

CAPITULO 5

LA BATERIA DE

PLOMO-ACIDO

INTRODUCCION La importancia de este componente dentro del sistema FV hace necesario el conocimiento a fondo de las limitaciones intrínsecas del mismo. Sólo así podrá lograrse la correcta instalación y uso del sistema, prolongando su vida útil y grado de fiabilidad. Es por ello que decidí incorporar dos capítulos relacionados con el tema. Este capítulo está dedicado a las baterías de plomo ácido en general; el capítulo subsiguiente proporciona detalles propios de las baterías usadas en los sistemas FVs.

DOBLE CONVERSION DE ENERGIA Comenzaremos con una pregunta básica: ¿cuál es el mecanismo que permite la utilización de una batería como una fuente portátil de energía eléctrica? La respuesta es: *una doble conversión de energía, llevada a cabo mediante el uso de un proceso electro-químico*. La primera conversión, energía eléctrica en energía química, toma lugar durante el proceso de carga. La segunda, energía química en eléctrica, ocurre cuando la batería es descargada. Para que estas conversiones puedan llevarse a cabo se necesitan dos electrodos metálicos inmersos en un medio que los vincule, llamado electrolito.

POLARIDAD Este conjunto forma una celda de acumulación, cuyo voltaje, en una batería de plomo-ácido, excede levemente los 2V, dependiendo de su estado de carga. En el proceso electrolítico cada uno de los electrodos toma una polaridad diferente. La batería tiene entonces un terminal negativo y otro positivo, los que están claramente identificados en la caja de plástico con los símbolos correspondientes (- y +).

BATERIA COMERCIAL La batería comercial, para poder ofrecer un voltaje de salida práctico, posee varias de estas celdas conectadas en serie. La Figura 5.6 muestra muestra la estructura interna y externa de una batería de Pb-ácido para automotor, donde se observa el coneccionado serie de las celdas, las que están físicamente separadas por particiones dentro de la caja que las contiene. Cada celda está compuesta de varias placas positivas y negativas, las que tienen separadores intermedios. Todas las placas de igual polaridad, dentro de una celda, están conectadas en paralelo. El uso de varias placas de igual polaridad permite aumentar la superficie activa de una celda.

PROCESO DE CARGA El voltaje proporcionado por una batería de acumulación es de CC. Para cargarla se necesita un generador de CC, el que deberá ser conectado con la polaridad correcta: positivo del generador al positivo de batería y negativo del generador al negativo de batería. Para poder forzar una corriente de carga el voltaje deberá ser algo superior al de la batería.

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

La corriente de carga provoca reacciones químicas en los electrodos, las que continúan mientras el generador sea capaz de mantener esa corriente, o el electrolito sea incapaz de mantener esas reacciones. ***El proceso es reversible.*** Si desconectamos el generador y conectamos una carga eléctrica a la batería, circulará una corriente a través de ésta, en dirección opuesta a la de carga, provocando reacciones químicas en los electrodos que vuelven el sistema a su condición inicial.

CICLO CARGA-DESCARGA

En principio el “ciclo” de carga-descarga puede ser repetido indefinidamente. En la práctica existen limitaciones para el máximo número de ellos, ya que los electrodos pierden parte del material con cada descarga. La diferencia funcional entre diferentes tipos de baterías obedece al uso de diferentes electrolitos y electrodos metálicos. Dentro de un mismo tipo de batería, la diferencia funcional es el resultado del método de fabricación.

PERDIDAS DE CONVERSION

Cuando un tipo de energía es convertido en otro la eficiencia del proceso nunca alcanza el 100%, ya que siempre existen pérdidas (calor). La doble conversión energética que toma lugar dentro de una batería obedece esta ley física. Habrá, por lo tanto, pérdidas de energía durante ***el proceso de carga y el de descarga.***

BATERIA Pb-ACIDO

El tipo de acumulador más usado en el presente, dado su bajo costo, es la batería de plomo y ácido sulfúrico con electrolito líquido. En ella, los dos electrodos están hechos de plomo y el electrolito es una solución de agua destilada y ácido sulfúrico. En este libro abreviaremos algo su nombre, llamándola batería ***Pb-ácido***, usando el símbolo químico para el plomo (Pb). Cuando la batería está cargada, el electrodo positivo tiene un depósito de dióxido de plomo y el negativo es plomo. Al descargarse, la reacción química que toma lugar hace que, tanto la placa positiva como la negativa, tengan un depósito de sulfato de plomo. La Figuras 5.1 y 5.2 ilustran estos dos estados.

