grande a todo cambio de velocidad que haya adquirido. Si la carga de la

máquina sufre fluctuaciones bruscas, éstas tenderá a acelerar su velocidad cuando aquélla disminuye y a decrecer cuando aumenta dicha carga. En el caso de la aceleración, habrá sido necesario emplear una energía relativa-

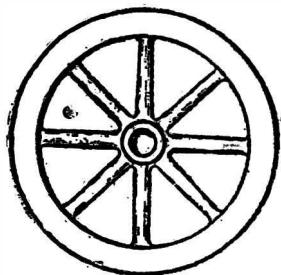


Fig. 115

mente grande para que el volante aumentara su velocidad, de modo que él habrá servido como de freno para evitar el brusco aumento de revoluciones y habrá acumulado una cierta energía o fuerza viva que devolvería, si la velocidad del motor descendiera bruscamente; pues en tal caso, en virtud de su inercia, tendería a seguir girando a la velocidad adquirida. En esa forma el volante contribuye a regularizar la marcha de la máquina a la que está unido.

**129.—Regulador centrífugo.**—Este aparato tiene por objeto mantener lo más constante posible a la velocidad de una máquina de vapor, por más variable que sea la potencia que ella deba desarrollar. A tal fin dicho dispositivo acciona la válvula de admisión de vapor, haciendo que éste pueda penetrar a los cilindros en mayor o menor cantidad.

El regulador centrífugo fué inventado por Watt, y aunque existen muchos sistemas que varían en los detalles de construcción, todos ellos se basan en el mismo principio, por lo cual describiremos el primitivo de Watt, que es el más sencillo. Consiste en un paralelogramo  $OAC A'$ , figura 116, articulado en sus cuatro vértices. El vértice  $O$  está unido a una varilla vertical  $V$ , que recibe de la máquina un movimiento de rotación por medio de una polea  $K$  o por un sistema de engrana-

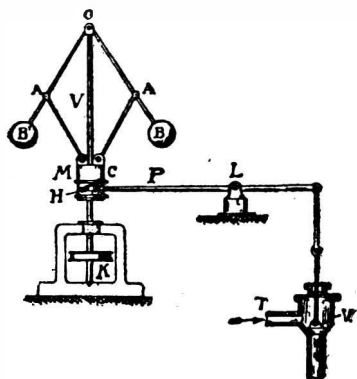


Fig. 116

jes; el vértice  $C$  está conectado a un manguito  $M$  que puede deslizarse sobre la varilla  $V$ , para arriba o para abajo. El manguito  $M$  que gira con la varilla  $V$ , por estar unido al vértice  $O$ , está abrazado por una horquilla  $H$ , en que termina la palanca  $P$ , que se mueve alrededor del eje fijo  $L$ . Dicha palanca acciona la válvula  $V$ , levantándola o bajándola; o sea, aumentando o disminuyendo la abertura del orificio de pasaje del vapor que, procedente de la caldera por el tubo  $T$ , pasa al cilindro del motor por el otro tubo o conducto  $t$ .

Los brazos **O A** y **O A'** del paralelogramo se prolongan y terminan a igual distancia de **O** en dos esferas de igual peso **B** y **B'**.

La manera de actuar de este aparato es la siguiente: mientras la máquina conserva prácticamente la velocidad normal, el paralelogramo no varía. Si la velocidad de la máquina aumenta, también crece la velocidad de rotación del aparato; y con ella aumenta también la fuerza centrífuga, la que hace separar las esferas y por consiguiente el manguito **M** sube, transmitiendo su movimiento por medio de la horquilla **H** a la palanca **P**, que empujará hacia abajo la válvula **V**, disminuyendo así la entrada de vapor al cilindro del motor y con ello la potencia de éste, hasta que su velocidad vuelva a ser la de régimen, con lo que las esferas volverán a ocupar su posición primitiva. Lo inverso sucede si la velocidad de la máquina se hace muy inferior a la normal; al decrecer la velocidad de rotación del aparato, disminuye la fuerza centrífuga, las esferas se aproximan, el manguito **M** descende, la palanca **P** aumenta la abertura del orificio de entrada del vapor; la potencia de la máquina aumenta, y crece la velocidad hasta que, llegando de nuevo a la normal, las esferas vuelven a recuperar su primitiva separación.

Los reguladores centrífugos que se emplean en los motores de a bordo, son de diferente construcción que el primitivo de Watt que acabamos de describir, pues deben adaptarse a las condiciones especiales que presenta ese servicio; pero a pesar de esa diferencia en la construcción, el principio de funcionamiento es el mismo, por lo que la explicación precedente servirá igualmente para comprenderlos.

**130.—Regulación de la tensión de un dínamo.**—A pesar de la acción del volante y del regulador centrífugo, la velocidad de los dínamos nunca es perfectamente constante, pues se producen siempre pequeñas variaciones, sobre todo al fluctuar la carga, las que a su vez producen variaciones en la tensión que la máquina genera.

Por otra parte, aunque se trate de un generador compound muy bien construido, nunca es por completo auto-regulador, y siempre habrá pequeñas fluctuaciones de tensión cuando la carga varía.

A fin de compensar tales variaciones y mantener lo más constante posible la tensión que generan los dínamos en derivación y compound, se regula la corriente de excitación, de manera que aumentándola o disminuyéndola, se varía proporcionalmente el flujo magnético inductor ( $\phi$ ) y con ello se variará la f. e. m. generada.

$$\text{(Recordar que } E = \frac{\varphi \times N \times n}{60 \times 10^8}\text{)}$$

Para tal objeto de regulación se intercala en serie con el enrollamiento del campo en derivación, una resistencia variable **R**, figura 117, de

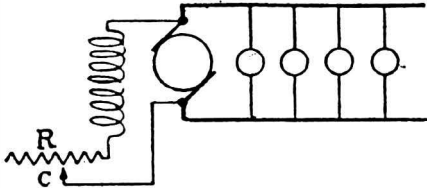


Fig. 117

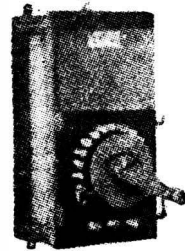


Fig. 118

la que se puede incluir o excluir una porción mayor o menor por medio de un contacto corredizo **c**. Dicha resistencia se designa con el nombre de “**resistencia de campo**”. En la figura 118, se representa una de estas resistencias del tipo más comúnmente empleado.

**121.—Rendimiento de los dínamos.**—Hemos mencionado ya que toda transformación de energía se efectúa con cierta pérdida; o sea, que la energía devuelta nunca es igual a la consumida, sino que es siempre menor.

En el caso del dínamo sucede lo mismo, pues él no es más que un transformador de energía mecánica (la necesaria para hacer girar el inducido), en energía eléctrica (la que se recoge mediante las escobillas, en forma de corriente eléctrica).

Se entiende por “**rendimiento**” o “**eficiencia**” de una máquina cualquiera, a la relación o cociente que resulta de dividir la potencia devuelta por la potencia consumida. O sea:

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Potencia devuelta}}{\text{Potencia consumida}}$$

O más brevemente, llamando  $R_d$  al rendimiento,  $W_d$  a la potencia devuelta y  $W_c$  a la consumida, podremos escribir:

$$R_d = \frac{W_d}{W_c}$$

Como sabemos que la potencia devuelta ( $W_d$ ) es siempre menor que la consumida ( $W_c$ ), es evidente que el cociente de dividir la primera por la segunda será siempre menor que la unidad.

El rendimiento de los dinamos varía en general entre 0.6 y 0.9, según el tipo y potencia de la máquina. En una misma máquina el rendimiento es mayor si ella trabaja a plena carga que si sólo desarrolla una parte de su potencia.

Las pérdidas de energía que se experimentan en un dinamo se deben a varias causas, a saber: calentamiento de los conductores del inducido e inductores (efecto Joule); rozamiento del eje en los cojinetes, del inducido con el aire, de las escobillas con el colector, etc.; pérdida en los núcleos de hierro por corrientes de Foucault e histéresis, etc.

### 132.—Ejemplo sobre rendimiento de un dinamo.—

**Ejemplo 1º**—Supongamos que un motor cualquiera, transmite al eje del inducido de un dinamo una potencia de 100 H. P. y que éste genera una corriente de 220 volts y 280 amperes. Se pregunta:

1º—¿La potencia eléctrica en watts, devuelta?

2º—¿La misma en H. P.?

3º—¿La eficiencia o rendimiento?

**Respuesta 1ª:**

$$W = E \times I = 220 \times 280 = 61.600 \text{ watts}$$

**Respuesta 2ª:**

$$\text{H. P.} = \frac{\text{Watts}}{736} = \frac{61.600}{736} = 83.6 \text{ H. P.}$$

**Respuesta 3ª:**

$$R_d = \frac{W_d}{W_e} = \frac{83.6}{100} = 0.836 = 83.6 \%$$

Es decir que el dinamo en cuestión tendrá una eficiencia o rendimiento de 0.836; o lo que es lo mismo, 83.6 %. Esto equivale a decir que dicha máquina devuelve en forma de energía eléctrica sólo 83.6 H. P. por cada 100 de potencia mecánica que se le suministra por el motor. De modo que se producirá una pérdida de  $100 - 83.6 = 16.4 \%$ .

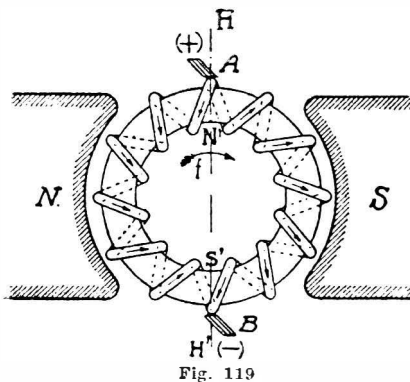
---

## MOTORES DE CORRIENTE CONTINUA

**133.—Principio del motor eléctrico.**—Como se ha visto en la explicación del funcionamiento del dínamo, se requiere gastar una cierta energía mecánica para hacer girar el inducido; y ella debe ser tanto mayor cuanto más grande sea la energía eléctrica que dicho dínamo genera. Tal energía mecánica se emplea en su mayor parte para vencer la atracción que se ejerce mutuamente entre el campo magnético inductor y los conductores del inducido, recorridos por corriente.

Es lógico pensar entonces, que si en vez de generar corriente en dichos conductores, se hace circular en ellos otra procedente de una fuente exterior cualquiera, se producirán entre los conductores del inducido y el campo magnético inductor en que se encuentren sumergidos, atracciones y repulsiones capaces de imprimir al inducido un movimiento de rotación, transformando así de “generador” en “motor” a la máquina en cuestión.

Tal cosa realmente sucede; de modo que un dínamo cualquiera puede convertirse en un motor, con solo enviarle una corriente adecuada. A esa propiedad que tienen dichas máquinas de poder convertir, ya sea energía mecánica en eléctrica (dínamo), o bien energía eléctrica en mecánica (motor). es a lo que se llama la “reversibilidad de las máquinas dínamo-eléctricas”.



**134.—Sentido de marcha de los motores.**—Supongamos la máquina bipolar de la figura 119, cuyo inductor, excitado de cualquier modo, produce los polos **N** y **S**. Supongamos que hacemos circular por el enrollamiento del inducido una corriente continua, que entra por la escobilla **A** y sale por la **B**; las cuales suponemos, para mayor facilidad de la explicación, que hacen contacto directo sobre las espiras, en vez de hacerlo sobre el colector, como sucede en la realidad.

La corriente citada, circulando en el sentido que indican las flechitas, imanará el anillo de hierro en forma tal, que la mitad que se encuentra a la izquierda de la línea **HH'** tendrá su polo norte arriba, en **N'**, y su polo sur abajo, en **S'**. Lo mismo sucederá con la mitad de la derecha. De manera que vendría a ser lo mismo como si tuviésemos dos electroimanes, en forma de semianillos, unidos por los polos del mismo nombre; de modo que en definitiva tendríamos en la parte superior del anillo el polo norte (**N**), y en la parte inferior el sur (**S**).

Ahora, bien, el polo inductor **N** produce sobre el **S'** una atracción y sobre el **N'** una repulsión que tiende a hacer girar el inducido en el sentido de la flecha **f**. Por otra parte, el polo inferior **S**, produce sobre **N'** una atracción, y sobre **S'** una repulsión, que también tiende a hacer girar al inducido en el sentido de la flecha **f**; o sea, las acciones de ambos polos inductores sobre el inducido se suman.

Si invirtiéramos la corriente en el inducido, se invertirían también los polos formados en el anillo; tendríamos **N'** abajo y **S'** arriba, y entonces se invertirán también las atracciones y repulsiones con los polos inductores, y por lo tanto el inducido tendería a girar en sentido opuesto.

Igual cosa pasaría si en vez de invertir la corriente en el inducido, lo hiciéramos en los inductores, pues entonces sería la polaridad de éstos la que cambiaría.

De ahí deducimos la siguiente regla: “**Para invertir el sentido de rotación en un motor de corriente continua, basta invertir la corriente, ya sea en el inducido o bien en el inductor; pero no en ambos a la vez.**”

**135.—Angulo de calaje de las escobillas en los motores.**—En los motores de corriente continua, la reacción de inducido produce la distorsión del campo magnético, en sentido opuesto a lo que lo hace un dínamo; por ello, el decalaje de las escobillas para obtener un funcionamiento sin chispas en el colector, al variar la carga, debe hacerse **hacia atrás**; o sea, en sentido opuesto al de rotación; al contrario de lo que se hace en los dínamos, que es hacia adelante.

**136.—Cupla o par motor.**—Como se ha explicado en el párrafo 134, al circular corriente por los conductores del inducido, se produce entre éste y los polos del campo inductor, unas atracciones y repulsiones que tienden a hacer girar el inducido en un sentido determinado.

Todas esas fuerzas que actúan sobre el inducido, pueden componerse en las dos únicas **f** y **f'**, figura 120, iguales y de sentido contrario, aplicadas

a los extremos del diámetro **D** del inducido, de modo que tienden a hacer girar a éste sobre su eje.

A dos fuerzas aplicadas en esa forma se las denomina una “cupla” o “par de fuerzas”.

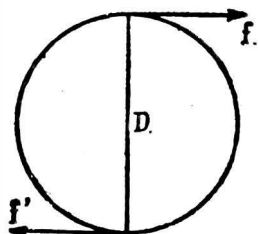


Fig. 120

El esfuerzo que el par o cupla ejerce, tendiendo a hacer girar al cuerpo a que está aplicado, es igual al producto de una de las dos fuerzas (**f** o **f'**) por el brazo de palanca, o sea la distancia **D** que separa sus puntos de aplicación, figura 120. A ese producto es a lo que se llama el “**momento del par**”.

En el caso del motor eléctrico, la cupla o par de fuerza (**C**) que tiende a hacer girar el inducido, depende de varios factores que son constantes una vez construída la máquina, tales como, el número de espiras del inducido, el diámetro de éste, etc.; y de otros dos que pueden variar durante el funcionamiento del motor, y que son: el flujo magnético inductor ( $\varphi$ ) y la intensidad ( $I_a$ ) de la corriente que circula por el enrollamiento del inducido. Representando por una sola letra (**K**), todos los factores que no varían una vez construído el motor, podemos escribir la formula siguiente:

$$C = K \times \varphi \times I_a$$

la que nos indica abreviadamente de qué depende la cupla o par de fuerzas que tiende a hacer girar el inducido de un motor. Vemos por ella que el motor desarrollará una cupla más enérgica cuanto mayor sea el flujo magnético ( $\varphi$ ) que producen los inductores, y también cuanto más intensa sea la corriente ( $I_a$ ) en el inducido.

**137.—Fuerza contra-electro-motriz.**—Al tratar de la inducción electro-magnética, vimos que se genera f. e. m. en todo conductor que corte en número variable de líneas de fuerza. Ahora bien, los conductores del inducido de un motor se encuentran en esas condiciones cuando él funciona; y, por lo tanto, también se genera en ellos una f. e. m. de inducción, por más que ellos estén al mismo tiempo recorridos por la corriente de alimentación, procedente del exterior.

Sabemos, por la ley de Lenz, que los efectos de la inducción son siempre tales, que tienden a anular la causa que los ha generado. Por tanto, la f. e. m. que se genera en el inducido del motor cuando éste gira, es siempre

de sentido opuesto a la f. e. m. de la corriente de alimentación, que es la causa que origina el movimiento.

Por eso a aquella f. e. m. se le da el nombre de **“fuerza contra-electro-motriz”**.

Ella depende de los mismos factores que la generada en el inducido de un dínamo; esto es: del flujo magnético ( $\varphi$ ), del número de espiras (N)

y del de revoluciones (N); de modo que la misma fórmula: 
$$E = \frac{\varphi \times N \times n}{60 \times 10^8}$$

es aplicable tanto a la f. e. m. inducida en un dínamo, como la f. e. m. que se genera en el inducido de un motor en movimiento.

**138.—Ley de Ohm aplicada a los motores eléctricos.**—Por lo que hemos explicado en el párrafo precedente, vemos que no se podrá aplicar

directamente la fórmula:  $I = \frac{E}{R}$  a los conductores del inducido de un

motor en movimiento para determinar la intensidad que circulará por ellos, dado un cierto voltaje de alimentación; pues hay que tener en cuenta que a éste deberá restársele la f. c. e. m. que se genera en los conductores del inducido cuando éste gira; y la que, como sabemos, es de sentido opuesto a la tensión de alimentación del motor.

Así, pues, si llamamos **V** a esta tensión de alimentación del motor; o sea, a la diferencia de potencial que existe entre sus terminales (+) y (—). si el inducido tiene una resistencia de  $R_a$  ohms y al girar con su velocidad normal se genera en él una f. c. e. m. de **E** volts, entonces al funcionar normalmente, la corriente  $I_a$  que pasará por el inducido será:

$$\text{Intensidad en el inducido} = \frac{\text{Voltaje de alimentación} - \text{f. c. e. m.}}{\text{Resistencia del inducido}}$$

O más brevemente:

$$I_a = \frac{V - E}{R_a}$$

Como al funcionar el motor a su velocidad normal, la f. c. e. m. (E) que se genera alcanza un valor próximo a la de la tensión de alimentación (V), resulta que el voltaje **“efectivo”**, por decirlo así (o sea:  $V - E$ ), que actúa sobre los conductores del inducido para hacer circular corriente en ellos, es pequeño; y, por lo tanto, la corriente que pasará será mucho menos intensa de la que circularía si no hubiese fuerza contra-electro-motriz.

**139.—Resistencia de puesta en marcha.**—La resistencia ( $R_a$ ) que representan en conjunto los conductores del inducido es siempre pequeña, pues de no ser así se produciría en ellos pérdidas considerables de energía por efecto Joule ( $I^2 \times R$ ), dado que por su enrollamiento circula en unos casos la totalidad de la corriente de alimentación (motor en serie), y en otros (motores en derivación y compound), la casi totalidad.

Ahora bien, si al poner en marcha el motor se lo conectara directamente a la línea de alimentación, resultaría que, no habiendo f. c. e. m., por no estar en movimiento el inducido, la corriente que circularía por éste sería muy grande, pudiendo ocasionar su inutilización inmediata.

Lo que precede se comprenderá más fácilmente si en la fórmula que hemos dado:  $I_a = \frac{V - E}{R_a}$  suponemos que  $E = 0$ , por el hecho de que estando en reposo el inducido no se generará f. c. e. m. Entonces se ve que el numerador ( $V - E$ ) vendrá a ser:  $V - 0 = V$ ; o sea, toda la tensión de la línea de alimentación; y si el denominador ( $R_a$ ) es muy pequeño, como  $V$  siempre sucede, entonces el cociente  $\frac{V}{R_a}$  (o sea la intensidad ( $I_a$ ) en el inducido), resultará muy grande, hasta el punto de calentar con exceso los conductores, y destruir el aislamiento, pudiendo producir la fusión de aquéllos.

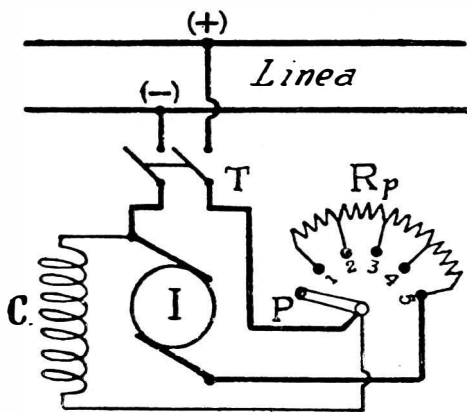


Fig. 121

Para evitar tal inconveniente en el arranque de los motores, se utiliza una resistencia de valor conveniente, la que va intercalada en serie con el inducido, y se excluye gradualmente a medida que el motor acelera; esto es, a medida que, al aumentar la velocidad de rotación crece la f. c. e. m. ( $E$ ) generada en el inducido.

Cuando la velocidad ha llegado a ser la de régimen, también ( $E$ ) habrá llegado a su valor normal, y entonces la intensidad en el inducido

$I_a = \frac{V - E}{R_a}$  ya no será sino la que corresponde a la condición de marcha normal.

La resistencia que se utiliza con el objeto arriba indicado, de limitar

la corriente en el inducido del motor en el momento del arranque, tiene el nombre de “**resistencia de puesta en marcha**”, o “**resistencia de arranque**”.

En la figura 121 se representa en esquema un motor en derivación, dotado de la resistencia de puesta en marcha ( $R_p$ ). Se ve que tan pronto como se cierra el interruptor bipolar (T), el enrollamiento de campo queda conectado directamente a la línea de alimentación; esto es, el campo del motor queda excitado.

En cuanto a la alimentación del inducido, se hace por medio de la palanca **P**, que mediante el interruptor **T** comunica a uno de los polos de la línea. Cuando **P** está sobre el contacto **O**, no pasa corriente al inducido, pues dicho punto está aislado. Al colocar la palanca **P** sobre el contacto 1, la corriente viene de la línea, pasa por dicha palanca a ese punto de contacto, de allí a la resistencia de puesta en marcha ( $R_p$ ) y recorriéndola toda hasta 5, entra al inducido por una escobilla, sale por la otra, volviendo al otro polo de la línea. Es decir, el inducido quedará intercalado en serie con toda la resistencia de puesta en marcha. Si se mueve la palanca al contacto 2, quedará excluida del circuito la primera sección de la resistencia, de modo que el inducido marchará en serie con las tres restantes. Al seguir avanzando la palanca, se van excluyendo sucesivamente las otras secciones, hasta que poniéndola sobre el último contacto (5) el motor vendrá a quedar derivado directamente de la línea, sin resistencia alguna intercalada.

**140.—Ejemplo sobre puesta en marcha de motores.**—A continuación ilustramos con algunos ejemplos lo que acabamos de explicar, sobre la necesidad de utilizar una resistencia en serie con la armadura para la puesta en marcha de los motores. Para tales ejemplos se han tomado datos reales, de los motores instalados en nuestros acorazados “Rivadavia” y “Moreno”.

**Ejemplo 1º**—Consideremos uno de los motores de 100 H. P. de los cabrestantes del “Rivadavia”; la tensión de alimentación es  $V = 220$  volts; la intensidad en el inducido, cuando el motor funciona a su velocidad y carga normal, es:  $I_a = 385$  amperes; la resistencia del inducido es:  $R_a = 0.024$  ohms. Se pregunta:

1º—¿Qué intensidad tendería a pasar con el inducido, en el primer momento (cuando está en reposo), si se lo conectara directamente a la línea, sin resistencia intercalada?

2º—¿Cuántas veces mayor que la intensidad normal (385 amperes) sería esa corriente?

3º—¿Qué valor tendría la f. c. e. m. inducida, cuando el motor funciona a la velocidad y carga normal?

4º—¿Cuál será el voltaje “efectivo” (e) que actuaría en ese caso?

**Respuesta 1ª:**

$$I_a = \frac{V - E}{R_a} ; \text{ y como estando en reposo el inducido, la f. c. e. m. es}$$

$$E = 0, \text{ entonces tendremos que: } I_a = \frac{V - 0}{R_a} = \frac{220}{0.024} = 9166 \text{ amperes,}$$

que tenderían a pasar en el inducido en el primer momento.

**Respuesta 2ª:**

$$\frac{9166}{385} = 24; \text{ o sea, si se intentase poner en marcha dicho motor sin}$$

resistencia intercalada, la corriente en el inducido llegaría a ser 24 veces mayor que la normal; la que equivaldría a un corto circuito que inutilizaría el inducido, o los conductores de la línea, o bien el generador, si no hubiese dispositivos de seguridad que lo impidieran.

**Respuesta 3ª:**

$$\text{De la fórmula: } I_a = \frac{V - E}{R_a}, \text{ podemos despejar el término } E, \text{ que vendría a ser:}$$

$$E = V - I_a \times R_a = 220 - 385 \times 0.024 = 210.76 \text{ volts}$$

o sea, cuando el motor referido funciona a velocidad y carga normal, se genera en su inducido una f. c. e. m. de 210.76 volts.

**Respuesta 4ª:**

La tensión efectiva (e) que actuará en el inducido, será como ya hemos dicho, la diferencia entre la tensión de alimentación (V) y la f. c. e. m. (E); o sea:

$$\text{Tensión efectiva: } e = V - E = 220 - 210.76 = 9.24 \text{ volts}$$

Para constatarlo no habrá más que dividir esta tensión “efectiva” (e) por la resistencia del inducido ( $R_a$ ) y el cociente nos dará la intensidad ( $I_a$ ) que circulará por éste, en las condiciones de velocidad y carga normal; o sea:

$$I_a = \frac{e}{R_a} = \frac{9.24}{0.024} = 385 \text{ amperes}$$

Cabe hacer notar aquí que la diferencia ( $e$ ) entre la tensión de alimentación ( $V$ ) y la f. c. e. m. ( $E$ ), no es más que la caída de potencial ( $I \times R$ ) que sufre la corriente ( $I_a$ ) al circular por el enrollamiento del inducido, cuya resistencia es ( $R_a$ ); o sea:

$$e = I_a \times R_a$$

**Ejemplo 2º**—Consideremos uno de los motores de 25 H. P., destinados al movimiento de las barbetas en el “Rivadavia”. La tensión de alimentación es:  $V = 220$  volts; la intensidad en el inducido, cuando el motor funciona a su velocidad y carga normal, es:  $I_a = 100$  amperes; la resistencia del inducido es:  $R_a = 0.072$  ohm. Se pregunta:

1º—¿Qué intensidad ( $I_a$ ) tendería a pasar por el inducido si se lo conectara directamente a la línea de alimentación, sin resistencia de puesta en marcha?

2º—¿Cuántos ohms deberá tener la resistencia de puesta en marcha para que en el momento del arranque (inducido en reposo) la intensidad ( $I_a$ ) no exceda de 150 amperes?

3º—¿Cuál sería el valor de la f. c. e. m. ( $E$ ) cuando el motor funciona a velocidad y carga normal?

4º—¿Cuál será la caída de potencial ( $e = I_a \times R_a$ ) en el inducido, en tal caso?

**Respuesta 1ª:**

$$I_a = \frac{V - E}{R_a}, \text{ pero, como estando el inducido en reposo, la f. c. e. m. es } E = 0, \text{ tendremos:}$$

$$I_a = \frac{V - 0}{R_a} = \frac{V}{R_a} = \frac{220}{0.072} = 3055 \text{ amperes;}$$

intensidad que tendería a pasar por el inducido en el primer momento, si se lo conectara sin resistencia intercalada. O sea, tendería a pasar una intensidad

$$\frac{3055}{100} = 30.5 \text{ veces mayor que la normal.}$$

**Respuesta 2ª:**

Intercalando una resistencia de puesta en marcha ( $R_p$ ) en serie con el inducido, la sumaremos en el denominador, con la del inducido ( $R_a$ ) de modo que la fórmula de la intensidad quedará modificada así:

$$\text{Intensidad inducido} = \frac{\text{Resist. inducido} + \text{Resist. puesta en marcha}}{\text{Voltaje alimentación} - \text{f. c. e. m.}}$$

O más brevemente:

$$I_a = \frac{V - E}{R_a + R_p}$$

y como ya establecimos que el valor de ( $I_a$ ) fuera de 150 amperes, despejamos el término ( $R_a$ ) que es el único desconocido en la formulita que precede, y tendremos:

$$R_p = \frac{V - E}{I_a} - R_a$$

y como por estar el inducido en reposo no hay f. c. e. m., o sea:  $E = 0$ , tendremos:

$$R_p = \frac{V}{I_a} - R_a ;$$

y reemplazando las letras por sus valores, que ya conocemos, inclusive ( $I_a$ ), que ya dijimos debía ser 150 amperes, tendremos:

$$R_p = \frac{220}{150} - 0.072 = 1.466 - 0.072 = 1.394 \text{ ohms}$$

lo que se puede comprobar, hallando la intensidad ( $I_a$ ) que pasará en el inducido en reposo, intercalándole esa resistencia. Es decir, tendremos:

$$I_a = \frac{V - E}{R_a + R_p} = \frac{220 - 0}{0.072 + 1.394} = \frac{220}{1.466} = 150 \text{ amperes}$$

que es el valor que habíamos fijado.

### Respuesta 3ª:

La f. c. e. m. ( $E$ ) la despejamos de la formulita:  $I_a = \frac{V - E}{R_a}$  de donde:

$E = V - I_a \times R_a = 220 - 100 \times 0.072 = 220 - 7.2 = 212.8 \text{ volts}$ , cuando el motor funciona con su carga y velocidad normal.

### Respuesta 4ª:

La caída de potencial ( $e$ ) en el enrollamiento del inducido será:  $e = I_a \times R_c = 100 \times 0.072 = 7.2 \text{ volts}$  que, como hemos dicho, es precisamente, la diferencia entre la tensión de alimentación ( $V$ ) y la f. c. e. m. ( $E$ ); o sea:  $e = I_a \times R_c = 100 \times 0.072 = 7.2 = V - E = 220 - 212.8 =$

7.2 volts, que es sencillamente la “**tensión efectiva**” que actúa en el inducido, y que produce el pasaje de la corriente normal, o de régimen ( $I_a = 100$  amperes), como se constata:

$$I_a = \frac{V - E}{R_a} = \frac{220 - 212,8}{0,072} = \frac{7,2}{0,072} = 100 \text{ amperes}$$

**141.—Funcionamiento de los motores según su excitación.**—Ya hemos dicho, al hablar de la reversibilidad de las máquinas dinamo-eléctricas, que un dinamo puede convertirse en un motor con sólo enviarle una corriente adecuada, en vez de accionarlo mecánicamente para hacérsela generar. Los sistemas de excitación de los motores son, pues, los mismos que los de los dinamos, puesto que se trata de máquinas idénticas. Según que la excitación de los motores sea en derivación, en serie, o compound, varía el comportamiento de ellos bajo distintas condiciones de carga.

A la curva que representa la variación de velocidad que experimenta un motor cuando, permaneciendo constante la tensión de alimentación, se varía la carga, se la denomina “**curva característica**”.

A continuación describiremos el funcionamiento de los motores según su tipo de excitación.

**142.—Característica del motor en derivación.**—En este tipo de motor, figura 122, el campo (C) está alimentado directamente de la línea, de modo que si la tensión de alimentación (V) es constante, la corriente de excitación lo será, y por lo tanto el flujo magnético inductor ( $\varphi$ ), que depende de ella, tampoco variará, cualquiera sea la corriente ( $I_a$ ) en el inducido al variar la carga aplicada al motor. Y como sabemos que la cupla (C) o par de fuerzas que el motor desarrolla es:

$$C = K \cdot \varphi \cdot I_a$$

vemos que el flujo ( $\varphi$ ) es constante, como también lo es el factor (K, resultará que el esfuerzo (C) que el motor puede desarrollar dependerá solamente de la intensidad ( $I_a$ ) en el inducido, o sea de carga del motor. Esto es, el motor desarrollará un esfuerzo proporcionado a la carga a que se le someta; de modo que su funcionamiento

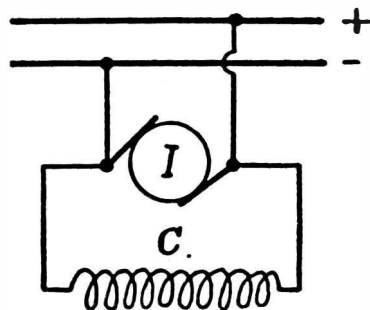
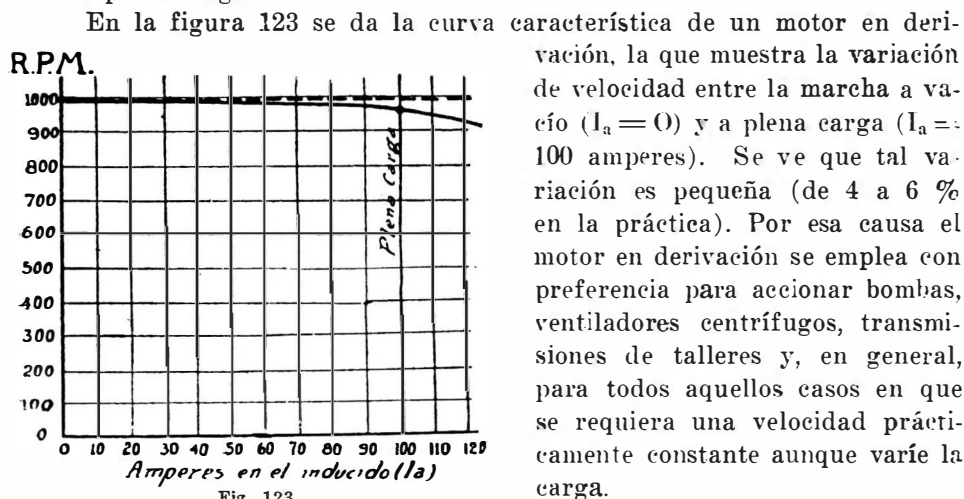


Fig. 122

será estable y marchará a velocidad prácticamente constante, tanto a vacío como a plena carga.



**143.—Característica del motor en serie.**—En este motor, figura 124, como la corriente que circula en el enrollamiento de campo es la misma que pasa por el inducido, es evidente que el flujo magnético inductor ( $\phi$ ) va-

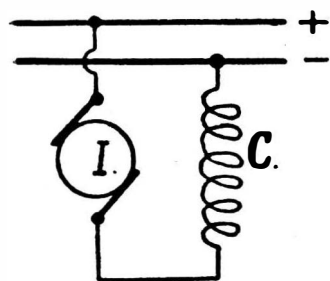
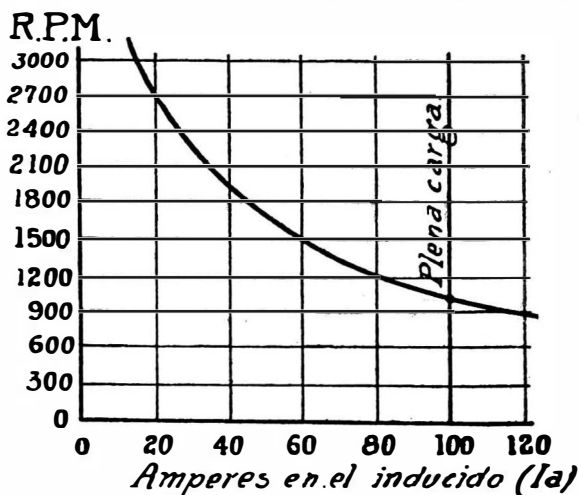


Fig. 124



riará al variar la corriente ( $I_a$ ) en el inducido; o sea, al cambiar la carga a que se somete el motor; y, por lo tanto, la cupla que éste desarrolla

$$C = K + \phi + I_a$$

será doblemente afectada por la variación que sufra la corriente ( $I_a$ ) que pasa por el inducido, puesto que es la misma que, pasando por el enrollamiento de campo produce el flujo inductor ( $\varphi$ ). De ahí que la velocidad que el motor desarrolla varíe grandemente al variar la carga, como se desprende de la curva característica dada en la figura 125, donde se ve que con una carga reducida ( $I_a = 20$  amperes), la velocidad es alrededor de 3000 R. P. M.; mientras que, con plena carga ( $I_a = 100$  amperes), no es más que 1000 R. P. M.; es decir una tercera parte.

Por lo que precede se comprende que este tipo de motor no es adecuado para aquellos casos en que se requiere velocidad constante aunque varíe la carga. Se presta muy bien, en cambio, para grúas, montacargas, tracción, etc.; esto es, para cuando sea necesario un esfuerzo considerable en el arranque, y también para cuando se presenten muchas paradas y arrancadas bruscas.

Es peligroso para la seguridad de este motor, ponerlo en marcha a vacío; esto es, sin carga, pues entonces adquiere una velocidad muy superior a la normal, y la fuerza centrífuga que desarrolla el inducido, puede llegar a hacer que se desprendan sus bobinas, inutilizándolas.

