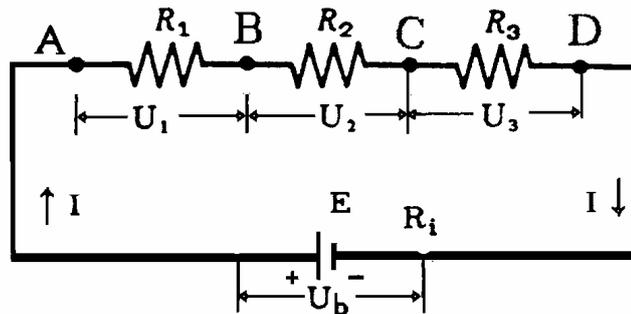


## UNIDAD N° 3

### CIRCUITOS ELECTRICOS

#### Conexión serie de resistencias

Consideramos tres resistencias las que se encuentran conectadas una a continuación de la otra, donde no se encuentra ninguna derivación. Por medio de una batería cerramos el circuito con estas tres resistencias como se indica a continuación:



Si realizamos el siguiente razonamiento considerando la caída de tensión que se produce en cada resistencia podremos decir:

$$V_A - V_D = (V_A - V_B) + (V_B - V_C) + (V_C - V_D)$$

$$V_A - V_B = I.R_1$$

$$V_B - V_C = I.R_2$$

$$V_C - V_D = I.R_3$$

Reemplazando:

$$V_A - V_D = I.R_1 + I.R_2 + I.R_3$$

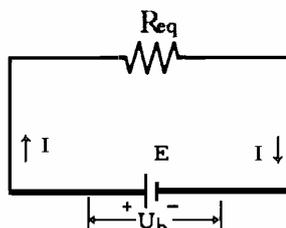
$$V_A - V_D = I.(R_1 + R_2 + R_3)$$

donde

$$R_{eq} = R_1 + R_2 + R_3 + R_n$$

$$V_A - V_D = I.R_{eq} = E$$

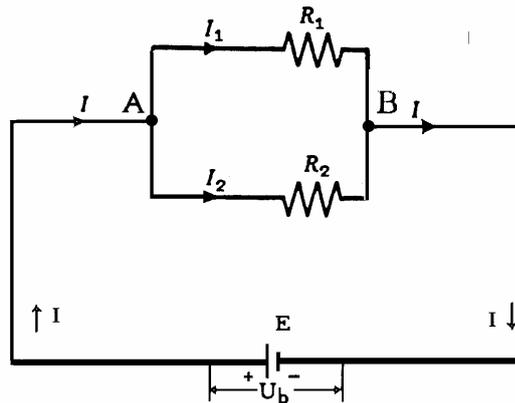
Para considerar sí un elemento está en serie con otro debe existir una circulación de corriente en ambos; con esta expresión podemos construir un circuito equivalente que es el siguiente:



### Conexión paralelo

Se dice que un elemento se encuentra conectado en paralelo cuando al circular corriente llega al punto de unión y esta corriente se divide según las derivaciones que existan, uniéndose luego en el otro extremo o punto de unión. En el caso del siguiente circuito la corriente se divide en el punto A y luego se une en el punto B cumpliendo de esta forma con la primera Ley de Kirchoff, que dice que la corriente que entra a un nodo es igual a la que sale.-

Consideremos el análisis del siguiente circuito que consta de dos resistencias que están conectadas por sus extremos en forma coincidente y así con una batería.-



Aplicando la Ley de ohm podemos decir:

$$\frac{V_A - V_B}{V_A - V_B} = \frac{I_1 \cdot R_1}{I_2 \cdot R_2} \quad (1)$$

$$I_1 \cdot R_1 = I_2 \cdot R_2$$

$$\frac{I_1}{I_2} = \frac{R_2}{R_1} \quad (2)$$

$$I_1 = \frac{V_A - V_B}{R_1} \quad (3)$$

$$I_2 = \frac{V_A - V_B}{R_2} \quad (4)$$

Reemplazando las ecuaciones 3 y 4 en la expresión de la primera Ley de Kirchoff se tiene:

$$I = I_1 + I_2 \quad (5)$$

$$I = \frac{V_A - V_B}{R_1} + \frac{V_A - V_B}{R_2} \quad (6)$$

$$I = V_A - V_B \cdot \left( \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) \quad (7)$$

$$I = \frac{V_A - V_B}{R_{eq}} \quad (8)$$

Comparando la ecuación 7 y 8 podemos expresar la resistencia equivalente del circuito paralelo de la siguiente forma:

$$\frac{1}{R_{eq.}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}$$

$$R_{eq.} = \frac{1}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_n}} \quad (9)$$