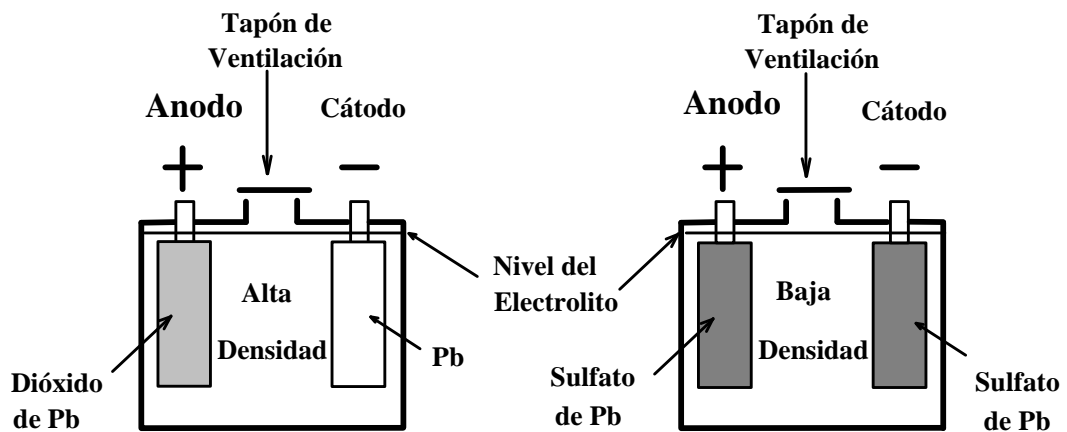


Fig. 5.1- Batería Cargada

Fig. 5.2- Batería Descargada

NOTA

Como el proceso químico libera gases (hidrógeno y oxígeno) se necesita que el conjunto tenga ventilación al exterior. El diseño de las tapas de ventilación permite la evacuación de estos gases, restringiendo al máximo la posibilidad de un derrame del electrolito.

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

DENSIDAD DEL ELECTROLITO En una batería de Pb-ácido el electrolito interviene en forma *activa* en el proceso electroquímico, variando la proporción de ácido en la solución con el estado de carga del acumulador. Cuando la batería está *descargada*, la cantidad de ácido en la solución *disminuye*. Si la batería está *cargada*, la cantidad de ácido en la solución *aumenta*. Este mecanismo tiene una derivación práctica: monitoreando la concentración del ácido se puede determinar el estado de carga de la batería. Este monitoreo se hace usando un densímetro, como veremos en detalle al hablar del mantenimiento de los sistemas FVs (Capítulo 13).

WATT.HORA AMP.HORA PROFUNDIDAD DE DESCARGA Tres características definen una batería de acumulación: la cantidad de energía que puede almacenar, la máxima corriente que puede entregar (descarga) y la profundidad de descarga que puede sostener. La cantidad de energía que puede ser acumulada por una batería está dada por el número de watt.horas (Wh) de la misma. La capacidad (C) de una batería de sostener un régimen de descarga está dada por el número de amperes.horas (Ah).

VALOR EN Wh Para una dada batería, el número de Wh puede calcularse multiplicando el valor del voltaje nominal por el número de Ah, es decir:

$$\text{Wh} = \text{Voltaje nominal} \times \text{Ah}$$

VALOR EN Ah DE UNA BATERIA El número de Ah de una batería es un valor que se deriva de un régimen de descarga especificado por el fabricante. Para un tipo especial de baterías, llamadas solares (capítulo 6), el procedimiento de prueba ha sido estandarizado por la industria. Una batería, inicialmente cargada al 100%, es descargada, a corriente constante, hasta que la energía en la misma se reduce al 20% de su valor inicial. El valor de esa corriente de descarga, multiplicado por la duración de la prueba (20 horas es un valor típico), es el valor en Ah de esa batería. Un ejemplo práctico servirá para reforzar este concepto. Si una batería solar tiene una capacidad (C) de 200 Ah para un tiempo de descarga de 20hrs, el valor de la corriente durante la prueba es de 10A.

