



**INSTITUTO POLITÉCNICO NACIONAL**

---

---

**ESCUELA SUPERIOR DE INGENIERÍA MECÁNICA Y ELÉCTRICA  
UNIDAD CULHUCAN**

***ANÁLISIS DE DESEMPEÑO  
ENTRE UNA BATERÍA AGM  
Y PLOMO ACIDO***

**TESIS**

QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:

**INGENIERO EN COMUNICACIONES Y ELECTRÓNICA**

PRESENTAN:

**KARLANN RODRÍGUEZ LÓPEZ**



BAJO LA DIRECCIÓN DE:

M en C HÉCTOR BECERRIL MENDOZA

M en C LÁZARO EDUARDO CASTILLO BARRERA

---

---

**México D.F. 2011**





# ÍNDICE

GLOSARIO.....	I
JUSTIFICACIÓN.....	III
OBJETIVO .....	III
RESUMEN .....	IV
ABSTRACT .....	VI

## 1. ESTADO DEL ARTE

1.1 INTRODUCCIÓN.....	2
1.2 HISTORIA DE LA BATERÍA.....	2
1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	12
1.4 SUMARIO.....	12

## 2. GENERALIDADES

2.1 INTRODUCCIÓN.....	14
2.2 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN.....	14
2.3 TIPOS DE CELDAS.....	14
2.4 PARÁMETROS DE UNA BATERÍA.....	16
2.5 VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA.....	17
2.6 LAS BATERÍAS Y LA CORRIENTE ELÉCTRICA.....	18
2.7 BATERÍA ALCALINA.....	19
2.8 BATERÍAS ALCALINAS DE MANGANESO.....	20
2.9 BATERÍAS NÍQUEL-METAL HIDRURO (Ni-Mh).....	21
2.10 BATERÍAS NÍQUEL-CADMIO (Ni-Cd).....	24
2.11 PREVIENDO LA ELECTROLISIS.....	25
2.12 BATERÍAS LITIO-ION (Li-ion).....	26
2.13 BATERÍAS POLÍMERO DE LITIO (Li-poli).....	27
2.14 PILAS DE COMBUSTIBLE.....	28
2.15 CAPACITOR DE ALTA CAPACIDAD.....	28
2.16 BATERÍA DE PLOMO.....	28
2.17 BATERÍA DE GEL.....	31
2.18 APLICACIONES.....	33



---

2.19	COMPARACIÓN CON LAS BATERÍAS HÚMEDAS DE PLOMO ACIDO.....	34
2.20	SUMARIO.....	34

### 3. PRINCIPIOS BÁSICOS

3.1	INTRODUCCIÓN.....	37
3.2	BATERÍA DE ARRANQUE.....	38
3.3	PARÁMETROS EN UNA BATERÍA DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR.....	38
3.3.1	CORRIENTE DE ARRANQUE, CA.....	38
3.3.2	CORRIENTE DE ARRANQUE EN FRÍO, CCA.....	39
3.3.3	CORRIENTE DE ARRANQUE EN CALIENTE, HCA.....	40
3.3.4	CAPACIDAD DE RESERVA, RCM / RC.....	40
3.3.4.1	ENSAYO DE LAS 20 HORAS.....	40
3.3.5	TAMAÑO DE LA BATERÍA, BCI.....	40
3.3.6	VOLTAJE NOMINAL.....	41
3.3.7	CAPACIDAD.....	41
3.3.8	MANTENIMIENTO, CUIDADO E INSPECCIONES.....	42
3.4	REQUERIMIENTOS.....	46
3.4.1	CLASIFICACIÓN DE RECARGA.....	46
3.4.2	RECARGA EN PARALELO (Método preferido).....	46
3.4.3	RECARGA EN SERIE.....	47
3.5	BATERÍA DE PLOMO ACIDO y BATERÍA AGM – 12 volts.....	47
3.5.1	PRUEBA DE INGESTIÓN DE AGUA.....	47
3.5.2	REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MECÁNICOS.....	49
3.5.2.1	CONSTRUCCIÓN.....	49
3.5.2.2	PRUEBA DE BATERÍAS CON CARGA AL 100%.....	50
3.5.2.3	PRUEBA DE BATERÍAS CON CARGA AL 80%.....	50
3.5.2.4	GRAVEDAD ESPECÍFICA.....	50
3.5.2.5	CAPACIDAD DE RESERVA.....	51
3.5.2.6	FUNCIONAMIENTO EN FRIO.....	52
3.5.2.7	CAPACIDAD AMPERE-HORAS.....	52
3.5.2.8	VIBRACIÓN.....	53
3.5.3	PROBLEMAS Y MANIPULACIÓN.....	55