Para el caso de una conexión sencilla de dos resistencias en paralelo se utiliza la siguiente expresión:

$$R_{eq.} = \frac{R_1 \cdot R_2}{R_1 + R_2} \quad (11)$$

La expresión 9 se puede reemplazar por su equivalente que es la conductancia  $G$ , posteriormente obtenido el valor deseado se calcula la resistencia:

$$G_{eq} = G_1 + G_2 \quad (12)$$

$$R = \frac{1}{G}$$

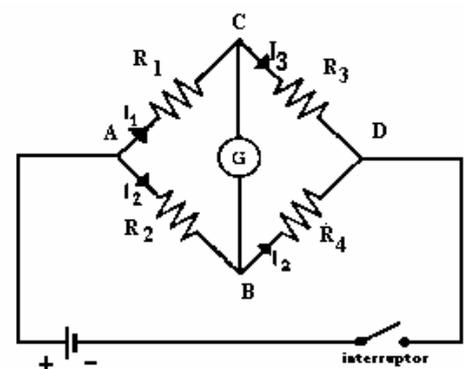
## Puente de Wheatstone

Cuando se desea medir resistencias por comparación con otras calibradas se utiliza el puente de Wheatstone. se colocan cuatro resistencias  $R_1$ ,  $R_2$ ,  $R_3$  y  $R_4$ , en la forma que indica el siguiente circuito :

En los extremos de A y D del circuito se conectan los bornes de una batería, y entre los puntos B y C se conecta un galvanómetro, de acuerdo con la polaridad de la batería e indicadas en el circuito .

La corriente de la rama CD tendrá un sentido que dependerá del potencial entre esos dos puntos que suponemos que su potencial  $V_C$  es mayor que  $V_D$ , por lo tanto la corriente tiene el sentido indicado en el circuito.

Si la resistencia  $R_2$  y  $R_4$  son variables en forma continua, se podrán hacer variar hasta que el potencial  $V_C$  sea igual a  $V_B$ , por lo tanto la corriente  $I_5$  será igual a cero. Lo cual se puede visualizar en el galvanómetro .



$$I_5 = 0$$

$$I_1 = I_3$$

$$I_2 = I_4$$

$$V_A - V_C = V_A - V_B$$

$$V_C - V_D = V_B - V_D$$

$$\underline{\underline{1}}$$

$$\underline{\underline{2}}$$

$$\underline{\underline{3}}$$

$$\underline{\underline{4}}$$

Entonces se dice que el puente esta en equilibrio , es decir “  $I_5 = 0$  ” se cumple las ecuaciones 1-2-3-4 , aplicando la Ley de ohms a las ecuación 3 y 4 , se obtiene las 5 y 6 .-

Dividiendo la ecuación 5 por la 6 se obtiene la ecuación 7, donde se ha reemplazado las igualdades dadas por las ecuación 1 y 2 .-

Finalmente de la ecuación 7 obtenemos la 8 que también se puede expresar como lo indica la ecuación 9 , el resultado dado puede expresarse así : Cuando el puente esta en equilibrio los productos de las ramas opuestas son iguales .

Por ultimo obtenemos  $R_1$  como lo indica la ecuación 10

$$\frac{I_1 R_1}{I_3 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_4 R_4} \quad \underline{5} \text{ Y } \underline{6}$$

$$\frac{I_1 R_1}{I_1 R_3} = \frac{I_2 R_2}{I_2 R_4} \quad \underline{7}$$

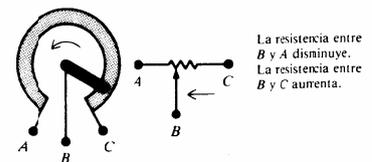
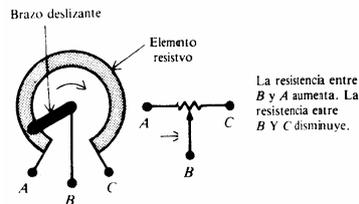
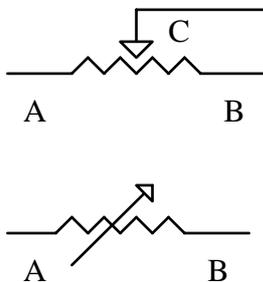
$$\frac{R_1}{R_3} = \frac{R_2}{R_4} \quad \underline{8}$$

$$R_1 \cdot R_4 = R_3 \cdot R_2 \quad \underline{9}$$

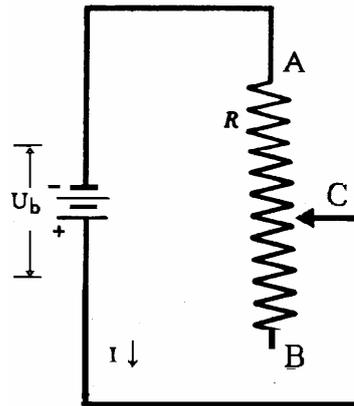
$$R_1 = \frac{R_2 R_3}{R_4} \quad \underline{10}$$