**144.—Característica del motor compound.**—Como este motor está dotado de ambas excitaciones (derivación y serie) su comportamiento bajo carga se aproximará más o menos al del motor en serie, o al en derivación, según cual de los dos enrollamientos predomine. Por regla general predomina el segundo.

El motor compound se presta para desarrollar un esfuerzo considerable en el momento del arranque, como el motor en serie; y a la vez su velocidad no será tan variable como la de éste, cuando la carga varíe.

En la figura 126 damos las curvas características de dos motores compound, cuya velocidad a plena carga ( $I_a = 100$  amperes), es alrededor de 120 R. P. M. En el de la curva **A** se ve que predomina el enrollamiento en serie, dado que al disminuir la carga, su velocidad aumenta con mucha rapidez, hasta el punto que con 1/5 de carga ( $I_a = 20$  amperes), aquélla es de 2400 R. P. M.; o sea, el doble de la correspondiente a plena carga. En

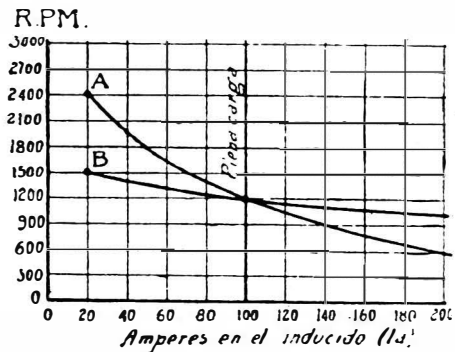


Fig. 126

cambio en el de la curva **B**, se ve que predomina el enrollamiento en derivación, pues su velocidad varía mucho menos que en el anterior al variar la carga; porque, como se ve en la curva, con 1½ de carga ( $I_a = 20$  amperes), aquélla sólo es de 1500 R. P. M.; es decir, sólo habrá crecido 300 R. P. M. (25 %) sobre la de 1200 que tenía a plena carga ( $I_a = 100$  amperes).

**145.—Regulación de velocidad en los motores.**—Supongamos un motor que funcione en condiciones de régimen, es decir, que desarrolle una cupla, o par de fuerzas igual al conjunto de las resistencias que se oponen a su movimiento, o sea, que la cupla o par resistente sea igual a la cupla motriz. En tales condiciones el funcionamiento será estable y la velocidad permanecerá constante. Pero si la cupla resistente disminuyera, y en cambio la cupla motriz permaneciera constante, el motor tendería a acelerar su velocidad cada vez más; y para restablecer el equilibrio, o sea para volver a las condiciones de funcionamiento estable, será preciso disminuir la cupla motriz en la misma proporción que disminuyó la resistente; pues, como dijimos, sólo siendo iguales ambas se consigue que el motor funcione normalmente.

En el caso contrario, esto es, cuando aumentan las resistencias que se oponen a la marcha del motor, es preciso aumentar también la cupla motriz, pues de otro modo la velocidad de rotación iría disminuyendo hasta que el motor se detendría.

Ahora bien, sabemos que el esfuerzo que el motor puede desarrollar, vale decir, su cupla motriz ( $C$ ), depende de los factores variables ( $\phi$ ) e ( $I_a$ ) según la fórmula:

$$C = K \times \phi \times I_a$$

Es evidente que para regular la velocidad de cualquier motor bastará hacer variar la cupla motriz ( $C$ ) regulando, ya sea el flujo inductor ( $\phi$ ) o la corriente ( $I_a$ ) en el inducido.

Veremos ahora cómo puede realizarse esa regulación, según la clase de excitación que tenga el motor.

**146.—Regulación de velocidad del motor en derivación.**—En este tipo de motor, como se ve en la figura 122, el enrollamiento del campo inductor ( $C$ ) está derivado directamente de la línea, de modo que la corriente que lo recorre ( $I_c$ ) es separada de la ( $I_a$ ) del inducido, y sólo depende de la tensión de alimentación ( $V$ ) y de la resistencia ( $R_c$ ) del enrollamiento de

$$\text{campo, } ( I_c = \frac{V}{R_c} )$$

La cupla (C) podrá variarse (y con ella la velocidad) ya sea variando la corriente en el inducido ( $I_a$ ) o el flujo ( $\varphi$ ). La corriente ( $I_a$ ) en el inducido podrá variarse por medio de una resistencia en serie, como por ejemplo, la de puesta en marcha ( $R_p$ ), indicada en la figura 122; pero tal solución no conviene, pues serían demasiado elevadas las pérdidas de energía por efecto Joule ( $I^2 \times R$ ), dado que dicha resistencia sería recorrida constantemente por toda la corriente que pasa por el inducido, la que con este tipo de excitación (derivación) es alrededor del 95 % de la total que consume el motor. Por esa causa esa resistencia se emplea tan solo para la puesta en marcha, y se excluye del circuito tan pronto como el motor ha acelerado lo suficiente.

No conviene, entonces, variar el factor ( $I_a$ ) para variar la cupla (C), veamos si es más conveniente variar el otro factor ( $\varphi$ ) para obtener la variación de la cupla (C) y con ella la regulación de la velocidad.

Recordando que el flujo magnético ( $\varphi$ ) depende de los siguientes factores:

$$\text{Flujo } \varphi = \frac{1,26 \times N^o \text{ espiras excitadoras} \times \text{Corriente excit.}}{\text{Reluctancia}}$$

O más brevemente:

$$\varphi = \frac{1,26 \times N \times I_e}{\text{Reluctancia}} ;$$

vemos que el flujo inductor ( $\varphi$ ), o sea la excitación del motor, puede variarse de las tres siguientes maneras:

- a) Variando la corriente  $I_e$  en el enrollamiento del campo.
- b) Variando el número (N) de espiras inductoras.
- c) Variando la reluctancia del circuito magnético.

De estos tres sistemas, el único que generalmente se emplea es el primero, por las facilidades que ofrece, y el amplio margen de regulación que permite; pues para variar la corriente ( $I_e$ ) en el enrollamiento del campo, basta intercalar en serie con éste una resistencia variable, de valor conveniente. Las pérdidas por efecto Joule serán reducidas, por más que se deje intercalada esa resistencia, porque en el motor en derivación la corriente excitadora es siempre una pequeña fracción de la total (de 3 a 5 %).

El sistema de variar el número de espiras excitadoras no se utiliza en los motores en derivación.

En cuanto a la variación del flujo ( $\varphi$ ), alterando la reluctancia del circuito magnético, se utiliza ese sistema en muy contados casos, y sólo en pequeños motores. Para obtener dicha variación de reluctancia, se hace mayor o menor el entrehierro, acercando o alejando

del núcleo del inducido las piezas polares **N** y **S**, figura 127.

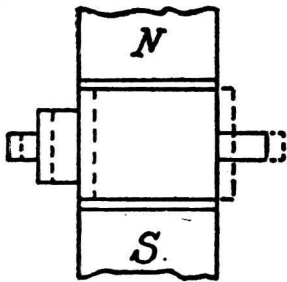


Fig. 127

También se obtiene el mismo resultado, desplazando el inducido en el sentido del eje, de modo que su núcleo de hierro presente una sección mayor o menor ante las piezas polares **N** y **S**, como se indica con las líneas punteadas en la figura 127.

Este último sistema de regulación de velocidad, se encuentra empleado en los acorazados “Rivadavia” y “Moreno”, en unos motores pequeños, marca Reliance, utilizados en el taller de la armería.

De lo que precede se deduce que, para los motores en derivación, el sistema casi único de variar la velocidad, es el de variar la corriente de excitación, por medio de una resistencia regulable, intercalada en serie con el enrollamiento de campo.

**147.—Regulación de velocidad del motor en serie.**—La introducción de una resistencia en serie con el enrollamiento de campo, no es recomendable para obtener la regulación de velocidad de este motor, puesto que se originarían pérdidas considerables de energía por efecto Joule, dado que la corriente de excitación es la misma que pasa por el inducido, puesto que ambos enrollamientos están en serie, figura 124. Sin embargo, tal resistencia se emplea para los motores de funcionamiento intermitente, como ser los de grúas, monta-cargas, etc., pues en tal caso las pérdidas no son tan grandes, a causa del poco tiempo de funcionamiento continuado.

A veces se regula la velocidad de estos motores, conectando una resistencia variable **R**, figura 128, en de-

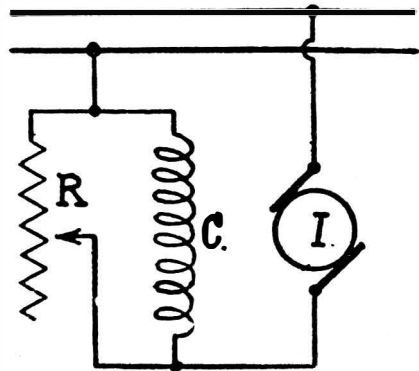


Fig. 128

rivación con el enrollamiento de campo; de tal manera se puede desviar o derivar parte de la corriente total de alimentación que pasa por el inducido, haciendo que una parte mayor o menor de ella circule por el enrollamiento de campo; de esa manera se hará que el flujo ( $\phi$ ) sea mayor o menor, y con ello se obtendrá la variación de velocidad deseada.

**148.—Regulación de velocidad de los motores compound.**—La regulación de velocidad de estos motores se obtiene en la casi totalidad de los casos, procediendo en la misma forma que en los motores en derivación, es decir, por medio de una resistencia variable, intercalada en serie con el enrollamiento del campo en derivación.

**149.—Regulación de la velocidad variando el flujo inductor.**—En los párrafos precedentes hemos visto que el medio más generalmente empleado para regular la velocidad de los motores, consiste en variar la cupla motriz, mediante la variación del flujo magnético inductor ( $\phi$ ). Lo que no hemos dicho es en qué sentido cambia la cupla motriz ( $C$ ) al variar el flujo ( $\phi$ ).

A primera vista, observando la fórmula de la cupla ( $C = K \times \phi \times I_a$ ) parecería que al aumentar el factor  $\phi$  debiera aumentar también la cupla  $C$ , y, viceversa, que disminuyendo  $\phi$  disminuiría también la velocidad de rotación del motor.

En realidad sucede todo lo contrario, pues **“aumentando la corriente de excitación, o sea el flujo ( $\phi$ ), disminuye la velocidad del motor; y viceversa, debilitando la excitación, aumenta la velocidad”**.

Esta contradicción con la fórmula de la cupla motriz es sólo aparente; pues si bien es cierto que haciéndose menor el flujo ( $\phi$ ), ocasiona una cierta disminución de la cupla, por otro lado, ésta aumenta en una proporción mucho mayor, por efecto del aumento de la intensidad ( $I_a$ ) en el inducido, debido a la menor f. e. e. m. que se genera en éste cuando el flujo ( $\phi$ ) que corta es menor.

$$\left( \text{Recordar la fórmula: } I_a = \frac{V - E}{R_a} \right)$$

De modo que disminuyendo la corriente de excitación, y, por lo tanto, el flujo magnético ( $\phi$ ), en realidad hemos aumentado la cupla motriz ( $C = K \times \phi \times I_a$ ; y, por consiguiente, si las resistencias que el motor debe vencer no han crecido, aumentará también la velocidad de rotación, la que originará un aumento de la f. e. e. m. inducida, la que sabemos depende del número de revoluciones:

$$\left( \text{Recordar la fórmula: } E = \frac{\varphi \times N \times n}{60 \times 10^8} \right)$$

y aumentando la f. c. e. m. irá disminuyendo la intensidad ( $I_a$ ) en el inducido, y con ella la cupla motriz, hasta que el motor alcance una condición de marcha estable, que será a una velocidad superior a la que tenía antes de debilitar la excitación.

A continuación damos un ejemplo numérico, práctico, para ilustrar la explicación que precede.

**150.—Ejemplo sobre regulación de velocidad por variación de la excitación.**—Supongamos un motor de 25 H. P. y 220 volts, cuyo inducido tenga una resistencia ( $R_a = 0.072$  ohms, y que en sus condiciones de carga y velocidad normal, la corriente en el inducido sea de  $I_a = 100$  amperes, y la f. c. e. m. sea:  $E = 212.8$  volts. Consideramos que el motor desarrolla en tales condiciones una cupla motriz  $C = 26$  kilográmetros, aproximadamente: (no contamos todas las pérdidas). Se pregunta:

1º—¿Cuál será la nueva f. c. e. m. ( $E'$ ) que se producirá si disminuimos el flujo magnético inductor ( $\varphi$ ) en un 2 %?

2º—¿Qué nuevo valor ( $I_a$ ) tendrá la corriente en el inducido, con motivo del cambio de la f. c. e. m., debido a la disminución del flujo  $\varphi$ ?

3º—¿Cuánto habrá disminuído la cupla motriz ( $C$ ) con motivo de la disminución indicada del flujo?

4º—¿Cuánto habrá aumentado la cupla por el crecimiento de la corriente ( $I_a$ ) en el inducido?

5º—¿Cuál será el aumento neto de la cupla motriz motivado por la disminución de un 2 % en el flujo ( $\varphi$ )?

### Respuesta 1ª:

Disminuyendo en 2 % el flujo ( $\varphi$ ), disminuye en la misma proporción la f. c. e. m., pues ésta depende directamente de aquél; por lo tanto, si el valor primitivo de la f. c. e. m. era:  $E = 212.8$ , el 2 % de esta cantidad

será:  $\frac{212.8 \times 2}{100} = 4.25$  volts, que restado de  $E$  nos dará el nuevo valor

de la f. c. e. m. ( $E'$ ); o sea  $E' = E - 4.25 = 212.8 - 4.25 = 208.55$  volts.

### Respuesta 2ª:

El nuevo valor ( $I'_a$ ) que tomará la corriente en el inducido, por el hecho de haber disminuído la f. c. e. m. de  $E = 212.8$  volts a  $E' = 208.55$  volts, será:

$$I_a = \frac{V - E'}{R_a} = \frac{220 - 208,55}{0,072} = \frac{11,45}{0,072} = 159 \text{ amperes}$$

**Respuesta 3ª:**

Como la cupla motriz es:  $C = K \times \varphi \times I_a$ , si suponemos que uno de los factores de que ella depende ( $\varphi$  en este caso), ha disminuído en un 2 %, sin haber variado los otros, la cupla (C) sufrirá entonces la misma disminución de 2 %; y como habíamos dicho que su valor primitivo era  $C = 26$  kilográmetros, entonces la disminución de 2 % será de:

$$\frac{26 \times 2}{100} = \frac{52}{100} = 0,52 \text{ kilográmetros.}$$

**Respuesta 4ª:**

La cupla motriz habrá aumentado en la misma proporción en que ha crecido la corriente en el inducido. Y como ésta pasó de su valor primitivo  $I_a = 100$  amperes, a  $I_a = 159$  amperes, el aumento sufrido es  $I' - I = 159 - 100 = 59$  amperes; lo que equivale a un porcentaje de aumento de:

$$\frac{59}{100} = 59 \text{ \%}.$$

De modo que el crecimiento de la cupla motriz por efecto del aumento de la corriente en el inducido, originada por la menor f. c. e. m. generada, debido a que se disminuyó la excitación, o sea el flujo ( $\varphi$ ), será de 59 %; o sea, en kilográmetros:

$$\frac{26 \times 59}{100} = 15,34 \text{ kgm.}$$

**Respuesta 5ª:**

Si la cupla motriz primitiva (C) disminuyó por una parte 2 % (0.52 kilográmetros) por la disminución del flujo ( $\varphi$ ); y por otro aumentó 59 % (15.34 kgmts.) por el aumento de la corriente ( $I_a$ ) en el inducido, entonces dicha cupla motriz habrá experimentado un crecimiento neto de 59 % — 2 % = 57 %; esto es de:  $15.34 - 0.52 = 14.82$  kilográmetros; de modo que su nuevo valor en los primeros momentos, después de haberse disminuído en un 2 % la excitación del motor, será:

$$C' = C + 14.82 = 26 + 14.82 = 40.82 \text{ kilográmetros}$$

**Conclusión.**—Habiendo aumentado en un 57 % la fuerza motriz que la máquina desarrollaba, si las resistencias a vencer no han variado, su velocidad tenderá, en los primeros momentos, a crecer en la misma proporción; pero como al aumentar ésta crece a su vez de nuevo la f. c. e. m., se produce una disminución en la corriente, que pasa por el inducido y ella ocasiona, en proporción, un decrecimiento de la cupla motriz, lo que limita el aumento de la velocidad hasta que, en definitiva, el motor alcanza una marcha estable a una velocidad superior a la primitiva.

**151.—Potencia desarrollada por un motor.**—Hasta ahora, sólo hemos hablado del esfuerzo que el inducido del motor desarrolla cuando lo recorre una cierta corriente, estando el campo excitado. Tal esfuerzo, como ya se dijo, se traduce en un par de fuerzas o cupla motriz (C), medida en kilográmetros. Ahora bien, la potencia que el motor desarrolla está dada por el

producto de esa cupla motriz, por la expresión:  $\frac{2 \times \pi \times n}{60}$ , a la que se

llama “**velocidad angular**” del inducido, y en la que **n** representa el número de revoluciones por minuto. De modo que la potencia mecánica del motor en kilográmetros por segundo puede expresarse así:

$$\text{Potencia en kilográmetros por segundo} = \frac{\text{Cupla motriz} \times 2 \times \pi \times n}{60}$$

Si queremos expresarla en H. P., habrá que dividir por 75 kilográmetros por segundo, a que equivale un caballo de vapor:

$$\text{Potencia en H. P.} = \frac{\text{Cupla motriz} \times 2 \times \pi \times n}{60 \times 75} = \frac{C \times 2 \times 3,14 \times n}{60 \times 75}$$

En cambio, si deseamos expresarla en watts, nos bastará multiplicar la primera fórmula por 9,81, que es el equivalente en watts del kilográmetro por segundo; y de este modo tendríamos:

Potencia en watts: =

$$\frac{\text{Cupla motriz} \times 2 \times \pi \times n \times 9,81}{60} = \frac{C \times 2 \times 3,14 \times n \times 9,81}{60}$$

**152.—Rendimiento o eficiencia de un motor.**—La potencia eléctrica que el motor consume, a la que llamaremos  $W_c$ , está dada en watts por el producto de la tensión de alimentación (V), en volts por la intensidad (I) total, en amperes, que consume dicho motor. O sea:

$$\text{Potencia consumida} = \text{tensión de alimentación} \times \text{intensidad total}$$

o más brevemente:

$$W_e = V \times I$$

Esta potencia eléctrica que el motor recibe no la devuelve íntegramente en forma de potencia mecánica; pues, como se sabe, en toda transformación de energía hay siempre un porcentaje de pérdida. Al cociente ( $R_d$ ) de dividir la potencia ( $W_d$ ) devuelta por el motor, por la ( $W_e$ ) que consume, se le da el nombre de “**eficiencia**” o “**rendimiento**” del motor. Es decir que:

$$\text{Rendimiento o eficiencia} = \frac{\text{Potencia devuelta}}{\text{Potencia consumida}}$$

o más brevemente:

$$R_d = \frac{W_d}{W_e}$$

En la fórmula que precede el numerador ( $W_d$ ) y el denominador ( $W_e$ ) deben estar expresados en las mismas unidades; ya sea ambos en watts o en H. P.

El rendimiento de los motores varía ordinariamente entre 0.7 y 0.95; o sea, de 70 a 95 %, según que sean de potencia menor o mayor. El rendimiento aumenta cuanto más próxima a plena carga es la condición de trabajo de la máquina.

La potencia mecánica desarrollada por un motor, puede determinarse calculando las diversas pérdidas que en él se producen, y restando esta energía de la eléctrica suministrada al motor; o bien midiendo directamente sobre su eje o polea la potencia que está desarrollando en un momento dado. Tratándose de motores pequeños (hasta 10 ó 15 H.P.), esta medición directa puede hacerse fácilmente mediante el freno **Prony**, que describimos a continuación:

**153.—Freno Prony.**—Este aparato, figura 129, consiste en una palanca (L), a la que va unida una cinta metálica o de cuero (c), provista de taquitos de madera (b), destinados a hacer fricción sobre la polea (P) del motor. Un tornillo con tuerca (d), permite estirar la cinta (c), ajustando más o menos los taquitos sobre la polea. Un extremo de la palanca va fijado al gancho de una romana fija (A), de modo que ésta marque con su aguja la fuerza (F) que el motor ejerce por intermedio de la palanca (L).

El esfuerzo que el motor desarrolla se traduce en un par de fuerzas o cupla (C), cuyo valor en kilográmetros está dado por el producto del lar-

go (L) en metros de la parte útil de la palanca, y la fuerza (F) en kilos indicada por la romana. Es decir que:

Cupla, en kgmts. = largo palanca, en mts.  $\times$  fuerza en kilos  
o más brevemente:

$$C = L \times F$$

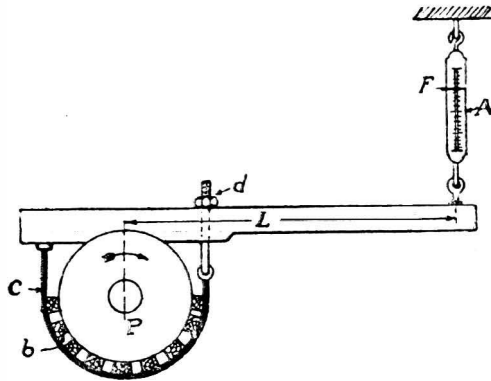


Fig. 129

Ahora bien, si cuando el motor desarrolla esa cupla (C), está girando con una velocidad de  $n$  revoluciones por minuto, desarrollará en su polea una potencia mecánica “efectiva” (parágrafo 151), de:

$$W_d = \frac{C \times 2 \times 3,14 \times n}{60} = \text{kilogrametros por segundo;}$$

o bien de:

$$W_d = \frac{C \times 2 \times 3,14 \times n \times 9,81}{60} \text{ watts; } \text{ó: } W_d = \frac{C \times 2 \times 3,14 \times n}{60 \times 75} \text{ H.P.}$$

Tal potencia “efectiva” desarrollada ( $W_d$ ), sería, como hemos dicho (152), la que dividida por la consumida ( $W_c$ ) nos daría directamente el rendimiento o eficiencia del motor de que se trata.



## CUIDADO DE LOS DINAMOS Y MOTORES ELECTRICOS

**154.—Funcionamiento irregular de dinamos y motores.**—A continuación enumeramos las irregularidades que más comúnmente pueden presentarse en el funcionamiento de los dinamos y motores eléctricos, indicando también las causas que las originan.

Irregularidad en el funcionamiento	Causas
1—Chispas en las escobillas	{1—Sobrecarga. 2—Escobillas mal colocadas. 3—Mal contacto de las escobillas. 4—Colector rayado, de superficie desigual, o descentrado. 5—Campo excitador muy débil. 6—Bobinas del inducido cortadas, en corto circuito o a tierra.
2—Ruido excesivo	{1—Vibración excesiva del inducido, por estar mal balanceado. 2—Repiqueteo, por alguna pieza floja. 3—Golpes, por escaso juego axial del inducido. 4—Rozamiento y golpes, por contacto entre inducido y piezas polares. 5—Chillido, por escobillas resacas.
3—Recalentamiento de las bobinas del inducido	{1—Sobrecarga. 2—Humedad en el enrollamiento. 3—Bobinas en corto circuito.
4—Recalentamiento de las bobinas de campo	{1—Excesiva corriente excitadora. 2—Humedad en las bobinas de campo.

Irregularidad en el funcionamiento	Causas
5—Recalentamiento de los cojinetes	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Aceite escaso o inadecuado.</li> <li>2—Suciedad.</li> <li>3—Escaso juego axial.</li> <li>4—Correa muy tirante.</li> <li>5—Cojinete muy ajustado.</li> <li>6—Cojinete mal alineados.</li> <li>7—Eje torcido.</li> <li>8—Proximidad al colector recalentado.</li> <li>9—Eje de superficie áspera.</li> </ul>
6—Recalentamiento del colector	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Proximidad a alguna parte recalentada de la máquina.</li> <li>2—Chispas excesivas con las escobillas.</li> <li>3—Contacto deficiente de las escobillas.</li> </ul>
7—El generador no excita	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Inversión de las conexiones de las bobinas de campo.</li> <li>2—Posición defectuosa de las escobillas.</li> <li>3—Inversión del sentido de rotación.</li> <li>4—Velocidad insuficiente.</li> <li>5—Enrollamiento excitador cortado.</li> <li>6—Insuficiencia de magnetismo remanente.</li> <li>7—Corto circuito externo o interno.</li> </ul>
8—El dinamo genera insuficiente tensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Exceso de resistencia en el circuito de excitación.</li> <li>2—Sobrecarga.</li> <li>3—Escobillas muy adelantadas.</li> <li>4—Velocidad insuficiente.</li> <li>5—Polaridad invertida en algunas bobinas de campo.</li> <li>6—Corto circuito en alguna bobina de campo.</li> </ul>
9—El dinamo genera excesiva tensión	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Exceso de excitación.</li> <li>2—Escobillas muy atrasadas.</li> <li>3—Exceso de velocidad.</li> </ul>

Irregularidad en el funcionamiento	Causas
10—El motor no arranca	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Error en las conexiones.</li> <li>2—Interrupción en alguna parte del circuito.</li> <li>3—Insuficiencia de excitación.</li> <li>4—Sobrecarga.</li> <li>5—Excesiva fricción.</li> </ul>
11—Excesiva velocidad del motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Exceso de resistencia en el circuito de excitación.</li> <li>2—Escobillas muy adelantadas.</li> <li>3—Error en las conexiones.</li> <li>4—Interrupción en el circuito de excitación.</li> </ul>
12—Insuficiente velocidad del Motor	<ul style="list-style-type: none"> <li>1—Sobrecarga.</li> <li>2—Insuficiente resistencia en el circuito de excitación.</li> <li>3—Mala colocación de las escobillas.</li> <li>4—Exceso de fricción.</li> <li>5—Bobinas del inducido en corto circuito o a tierra.</li> </ul>

**155.—Chispas en las escobillas.**—A continuación indicamos la manera de investigar a cuál de las varias causas posibles se debe las chispas, de modo que se pueda remediar esa anomalía.

*a) Para verificar si hay sobrecarga.*—1º—Si se trata de un generador, obsérvese la indicación del amperómetro, y si acusa una intensidad superior a la normal de la máquina, verifíquese si tal intensidad corresponde aproximadamente a la requerida por los motores, u otros receptores de corriente, a los que esté alimentando. Si es así, no habrá más remedio que disminuir la carga desconectando parte de dichos aparatos. (A veces un ligero desplazamiento de las escobillas en el sentido del movimiento, mejora las condiciones de operación de la máquina).

2º—Si la intensidad correspondiente a los receptores desconectados es muy inferior a la que marca el amperómetro, verifíquese en la forma siguiente, si hay pérdidas a tierra: Conéctese un terminal de una lámpara o de un voltmetro a uno de los polos de la línea, y con el otro terminal há-

gase un buen contacto a **“tierra”**, por ejemplo, al casco, a una tubería de agua, etc. Si la lámpara se enciende con **brillo normal**, o si el **vóltmetro** acusa el voltaje de régimen de la instalación, eso significará que el otro polo de la línea tiene un contacto directo a tierra. Búsquese ese punto de contacto y aíslese, de manera que el vóltmetro ya no acuse voltaje entre ninguno de los dos conductores de línea y tierra. Si la aguja del vóltmetro desviara perceptiblemente, significaría que existe una condición anormal en la instalación, y entonces deberá hacerse un recorrido prolijo de las líneas, artefactos, etc., para localizar el defecto.

3º—Aun si la indicación del amperómetro no es superior a la intensidad normal del generador, podría haber pérdidas o tierra, ya sea en el mismo, o en su proximidad inmediata. Si se trata de un motor, intercalando un amperómetro en serie con él, indicará si está sobrecargado, y según las máquinas que él acciona, podrá irse determinando la anormalidad, para remediarla.

4º—Un indicio seguro de sobrecarga es el recalentamiento de las bobinas del inducido. Para evitar esto, es preciso detener la máquina; y si la temperatura es tal que no puede mantenerse la mano sobre las bobinas, significa que la sobrecarga es excesiva.

Tratándose de un motor, eso podría ser debido a rozamientos en el mismo; en tal caso, haciéndolo funcionar desconectado de las máquinas que él mueve, se vería si la intensidad acusada por el amperómetro es superior a la que correspondería a la marcha **“a vacío”** del motor, y que no debe ser mayor del 6 al 8 % de la de plena carga.

b) **Para verificar la posición de las escobillas.**—Muévase el collar de porta-escobillas hacia adelante y hacia atrás, tratando de encontrar por tanteo la posición en que ellos chispean menos. Por lo general la correcta posición de las escobillas viene ya marcada en la máquina, de la fábrica.

c) **Para verificar el buen contacto de las escobillas.**—1º—Obsérvese si el colector presenta una superficie uniforme, lisa y como bruñida.

2º—Verifíquese si las escobillas hacen contacto con toda la superficie debida; y, en caso contrario, tratándose de escobillas de carbón, rebájense con papel de lija hasta que se adapten perfectamente a la curvatura del colector.

3º—Tóquese por separado cada escobilla que chispee, para verificar si aloja bien en su porta-escobilla, si puede correr libremente, y si la presión del resorte es la más adecuada.

**d) Verificación de la superficie del colector.**—Tóquese con la uña cuando gira, para constatar si hay asperezas. En caso afirmativo, obsérvese cuidadosamente el colector cuando la máquina esté parada. Véase si las hojas de mica sobresalen entre las láminas del colector, o si alguna de éstas está algo más alta que las otras. Verifíquese si hay algún punto áspero, debido a alguna chispa excesiva por alguna sobrecarga momentánea. En muchos casos los defectos que acabamos de enumerar pueden remediarse repasando el colector con papel de lija, utilizando para ello un block de madera con una curvatura que se adapte a la del colector. **Nunca debe usarse esmeril en un colector.**

Cuando el colector presente asperezas o rayaduras demasiado pronunciadas, será preciso tornearlo, y pulirlo luego con papel de lija.

Las acanaladuras que las escobillas terminan por formar en el colector cuando rozan siempre en el mismo punto; se evitan en gran parte si el inducido tiene suficiente juego en sentido axial.

**e) Verificación del campo demasiado débil.**—1º—Si se trata de un motor, la velocidad será excesiva, y las chispas serán más pronunciadas en el arranque. El campo demasiado débil se debe generalmente a la conexión equivocada de las bobinas inductoras. Pruébese con una brújula la polaridad producida por cada bobina, usando primero sólo el enrollamiento en derivación y luego sólo el en serie, si se trata de excitación compound. Como se sabe, los polos deben sucederse con polaridad alternada.

2º—Podría haber una bobina de campo cortada, afectando a todas las demás. Deteniendo la máquina, se puede probar la continuidad de cada bobina mediante un galvanómetro y una pila.

3º—Puede haber un corto circuito en una bobina, afectando a ese solo polo inductor. Puede determinarse cuál es la bobina defectuosa aproximando un destornillador, u otra pieza de hierro, sucesivamente, a las varias piezas polares de la máquina excitada, hasta hallar la que lo atrae más débilmente. Otra manera de descubrir la bobina defectuosa sería midiendo la diferencia de potencial entre los terminales de cada una, cuando están recorridas por corriente. Aquella que indicara una diferencia de potencial muy baja, comparada con las demás, sería la que estaría en corto circuito.

Tanto para reparar las bobinas cortadas, como las que están en corto circuito es preciso, generalmente, rebobinarlas.

**f) Verificación de bobinas de inducido interrumpidas o en corto circuito.**—1º—La existencia de un corto circuito en alguna bobina del induci-

do, se revela generalmente por la producción de chispas acentuadas en un solo punto del colector; y por el calentamiento excesivo de las bobinas de que se trata, a poco de funcionar.

Para localizar con precisión la bobina defectuosa, puede emplearse el método que indica la figura 130. Consiste en hacer recorrer el inducido (en reposo) por una corriente de baja tensión, y de una intensidad suficiente para los efectos de la medición. Luego con un voltmetro de escala conveniente, se va tomando la diferencia de potencial existente entre cada dos láminas consecutivas del colector. La bobina en corto circuito será la que está conectada entre las dos láminas que acusen un voltaje nulo o muy reducido, comparado con el de las otras.

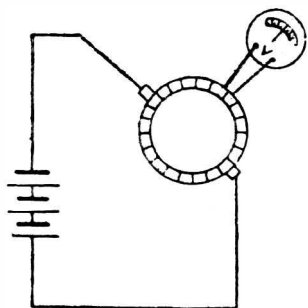


Fig. 130

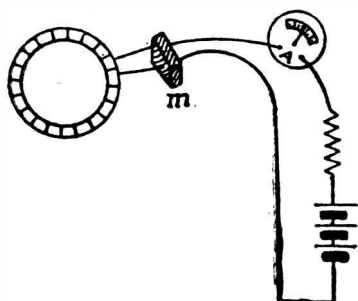


Fig. 131

2º—Si se trata de una bobina cortada, las chispas se manifestarían violentamente y siempre en el mismo punto del colector.

Un buen método para hallar la bobina cortada, es el que se muestra en la figura 131. Consiste en hacer pasar una corriente de poca intensidad en cada bobina, sucesivamente, después de haber levantado las escobillas. Para ello se va haciendo contacto entre dos láminas adyacentes del colector, mediante dos alambres rígidos u otras piezas metálicas, que se mantienen convenientemente separadas una de otra pasándola a través de un pequeño block de madera (m). El amperómetro acusará prácticamente la misma corriente a medida que se va haciendo contacto entre los pares de láminas, excepto cuando se llega a aquellas correspondientes a la bobina cortada, y entonces la desviación de la aguja del amperómetro se hace muy pequeña o nula.

Según el tipo de enrollamiento del inducido, en unos casos se podrá reemplazar las bobinas cortadas sin quitar las demás; en otros, en cambio, es preciso rehacer todo el bobinado.

**156.—Ruido excesivo.**—Todas las máquinas al funcionar vibran y dan lugar a un zumbido característico; pero hay casos en que el ruido que producen es excesivo, poniendo de manifiesto la existencia de alguna condición anormal que debe investigarse y corregirse. A continuación se mencionan los casos más comunes.

**a) Vibración.**—Colocando la mano sobre la envuelta de la máquina, se puede apreciar mejor si el ruido se debe a excesiva vibración. Cámbiese un poco la velocidad (siempre que ello no afecte el servicio que la máquina preste), para ver si la vibración disminuye; en caso contrario convendrá verificar la alineación y ajuste de los cojinetes, reemplazándolos si es preciso.

A veces el defecto consiste en mal balance del inducido, ya sea por haber venido así de la fábrica, o por haberse desprendido algún pequeño contrapeso de los que suelen colocárseles para balancearlas. En tal caso (que se presenta pocas veces en la práctica), se hace necesario balancear

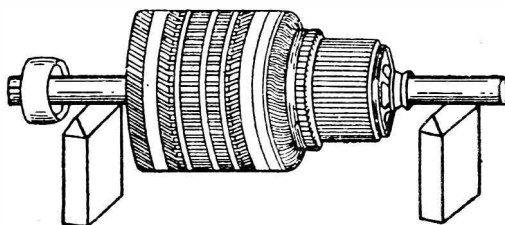


Fig. 132

de nuevo el inducido. Para ello se lo hace girar suavemente sobre dos aristas horizontales, como muestra la figura 132; si siempre queda la misma parte hacia abajo, significará que el peso no está uniformemente distribuido alrededor del eje, y entonces será necesario agregar algún pequeño contrapeso en el lado más liviano, procediendo por tanteo hasta que el inducido quede bien balanceado.

**b) Repiqueteo.**—Verificar si hay tuercas flojas, tornillos u otra pieza pequeña suelta, que con la vibración de la máquina produzca ese ruido.

**c) Golpes contra los cojinetes.**—1º—Verificar si ello se debe a que el inducido tiene demasiado juego axial. Este defecto es remediable en muchas máquinas, desplazando el collar fijado sobre el eje para limitar dicho juego. En otros casos hay suplementos entre el collar y los cojinetes, y puede variarse el juego dándoles más o menos espesor.

2º—Cuando la máquina está directamente acoplada a otra, los golpes de referencia pueden ser debido a una mala nivelación o alineación de las dos máquinas entre sí. Una verificación prolija permitirá constatar dónde reside el defecto, para eliminarlo.

d) **Goipes o rozamientos del inducido sobre las piezas polares.**—Una vez parada la máquina, examínese la superficie del inducido y de las piezas polares, para constatar si hay señales de rozamientos, si existe alguna bobina o zuncho flojo, u otro defecto análogo. Por medio de una cuñita de madera, de tamaño apropiado, verifíquese si el entrehierro es prácticamente el mismo, entre el inducido y las piezas polares. A veces el entrehierro inferior queda considerablemente reducido al descender el inducido, por el desgaste o fusión parcial del revestimiento de metal blanco de los cojinetes.

e) **Chillido por escobillas resecas.**—1º—Levántase una escobilla a la vez (siempre que haya más de una por polo), para verificar su ajuste en el porta-escobilla, y ver si la tensión del resorte es la adecuada.