---

3.5.3.1	ÁCIDO Y TÓXICO.....	55
3.5.3.2	INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA.....	55
3.6	SUMARIO.....	55

#### **4. CONCLUSIONES**

4.1	INTRODUCCIÓN.....	58
4.2	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DESCARGA REALIZADA A LA BATERÍA AGM.....	58
4.3	VENTAJAS DE LAS BATERÍAS AGM.....	60
4.4	DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS AGM.....	60
4.5	RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DESCARGA REALIZADA A LA BATERÍA DE PLOMO ACIDO.....	61
4.6	VENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ACIDO.....	62
4.7	DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ACIDO.....	63
4.8	COMPARACIÓN ENTRE LAS BATERÍAS DE PLOMO ACIDO Y LAS AGM.....	63
4.9	CONCLUSIONES DE LA COMPARACIÓN.....	64
4.10	TRABAJOS FUTUROS.....	66
4.11	SUMARIO.....	66
<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>		<b>67</b>



## ÍNDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1 a)	simulación de un jarrón como los encontrados en Parthian de Mesopotamia .....	3
Fig. 1.1 b)	esquema de un jarrón como los encontrados en Parthian de Mesopotamia.....	3
Fig. 1.2 a)	Boceto del primer experimento de Galvani .....	4
Fig. 1.2 b)	Pinza de cobre y platino.....	4
Fig. 1.2 c)	Esquema del uso de las pinzas de cobre y platino .....	4
Fig. 1.3	Pila de Alessandro Volta .....	5
Fig. 1.4 a)	Notas de la pila de Alessandro volta .....	5
Fig. 1.4 b)	Esquema de la pila de Alessandro Volta .....	5
Fig. 1.5	Boceto de Humphrey en su laboratorio en la Sociedad Royal de Londres .....	6
Fig. 1.6	Batería ácida de Gastón Plante .....	7
Fig. 1.7 a)	Batería “húmeda” actual .....	8
Fig. 1.7 b)	Prototipo de batería de George Leclanche.....	8
Fig. 1.8	Acumulador Ni-Cd.....	9
Fig. 1.9	Batería ácida de Gastón Plante .....	10
Fig. 1.10	Gerald Pearson, Calvin Fuller y Daryl Chapin .....	10
Fig. 1.11	Ingeniero del laboratorio Bell probando la batería solar en 1954 .....	11
Fig. 1.12	La original batería solar de laboratorios Bell .....	11
Fig. 2.1	Batería seca .....	19
Fig. 2.2	Batería níquel-metal .....	22
Fig. 2.3	Batería de plomo ácido .....	30
Fig. 2.4	Batería de plomo ácido .....	30
Fig. 2.5	Partes internas de una batería de plomo ácido .....	31
Fig. 2.6	Partes internas de una batería AGM .....	33



---

<b>Fig. 3.1</b>	<b>Diagrama de conexión básica de un vehículo automotor .....</b>	<b>37</b>
<b>Fig. 3.2</b>	<b>Gráfica de descarga de CCA voltaje vs tiempo .....</b>	<b>39</b>
<b>Fig. 3.3</b>	<b>Prueba de ingesta de agua vista superior .....</b>	<b>48</b>
<b>Fig. 3.4</b>	<b>Prueba de ingesta de agua vista frontal .....</b>	<b>49</b>
<b>Fig. 4.1</b>	<b>Gráfica de la prueba a la batería AGM .....</b>	<b>59</b>
<b>Fig. 4.2</b>	<b>Gráfica de la prueba a la batería de plomo acido.....</b>	<b>62</b>
<b>Fig. 4.3</b>	<b>Gráfica de comparación de la batería AGM vs Plomo Acido.....</b>	<b>66</b>



