

## **Baterías Eléctrico - Información y historia de Baterías**

### **Baterías eléctrico, Acumulador eléctrico o Pila**

Se llama **acumulador eléctrico**, o simplemente **acumulador**, a un dispositivo que almacena energía eléctrica por procedimientos electroquímicos y que a devuelve posteriormente en su casi totalidad. Este ciclo puede repetirse determinado número de veces. Se trata de un generador eléctrico secundario, es decir, de un generador que no puede funcionar a no ser que se le haya suministrado electricidad previamente mediante lo que se denomina proceso de *carga*.

También se le suele denominar **batería**, puesto que muchas veces se conectan varios de ellos en serie, para aumentar el voltaje suministrado. Así la batería de un automóvil está formada internamente por 6 elementos acumuladores del tipo plomo-ácido, cada uno de los cuales suministra electricidad con una tensión de unos 2 V, por lo que el conjunto entrega los habituales 12 V o por 12 elementos, con 24 V para los camiones.

El término **pila**, en castellano, denomina los generadores de electricidad no recargables. Tanto *pila* como **batería** son términos provenientes de los primeros tiempos de la electricidad, en los que se juntaban varios elementos o celdas —en el primer caso uno encima de otro, "apilados", y en el segundo adosados lateralmente, "en batería"— como se sigue haciendo actualmente, para así aumentar la magnitud de los fenómenos eléctricos y poder estudiarlos sistemáticamente. De esta explicación se desprende que cualquiera de los dos nombres serviría para cualquier tipo, pero la costumbre ha fijado la distinción.

### **Principios de funcionamiento**

El funcionamiento de un acumulador está basado esencialmente en algún tipo de proceso reversible, es decir, un proceso cuyos componentes no resulten consumidos ni se pierdan, sino que meramente se transformen en otros, que a su vez puedan retornar al estado primero en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de los acumuladores, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante el de carga.

Resulta que procesos de este tipo son bastante comunes, por extraño que parezca, en las relaciones entre los elementos químicos y la electricidad durante el proceso denominado electrolisis y en los generadores voltaicos o pilas. Los investigadores del siglo XIX dedicaron numerosos esfuerzos a observar y a esclarecer este fenómeno, que recibió el nombre de polarización.

Un acumulador es así un dispositivo en el que la polarización se lleva a sus límites alcanzables y consta en general de dos electrodos, del mismo o de distinto material, sumergidos en un electrolito.

### **Historia de Baterías, Pilas**

El primer acumulador eléctrico lo construyó Johann Wilhelm Ritter en 1803. Como muchos otros que le siguieron, era un prototipo teórico y experimental, sin posible aplicación práctica.

En 1860 Gaston Planté construyó el primer modelo de acumulador de plomo-ácido con pretensiones de ser un aparato utilizable, lo que no era más que muy relativamente, por lo que no tuvo éxito. A finales del siglo XIX sin embargo la electricidad se iba convirtiendo rápidamente en artículo cotidiano y cuando Planté volvió a explicar públicamente las características de su acumulador en 1879 tuvo una acogida mucho mejor, de modo que comenzó a ser fabricado y utilizado casi inmediatamente, iniciándose un intenso y continuado proceso de desarrollo para perfeccionarlo y soslayar sus deficiencias, proceso que dura hasta nuestros días.

Thomas Alva Edison inventó en 1900 otro tipo de acumulador con electrodos de hierro y níquel, cuyo electrolito es la potasa cáustica (KOH). Empezaron a comercializarse en 1908 y son la base de los actuales modelos alcalinos, ya sean recargables o no.

También hacia 1900 Junger y Berg descubrieron en Suecia el acumulador Ni-Cd, que utiliza ánodos de cadmio en vez de hierro, siendo muy parecido al de ferro níquel en las restantes características.