## Reóstato

Son resistencias de alambre variables, casi siempre arrollados sobre un soporte cilíndrico con un contacto móvil que permite intercalar valores de resistencia en un circuito.-



Por ejemplo en el siguiente circuito utilizamos una resistencia variable de  $1000 \Omega$  y aplicamos una fuente con una determinada f.e.m. como indica el siguiente circuito:

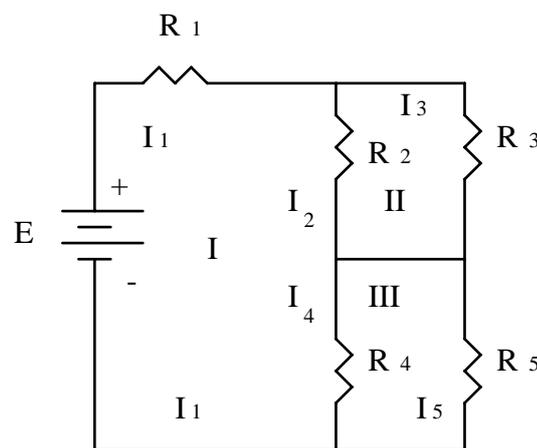


Moviendo el cursor representado por la flecha o punto C, podemos obtener tres puntos claves:

1. Cuando el cursor está en el punto A y la resistencia intercalada es 0 o mínima (corto circuito), la corriente es máxima;
2. Cuando el cursor se encuentra en el punto B la resistencia intercalada es máxima, para el caso  $1000 \Omega$  por lo cual la corriente será mínima dependiendo de la f.e.m.; en las puntas intermedias tendremos valores que dependerán de su posición en un rango de 0 a  $1000 \Omega$ .

### Leyes de Kirchöff

En muchos casos el circuito por donde circula corriente no es un simple conductor sino que presenta ramificaciones o derivaciones, es decir que la corriente puede ir por mas de dos conductores como se indica en el siguiente circuito:



El punto al cual concurren dos o más conductores se denomina nodo.-

El conjunto de conductores se denomina red.-

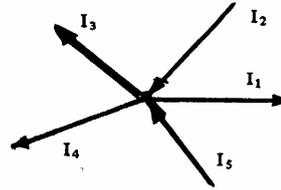
Se denomina malla al camino cerrado recorrido sin pasar dos veces por el mismo punto.

En el circuito anterior tendremos básicamente tres mallas. En general la red puede ser compleja sí en ella encontramos varias pilas o generadores.-

El problema consiste en determinar la intensidad de corriente en cada uno de los conductores de la red conociendo las resistencias aplicadas, la f.e.m.; se resuelve el problema aplicando las dos Leyes de Kirchöff que se expresan así:

## 1° Ley (corrientes)

En todo nodo de una red la suma de las corrientes que llegan a él es igual a la suma de las corrientes que salen.-



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

$$I_1 + I_2 - I_3 - I_4 - I_5 = 0$$

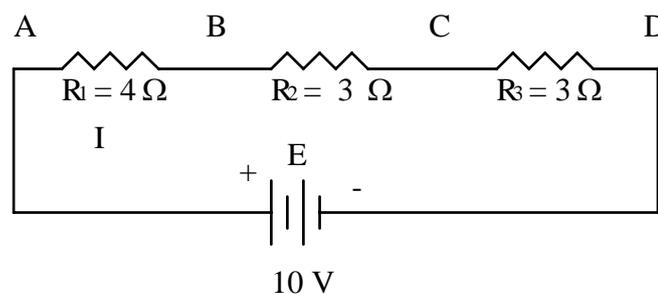
$$\sum_{i=1}^n I_n = 0$$

Por convención la corriente que ingresa a un nodo es positiva y la que sale negativa.-

## 2° Ley ( Tensiones)

Si se recorre un camino cerrado en el circuito la variación total de potencial va ser igual a cero, puesto que partiendo desde un nodo y volviendo a él el trabajo total realizado es igual a cero por lo cual la diferencia de potencial encontrada va ser igual a cero.-