---

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2.1</b>	<b>Comparativa de los diferentes tipos de baterías .....</b>	<b>34</b>
<b>Tabla 3.1</b>	<b>Estimación de la capacitancia según el voltaje .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3.2</b>	<b>Estimación de la capacitancia según la acidez .....</b>	<b>45</b>
<b>Tabla 3.3</b>	<b>Prueba de ingestión de agua .....</b>	<b>48</b>
<b>Tabla 3.4</b>	<b>Capacidad de reserva.....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 3.5</b>	<b>Funcionamiento en frío .....</b>	<b>52</b>
<b>Tabla 3.6</b>	<b>Capacidad Ampere-hora 1 .....</b>	<b>53</b>
<b>Tabla 3.7</b>	<b>Capacidad Ampere-hora 2 .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 3.8</b>	<b>Capacidad Ampere-hora 3 .....</b>	<b>54</b>
<b>Tabla 4.1</b>	<b>Resultados de prueba a la batería AGM .....</b>	<b>58</b>
<b>Tabla 4.2</b>	<b>Resultados de prueba a la batería de plomo acido.....</b>	<b>61</b>
<b>Tabla 4.3</b>	<b>Comparación entre las baterías AGM y plomo acido.....</b>	<b>63</b>
<b>Tabla 4.4</b>	<b>Asignación de valores para la ponderación .....</b>	<b>65</b>
<b>Tabla 4.5</b>	<b>Ponderación de factores de interés para el sector automotriz .....</b>	<b>65</b>



## GLOSARIO

<b>AGM</b>	Fibra de vidrio absorbente ( Absorbent Glass Mat )
<b>MP3</b>	Reproductor de música tercera generación (Music Player thrid generation)
<b>PDA</b>	Asistente digital personal (Personal Digital Assistant)
<b>Giga</b>	Prefijo del Sistema Internacional de Unidades que indica un factor de $10^9$
<b>Hertz</b>	Números de ciclos por segundo
<b>Laptops</b>	Computadora personal
<b>A.C.</b>	Corrientes alterna
<b>mm</b>	Milímetros unidad de longitud del Sistema Internacional de Unidades
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro cuadrado, unidad de area del Sistema Internacional de Unidades
<b>Cátodo</b>	Es un electrodo en el cual se produce la reacción de reducción
<b>ánodo</b>	Es un electrodo en el cual se produce la reacción de oxidación
<b>Electrodo</b>	Es una placa de membrana rugosa de metal, un conductor utilizado para hacer contacto con una parte no metálica de un circuito
<b>Electrólisis</b>	Es la descomposición química de una sustancia, producida por el paso de una corriente eléctrica continua.
<b>Ah</b>	Amperes hora, es el tiempo que entrega los amperios indicados.
<b>Óxido ferroso</b>	Combinación] del hierro en la que este es bivalente, es decir, que actúa con valencia 2
<b>Electrólito</b>	Es cualquier sustancia que contiene iones libres, los que se comportan como un medio conductor eléctrico
<b>Zn</b>	Zinc
<b>Cloruro de amonio</b>	Es una sal de amonio cuya fórmula química es $NH_4Cl$
<b>Hidróxido potásico</b>	Sustancia química tóxica y sumamente corrosiva utilizada para fabricar jabón, para decolorar y para quitar pintura.
<b>Amalgamado</b>	Mezcla de dos materiales de naturaleza distinta
<b>Polietileno</b>	Polímero termoplástico derivado del estireno es inodoro y muy transparente.
<b>Metal hidruro</b>	Es el de hidruro del metal
<b>Hidruros</b>	Compuesto formado por la combinación binaria de hidrógeno y otro elemento.