2º—Aplíquese con el dedo una ligerísima porción de vaselina sobre el colector cuando está en movimiento.

3º—Verifíquese si el chanfle de las escobillas corresponde al sentido de rotación del inducido, y si se adapta a la curvatura del colector.

**157.—Recalentamiento de las bobinas del inducido.**—Generalmente se revela por el olor característico que despiden el material aislador al calentarse. Las causas del defecto pueden investigarse como se indica a continuación.

a) **Sobrecarga.**—Ver lo que se ha dicho en el párrafo 155 a, al tratar de las chispas en las escobillas.

b) **Humedad en el enrollamiento.**—Ver si despiden vapor; y cuando está parada la máquina, verifíquese con la mano si las bobinas están húmedas. Si no pudiera disponerse de una estufa adecuada para secar el inducido, hágaselo recorrer durante varias horas por una corriente algo inferior a la de plena carga (haciéndola girar lentamente durante ese tiempo).

c) **Bobinas en corto circuito.**—Ver lo que se ha dicho en el párrafo 155 f, al tratar de las chispas en las escobillas.

**158.—Recalentamiento en las bobinas de campo.**—

a) **Excesiva corriente excitadora.**—Verifíquese con la mano si las bobinas de campo están calientes con exceso. Si todas lo están igualmente, significaría que hay exceso de corriente. Si algunas presentan mucho menos temperatura que las demás, es probable que estén en corto circuito. Para constatarlo mídase la diferencia de potencial entre los terminales de cada

bobina; desarmando aquellas que lo acusen muy bajo o nulo, a fin de revisarlas con prolijidad, para localizar la falla y repararla.

b) **Humedad en las bobinas.**—Verifíquese si las bobinas de campo despiden vapor, o si presentan humedad en la superficie. Puede secárselas bien haciéndolas recorrer durante varias horas por una corriente algo inferior a la normal.

159.—**Recalentamiento de los cojinetes.**—Esta anormalidad se revela muchas veces por el olor característico del aceite recalentado o quemado. Si la temperatura de los cojinetes es tal que no se puede mantener la mano sobre ellos, tal recalentamiento puede haber sido originado por algunas de las siguientes causas:

a) **Aceite escaso o inadecuado.**—Verifíquese si las aceiteras tienen suficiente cantidad de aceite y si éste pasa en la forma debida a los órganos a lubricar. Ver si los anillos lubricadores giran libremente y si transportan suficiente aceite. Constátase si el aceite empleado es realmente del tipo indicado para el objeto.

b) **Suciedad en el aceite.**—Pruébese un poco de aceite restregándolo entre los dedos, para ver si contiene tierra o impurezas. Si las contuviera, deberá reemplazárselo por aceite limpio, lavando previamente con kerosene las aceiteras, eje y cojinetes donde se usaba aquél.

c) **Escaso juego axial del inducido.**—Si se ve que el collar de éste golpea continuamente contra uno de los cojinetes, indicaría que el juego axial que se le ha dejado no es suficiente para que el inducido tome su posición normal entre las piezas polares, al funcionar con su carga de régimen. En muchos inducidos el eje está dotado de un collar cuya posición puede variarse para ofrecer más o menos juego axial. En otros el collar es fijo, y el juego se varía por medio de suplementos de mayor o menor espesor.

d) **Correa muy tirante.**—Si lo está produce exceso de fricción del eje contra un lado del cojinete. Ese defecto es fácil de constatar y remediar.

e) **Cojinetes muy ajustados.**—Si el recalentamiento débese a este defecto, es fácil constatarlo y remediarlo, aflojando la tapa del cojinete, suplementario o rasqueteando, según el caso.

f) Aflójense algo los cojinetes y rectifíquese algo su posición, hasta alcanzar por tanteos sucesivos aquella en que funcione bien. Si se tratara de una máquina acoplada directamente a otra, puede ser que el calenta-

nimiento se deba a la mala alineación de una con respecto a la otra. Quítense los bulones de acoplamiento, y verifíquese si las caras de unión de los dos manchones se presentan paralelas entre sí y a la misma altura; si no lo están, rectifíquese la nivelación y alineación de las dos máquinas.

g) **Eje torcido.**—Este defecto pocas veces se presenta en la práctica. Se revela durante el funcionamiento por las trepidación del inducido, ocasionada por su excentricidad. Esta se constata haciéndolo girar lentamente y manteniendo un punto fijo cerca de su periferia. Es muy difícil enderezar un eje de inducido que se halle torcido; y, en general, es preferible substituirlo por uno nuevo.

h) **Proximidad del colector recalentado.**—Deteniendo la máquina y probando con la mano la temperatura del cojinete y del colector; si éste está apreciablemente más caliente que aquél, es evidente que él es el origen del recalentamiento. Más abajo tratamos el caso del recalentamiento del colector.

i) **Eje de superficie áspera.**—Es fácil de constatar destapando los cojinetes, o quitándolos si son bujes enterizos. Ese defecto es generalmente fácil de remediar con una lima fina y papel esmeril, siendo necesario acudir al torno sólo en caso de rayaduras profundas.

**160.—Recalentamiento del colector.**—Puede constarse sus causas por algunos de los medios siguientes:

a) **Proximidad de un cojinete recalentado.**—Estando la máquina parada, es fácil constatar con la mano, si el calor procede del cojinete próximo que está recalentado, en cuyo caso tomando las medidas indicadas anteriormente, se remediará el defecto.

b) **Chispas excesivas en las escobillas.**—Puede verificarse a simple vista si las escobillas chispean con exceso, y en caso afirmativo remediar el defecto como se ha indicado en el párrafo 155.

c) **Contacto deficiente de las escobillas.**—1º—Verifíquese si las escobillas hacen contacto con una presión adecuada. Para ello levántelas una por una (siempre que con ello no se corte el circuito), y régúlese la tensión del resorte, si estuviese muy tenso o muy flojo.

2º—Examínense las escobillas una por una, para ver si hacen contacto con toda la superficie debida, o solamente en una pequeña fracción de ella. Adáptense al colector dándole la forma conveniente, mediante el empleo de papel de lija.

3º—Si el colector parece demasiado seco, aplíquese con el dedo una ligerísima capa de vaselina.

**161.—El generador no excita.**—Esto se debe siempre a que el sistema inductor no alcanza a producir un campo magnético de suficiente intensidad. Háganse las verificaciones siguientes:

a) **Inversión de las conexiones.**—Constátese si las conexiones de las bobinas de campo están correctamente hechas, de acuerdo con los croquis que se posean al respecto. O bien véase si las conexiones de las bobinas son tales como para que los polos se sucedan alternativamente con nombre opuesto. Enyéseyese si la máquina excita invirtiéndose las conexiones; de no hacerlo, restablézcase la conexión primitiva.

b) **Posición de las escobillas.**—Al funcionar la máquina hágase girar lentamente el collar de porta-escobillas, desplazando a éstas hacia un lado y otro de la línea neutra. Si la máquina no excita, vuélvase a llevar las escobillas al punto marcado por la fábrica.

c) **Sentido de rotación.**—Si las condiciones de la máquina lo permiten, verifíquese si se consigue producir la excitación invirtiendo el sentido de rotación del inducido.

d) **Velocidad insuficiente.**—Constátese mediante un taquímetro si la velocidad de rotación del inducido es aproximadamente la que corresponde, según la chapita indicadora de la máquina. Ensáyese con una velocidad apreciablemente superior a la de régimen.

e) **Enrollamiento excitador cortado.**—1º—Párese la máquina y desconectando el circuito de campo del inducido, verifíquese por medio de una pila, con un galvanómetro o una campanilla en serie, si el enrollamiento de campo tiene continuidad.

2º—Si se constatará que el enrollamiento de campo está cortado, pruébese separadamente la continuidad de cada bobina hasta localizar cuál es la defectuosa, la que habrá que desenvolver para repararla y luego rebobinarla.

f) **Insuficiencia de magnetismo remanente.**—Desconétese de los terminales del inducido el enrollamiento de campo, y hágaselo recorrer durante unos minutos por la corriente procedente de una batería de pilas o acumuladores. Restablézcase la conexión primitiva y póngase en marcha la máquina a ver si excita. Si no lo hace, repítase la operación primitiva, pero haciendo pasar la corriente en sentido opuesto.

g) **Corto circuito externo o interno.**—1º—Ábrase el interruptor principal que conecta la máquina al tablero o la red de distribución. Si así la máquina excita, conéctese de nuevo dicho interruptor. Si con ello el generador no se desexcita, significa que la resistencia del circuito exterior era demasiado baja, o sea, que la carga inicial era muy elevada para que la máquina pudiese excitar. En cambio, si al conectar el interruptor se queman los fusibles principales o se desconecta el disyuntor automático, eso significaría que hay un corto circuito en el circuito exterior, el que habría que localizar y corregir antes de volver a dar corriente.

2º—Si aún estando desconectado el circuito exterior, la máquina no excita, probablemente habrá un corto circuito en ella. Estando la máquina parada, interpóngase un trozo de papel entre cada escobilla y el colector, para aislar del inducido el enrollamiento de campo. Verifíquese por medio de un galvanómetro con magneto, pila, etc., las condiciones del aislamiento de ambos circuitos (inductor e inducido), así como el de los porta-escobillas, terminales, etc. En muchos casos el defecto se revela a simple vista, observando con atención las diversas partes de la máquina.

#### 162.—Insuficiente generación de tensión.—

a) **Excesiva resistencia en el circuito de excitación.**—Exelúyese gradualmente la resistencia reguladora del campo. Véase también si no hay algún contacto flojo en los conductores de conexión de las bobinas de campo.

b) **Sobrecarga.**—Verifíquese, de acuerdo con lo indicado en el párrafo 155, si la máquina está sobrecargada.

c) **Posición de las escobillas.**—Rectifíquese ligeramente el ángulo de calaje en sentido opuesto al de rotación, especialmente si la máquina tiene polos conmutadores.

d) **Velocidad insuficiente.**—Véase lo dicho sobre este punto en el párrafo 161 d.

e) **Polaridad invertida.**—Verifíquese por medio de una brújula si los polos inductores se suceden alternativamente de nombre opuesto. Inviértanse las conexiones de los que están mal.

f) **Bobinas de campo en corto circuito.**—Véase lo dicho sobre esto en el párrafo 155 e.

#### 163.—Excesiva generación de tensión.—

a) **Excitación excesiva.**—Intercálase gradualmente toda la resistencia de campo.

b) **Posición de las escobillas.**—Varíase ligeramente el ángulo de calaje en el sentido de rotación, especialmente si la máquina tiene polos de conmutación.

c) **Velocidad excesiva.**—Verifíquese por medio de un taquímetro si la velocidad excede a la de régimen marcada en la chapita indicadora.

**164.—El motor no arranca.**—Si el motor aún no arranca cuando se ha avanzado la palanca de la resistencia de puesta en marcha más o menos hasta la mitad de su recorrido, vuélvase a la posición de “Para”; desconéctese el interruptor que conecta el motor a la línea, y búsquese el defecto de acuerdo con lo que sigue:

a) **Conexiones erróneas.**—Verifíquese cuidadosamente si todas las conexiones están correctamente hechas, de acuerdo con el tipo de máquina de que se trate; tanto las internas de la máquina misma, como entre ésta y los dispositivos de control, puesta en marcha, etc.

b) **Interrupciones en el circuito.**—1º—Ciérrase el interruptor de conexión a la línea, y por medio de un voltmetro o de una lámpara de prueba, véase de localizar la interrupción, ya sea en los fusibles, conductores de conexión, etc.

2º—Conéctese un voltmetro o una lámpara de prueba a los terminales del inducido, y trátase de poner en marcha el motor, avanzando la palanca hasta el tercer punto. Si el voltmetro no acusa voltaje, o la lámpara no enciende, significa que uno de los conductores de alimentación del inducido está cortado o mal conectado.

3º—Repítase con los terminales del campo la prueba anterior, y si el resultado es también negativo, indicaría que el defecto está en ese circuito. Si en cambio la lámpara enciende o el voltmetro acusa voltaje aproximado al normal, prosígase con las pruebas como se indica a continuación:

c) **Excitación muy débil.**—Exclúyase completamente del circuito la resistencia reguladora de campo.

d) **Sobrecarga.**—Si la condición de servicio del motor lo permite, póngaselo en marcha a vacío y cárguese gradualmente. Si se queman los fusibles o saltan los disyuntores, no se necesitará más prueba de que la carga es excesiva.

e) **Excesiva fricción.**—Si cuando el motor marcha a vacío consume más de un 8 % de la corriente correspondiente a plena carga, y si las con-

diciones del circuito de campo o inducido están bien, de acuerdo con lo mencionado en el parágrafo 155, entonces significaría que hay excesiva fricción en la máquina.

**165.—Excesiva velocidad del motor.**—Se debe generalmente a una excitación muy débil. Pueden hacerse las verificaciones siguientes:

*a)* **Excesiva resistencia intercalada.**—Exclúyase gradualmente toda la resistencia reguladora de campo.

*b)* **Posición de las escobillas.**—Varíese el ángulo de calaje en sentido opuesto al de rotación, especialmente si la máquina tiene polos de conmutación.

*c)* **Conexiones erróneas.**—Verifíquese cuidadosamente si las conexiones están correctamente hechas, de acuerdo con el tipo de máquina de que se trata.

*d)* **Interrupción en el circuito de excitación.**—Un motor en derivación cuyo circuito de campo esté cortado, puede arrancar a vacío y adquirir una velocidad excesiva, a la vez que las escobillas chispearán grandemente. Pruébese la continuidad del circuito inductor, por medio de un magneto, pila con galvanómetro, etc. También puede constarse su continuidad conectándolo a los polos de la línea de alimentación y si al desconectarlo brusca-mente no produce una fuerte chispa en el punto de ruptura, significa que el circuito está interrumpido.

**166.—Insuficiente velocidad del motor.**—

*a)* **Sobrecarga.**—Véase lo dicho en el parágrafo 155.

*b)* **Insuficiente resistencia en el circuito excitador.**—Intercálase gradualmente más resistencia reguladora de campo.

*c)* **Posición de las escobillas.**—Aváncese ligeramente las escobillas en el sentido del movimiento, especialmente si el motor tiene polos de conmutación.

*d)* **Exceso de fricción.**—Véase lo dicho en el parágrafo 155 sobre este punto.

*e)* **Bobinas del inducido en corto circuito o a tierra.**—Véase lo dicho sobre esto en el parágrafo 155.

**167.—Resumen sobre el cuidado de generadores y motores.**—Para mantener estas máquinas en buen estado es preciso observar con cuidado su funcionamiento, a fin de percibir a tiempo cualquier anormalidad que se manifieste, y efectuar las pruebas que sean necesarias para ir hallando por eliminación el defecto producido.

Puede afirmarse que, en general, las dos principales causas de deterioro son: la mala conmutación (colector sucio, escobillas mal ajustadas, etc.) y la humedad.



**DISPOSITIVOS DE CONTROL PARA MOTORES**

**168.—Generalidades sobre control de motores.**—En el control o manejo de los motores se emplean dispositivos que permiten llenar las condiciones siguientes:

- a) Puesta en marcha gradual.
- b) Protección contra sobrecargas.
- c) Protección contra la inclusión demasiado prolongada de la resistencia de puesta en marcha.
- d) Protección contra arranque burusco después de una detención por caída de tensión o por sobrecarga.
- e) Protección contra extra-corrientes de ruptura.

Además de las condiciones arriba enumeradas, que pueden considerarse generales para todos los motores, pueden requerirse las siguientes, en algunos casos particulares:

- f) Inversión de marcha.
- g) Regulación de velocidad.
- h) Frenaje rápido.

Para efectuar el manejo de los motores, llenando las condiciones arriba indicadas, se utiliza un conjunto de dispositivos que se designan con el nombre de **“aparatos de control”**.

Tales aparatos pueden ser de distinto tipo, según el motor que deben manejar y la clase de servicio a que se lo destina. En general esos dispositivos pueden ser agrupados en las siguientes divisiones:

- 1—Tablero de puesta en marcha.
- 2—Tablero de puesta en marcha y regulación de velocidad.
- 3—Tablero de contactores para servicio local.
- 4—Tablero de contactores para servicio a distancia.
- 5—Controlador para servicio local.
- 6—Controlador para servicio a distancia.

En la clasificación que antecede nos referimos a los dispositivos em-

pleados en la Armada, y en particular a los sistemas modernos de que están dotados nuestros acorazados “Rivadavia” y “Moreno”.

**169.—Tableros de puesta en marcha sencillos.**—La figura 133 da una vista de conjunto de uno de los tableros de puesta en marcha de tipo sencillo, de los que se usan para motores de pequeño poder. En la figura 134, se da el esquema de conexiones correspondiente.

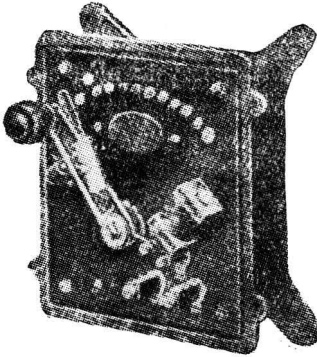


Fig. 133

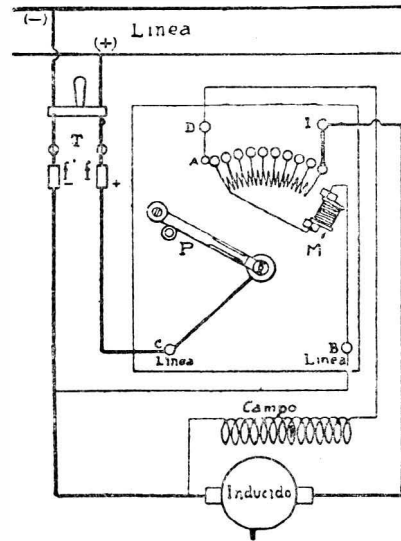


Fig. 134

La corriente procedente del polo (+) de la línea pasa por el interruptor bipolar **T** y por el fusible **f**, yendo al terminal **c** del tablero y de allí a la palanca **P**. Al llevar a ésta sobre el primer botón de contacto, parte de la corriente se deriva por **A**, recorre el enrollamiento de campo y pasando por el fusible **f'** y el interruptor **T**, va al conductor (—) de la línea; y así el campo del motor quedará excitado plenamente, desde el primer momento. La corriente para el inducido recorrerá toda la resistencia de puesta en marcha, yendo por el terminal **I** a una de las escobillas del inducido; sale por la otra y sigue al polo (—) de la línea.

A medida que se desplaza hacia la derecha la palanca **P**, sobre los botones de contacto, se van excluyendo del circuito otras tantas secciones de la resistencia, hasta que al colocarla en el último punto, se habrá excluido toda la resistencia y el motor marchará ya sin resistencia en serie con el inducido.

El electroimán **M**, cuya bobina está conectada por intermedio de los terminales **A** y **B** a los conductores de la línea, tiene por objeto mantener a la palanca en la posición de marcha, mientras el voltaje de alimentación no baje más allá de cierto valor; pero si esto sucede, entonces dicho electroimán no ejercerá suficiente atracción sobre la palanca, y el resorte especial de que ésta está dotada la llevará a la posición de “para”. El objeto de ello es impedir el arranque brusco del motor cuando él se haya detenido por interrupción de la corriente o disminución muy pronunciada del voltaje. Así se hace preciso iniciar de nuevo la marcha moviendo la palanca desde el primer punto.

**170.—Contactores.**—Antes de proseguir con la descripción de otros aparatos de control, haremos mención del “contactor” o interruptor electromagnético, el cual se utiliza ampliamente para el manejo de los motores. Este

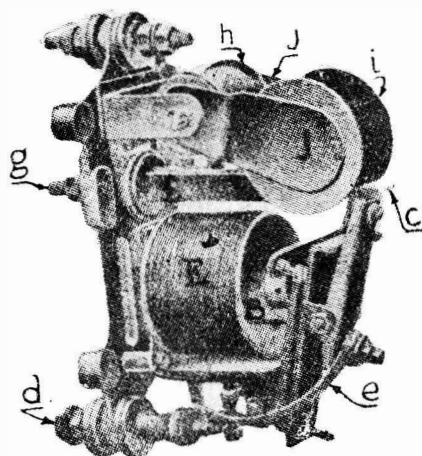


Fig. 135

dispositivo, del que se da una vista de conjunto en la figura 135, consiste esencialmente en un electroimán **E**, montado sobre una base aisladora adecuada, el cual al circular corriente por su bobina, atrae a su armadura **B**, estableciendo el contacto entre la pieza móvil **c**, unida a la armadura **B**, y otra igual (que no se ve en la figura), unida a la barra **f**, cuyo terminal de conexión es **g**. La corriente pasa del terminal **d** y por la conexión flexible **e**, a **c**; y de allí al cerrarse el contacto pasa por la barra **f** al terminal **g**.

Una bobina “sopladora” **b**, establece un intenso campo magnético entre las dos piezas de hierro **j**, de manera que al abrirse el contactor y separarse las piezas o “dedos” de contacto **c**, el arco que tiende a formarse entre ellas, es soplado hacia arriba y apagado, por efecto del campo magnético arriba citado.

La bobina del electroimán está constituida por un gran número de espiras de hilo de cobre muy fino; de modo que, presentando gran resistencia, sólo lo atraviesa una corriente muy pequeña (centésimos de ampere). Esto hace que el contactor sea un elemento de mucha utilidad en el manejo de los motores, pues se le puede actuar a distancia, enviándole corriente por



y de allí a  $L_2$ . Alimentadas así las bobinas, los contactores conectan y el motor será alimentado así:

**Inducido.**—De  $L_1$  al contactor  $C_1$ , relé de sobrecarga e inducido; luego de éste al extremo  $R_8$  del reóstato de puesta en marcha; por éste a  $R_1$  donde suponemos que está la palanca y por ella al contactor  $C_2$  y de allí a  $L_2$ . Se ve, pues, que con la palanca en  $R_1$  el motor queda conectado a la línea con toda la resistencia en serie con el inducido.

Al llevar la palanca a los puntos  $R_2$ ,  $R_3$ , etc., se van excluyendo las secciones respectivas de resistencia, hasta que en  $R_8$  el motor queda derivado directamente de la línea.

**Campo.**—Examinando el esquema se ve que, tan pronto como se conectan los contactores  $C_1$  y  $C_2$ , el campo queda derivado directamente de la línea  $L_1$ ,  $L_2$ . Esto quiere decir que el campo queda plenamente excitado desde el primer momento del arranque.

**Relé de sobrecarga.**—Consta de una bobina de gruesas espiras, en serie con el inducido. Cuando la corriente en éste excede el límite fijado, el núcleo del relé es atraído y empuja hacia arriba la lámina  $d$ , rompiendo el contacto entre los puntos  $a$  y  $b$ ; cortando así el circuito de las bobinas de los contactores; los que entonces se abrirán, parando así el motor. Para volver a conectar los contactores, es indispensable llevar la palanca al primer punto de maniobra  $R_1$ , único desde donde pueden alimentarse las bobinas de los contactores cuando éstos están abiertos. En otras palabras, **no es posible poner en marcha el motor sin empezar con toda la resistencia en serie.**

**Protección contra arranque brusco después de una caída de tensión.**—Los contactores  $C_1$  y  $C_2$  se abren cuando la tensión de alimentación de sus bobinas cae a un 25 % del valor normal. En este caso, lo mismo que cuando fueran abiertos por exceso de carga, no puede cerrarse de nuevo sin llevar la palanca a la primera posición. **Esto impide el arranque brusco del motor cuando hubiere sido detenido por caída de voltaje.**

**Protección contra extra-corriente de ruptura.**—Al llevar la palanca a la posición “para”, el enrollamiento del campo queda cerrado en corto circuito sobre el inducido y sobre la resistencia de puesta en marcha. Lo mismo sucede si los contactores se abren en las posiciones de marcha. **Esto impide que la tensión inducida en las bobinas del campo, al desaparecer el flujo de excitación, llegue a tomar un valor excesivo para el aislamiento.**

**172.—Tablero de puesta en marcha y regulación de velocidad.**—En la figura 137 mostramos esquemáticamente uno de los tableros del tipo empleado en nuestros acorazados. El es de construcción análoga al descrito en el párrafo anterior, con la diferencia que está provisto de una resistencia de campo, que se intercala o excluye por medio de una palanca adicional, que hace contacto sobre los botones  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ , etc.

Con objeto que el motor no pueda ser puesto en marcha con la resistencia de campo intercalada; o sea, arrancar con campo debilitado, lo que ocasionaría el pasaje de una corriente excesiva en el inducido, las dos palancas (puesta en marcha y campo), es tan mecánicamente, interconectadas, de modo que no sea posible avanzar la de campo hasta que la de arranque no esté en posición de plena marcha.

**173.—Controladores.**—Se da el nombres de “controladores” a unos conectores de contactos múltiples, por medio de los cuales pueden efectuarse fácilmente y con seguridad las diversas combinaciones de conexiones requeridas en la puesta en marcha y operación de los motores.

En la figura 138, se da una vista de conjunto de un controlador “de tambor”, que es uno de los tipos más sencillos empleados en nuestros acorazados.

Consiste esencialmente en un tambor o cilindro metálico, giratorio (1), aislado del eje y dotado de segmentos (2), escalonados en distinto ángulo sobre su periferia; los cuales, al girar el cilindro, van haciendo contacto sucesivamente con los “dedos de contacto”, fijos (3), a los que comunican por medio de los terminales (4) los conductores de unión a las diversas secciones de la resistencia, a los contactores, a los terminales del motor, etc.

Para disminuir o anular las chispas de ruptura de contacto entre los segmentos (2) y las piezas o “dedos” (3), el controlador está provisto de

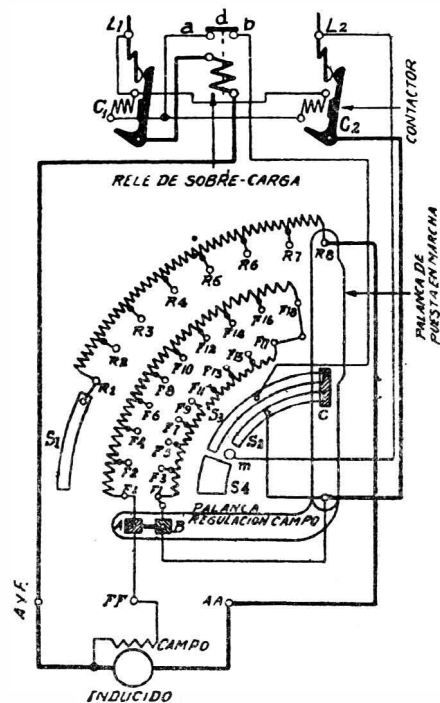


Fig. 137

una bobina “sopladora de arco” (5), en serie con el inducido; la que produce alrededor de dichos segmentos un campo magnético intenso, que “sopla” el arco que se forma en el momento de ruptura de contacto. Además, los segmentos vienen a quedar comprendidos entre los tabiques divisorios (6), contruídos de material aislador y refractario, los que impiden la propagación de chispas de un segmento a otro.

En la figura 138 se muestra el controlador abierto. La tapa (7) es metálica, revestida interiormente de material aislador incombustible. La tapa (8), sobre la que están fijados los tabiques (6), también está representada abierta, para dejar ver el interior. Ella gira sobre sus goznes (9), y en posición normal aloja dentro de la caja del controlador, cubriendo el tambor y sus segmentos. En dicha posición la plancha de hierro (10) hace contacto con otra pieza de hierro (11), que es una expansión del núcleo de la bobina sopladora (5). Ambas piezas de hierro forman parte del circuito magnético de dicha bobina, el cual comprende también la barra de hierro que constituye el eje del tambor o cilindro y del cual está aislado eléctricamente. En tal forma, la bobina (5) tiene un circuito de hierro prácticamente completo, a excepción de la parte de aire en que están comprendidos los segmentos del tambor, donde el campo magnético ejerce su acción sobre la corriente del arco de ruptura, desviando a éste y apagándolo.

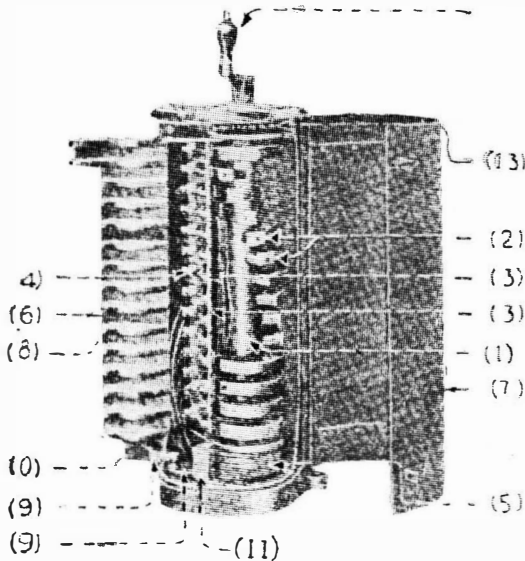


Fig. 138

La rotación del tambor se efectúa por medio de una manija (12); y para evitar movimientos bruscos, el eje está dotado de una rueda dentada (13), en la que ajusta un tope mantenido a presión por un resorte. La función de ese tope es hacer que la rotación del tambor se haga gradualmente, avanzando en cada impulso el ángulo de un diente de la rueda, que es el espacio correspondiente a cada segmento.

En la figura 139, se muestran esquemáticamente las conexiones de un controlador como el arriba descripto, representándose el cilindro desarrollado en un plano, para facilitar la comprensión de ese dispositivo.

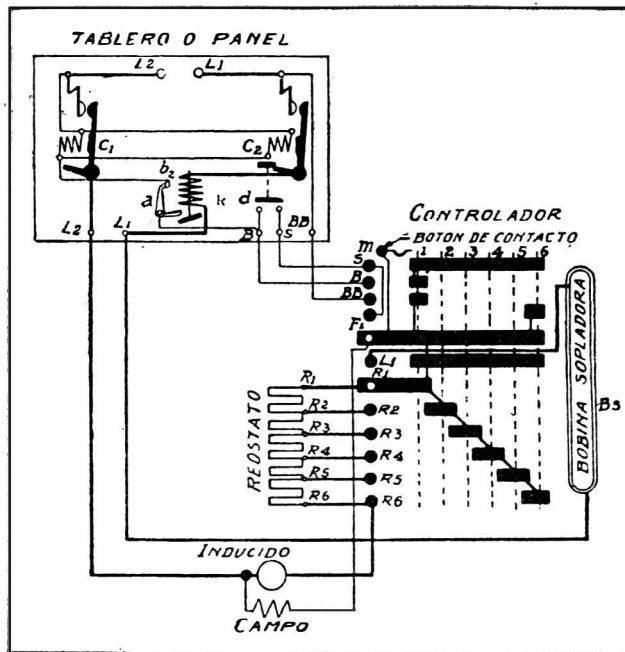


Fig. 139

Las líneas verticales punteadas, 1, 2, 3, etc., indican que los segmentos que ellas cruzan, vienen a estar en comunicación con sus dedos de contacto correspondientes, cuando la palanca del controlador se halla en una de esas posiciones.

$C_1$  y  $C_2$  son los contactores;  $R$  es el relé de sobrecarga;  $m$  es el contacto de laminita que se cierra al apretar la palanca; y  $B_s$ , es la bobina sopladora de arco que habíamos mencionado.

Al llevar la palanca a la posición 1, la marcha de la corriente es la siguiente: de  $L_1$  a  $BB$  en el controlador; de allí por  $F_1$ , contacto  $m$ , dedo  $B$  y pieza  $a$  y  $b$  del relé de sobrecarga, a las bobinas de los contactores y de allí a  $L_2$ . Con esto ambos contactores cerrarán y entonces la corriente pasará por  $F_1$  al campo y de allí por el contactor  $C_1$  a  $L_2$ , con lo cual el campo quedará excitado.

La corriente principal, pasando de  $L_1$  por el contactor  $C_2$ , relé  $R$ , bobina sopladora  $Bs$ , a  $L_1$  en el controlador; y de allí por el segmento correspondiente del cilindro a  $R_1$  y recorriendo toda la resistencia de puesta en marcha, pasará de  $R_6$  al inducido del motor y de allí por el contactor  $C_2$  a la línea  $L_1$ . En estas condiciones el motor quedará conectado con toda la resistencia de arranque en serie con el inducido y el circuito de los contactores quedará cerrado a través del disco de interconexión  $d$  en vez de hacerlo por  $B$  y  $BB$ .

Al mover el cilindro a la posición 2, las condiciones quedan modificadas en la siguiente forma: la corriente pasa de  $L_1$  en el controlador a  $R_2$ , en vez de hacerlo por  $R_1$ , como en la posición 1; con lo que la sección  $R_1$ ,  $R_2$ , del reóstato quedará eliminada del circuito. El campo también recibirá corriente de la línea directamente por el segmento  $F_1$ .

Al avanzar el cilindro a las posiciones 3, 4, etc., se irán eliminando las secciones correspondientes de resistencia; quedando el inducido derivado directamente de la línea cuando la palanca del controlador haya sido llevada a la posición 6.

En esta posición el circuito de los contactores es cerrado por el pequeño segmento  $d$ , por cuya causa ya no es necesario mantener la palanca apretada hacia abajo para hacer contacto en  $m$ .

Como se ve en la figura 139, la bobina del relé  $R$ , está en serie con el circuito del inducido. Cuando la corriente que la recorre excede el límite fijado, su núcleo atrae la armadura móvil; lo que produce la separación de las piecitas  $a$  y  $b$ , cortado así el circuito de las bobinas de los contactores. Al abrirse el contactor  $C_2$  el disco  $d$  es levantado, con lo cual el circuito de las bobinas no puede volver a ser cerrado sin llevar la palanca de nuevo a la primera posición de arranque. **Esto evita que el motor pueda ser conectado bruscamente a la línea sin resistencia en serie; es decir, sin empezar en la primera posición.**

En controlador que acabamos de describir está destinado solamente a la puesta en marcha del motor. Otros, como los usados para los motores de bombas de achique del "Rivadavia", a la vez que para puesta en marcha, sirven para regulación de velocidad. En este caso el controlador está dotado de una serie adicional de dedos de contacto y segmentos del tambor, por medio de los cuales se intercalan o excluyen secciones de la resistencia de campo, de acuerdo con el mismo principio de operación usado para la puesta en marcha.

**174.—Sistema de control para servicio a distancia.**—Los tableros y el controlador que hemos descripto en los párrafos anteriores son del tipo que habíamos denominado de “**servicio local**”; o sea, ellos, realizan el control directo de la totalidad de la corriente del motor.

Hay otros tipos que efectúan tal control indirectamente, mediante sistemas de contactores, que efectúan las conexiones y desconexiones de los circuitos recorridos por la corriente principal, y los cuales pueden ser manejados a distancia mediante controladores u otros dispositivos análogos.

En el caso ya no se requieren controladores voluminosos, pues, como sólo estarían destinados a operar con la pequeña corriente necesaria para accionar los contactores, sus partes componentes no necesitan tener más que el tamaño reducido en relación con dicho servicio.

Como el principio de funcionamiento de tales dispositivos es prácticamente el mismo en que se basan los anteriormente mencionados, omitiremos su descripción.

**176.—Frenaje de motores.**—En la operación de los motores se requiere en algunos casos, según el servicio a que están destinados (ascensores, etc.), poder detener rápidamente el movimiento del inducido, el que, en virtud de su inercia, tendería a seguir girando durante un período más o menos largo después de cortada la corriente.

Para tal fin se utilizan dos sistemas de frenaje, conocidos en la industria con los nombres de: “**sistema electro-dinámico**” y “**sistema electro-magnético**”.

**Freno electro-dinámico.**—El principio de funcionamiento de éste, se basa en la Ley de Lenz, de que toda corriente inducida tiende a anular la causa que la ha generado. Consiste en conectar a través de una resistencia muy baja, los terminales del inducido del motor, en el momento de interrumpir su corriente de alimentación; conservando en cambio la que alimenta el campo. En esa forma, el inducido del motor, que sigue girando por inercia dentro del campo plenamente excitado, se comporta como si fuera el de un generador, produciéndose en él una corriente de inducción muy intensa; dado que, como dijimos, la resistencia intercalada entre sus terminales es muy reducida. Tal corriente inducida es de sentido opuesto a la que tenía la de alimentación que hacía girar el motor; y por ello tiende a invertir el movimiento de rotación del inducido, produciendo su rápido frenaje.