La variación total será igual a la suma de las variaciones parciales de potencial, por ello sí recorremos el siguiente circuito podremos observar que en cada resistencia se produce una caída de tensión igual a  $I.R$ , al recorrerlo en el sentido de la corriente eléctrica.-



$$V_{AB} = I.R_1 = 1A.4\Omega = 4V$$

$$V_{BC} = I.R_2 = 1A.3\Omega = 3V$$

$$V_{CD} = I.R_3 = 1A.3\Omega = 3V$$

Al realizar el recorrido de la malla del último circuito nos encontramos con una fuente de alimentación o generador de f.e.m. el cual consideramos positivo, continuando con el análisis llegamos a los elementos que producen una disminución o caída de potencial, los cuáles consideramos negativos. De esta forma podemos enunciar la segunda Ley de Kirchöff que dice que la sumatoria de las tensiones y caídas de potencial cuando se recorre un circuito cerrado es igual a cero.-

$$E - I.R_1 - I.R_2 - I.R_3 = 0$$

$$\sum_i^n = I.R = E$$

$$\sum_i^n I.R = 0$$

Para el caso de la segunda expresión se tiene cuando en el circuito no existe generador de f.e.m..-

## ELEMENTOS GALVÁNICOS

### Funcionamiento

Un elemento o una pila galvánica consiste en dos materiales conductores distinto dispuesto como electrodos y un electrolito. Este tipo de pilas se conocen como elementos primarios. Por medio de procesos electroquímicos puede originarse una tensión eléctrica .

En el elemento se origina una tensión continua debido a que los electrodos tienden a disolverse como iones metálicos. Por este motivo el electrodos metálico se hace eléctricamente negativo, mientras que el electrolito se vuelve eléctricamente positivo.-

" Entre un metal y un electrolito se origina una tensión eléctrica " . Si ambos electrodos son del mismo material no puede originarse una tensión entre ellos, ya que las tensiones parciales entre cada electrodos y el electrolito son iguales y opuestas, con lo cual se compensan.-

Se ha medido la tensión de diversas sustancias que aparecen en la solución con sus sales en una concentración constante. Como segundo electrodo se ha empleado un electrodo patrón ( electrodo de hidrogeno ) . De ahí se obtiene la llamada escala o serie de tensiones.

### SERIE DE TENSIONES

<b>AU</b>	<b>PT</b>	<b>AG</b>	<b>C</b>	<b>CU</b>	<b>H</b>	<b>PB</b>	<b>ZN</b>
<b>+ 1,50 V</b>	<b>+ 0,86 V</b>	<b>+ 0,80 V</b>	<b>+ 0,74 V</b>	<b>+ 0,34 V</b>	<b>0,00 V</b>	<b>- 0,13 V</b>	<b>- 0,76 V</b>

( estos son algunos de los elementos que forman la cadena )

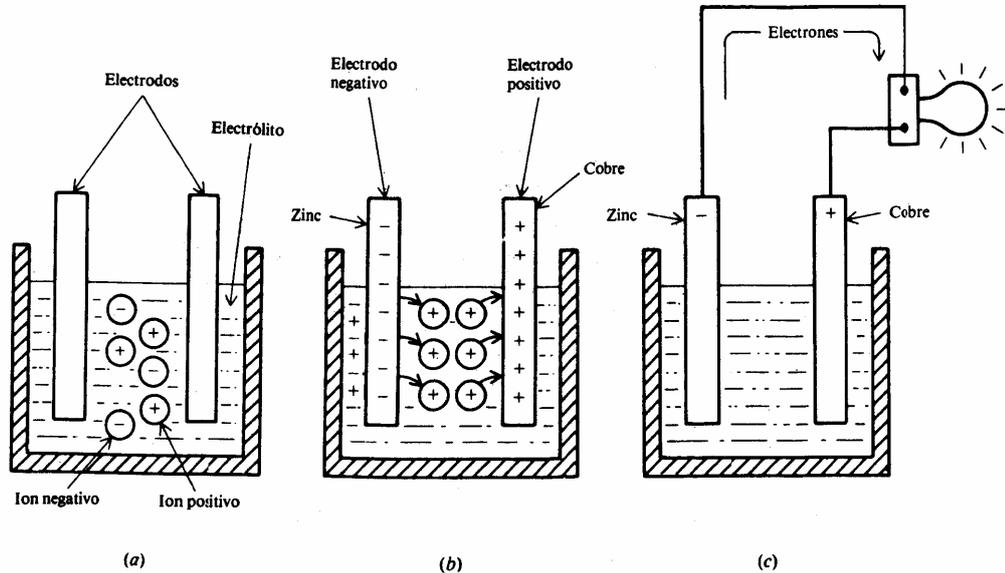
- Los elementos galvánicos forman una cadena de conductores metálicos, la tensión de un elemento galvánico depende de los materiales empleados como electrodos. La polaridad de los elementos se obtiene de la serie de tensiones.-