---

<b>NiMH</b>	Níquel metal
<b>NiCad</b>	Níquel cadmio
<b>Poliacrilonitrilo</b>	Fibras sintéticas se fabrican a partir de derivados petroquímicos y están formadas por polímeros muy largos parecidos a los plásticos en su estructura
<b>Nano</b>	Prefijo del Sistema Internacional de Unidades que indica un factor de $10^{-9}$
<b>Bioelectrogenesis</b>	Electricidad biológica



---

## JUSTIFICACIÓN

Hoy en día una de las necesidades básicas de los ingenieros en comunicaciones y electrónica, es el diseño y construcción de dispositivos móviles con mayor autonomía, para lograr cubrir esta necesidad es necesario estar en continua investigación para lograr innovar en cuanto a las distintas tecnologías utilizadas en las baterías, el continuo avance en estas tecnologías a propiciado la proliferación de muchos tipos de baterías, clasificas por su tecnología, esto nos proporciona un gran abanico de posibilidades al momento de elegir la batería adecuada para un proyecto, pero al mismo tiempo suele ser un dolor de cabeza para el ingeniero al momento de decidirse por una de ellas.

Dependiendo del tipo de aplicación es el tipo de batería que se requiere elegir, y en el caso de la industria automotriz, que es el ramo que nos interesa, se ha empleado con gran éxito la batería de plomo acido para los vehículos automotores, la razón es su alta capacidad de amperaje para el momento del arranque, por otro lado se ha desarrollado una nueva tecnología que son las baterías denominada como AGM (Absorbed Glass Metal por sus siglas en inglés), las prestaciones de esta tecnología son similares a las de plomo acido, por esta razón algunos fabricantes de automóviles están optando por utilizar estas baterías en sus vehículos automotores, por esta razón en este trabajo se presenta una investigación detallada sobre las ventajas y desventajas de estas dos baterías para definir cuál es la que se adecua mejor a las necesidades del proyecto.

## OBJETIVO

El principal objetivo de este proyecto es realizar la comparación de forma técnica y practica entre las baterías clásicas de mayor uso en los automóviles que son las baterías de plomo acido, contra las nuevas tecnologías en baterías, como son las baterías AGM, esta comparación se realiza por medio de distintos tipos de pruebas que se realizaran a ambas baterías y por medio de tablas comparativas y graficas para su fácil comprensión e interpretación.



---

## RESUMEN

Los antecedentes de las baterías son elementos muy importantes en el conocimiento de la evolución e innovación que ha sufrido estas a lo largo de la historia, contemplando avances más significativos, en este capítulo se ha presentado una recopilación de estos, que van desde los jarrones encontrados en Parthian de Mesopotamia (hoy en día Iraq) en 1936, que datan del año 250 A.C., hasta las baterías para celdas solares que son comunes hoy en día y que en un pasado era impensado el lograr almacenar la energía del sol.

El primer paso para adentrarnos en el mundo de las baterías conocer los tipos más importantes de estas que se pueden encontrar en el mercado, existen dos tipos principales de baterías, las recargables y las desechables, estas su vez estas se subdividen por su composición química.

Las propiedades propias de la batería que se deben tomar en consideración pueden dividirse en dos clases principales, las físicas y la eléctricas; las variables eléctricas más importantes que hay que tomar en cuenta son: el voltaje, intensidad de corriente y los intensidad de corriente hora, y las físicas son el peso y el tamaño de la batería, dependiendo de las necesidades del proyecto, se le dará más importancia a alguna de las propiedades de la batería.

Normalmente en los vehículos automotores, las baterías se utilizan principalmente para alimentar la marcha del motor durante el proceso de arranque de estos,

En los vehículos impulsados por energía eléctrica la batería de arranque proporciona la energía eléctrica para accionar el motor del vehículo, es como el gas para la turbina un avión. Estas baterías se denominan baterías de tracción, en el caso de los vehículos híbridos las baterías realizan estas dos funciones.