VALOR EN Ah: SIGNIFICADO Existe la tentación de extender este concepto para corrientes de descarga *en exceso* del máximo determinado por el método de prueba (10A en nuestro ejemplo). La batería de nuestro ejemplo no puede entregar 200A durante una hora. El proceso electroquímico no puede ser acelerado sin que la batería incremente su resistencia interna en forma substancial (Apéndice I). Este incremento disminuye el voltaje de salida, autolimitando la capacidad de sostener corrientes elevadas en la carga. Si la corriente de descarga es menor que la especificada, digamos 5A, la relación Ah es válida. La batería de 200Ah de nuestro ejemplo puede sostener este valor de corriente por 40 horas.

CORRIENTE COMO VALOR FRACCIONAL Los fabricantes de baterías expresan el valor de la corriente de carga (o descarga) como un valor fraccional de su capacidad en Ah. En nuestro ejemplo, C/20 representa 10A y C/40 representa un valor de 5A. Esta forma de dar el valor de la corriente de descarga (o carga) parece arbitraria, pero no lo es si recordamos que la capacidad en Ah de una batería, por definición, requiere un número específico de horas de descarga.

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

Si la batería solar de nuestro ejemplo tiene un voltaje nominal de 6V, la cantidad de energía que puede ser acumulada es de:

$$6V \times 200 \text{ Ah} = 1.200 \text{ Wh (1,2 KWh)}$$

PROFUNDIDAD DE DESCARGA La profundidad de descarga (PD) representa la cantidad de energía que puede extraerse de una batería. Este valor está dado en forma porcentual. Si la batería del ejemplo entrega 600 Wh, la PD es del 50%. Cuando se efectúa la prueba para determinar la capacidad en Ah de una batería solar la PD alcanza el 80%.

VOLTAJE DE SALIDA El voltaje de salida de una batería de Pb-ácido no permanece constante durante la carga o descarga. Dos variables determinan su valor: el estado de carga y la temperatura del electrolito. Las curvas de la Figuras 5.3 y 5.4 muestran estas variaciones de voltaje, tanto para el proceso de carga como para el de descarga. Los valores están dados usando diferentes valores de corriente, para dos temperaturas de trabajo: 25°C y 1°C, respectivamente. Las curvas a 25°C reflejan el comportamiento de una batería trabajando en un ambiente con temperatura benigna. Las curvas a 1°C reflejan el comportamiento de la misma batería cuando la temperatura del electrolito es cercana al punto de congelación del agua. Los valores dados por las curvas corresponden a una batería de 12V nominales. Si la batería es de 6V, estos valores deberán ser divididos por dos. Si el banco de baterías tiene un valor que es un múltiplo de 12V, los valores leídos deberán multiplicarse por el valor del múltiplo. Para comprender el efecto que tiene la temperatura en el comportamiento de la batería es útil recordar que cualquier reacción química es *acelerada* cuando la temperatura se *incrementa* y es *retardada* cuando ésta *disminuye*.

CURVAS DE DESCARGA Las curvas de descarga muestran que a baja temperatura la caída de voltaje es mucho más severa que la que se observa, para la misma corriente, a 25°C. La baja temperatura retarda la reacción química, lo que se traduce en un brusco aumento de la resistencia interna (Apéndice I) de la batería, lo que provoca una mayor caída del voltaje. Estas curvas confirman la experiencia que el lector tiene con baterías para automotor durante el invierno. Se observa, asimismo, que si se mantiene constante la temperatura del electrolito, la caída de voltaje es siempre mayor (aumento de la resistencia interna) cuando la corriente de descarga aumenta. Este es el mecanismo autolimitante al que nos referimos con anterioridad.