### **Tipos de acumuladores o baterías (pilas)**

#### **Batería alcalina**

También denominada de ferro níquel; sus electrodos son láminas de acero en forma de rejilla con panales llenos de óxido niqueloso (NiO), que constituyen el electrodo positivo, y de óxido ferroso (FeO) el negativo, estando formado el electrolito por una disolución de potasa cáustica (KOH). Durante la carga se produce un proceso de oxidación [[ánodo | anódica]] y otro de reducción [[cátodo | catódica]], transformándose el óxido niqueloso en niquelico y el óxido ferroso en hierro metálico. Esta reacción se produce en sentido inverso durante la descarga.

En 1866 George Leclanché, inventa en Francia la “pila seca” (Zinc-Dióxido de Manganeso); sistema que aún domina el mercado mundial de las baterías primarias.

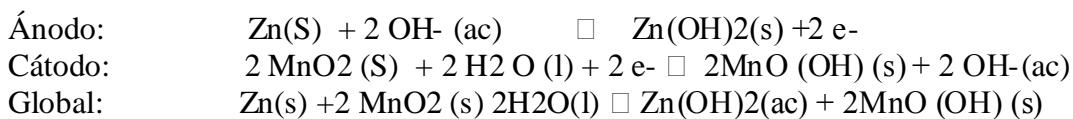
Las pilas alcalinas (de “alta potencia” o “larga vida”) son similares a las de Leclanché, pero en vez de cloruro de amonio llevan cloruro de sodio o de potasio. Duran más porque el cinc no está expuesto a un ambiente ácido como el que provocan los iones amonio en la pila convencional. Como los iones se mueven más fácilmente a través del electrolito, produce más potencia y una corriente más estable.

Su mayor costo se deriva de la dificultad de sellar las pilas contra las fugas de hidróxido. Casi todas vienen blindadas, lo que impide el derramamiento de los constituyentes. Sin embargo, este blindaje no tiene duración ilimitada.

Las celdas secas alcalinas son similares a las celdas secas comunes, con excepción de que :

- 1) el electrolito es básico (alcalino), porque contiene KOH
- 2) la superficie interior del recipiente de Zn es áspera; esto proporciona un área de contacto mayor. Las baterías alcalinas tienen una vida media mayor que la de las celdas secas comunes y resisten mejor el uso constante

El voltaje de una pila alcalina es cercano a 1,5 v. Durante la descarga, las reacciones en la celda seca alcalina son :



El ánodo está compuesto de una pasta de zinc amalgamado con mercurio (total 1%), carbono o grafito.

Se utilizan para aparatos complejos y de elevado consumo energético. En sus versiones de 1,5 voltios, 6 voltios y 12 voltios, se emplean, por ejemplo, en mandos a distancia (control remoto) y alarmas.

#### **Acumulador de plomo**

Está constituido por dos electrodos de [[plomo]] que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de incrustado en una matriz de plomo metálico (Pb); el electrolito es una disolución de [[ácido sulfúrico]]. Este tipo de acumulador se sigue usando aún en muchas aplicaciones, entre ellas en los [[automóvil]]es. Su funcionamiento es el siguiente:

Durante el proceso de carga inicial el sulfato de plomo (II) es reducido a plomo metal en el polo negativo, mientras que en el [[ánodo]] se forma óxido de plomo (IV) ( $\text{Pb O}_{2}$ ). Por lo tanto se trata de un proceso de [[dismutación]]. No se libera hidrógeno, ya que la reducción de los protones a hidrógeno elemental está cinéticamente impedida en una superficie de plomo, característica favorable que se refuerza incorporando a los electrodos pequeñas cantidades de plata. El desprendimiento de hidrógeno provocaría la lenta degradación del electrodo, ayudando a que se desmoronen mecánicamente partes del mismo, alteraciones irreversibles que acortan la duración del acumulador.

Durante la descarga se invierten los procesos de la carga. El óxido de plomo(IV) es reducido a sulfato de plomo (II) mientras que el plomo elemental es oxidado para dar igualmente sulfato de plomo (II). Los electrones intercambiados se aprovechan en forma de corriente eléctrica por un circuito externo. Se trata por lo tanto de una conmutación.