El sistema de frenaje arriba descripto, se emplea en algunos equipos eléctricos de nuestros acorazados (ascensores, cabrestantes, etc.), y es también de uso generalizado en la industria.

**Freno electro-magnético.**—Describiremos a continuación un freno de discos, de los empleados en los equipos de guinches de botes, timón eléctrico, etc., de nuestros acorazados, el que servirá para ilustrar el principio en que se basan los dispositivos en esta clase.

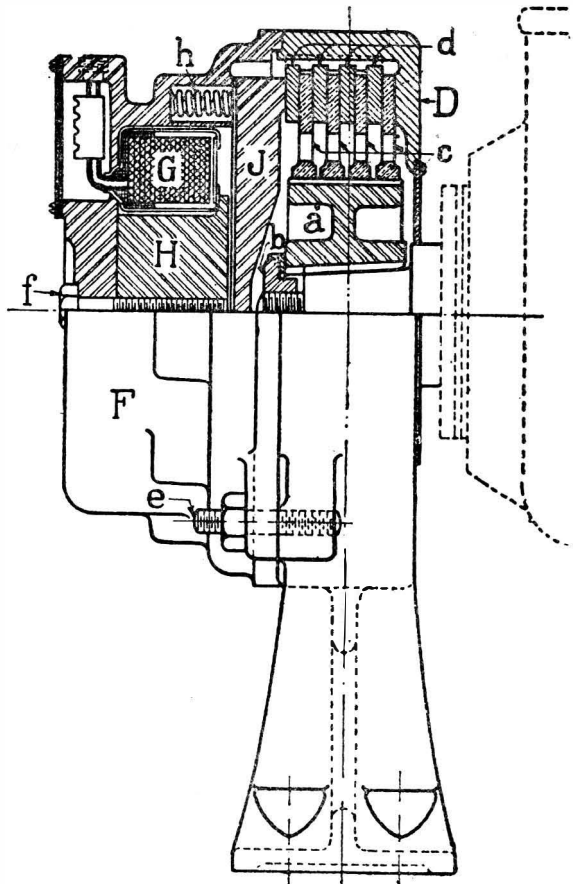


Fig. 140

En este tipo de freno, figura 140, la acción de frenaje es producida entre dos sistemas de discos, giratorios los unos y fijos los otros; los primeros enchavetados sobre el eje del motor y los segundos sobre la envuelta de campo o sobre la base misma del motor. La fricción entre ambos sistemas de discos es producida por una serie de resortes. Un grueso disco de hierro, atraído por la acción magnética de una bobina, comprime los resor-

tes, dejando a los discos en libertad de girar, sin fricción entre ellos. Es decir, pues, que en este tipo de freno **la acción de frenaje es mecánica**, pues es debida a la presión ejercida por los resortes. La apertura del freno, en cambio, es hecha por acción magnética.

En la figura 140 se representa un freno de esta clase. Refiriéndonos a la vista en sección, **a** es un buje de hierro fundido, enchavetado sobre el extremo del eje del motor, y mantenido en su sitio por la tuerca **b**; sobre ese buje van enchavetados los discos **c, c, c**, de bronce, movibles en sentido axial; alternados con esos discos van los anillos estacionarios de hierro fundido **d, d, d**, enchavetados a la envuelta **D**, o caja del freno. Esos anillos también son movibles en sentido axial.

La caja o envuelta **D** es de hierro fundido y está munida de pies por medio de la cual va fijada con bulones a la base de fundición del motor.

Sobre el borde anterior de la envuelta o caja **D**, ajusta una gruesa tapa **F**, de acero fundido, fijada en la envuelta por medio de prisioneros con tuerca, **e**. Esta tapa **F**, aloja en su interior a la bobina **G**, cuyo núcleo está formado por la gruesa pieza de hierro dulce **H**, que ajusta sobre el borde anterior de la tapa **F**, y está asegurada a ella por medio de bulones **f**. En el interior de la envuelta y frente al núcleo **H**, está colocado el plato o grueso disco de hierro **J**, de acero dulce, el que constituye la armadura movable del electroimán formado por la bobina **G**, tapa **F** y núcleo **H**.

En la parte interior de la tapa **F** hay 8 agujeros en los que alojan los resortes de acero **h**, cuya tensión, empujando la armadura **J** contra el primero de los anillos estacionarios **d**, produce la fricción entre éstos y los discos rotativos. Esa fricción es la que ejerce el frenaje.

La operación de este freno no requiere mayor explicación: al circular corriente por la bobina **G**, el núcleo **H**, atrae la armadura **J**, la que deja libre los anillos **d** pudiendo entonces los discos **c** girar entre ellos sin roce. Al cortarse la corriente a la bobina, la atracción cesa y los resortes **h**, empujando la armadura **J**, producen la fricción entre los discos y los anillos, en la forma mencionada.

La bobina del freno está contenida en una caja estanca de chapa de cobre, la que la preserva de la humedad. Esta envuelta de cobre tiene, además, el objeto de atenuar los efectos de autoinducción de la bobina. En efecto, cada vez que se establece o corta la corriente en la bobina, se generan en la envuelta de cobre corrientes inducidas; las que, obrando de acuerdo con la Ley de Lenz, tienden a anular los efectos de autoinducción de las

bobinas, evitando así que la extracorrente producida por aquélla al romperse el circuito, pueda llegar a ser dañosa para el aislamiento.

Los frenos magnéticos basados en el sistema descrito, se construyen en forma diversas, de acuerdo con los servicios que están llamados a prestar. Si bien los más empleados son con discos, como el que muestra la figura 140, hay otros en los que la fricción se produce simplemente entre dos anillos cónicos. También se usan otros en los que la fricción se ejerce entre la polea del motor y un par de zapatas que hacen presión sobre ella. Este último sistema se emplea para aquellos casos en que, debiéndose efectuar un gran número de frenajes en breve tiempo, se desea tener mucha superficie de enfriamiento. El freno cónico, en cambio, se emplea para motores de pequeño poder; (3 a 5 H. P.).



## ACUMULADORES

**176.—Definición de los acumuladores.**—Los acumuladores o “pilas secundarias”, son aparatos en los cuales el pasaje de una corriente eléctrica produce una descomposición química; y luego, el efecto químico contrario, da lugar a la generación de una corriente eléctrica. De ahí el nombre de acumuladores que se les ha dado, pues, permiten almacenar o acumular una cierta cantidad de energía eléctrica, convirtiéndola en energía química, para transformarla de nuevo en energía eléctrica en el momento oportuno.

**177.—Principio del acumulador Planté.**—El principio de los acumuladores de plomo, debido al físico Planté, es el siguiente:

a) **Primera carga.**—Supongamos dos láminas de plomo **A** y **C**, figura 141, sumergidas, sin tocarse, en el recipiente **V** conteniendo agua acidulada con ácido sulfúrico, y conectadas a los terminales de un dínamo **G**. La corriente eléctrica procedente de este dínamo, al atravesar el líquido lo descompone como en un voltámetro (32 y 33). El hidrógeno se traslada al electrodo negativo o “catodo” **C**,

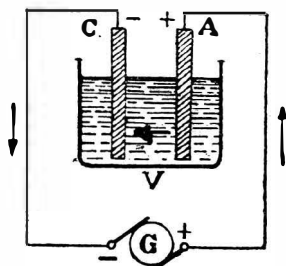


Fig. 141

y una gran parte de él sube a la superficie en forma de burbujas. El oxígeno se dirige sobre el electrodo positivo o “anodo” **A**, oxidando esta placa, cuya superficie, a poco de circular la corriente, queda cubierta con una capa de bióxido de plomo. O sea, de un óxido compuesto de una parte

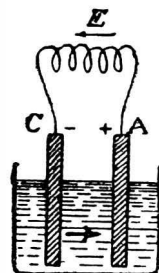


Fig. 142

de plomo y dos de oxígeno, lo que se representa abreviadamente por la expresión  $PbO^2$ . Esta substancia tiene un color rojizo obscuro.

b) **Primera descarga.**—Si después de haber estado circulando la corriente un cierto tiempo, suprimimos la comunicación de las placas con el

ódnamo, y las unimos entre sí por medio de un conductor exterior **E**, figura 142, constataremos que éste está recorrido por una corriente que va desde **A** hacia **C**, la que luego pasará en el líquido de **C** hacia **A**. O sea, ella tendrá sentido opuesto a la de la corriente primitiva o de carga.

Tendremos ahora una verdadera pila, que nos suministra corriente a costa de una cierta acción química. Esta consiste ahora en la “**recomposición**” de los elementos que el pasaje de la corriente de carga había descompuesto. La corriente “**secundaria**” o de descarga, al atravesar el líquido como muestra la figura 142, lo descompone y el hidrógeno puesto en libertad se dirige a la placa **A**, y combinándose con la capa de bióxido que la cubre va reduciéndola, hasta que ambas placas llegan al mismo estado químico (plomo recubierto de una ligera capa de sulfato de plomo; esto último por efecto del ácido sulfúrico sobre las placas), y entonces cesa la generación de corriente.

c) **Cargas y descargas sucesivas.**—Si se repiten las operaciones precedentes, se observará que después de cada carga, la superficie de los dos electrodos tendrá diferente naturaleza química (plomo puro la negativa y bióxido de plomo la positiva); después de cada descarga, en cambio, la superficie de ambos electrodos será idéntica (plomo recubierto con una ligera capa de sulfato de plomo). En este caso el acumulador habrá devuelto toda la energía que se había almacenado en él, y para que vuelva a servir será necesario cargarlo de nuevo.

Cuantas más cargas y descargas sucesivas se den al acumulador arriba mencionado, más aumentará su “**capacidad**”; o sea, la energía que es capaz de almacenar. Eso se debe a que las cargas y descargas sucesivas van aumentando cada vez más el espesor del óxido de plomo o “**substancia activa**” que se forma sobre las placas positivas.

Tal operación se llama la “**formación**” del acumulador.

**178.—Principio del acumulador Faure.**—La formación del acumulador por el procedimiento de Planté, es un proceso largo, pues requiere un gran número de cargas y descargas sucesivas, y las placas así obtenidas tienen una capacidad relativamente reducida.

Faure ideó la fabricación de placas constituídas por un armazón rectangular de plomo, en forma de grilla, figura 143, que se rellena con una pasta de “**materia activa**”, adecuada para cada polo.

La del polo positivo está formada de minio amasado con ácido sulfúrico diluído en agua. La composición del minio es de 3 partes de plomo y 4 de oxígeno, y se escribe abreviadamente  $Pb^2 O^4$ .

El relleno de la placa negativa, está formado por litargirio. La composición de éste es una parte de plomo y una de oxígeno, y se escribe abreviadamente  $Pb\ O$ .

La primera carga sirve para formar el acumulador. La corriente descompone el agua; el hidrógeno se dirige al polo negativo y combinándose con una parte del oxígeno que contiene el litargirio u óxido de plomo depositado sobre ella, lo reduce a polvo pulverulento. El oxígeno, en cambio, va a la placa positiva y combinándose con una parte del plomo que contiene el minio que forma la materia activa de esa placa, lo transforma en bióxido de plomo ( $Pb\ O^2$ ).

Venimos así a tener constituida la misma pila secundaria que en el caso del elemento Planté.

La diferencia estriba, sin embargo, en que en el caso del elemento Faure, el oxígeno en vez de oxidar solamente la superficie exterior del electrodo positivo, ha penetrado profundamente en la pasta de minio, de manera que la cantidad de bióxido que se ha formado es mucho más grande; y, por lo tanto, la capacidad del acumulador será también mucho mayor que en el caso de la formación Planté.

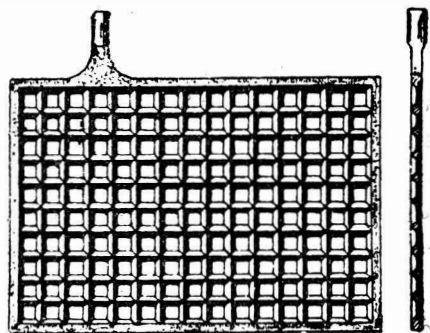


Fig. 143

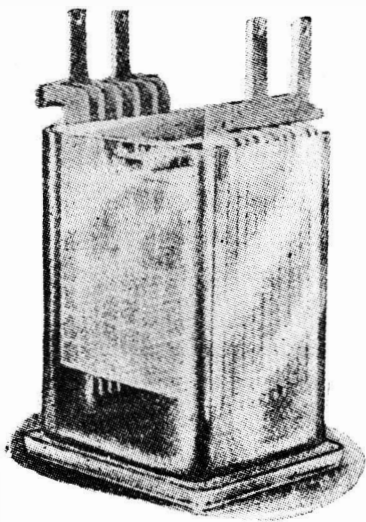


Fig. 144

**179.—Construcción de los acumuladores. Disposición de las placas.**—Como hemos dicho, las placas de los acumuladores son de forma rectangular. Generalmente las positivas se pintan de rojo en la parte superior, para distinguirlas a primera vista de las negativas.

Un elemento no comprende solamente dos placas, sino un número mayor. Como cada placa positiva va colocada entre dos negativas, el elemento se compone siempre de un número impar de placas (11, 13, 15, etc.).

Todas las placas del mismo nombre van conectadas entre sí por medio de los terminales o extensiones de que están dotadas.

Las placas están dispuestas dentro del recipiente paralelamente entre sí y a una distancia de 10 a 20 milímetros una de otra. Como es muy importante que no se toquen, se mantiene la distancia entre ellas por medio de varillitas de ebonita, madera parafinada, u otra substancia aisladora adecuada. La distancia de las placas al fondo del recipiente debe ser de varios centímetros, para evitar que la substancia activa que pueda desprenderse y acumularse allí, llegue a establecer contacto entre las placas. En la figura 144 se ve un acumulador de plomo, de tipo común con recipiente de vidrio.

**180.—Baterías de acumuladores.**—En la práctica rarísima vez se usa uno solo elemento de acumulador, en vista de la baja tensión que produce. Los elementos, en número mayor o menor, se acoplan en serie o en paralelo entre sí, ► mismo que las pilas (56).

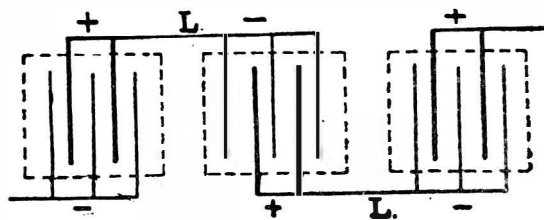


Fig. 145

En la figura 145, se representa una batería de acumuladores constituida por tres elementos acoplados en serie.

La unión entre ellos se hace por medio de láminas de plomo **L, L**, que se sueldan a los terminales, también de plomo de las placas, sin interposición de otros metales.

**181.—Local de la batería.**—Los elementos se instalan sobre armazones de madera, con interposición de aisladores de vidrio o porcelana. La madera se impregna de substancias inatacables por los ácidos, tal como parafina u otra materia análoga.

No conviene instalarla en los departamentos de máquinas, a causa que los vapores ácidos que se desprenden de la batería atacan a los metales y son nocivos para la respiración.

El local debe ser seco y bien ventilado; con piso de cemento o asfalto, en declive, con desagüe, para que en el caso que se rompa alguno de los recipientes, el electrólito pueda salir fácilmente.

**182.—Utilidad de los acumuladores.**—1º—La batería sirve de complemento al dínamo cuando éste es insuficiente para alimentar la red. Durante las horas de poco consumo, la máquina carga la batería y cuando el gasto de corriente crece, se alimenta la red simultáneamente con la corriente del dínamo y la de la batería, acopladas en paralelo. De este modo la máquina funciona siempre en las condiciones de más rendimiento; es decir, a plena carga.

2º—La batería puede substituirse al dínamo y asegurar el servicio, al menos durante algún tiempo, en el caso en que por alguna avería fuera preciso parar la máquina.

3º—Una batería acoplada en paralelo con un dínamo para alimentar la instalación, da a la tensión mayor estabilidad, y por tanto también a la luz, pues compensa las variaciones debidas a las pequeñas diferencias en la velocidad del motor, con la cual desempeña un papel parecido al de un volante.

**183.—Corrientes de carga y descarga.**—Tanto la corrientes que se hace pasar por el acumulador para cargarlo, como la que se obtiene de él durante la descarga, no pueden exceder en su intensidad el límite fijado por la fábrica.

Tal intensidad de límite depende del peso de las placas del acumulador. La corriente máxima de carga varía mucho de unos tipos a otros, y oscila de 0.5 a 1.5 por kilo de placa. La corriente máxima de descarga varía entre 1 y 2 amperes por kilo.

Los constructores indican para cada tipo de elemento el “régimen” de carga o descarga que se debe seguir; esto es, la intensidad más conveniente con la cual debe cargarse o descargarse el tipo de acumulador en cuestión.

Si se los somete a corrientes exageradas, tanto en la carga como en la descarga, la batería se deteriora rápidamente; la materia activa se desprende; la capacidad disminuye, y las placas se deforman, pudiendo llegar a ponerse en contacto unas con otras, produciendo así cortos circuitos que las inutilizarían.

**184.—Tensión del acumulador.**—Si mediante un voltmetro apropiado, conectado a los terminales del acumulador, se mide su fuerza electromotriz, se observará que, al empezar la carga, ésta es alrededor de 1.8 volts por elemento; luego se eleva rápidamente a 2.1 volts, en cuyo valor queda aproximadamente estacionarios durante varias horas, hasta que llega un momento en que sube rápidamente, pudiendo llegar hasta 2.7 volts.

Pero el límite práctico de la carga se alcanza ya cuando la tensión llega a 2.5 volts. que es cuando debe desconectarse el acumulador del dina-

mo que lo alimenta, pues la experiencia demuestra que sería inútil prolongar la carga, dado que la corriente no actuaría ya sobre la materia activa de las placas, sino que se limitaría a descomponer el agua, a pura pérdida. A partir de ese momento se produce una especie de ebullición del electrolito, desprendiéndose hacia la superficie gran cantidad de burbujas, lo cual es una indicación bien visible de que la carga ha terminado.

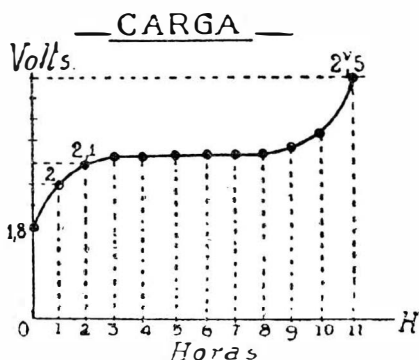


Fig. 146

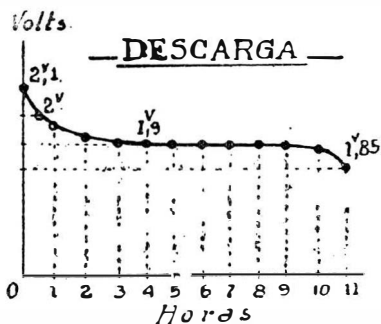


Fig. 147

En la figura 146 se representa gráficamente la variación de la tensión de un acumulador, durante la carga. Sobre la línea horizontal (abcisa) O. H. se toman distancias 1, 2, 3, etc., representando el tiempo en horas que dura la carga; y desde cada uno de esos puntos se levantan las líneas verticales (ordenadas) sobre las que se marca en escala la tensión que ha adquirido el elemento hasta ese momento. Así resulta una serie de puntos que unidos luego por un trazo continuo, dan la curva que indica al primer golpe de vista cómo va variando la tensión del acumulador a medida que transcurre el tiempo de carga.

En la figura 147 se muestra cómo desciende la tensión del elemento durante la descarga.

Al desconectar la batería del dínamo que la alimenta, la tensión de cada elemento cae en algunos instantes desde 2.5 volts que tenía al finalizar la carga, a 2.1 volts, aunque el circuito esté abierto. Procediendo a la descarga, suministrando corriente de la batería en un circuito cualquiera, la tensión baja con relativa rapidez de 2.1 a 1.95 volts (como se ve en la curva, y luego sigue la descarga durante varias horas a una tensión que va disminuyendo con mucha lentitud, hasta que llega a 1.85 volts; en ese punto debe suspenderse la descarga, pues de ahí en adelante la tensión ya

cae rápidamente; y, por otra parte, se dañarían las placas si se prosiguiera la descarga.

**185.—Capacidad del acumulador.**—Se llama “capacidad” del acumulador al producto de la intensidad en amperes de la corriente de descarga por el número de horas que el elemento puede suministrarla. La capacidad se expresa en “Amperes-horas”. Así, por ejemplo, si un acumulador puede proporcionar una corriente de 12 amperes durante 10 horas, su capacidad será:

$$12 \times 10 = 120 \text{ amperes-horas}$$

La capacidad del acumulador es variable, según el “régimen” de descarga a que se le someta; es decir, según que se lo descargue a una intensidad mayor o menor. Por ello las fábricas al indicar la capacidad de un tipo determinado de acumulador, especifican el régimen de descarga a que tal capacidad corresponde.

Como ejemplo de lo que precede, damos a continuación una tabla (IV), que se refiere a un acumulador de un tipo muy conocido, cuyas placas pesan en total 19.5 kilos.

TABLA IV

Régimen de descarga Amperes	Duración de la descarga Horas	Capacidad del acumulador Amperes · Horas
13	10	130
16	7,5	120
22	5	110
32	3	96

Como se ve en la tabla, el mismo elemento cuya capacidad es de 130 amperes-horas, si se lo descarga a 13 amperes durante 10 horas, sólo será capaz de dar durante 3 horas una corriente de 32 amperes; es decir, con este régimen sólo vendría a tener una capacidad de 96 amperes-horas.

**186.—Energía almacenada en el acumulador.**—El producto de la capacidad por el término medio de la tensión de descarga, representa la energía eléctrica en watts-horas que el acumulador devuelve.

Como término medio de la tensión, en la práctica basta tomar el valor 1.9 volts que es el promedio entre el voltaje inicial de la descarga (1.95), y el final (1.85).

**187.—Rendimiento del acumulador de plomo.**—El rendimiento del acumulador es el cociente de dividir la energía en watts-horas ( $W_d$ ) que devuelve en la descarga, por los watts-horas ( $W_c$ ) que se le han suministrado en la carga.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Watts horas de descarga}}{\text{Watts horas de carga}} = \frac{W_d}{W_c}$$

Tal rendimiento varía en la práctica entre 0.7 y 0.8; o lo que es lo mismo, entre 70 y 80 %; lo cual quiere decir que almacenando energía en un acumulador de plomo se pierde de un 20 a un 30 % de ella.

**188.—Preparación del electrólito.**—La preparación del electrólito es una operación a la cual debe prestarse todo el cuidado que le corresponde, pues de su ejecución correcta depende en gran parte el comportamiento del acumulador durante su vida.

Para conseguir este fin, sólo debe emplearse preferentemente agua destilada, o, en su defecto, agua de lluvia recogida y conservada en recipientes bien limpios, de vidrio o loza; siendo los metálicos o de madera, del todo inadecuados. Igualmente el ácido será puro, incoloro y estará exento de metales en disolución, sobre todo de hierro, cobre, cinc y platino, que atacan el electrodo negativo, y de cloro, ácido nítrico, arsénico, ácido acético, etc., que ejercen influencias nocivas sobre ambos.

Por las razones citadas debe evitarse en absoluto el empleo de ácido comercial, pues este artículo siempre contiene vestigios de los elementos arriba indicados, los que a más de atacar a los electrodos, motivan pequeñas corrientes parásitas que contribuyen a perder parte de la carga; es por lo tanto necesario utilizar solamente el ácido sulfúrico puro, tal como se lo prepara especialmente para su uso en el servicio de los acumuladores.

Al mezclar ambos líquidos obsérvese rigurosamente la regla de verter el ácido en el agua y no viceversa, pues el contacto de ambos produce una considerable elevación de temperatura, pudiendo suceder que caigan gotas de agua en el ácido, evaporándose instantáneamente y salpicando al operador con el líquido cáustico. Una vez preparado el recipiente, que conviene sea de porcelana, loza o plomo bien limpio, se hecha agua en él y luego, agitando continuamente con una varilla de vidrio, se vierte sucesivamente y en pequeñas cantidades el ácido, hasta obtener la mezcla deseada. A causa de la elevada temperatura que el líquido adquiere, deberá esperarse hasta que se enfríe antes de introducirlo en el acumulador.

En cuanto a la relación del agua y ácido, debe citarse que para los acumuladores del tipo transportable es de 380 a 400 gramos por litro de agua, lo que corresponde a un peso específico de 1.18 a 1.20; o sea, de 22 a 24 grados Beaumé.

Reducido el peso de ácido a volumen, resulta 25.5 a 28 partes de ácido y 74.5 a 72 partes de agua para 100 partes de mezcla.

Generalmente, cada tipo de acumulador tiene inscriptas las indicaciones del fabricante, dando a conocer la densidad o grados Bé del electrólito más apropiado para su producto. Para facilitar la operación de hallar las cantidades exactas de cada componente para mezclas de las distintas densidades usadas, se da a continuación una tabla (V) que contiene los datos citados:

TABLA V

**Tabla de partes proporcionales de agua y ácido sulfúrico en mezclas para acumuladores (en volumen)**

Peso específico	Grados Bé	En 100 partes de mezcla hay		Peso específico	Grados Bé	En 100 partes de mezcla hay	
		Agua	Ac. sulf.			Agua	Ac. sulf.
1,125	16	82	18	1,190	23	73,3	26,7
1,134	17	81	19	1,200	24	72,6	28,0
1,142	18	79,5	20,5	1,210	25	70,5	29,5
1,152	19	78,3	21,7	1,220	26	69,5	30,5
1,162	20	76,8	23,2	1,231	27	68	32,0
1,171	21	75,6	24,4	1,241	28	66,6	33,4
1,180	22	74,5	25,5	—	—	—	—

Por la concentración que sufre el líquido después de la mezcla de ambos componentes, los valores de esta tabla son aproximados, pero suficientemente exactos para la práctica.

Adóptase como principio muy importante de no preparar nunca un acumulador nuevo con el electrólito antes de haber dispuesto todo lo necesario para su inmediata carga con corriente.

**189.—Determinación de la polaridad para la carga de los acumuladores.**—Al cargar un acumulador debe tenerse especial cuidado de que coincida la polaridad de la corriente de carga, con la de los electrodos del elemento o batería.

En condiciones normales todo acumulador debe tener marcadas sus terminales con los signos (+) y (—) que indican su respectiva polaridad.

Algunas veces se hace más expresiva la indicación pintando los signos y terminales positivos de rojo y los negativos de azul o negro. En los casos en que los signos y color estuvieran borrados, se conocen fácilmente los polos, distinguiéndose a través del recipiente las placas exteriores y blancas como las negativas, pertenecientes a su correspondiente terminal (—) y las positivas oscuras del terminal (+).

Si el recipiente no es transparente, la operación de hallar la polaridad sólo se puede llevar a cabo mediante un galvanómetro, cuyo sentido de declinación acusa la polaridad de la carga remanente y por lo tanto la de los electrodos. Disponiéndose de aparatos de esta clase, que no tienen las indicaciones necesarias para definir el sentido de la corriente, se acude a una pila cualquiera, efectuándose la operación haciendo actuar el galvanómetro con ésta y luego con el acumulador; la comparación de los sentidos de los correspondientes desvíos dará a conocer fácilmente la polaridad de este último.

Una vez bien definida la polaridad del acumulador, se procede a deducir la de la corriente de carga. Muchas veces es fácil hallar de modo fidedigno el dato buscado, sobre todo cuando se trata de tableros destinados a la carga, donde los signos colocados expreso y órganos mecánicos especiales, impiden la inversión de polos.

Para los casos en que no sea posible deducir directamente en forma elemental y segura la polaridad, se acudirá a uno de los tantos medios artificiales indicados a continuación:

1º—**Indicador químico de polos.**—Consiste en un tubo de vidrio **a**, figura 148, provisto en ambos extremos de casquetes metálicos **b**, que lo cierran

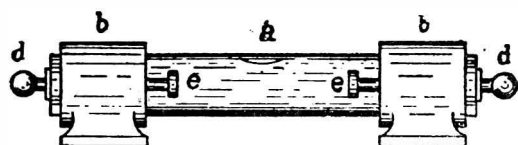


Fig. 148

herméticamente y que dan paso a unos electrodos aislados **e**. Su interior contiene un líquido incoloro a base de Fenolphthaleina y una sal neutra. Cuando se incluye el aparato con sus electrodos **d** en un circuito recorrido por corriente,

la substancia básica que por electrólisis se produce en el catodo, colorea el líquido, formándose una zona coloreada de rojo alrededor del polo negativo. Este fenómeno es un indicativo seguro del citado polo. Para no deteriorar el aparato, no se le debe someter más tiempo a la acción de la corriente, que lo necesario para poder apreciar el proceso de coloración.

Después de la operación se agita un poco el tubo, recobrando así el líquido su color primitivo.

**2º—Papel reactivo.**—Es un papel blanco sin cola, impregnado de Fenolphtaleína y sulfato de sodio, que sometido a la acción de la corriente, produce el mismo fenómeno ya descripto. Su aplicación consiste **en colocar** los extremos de los alambres a unos 5 a 10 mm., sobre el papel reactivo humedecido y puesto sobre un objeto aislador; la aparición de puntos o manchas coloradas, acusan el polo negativo del correspondiente alambre.

**3º—Indicadores de polos, electromagnéticos.**—Son aparatos de forma análoga a los voltímetros de bolsillo, conteniendo un mecanismo de galvanómetro, que con su desviación en uno u otro sentido exhibe una cruz o una raya en una abertura, acusando así la polaridad de los terminales del aparato, y por lo tanto, también la de la red a que se lo aplica. Estos aparatos generalmente tienen inscripto el voltaje límite que admiten entre sus terminales sin que sufran por el exceso de voltaje.

A falta de aparatos adecuados, puede utilizarse cualquier voltmetro (no amperómetro) de voltaje apropiado y de polos definidos (sistema Deprez D'Arsonval).

**4º—Recursos elementales.**—La falta de aparatos especiales no es obstáculo para determinar la polaridad de una red; pues con solo sumergir los alambres de la fuente de electricidad en una copa de agua a la cual se agregan unos gramos de sal o unas gotas del mismo ácido del acumulador para aumentar su conductibilidad, se deducirá por el comportamiento de los electrodos los polos que les corresponden. Sabiéndose que en el cátodo se produce hidrógeno y en el ánodo oxígeno, se desprende que aquel alambre que se cubre con mayor cantidad de gas (abundantes globulitos de gran tamaño) es el negativo rodeado de hidrógeno; y el que se ennegrece y produce poco gas (óxido de metal y pocos glóbulos pequeños) es el positivo cubierto de oxígeno. Para un operador que sabe desempeñarse, una gota de líquido cualquiera arrojada sobre una piedra o tabla, le representa suficiente elemento para salir del paso.

Por último, en el caso en que se empleen lámparas **incandescentes como** resistencia y sobre todo cuando se trata de varios acumuladores en serie, un buen indicio de la correcta conexión es observar el brillo de las luces, invirtiendo varias veces las conexiones por cortos instantes.

Para la conexión en un sentido, la diferencia de potencial de la batería se suma a la de la red, y para la conexión en otro sentido la diferencia

de potencial de los acumuladores se resta, produciéndose una vez tensión más elevada y otra vez tensión más baja que la normal, acusando por lo tanto el menor brillo de las lámparas, buena conexión; y el mayor brillo, conexión invertida.

Para mayor seguridad de operación es necesario que todas las pruebas de polaridad se hagan incluyendo en el circuito de carga la resistencia reductora de corriente.

**190.—Cuidado del acumulador de plomo.**—1º—Todo acumulador para que se conserve bien exteriormente, debe tener su recipiente bien seco y los terminales exentos de corrosiones. Se consigue el mantenimiento de su buena limpieza, repasando el recipiente con un trapo húmedo y luego con otro seco después de cada carga. Este procedimiento es de importancia, sabiéndose que los gases que se desarrollan durante esta operación, al salir por la abertura, arrastran partículas del electrólito que luego se depositan en forma de rocío sobre la parte superior y terminales del elemento.

2º—Evítese en absoluto llenar por primera vez, o reponer cuando sea necesario, solución acidulada o agua, sin que sea de pureza garantida. Como ya se ha mencionado, el descuido en este sentido puede perjudicar el acumulador, provocando descargas internas que impiden el mantenimiento de la carga y reducen en gran parte su rendimiento. Si se notan estos inconvenientes y pudiéndose constatar que son motivados por la impureza del electrólito, se procederá del siguiente modo para remediar el mal.

Se deja descargar el elemento a través de una resistencia, hasta el límite admisible; luego se vierte todo el electrólito y se lava bien varias veces el interior con agua destilada, cargando el acumulador de nuevo con el electrólito fresco y puro. Repitiendo la operación dos o tres veces en períodos de descargas consecutivas, se consigue eliminar en gran parte las sustancias nocivas.

3º—Nunca debe dejarse un acumulador descargado, pues el elemento en este estado está expuesto a “sulfatarse”, de tal modo que luego es casi imposible volverlo a su estado normal. El remedio para comprobar un elemento “sulfatado” es lavarlo con agua destilada y cargarlo por tiempo prolongado con electrólito nuevo. De cuando en cuando conviene aumentar la intensidad, con lo que se consigue que el violento desprendimiento de los gases arrastre y precipite los cristales del sulfato de plomo adheridos a la superficie.

Por último, para conseguir la reducción total del sulfato en el interior de la masa de los electrodos, es de utilidad dejarlo “hervir” débilmente

durante unas 2 a 3 horas. En vista de las consecuencias que, a la par de la curación, resultan de este remedio algo violento, el acumulador no admite muchos tratamientos semejantes, pues durante el período de la sobrecarga los electrodos pierden parte de la masa activa, que se precipita al fondo. Una vez conseguido el estado normal del elemento, con el objeto de eliminar los residuos depositados en el caso, se vierte el electrólito y se lava el interior con agua destilada, llenando luego el recipiente nuevamente con electrólito fresco.

4º—Cuando se trata de conservar un acumulador por mucho tiempo fuera de servicio, se le carga completamente, teniendo, además, cuidado que el líquido cubra las placas todo lo que permita el recipiente, para evitar que una eventual evaporación deje al descubierto parte de los electrodos. Si el tiempo de la inactividad excede uno o dos meses, conviene descargarlo periódicamente en parte y cargarlo de nuevo, operación que impide la “sulfatación” a que están expuestos los acumuladores que no trabajan.

5º—Todo acumulador transportable que se encuentre en servicio más o menos activo, debe ser lavado cada seis meses, procediéndose en esta operación como se ha descrito en el párrafo 3º.

6º—Las placas de un acumulador sufren considerablemente cuando parte de ellas se hallan descubiertas. Si el nivel del líquido ha descendido por evaporación, se completa el volumen con agua destilada. Si la reducción del contenido proviene de una pérdida accidental, se repone lo perdido con solución acidulada.

7º—Los recipientes de celuloide agrietados o con partes desprendidas de ellos, se componen mediante una solución de celuloide en acetato de metilo (esencia de banana), que se debe conservar en frascos bien tapados por ser muy volátil el solvente (muy inflamables ambos componentes). La parte que requiere el tratamiento debe ser bien limpiada y raspada con una herramienta filosa.

**191.—Tensión para cargar la batería.**—Para cargar la batería deberá disponerse de un dínamo que sea capaz de mantener en sus terminales una tensión siempre superior a la de la batería. Y como la de cada elemento puede llegar hasta 2.7 volts, cuyo valor se multiplicará por el número de elementos acoplados en serie de que se componga la batería, de ahí se deduce la tensión que deberá generar la máquina, para que sea siempre superior a la de la batería que se quiere cargar.

Por medio del reostato de campo del dínamo, se regula su tensión para mantener la corriente de carga dentro del límite de régimen correspondiente al tipo de acumulador de que se trata, (183).

**192.—Acoplamiento de los acumuladores.**—Lo mismo que en el caso de las pilas, las baterías de acumuladores pueden constituirse con un cierto número de elementos acoplados entre sí en serie, en paralelo, o en agrupamiento mixto. Lo más común es que se acoplen en serie tantos elementos como sean precisos para obtener la tensión deseada, y que cada uno de ellos sea de suficiente capacidad como para proporcionar toda la intensidad requerida. En tal forma basta ese solo grupo en serie para responder al servicio, y no se hace necesario recurrir al acoplamiento mixto.

Para determinar cuántos elementos deben unirse en serie para obtener una tensión determinada, se toma como base la tensión mínima admisible en la descarga, que como dijimos (184) es de 1.85 volts por elemento. Así, por ejemplo, si se desea alimentar con acumuladores una instalación de lámparas de 110 volts, necesitaremos:

$$\frac{110}{1.85} = 59 \text{ elementos en serie}$$

**193.—Conexión de la batería con la red.**—En la figura 149 se representa la conexión de una batería de acumuladores **B**, con una instalación **L** de lámparas incandescentes, a la que ella alimenta.

