

## INTRODUCCIÓN

Cuando un motor se estropea hay muchos indicios que nos lo muestran claramente: ruido distinto, olor especial, etc. Entonces podemos reponer las partes afectadas, repararlo... Pero en una batería esto no es posible: desde su parte exterior es imposible saber qué le pasa a simple vista, no podemos reemplazar piezas... De hecho, aunque la abriéramos sólo podríamos determinar el fallo si fuéramos especialistas en el tema (y no siempre).

Así que cuando una batería falla, ha de ser cambiada por otra, no hay otra opción.

Una batería cuesta su dinero, es pesada y ocupa mucho espacio. Por ejemplo: con 10 litros de diesel (=8,4Kg) y un generador diesel, se puede cargar una batería de 24V 700Ah ( $24 \times 700 = 16,8 \text{KWh}$ ). ¡Esta batería cargada tendrá un volumen de  $0,3 \text{m}^3$  y pesará 670Kg!

Por otro lado, las baterías son delicadas. Sobrecargas, descargas demasiado profundas, cargas muy rápidas, temperatura excesiva... son situaciones que pueden darse con facilidad y con consecuencias desastrosas.

Nuestra pretensión en este apartado es explicarle por qué las baterías fallan y qué hacer para aumentarles la vida útil. Y, como recomendación: ¡no las abra nunca!

## FUNCIONAMIENTO QUÍMICO DE UNA BATERÍA

¿Por dónde empiezo?



1/ ¿Qué pasa cuando una celda o elemento se descarga?

Al descargarse se crea sulfatación en los polos positivo y negativo a través de la absorción del ácido del electrolito. La cantidad de electrolito en las celdas continúa siendo la misma aunque el ácido del mismo ha disminuido, cosa perceptible en el cambio de densidad.

2/ ¿Qué pasa en el proceso de carga?

Durante la carga, el proceso ocurre a la inversa. De los dos polos se desprende ácido: el positivo lo convierte en óxido de plomo y el negativo en plomo poroso esponjoso. Una vez cargada la batería, no puede absorber más energía y la sobrante se usará para descomponer el agua en hidrógeno y oxígeno, mezcla extremadamente explosiva. Esto explica porqué no puede colocarse una batería cerca de lugares inflamables o con poca ventilación.

3/ El proceso de difusión

Cuando una batería está siendo descargada, los iones se desplazan a través del electrolito y del material activo de los polos para entrar en contacto con el sulfato de plomo, proceso llamado DIFUSIÓN. Cuando la batería está siendo cargada, el proceso ocurre a la inversa. El proceso de difusión es relativamente lento y la primera reacción química tendrá lugar siempre en la superficie de los polos y, después, en la parte profunda de su material activo.

# BATERÍAS: A SABER...

## 4/ Vida útil

Dependiendo de sus materiales y uso, la vida útil de una batería va desde pocos años hasta 10 (o más).

Los factores que más influyen en el envejecimiento de una batería son:

- Pérdida de material activo. Los ciclos (un ciclo = una carga más una descarga) son el factor más influyente. El efecto de una repetitiva transformación química del material activo en las placas tiende a disminuir su cohesión cosa que hace que el líquido activo se almacene en la parte más profunda de la batería y su aprovechamiento sea más difícil.
- Corrosión de la placa positiva. Esto sucede al cargar la batería sobre todo en la última fase de carga, cuando el voltaje es superior. Es un proceso lento pero continuo cuando la carga de la batería se encuentra en fase de mantenimiento. La corrosión hará que aumente la resistencia interna con la consecuente posible desintegración de las placas positivas.
- Sulfatación. Contrariamente a los dos anteriores factores de envejecimiento de las baterías, la sulfatación puede evitarse con el cuidado de la batería. Cuando una batería se descarga, la masa activa de los polos positivo y negativo se convierte en pequeños cristales de sulfato. Si la batería no se recarga rápidamente, estos cristales crecen hasta formar una capa impermeable que no podrá ser reconvertida en material activo. El resultado es una pérdida progresiva de capacidad hasta que la batería se vuelve inservible.