Donde el Litio ( - 2,96 V ) es el extremo con potencial negativo y el Oro ( +1,50 V ) con potencial positivo.-

Cuando comienza a circular corriente por el elemento se desprende hidrogeno ( iones ) que se depositan en uno de los electrodos, formando así la polarización del elemento ( llamada resistencia interna del elemento ) . Si se quiere evitar la caída de tensión por este fenómeno , es necesario usar un material que absorba al hidrogeno que se produce, recibiendo el nombre de despolarizante.-

## FUERZA ELECTROMOTRIZ DE UNA PILA

Los primeros generadores de tensión fueron las pila, entre ella la hidroeléctrica, que utilizando la energía de las reacciones químicas mantenían una diferencia de potencial en sus bornes, al conectarle una carga (resistencia ) origina una corriente estacionaria.



Existen otros tipos de pilas, en todas ellas hay magnitudes físicas como generadores de corriente, la fuerza electromotriz y la resistencia interna, que son dos características físicas muy importantes.-

Definimos como fuerza electromotriz de una pila " a la diferencia de potencial que existe entre sus bornes cuando por ella no circula corriente ". En laboratorio se puede demostrar prácticamente la existencia de esta resistencia, al que responde a la siguiente expresión :

$$V = e - I \cdot R_i \quad \text{donde } r_i \text{ es igual a:} \quad R_i = \frac{V_1 - V_2}{I_2 - I_1}$$

donde " e " = fuerza electromotriz

" I " = corriente del circuito

" Ri " = resistencia interna de la pila.

Cabe destacar que la resistencia interna de una pila aumenta por dos motivos : 1° Por el uso, dado el consumo de la energía química que contiene y que se transforma en energía eléctrica. 2° Por el tiempo de su fabricación, ya que estas sustancias químicas van reaccionando muy lentamente, cuando no se encuentra con carga externa , aumentando así la resistencia interna.

$$R_{eq} = R + R_i$$

En un circuito de corriente continua, se puede calcular la corriente de corto circuito cuando la resistencia de carga es igual a cero, para ello partimos de la siguiente expresión :

$$I = \frac{e}{R_{eq}} = \frac{e}{R + R_i} \quad \text{siendo } R = 0 \quad \text{tenemos: } I_{max} = \frac{e}{R_i}$$

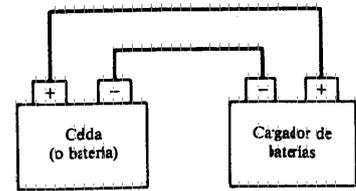
Al alcanzar esta corriente la pila comienza a deteriorarse, disminuyendo así su tiempo de vida útil .

## CELDA PRIMARIAS Y SECUNDARIAS

Las celdas primarias son las que no pueden recargarse o alcanzar buenas condiciones después que el voltaje de salida baja demasiado. Las celdas secas que se usan en las lámparas ciegas o de mano y en los radios de transistores son ejemplos de celdas primarias.

Las celdas secundarias son las recargables. Durante el proceso de recarga, los compuestos o elementos químicos que proporcionan la energía eléctrica regresen a su condición original, La recarga se efectúa al hacer circular corriente directa por la pila en la dirección opuesta a la de la corriente que proporciona la celda a un circuito,

Una batería se recarga conectándola a un cargador de baterías de igual polaridad . Algunos cargadores de baterías tienen un voltímetro y un amperímetro que indican el voltaje y la corriente de carga, el ejemplo más común de celda secundaria es una batería de automóvil o acumulador. Las celdas y baterías secundarias son especialmente útiles para alimentar aparatos portátiles o móviles cuando se dispone de un generador para mantenerlas cargadas. Se usan celdas secundarias más pequeñas y selladas para alimentar aparatos portátiles como, calculadoras electrónicas, radios y receptores de televisión. Éstas se recargan fácilmente de la línea doméstica mediante sencillos cargadores de bajo costo que a menudo están incorporados en el mismo aparato