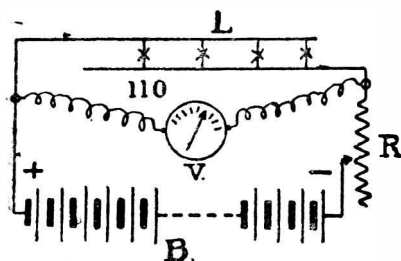


Fig. 149

Supongamos que las lámparas sean de 110 volts. Inmediatamente después de la carga, la tensión de cada elemento habrá descendido, como sabemos que sucede, desde 2.7 ó 2.6 hasta 2.1. A este voltaje podemos considerar que empieza la descarga; de modo que siendo 59 los elementos tendremos:

$$2.1 \times 59 = 123.9 \text{ volts}$$

Este voltaje es excesivo para las lámparas referidas, por lo que es preciso reducirlo en  $123.9 - 110 = 13.9$  volts, para obtener los 110 volts requeridos.

Tratándose de una instalación pequeña, tal reducción puede hacerse mediante una resistencia variable **R**, figura 149, que se intercala en serie con la batería y la red, y se va excluyendo gradualmente a medida que disminuye la tensión de los acumuladores.

Tal medio de reducir la tensión no conviene utilizarlo cuando se trata de instalaciones un poco grandes, pues se perdería mucha energía en la

resistencia por efecto Joule ( $I^2 \times R$ ). En tal caso se utilizan dispositivos llamados “reductores”, por medio de los cuales pueden agregarse o excluirse de la batería un cierto número de elementos, a fin de mantener la tensión de alimentación a la red dentro de los límites deseados.

**194.—Reductor de descarga.**—Este aparato, que se representa en esquema en la figura 150, consta de un número apropiado de segmentos de contacto 1, 2, 3, etc., dispuesto en arco sobre una base aisladora y los cuales comunican con los terminales de los elementos colocados en uno de los extremos de la batería.

Mediante la palanca giratoria de contacto **P**, se pueden ir intercalando uno a uno, a medida que va disminuyendo el voltaje de la batería, los elementos que al principio se dejaron excluidos, y en tal forma se obtiene la alimentación de la red de distribución a una tensión prácticamente constante.

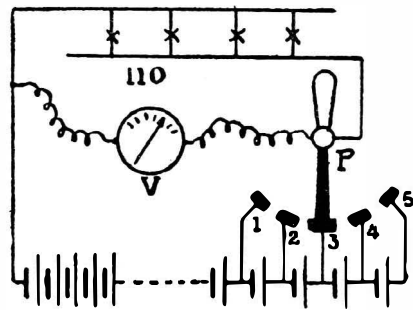


Fig. 150

Como los elementos de reserva se descargan menos que los otros, dado que se les utiliza durante menos tiempo, si al cargar la batería se lo hiciera con todos los elementos intercalados, los de reserva llegarían a estar cargados antes que los demás, y a partir de ese momento se gastaría en ellos una cierta energía sin provecho alguno. Para evitarlo se utiliza el “reductor de carga”, que describimos a continuación.

**195.—Reductor de carga. Reductor doble.**—En la figura 151, se representa esquemáticamente un reductor de carga. En éste, cuya construcción es igual al de descarga de la figura 150, la palanca **P<sub>1</sub>** comunica a uno de los terminales del dínamo.

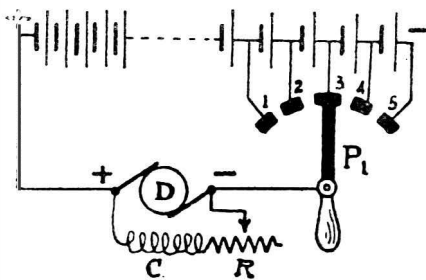


Fig. 151

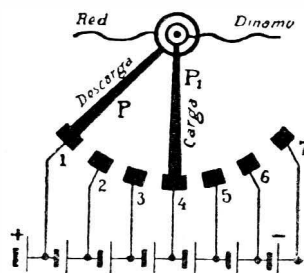


Fig. 152

Al empezar la carga de la batería se lo hace con todos los elementos intercalados; para lo cual la palanca  $P_1$  se coloca sobre el último segmento (5); pero a medida que los elementos de reserva (5, 4, 3, etc.) van quedando cargados, se los va excluyendo del circuito, avanzando la palanca a los segmentos 4, 3, etc.

En muchos casos los dos reductores están montados sobre una misma base, formando así un “reductor doble”.

Esa disposición se simplifica aun más, a veces, utilizando una sola serie de segmentos, sobre los cuales establecen el contacto las dos palancas de carga y descarga  $P$  y  $P_1$ , figura 152, las que están aisladas entre sí.

**196.—Disyuntores automáticos.**—La tensión en los terminales del dínamo puede llegar a ser inferior al de la batería, ya sea por negligencia del operador, o bien porque disminuya la velocidad del motor o del dínamo, o por haberse caído la correa, etc. En tal caso la corriente cambia de sentido, descargándose la batería sobre el dínamo, con grave peligro de inutilizarlo, dado que, por la reducida resistencia de sus enrollamientos, la corriente llegaría a ser de excesiva intensidad.

Para evitar tal posibilidad de accidente se intercala en el circuito del dínamo un “disyuntor automático”, que lo corta automáticamente tan pronto como la intensidad de la corriente de carga se hace inferior a cierto límite para el cual está graduado ese aparato, y en tal forma previene la inversión de la corriente.

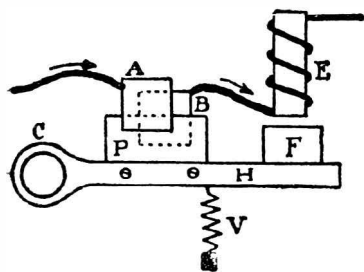


Fig. 153

Hay varios modelos de tales disyuntores, llamados “de mínima”, porque interrumpen el circuito cuando la corriente llega a un mínimo fijado. En la figura 153 se representa esquemáticamente uno de ellos. **A** y **B** son dos piezas de contacto, que constituyen una mordaza elástica. La palanca **H**, es móvil alrededor del eje **C** y lleva una placa de cobre **P** que cierra el circuito cuando penetra entre **A** y **B**; la corriente recorre entonces la bobina del electroimán **E**. La palanca tiene en su extremo una armadura de hierro **F**, y por el lado opuesto un resorte **V**, que tira de ella para separarla de los contactos **A** y **B**.

Mientras la intensidad de la corriente es suficiente, la palanca permanece en la posición que indica la figura, porque el resorte no tiene bastante fuerza para vencer la atracción que ejerce el electroimán sobre la armadura.

a la que se agrega el rozamiento de los contactos. Pero tan pronto como la corriente se hace inferior al límite para el cual se ha graduado el resorte, éste atrae la palanca y corta el circuito.

En la figura 154, se representa esquemáticamente otro **disyuntor**, en el cual el contacto lo establece una varilla metálica **S**, sumergida por su extremo inferior en la cubeta de mercurio **K**. El resorte **V**, separa la palanca de su posición y saca la varilla del mercurio cuando la acción del electroimán **E** sobre la armadura **B** se ha debilitado lo suficiente por la disminución de la corriente.

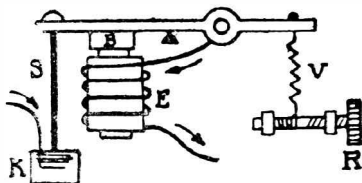


Fig. 154

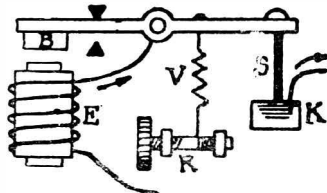


Fig. 155

En ciertos casos se emplean disyuntores que funcionan en el instante en que la intensidad de la corriente se hace, no inferior, sino superior a cierto límite. Tales disyuntores automáticos se denominan **de máxima**, y se usan mucho en líneas de corriente relativamente intensa, tales como son las de alimentación de motores, proyectores, etc., donde reemplazan con ventaja a los fusibles como elemento de seguridad para evitar el pasaje de una corriente muy superior a la normal.

En la figura 155 se muestra esquemáticamente uno de estos aparatos. En éste, cuando la corriente es excesiva, la armadura **B** es atraída, venciendo la resistencia del resorte **V**, y se corta el circuito, haciendo salir del mercurio la varilla metálica **S**.

Hemos mencionado los disyuntores de mercurio sólo para ilustrar el principio en que se basan tales aparatos, pues este tipo no se utiliza a bordo; y en tierra se emplea cada vez menos, habiendo sido reemplazado casi por completo por el tipo que se representa en la figura 156, de los cuales están dotados los tableros de distribución de luz y fuerza de los acorazados "Rivadavia" y "Moreno". Tales aparatos constan de una base aisladora **D**, sobre la cual están montados los blocks de cobre **B** y **B'** a los que comunica la línea a proteger, por medio de los terminales **T** y **T'**. Cuando el disyuntor está conectado, la corriente pasa del terminal **T** al **T'** por los blocks **B** y **B'** sobre los cuales hace contacto el puente **L**, formado por un haz de lá-

minas flexibles de cobre o bronce muy elásticos, y también por medio de los dos contactos de carbón **C**. Cuando la corriente excede el límite para el cual está graduado el aparato, el electroimán **E** atrae la armadura móvil **A**, la que actúa el disparador o gatillo **G**, que pone en libertad la palanca **P**, y el

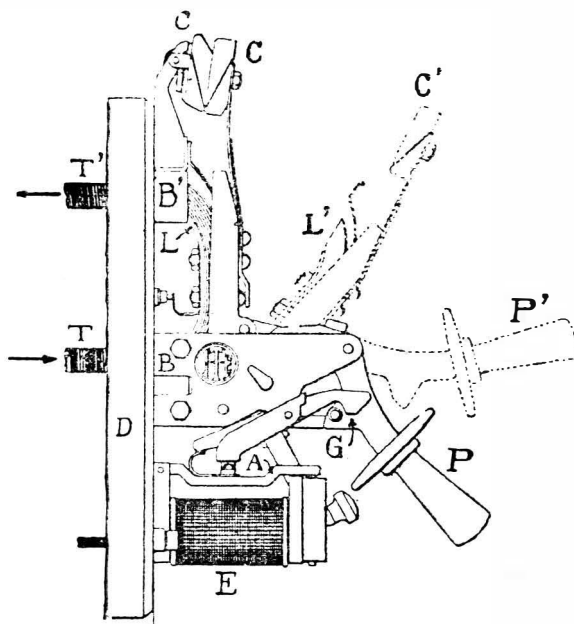


Fig. 156

punte cae hacia atrás, pasando a ocupar la posición **L'**, **C'**, **P'**, que se indica con líneas punteadas en dicha figura 156, y así queda cortado el circuito entre los blocks **B** y **B'**. A fin de que siempre se conserve en buen estado la superficie de contacto de los dos blocks **B** y **B'** y de las láminas flexibles **L**, el último punto en que el circuito se corta es entre los dos contactos de carbón **C** **C'**, de modo que la chispa de ruptura se produce allí, y no entre **B** y **L**.

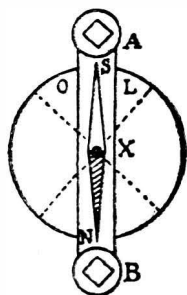


Fig. 157

**197.—Indicador de sentido de corriente.**—Este aparato, figura 157, sirve para indicar al electricista si la batería está recibiendo corriente o descargándola. Consiste en una lámina vertical de cobre **A** **B**, que forma parte del circuito y está fijada sobre una base aisladora. Alrededor de un eje horizontal **X**, que sobresale de la lámina, puede girar una aguja imantada **N** **S**, cuyo polo **N** lleva un pe-

queño lastre, suficiente para que cuando no pase corriente la aguja quede en posición vertical frente a la lámina. Cuando por ésta circula la corriente, la aguja tiende a ponerse en ángulo recto con ella, dependiendo el sentido de la desviación del sentido de la corriente (41). Durante la carga la punta superior se dirige, por ejemplo, hacia la derecha **L**, y durante la descarga hacia la izquierda **O**.

El indicador es indispensable en el caso en que el tablero de carga de la batería no esté dotado de amperómetro con el cero en el centro de la escala, de modo que desviando la aguja a uno u otro lado, indique así el sentido de la corriente.

**198.—Acumuladores de hierro (Edison). Componentes.**—El material de que se compone este tipo de acumulador, es esencialmente chapa de acero niquelado, tanto ambos electrodos como el recipiente y los terminales.

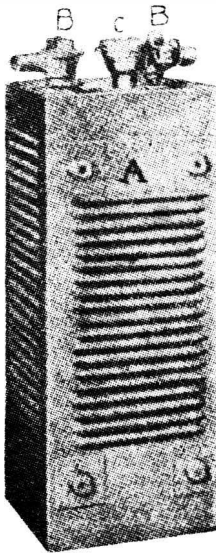


Fig. 158

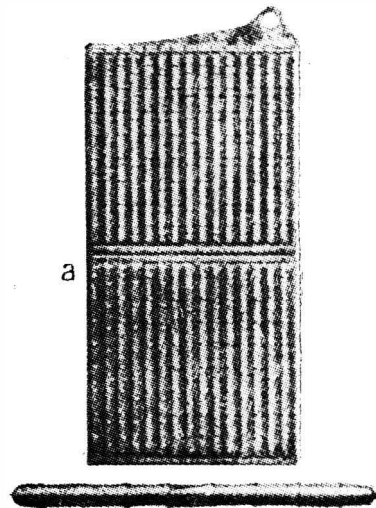


Fig. 159

En la figura 158, se muestra en vista de conjunto, un elemento de acumulador Edison, en el que **A** es el recipiente de chapa corrugada horizontalmente para darle más resistencia mecánica; **B, B**, son los terminales y **C** la abertura destinada a la entrada del electrólito y a la salida de los gases que se desprenden durante el funcionamiento.

**Placa positiva.**—En la figura 159 a se representa una placa positiva de acumulador Edison, completa. Ella está constituida por un marco **M**, de chapa de acero niquelado, sobre el cual van sólidamente fijados un cierto número de tubos de acero perforados, conteniendo la substancia activa, que consiste en hidrato de níquel  $[\text{Ni}(\text{OH})_2]$ , el cual va alternado en capas sucesivas con laminillas de níquel puro, cuyo objeto es aumentar la conductibilidad del conjunto.

La figura 159 b representa en tamaño mayor uno de estos tubitos de la placa positiva, sobre el cual se ven los anillos de reforzamiento de que están dotados.

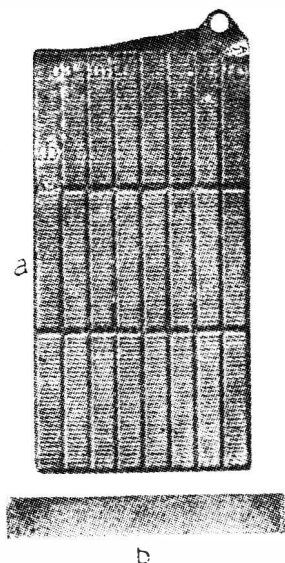


Fig. 160

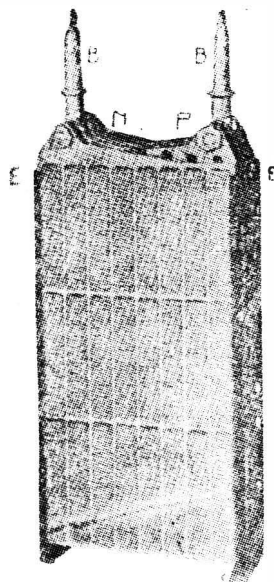


Fig. 161

**Placa negativa.**—En la figura 160 a se muestra una placa negativa de acumulador Edison. Como la positiva, está constituida por un marco **M**, de acero niquelado, sobre el cual van fijados pequeños receptáculos rectangulares de acero perforado, conteniendo la substancia activa, que consiste en hidrato de hierro  $[\text{Fe}(\text{OH})_2]$ , mezclado con un poco de óxido de mercurio para aumentar la conductibilidad del conjunto.

La figura 160 b representa en tamaño mayor uno de estos receptáculos de la placa negativa, los cuales se fijan luego sobre el marco de chapa,

mediante una poderosa prensa hidráulica, para asegurar el buen contacto del conjunto.

**Montaje de las placas.**—Las placas del mismo nombre se montan sobre barras horizontales de acero, y se les interponen arandelas adecuadas para mantener entre dichas placas la separación necesaria, fijándolas luego sólidamente por medio de tuercas, con la suficiente presión para asegurar la consistencia mecánica y el buen contacto eléctrico.

En la figura 161, se muestra un block de placas positivas **P**, las que van alternadas con las del block de negativas **N**, estando cada uno dotado de su terminal de conexión **B**.

La separación entre las placas de distinto nombre, se hace por medio de varillitas verticales, de ebonita, las que llegan hasta la envoltura **E**, del mismo material, que sirve para aislar del recipiente metálico las placas citadas.

**Electrólito.**—El electrólito del acumulador Edison es una solución de 21 % de hidrato de potasio,  $K(OH)$ , en agua.

**199.—Funcionamiento del acumulador Edison.**—Como se ha dicho más arriba, la materia activa de la placa positiva del acumulador Edison es hidrato de hierro y el electrólito es hidrato de potasio.

Las sustancias activas son insolubles en el electrólito. Cuando la corriente pasa, el electrólito es descompuesto en las partes que lo constituyen, las que reaccionan sobre las sustancias activas, con el resultado siguiente:

En la carga: Oxida al positivo y reduce al negativo.

En la descarga: Reduce al positivo y oxida al negativo.

Al final de la carga el negativo ha quedado reducido a hierro metálico, y el positivo presenta un grado de oxidación superior a la que tenía inicialmente. En la descarga se restablecen las condiciones primitivas.

En cuanto al electrólito, la misma cantidad de agua que se descompone en la carga, se recompone en la descarga, de modo que, teóricamente, en este acumulador no hay consumo de agua. En la práctica, en cambio, siempre hay cierta disminución de agua a causa que parte de los gases que la componen se dispersan en el aire sin entrar en combinación. Este efecto reduce en parte el rendimiento del acumulador y origina pérdida de agua del electrólito, que es preciso reponer.

Otro efecto químico que no tiene influencia directa sobre el desarrollo normal de las funciones del elemento, pero sí sobre su conservación, es la gran avidez del hidrato de potasio para absorber el ácido carbónico del aire y combinarse con él, formando carbonato de potasio. Y como esta sal es

ineficaz para el buen funcionamiento del acumulador, hay que **prevenir su formación**, impidiendo el acceso del aire al interior del recipiente. Para ello éstos tienen en su parte superior una válvula **C**, figura 158, cuya construcción especial permite la salida de los gases que se desprenden durante la carga, pero que a la vez cierra el paso a la entrada de aire.

**200.—Constantes del acumulador Edison.**—A continuación damos los datos referentes a los acumuladores de hierro de uso más común a bordo.

a) **Fuerza electromotriz.**—La f. e. m., a circuito abierto, es alrededor de 1.36 a 1.4 volts.

b) **Resistencia interna.**—Es alrededor de 0.01 ohm por decímetro cuadrado de placa negativa. Ese valor varía según el estado de carga.

c) **Diferencia de potencial.**—La tensión entre los terminales del acumulador es de 1.6 volts al empezar la carga, y 1.8 al final. A causa de la irregularidad en la f. e. m. del acumulador dentro de esos dos límites, puede considerarse que el voltaje medio de carga es de 1.73 volts.

**VOLTS**

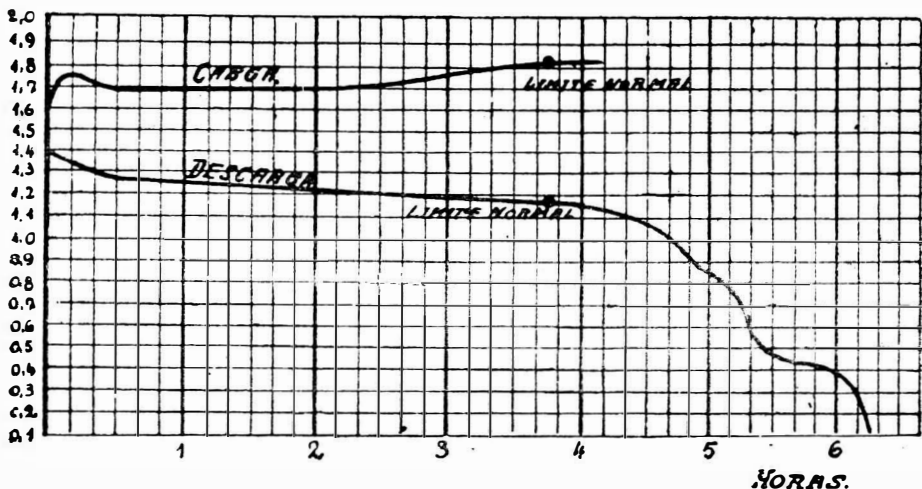


Fig. 162

En la figura 162 se representa la variación de la tensión de un elemento Edison durante la carga y la descarga, ambas hechas a la intensidad de régimen.

Como muestra la curva respectiva, la tensión inicial de descarga es de 1.4 volts y la final 1.15 volts.

Para calcular el número de elementos Edison que deberá acoplarse en serie para obtener una tensión determinada, puede considerarse que el voltaje medio de descarga es de 1.2 volts.

d) **Densidad de la corriente.**—Los electrodos de esta clase de acumuladores admien una intensidad de 1 a 1.5 amperes por decímetro cuadrado.

e) **Capacidad.**—Según los datos que suministra la fábrica, puede tomarse como capacidad aproximada del acumulador Edison, la de 28 a 30 amperes-hora por kilo de elemento completo.

f) **Rendimiento.**—El rendimiento del acumulador de hierro es inferior al de plomo, pues sólo es de un 55 a 60 %. Es decir que, almacenando energía eléctrica en este tipo de acumulador, se pierde de 40 a 35 % de ella.

Una de las causas principales de este bajo rendimiento, es que una buena parte de la energía eléctrica se pierde en la descomposición inútil del agua, que se disipa en el aire en forma de gases.

**201.—Tratamiento y conservación del acumulador Edison.**—Todo lo que se ha dicho en los párrafos 189 y 191 sobre determinación de la polaridad y regulación de la corriente de los acumuladores de plomo, es aplicable también para los de hierro.

c) **Preparación del electrólito.**—La fábrica suministra en tarros de hierro el electrólito ya preparado, listo para emplearlo.

En caso de que no se dispusiera del electrólito ya listo, puede preparárselo disolviendo en 79 partes de agua destilada 21 partes (en peso) de hidrato de potasio puro, que venden las droguerías en envases especiales de vidrio.

La solución debe prepararse en recipientes de loza o de hierro bien limpio; y como se calienta al disolverse el hidrato de potasio, se dejará enfriar antes de verterla en el acumulador. Además, no deberá dejársela expuesta al aire, para evitar la absorción de ácido carbónico, de que hablamos anteriormente.

El peso específico de la solución preparada es de 1.18, equivalente a 22 de la escala Beaumé.

b) **Carga del acumulador.**—Siendo imposible observar a través del recipiente de hierro el comportamiento del acumulador durante la carga, el único indicio de su buena marcha es el escape periódico de gases por la válvula de la tapa. Si se notara la ausencia de tal escape en algunos de los elementos de la serie, será un indicio de funcionamiento irregular. El efecto

podría ser un contacto entre las placas que ponga en corto circuito a los electrodos. Si el voltmetro no acusa diferencia de potencial entre las terminales de dicho elemento, significa que aquel es el defecto.

c) **Cuidado del acumulador de hierro.**—Los acumuladores de esta clase son mucho menos sensibles que los de plomo; no sufren mayormente si se los conserva durante mucho tiempo en estado de descarga; admiten tratamiento más rudo por su mayor resistencia mecánica y son mucho más elásticos en cuanto a régimen de corriente; tanto la de carga como tampoco la de descarga perjudican al elemento, si por poco rato exceden a la intensidad normal en el triple y aun en el cuádruple de ella. Sin embargo, esta inmunidad en contra de los malos tratos no es justificativo para descuidar su correcto manejo; siendo necesario, para su buena conservación, seguir estrictamente lo expuesto a continuación:

1º—Téngase el exterior de los recipientes siempre bien seco y limpio de toda humedad y adherencias impropias.

2º—Cuando se trate de baterías de varios elementos, cuídese muy bien el buen estado del asialmiento del armazón o cajón, pues éstos, impregnados de electrólito o humedad, provocarían la descarga a través de ellos, entre los polos extremos de la batería. Es este un punto de capital importancia, sabiéndose que los recipientes son de metal y por lo tanto, que están en contacto con los electrodos a través del electrólito.

3º—A causa de la permanente evaporación (o mejor gasificación) del agua, el nivel desciende sensiblemente siendo por lo tanto necesario reponer el líquido perdido, periódicamente, con agua destilada. Se controlorea el nivel fácilmente con un tubito de vidrio de poco diámetro, figura 163, introduciéndolo por la abertura superior hasta tocar la orilla superior de las placas. Al sacarlo de nuevo, tapando con el dedo la abertura superior, queda en su extremo inferior una porción de líquido, indicando la altura de su columna el nivel del electrólito sobre las placas.

La altura del líquido sobre los electrodos no debe ser inferior a 12 mm.; en el caso en que se constatará altura menor que la indicada, se agregará agua hasta la altura mencionada.

La citada revisión deberá efectuarse después de cada dos o tres cargas.

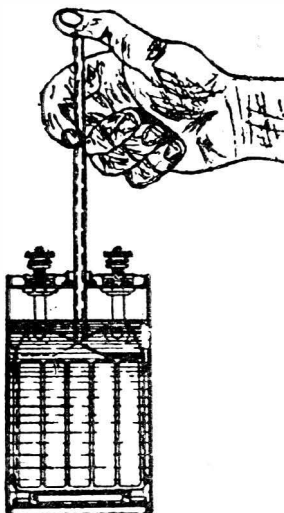


Fig. 163

4º—Cada 8 a 10 cargas se debe controlar la densidad del líquido, que paulatinamente disminuye, a causa de la eliminación de potasa substituída por agua pura. La operación se lleva a cabo mediante una pipeta, figura 164, compuesta de un recipiente cilíndrico de vidrio b, conectado a un globo de goma elástica a. En su interior hay un densímetro c, dividido en grados Beaumé. Su aplicación consiste en introducir el extremo inferior d, en el recipiente, comprimiendo el globo a. Al inflarse éste, el líquido asciende en el interior del cilindro, pudiéndose leer sobre la escala del densímetro la densidad del electrólito. Una vez terminada la operación se expulsa el líquido de nuevo al interior del recipiente. Antes de proceder a la prueba, conviene agitar un poco el acumulador, para tener mezcla homogénea del electrólito. Después de haber usado la pipeta límpiesela bien con agua destilada antes de guardarla.



Fig. 164

5º—No debe dejarse nunca la abertura del recipiente abierta, pues el hidrato de potasio absorbe el anhídrido carbónico del ambiente, formando carbonato de potasio.

6º—Cada seis meses se vaciará el acumulador, lavando el interior con agua destilada, llenándolo con el electrólito nuevo. Su buena conservación no reclama, como el de plomo, una carga inmediata.



## ILUMINACION POR INCANDESCENCIA

**202.—Lámparas incandescentes.**—En estas lámparas la luz es emitida por un filamento conductor, muy delgado, que se pone incandescente por el pasaje de la corriente eléctrica. Para impedir que el filamento se queme, se le subtrae al contacto del oxígeno del aire, encerrándolo en una ampolla o bombita de vidrio, figura 165, en cuyo interior se practica el vacío.

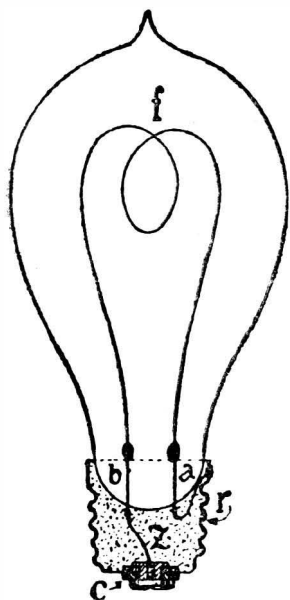


Fig. 165

El filamento *f*, cuya longitud y espesor varía según la tensión a que está destinada la lámpara, y la intensidad luminosa a obtener, va fijado por sus dos extremos a los alambres *a* y *b*, que sirven para conducir la corriente de alimentación. La bombita de vidrio está dotada de una base *z*, que sirve para fijarla a su soporte y conducir la corriente hasta el filamento. Para ello dicho zócalo tiene la rosca de latón *r* y el contacto *c*, a los cuales se sueldan los alambres *a* y *b*, que comunican a los extremos del filamento *f*.

En la figura 166, se representan las bases de rosca Edison normal, Mignon y Goliat, que son las de uso más generalizado. La primera es la de empleo reglamentario en la Armada para las instalaciones de iluminación general. La Mignon se emplea en pequeñas lámparas de adorno y la Goliat para lámparas de mucha intensidad luminosa (arriba de 400 bujías).

**203.—Filamentos de carbón y metálicos.**—El filamento de las lámparas incandescentes debe estar hecho de un material que sea capaz de resistir muy elevadas temperaturas, sin fundirse o volatilizarse.

### TAMAÑO NATURAL

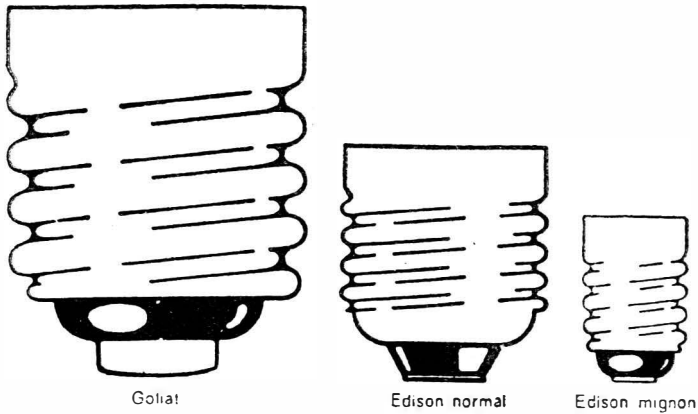


Fig. 166

En las lámparas primitivas y hasta hace pocos años, se utilizaba exclusivamente el filamento de carbón, que es capaz de resistir alrededor de  $2500^{\circ}\text{C}$ .

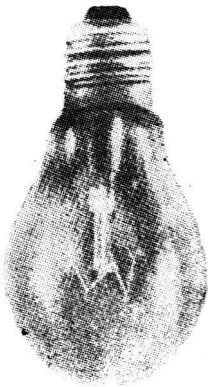


Fig. 167

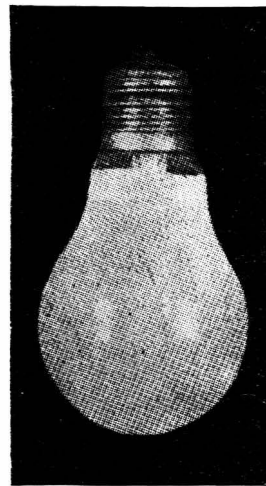


Fig. 169

Posteriormente se empezaron a usar en la fabricación de los filamentos los metales raros (osmio, tungsteno, etc.), que soportan una elevación de temperatura aún mayor que la del filamento de carbón, y por ello per-

miten alcanzar un grado de incandescencia más elevado, lo que da como consecuencia una luz más blanca, con un menor consumo de energía eléctrica para producirla.

El filamento metálico ofrecía al principio el grave inconveniente de ser extremadamente frágil, lo que hacía imposible la utilización de las lámparas de filamento metálico a bordo de los buques de guerra, pues las fuertes trepidaciones y vibraciones a que allí se encuentran expuestas, destruía el filamento en breve tiempo.

Posteriormente se perfeccionó la fabricación del filamento metálico, consiguiéndose darle una solidez mecánica muy superior a la primitiva; y que, si bien en las lámparas comunes aun no alcanza a la del filamento de carbón, permite asimismo, por las demás ventajas que ofrece, que se las utilice casi exclusivamente.

En la figura 167 se representa una lámpara de filamento metálico en espiral, en vacío, de uso reglamentario en la Armada. En la figura 168 se muestra una de las mismas, pero esmerilada interiormente, del tipo recientemente adoptado en la Armada para usar donde la exposición directa del filamento incandescente puede dañar la vista.

**204.—Lámparas intensivas.**—En la figura 169 está representada una lámpara de las conocidas en el comercio con el nombre de “tipo  $\frac{1}{2}$  watt”.

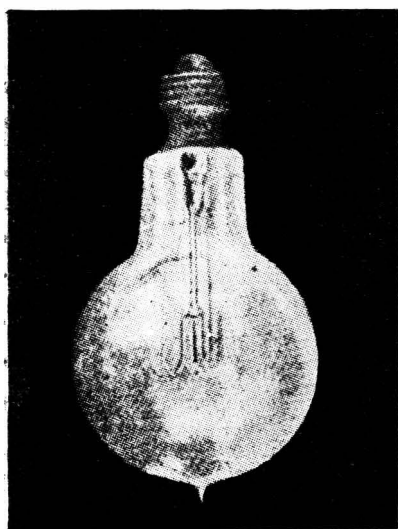


Fig. 169

En estas lámparas el filamento metálico en vez de estar extendido derecho entre sus soportes, está envuelto sobre si mismo en una espiral muy cerrada, de pocos milímetros de diámetro: en forma tal, que en un pequeño espacio se concentra una longitud relativamente grande de filamento. Tal disposición de éste, permite obtener en un espacio pequeño una superficie emisora de luz muy superior a la de las lámparas comunes.

Por otra parte, en este tipo de lámpara, en vez de hacer vacío en el interior de la bombita, se le rellena de un gas inerte (nitrógeno), el cual desempeña allí dos funciones de importan-

cia: 1º Evita la oxidación del filamento, que se produce siempre que haya aire dentro de la bombita, aunque él esté muy enrarecido, como sucede en las lámparas comunes; 2º Como es mejor conductor del calor que el aire enrarecido, sirve para conducir al exterior parte del calor que se produce en el interior de la espiral de filamento; y con ello permite que éste pueda ser elevado a un alto punto de incandescencia, aumentando así el rendimiento luminoso de la lámpara, cosa que no podría hacerse sin destruir el filamento en poco tiempo, si en el interior de su espiral se acumulara el calor producido en esa parte, como pasaría si ella no estuviera sumergida en un gas que conduzca al exterior tal exceso de calor producido.

**205.—Intensidad luminoso.**—Se entiende por intensidad luminosa de la lámpara, o de una fuente luminosa cualquiera, la cantidad de luz que ella emite, y que se mide comparándola con otra, de luminosidad ya conocida, que se toma como unidad.

La unidad de intensidad luminosa que se ha adoptado como reglamentaria en la Armada es la **“bujía internacional”**, que se conoce también con el nombre de **“bujía decimal”** y **“Pyr”**. Tal unidad, que es la adoptada oficialmente por Gran Bretaña, Francia y Estados Unidos, equivale a 1.20 de unidad Violle.

La unidad Violle es la luz emitida normalmente por una superficie de un centímetro cuadrado de platino fundido, en el punto de solidificación (1775º centígrados).

A continuación mencionamos algunas otras unidades luminosas utilizadas en la práctica, y su relación con la bujía internacional.

**Cárcel.** — En la cantidad de luz emitida por una lámpara de mecha redonda de 23.5 mm. de diámetro exterior y 17 mm. de diámetro interno, que quema 42 grados de aceite de colza purificado por hora, ardiendo con una llama de 40 mm. de alto. La unidad cárcel es igual a 9.7 bajas internacionales.

**Bujías de estearina inglesas y norteamericanas.**—Las bujías de estearina de 22 mm. de diámetro, que arden con llama de 43 a 45 mm. de altura, consumiendo 7.76 gramos de estearina por hora, producen una luz equivalente a 1.2 de bujía internacional.

**Bujía alemana Hefner.**—Es la luz emitida por una lámpara que quema acetato de amilo, con una mecha redonda de 8 mm. de diámetro y una llama de 40 mm. de altura. Equivale a 1.13 bujías internacionales.

**206.—Unidad de iluminación. Lux.**—La intensidad luminosa disminuye con el cuadrado de la distancia al foco emisor de luz. Se ha tomado como unidad de iluminación la que produce normalmente **1 pyr**, o sea 1 bujía internacional, sobre una superficie colocado a un metro de distancia. A tal unidad se le ha dado el nombre de “**lux**” o de **bujía-metro**”.