## FUNCIÓN Y USO DE LA BATERÍA

En un sistema de energía autónomo, la batería actúa como un intermediario entre las fuentes de energía (generador DC, cargador, panel solar, generador eólico, alternador) y los consumos. En teoría esto significa un uso cíclico pero en la práctica se trata de una especial variación irregular del uso cíclico. La explicación del uso de las baterías en los barcos viene dada por el hecho que estos no se usan durante largos periodos de tiempo.

Además, hay situaciones en las que aún se hacen más necesarias las baterías:

- La embarcación se encuentra anclada en un día tranquilo de pesca. No queremos oír ningún tipo de ruido con lo cual toda la electricidad la tomamos de las baterías. El motor principal o generador diésel se usa una o dos veces al día para cargar las baterías de servicio lo suficientemente como para aguantar otro periodo de silencio. Esto es un uso cíclico donde, de forma significativa, el tiempo de carga es demasiado breve como para cargar la batería al completo.
  - La embarcación está viajando a motor durante bastantes horas. Los alternadores del motor principal tienen entonces tiempo suficiente como para cargar baterías correctamente y así aprovechar la energía al máximo.
  - La embarcación está amarrada en el muelle. Los cargadores de batería están conectados a la toma de puerto y la batería está bajo carga durante las 24h del día. Deberían producirse pequeñas descargas cada día.
  - La embarcación está fuera de servicio durante el invierno. Las baterías están desconectadas durante varios meses, o conectadas a un cargador o cargadas mediante un panel solar o generador eólico.
- El número de ciclos por año, la temperatura ambiente y muchos otros factores influyen en la vida de las baterías de servicio y además variarán según su usuario.

## EFFECTOS DE UNA RÁPIDA DESCARGA EN LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA

La capacidad de una batería depende de su velocidad de descarga. A mayor velocidad, menor capacidad de Ah tendremos disponible. Esto se explica por el proceso de difusión anteriormente mencionado. En general podríamos decir que la capacidad puede calcularse como el cociente de un tiempo de descarga de 20 horas: descarga (I) = C/20.

Para una batería de 200Ah, su capacidad vendrá dada por una corriente de descarga de 200Ah/20 horas = 10 Amperios.

Con una corriente de descarga de 200A, la batería se vacía rápidamente. Así, una batería de gel de 200Ah tendrá una capacidad efectiva de sólo 100Ah y se quedará vacía en 30 minutos. La siguiente tabla relaciona la capacidad con la corriente de descarga.

TIPO	CORRIENTE DESCARGA	CAPACIDAD MEDIA Y TIEMPO DESCARGA RELATIVO	TIEMPO DESCARGA	CORRIENTE DESCARGA	CAPACIDAD EFECTIVA 1,83V/celda (11V)		TIEMPO DESCARGA
	A		Horas	A(C/5)	Ah	%	Horas
Arranque	5	100Ah/20h	20				
Tubular	2,8	56Ah/20h	20	11,2	52	93	4,6
Semi-tracción	10	200Ah/20h	20	40	150	75	3,75
VRLA AGM	11,5	230Ah/20h	20	46	198	86	4,3
Placa tubular	200	1.000Ah/5h	5	200	1.000	100	5
VRLA-gel A200	10	200Ah/20h	20	40	158	79	4
VRLA-gel A600	150	1.500Ah/10h	10	300	900	60	3

TIPO	CORRIENTE DESCARGA	CAPACIDAD EFECTIVA 1,83V/celda (11V)		TIEMPO DESCARGA	CORRIENTE DESCARGA	CAPACIDAD EFECTIVA 1,75V/celda (10,5V)		TIEMPO DESCARGA
	A(C/2)	Ah	%	Minutos	A(C/1)	Ah	%	Minutos
Arranque								
Tubular	28	43	77	90	56	42	75	45
Semi-tracción	100	110	55	66	200	90	45	27
VRLA AGM	115	157	68	82	230	142	62	37
Placa tubular	500	700	70	80	1.000	400	40	24
VRLA-gel A200	100	120	60	72	200	100	50	30
VRLA-gel A600	750	375	25	15	1.500	0*	0	0*