En la descarga baja la concentración del ácido sulfúrico porque se crea sulfato de plomo y aumenta la cantidad de agua liberada en la reacción. Como el ácido sulfúrico concentrado tiene una densidad superior al ácido sulfúrico diluido, la densidad del ácido puede servir de indicador para el estado de carga del dispositivo.

No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente porque, cuando el sulfato de plomo forma cristales muy grandes, ya no responden bien a los procesos indicados, con lo que se pierde la característica esencial de la reversibilidad. Se dice entonces que el acumulador se ha "sulfatado" y es necesario sustituirlo por otro nuevo.

Los acumuladores de este tipo que se venden actualmente utilizan un electrolito en pasta, que no se evapora y hace mucho más segura y cómoda su utilización.

### **LAS PILAS ALCALINAS DE MANGANESO**

Con un contenido de mercurio que ronda el 0,1% de su peso total. Es una versión mejorada de la pila anterior en la que se ha sustituido el conductor iónico cloruro de amonio por hidróxido potásico (de ahí su nombre de alcalina). El recipiente de la pila es de acero y la disposición del zinc y del óxido de manganeso (IV) es la contraria, situándose el zinc, ahora en polvo, en el centro. La cantidad de mercurio empleada para regularizar la descarga es mayor. Esto le confiere mayor duración, más constancia en el tiempo y mejor rendimiento. Por el contrario su precio es más elevado. También suministra una fuerza electromotriz de 1,5 V. Se utiliza en aparatos de mayor consumo como: grabadoras portátiles, juguetes con motor, flashes electrónicos.   
 El ánodo es de zinc amalgamado y el cátodo es un material espolarizador que es en base a dióxido de manganeso, óxido mercúrico mezclado íntimamente con grafito, y en casos extraños óxido de plata  $\text{Ag}_2\text{O}$  (estos dos últimos son de uso muy costoso, peligrosos y tóxicos) a fin de reducir su resistividad eléctrica. El electrolito es una solución de hidróxido potásico (KOH), el cual presenta una resistencia interna bajísima, lo que permite que no se tengan descargas internas y la energía pueda ser acumulada durante mucho tiempo. Este electrolito en las pilas comerciales es endurecido con gelatinas o derivados de la celulosa.

Dentro de las reacciones que se presentan en la pila alcalina se tiene:

La reacción en el ánodo es:

La reacción del cátodo es:

Existe cierta innovación que dentro de unos años estará en el mercado que es la pila de aire, que la reacción en el cátodo es:

### **Mercurio**

En México la liberación del mercurio contenido en pilas ha ocurrido a consecuencia del uso de tres tipos de pilas: las de óxido de mercurio, las de C-Zn y las alcalinas. En el primer tipo, el contenido de dicho metal es del 33% y se usaron tanto en su presentación de botón como en otros tamaños a partir de 1955. Teóricamente, se dejaron de producir en 1995, aunque hay fuentes de información que indican que dicho proceso continúa en Asia y se distribuyen en el mercado internacional. Para el segundo y tercer tipo de pilas, se sabe que durante