Dos de las pruebas más importante que se realizan a este tipo de baterías, son la de ingesta de agua y la de descarga, la primera consiste en someter a la batería en condiciones controladas a un aerosol de agua que simula la condición de esta debajo del cofre del auto, para verificar que la batería no absorba el agua, la segunda prueba consiste en tomar el tiempo que tarda en descargarse la batería con una carga constante, realizando los valores de voltaje y corriente de la batería en intervalos de tiempo determinados.



---

A pesar de que las baterías de plomo ácido y las de AGM son similares en sus prestaciones, en cuanto se comparan directamente una contra la otra se hacen evidentes las diferencias entre estas, basados en estas podemos notar las claras ventajas que nos ofrece la batería AGM sobre las de plomo ácido, estas ventajas son las que se deben tomar en cuenta al momento de elegir entre una y otra para un proyecto determinado.



---

## ABSTRACT

Antecedents of batteries are elements very important in knowledge of evolution and innovation that has undergone these throughout the history, contemplating advances more significant, in this chapter has presented/displayed compilation of these, that goes from the vases found in Parthian de Mesopotamia (nowadays Iraq) in 1936, which they date from the year 250 A.C., to the batteries for solar cells that are common nowadays and that in a past he was unthinkable obtaining to store the energy of the sun.

The first step to enter us in the world of the batteries to know the most important types these than can be found in the market, exists two main types of batteries, the reloadable ones and the disposable ones, these their time these are subdivided by their chemical composition.

The own properties of the battery that are due to consider can be divided in two main classes, physical and electrical, the more important electrical variables that there is to take to you into account are the voltage, amperes and amperes hour, and the physical ones are the weight and the size of the battery, following the needs of the project, will occur more importance him to some of the properties of the battery.

Normally in the automotive vehicles the batteries, are used mainly to feed the march on the motor during the process of starting of these.

In the vehicles driven by electrical energy the starting battery provides the electrical energy to drive the motor of the vehicle is like the gas for the turbine an airplane. These batteries denominate traction batteries; in the case of the hybrid vehicles the batteries realize these two functions.