CURVAS DE CARGA Para la carga, se observa que el voltaje correspondiente a un dado estado y corriente de carga, es siempre menor cuando la temperatura disminuye. Es conveniente cargar una batería con un nivel de corriente que no exceda el máximo dado por el fabricante (C/20 ó 10A en nuestro ejemplo). El tiempo de carga, multiplicado por la corriente de carga debe ser un 15% mayor al número de Ah de la batería, para compensar por las pérdidas durante el proceso de carga.

VARIACION EN EL VOLTAJE
DE UNA BATERIA DE Pb-ACIDO DE 12V
Temperatura del Electrolito: 25°C

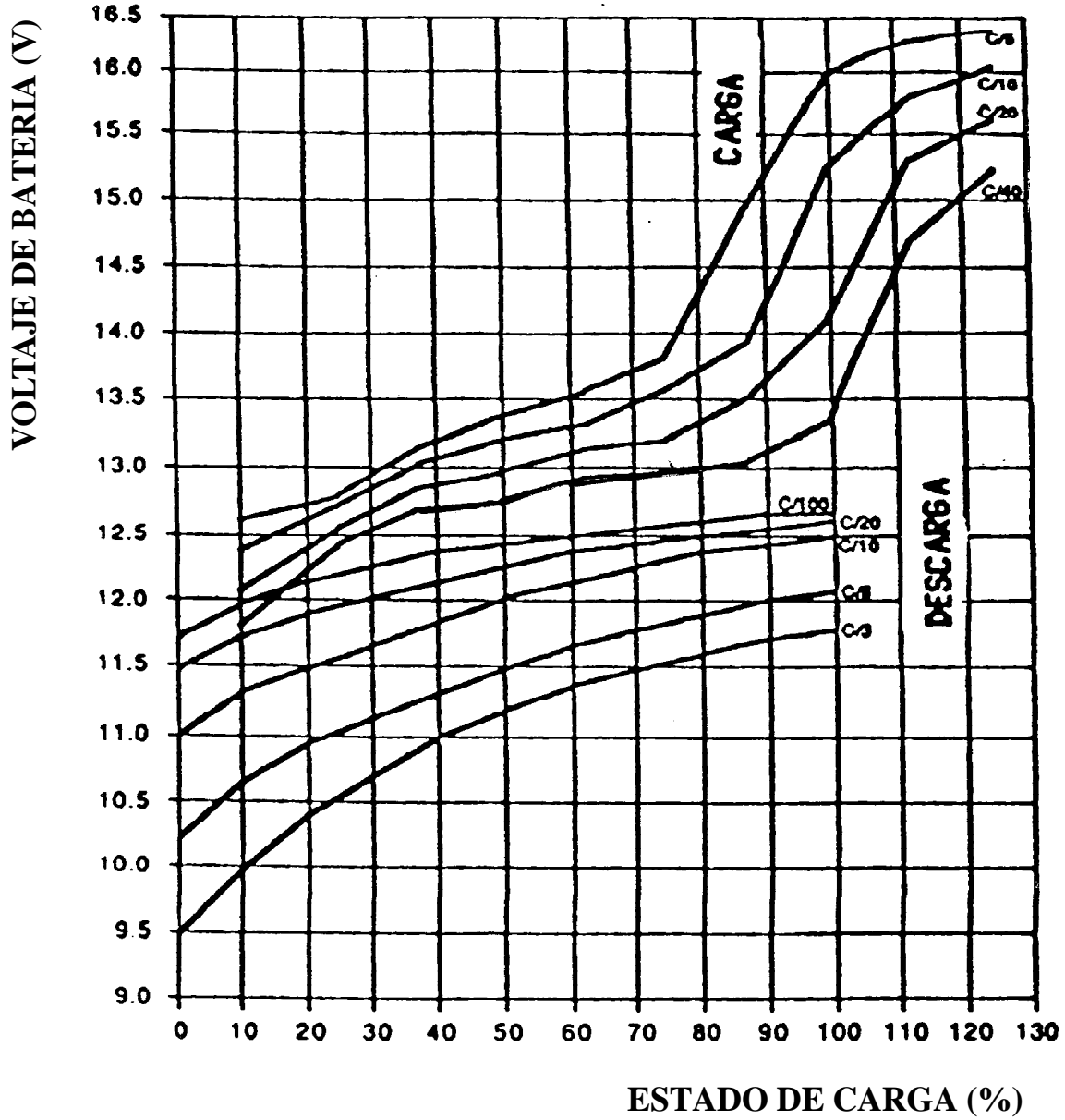


Fig. 5.3- Variaciones de Voltaje en una Batería Pb-ácido
(Cortesía de la Revista HOME POWER)