Recarga de una celda secundaria con un cargador de baterías

## TIPOS DE BATERÍAS

### **Batería de plomo y ácido**

La batería de plomo y ácido consiste en cierto número de celdas de plomo y ácido. Cada celda tiene dos grupos de placas de plomo; un grupo es la terminal positiva y el otro la negativa. Todas las placas positivas están conectadas por medio de una tira conectora. Las placas negativas están conectadas de manera similar. Las placas positivas y negativas están alternadas o entrelazadas, de manera que haya una placa positiva seguida de una negativa. Entre las placas hay láminas de material aislante llamadas separadores, que se hacen de madera porosa, madera perforada o fibra de vidrio. Los separadores evitan que las placas positiva y negativa se toquen y produzcan un corto circuito, lo que destruiría la celda. La placa positiva se trata químicamente para que se forme peróxido de plomo (una combinación de Plomo y oxígeno) y el electrodo negativo consiste de plomo poroso esponjoso. Los dos grupos de placas con los separadores se colocan en un recipiente con una solución diluida de ácido sulfúrico y agua. El nombre batería de plomo y ácido hace referencia a las placas de plomo y al ácido sulfúrico que son los principales componentes de la batería.

El voltaje de este tipo de celda es ligeramente superior a los 2 V. Las baterías que se emplean en los automóviles modernos contienen seis celdas conectadas en serie de manera que el voltaje de salida de la batería es ligeramente mayor que 12 V. Los automóviles más viejos, hechos en la primera mitad de la década de 1950, usaban baterías en las que se conectaban en serie tres celdas para dar un voltaje de salida ligeramente superior a 6 V

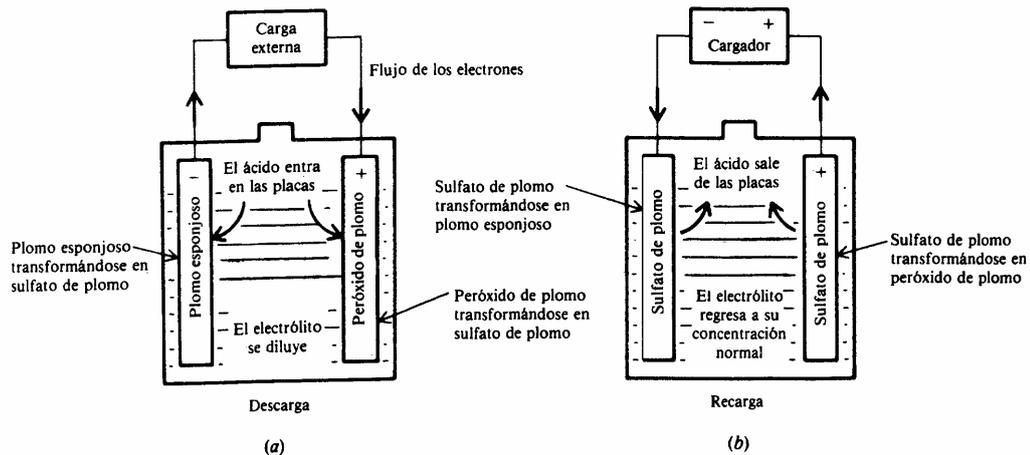


Fig. A : Actividad química en una celda de plomo y ácido

El acumulador puede entregar corriente por un tiempo mucho mayor que la batería o pila seca ordinaria. Cuando el acumulador se descarga y resulta incapaz de proporcionar la corriente que requiere el circuito, la batería puede ser separada del circuito y recargarse haciendo pasar por ella corriente en la dirección opuesta. Una vez que la batería se ha recargado, se la puede volver a conectar en el circuito para que proporcione corriente.

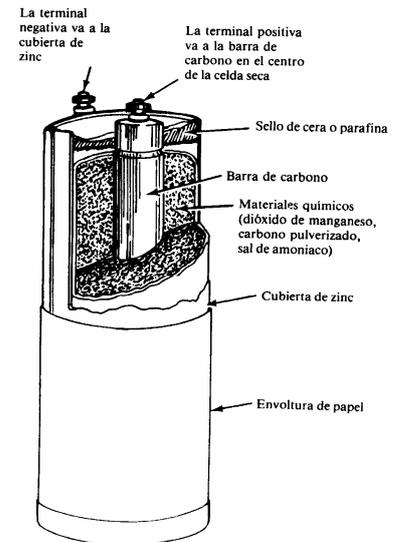
En los automóviles la batería se conecta a un aparato llamado alternador. Mientras el motor del auto funcione a una velocidad razonable, el alternador carga la batería y al mismo tiempo proporciona la corriente necesaria para que opere el automóvil. Sin embargo, cuando el auto funciona a baja velocidad o cuando se detiene, el alternador no gira con suficiente rapidez para proporcionar la electricidad requerida por el automóvil. Entonces la batería proporciona la energía, lo hace que se descargue lentamente.