varias décadas, antes de 1990, se les agregaba mercurio (entre 0.5 a 1.2%) para optimizar su funcionamiento, siendo las alcalinas las de mayor contenido; también el carbón que contienen algunas veces está contaminado con este metal de manera natural. En 1999, el INE solicitó un análisis de muestras de tres diferentes marcas de pilas del tipo AA de consumo normal en México, de las cuales dos eran de procedencia asiática (de C-Zn) y una alcalina de procedencia europea. Los resultados fueron los siguientes: para las de procedencia asiática, los valores obtenidos fueron de 0.18 mg/kg y de 6.42 mg/kg; en cuanto a la de procedencia europea el resultado fue de 0.66 mg/kg; dichas cantidades, equivalentes a partes por millón, no rebasan los límites de 0.025% establecidos en el Protocolo sobre metales pesados adoptado en 1998 en Aarhus, Dinamarca, por los países miembros de la Comisión Económica para Europa de las Naciones Unidas (UNECE). El muestreo anterior fue un hecho aislado y sería conveniente en un futuro seguir analizando el contenido de mercurio en el mayor número de marcas posibles. Según los cálculos presentados en el cuadro 10, se estima que se han liberado 1,232 toneladas durante los últimos 43 años. En México, otras fuentes de mercurio la constituyen la industria de cloro/sosa que lo utiliza en su proceso; también productos como termómetros, varios tipos de interruptores y lámparas fluorescentes. Según información oficial ya no se extrae mercurio en México, aunque se dispone de datos sobre importación por un monto de 130 toneladas en los últimos tres años. El mercurio es un contaminante local y global por excelencia, la química ambiental correspondiente a este metal tóxico es muy compleja, dadas sus propiedades; se evapora a temperatura ambiente y sus átomos viajan lejos; al ser depositado en los cuerpos de agua se transforma en mercurio orgánico (metil-mercurio) por mecanismos aeróbicos o anaeróbicos, es así como se contaminan, entre otros, los pescados y mariscos. Otra forma de ingreso de mercurio es por inhalación de los vapores emitidos por el mercurio en su forma metálica en ambientes cerrados. El metil-mercurio puede atravesar la placenta, acumularse y provocar daño en el cerebro y en los tejidos de los neonatos, quienes son especialmente sensibles a esta sustancia. También puede existir exposición al mercurio a través de la leche materna; en este caso, los efectos pueden provocar problemas de desarrollo, retrasos en el andar, en el habla o mental, falta de coordinación, ceguera y convulsiones. En adultos, la exposición constante a través de la ingesta de alimentos contaminados, pescados por lo general, puede provocar cambios de personalidad, pérdida de visión, memoria o coordinación, sordera o problemas en los riñones y pulmones. La Agencia Internacional para la Investigación sobre el Cáncer (IARC, por sus siglas en inglés) de la Organización Mundial de la Salud (OMS), considera al metil-mercurio y sus compuestos como posiblemente carcinogénico en seres humanos (Grupo 2B). El metil-mercurio, que es la forma más tóxica, se acumula en los tejidos de peces; las especies de mayor tamaño y de mayor edad tienden a concentrar niveles de mercurio más altos.

### Manganoso

Dado que el mayor volumen consumido de pilas son alcalinas y C-Zn (aproximadamente el 76% del consumo total de pilas y baterías), el óxido de manganeso contenido en ellas es el contaminante que en mayor volumen se ha liberado al medio ambiente en las últimas cuatro décadas, lo que representa aproximadamente 145,917 toneladas (cuadro 10). Respecto de los efectos adversos ocasionados en la salud humana por esta sustancia, diversos estudios sugieren efectos neurológicos serios por exposición oral al manganeso. Por ejemplo, un estudio hecho por la OMS reporta que en 1981 se notificó una intoxicación en una comunidad de Japón debido a que cerca de un pozo de agua se enterraron aproximadamente 400 piezas de pilas a una distancia aproximada de dos metros, lo cual provocó 16 casos de envenenamiento, tres fueron fatales (incluyendo un suicidio); los niveles de manganeso detectados en el agua de ese pozo fueron de 14 miligramos por litro, mientras que en otros dos pozos los niveles alcanzaron 8 y 11 miligramos por litro. Los sujetos de la comunidad exhibieron desórdenes de tipo psicológico y neurológico asociados a la intoxicación