VARIACION EN EL VOLTAJE
DE UNA BATERIA DE Pb-ACIDO DE 12V
Temperatura del Electrolito: 1°C

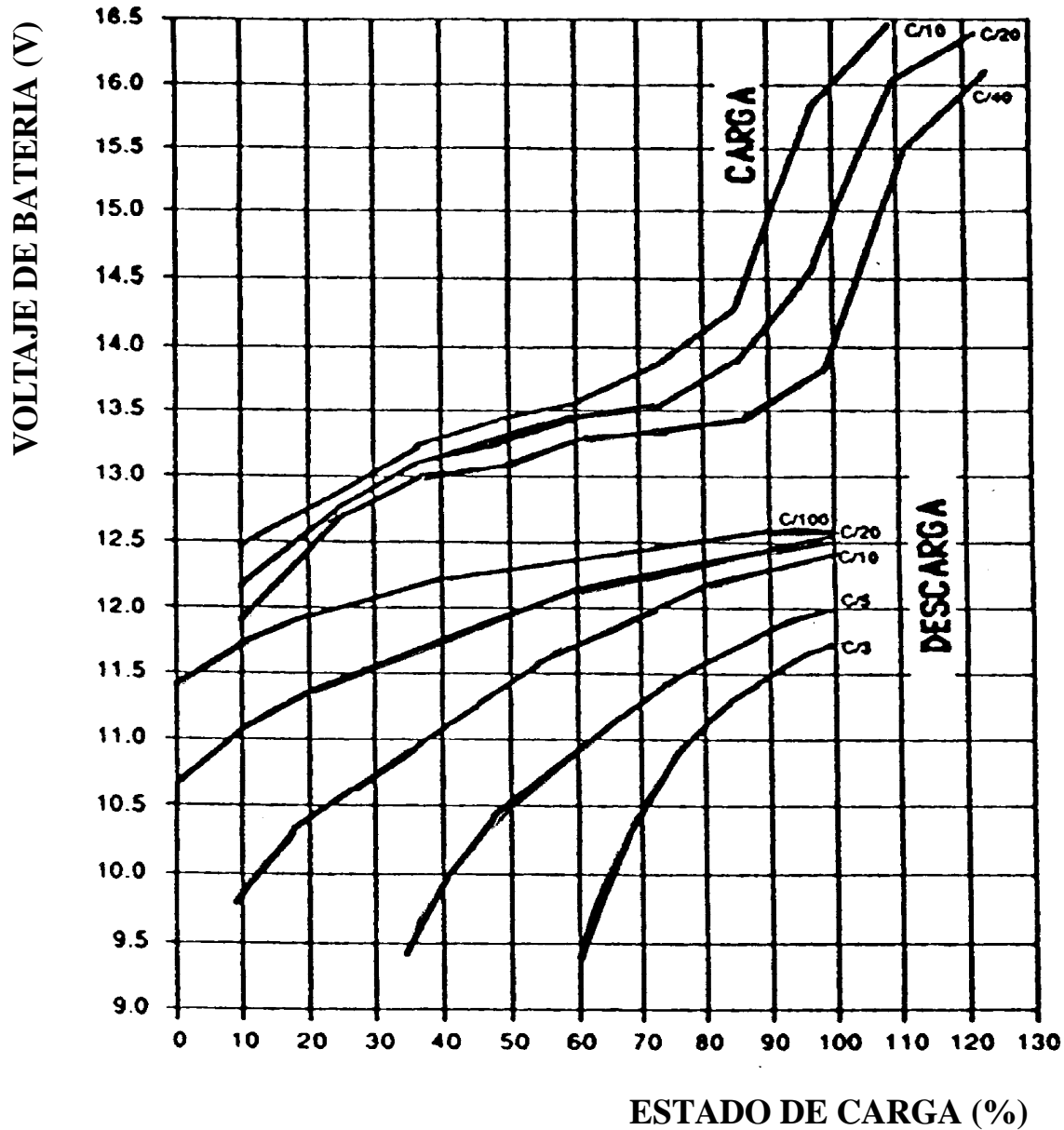


Fig. 5.4- Variaciones de Voltaje en una Batería Pb-ácido
(Cortésia de la Revista HOME POWER)

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

EVALUACION DEL ESTADO DE CARGA El valor del voltaje a circuito abierto para una batería no representa una buena indicación del estado de carga o la vida útil de la misma. Para que esta medición tenga alguna significación, la lectura debe ser precedida por la carga de la misma, seguida de un período de inactividad de varias horas. El voltímetro a usarse deberá ser capaz de leer dos decimales con precisión. La medición de la densidad del electrolito constituye una evaluación *más fiable*, pues se mide un grupo de celdas por separado. Diferencias substanciales en el valor de la densidad entre un grupo de celdas y los restantes dá una indicación clara del envejecimiento de la misma (Capítulo 13). Un voltaje que es importante es el de “final de descarga” para la batería. Este valor está dado por el fabricante, pero es siempre cercano a los 10,5V, para una batería de Pb-ácido de 12V nominales, trabajando a una temperatura cercana a los 25°C.

CONGELACION DEL ELECTROLITO Un problema que suele presentarse cuando la temperatura del electrolito alcanza los 0°C está relacionado con el estado de carga de la batería. Si ésta está prácticamente descargada, la cantidad de agua en la solución electrolítica es mayor, como indicamos anteriormente. Al bajar la temperatura del electrolito existe la posibilidad de que el agua se congele. Si esto ocurre, su volumen aumenta. La fuerza de esta expansión distorsiona los electrodos, pudiendo dañar las celdas o quebrar la caja. El ácido del electrolito actúa como anticongelante, de manera que es extremadamente importante mantener la carga de las baterías cuando la temperatura de trabajo disminuye. Una batería solar del tipo Pb-ácido, totalmente descargada, se congela alrededor de los -10°C. Si está totalmente cargada, el punto de congelación se alcanza alrededor de los -58°C (Tabla 5.7, pág. 47).