Cuando la batería se descarga, algo del ácido del electrolito se combina con el material activo de las placas (Fig. A). La reacción química cambia el material de ambas placas a sulfato de plomo. Cuando la batería es cargada por el alternador, ocurre la reacción inversa y el ácido que fue absorbido por las placas regresa al electrolito (Fig. B). En consecuencia, el material activo de las placas regresa a su condición original (cargada) de peróxido de plomo y plomo esponjoso y el electrolito se restaura a su concentración original.

Siempre que se carga una batería, la reacción química produce hidrógeno gaseoso en las superficies de una placa y oxígeno en la otra. Estos gases suben como burbujas a la superficie y escapan por el agujero de ventilación del tapón de la celda. De esta manera pierde agua ( $H_2O$ ), la celda al salir de ella los gases. El agua que escapa debe ser sustituida para conservar el nivel adecuado del electrolito. Siempre debe agregarse a la celda agua destilada, de lo contrario, cualquier impureza en el agua se combinará químicamente con el ácido sulfúrico en las placas y formará un compuesto estable que no tomará parte en la acción de carga o descarga de la batería.

## Celda de carbono y zinc

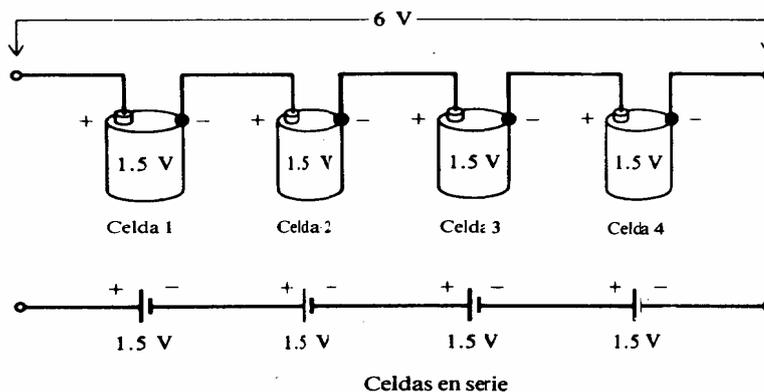
Es el tipo de celda comercial más antiguo y de más uso. El carbono en forma de barra se coloca en el centro del terminal positivo. La cubierta de la celda se hace de zinc, que es el electrodo negativo. Entre el electrodo de carbono y la cubierta de zinc se encuentra el electrolito, una mezcla química pastosa. La celda está sellada para evitar que el líquido de la pasta se evapore. El voltaje de una batería de este tipo es de aproximadamente 1.5 V.



## Asociación de generadores

Para asociar generadores se debe tener en cuenta fundamentalmente que ambos sean de las mismas características ( fem. y Ri. ), caso contrario se pueden producir deterioros en los circuitos donde se instalen , esto se debe a las reacciones químicas que se producen en el interior de las pilas, algo similar sucede en los demás generadores ( no pilas) donde su rendimiento es muy bajo .

## CONEXIÓN SERIE



En la conexión serie se considera que el borne positivo una pila este unido a uno negativo de la pila que sigue , formando así una cadena, donde el polo positivo de la primera forma un borne , y el negativo de la ultima el otro borne. Se puede expresar así

$$FEM = E = n \cdot e$$

la corriente se calcula:

$$I = \frac{e}{\frac{R}{n} + R_i} \quad \text{la corriente maxima será} \quad I_{\max} = \frac{e}{R_i}$$

Este tipo de conexión se utiliza cuando la resistencia externa es grande en relación con la resistencia interna de la pila. Aumentando el número de pilas veremos que el cociente de la resistencia sobre el número de pilas ( n ) se hace mas chico, a medida que aumenta " n "

## CONEXIÓN PARALELO

Consiste en unir entre sí todos los polos o bornes positivos a un punto " A " y los negativos a un punto " B " . La tensión total de esta conexión es igual a la tensión de uno de los elementos.



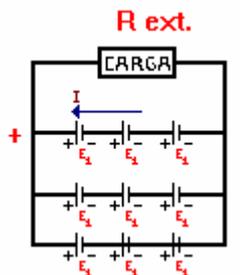
La corriente total es la suma de las corrientes parciales, por eso, este tipo de conexión conviene cuando la resistencia externa es menor que la interna. En este ejemplo de montaje siempre conviene que los elementos tengan la misma diferencia de potencial, puesto que de lo contrario se producen

corrientes internas en la conexión, causando un agotamiento prematuro del acople realizado, no obteniendo un rendimiento apropiado.