Como datos comparativos sobre diversos grados de iluminación, mencionaremos que la claridad producida por el sol a mediodía sobre un plano perpendicular a sus rayos, es de 70.000 lux; mientras que la luna llena sólo produce alrededor de 0.15 lux. En un teatro bien iluminado la claridad varía entre 20 y 100 lux.

**207.—Tensión normal.**—Se denomina así al voltaje para el cual ha sido fabricada la lámpara, y a cuyo valor corresponde la intensidad luminosa asignada a dicha lámpara por la fábrica.

En la Armada se emplean para iluminación general lámparas de 220, 110, 80 y 65 volts, pues en los buques y reparticiones se utilizan una u otra de esas tensiones.

**208.—Consumo específico.**—Se llama así a la energía en watts por bujía absorbida por las lámparas cuando están sometidas a su tensión normal.

A continuación se indica el consumo específico aproximado de los diversos tipos de lámparas de empleo más común en la Armada.

L Á M P A R A S			Consumo máximo en watts por bujías internac. correspondiente a:	
Filamento metálico	Watts	Volts	Intensidad lumí- nosa esférica media	Intensidad lumí- nosa horizontal media
Derecho, en vacío .....	25	65 y 80	—	1,20
Derecho, en vacío .....	40	65 y 80	—	1,10
Espiral, en vacío .....	25	110	1,30	—
Espiral, en vacío .....	25	220	1,40	—
Espiral, en vacío .....	40	110	1,35	—
Espiral, en vacío .....	40	220	1,40	—

L Á M P A R A S			Consumo máximo en watts por bujías internac. correspondiente a:	
Filamento metálico	Watts	Volts	Intensidad lumi- nosa esférica media	Intensidad lumi- nosa horizontal media
Espiral, en gas .....	60	110 y 220	1,20	—
Espiral, en gas .....	100	110 y 220	1,10	—
Espiral, en gas .....	200	110 y 220	0,90	—
Espiral, en gas .....	300	110 y 220	0,85	—
Espiral, en gas .....	500	110 y 220	0,80	—
Espiral, en gas .....	1000	110 y 220	0,70	—
Espiral, concentrado en gas (proyectores) .....	500	110 y 220	0,75	—

**Nota.**—En los valores de los consumos específicos dados en la tabla precedente, se admite una tolerancia del 8 % en más para las lámparas de vidrio claro, y de 10 % en más para las esmeriladas.

**209.—Vida de las lámparas.**— Según la definición oficialmente adoptada en la Armada, se denomina “**vida**” de las lámparas de filamento de carbón al tiempo en horas que tartan en disminuir en 20 % su intensidad luminosa original. Para las de filamento metálico, se llama “**vida**” al tiempo en horas que tarda su filamento en quemarse.

En ambos casos se entiende que la lámpara haya estado sometida a su tensión normal, pues la duración varía grandemente según que el voltaje de alimentación sea mayor o menor que el de régimen. El aumento de tensión acorta rápidamente la vida de las lámparas.

Como promedio de la duración de los diversos tipos de lámparas, pueden aceptarse los siguientes valores, reglamentarios en la Armada:

Filamento metálico	Watts	Tensión	Duración mínima en horas
Derecho .....	25 y 40	65 y 80 V.	1100
Espiral o derecho .....	25 y 40	110 V.	1100
Espiral o derecho .....	25 y 40	220 V.	1100
Espiral .....	60	110 y 220 V.	900
Espiral .....	100	110 y 220 V.	850
Espiral .....	200	110 y 220 V.	800
Espiral .....	300	110 y 220 V.	700
Espiral .....	500 y 1000	110 y 220 V.	650
Espiral proyectores .....	500	110 y 220 V.	450

**210.—Portalámparas.**—Son los dispositivos destinados a soportar la lámpara y conectarla a la red de alimentación. En la figura 170 se representa seccionando un portalámpara en rosca normal Edison, cuyo tipo es de empleo reglamentario en la armada. Consta esencialmente de una base *h*, de porcelana, sobre la cual van fijados el soporte roscado de latón *c*, y el tope

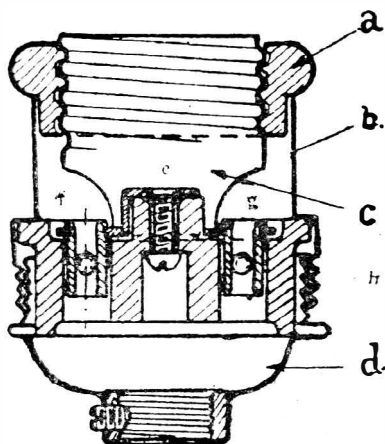


Fig. 170

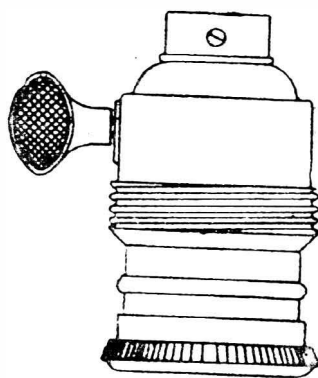


Fig. 171

o contacto e, del mismo material, aislados entre sí. Los conductores de alimentación se conectan en los terminales f y g, los cuales están en comunicación, respectivamente, con el tope e y con el soporte c; de modo que al roscar la lámpara en el portalámpara hasta que su base llegue al fondo, el filamento de ella viene a quedar conectado a los dos polos de la línea de alimentación, por intermedio de los terminales del portalámpara. En dicha figura, a es un aro de porcelana, b una vaina metálica protectora y d el culote que sirve para fijar el portalámpara sobre el brazo o base de soporte.

Para desconectar la lámpara bastaría destornillarla parcialmente del portalámpara; pero ese procedimiento no es aconsejable porque la chispa

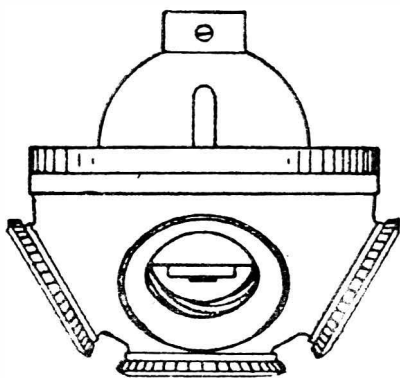


Fig. 172

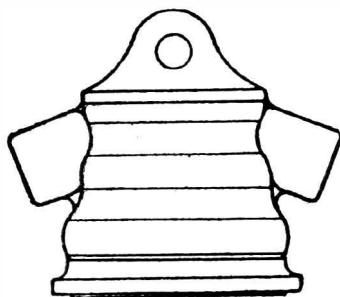


Fig. 173

que se produce al cortar el circuito quema las piezas de contacto. Por ello se emplean ya sea interruptores separados o bien portalámparas con llave, como el que se presenta en la figura 171.

Además de los portalámparas de rosca Edison normal, se emplean en la Armada los de rosca Goliat y Mignon, correspondientes a las lámparas dotadas de esos tipos de bases. Las primeras son las intensivas de 300 watts o más; y las segundas son para las lamparitas de adorno o de tipo especial para la iluminación de aparatos indicadores.

En la figura 172 se muestra un soporte múltiple, constituido por seis portalámparas de rosca Edison normal. Tal soporte es del tipo utilizado en la armada para las pantallas de varis luces.

La figura 173 representa un portalámpara de porcelana para instalaciones a la intemperie. El está provisto de pipetas para la entrada de los conductores, así como también de un apéndice superior para la suspensión.

**211.—Conexión de las lámparas incandescentes.**—En la gran mayoría de los casos las lámparas incandescentes se instalan en derivación, como se indica esquemáticamente en la figura 174.

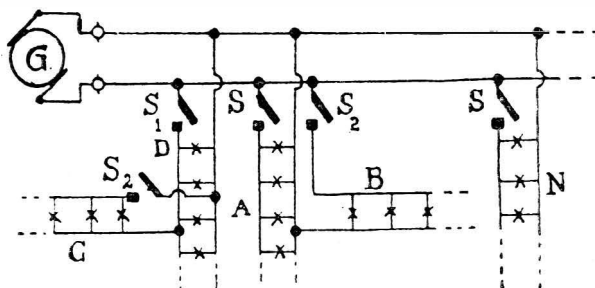


Fig. 174

Sólo en casos especiales se instalan lámparas incandescentes en serie; tal como se ve, por ejemplo, en los coches de tranvía, en que la tensión de alimentación es generalmente de 500 volts, y entonces se unen en serie un número conveniente de lámparas de bajo voltaje, las que ofrecen la ventaja de una mayor solidez del filamento.

También en muchas instalaciones de alumbrado público por medio de lámparas incandescentes de gran intensidad luminosa (1000 a 3000 bujías), se emplean lámparas de baja tensión (5 a 55 volts) con las cuales se forman grupos en serie, constituidos por un número mayor o menor de lámparas, según la tensión de la red de alimentación.

Como se ve en la figura 174, en los conductores principales empalman derivaciones primarias, tales como **D**, **A**, **N**, etc., en las que se puede hacer entrar la corriente por medio de las llaves **S**, **S**<sub>1</sub>; cada derivación puede corresponder a un local diferente. En esos ramales primarios **D** y **A**, se empalman otros secundarios, tales como el **C** y el **B**, cuyos circuitos se cierran también por medio de llaves **S**<sub>2</sub>, **S**<sub>2</sub>. Según sea la disposición de las llaves **S**<sub>1</sub> y **S**<sub>2</sub>, se obtienen resultados distintos; así, por ejemplo, en el grupo **D**, si está cerrada **S**<sub>1</sub>, se pueden esconder o apagar las lámparas **C**, pero si **S**<sub>1</sub> está abierta, las lámparas **C** estarán forzosamente apagadas. Por el contrario, en el ramal secundario **B**, la circunstancia de estar la llave **S**<sub>2</sub> conectada directamente con el conductor principal, hace que los grupos **A** y **B** sean absolutamente independientes uno de otro.

En una misma derivación pueden montarse en serie dos lámparas fabricadas para una tensión mitad de la de la red; así, entre dos conductores a 220 volts pueden instalarse en serie dos lámparas de 110 volts. En este caso se encienden y se apagan simultáneamente.

**LAMPARAS DE ARCO Y PROYECTORES**

---

**212.—Lámparas de arco.**—En el párrafo 39 describimos el arco voltaico, o sea el efecto luminoso producido por el pasaje de la corriente entre las puntas de dos carbones a los que se separa unos milímetros después de haberlos puesto en contacto.

Los carbones se queman lentamente y su distancia aumenta hasta que, alcanzando cierto límite, la corriente deja pasar y el arco se apaga.

Es decir, pues, que para poder utilizar la luz del arco, es preciso que los carbones mantengan entre sí una distancia constante, a pesar de la combustión. Los diferentes aparatos utilizados para producir automáticamente tal resultado se llaman “**lámparas de arco**”.

**213.—Clasificación de las lámparas de arco.**—Una lámpara de arco debe poder realizar automáticamente las operaciones siguientes:

1º—Acercar los carbones hasta ponerlos en contacto, al encender.

2º—Separarlos inmediatamente para que se forme el arco.

3º—Mantener los extremos de los carbones a distancia invariable, durante el funcionamiento.

4º—En ciertos casos, mantener el arco en un punto fijo, moviendo simultáneamente ambos carbones.

Tales resultados se obtienen simultáneamente mediante diversos mecanismos accionados por la corriente.

De acuerdo con el principio en que se funda su funcionamiento, las lámparas de arco industriales pueden clasificarse en tres grupos:

1—Lámparas “**en serie**”.

2—Lámparas “**en derivación**”.

3—Lámparas “**diferenciales**”.

**214.—Lámparas de arco de regulación en serie.**—En la figura 175, se representa esquemáticamente una lámpara de este tipo. Las dos pinzas que soportan los carbones positivo y negativo penden de una cinta metálica o cadenilla, que pasa por una polea **P**. El porta-carbón superior está fijo a

un núcleo de hierro **n**, que se introduce en el carrete **S**, formado por un enrollamiento de alambre lo suficientemente grueso como para que circule por él, sin calentarlo, la totalidad de la corriente que consume la lámpara. Tal

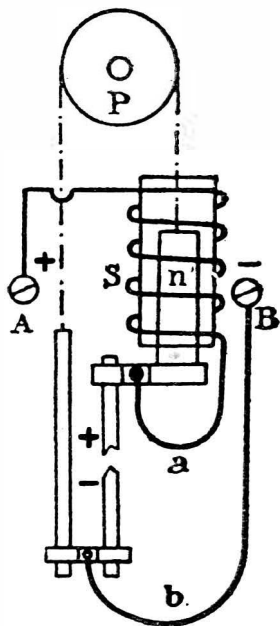


Fig. 175

enrollamiento está en serie con los carbones. Las conexiones se realizan mediante los conductores flexibles **a** y **b**. El peso del núcleo **n** es suficiente para que los carbones se pongan en contacto cuando se apaga la lámpara; y está regulado de tal modo, que equilibra la atracción que se sufre hacia arriba cuando por las espiras **S** pasa la corriente normal.

Supongamos ahora que se cierra el circuito: la corriente entra por el terminal **A**, sigue por el carrete **S**, y pasa del carbón superior al inferior; la enérgica corriente que circula por las espiras produce un campo magnético intenso, que levanta el núcleo **n**, separando así los carbones, entre cuyas puntas se forma el arco; luego, a medida que por la combustión va aumentando la distancia entre los carbones, la corriente va disminuyendo, hasta que llega el momento en que el peso del núcleo vence la atracción de las espiras, y acerca los carbones; con ello la corriente aumenta

de nuevo, vuelve a levantar algo el núcleo, hasta que se obtiene automáticamente el equilibrio, manteniéndose los carbones a distancia conveniente para formar un buen arco.

Un mecanismo de esta clase, si está bien construido, debe poder regular el arco sin variaciones demasiado pronunciadas en la separación de los carbones, de modo que la corriente sea prácticamente constante, con lo que se evitan las bruscas fluctuaciones de luz.

Cuando se corta la corriente, el núcleo vuelve a poner los carbones en contacto y la lámpara queda lista para encenderse de nuevo.

Las lámparas de arco comunes requieren, para su buen funcionamiento, una diferencia de potencial de unos 40 a 45 volts entre sus terminales. Pero, para la regularidad de funcionamiento de la lámpara, conviene que el voltaje del dínamo o red de alimentación sea superior por lo menos en 20 volts al requerido por la lámpara, absorbiéndose la diferencia por medio de una resistencia adicional a la que en propiedad podría llamarse “estabilizadora”.

Tal resistencia adicional es necesaria a causa de que la resistencia eléctrica que presenta el enrollamiento de la lámpara es muy pequeña, comparada con la del arco, o sea, la del conductor gaseoso que media entre los carbones cuando está formado el arco. Ahora bien, si fuese muy pequeña la resistencia comprendida entre el dínamo y la lámpara, bastarían pequeñas variaciones en la longitud del arco (y por tanto en la resistencia que él ofrece), para producir cambios bruscos en la corriente. Los carbones se moverían a saltos, encendiéndose y apagándose la lámpara con intermitencias. Además, se produciría un corto circuito cada vez que se pudiesen en contacto los carbones, y con ello pasaría por la lámpara una corriente de excesiva intensidad que podría inutilizarla.

**215.—Lámparas de regulación en derivación.**—Este tipo de lámpara, que se representa esquemáticamente en la figura 176, está provista de una bobina **S**, de hilo fino y de gran número de espiras, conectada en derivación entre los terminales **A** y **B**.

La corriente que recorre dicha bobina, y por tanto también la atracción que ésta ejerce sobre el núcleo **n**, depende de la diferencia de potencial entre los terminales **A** y **B**, la que varía según la longitud del arco; o sea, según la distancia a que se encuentren las puntas de los carbones.

El mecanismo está regulado para mantener prácticamente constante un arco de cierta longitud. Si ésta aumenta, al quemarse los carbones, crece la diferencia de potencial entre los terminales **A** y **B**, y con ello aumentará la corriente que circula por la bobina; ésta ejercerá mayor atracción sobre el núcleo **n**, y al levantarlo, aproximará los carbones acortando el arco, disminuyendo de nuevo la diferencia de potencial entre **A** y **B**; con lo que decrecerá la corriente en la bobina, el núcleo será menos atraído y se restablecerá ese equilibrio.

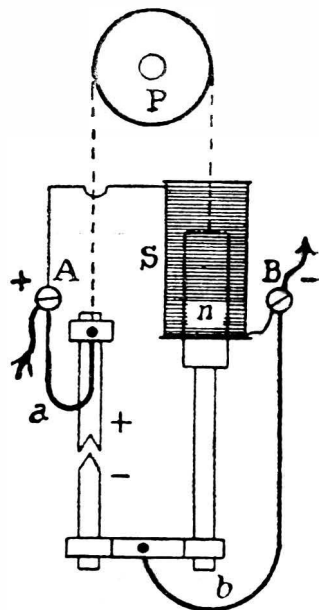


Fig. 176

De lo dicho, se desprende que la regulación de la lámpara en derivación se basa en la variación de tensión en sus terminales.

Al revés de lo que pasa con las lámparas de regulación en serie, las de regulación en derivación pueden ser acopladas varias de ellas en serie. Conviene también para regularizar el funcionamiento intercalar una resistencia que absorba unos 20 vols. cuando la recorra la corriente normal.

**216.—Lámpara de regulación diferencial.**—Esta lámpara figura 177, reúne ambos enrollamientos, o sea en serie ( $S_1$ ) y en derivación ( $S_2$ ). Los dos núcleos  $n_1$  y  $n_2$  penetran respectivamente en los dos carretes, y con su movimiento modifican la posición de los carbones.

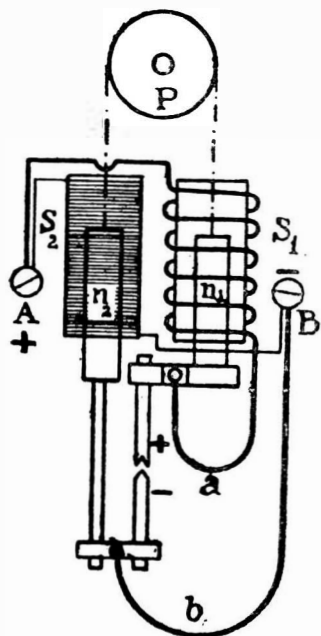


Fig. 177

Supongamos que éstos estén en contacto cuando la lámpara está apagada. Al conectarse el circuito, para una corriente intensa por  $S_1$  y el núcleo  $n_1$  es atraído, separándose los carbones, formándose el arco.

Si los carbones no se tocan cuando se conecta el circuito, la corriente pasa sólo por la bobina en derivación  $S_2$ ; el núcleo  $n_2$  es atraído y pone en contacto los carbones, en cuyo instante pasa una corriente intensa por  $S_1$ , y sucede lo que se dijo antes.

La longitud del arco quedará, pues, comprendida dentro de ciertos límites; si crece demasiado, la acción de la bobina en derivación  $S_2$ , prevalece y se acercan los carbones; si en cambio el arco se hace demasiado corto, domina la acción de la bobina en serie  $S_1$ , produciendo el alejamiento de los carbones; o sea, el alargamiento del arco.

De lo que se ha dicho se desprende que la lámpara diferencial actúa a la vez como lámpara serie y derivación; o sea, que regula a la vez por la variación de corriente y por variación de tensión.

También la lámpara diferencial requiere que se intercale una resistencia en serie para estabilizar el funcionamiento.

No hay inconveniente alguno en acoplar en serie entre sí un número cualquiera de lámparas de regulación diferencial.

**217.—Carbones para lámparas de arco.**—Estos carbones son de fabricación especial y están constituidos esencialmente por carbón de retorta, libre de toda impureza y reducido a polvo impalpable; a este polvo se añade

negro de humo, alquitrán y otras sustancias, formándose con la mezcla una pasta homogénea y consistente, que se comprime luego a gran presión, dándole la forma de cilindros de diámetro y longitud conveniente, los que se endurecen luego cociéndolos en hornos especiales.

Los carbones de buena calidad son duros, tienen sonido metálico y sus cenizas tienen un color gris uniforme.

Los carbones positivos se fabrican con “**mecha**” o “**ánima**”; esto es, presentan en su eje un conducto cilíndrico relleno de una pasta de grafito más conductor que el carbón, la que se quema un poco más rápidamente, contribuyendo a que el extremo del carbón positivo se ahueque formando un “**cráter**”, que refleja la luz con más intensidad y fijeza. En ciertos casos la mecha o ánima está constituida por sales metálicas que al volatizarse aumentan considerablemente el brillo del arco.

El diámetro de los carbones depende de la intensidad de la corriente. Para 4 a 25 amperes, el diámetro del carbón positivo varía entre 8 y 20 mm.; el del negativo es menor. Teniendo ambos carbones la misma sección, el positivo se consume con rapidez más o menos doble que la del negativo.

En las lámparas de 8 amperes el positivo tiene unos 12 mm. de diámetro y el negativo, unos 8 mm.

**218.—Longitud del arco.—Tensión en los terminales.**—Para cada intensidad de corriente, corresponde una cierta longitud del arco con la cual la luz es regular y estable. A continuación (Tabla VI) damos algunas de esas longitudes aproximadas:

TABLA VI

Intensidad en Amperes	Arco en Milímetros	Intensidad en Amperes	Arco en Milímetros
6	2	20	4,5
8	2,5	30	5
10	3	50	7
16	4	75	9

La diferencia de potencial en los terminales de la lámpara es también variable, según la corriente. Así por ejemplo, una lámpara de 4 amperes requiere alrededor de 40 volts de tensión; una de 8 amperes, de 42 a 45 volts; una de 80 amperes, alrededor de 55 volts.

**219.—Instalación de lámparas de arco.**—En la figura 178-1 se representa un grupo de 6 lámparas de arco acopladas en serie, teniendo intercalada una resistencia adecuada **R** y un interruptor general **S**.

Para apagar cualquiera de esas lámparas, sería preciso sustituirla por una resistencia equivalente; por esa causa, el montaje en serie sólo se emplea en el caso en que las lámparas estén destinadas a funcionar todas simultáneamente.

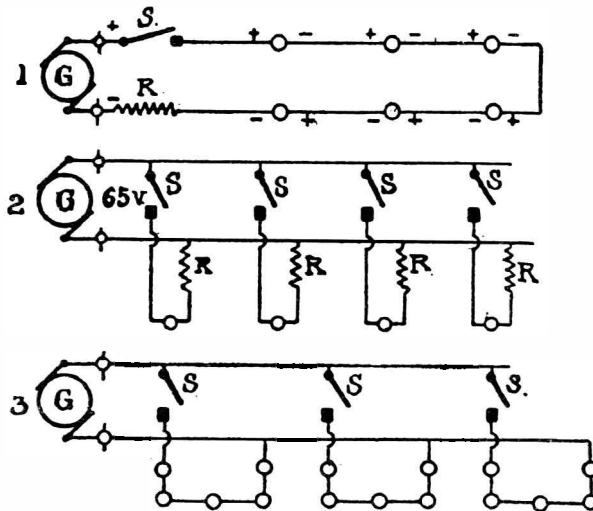


Fig. 178

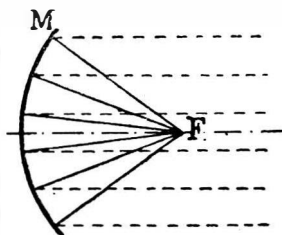
Por lo general cada lámpara de arco lleva un dispositivo que la reemplaza automáticamente por una resistencia cuando el arco se interrumpe por cualquier motivo.

Las lámparas de regulación en serie no son adecuadas para agrupar en serie; para ello se prefieren las en derivación o las diferenciales, que son más independientes unas de otras.

En la figura 178-2, se muestra un grupo de lámparas instaladas cada una en derivación entre los dos conductores de la línea de alimentación. Esta instalación permite encender o apagar cada lámpara separadamente. Pero, a pesar de ello, este montaje no es conveniente, pues para obtener regularidad de funcionamiento del arco, es preciso que el voltaje de alimentación sea de unos 65 ó 70 volts, intercalándose con cada lámpara una resistencia para reducir el exceso de tensión; y con ello se consume una buena cantidad de energía, que se pierde sin provecho en efecto Joule, o sea en forma de calor desarrollado en dicha resistencia.

Por esa causa es preferible, siempre que sea posible, instalar en derivación grupos de 4 ó 5 lámparas acopladas entre sí en serie, como muestra la figura 178-3, de manera que la suma de sus tensiones sea prácticamente igual al voltaje de la red de alimentación. En tal caso ya no es necesario intercalar ninguna resistencia apreciable, pues el grupo funciona con suficiente estabilidad.

**220.—Proyectores.**—Un proyector es un aparato destinado a producir un haz luminoso intenso y de gran alcance. Para obtener este resultado se emplea una fuente luminosa de gran poder (casi exclusivamente el arco voltaico), cuyos rayos son reflejados por un espejo cóncavo. La forma de éste es tal que, si la luz está ubicada en un punto **F** del eje del espejo, llamado “foco”, los rayos se reflejan formando un haz paralelo al eje, figura 179.



179 179

**221.—Espejos de proyectores.**—La casi totalidad de los espejos de proyectores que se utilizan son de cristal. En algunos casos muy especiales, se emplean espejos metálicos, tales como los que tienen los proyectores de nuestros cañoneros “Rosario” y “Paraná”.

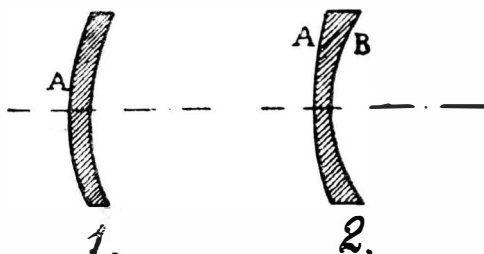


Fig. 180

En los espejos de cristal la superficie cóncava **A**, figura 180, está plateada, y es esta superficie la que refleja los rayos luminosos emitidos por el arco.

Con respecto a la curvatura de la superficie reflectora, los espejos de proyectores se dividen en dos clases: “**parabólicos**” y “**esféricos**”.

En los primeros, figura 180-1, que son los que se usan casi exclusivamente en nuestra Armada, la superficie **A** es parabólica y el espesor del vidrio es uniforme. En los del segundo tipo, figura 180-2, las caras **A** y **B**, son superficies esféricas de diferente radio, y el vidrio viene a tener menos espesor hacia el centro que en la periferia.

**222.—Lámparas de proyectores.**—El sistema regulador de las lámparas de proyectores debe no solamente formar el arco y conservarlo de largo constante, sino a la vez mantenerlo en el foco del espejo, para que así los

rayos luminosos sean reflejados en haz paralelo, sin excesiva dispersión que disminuiría su alcance.

En los proyectores los carbonos van dispuestos horizontalmente, con el cráter del positivo frente al espejo, de modo que éste reciba el máximo de luz emitida, tanto por el arco mismo como por la superficie incandescente del cráter. El negativo se hace de diámetro inferior al positivo, tanto por su menor desgaste, como para que no intercepte en mucha proporción la luz procedente del positivo.

En la figura 181 se representa esquemáticamente el dispositivo regulador que constituye la lámpara del proyector. En ella, **C** y **C'** son, respec-

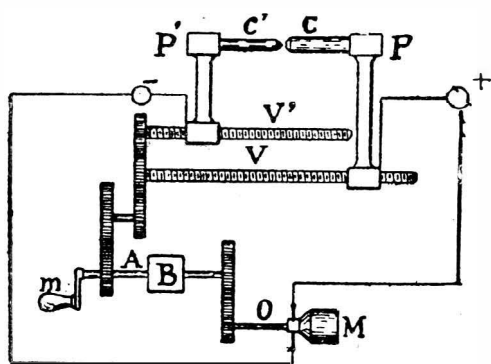


Fig. 181

tivamente, los carbonos positivo y negativo, los que están soportados por los portacarbones **P** y **P'**. Estos pueden desplazarse horizontalmente por medio de los tornillos **V** y **V'**, cuyas roscas son de paso contrario y de medidas tales que, al girar, hacen avanzar los carbonos aproximadamente en la proporción en que ellos se consumen; de manera que el arco viene siempre a quedar aproximadamente en un punto fijo, que es el foco del espejo.

Tales tornillos reciben el movimiento por medio de un sistema de engranajes, al que puede transmitírsele ya sea a mano, con la manivela **m**, o bien automáticamente por medio del eje **O**, accionado por un dispositivo regulador que se basa en el mismo principio que el de las lámparas de arco diferenciales (parágrafo 216). Lo mismo que en éstas, hay una bobina en serie con el arco, cuya misión es alejar los carbonos; y una en derivación, encargada de acercarlos. La primera actúa por efecto de la corriente total de la lámpara, que la recorre. La segunda, en cambio, ejerce su acción según sea la tensión entre los carbonos del arco.

De la forma en que el mecanismo esté graduado y ajustado depende el grado más o menos preciso con que el sistema efectuará la regulación y mantendrá un arco fijo y tranquilo.

En los proyectores de pequeño diámetro, en que los carbonos son de tamaño reducido, el desplazamiento de los porta-carbones lo efectúan directamente las bobinas y engranajes. En los de mayor tamaño, en cambio, en

los cuales los carbones y porta-carbones son más grandes y pesados, se les acciona por medio de un pequeño motor, el cual a su vez es controlado por el mecanismo de bobinas diferenciales de que hemos hablado.

En uno u otro caso, el principio de regulación es el mismo; ya sea que las bobinas accionen directamente los porta-carbones, o bien que lo hagan indirectamente por medio de un motoreito.

**223.—Sistema regulador de un proyector Siemens-Schuckert.**—A continuación describimos uno de los sistemas modernos de regulación Siemens-Schuckert, cuyo esquema damos en la figura 182.

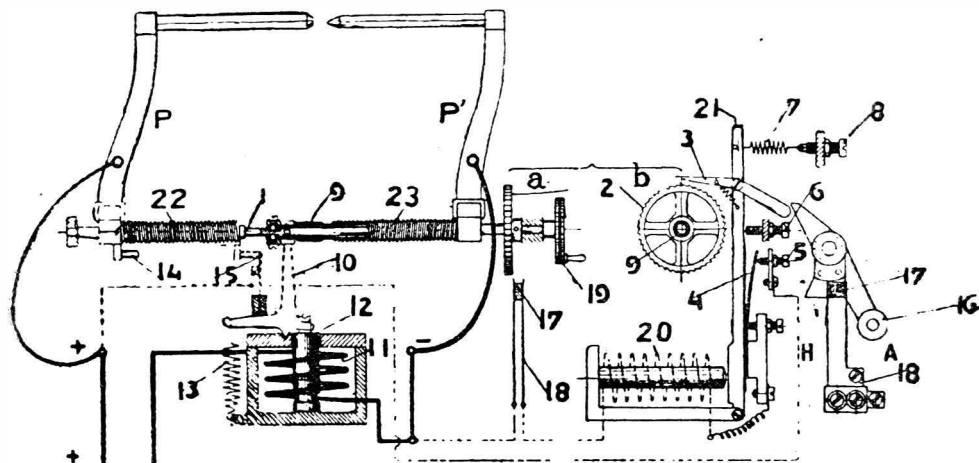


Fig. 182

El mecanismo permite la regulación a mano por medio del pequeño volante (19), o bien automáticamente, mediante la acción del sistema diferencial constituido por la bobina en serie (11), la en derivación (20) y demás dispositivos accesorios que mencionaremos.

Los Porta-carbones (P y P') están provistos de una base fileteada, en la que roscan los tornillos huecos, de paso opuesto (22) y (23), enchavetados sobre el eje (1) y de los cuales el (23) puede desplazarse longitudinalmente sobre dicho eje, bajo la acción del manguito (9) movido por la palanca (10).

Supongamos que por medio del volante (19) hemos acercado los carbones hasta ponerlos en contacto, dejando luego en acción el mecanismo automático de regulación. Entonces ésta se realizará así: estando en contacto los carbones, la bobina en serie (11), que estará recorrida por una corriente

intensa, atraerá la armadura móvil (12), unida a la palanca (10); ésta, por medio del manguito (9), hará correr hacia la derecha, sobre el eje (1) al tornillo (23) y con él se desplazará el porta-carbón negativo (P'); las puntas de los carbones se separarán, formándose el arco.

Ahora bien, a medida que, por la combustión de los carbones, el arco se va alargando, se hace cada vez mayor la diferencia de potencial entre los terminales (+) y (—) de la lámpara, de los cuales deriva la bobina (20), cuya función es producir el acercamiento de los carbones; para lo cual acciona la rueda dentada (2), que se ve de perfil en (a) y de frente, para mayor claridad, en (b).

La bobina (20), atrae a su armadura (21) que es movable sobre su extremo inferior. Esta, al ser atraída, hace avanzar la palanquita (3) sobre los dientes de la rueda (2); pero al desplazarse dicha armadura (21), se corta el contacto entre la lámina (4) y el tronillo (5), y con ello se interrumpe el pasaje de corriente en la bobina (20), y entonces el resorte (7) vuelve a la armadura (21) a su posición primitiva, y con ella a la palanca (3), cuyo diente, engranado en la rueda (2), la hace girar hacia la derecha, y con ella también al eje (1) y a los tornillos (22) y (23), los que se moverán en el sentido de acercar los carbones.

Vuelta la armadura (21) a su posición primitiva, (4) hace de nuevo contacto con (5); la corriente en la bobina (20) se restablece; ésta vuelve a atraer la armadura, gira otro poco la ruedita, acercando los carbones, y así sucesivamente, hasta que se haya cortado el arco en la proporción conveniente. La regulación de éste depende, pues, de la acción diferencial o contraria de las dos bobinas; que, como dijimos, se ejerce en el sentido de alejar los carbones la en serie, y de acercarlos la en derivación.

En el circuito de esta última hay dos puntos (17) y (15) en los cuales se puede interrumpir la corriente que la alimenta. En el punto (17) la rueda (2) produce la interrupción separando las láminas (18) cuando los carbones ya están muy próximos. En (15) el tope (14) corta también la corriente a la bobina (20) cuando, por haberse quemado ya casi enteramente los carbones, los porta-carbones se han aproximado ya casi hasta el extremo de su recorrido.

#### **224.—Regulación de los proyectores Siemens-Schuckert de 110 ctsm.—**

A continuación describimos el sistema de regulación empleado en los proyectores Siemens-Schuckert de 110 ctsm., de que están dotados nuestros acorazados "Rivadavia" y "Moreno".



a la bobina de campo serie (1) del motorcito (M); luego por (A) y (T) a la bobina de campo en derivación (3), a la que recorrerá, volviendo al polo (—) del generador; desde el punto (2) a (4), de donde pasará al doble contacto (5) y (6); de (4) también a las bobinas de relé (11) y (12) y a la reguladora en derivación (13) a la que recorrerá, volviendo al polo (—) del generador.