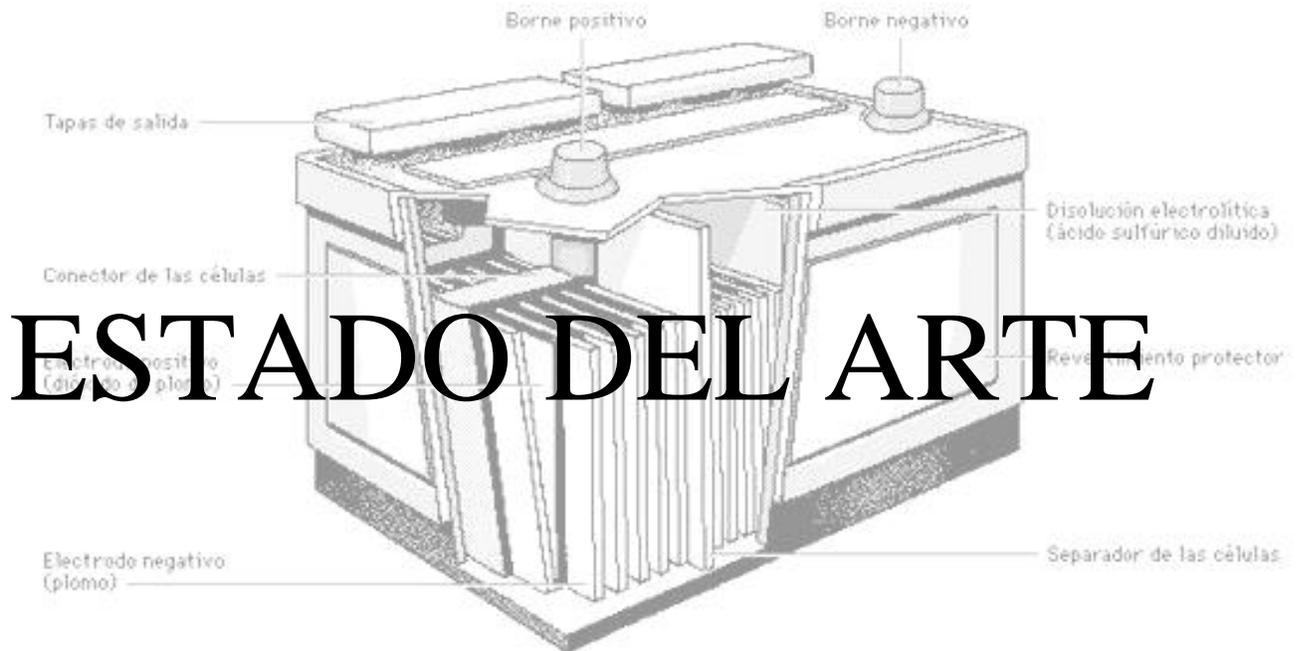
---

Two of the tests most important that they are realized to this type of batteries, are the one of water ingestion and the one of unloading, first it consists of putting under the battery in conditions controlled to a water aerosol that simulates the condition of this underneath the coffer of the car, to verify that the battery does not absorb the water, the second test consists of taking the time that takes in unloading the battery a constant load, realizing the values of voltage and current of the battery in certain time intervals.

Although the acid lead batteries and those of AGM are similar in their benefits, as soon as they compare one against the other directly become the differences between these evident, based on these we can notice the clear advantages that to us battery AGM offers on those of acid lead, these advantages are those that are due to take into account at the time of choosing between both for a certain project.



# 1



# ESTADO DEL ARTE

El cuerpo humano es el carruaje; el yo, el hombre que lo conduce; el pensamiento son las riendas, y los sentimientos, los caballos.

**Platón**



# 1. ESTADO DEL ARTE

## 1.1 INTRODUCCIÓN

Cuando se vive en un mundo de giga Hertz y nano circuitos, las baterías con poca carga no pueden sobrevivir dentro de la moderna era digital. Todas las herramientas y juguetes favoritos de hoy en día son electrónicos (cámaras digitales, reproductores MP3, PDAs, y laptops) tienen una o más baterías dentro de ellos.

Las necesidades de los circuitos electrónicos son las que están dictando la dirección del desarrollo de las baterías. El gran esfuerzo de los grandes productores de baterías para encontrar la manera de tener mayor potencia dentro de cada vez más pequeños contenedores que permitan que la industria electrónica pueda continuar con su miniaturización.

## 1.2 HISTORIA DE LA BATERÍA

Desde tiempos muy remotos el hombre ha experimentado y probado con la electricidad. Una prueba de ello son unos inusuales jarrones encontrados en Parthian de Mesopotamia (hoy en día Iraq) en 1936, dichos jarrones datan del año 250 A.C., estos fueron desenterrados durante excavaciones arqueológicas en Khujut Rabu cerca de Bagdad y dichos jarrones se muestran en la figura 1.1 y actualmente se encuentran resguardados en el museo del estado de Bagdad. Estos jarrones son básicamente un cilindro de cobre de 130 mm de alto, el fondo está cubierto por un disco de cobre y sellado con asfalto, una barra de hierro fue suspendida de un tapón del asfalto en la tapa del cilindro de cobre en el centro del cilindro como podemos ver en la imagen a continuación. La barra demostró evidencia de la corrosión con un agente ácido tal como vino o vinagre. Era una batería que contenía un núcleo de hierro insertado en cilindro delgado de cobre. Tal vez fue diseñada para almacenar electricidad estática. En 1938 fueron examinados por el arqueólogo alemán Wilhelm König que concluyó que eran células galvánicas.