Las expresiones usadas para el cálculo de la intensidad de corriente y corriente de corto circuito son las siguientes respectivamente

$$I = \frac{e}{R + \frac{R_i}{n}} \quad \text{para } R_{\text{exterior}} = 0 \quad I = \frac{e \cdot n}{R_i}$$

El acoplamiento mixto se puede calcular aplicando las siguientes fórmulas teniendo en cuenta que se trata de un conjunto de " n " pilas en serie, conectadas con " m " grupos de pilas en paralelo



$$I = \frac{e}{\frac{R}{n} + \frac{R_i}{m}}$$

## Capacidad de una celda

La capacidad de una batería se especifica en ampere-horas (Ah). La capacidad de un acumulador determina cuánto tiempo operará a una velocidad de descarga dada. Por ejemplo, una batería de 90 Ah debe recargarse después de 9 h de una descarga promedio de 10 A.

Cuando está totalmente cargada, la celda de una batería de plomo y ácido de un automóvil tiene un voltaje inicial de aproximadamente 2,1V sin carga, pero se descarga con rapidez. La batería está "muerta" tras unas 2 h de descarga bajo una condición con carga externa. Sin embargo, en uso normal, este tipo de batería se recarga constantemente con el alternador del automóvil.

### Vida en almacenaje

La vida en almacenaje de una batería es el periodo durante el cual se puede almacenar la batería sin que pierda más de aproximadamente un 10% de su capacidad original. La capacidad de una batería es la habilidad que tiene de proporcionar cierta cantidad de corriente al circuito en el que se use. La disminución en la capacidad de una batería que se ha almacenado se debe principalmente a que se seque el electrolito (baterías húmedas) y a reacciones químicas que cambian los materiales en el interior de la celda. Como el calor estimula ambas reacciones, la vida en almacenaje de una batería puede alargarse conservándola en un lugar frío y seco.

### Comparación de los tipos de baterías

Nombre	Voltaje	Húmedas o seca	Tipo primaria o secundaria	Ejemplo y características
Celda de plomo y ácido	2,2	Húmeda	Secundaria.	Ri muy pequeña y una alta corriente nominal; baterías de 6 y 12 V
Celda de carbono y zinc	1,5	Seca	Primaria	Celdas en tamaños, AA, A, B, C y D; baterías para linterna; precio mínimo; corta vida en el almacenaje; pequeña capacidad corriente
Celda alcalina de	1.5	Seca	De ambos tipo	Dióxido de manganeso y zinc en hidróxido; corrientes superiores a los 300 mA
Celda de níquel cadmio	1,25	Seca	Secundaria	Electrólito de hidróxido, voltaje constante; reacción química reversible, se usan en linternas y herramientas portátiles recargables
Celda de Edison	1.4	Húmeda	Secundaria	Níquel y hierro en hidróxido; aplicaciones industriales
Celda de plata	1,55	Seca	Primaria	Oxido de plata y zinc en hidróxido; voltaje constante y larga vida en almacenajes; de menor tamaño que la de mercurio, menor potencia.
Celda de mercurio	1.35	Seca	De ambos tipos	Oxido de mercurio y zinc en hidróxido; voltaje constante y larga vida en almacenajes; Baterías B; pilas miniaturas en botones para audífonos, relojes, calculadoras.

**ZXZXZXZXZXZXZXZXZX**

## MODULO N° 3/2002

<b><u>Conexión serie de resistencias</u></b> .....	<b>1</b>
<b><u>Conexión paralelo</u></b> .....	<b>2</b>
<b><u>Puente de Wheatstone</u></b> .....	<b>3</b>
Reóstato .....	4
<b>LEYES DE KIRCHÖFF</b> .....	<b>5</b>
<b><u>1° Ley (corrientes)</u></b> .....	<b>6</b>
<b><u>2° Ley ( Tensiones)</u></b> .....	<b>6</b>
<b><u>ELEMENTOS GALVÁNICOS</u></b> .....	<b>7</b>
<b><u>FUERZA ELECTROMOTRIZ DE UNA PILA</u></b> .....	<b>8</b>
<b><u>CELDA PRIMARIAS Y SECUNDARIAS</u></b> .....	<b>9</b>
<b><u>TIPOS DE BATERÍAS</u></b> .....	<b>9</b>
Batería de plomo y ácido .....	9
<b><u>Celda de carbono y zinc</u></b> .....	<b>11</b>
<b><u>Capacidad de una celda</u></b> .....	12
<b><u>Vida en almacenaje</u></b> .....	13
<b><u>Comparación de los tipos de baterías</u></b> .....	13