TEMPERATURA ELEVADA Si las bajas temperaturas causan tantos problemas, algún lector puede concluir que las temperaturas ambientes elevadas son las ideales. La conclusión es errónea, pues la mayor actividad química se traduce en una *reducción* en la vida útil de una batería de Pb-ácido, como lo muestra la tabla dada a continuación.

TEMPERATURA DEL ELECTROL.	REDUCCION DE LA VIDA UTIL
°C	%
25	0
30	30
35	50
40	65
45	77
50	87
55	95

GASIFICACION Cuando una batería de plomo-ácido está próxima a alcanzar el 100% de su carga, la cantidad de agua en el electrolito ha sido severamente reducida. Los iones que ésta provee se hacen más escasos, disminuyendo la posibilidad para el ión de hidrógeno (electrodo negativo) y para el ión de oxígeno (electrodo positivo) de reaccionar químicamente, formando plomo y dióxido de plomo, respectivamente. Si la corriente de carga continúa al mismo nivel, el exceso de gases escapa del electrolito produciendo un intenso burbujeo, el que se conoce como “gasificación”.

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

GASIFICACION Si el proceso de carga no es controlado, el exceso de oxígeno comienza a oxidar los sostenes de plomo de las celdas, pudiendo causar el derrumbe de los mismos. Este fenómeno es conocido como la “muerte súbita” de la batería, ya que ocurre sin dar aviso previo. Una gasificación excesiva arrastra parte del electrolito, el que es expulsado fuera de la batería, a través de los tapones de respiración. Este material contiene ácido sulfúrico, dañando los terminales de salida y disminuyendo la cantidad de ácido dentro de la batería. El proceso de carga de una batería de Pb-ácido debe minimizar la gasificación del electrolito. Algo de gasificación es útil, pues contribuye a homogeneizar la solución electrolítica. Para una batería solar de Pb-ácido de 12V nominales, trabajando alrededor de los 25°C, un voltaje de carga de 14,28V proporciona un nivel tolerable de gasificación. Un voltaje más elevado provoca un nivel de gasificación excesivo.