\* Con una corriente de descarga de 1500A (C/1) el voltaje de una batería de 600A cae casi inmediatamente a 1,65V/celda (o sea, 9,9V y 19,8V para un sistema de 12 y 24V respectivamente)

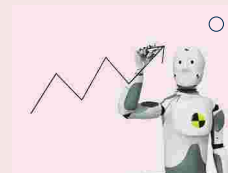
# BATERÍAS: A SABER...

## CAPACIDAD Y TEMPERATURA

Podría parecer una gráfica de aumento de rentabilidad de la batería... pero es una serpiente

La capacidad efectiva de las baterías varía en proporción inversa con la temperatura:

-10°C	10°C	15°C	20°C	25°C	30°C
80%	92%	95%	100%	103%	105%



## ENVEJECIMIENTO PREMATURO 1: DESCARGA DEMASIADO PROFUNDA DE LA BATERÍA

A descargas más profundas, menor vida útil de la batería cosa que se debe a la pérdida del líquido activo (explicado en la página 24) y, una vez se excede el límite (aproximadamente en el 80% de la descarga), el proceso de envejecimiento avanza desproporcionalmente rápido. Además, si la batería se deja descargada, las placas empezarán a sulfatarse. Por otro lado, mantener una batería cargada sin utilizar también le acorta la vida debido a la oxidación del polo positivo.

La siguiente tabla puede darnos una idea del número de ciclos de carga/descarga que las baterías pueden resistir hasta el fin de su vida útil y cómo pueden ser destruidas por causa de la sulfatación o la corrosión.

Se considera que las baterías han alcanzado el fin de su vida útil cuando la capacidad que pueden mantener ha reducido en un 80% su capacidad real.

TIPO	NÚMERO DE CICLOS HASTA EL FIN DE LA VIDA ÚTIL		RESISTENCIA A DESCARGAS DEL 100%	VIDA ÚTIL ESPERADA EN FLOTACIÓN A 20°C
	DoD* 80%	DoD 60%		
Arranque		No aptas para usos cíclicos		5
Tubular	400	650	Irreparable en pocos días (sulfatación)	10
Semi-tracción	200	350	Irreparable en pocos días (sulfatación)	5
VRLA AGM	250	800	Aguanta hasta 1 mes en cortocircuito	4-10
Placa tubular	1.500	2.500	Aguanta hasta 1 mes en cortocircuito	10-15
VRLA-gel A200	250	450	Aguanta hasta 1 mes en cortocircuito	4-5
VRLA-gel A600	600	900	Aguanta hasta 1 mes en cortocircuito	15-18

\* DoD: depth of discharge, profundidad de descarga

A pesar de que la mayoría de las baterías se recuperan de una descarga profunda, esto va siempre en detrimento de su vida útil. Las baterías no deberían NUNCA ser descargadas por entero ni dejarse descargadas.

Es conveniente saber también que el voltaje de una batería en uso no es una buena medida de su descarga. El voltaje de una batería se ve afectado por muchísimos otros factores tales como la corriente de descarga o la temperatura. Sólo una vez que la batería ha estado descargada completamente (80-90%), el voltaje caerá rápidamente. La recarga debería empezar antes de que esto ocurra. Por otro lado, un monitor de baterías está encarecidamente recomendado para manejar de forma efectiva los grupos de baterías.

## ENVEJECIMIENTO PREMATURO 2: CARGA DEMASIADO RÁPIDA Y NO COMPLETA



Las baterías pueden ser cargadas rápidamente absorbiendo gran cantidad de energía hasta que se alcanza el voltaje de absorción. A pesar de que cargar las baterías de este modo puede funcionar bien a veces, lo que seguro pasará es que se acorte la vida de la batería de forma sustancial (a excepción de algunas baterías AGM). Esto es debido a la acelerada pérdida de cohesión del material activo. Se recomienda mantener la corriente de carga por debajo de  $C/5$ , es decir, a un 20% de la capacidad real de la batería.