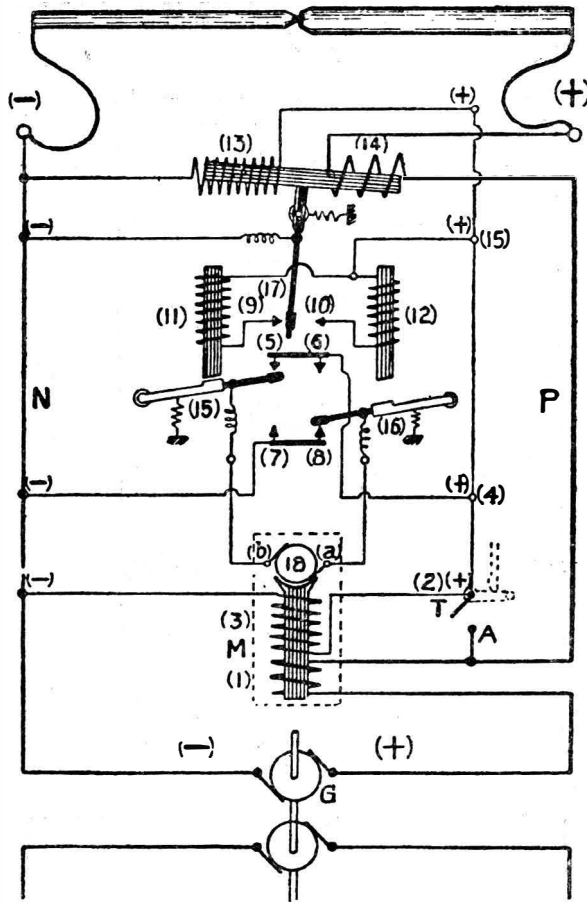


Fig. 184

Cuando pasa corriente por la bobina (13), ella atrae su armadura, y ésta, por medio del brazo de palanca (17) establece contacto en (10), completando el circuito de la bobina (12), la que a su vez, atrayendo a su armadura de palanca (16), cierra el contacto en (6), con lo que la corriente que

por (4) viene del polo (+) del generador, pasa a la escobilla (a), al inducido (18), lo recorre, sale por la otra escobilla (b) y por (15) y (7) y vuelve al polo (—) del generador. Ahora bien, como el campo en derivación del motor (M) ya estaba excitado por el pasaje de corriente en la bobina (3), resulta que al circular corriente por el inducido (18), éste se pone en mo-

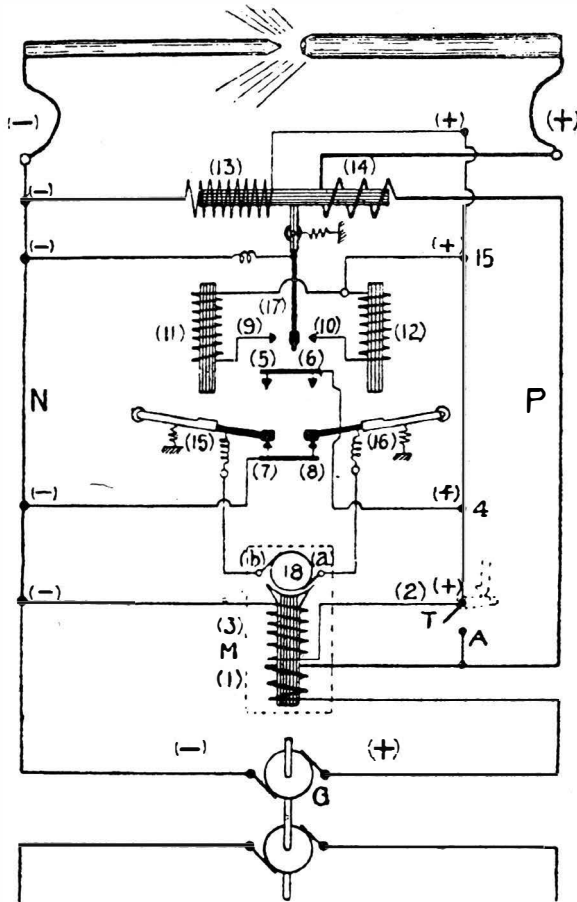


Fig. 185

vimiento y mediante la conexión mecánica correspondiente, produce el acercamiento de los carbones, hasta ponerlos en contacto, como se ve en la figura 184.

Cuando eso sucede, se establece en el circuito constituido por los carbones y las bobinas en serie (1) y (14) una corriente muy intensa; por efecto

de la cual la atracción de la bobina reguladora (14) predomina sobre la de la (13), y la armadura móvil es atraída en forma que cortando el contacto que mantenía en (10), figura 183, lo establece en (9), figura 184.

Con ello alimenta a la bobina (11); y la (12) suelta a la palanca (16), que por la acción de un resorte hará contacto en (8). En tales condiciones, la corriente que procede del polo (+) del generador, pasará por (4) al contacto (5) y de allí, por la palanca (15), entrará al inducido (18) por el porta-escobilla (b); y saliendo por (a) irá por (16) y (8) al polo (—) del generador; o sea, en otros términos, se habrá invertido en el inducido (18) el sentido de la corriente; y con ello, invirtiéndose también el movimiento, el motor procederá ahora a alejar los carbones, formando el arco, como se muestra en la figura 185.

Formado el arco de longitud conveniente, de acuerdo con el ajuste que se haya dado al mecanismo, llega un momento en que las acciones de las bobinas reguladoras (13) y (14) se equilibran entre sí, y la armadura móvil de ellas toma la posición intermedia que se ve en la figura 185; de modo tal que la palanca (17) ya no hace contacto ni en (9) ni en (10), cortando así la corriente de alimentación al inducido del motor, el cual se detendrá y permanecerá así en reposo, hasta que al alargarse el arco por el desgaste de los carbones, vuelve a entrar en acción el mecanismo regulador, en la forma que hemos descrito.

**225.—Dispersores para proyectores.**—Cuando se desea obtener en vez de un haz de luz angosto y de largo alcance, uno que abarque una zona

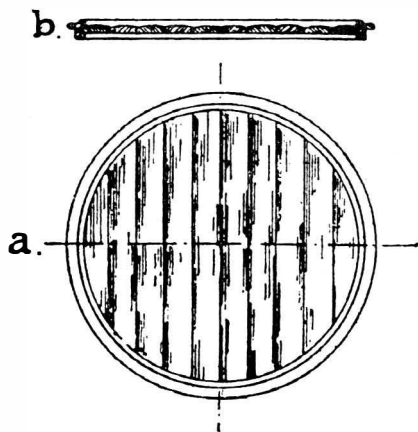


Fig. 186

amplia, en sentido horizontal, se le coloca al proyector en su extremidad delantera, el dispositivo llamado “dispersor”, figura 186-a. Este consiste en un sistema de láminas de cristal de sección plano-convexa, figura 186-b, las cuales distribuyen los rayos luminosos en un ángulo mayor o menor, según la curvatura de dichas láminas.

Quando se desea poder variar la dispersión del haz luminoso, se hace uso de un “dispersor doble”, consistente en dos dispersores simples, del tipo arriba descrito, los cuales pueden ser desplazados por medio de un mecanismo adecuado.

Su acercamiento o alejamiento recíproco determina un ángulo de dispersión mayor o menor, de los rayos luminosos, como puede verse en las figuras 187-a y 187-b.

**226.—Diafragma iris.**—Por razones militares es a veces necesario tener los proyectores listos, encendidos, pero manteniendo la luz completamente oculta. Tal resultado se obtiene mediante el empleo de diafragmas obtura-

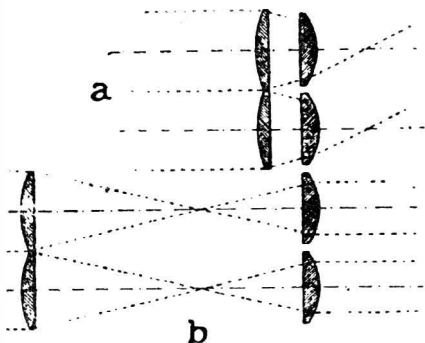


Fig. 187

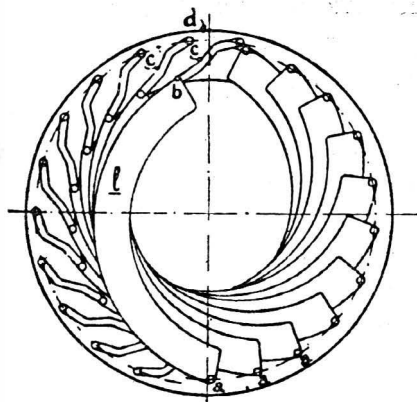


Fig. 188

dores especiales; a los que, por la semejanza de funcionamiento con el iris del ojo humano, se les ha designado con el nombre de “**diafragma iris**”.

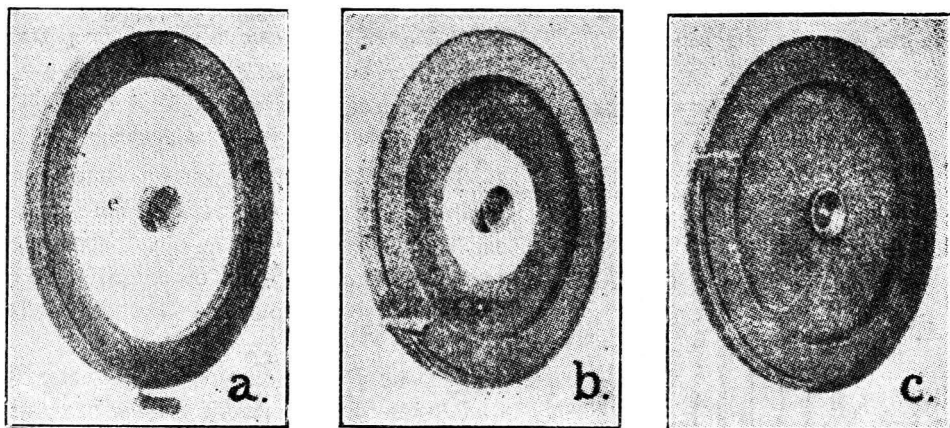


Fig. 189

Este dispositivo consiste en una serie de láminas metálicas *l*, figura 188, en forma de hoz, uno de cuyos extremos *a*, está unido a un aro fijo,

y el otro extremo **b**, va conectado por medio de un brazo **c**, a un anillo giratorio **d**, el cual se acciona mediante una manija o volante. Al girar este anillo desplaza el extremo movable de las láminas **l**, las que van reduciendo la abertura hacia el centro, conservándole siempre una forma circular, hasta cerrarla por completo alrededor de la pieza central **e**, obturando así enteramente el pasaje de la luz.

En la figura 189-a, se ve el diafragma completamente abierto; en la 189-b, está semicerrado, y en la 189-c, está cerrado por completo.

**227.—Persiana veneciana.**—Para la transmisión de señales luminosas, consistentes en emisiones e intercepciones rápidas del haz luminoso, de acuerdo con un sistema convencional (Morse), se equipa a los proyectores con

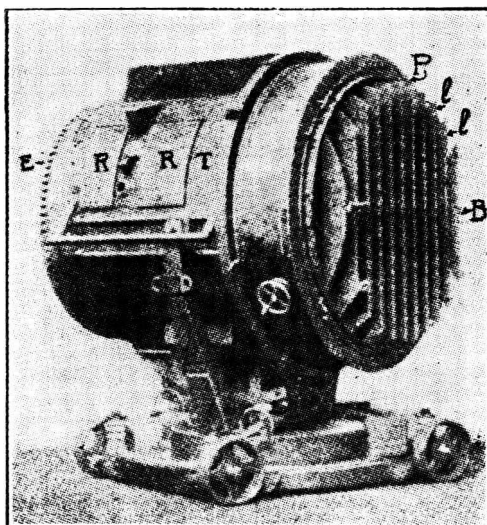


Fig. 190

una “persiana veneciana”, **P**, figura 190, colocada en la abertura delantera del tambor **T**, o caja cilíndrica del proyector. Dicha persiana, como se ve en la figura, consiste en una serie de láminas metálicas (1), movibles sobre los pivotes colocados en una de sus aristas, y accionadas conjuntamente por medio de una varilla **B**, que las une, y la cual se maniobra ya sea a mano, desde el mismo proyector, o bien a distancia por medio de un electroimán u otro dispositivo adecuado.

En la figura 190, **E** es el espejo del proyector con su armazón; **R R** son las puertas de registro del tambor; **V** es el volante con el que se manio-

bran los dispersores, y **M** es la manija para accionar el diafragma iris. **H** es uno de los dos brazos de la horquilla de soporte del tambor.

**228.—Manejo a distancia de los proyectores.**—Por razones de mayor eficacia del servicio conviene muchas veces poder manejar los proyectores desde cierta distancia, de manera de orientar el haz luminoso en una dirección determinada, sin el inconveniente que resulta por efecto del deslumbramiento de aquél sobre el operador, ubicado en su proximidad inmediata.

En los proyectores de que están dotados nuestros buques, tal resultado se obtiene mediante dos motores instalados dentro de la base del proyector; y de los cuales uno sirve para el movimiento en elevación (plano vertical), y el otro en dirección (plano horizontal).

El control de los motores se efectúa a distancia, por el sistema llamado “reostático”; o sea, mediante el empleo de resistencias que sirven a la vez para la puesta en marcha y la regulación de velocidad de los motores mencionados.

Tal sistema, como se ha constatado en el servicio de nuestros buques, está expuesto a frecuentes fallas por efecto de la humedad a que están sometidos los aparatos de que se trata, lo que se traduce en aislación deficiente, malos contactos, etc.

Para obviar tales inconvenientes, en otras marinas se ha substituído el sistema eléctrico de control de los proyectores, por el mecánico, efectuando la transmisión del movimiento por medio de cables de acero, palancas, engranajes, etc. Estos sistemas han dado buenos resultados.

**229.—Datos sobre proyectores usados en la Armada.**—En la tabla. N<sup>o</sup> VII damos los datos sobre la intensidad de corriente, tensión, dimensiones de los carbones, etc., correspondientes a proyectores de arco común, o sea no intensivos.

**230.—Proyectores con lámpara incandescente.**—El perfeccionamiento alcanzado en la fabricación de lámparas incandescentes de gran intensidad luminosa (203), ha permitido producir lámparas de 500 ó 1000 watts, cuyo filamento metálico, envuelto en espiral, está concentrado en un espacio pequeño, prestándose así a ser utilizado como fuente luminosa para proyectores de pequeño tamaño, que se emplean en la marina para el servicio de señales y en tierra para la iluminación de efecto en el exterior de edificios, anuncios luminosos, etc.

TABLA VII

## Datos sobre proyectores de arco comunes

Diámetro del espejo en centímetros	Intensidad en amperes	Tensión del arco en volts	Largo de los carbonos en m/m.	Diámetro de los carbonos en m/n.		Duración de los carbonos en horas	Diámetro en mts. del haz a 1000 mts.	Iluminación en luxs, de una superficie a:	
				(+)	(—)			1000 metros	2000 metros
45	20	43,5	135	21	15	5	48	9,5	2,13
	30	44							
	40	45							
60	40	45	210	23	16	4	44	23,9	5,35
	50	46							
	60	47							
75	60	47	210	23	16	4	46	37,8	8,5
	70	49							
	90	51,5							
90	60	42	250	33	23	4	38	54,7	12,25
	75	49							
	90	51,5							
90	100	53	250	33	23	4 a 5	48	54,7	12,25
	125	55							
	150	59							
110	150	60	410	36,5	14	6 a 7	86	86	19,25
				38	26,5				

Los proyectores de lámpara incandescente para el servicio de señales, ofrecen sobre los de arco las ventajas que derivan de su peso muy inferior, lo que les da mayor movilidad; su sencillez de funcionamiento, ausencia de mecanismos reguladores fáciles de descomponerse; consumo de corriente muy reducido, etc. En cambio el foco luminoso es menos intenso que el que se obtiene con el arco; pero las ventajas arriba mencionadas compensan este inconveniente, para aquellos casos en que, como en el servicio de señales entre buques de una misma división o escuadra, el haz producido por el proyector de incandescencia es suficiente para el objeto deseado.

Los proyectores de este tipo últimamente adquiridos para la Armada están dotados de espejo de 30 cms. de diámetro y lámparas de 500 watts.

**231.—Proyectores de arco intensivo.**—Desde la época en que se adquirieron nuestros proyectores Siemens-Schuckert de 110 ctms. la industria ha desarrollado otro tipo, de un poder aproximadamente doble que el de aquéllos. Tal tipo de proyector, al que se denomina “de arco intensivo”, ha sido adoptado por las marinas de los principales países, y también por la nuestra para sus nuevas unidades.

La diferencia esencial entre el proyector intensivo y el antiguo, consiste en que el arco de aquél emite una luz de mucho mayor brillo que la de éste; y en que ella está, a la vez, concentrada en un espacio más pequeño, por lo cual hay menos dispersión en la reflexión por el espejo, obteniéndose así un haz más paralelo y de mayor alcance.

Tales resultados se consiguen con la utilización de carbones que, para una corriente determinada, son de diámetro considerablemente menor que los de los proyectores antiguos. Dichos carbones tienen, además, un ánima o mecha formada por sales metálicas emisoras de luz, cuyo punto de volatilización es muy elevado.

En esos proyectores el carbón positivo está dispuesto horizontalmente, como en los antiguos. El negativo está inclinado, formando con el positivo un ángulo obtuso.

El cráter del carbón positivo es muy profundo (de 6 a 9 mm.), debido a la mecha de que está dotado; a la elevada densidad de la corriente en él, y también por la inclinación del carbón negativo. El resultado de todo ello es que se mantiene en forma estable dentro del cráter una porción de conductor gaseoso, de un brillo intensísimo, muy superior no sólo al que adquiere el cráter positivo del proyector antiguo, sino también al de la superficie del propio cráter del proyector intensivo.

De esa masa gaseosa incandescente es, pues, de donde emana la mayor parte de la luz emitida por ese tipo de proyector.

A fin de que el carbón positivo se queme con regularidad, conservando su cráter la concavidad deseada, se lo hace girar lentamente (unas 15 vueltas por minuto), mediante un mecanismo apropiado.

El color del haz intensivo es ligeramente azulado; y en comparación con éste, el del tipo antiguo parece amarillento.

Según experiencias efectuadas, la máxima distancia a que, con ayuda de anteojos, puede verse un blanco iluminado por uno de los proyectores antiguos, es de 4000 metros; las lecturas telemétricas sólo pueden tomarse con suficiente precisión a los 2000 metros. Con el haz intensivo, en cambio, las lecturas telemétricas pueden tomarse fácilmente a 4000 metros; y con anteojos se distingue bien el blanco a 8000 metros. Es decir, la potencia del proyector intensivo es prácticamente doble de la del antiguo.

**232.—Datos sobre proyectores intensivos.**—En la tabla que sigue (VIII) damos algunos datos sobre dimensiones de carbones, intensidad de corriente, etc., de proyectores intensivos modernos:

TABLA VIII

**Datos sobre proyectores de arco intensivo**

Diámetro del espejo en centímetros	Intensidad del arco Amperes	Tensión en el arco Volts	Dimensiones de los carbones en m/m.			
			Positivo		Negativo	
			Largo	Diám.	Largo	Diám.
60	75	55	400	11	180	9
75	120	72	900	14	350	10
90	150	75	900	16	350	11
110	150	75	500	14 a 16	310	11

=====

**INTERRUPTORES Y FUSIBLES**

**233.—Interruptores.**—Son aparatos destinados a producir la conexión o desconexión eléctrica de una línea o circuito determinado.

Los interruptores producidos por la industria son de tipo y forma variados; pero la condición esencial que deben llenar es que los contactos se establezcan con seguridad, y que las superficies entre las cuales se efectúan tengan dimensiones suficientes con respecto a la corriente que debe pasar por ellas, a fin de evitar elevaciones de temperatura anormales.



Fig. 191

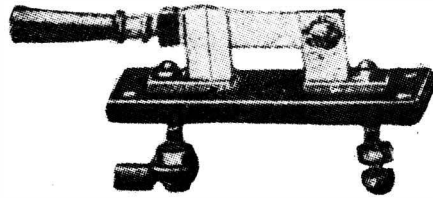


Fig. 192

En la figura 191 se representa un interruptor cerrado, del tipo más comúnmente empleado, para corriente de pequeña intensidad (5 a 10 am-

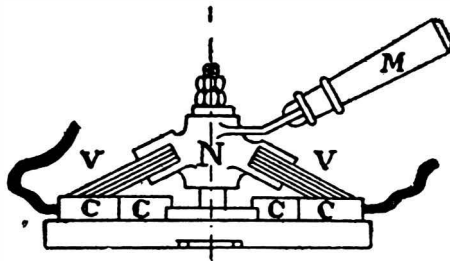


Fig. 193

peres). En la figura 192, se muestra uno de los llamados “de cuchilla”, de los que se emplean para corrientes intensas.

Otro tipo de interruptor de uso generalizado es el de la figura 193. En él los dos conductores que hay que conectar o separar, están comunicados con los blocks de cobre **C**, situados en arco de círculo sobre una base de materia aisladora; el contacto entre los blocks **C**, puede establecerse o cortarse girando por medio de la manija **M**, la pieza metálica **N**, que sirve de soporte a los dos haces **V V**, constituidos por láminas flexibles, de bronce o cobre. Estas, por efecto de su flexibilidad, producen un fuerte rozamiento sobre los blocks **C**, asegurando un contacto excelente.

Cuando los interruptores están contruídos como en la figura 194, para conectar a voluntad uno u otro circuito, se les da el nombre particular de “conmutadores”.

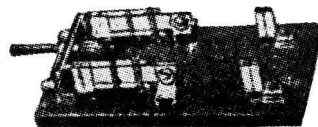


Fig. 194

Tanto los interruptores comunes como los conmutadores de uso corriente, se construyen para un polo, dos o tres; en tal caso se denominan “unipolares”, “bipolares” o “tripolares”; estando sobreentendido que las piezas de contacto correspondientes a polos distintos, están aisladas entre sí.

**234.—Interruptores para combinaciones de luces.**—En algunas instalaciones se requieren interruptores que permitan efectuar ciertas combinaciones, a fin de encender una o más lámparas de un grupo determinado.

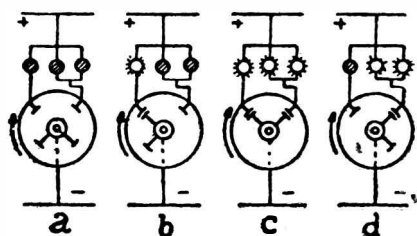


Fig. 195

A tal objeto responde el que se representa esquemáticamente en la figura 195, donde se trata de controlar tres lámparas. Girando la manija del interruptor se obtienen, respectivamente, las combinaciones indicadas en a), b), c) y d), y que son:

- a) Todas las lámparas apagadas.
- b) Se enciende una sola lámpara.
- c) Se encienden las tres lámparas.
- d) Se apaga la primera lámpara y se encienden las otras dos.
- e) De nuevo todas las lámparas apagadas.

**235.—Interruptores para controlar un grupo de lámparas desde dos lugares diferentes.**—En cada uno de los dos puntos **A** y **B**, figura 196, se

instala un interruptor dotado de 4 topes, **a, b, c, d**. Un resorte o puente, girando alrededor del centro **O**, puede unir **a** con **b**, o **c** con **d**, a voluntad **M** y **N** son los conductores de la línea de alimentación, y las conexiones se efectúan como indica la figura. Fácilmente se comprende que tanto desde **A** como desde **B**, se pueden encender y apagar las lámparas **L**.

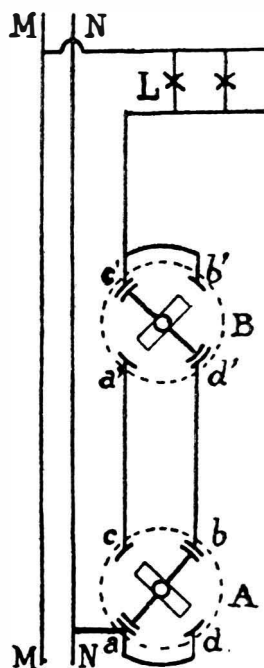


Fig. 196

**236.—Fusibles.**—Sabemos que la corriente eléctrica al circular por un conductor produce un aumento de temperatura. Si la intensidad de aquélla es excesiva, con respecto a la sección del conductor, éste puede calentarse hasta una temperatura peligrosa; ya sea para el aislamiento, o para el conductor mismo, que puede llegar a fundirse.

Para prevenir el peligro de que por una causa accidental cualquiera, la corriente llegue a tomar en una línea o circuito cualquiera un valor excesivo, se intercalan en puntos convenientes pequeños trozos de conductor más delgado, o de un metal que posea un punto de fusión más bajo, de modo que fundiéndose al llegar la corriente a un límite determinado, cortan el circuito, protegiendo así los conductores de que está formado.

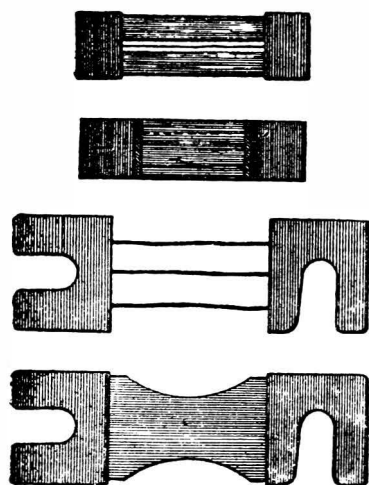


Fig. 197

Tales dispositivos, que desempeñan las funciones de verdaderas válvulas de seguridad, se designan con el nombre de “fusibles”.

El elemento fusible propiamente dicho, puede estar constituido por un simple alambre, o lámina, o bien por varios de ellos en paralelo.

En unos casos los elementos fusibles van descubiertos y sencillamente soldados a los terminales que sirven para intercalarlos en el circuito, tales como los que representa la figura 197, en cuyo caso se les designa con el nombre de “fusibles de lámina”.

En otros casos los elementos fusibles están contenidos en tapones de porcelana, como los de la figura 198, dotados de una rosca metálica adecuada,



Fig. 198

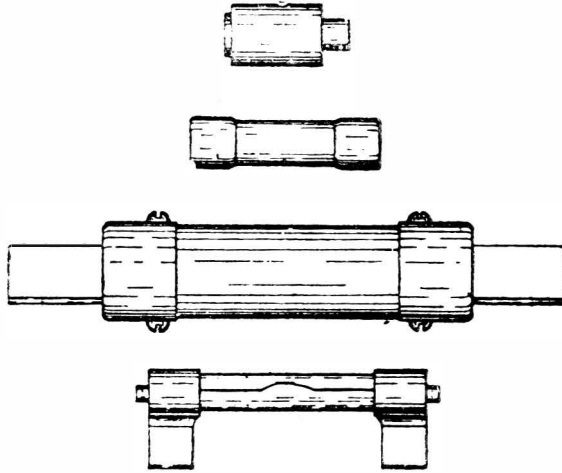


Fig. 199

da, que permite atornillarlos en la base correspondiente. Los de ese tipo se denominan “fusibles de tapón”.

En la figura 199 se muestran los “fusibles de cartucho”, en los cuales el elemento fusible está contenido en un cartucho cilíndrico de porcelana, vidrio o fibra.

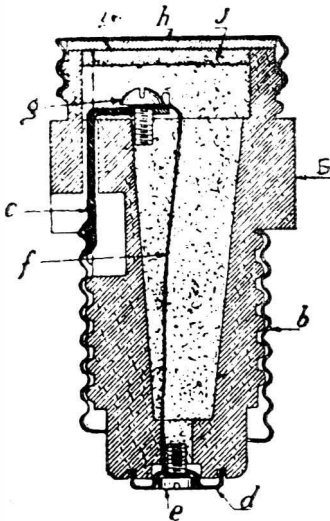


Fig. 200

**237.—Fusible de tapón.**—Este tipo de fusible, figura 200, que es de uso reglamentario en la Armada, consta de un cuerpo hueco de porcelana *a*, munido de rosca en parte de su superficie. Sobre esa superficie roscada se adapta la camisa de bronce *b*, a la que se suelda la pequeña escuadra *c*. En su parte interior se rosca el tornillo *g*, que sirve para apretar el alambre fusible *f*; el otro extremo del alambre es apretado por el tornillo *e*, que rosca en la pieza de contacto *d*, asegurada por medio de cemento al cuerpo de porcelana *a*. El alambre fusible está rodeado de arena fina, que llena el

interior del tapón, y la que está destinada a absorber el calor y la llama producidas por la fusión del mismo. La parte superior del tapón está cerrada por un disco de amianto **j**, y una tapa de bronce, roscada **h**, munida en su interior de un disco de amianto **i**.

Como se desprende de la figura, la reposición del alambre fusible en estos tapones es una operación muy fácil y ella puede efectuarse gran número de veces sin que sea necesario renovar otros elementos del tapón, el que puede así ser utilizado indefinidamente.

### 238.—Fusibles de cartucho.—

En la figura 201, se representa en sección longitudinal un fusible de cartucho de fibra, contacto de casquete, de los que son utilizados en la Armada para intensidades de 3 a 30 amperes. Consta de un tubo de fibra **a**, en cuyos extremos ajustan dos cápsulas de bronce **b**, aseguradas al tubo por unas pequeñas muescas **c**. A esas cápsulas de bronce, que sirven de terminales, se sueldan las piezas de cobre **d**, a las que a su vez va soldado el elemento fusible **e**. El cartucho está munido de un indicador de fusión consistente en un alambre-cito fino **f**, conectado por sus extremos a las cápsulas **b**, y una parte del cual

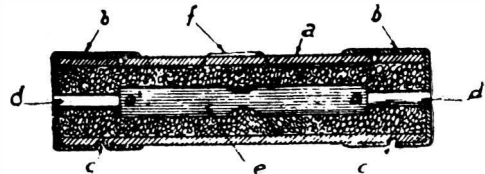


Fig. 201

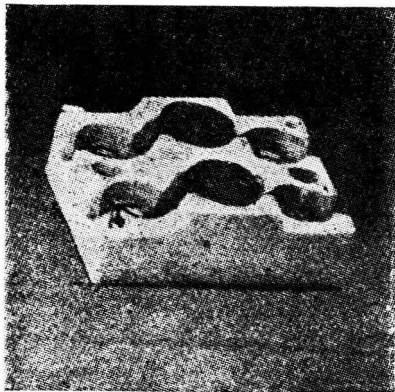


Fig. 202

pasas por el exterior del tubo bajo la etiqueta de papel de que está dotado; al quemarse el fusible este pequeño alambre también se funde; y, quemando la parte de etiqueta pegada sobre él, ofrece en el exterior del cartucho una indicación fácilmente visible de que el fusible ha sido destruído.

El interior del cartucho está relleno de una substancia porosa aisladora e incombustible, de forma granulada, destinada a absorber el calor y los gases desprendidos al efectuarse la fusión del alambre o lámina fusible.

La reposición del elemento fusible en esos cartuchos es de difícil ejecución, y, al quitar y poner las cápsulas de los extremos, el tubo de fibra es fácilmente deteriorado.

**239.—Base de fusible.**—Se llama así a un elemento fijo, como el de rosca de la figura 202, o el de cuchilla de la figura 203, destinado a servir de soporte a los fusibles para conectarlos al circuito que deben proteger.

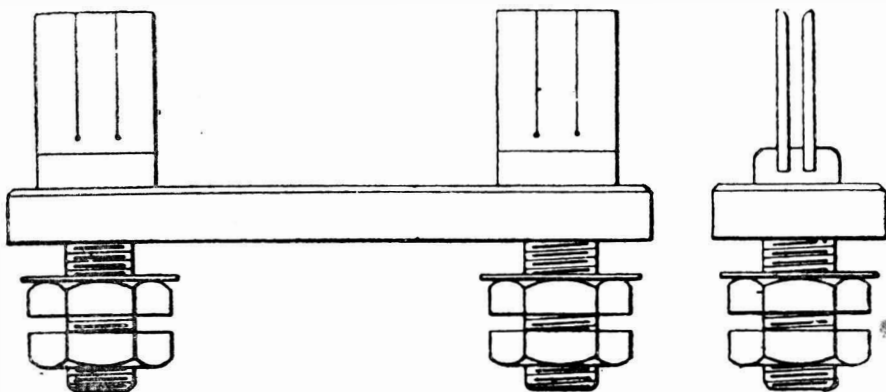


Fig. 203

**240.—Porta-fusibles.**—En algunos casos, como los de los dos primeros fusibles de cartucho representados en la figura 199, se requiere un órgano intermediario destinado a contener el cartucho y conectarlo a la base. A tal órgano se le designa con el nombre de “**porta-fusible**”.

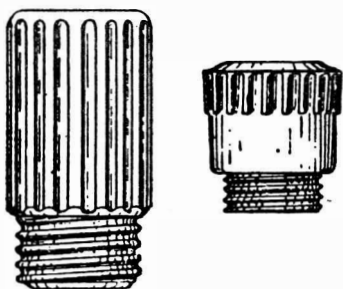


Fig. 204

En la figura 204, se muestran dos porta-fusibles de rosca, del tipo más comúnmente usado. El más grande es para fusibles de cartucho de fibra, tipo norteamericano; el más pequeño es para fusibles de cartucho de porcelana, tipo alemán.

**241.—Materiales empleados para fusibles.**—Los alambres o láminas fusibles de empleo más general, son de una aleación de plomo y estaño, o bien de plata. El empleo de la plata como fusible ofrece la ventaja de que, por su mayor conductibilidad y punto de fusión más elevado que la aleación arriba mencionada, requiere tener una sección mucho menor, para una corriente de fusión determinada; y por ello, al fundirse, la chispa y proyección de metal fundido es mucho menor.

A continuación transcribimos del “Reglamento de Conductores” vigente en la Armada, dos tablas (IX y X) conteniendo los datos sobre alambres fusibles de aleación y de plata, del tipo utilizado en nuestro servicio.

TABLA IX

**Alambre de aleación para fusibles**

Número de catálogo	Corriente de régimen en amperes	Diámetro en m/m.	Sección en m/m. <sup>2</sup>
5000	6	0,8	0,52
5001	10	1,0	0,78
5002	15	1,3	1,32
5003	20	1,5	1,76
5004	25	1,6	2,01
5005	35	1,8	2,54
5006	60	2,7	5,72
5007	80	3,5	9,62

TABLA X

**Alambre de plata para fusibles**

Número de catálogo	Corriente de régimen en amperes	Diámetro en m/m.	Sección en m/m. <sup>2</sup>
5020	0,5	0,04	0,0012
5021	1,0	0,06	0,0028
5022	2	0,08	0,0050
5023	3	0,10	0,0078
5024	4	0,15	0,0176
5025	5	0,20	0,0314
5026	8	0,25	0,049
5027	10	0,30	0,071
5028	12	0,35	0,096
5029	15	0,40	0,126
5030	20	0,50	0,196
5031	25	0,60	0,283
5032	30	0,65	0,332
5033	35	0,70	0,385
5034	40	0,80	0,503
5035	50	0,90	0,636

**242.—Corriente de régimen y corriente de fusión de elementos fusibles.**—En las tablas mencionadas figura el término “corriente de régimen” del alambre fusible. Ello significa la intensidad máxima de corriente que él puede soportar indefinidamente, sin elevación anormal de temperatura.

Se entiende por “corriente de fusión” el valor de la intensidad que provoca la fusión del elemento (alambre o lámina) de que se trata.

Tal valor de la intensidad es variable para una misma sección de alambre o lámina de un material determinado, pues la temperatura que puede alcanzar un elemento fusible, está influenciada por su largo y forma; por la masa y superficie de las piezas de contacto; y, en general, por la diversas causas que puedan facilitar o dificultar la disipación del valor generado en dicho elemento.

En la práctica se considera que, para los fusibles cerrados, la corriente de fusión es aproximadamente un 125 % de la de régimen. Para los abiertos, en cambio, se asume que es un 200 %. O en otros términos, se considera que un fusible cerrado se quema cuando la corriente excede en un 25 % a la de régimen normal; y en los abiertos cuando la supera en 100 %.

Por otra parte, cabe hacer observar que influye también grandemente en un fusible la manera como se produce el aumento de corriente, pues el resultado es bien diferente si la intensidad crece repentinamente, que si lo hace poco a poco.

**243.—Instalación de los fusibles.**—En la figura 205, se indican las posiciones donde es más conveniente instalar los fusibles. Ellas son: 1º En los puntos de arranque **P** y **N** de los conductores principales; 2º En los puntos

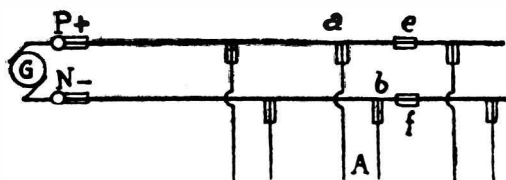


Fig. 206

de origen **a**, **b**, etc., de cada derivación; 3º En los puntos **e**, **f**, etc., en que los conductores principales de la red cambian de sección, y siempre en el origen del conductor más delgado.

Si, por ejemplo, no existiesen fusibles en el arranque de la derivación **A**, una corriente excesiva podría inutilizar los conductores de esta derivación antes que se fundieran los fusibles principales **P** y **N**; y, de llegarse a quemar éstos, interrumpirían la corriente en toda la red.

La Asociación de Electrotécnicos de Alemania ha establecido como norma el empleo de fusibles bipolares para la protección de toda línea o derivación cuya corriente normal máxima exceda de 6 amperes.

Cuando por excepción se emplearen fusibles unipolares, debe tratarse de que todos ellos estén intercalados en conductores de la misma polaridad, y preferiblemente todos sobre el positivo. En la figura 206, se ve, por ejemplo, que los fusibles  $l_1$  y  $l_3$  no protegerían los conductores  $c d$  y  $a b$  contra un aumento excesivo de corriente, si se produjera un corto circuito entre los puntos  $d$  y  $b$ ; pero, en cambio, los protegerían perfectamente si el fusible  $l_3$  se encontrara como los otros, sobre el positivo.

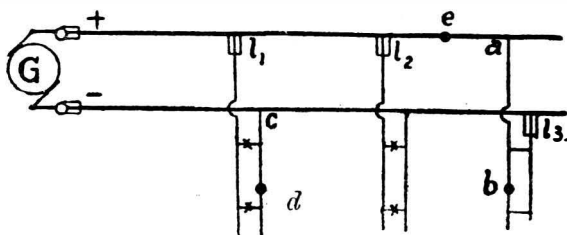


Fig. 207

Sin embargo, aun con tal precaución, los fusibles unipolares no evitan en absoluto el peligro, como puede verse en la figura 206. Pues, si el punto  $e$  del positivo se pusiera en contacto con uno  $d$ , del negativo de una derivación, podría pasar por  $c d$  una corriente excesiva.