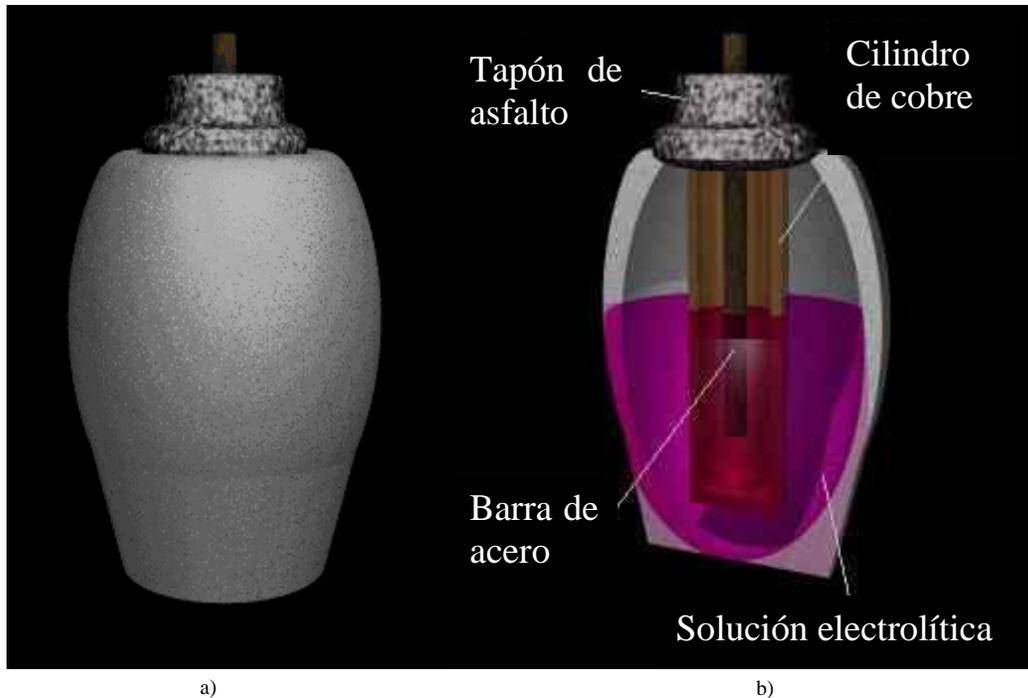
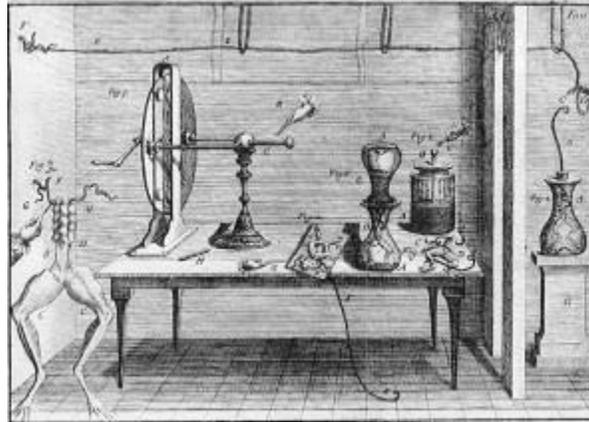


Fig. 1.1 a) Simulación de un jarrón como los encontrados en Parthian de Mesopotamia, b) Esquema de un jarrón como los encontrados en Parthian de Mesopotamia [Encarta, 2008].

La historia de esta antigua batería tal vez nunca la sepamos, pero lo que sí se sabe es que en la antigua Grecia ya se conocía el efecto que tenía una pieza de ámbar cuando era frotado con otro material: tenía la propiedad de atraer cuerpos ligeros.

Pero la historia de la batería es mucho más reciente. **Benjamin Franklin** en 1748 es el primero en acuñar el término batería al describir un arreglo de placas de cristal cargadas.

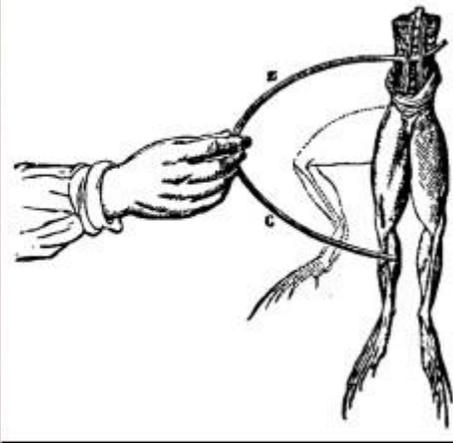
**Luigi Galvani** un anatomista y físico observó los músculos de una rana se podían contraer cuando son sacudidos deliberadamente por una carga electrostática. En sus experimentos en la Universidad de Boloña en bioelectrogenesis, Galvani notó que la pierna de la rana también reacciona cuando se colocan dos diferentes metales en el músculo, tal y como se muestra en la figura 1.2. Con estos experimentos Galvani dedujo que el músculo producía electricidad.