SULFATACION Hemos visto que la descarga de las baterías de plomo-ácido trae aparejado un depósito de sulfato de plomo en ambas placas. Normalmente este depósito está constituido por pequeños cristales, que se descomponen fácilmente durante el proceso de carga. Si, por el contrario, la batería ha sido descargada repetidas veces por debajo del mínimo especificado, es pobremente cargada, o permanece descargada por largo tiempo, el tamaño de los cristales crece, y sólo una parte de ellos interviene en el proceso de carga. Esto se traduce en una disminución de la superficie activa del electrodo, disminuyendo la capacidad de almacenaje. Este fenómeno se lo conoce con el nombre de **sulfatación** de la batería. En lugares donde los períodos nublados son de larga duración las baterías pueden permanecer en estado de baja carga, por largo tiempo, induciendo la sulfatación de las placas. Una carga a régimen de corriente elevado puede disolver esta formación cristalina (proceso de eualización).

AUTODESCARGA Una batería que está cargada y permanece inactiva, independientemente de su tipo, pierde su carga con el tiempo. Este fenómeno es conocido como autodescarga. La rapidez de la descarga depende de la temperatura ambiente y del tipo de batería. Al analizar los distintos tipos de baterías en el Capítulo 6, se dan valores específicos de autodescarga para los modelos descriptos.

NORMAS DE SEGURIDAD El proceso de carga en una batería de Pb-ácido genera dos tipos de gases: oxígeno e hidrógeno. Ambos son sumamente activos, de manera que las baterías deben estar en un lugar que tenga ventilación al exterior. En particular, una llama o chispa puede iniciar una reacción química entre el oxígeno y el hidrógeno, la que se lleva a cabo con una fuerte explosión. Por ello es importante no fumar o producir chispas eléctricas en el área donde se alojan las baterías. El electrolito de estas baterías es altamente corrosivo, atacando metales y sustancias orgánicas. Al manejar baterías de Pb-ácido se recomienda el uso de guantes, botas y ropa protectora de goma. Si accidentalmente Ud llegare a entrar en contacto con el electrolito, lávese las manos con abundante agua, para evitar el ataque a la piel. Es ***muy importante*** tener a mano bicarbonato de soda. Esta sustancia neutraliza al ácido sulfúrico y dado su bajo costo, puede usarse para neutralizar ácido derramado en el piso o en herramientas.

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

ENVEJECIMIENTO Con el tiempo, todas las baterías pierden la capacidad de acumular carga, ya que con cada descarga se pierde algo del material activo. Sin embargo, la vida útil de las mismas puede ser prolongada si se las mantiene cargadas, no se sobrecargan ni descargan en exceso, permanecen en un lugar que no sufre temperaturas extremas, no son sometidas a cortocircuitos, y se reemplaza el agua destilada que pierden.

NOTAS Nunca agregue ácido al electrolito o productos “restauradores” milagrosos. Durante la carga, iones de hidrógeno y oxígeno intervienen en el proceso químico, disminuyendo la cantidad de agua. Cuando la temperatura ambiente es elevada, esta pérdida se acentúa. Restaure el nivel del electrolito, agregando sólo agua destilada, al nivel recomendado por el fabricante. No sobrepase ese nivel, ya que el electrolito y los gases generados necesitan espacio para expandirse.