De lo que precede se deduce que **es preferible el empleo exclusivo de fusibles bipolares.**

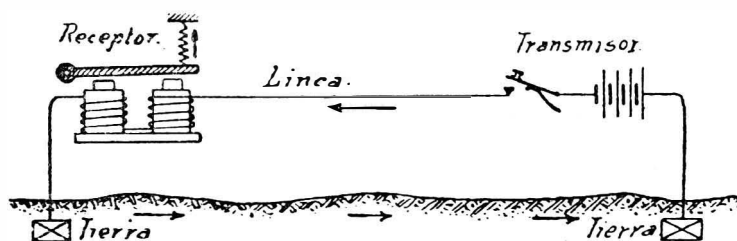
=====

## TELEGRAFO, TELEFONOS Y CAMPANILLAS

**244.—Telégrafo eléctrico.**—Los telégrafos eléctricos sirven para transmitir señales instantáneamente a gran distancia. En la figura 207 se representa en esquema una instalación telegráfica sencilla. En ella el transmisor está constituido por una batería de pilas o acumuladores y por un interruptor. El receptor lo forma un electroimán provisto de armadura móvil.

Cerrando el interruptor la corriente pasa por la bobina del electroimán y la armadura es atraída. Luego, al cortar la corriente, un resorte adecuado vuelve a la armadura a su posición primitiva; de modo que a cada movimiento del transmisor corresponde uno de la armadura, en el otro extremo de la línea; y como la corriente se propaga con una velocidad de más de 300.000 kilómetros por segundo, puede decirse que ambos movimientos son simultáneos.

La línea puede estar constituida por un hilo de ida y otro de regreso, formando así un circuito metálico continuo. En la práctica se emplea casi exclusivamente la tierra como conductor de regreso. A tal efecto, cada extremidad de la línea va conectada a una placa que se entierra en terreno húmedo para asegurar un buen contacto.



Las líneas aéreas están en la mayoría de los casos constituidas por alambre de hierro galvanizado. En algunos casos especiales se utilizan conductores de cobre o bronce.

Para las líneas subterráneas se utilizan conductores de cobre bien aislado con goma vulcanizada, cubierta luego por una vaina de plomo para asegurar la estanqueidad; y sobre la cual se envuelven en espiral dos cintas de acero galvanizado o estañado, que constituyen la protección mecánica del cable.

Para las líneas submarinas se usan verdaderos cables, constituidos por un haz de alambres de cobre, perfectamente aislado con una espesa capa de gutapercha y luego el conjunto va protegido mecánicamente por una cubierta de alambres de acero galvanizado, envueltos en espiral cerrada sobre dicho cable.

**245.—Manipulador Morse.**—La línea telegráfica que hemos representado en la figura 207, no permitiría cambiar señales, puesto que una estación sólo podría transmitir y la otra solo recibir. Para que la instalación sea completa, es preciso que cada estación posea a la vez un transmisor y un receptor. Y para que no sea necesario un conductor para las señales en un sentido, y otro para las de sentido inverso, sino que la misma línea sirva para ambos casos, se emplea el “**manipulador Morse**”, representado en la figura 208. El se compone de la palanca metálica **L**, munida de un botón de madera **B**. Dicha palanca es movable sobre el eje **O** y tiene un resorte que mantiene levantado el extremo **C**, de manera que cuando no se hace presión sobre el botón **B**, el tornillo **V** hace contacto con el terminal **D**, que comunica con un extremo de la bobina del receptor, cuyo otro extremo va conectado a tierra.

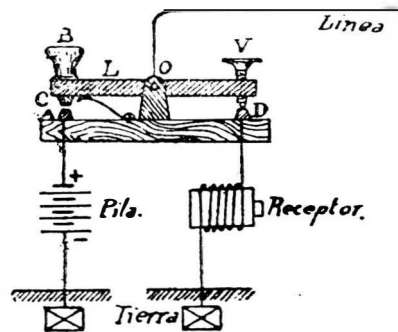


Fig. 208

Una batería de pilas comunica por uno de sus polos al terminal **A**, y por el otro a tierra.

Es fácil observar en la figura 208 que estando la palanca en su posición natural, el receptor está conectado a la línea por medio del terminal **D**, tornillo **V**, la palanca y el block **O**.

Cuando se hace presión sobre el botón **B**, se interrumpe el contacto entre **V** y **D**, y con ello entre la línea y el receptor; y en cambio al tocarse **A** con **C** se envía la corriente de la pila a la línea. Y como la otra estación está dispuesta de idéntica manera, y su manipulador está en reposo, la corriente

enviada atraviesa su receptor y produce la señal, que será de una duración mayor o menor (raya o punto), según que con el manipulador se haga un contacto más prolongado o más breve.

**246.—Receptor Morse.**—En la figura 209 se representa esquemáticamente un receptor de este tipo, y en la figura 210 se da una vista de conjunto del mismo.

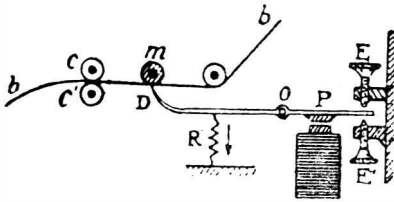


Fig. 209

El se compone esencialmente de un electroimán cuyo enrollamiento comunica por un extremo a la línea y por el otro a tierra. La armadura **P** de este electroimán está fijada a una palanquita oscilante alrededor del eje horizontal **O**, figura 209. Cuando la armadura es atraída, la otra extremidad de la palanquita establece

contacto entre una tira corrediza de papel **b b'**, y un disquito entintado **m**. Al cortarse la corriente procedente de la línea cesa la atracción del electroimán sobre su armadura, y un resorte **R**, lleva la palanquita a su posición de reposo. El movimiento de ésta está limitado por los dos tornillos reguladores **E E'**.

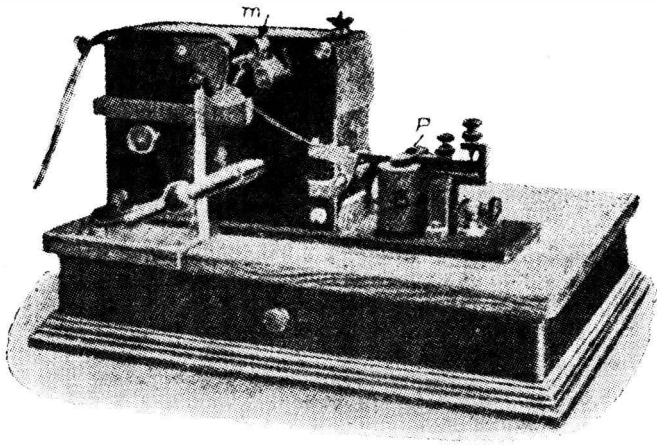


Fig. 210

El movimiento de la tira de papel se obtiene por medio de los dos rodillos **c c'**, accionados por un mecanismo de relojería, contenido en la caja del receptor.

Según que el contacto que se haga con el manipulador sea muy corto o algo prolongado, la armadura del receptor mantendrá, a su vez, en con-

acto el papel con el disco entintado un tiempo menor o mayor, y entonces resultará trazado sobre el papel un punto o raya. El alfabeto Morse se compone de la combinación de puntos y rayas.

El receptor citado se muestra en conjunto en la figura 210. En ella **B**, es una de las dos bobinas del electroimán; **P**, es la armadura móvil unida a la palanca que acciona al disco **d**, cuya parte inferior se sumerge en el depósito de tinta **t**; **m**, son los rodillos que hacen correr la cinta de papel; **M**, es la manija con la que se da cuerda al mecanismo de relojería que acciona los rodillos.

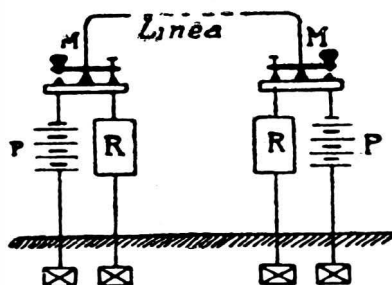


Fig. 211

En la figura 211 se muestra en esquema la instalación de dos estaciones telegráficas sencillas, compuestas cada una de una batería de pilas **P**, manipulador **M** y receptor **R**.

**247.—Teléfonos.**—Los teléfonos tienen por objeto la transmisión a distancia de los sonidos, producidos delante de un aparato transmisor. Su funcionamiento se basa en el principio siguiente:

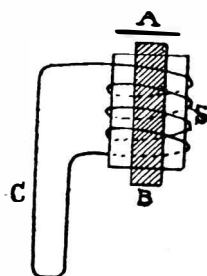


Fig. 212

Consideremos un solenoide **S**, dotado de un núcleo constituido por una barra imantada **B**, figura 212, y coloquemos delante de uno de sus extremos una lámina delgada de hierro **A**. Esta lámina constituirá la armadura del imán. Las líneas de fuerza de éste la atravesarán en parte y en estado de reposo las líneas de fuerza del campo magnético tendrán una distribución bien determinada. Pese al vibrar dicha lámina **A**, variará el entrehierro o espacio de aire que media entre ella y el núcleo, y con ello se alterará el número y distribución de las líneas de fuerza que constituyen ese campo magnético; y, como resultado, tendremos que la bobina **S** vendrá a encontrarse, mientras dure la vibración, sumergida en un campo magnético variable; cosa que dará lugar a la generación de corrientes inducidas en dicha bobina, las que se propagan por el conductor **c** que completa el circuito. Tales corrientes inducidas dependerán, según ya sabemos por las leyes de la inducción, de que las variaciones del campo magnético sean mayores o menores; y éstos a su vez dependerán de las vibraciones más o menos fuertes que

experimente la lámina **A**, bajo el influjo de las vibraciones sonoras que el aire le transmita.

Si en el circuito exterior **C**, arriba indicado, figura 212, intercalamos un aparato idéntico al anterior, figura 213, las corrientes de inducción pro-

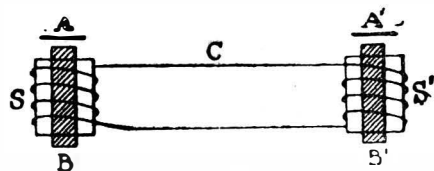


Fig. 213

ducidas en la bobina **S**, circularán por **S'**, ocasionando variaciones en la imantación del núcleo **B'**, que originarán a su vez, vibraciones de la lámina **A'**, por efecto de la atracción variable que experimentará. Y como las corrientes que recorren ambos solenoides son las

mismas, ambos campos magnéticos sufrirán simultáneamente las mismas variaciones, con lo que las dos láminas vibrarán exactamente en la misma forma y la **A'** reproducirá así los sonidos emitidos delante de la **A**.

En el caso mencionado, el aparato **S B A** será el “transmisor” y el aparato **S' B' A'** será el “receptor”. Como se ve, este teléfono sencillo no requiere pila alguna.

**248.—Teléfono Bell.**—En este teléfono que está basado sobre el principio que acabamos de mencionar, el transmisor y el receptor son idénticos, estando contruídos de la manera siguiente, figura 214: La bobina **B**, está enrollada sobre un polo de la barra imanada **N**, que aloja en una envoltura o cubierta adecuada **M**. Una delgada lámina o diafragma **V**, de hierro dulce, está dispuesta frente a un polo de la barra, a muy pequeña distancia, pero de tal modo que en sus vibraciones no llegue a tocar dicho polo. Los extremos del conductor de la bobina comunican con los terminales **I** e **I'**, de donde parten los hilos de línea.

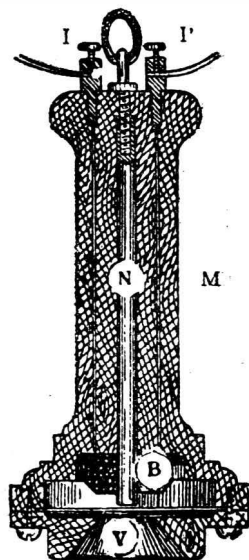


Fig. 214

**249.—Principio del micrófono.**—En los teléfonos magnéticos arriba descriptos, las corrientes generadas por las vibraciones sonoras son muy débiles, y tales aparatos no servirán sino para las comunicaciones a distancias pequeñas.

Para distancias mayores se emplean teléfonos con pilas, dotados de dispositivos especiales llamados “micrófonos”, que se basan sobre el principio siguiente:

Si se tiene en un circuito un contacto imperfecto, la resistencia en este punto, y por lo tanto la intensidad de corriente en el circuito, dependerá del grado de presión entre las dos piezas en contacto. Tal efecto se manifiesta en forma bien neta si se utiliza como pieza de contacto una barrita de carbón **C**, figura 215, cuyos extremos aguzados apoyan sobre los blocks **M**, **N**, también de carbón, fijados sobre una placa vibradora de madera **P**.

La barrita de carbón está floja entre sus soportes, de manera que las vibraciones de la placa le imprimen ligeros desplazamientos, que modifican el contacto.

Los soportes **M** y **N** conectan a los extremos de un circuito que comprende una pila y un receptor **Bell**.

Cuando se habla delante del micrófono, las vibraciones de la placa de madera hacen variar la resistencia de contacto del carbón, y por lo tanto varía también en el circuito la corriente suministrada por la pila.

Tales variaciones de intensidad producen en el receptor variaciones de imantación, que se traducen en vibraciones de la lámina flexible de hierro, las que reproducen así los sonidos emitidos delante del micrófono transmisor.

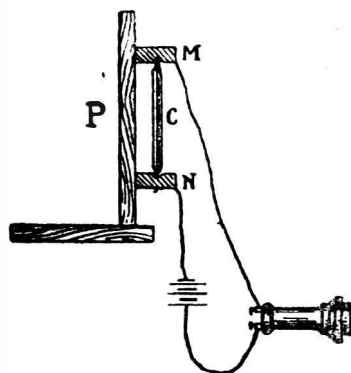


Fig. 215

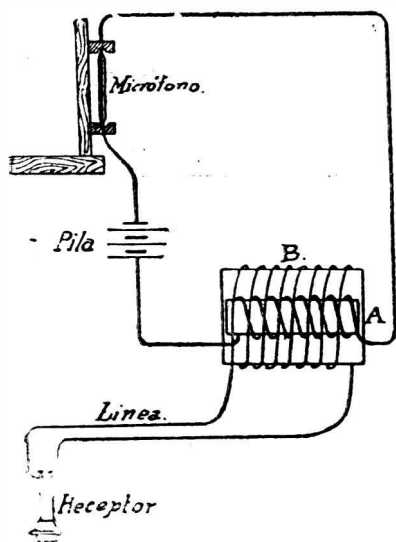


Fig. 216

**250.—Micrófono Edison.**—Si la línea es muy larga, es preciso que las corrientes que la recorren posean una fuerza electromotriz elevada, para vencer su resistencia; y en ese caso ya no bastaría la tensión producida por la pila de la estación transmisora, por lo cual se ha hecho uso de un “transformador”. La pila, cuya f. e. m. es débil, envía su corriente a un circuito de hilo grueso y de poca longitud, el cual contiene el micrófono y una bobina **A**, que constituye el “primario”, del transformador, figura 216. Sobre esta bobina se envuelve otra, **B**, for

mada por un elevado número de espiras, de conductor fino, aislado. Esta bobina **B**, que constituye el “secundario” del transformador, comunica a la línea de transmisión que va al receptor de la otra estación.

Las corrientes variables que atraviesan el primario inducen en el secundario corrientes de reducida intensidad pero de elevada tensión, adecuadas para la transmisión a gran distancia.

**251.—Micrófono de White.**—Este micrófono es un perfeccionamiento del tipo ideado por Humming, en el cual la sección de resistencia variable del circuito se obtiene mediante una cantidad de granulitos de carbón contenidos entre dos láminas conductoras y a través de las cuales pasa la corriente. Así, con el empleo de carbón granulado, se consigue un número elevado de contactos imperfectos, cuya variación de resistencia la produce el cambio de presión que se ejerce sobre ellos, al vibrar por efecto del sonido, el diafragma o lámina flexible delante de la cual se habla. Las variaciones de resistencia originadas por el contacto más o menos perfecto de los granulitos de carbón, dan lugar al pasaje de corrientes de intensidad variable, que al actuar sobre el receptor en la forma ya explicada, reproducen el sonido.

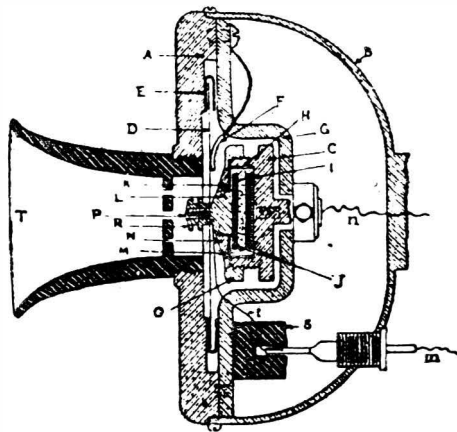


Fig. 217

En la figura 217, se representa seccionado el transmisor microfónico de carbón tipo White, que es hoy el más generalmente empleado. Consiste en una envoltura o caja metálica **B**, dotada de una tapa **A**, también metálica. Al fondo de la bocina **T**, está colocado el diafragma o lámina vibratoria **D**, la que es de aluminio y va fijada sobre un anillo de goma **E**. El block metálico **C**, tiene una cavidad cilíndrica, cuyas paredes están revestidas de

papel, a excepción de las bases, donde el metal hace contacto con los dos discos de carbón **I** y **J**, entre los cuales se encuentran el carbón granulado. Dicho block **C**, está soportado en su sitio por el puente metálico **G**. La tapita metálica roscada **O**, cierra la cavidad del block, mediante una arandela de mica **M**.

El diafragma vibratorio **D**, está fijado por medio de la tuerca **R** a la pieza **L**, que está en contacto con el disco exterior **J**. En esta forma, cuando se habla delante de la lámina o diafragma **D**, sus vibraciones se transmiten por medio de la pieza **L**, al disco de carbón **J**, el cual oprimiendo más o menos la masa de granulitos de carbón, variará la resistencia eléctrica de esa parte del circuito.

La conexión del micrófono citado se hace por los terminales **m** y **n**. El primero, que apoya en la pieza aisladora **S**, está unido por el conductor **t** a la pieza metálica **L**, de donde la corriente pasa del disco **J** al **I** a través del carbón granulado, y luego por el block **c** a la pieza **n** con la cual éste está en contacto.

Para atenuar las vibraciones demasiado violentas a que pudiera estar expuesto el diafragma **D**, existen unos resortes **F**, que ejercen una ligera presión sobre dicha lámina.

**252.—Dispositivos de llamada para teléfonos.**—Para llamar la atención de la persona con quien se desea iniciar la conversación telefónica, se emplean campanillas accionadas, según el caso, por la misma corriente que se emplea para el teléfono, o bien por la corriente alternada procedente de un magneto.

El primer método mencionado se utiliza en los sistemas denominados “**de batería central**”. El segundo, o sea el del magneto, se emplea, en general, en los sistemas llamados “**de batería local**”.

Por lo que respecta al sistema de llamada para el operador de la central telefónica que establece las comunicaciones, se emplea ya sea una señal acústica (zumbador o campanilla) combinada con la caída de un número de un anunciador, que indica la línea de dónde viene el llamado; o bien solamente la señal luminosa de una microlámpara que, al encenderse, llama la atención del operador y a la vez indica la línea de dónde procede el llamado.

**253.—Sistema telefónico de batería local.**—En las instalaciones de este sistema, como su nombre lo indica, cada estación posee una batería local, que proporciona la corriente para el teléfono. La línea de conexión es común para el dispositivo de llamada y para el teléfono, de modo que cuando

el circuito está conectado para hablar, deberá estar desconectado para el dispositivo de llamada, y vice-versa. Tal resultado se obtiene, en la casi totalidad de los sistemas telefónicos ahora en uso, mediante un interruptor de palanca accionado por el peso del mismo tubo receptor; de modo tal que al colgar el tubo queda desconectado el circuito telefónico propiamente dicho, quedando conectado en cambio el de llamada; o, inversamente, al descolgar el tubo se corta el circuito de la campanilla y queda en condiciones de funcionar el telefónico.

En la figura 218, se da el esquema de conexión de un teléfono de ba-

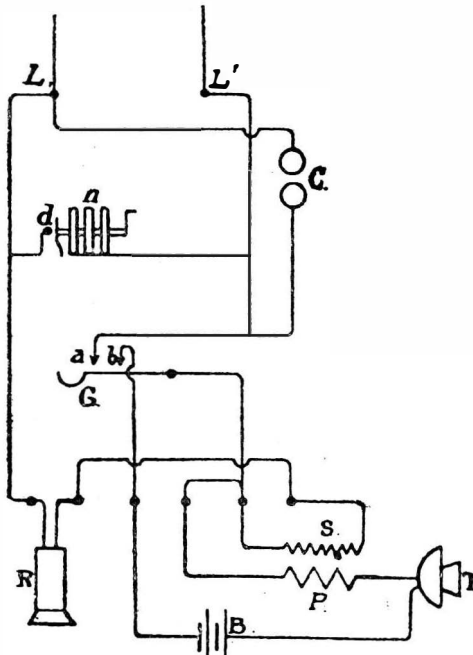


Fig. 218

tería local. En dicha figura, **R**, es el receptor; **T**, el transmisor; **B**, la batería; **P** y **S** el primario y secundario, respectivamente, de la bobina de inducción; **n**, el magneto para generar la corriente de llamada; **G**, el gancho de donde se cuelga el tubo receptor **R**; **L** y **L'** son los terminales de la línea; **C**, es la campanilla.

La posición indicada del gancho **G**, en que el contacto entre **a** y **b** está abierto, corresponde al caso en que el tubo está colgado. En tal caso, como puede verse en la figura, el circuito de la batería local está abierto, y el apa-

rato está listo para recibir la llamada, pues la bobina de la campanilla **C**, está derivada directamente de los conductores de línea **L** y **L'**. El magneto **n**, también está conectado entre dichas líneas, pero su circuito está abierto en el punto **d**, y sólo se cierra allí cuando se hace girar el inducido del magneto por medio de su manivela.

Para llamar desde esta estación, sólo es preciso accionar el magneto por medio de dicha manivela, y la corriente generada pasará a la línea por el punto **d**, recorrerá la campanilla de la otra estación y volverá por la otra línea y el terminal **L'** al otro polo del magneto.

Después del llamado, para hablar sólo será necesario descolgar el tubo, con lo cual el circuito de la batería local quedará completado entre los puntos **a** y **b**, por medio de la palanca **G**; y el transmisor **T**, quedará en circuito con dicha batería y con el primario **P** del transformador. A la vez, los terminales del secundario **S** quedarán conectados a la línea. Y, en tales condiciones, al hablar delante del micrófono transmisor **T**, se producirán en el circuito primario de la bobina las corrientes variables que ya hemos mencionado, las cuales engendrarán en el enrollamiento secundario otras de mayor tensión; que, propagándose por la línea de conexión, irán a accionar el receptor en la forma que ya conocemos.

**254.—Sistema telefónico de batería central.**—En el sistema de batería local, el llamado a la estación telefónica central, se hace generalmente con la corriente del magneto; pero en el sistema de batería central, la corriente de ésta se utiliza no sólo para el teléfono propiamente dicho, sino también para el llamado al operador de la central que debe efectuar la conexión entre las diversas líneas. En unos casos, tal señal o llamado se realiza mediante una chapita anunciadora, que cae al pasar corriente por un pequeño electroimán, y que vuelve a su sitio cuando dicha corriente cesa.

El método más moderno de llamado en la central es por medio de micro-lámparas, una para cada línea que converge al tablero del operador, y que enciende, tan pronto como se descuelga el tubo en el aparato desde donde se transmite.

Para llamar desde la central a un abonado, no bastaría una señal óptica como la indicada, requiriéndose una señal acústica que llame la atención, y para ello se utiliza la campanilla, transmitiéndose la corriente por la misma línea que sirva para la corriente telefónica propiamente dicha.

La corriente que se emplea para actuar la campanilla es alternada, por las razones que veremos luego; y procede de un magneto u otro generador adecuado instalado en la central.

En la figura 219, se representa en esquema una instalación telefónica de batería central; y en tal dibujo, por razones de mayor sencillez, sólo se representan dos estaciones de abonados **M** y **N**, a las que se conecta entre sí desde la estación central **H**.

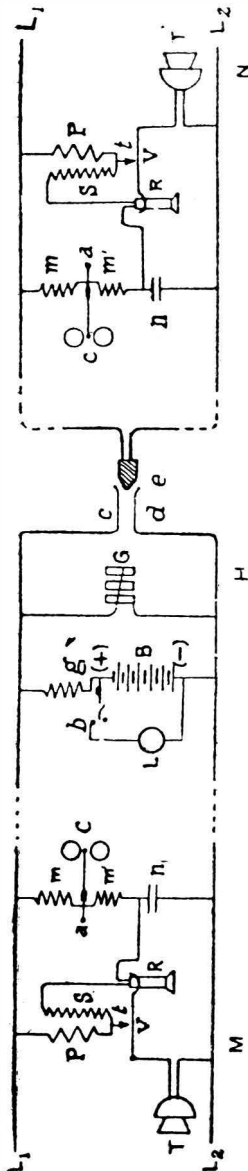


Fig. 219

La central **H** está munida del generador **G**, de corriente alternada (magneto u otro) para accionar las campanillas de llamada. Tiene, además, una batería **B**, de unos 25 volts, que suministra la corriente telefónica y también para la alimentación de las lamparitas **L**, que acusan la señal de llamada en la central.

Como se ve en la figura 219, los polos de la batería **B**, comunican a las líneas **L**<sub>1</sub>, **L**<sub>2</sub>, que convergen a la estación central desde los aparatos de todos los abonados. Consideraremos solamente la estación **M**, para mayor sencillez, dado que siendo las demás idénticas, el funcionamiento es el mismo para todas.

Si no se levanta el tubo receptor **R**, no circulará corriente procedente de la pila **B**, pues el condensador **n**, que está intercalado, significa para la corriente continua una interrupción en el circuito, y por tanto ella no puede pasar.

Supongamos ahora que desde la estación central **H**, quiera llamarse a la estación **M**. Para ello bastará girar la manivela del magneto, con lo que se lanzará a la línea una corriente alternada, la que actuará en las bobinas **m** y **m'**, las que atrayendo alternativamente a la armadurita móvil **a**, producirán el repiqueteo del martillo sobre las campanillas **C**. Al revés de lo que pasa tratándose de corriente continua, el condensador **n** que habíamos citado, no ofrece impedimento a la acción de la corriente alternada utilizada para el funcionamiento de la campanilla de llamada.

Supongamos que el abonado de la estación **M**, atendiendo el llamado, descuelgue el tubo receptor **R**: entonces la palanca **V**, cierra el circuito en el

punto **t**, completando así el circuito de la bobina de inducción; y, al hablar ahora delante del transmisor **T**, se producen por el micrófono las variaciones de corriente en el primario **P**, de la bobina, las que engendran las corrientes inducidas, también variables, en el secundario **S**, que van a actuar sobre el receptor de la otra estación que la central haya puesto en comunicación con ésta por medio de la clavija de conexión **e** y los contactos **c** y **d**.

Consideremos ahora el caso en que desde la estación **M** se llame a la central: al descolgar el tubo **R**, se cierra el circuito en **t**, toco hemos dicho, completando el circuito de la batería; la corriente de ésta sale del polo (+), pasa por la bobina relé **g**; sigue por la línea **L<sub>1</sub>**, pasa por **P**, **t**, **V**, **T**, y vuelve por **L<sub>2</sub>** al otro polo de la pila. Al circular corriente por el relé **g**, éste atrae su armadurita móvil, estableciéndose contacto en **b**, con lo cual completa el circuito de la lamparita indicadora **L**, correspondiente al aparato **M**, que hace el llamado; el operador de la central contesta entonces, y establece la conexión con la línea que se pida. Al volver a colgar el tubo, terminada la conversación, cesa de pasar corriente por el relé **g**, cuya armadurita, al volver a la posición de reposo, desconecta la lamparita indicadora.

**255.—Campanillas intermitentes, comunes y zumbadores.**—En el párrafo 44, hemos descrito una campanilla “intermitente”, que es el tipo más comúnmente usado.

El zumbador es un dispositivo análogo al arriba citado, con la diferencia de que carece de campanilla y del martillito destinado a golpear sobre ella; siendo la vibración de la armadura al ser atraída por el electroimán y soltada alternativamente, la que emite el sonido característico del que recibe su nombre el aparato.

**256.—Campanilla de golpe único.**—En algunos casos especiales, conviene emplear campanillas en las cuales, en vez de vibrar la armadura produciendo repiqueteo con su martillito, dé tan sólo un golpe sobre el timbre cada vez que se aprieta el botón. En la figura 220 se representa esquemáticamente una campanilla de “golpe único”, la que funciona así: Al apretar el botón **P**, la corriente de la batería circula por las bobinas del electroimán **M**, el cual atrae a la armadura **K**, produciendo un golpe del martillito **C**, sobre el timbre. Como la corriente se-

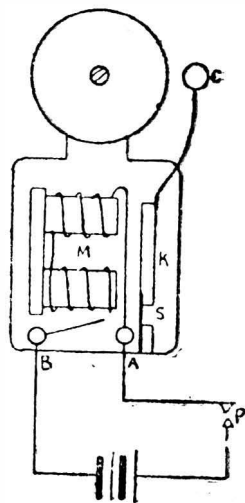


Fig. 220

guirá circulando por el electroimán, mientras se mantenga el contacto en **P**, la armadura **K**, permanecerá atraída, y sólo volverá a ser llevada a su posición primitiva por el resorte **S**, cuando se corte el contacto con **P**.

**257.—Campanillas tipo corto circuito y diferenciales.**—La campanilla vibratoria común, funciona perfectamente con corriente de baja tensión, procedente de pilas o de uno de los pequeños transformadores reductores de tensión, cuyo empleo se ha genralizado mucho para tales instalaciones; pero si se las quiere alimentar con la corriente de las instalaciones de luz, intercalando una lámpara en serie, las chispas relativamente fuertes que se producen destruyen rápidamente los puntos de contacto entre la lámina **V'** y el tornillo **S**, figura 30.

Para evitar esa se emplean campanillas de construcción especial, de las cuales las más comunes son llamadas “de corto circuito”, figura 221, o las “diferenciales”, figura 222.

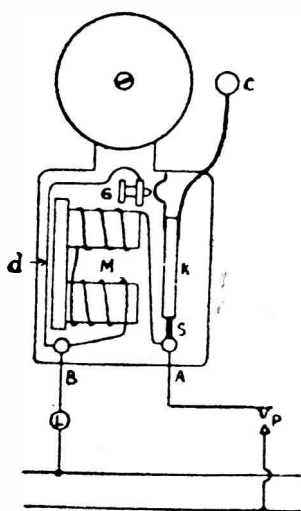


Fig. 221

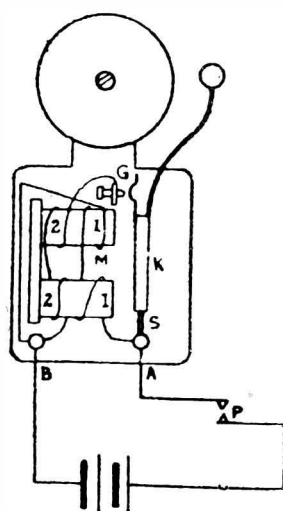


Fig. 222

En las del primer tipo, que tiene en serie la lámpara **L**, figura 221, cuando se cierra el circuito apretando el botón **P**, la corriente circula por el enrollamiento del electroimán, el cual atrae la armadura **K**. Esta hace contacto en **G**, con el conductor de baja resistencia **d**, el que establece un corto circuito entre los terminales **A** y **B**, de manera que la casi totalidad de la corriente que antes circulaba por las bobinas sigue ahora esa línea de menor resistencia; y como consecuencia de ello se hace casi nula la atracción del

electroimán sobre la armadura **K**, y su resorte **S** la lleva a la posición de reposo, cortando el contacto en **G**; pero entonces vuelve a pasar toda la corriente por las bobinas; la armadura es atraída de nuevo, golpeando el martillito sobre el timbre; luego es soltada de nuevo, y así sucesivamente, produciendo el mismo efecto vibratorio que una de las campanillas intermitentes comunes, con la diferencia que las chispas en el punto de contacto habrán sido reducidas a un mínimo.

La campanilla diferencial, figura 222, puede funcionar igualmente con la corriente de una batería de pilas o con la de la red de iluminación, intercalando una lámpara en serie. Su electroimán está dotado de dos enrollamientos (1) y (2), dispuestos en forma que sus acciones sean opuestas, y de ahí el nombre de “diferenciales” que se da a estas campanillas.

Al apartar el botón **P**, la corriente circula por el enrollamiento (1) próximo a la armadura del electroimán, la que es atraída, estableciendo entonces el contacto en **G**, con lo que pasará corriente por el enrollamiento (2) del electroimán; y siendo opuestos los efectos magnéticos de ambos enrollamientos, como hemos dicho, viene a quedar prácticamente anulada la atracción sobre la armadura **K**, la que vuelve a la posición de reposo; pero al hacerlo se corta el contacto en **G**, y el enrollamiento (1) atrae de nuevo la armadura, haciendo golpear el martillito sobre el timbre, y así sucesivamente mientras se mantenga el contacto en **P**.

**258.—Cuadros indicadores.**—Cuando se desea accionar una campanilla desde varios puntos, **A<sub>1</sub>**, **A<sub>2</sub>**, etc., como en la figura 223, es conveniente

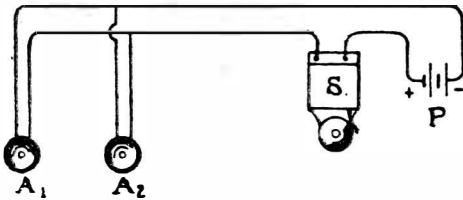


Fig. 223

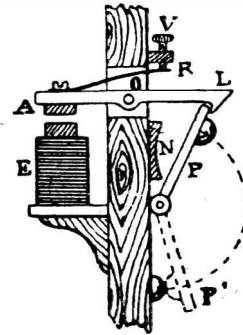


Fig. 224

completar la instalación con un “cuadro indicador”, que permite identificar de donde procede el llamado.

Existen muchos tipos de cuadros indicadores; pero para comprender el principio de funcionamiento bastará describir uno de ellos, por ejemplo. el que se muestra en detalle en la figura 224. Tal aparato está dotado de tantos pequeños electroimanes **E**, como estaciones de llamada está destinado a indicar. La armadura **A**, de cada electroimán está unida a una palanquita **L**, movable alrededor del eje **O**. En la posición de reposo, la armadura está mantenida separada del electroimán por medio de un resorte **R**, cuya tensión puede regularse mediante el tornillo **V**.

La otra extremidad de la palanquita tiene un diente que sostiene la plaquita **P**, que cubre la superficie **N** en la que está trazado el número. figura 225, correspondiente al punto de donde procede el llamalo.

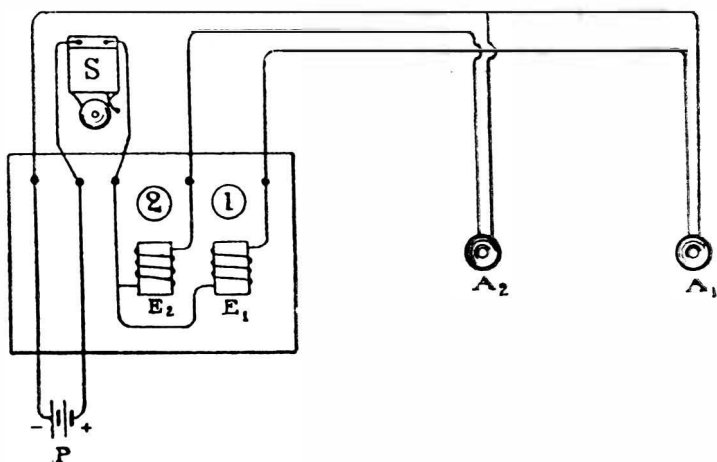


Fig. 225

Al apretar el botón **A**<sub>1</sub>, por ejemplo, figura 225, la corriente acciona la campanilla, y a la vez recorre su electroimán respectivo del cuadro, el cual al atraer la armadura **A**, figura 224, levanta el extremo **L** de la palanquita, dejando en libertad a la plaquita **P**, la que por su propio peso caerá, ocupando la posición **P'** y con ello dejará visible el número indicador correspondiente.

Las plaquitas referidas pueden volverse a su sitio primitivo ya sea una por una, a mano, o por medio de una barrita que las accione todas a la vez.



Este libro se terminó de imprimir el día 25 de septiembre de 1949, en los Talleres Gráficos "Victoria" - Hipólito Yrigoyen 906. - Buenos Aires - Argentina