Cuando la batería se carga por encima de esta recomendación, su temperatura puede subir de golpe. Así, se hace completamente necesario una compensación de la temperatura en el voltaje de carga. Según nuestra experiencia, cargar al 50% una batería descargada de plomo-ácido líquida de 12V 100Ah a 33A ( $C/3$ ) da lugar a un aumento de la temperatura de entre 10-15°. La temperatura máxima se alcanza al final de la fase bulk. Cuanto mayor es la batería, más temperatura alcanza así como pasa también con las baterías de alta resistencia interna o baterías que han sido descargadas más profundamente.

Ejemplo:

Supongamos un barco de 15m de eslora con una batería de servicio de 24V de capacidad 800Ah. La máxima corriente de carga será de  $C/5=160A$ . Así, podremos cargar 320A en dos horas. Si simultáneamente hay un consumo de 15A, el cargador deberá producir 175Ah. Durante las restantes 22 horas de un periodo de carga de 24h podremos usar una media de  $320Ah/22h=14,5A$ , lo que significa una descarga de sólo  $320/800=40\%$ . Aunque esta cantidad no parezca elevada, es el máximo alcanzable cuando el tiempo de uso del generador está limitado a 2 horas. Si se usa de esta manera, el periodo cíclico se estabilizará entorno a un DoD\* del 20% (a partir de este punto, el voltaje de carga aumenta y la corriente aceptada por la batería disminuye) y el DoD del  $20\%+40\%=60\%$ . Descargas más profundas y cargas más rápidas darán lugar a una considerable pérdida de la vida útil.

En este ejemplo, la batería está siendo usada en un estado parcial de carga (entre el 20 y el 60% de DoD).

\* DoD: depth of discharge, profundidad de descarga

# BATERÍAS: A SABER...

Si nos fijamos ahora en la sulfatación, encontramos dos nuevas razones para limitar el número de ciclos en el estado parcial de carga:

## 1/ Estratificación del electrolito

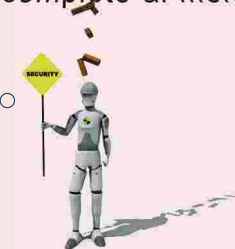
Este problema es específico de las baterías con este material. Como regla básica, uno no debería extender el estado parcial de carga más allá de 30 ciclos y muchos menos en caso de descargas profundas.

## 2/ Desequilibrio en los elementos/celdas

Las celdas de una batería no son nunca idénticas. Algunas tienen una ligera capacidad por debajo de las otras. Además algunas tienen una superior eficiencia de carga. Cuando una batería entra en un ciclo pero no se carga por completo, las celdas más débiles tienden a retrasar a las más fuertes. Para cargar al completo todas las celdas, la batería ha de ser ecualizada (es decir, las celdas más fuertes han de ser sobrecargadas).

El desequilibrio aumentará más rápido en caso de descargas muy profundas o con un alto nivel de carga. Para prevenir un desequilibrio excesivo la batería debe ser recargada al completo al menos cada 30 ó 60 ciclos.

¿Estáis seguros de todo lo que decís?



## ENVEJECIMIENTO PREMATURO 3: CARGAR POR DEBAJO DE LA CAPACIDAD

Tal y como hemos explicado anteriormente, la sulfatación ocurre cuando la batería se deja completamente descargada. También ocurrirá cuando la batería está parcialmente descargada. Por tanto, es muy recomendable no dejar la batería descargada NUNCA a más del 50% y recargarla a menudo al 100%, por ejemplo, una vez al mes.