**TEMPERATURAS
DE
CONGELACION**

TABLA 5.7

Punto de Congelación de una Batería de Pb-ácido

Estado de Carga %	Temperatura de Congelamiento del Electrolito °C
100%	- 58,0
75%	- 34,4
50%	- 20,0
25%	- 15,0
Descargada	- 10,0

CAPITULO 5- LA BATERIA DE PLOMO-ACIDO

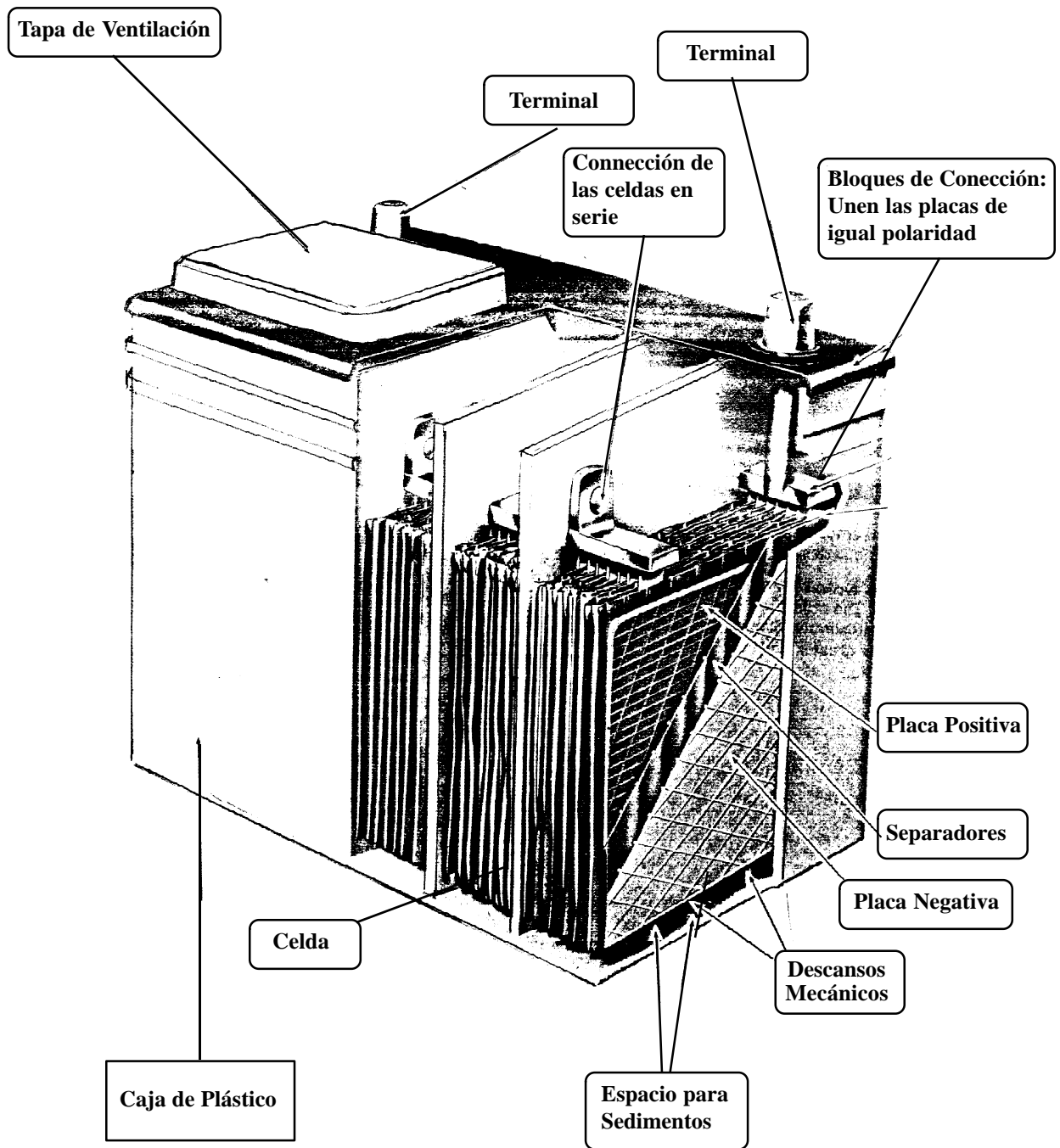


Fig. 5.6- Detalles de Construcción de una Batería para Automotor