Este tipo de pila se fabrica en dos formas. En una, el ánodo consta de una tira de zinc corrugada devanada en espiral de 0.051 a 0.13 mm de espesor que se amalgama después de armarla. Hay dos tiras de papel absorbente resistente a los álcalis ínter devanadas con la tira de papel de zinc, de modo que el zinc sobresalga por la parte superior y el papel por la parte inferior. El ánodo está aislado de la caja metálica con un manguito de poli estireno. La parte superior de la pila es de cobre y hace contacto con la tira de zinc para formar la Terminal negativa de la pila. La pila está sellada con un ojillo o anillo aislante hecho de neopreno. La envoltura de la pila es químicamente inerte a los ingredientes y forma el electrodo positivo

## Alcalinas

- \* Zinc 14% (ánodo) Juguete, toca cintas, cámaras fotográficas, grabadoras
- \* Dióxido de Manganeso 22% (cátodo)
- \* Carbón: 2%
- \* Mercurio: 0.5 a 1% (ánodo)
- \* Hidróxido de Potasio (electrolito)
- \* Plástico y lámina 42%

Contiene un compuesto alcalino, llamado Hidróxido de Potasio. Su duración es seis veces mayor que las de zinc-carbono. Está compuesta por Dióxido de Manganeso, Hidróxido de Potasio, pasta de Zinc amalgamada con Mercurio (en total 1%), Carbón o Grafito. Según la Directiva Europea del 18 de marzo de 1991, este tipo de pilas no pueden superar la cantidad de 0.025% de mercurio.

- Una pila alcalina puede contaminar 175.000 litros de agua, que llega a ser el consumo promedio de agua de toda la vida de seis personas.
- Una pila común, también llamadas de zinc-carbono puede contaminar 3.000 litros de agua.
- Perforaciones del tabique nasal.
- Zinc, Manganeso, Bismuto, Cobre y Plata: Son sustancias tóxicas, que producen diversas alteraciones en la salud humana. El Zinc, Manganeso y Cobre son esenciales para la vida, en cantidades mínimas, tóxico en altas dosis. El Bismuto y la Plata no son esenciales para la vida.

## **Baterías Litio-Ion (Li-ion)**

Las [[Batería de iones de litio | baterías Litio-Ion (Li-ion)]] utilizan un ánodo de [[Litio]] y un cátodo de Ion. Su desarrollo es más reciente, y permite llegar a densidades del orden de 115 Wh/kg. Además, no sufren el [[efecto memoria]].

## **Baterías Polímero de Litio (Li-polí)**

Son una variación de las [[Batería de iones de litio | baterías Litio-Ion (Li-ion)]]. Sus características son muy similares pero permiten una mayor densidad de energía, así como una tasa de descarga bastante superior.

## **Pilas de combustible**

La [[pila de combustible]] no se trata de acumulador propiamente dicho aunque si convierte energía química en energía eléctrica y es recargable. Funciona con [[hidrógeno]]. (Otros combustibles como el [[Metano]] o el [[Metanol]] son transformados previamente en hidrógeno).

## **Condensador de alta capacidad**

Aunque los [[Condensador de alta capacidad | condensadores de alta capacidad]] no sean acumuladores electroquímicos en sentido estricto, en la actualidad se están consiguiendo capacidades lo suficientemente grandes (varios [[farad]], F) para que se los pueda utilizar como batería cuando las potencias a suministrar sean pequeñas.

La *tensión o potencial* (en volt) es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador conviene al uso a que se le destina. Viene fijado por el potencial de oxi-reducción del par redox utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento.

La *corriente* que puede suministrar el elemento, medida en ampere (A), es el segundo factor a considerar. Especial importancia tiene en algunos casos la corriente máxima obtenible; p. ej., los motores de arranque de los automóviles exigen esfuerzos brutales de la batería cuando se ponen en funcionamiento (decenas de A), por lo que deben actuar durante poco tiempo.