Un dato a tener en cuenta es que las baterías, especialmente las modernas baterías de plomo-ácido líquidas de bajo antimonio, muchas veces se descargan porque el voltaje de carga es insuficiente. Además de las descargas profundas, no recargar las baterías al completo es la mayor causa de su envejecimiento prematuro.

## ENVEJECIMIENTO PREMATURO 4: SOBRECARGAR

Como consecuencia de lo anteriormente dicho, cargar demasiado una batería es la tercera causa de reducción de vida útil de una batería. Una sobrecarga da como resultado un excesivo gaseo y una consecuente pérdida de agua. En baterías de ácido, estas pérdidas de agua pueden ser rellenadas (aunque lo que es irreparable es la corrosión de los polos positivos que tiene lugar). Por otro lado, las baterías selladas no pueden ser rellenadas y son, por tanto, mucho más susceptibles a las sobrecargas. Una causa frecuente de carga excesiva es la carencia de temperatura de compensación o baterías cargadas simultáneamente con separadores de diodos (ver próximo apartado).

## ENVEJECIMIENTO PREMATURO 5: TEMPERATURA

La temperatura de una batería puede variar enormemente por varias razones:

- Rápida descarga y, por extensión, rápidos golpes de calor en la carga
- Ubicación de la batería: hay que tener en cuenta que, por ejemplo, en la sala del motor se pueden sobrepasar los 50°C

Una alta temperatura media de trabajo desemboca en un envejecimiento acelerado debido a que el proceso de descomposición química de la batería se acelera con la temperatura. Normalmente, un fabricante de baterías especifica la vida útil de las mismas a 20°C de temperatura ambiente. Esta vida útil se divide por dos por cada 10°C de aumento.

La siguiente tabla nos da una muestra de la vida útil de las baterías a distintas temperaturas:

TIPO	VIDA ÚTIL EN MODO FLOTACIÓN (en años)		
	20°C	25°C	30°C
Arranque	5	3,6	2,5
Tubular	10	7	5
Semi-tracción	5	3,6	2,5
VRLA AGM	8	6	4
Placa tubular	10	7	5
VRLA-gel A200	5	3,6	2,5
VRLA-gel A600	16	11	8

Para terminar cabe decir que la temperatura juega un papel importante en la carga de las baterías. El voltaje de gaseo y, consecuentemente, la óptima absorción y el voltaje de flotación son inversamente proporcionales a la temperatura. Esto significa que, a un voltaje de carga fijo, una batería a baja temperatura ambiente será insuficientemente cargada y una batería a alta temperatura ambiente será sobrecargada.

¿Acabamos ya, por favor?



## AUTODESCARGA

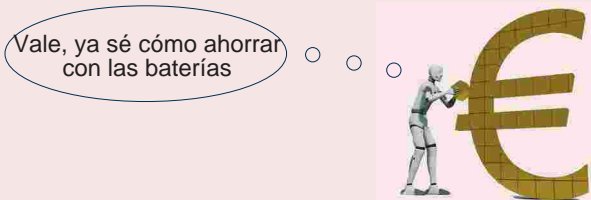
Una batería pierde capacidad también como consecuencia de las autodescargas. El grado de descarga dependerá del tipo de batería y de la temperatura.

En la siguiente página se muestra un cuadro que relaciona estos conceptos.

# BATERÍAS: A SABER...

TIPO	Autodescarga mensual a 20°C	Autodescarga mensual a 10°C
Arranque	6%	3%
Tubular	4%	2%
Semi-tracción	6%	3%
VRLA AGM	3%	1,5%
Placa tubular	12%	6%
VRLA-gel A200	2%	1%
VRLA-gel A600	2%	1%

Las baterías selladas pueden dejarse sin cargar durante un periodo de 6-8 meses. Cuando una batería no se usa por largo tiempo es conveniente desconectarla del sistema eléctrico para que no se produzca una acelerada descarga como consecuencia de escapes de corriente en partes del sistema.



Si precisara cualquier otro asesoramiento técnico, no dude en contactar con nosotros, estaremos encantados de atenderle.