La *capacidad eléctrica* se mide en la práctica por referencia a los tiempos de carga y de descarga en Ah. La unidad SI es el coulomb (C).

$$1 \text{ Ah} = 1000 \text{ mAh} = 3600 \text{ C} ; 1 \text{ C} = 1 \text{ Ah}/3600 = 0,278 \text{ mAh.}$$

Téngase en cuenta sin embargo que, cuando a veces se leen indicaciones en el cuerpo de las baterías o en sus envases como *Cárguese a C/10 durante 12 horas*, la letra C no se refiere al coulomb, sino a la carga máxima que puede recibir el acumulador, de modo que en el caso anterior, si la capacidad del acumulador fuese 1200 mAh, se le debería aplicar una corriente de carga de  $1200/10 = 120 \text{ mA}$  durante el número de horas indicado.

La *energía* almacenada se mide habitualmente en Wh (watt-hora); la unidad SI es el joule (unidad).

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} = 3,6 \text{ kJ} ; 1 \text{ J} = 0,278 \text{ mWh}$$

La *resistencia interna* de los acumuladores es muy inferior a la de las pilas, lo que les permite suministrar cargas mucho más intensas que las de éstas, sobre todo de forma transitoria. Por ejemplo, la resistencia interna de un acumulador de plomo-ácido es de 0,006 ohm y la de otro de Ni-Cd de 0,009 ohm.

En fin, otra de las características importantes de un acumulador es su *masa*, es decir, lo que pesa, y la relación entre ella y la capacidad eléctrica (Ah/kg) o la energía (Wh/kg) que puede restituir. En algunos casos puede ser también importante el volumen que ocupe (en  $\text{m}^3$  o en litro).

El *rendimiento* es la relación porcentual entre la energía eléctrica recibida en el proceso de carga y la que el acumulador entrega durante la descarga. El acumulador de plomo-ácido tiene un rendimiento de más del 90%.

### **Vatio o Watt**

El **vatio** (en España) o **watt** (en el resto del mundo) es la unidad de potencia del Sistema Internacional de Unidades. Su símbolo es **W**. Es el equivalente a 1 julio por segundo (1 J/s) y es una de las unidades derivadas. Expresado en unidades utilizadas en electricidad, el **vatio** es la potencia producida por una diferencia de potencial de 1 voltio y una corriente eléctrica de 1 amperio (1 VA).

Las siguientes ecuaciones relacionan dimensionalmente el vatio con las Unidades básicas del Sistema Internacional:

$$W = J \cdot s^{-1} = N \cdot m \cdot s^{-1} = kg \cdot m^2 \cdot s^{-3}$$

El vatio recibe su nombre de James Watt, por las contribuciones de éste al desarrollo de la máquina de vapor.

### **Ohm o Le de Ohm**

La **ley de Ohm**, es una propiedad específica de ciertos materiales, y no una ley general del electromagnetismo, como los es, por ejemplo, la ley de Gauss. La relación

$$V = I \cdot R$$

no es un enunciado de la ley de Ohm. Un conductor cumple con la ley de Ohm sólo si su curva V-i es lineal; esto es si R es independiente de V y de i. La relación

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

sigue siendo la definición general de la resistencia de un conductor, independientemente de si éste cumple o no con la ley de Ohm. La intensidad de la corriente eléctrica que circula por un dispositivo es directamente

proporcional a la diferencia de potencial aplicada e inversamente proporcional a la resistencia del mismo, según expresa la fórmula siguiente:

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

En donde, empleando unidades del Sistema internacional:

**I** = Intensidad en amperios (**A**)

**V** = Diferencia de potencial en voltios (**V**)

**R** = Resistencia en ohmios (**Ω**). la ley de ohm dice que tiene artas cargas eléctricas magnetizadas

El **ohmio** es la unidad de resistencia eléctrica en el Sistema Internacional de Unidades

Un ohmio es la dimensión que mide el valor de la resistencia eléctrica que presenta un conductor al paso de una corriente eléctrica de un Amperio, cuando la diferencia de potencial entre sus extremos es de un voltio.

Se representa con la letra griega  $\Omega$  (Omega). Su nombre se deriva del apellido del físico alemán Georg Simon Ohm autor de la Ley de Ohm.