a)



b)



c)

Fig. 1.2 a) Boceto del primer experimento de Galvani, b) Pinza de cobre y platino, c) Esquema del uso de las pinzas de cobre y platino [Encarta, 2008].

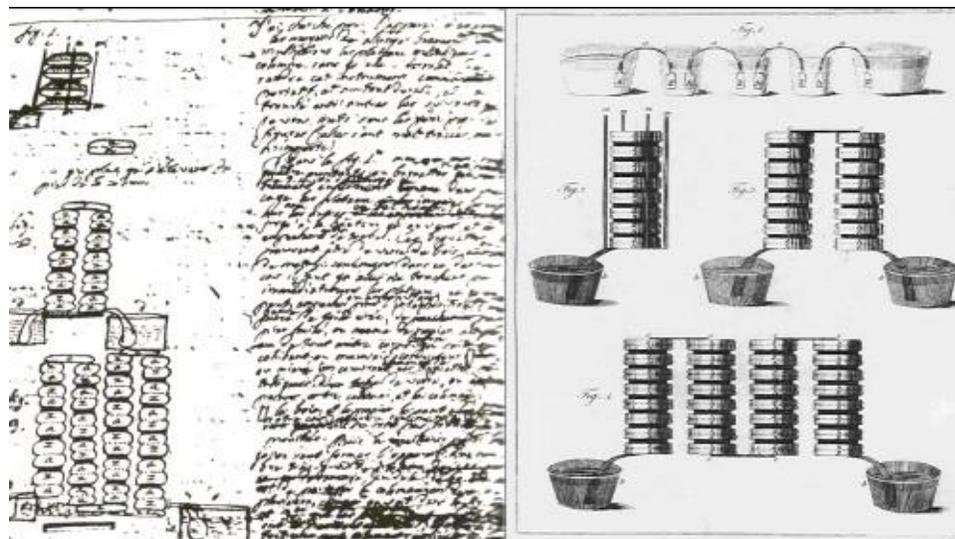
El nombre de Galvani desde entonces se ha asociado íntimamente con la electricidad. Hasta nuestros días, el proceso de producir electricidad por una reacción química es llamado bajo el término de *galvanismo*; sentando las bases para el desarrollo de futuros inventos, como los realizados por **Alessandro Volta** (de quien obtenemos el nombre de la unidad de medición de la diferencia de potencial: voltios) profesor de filosofía natural en la universidad de Pavia, quien obtuvo los mismos resultados que Galvani. Construyó el primer aparato conocido que generó corriente continua y comunicó de su hallazgo a la Royal London Society, el 20 de marzo de 1800.

Como se puede apreciar en la figura 1.3 el experimento consistió en poner dos pequeños discos del tamaño de una moneda pequeña, uno de plata y el otro de zinc en un recipiente, separados por un material esponjoso como el cuero.



Fig. 1.3 Pila de Alessandro Volta [Encarta, 2008].

Todo este conjunto estaba sumergido en agua salada o en otra solución alcalina. A este conjunto le podemos llamar una pila. Volta después se dio cuenta de que si ponía estas pilas una seguida de otra, unidas por tiras de metal, tal y como se muestra en la figura 1.4, se lograba que el voltaje final fuera mayor.



a) b)  
Figura. 1.4 a) Notas de la pila de Alessandro volta, b)  
Esquema de la pila de Alessandro Volta [Encarta, 2008].

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

En 1813, **Sir Humphrey Davy** conectó una batería gigante en el sótano de la Sociedad Royal de Londres. Esta batería estaba hecha de 2,000 pares de platinas y tenía el tamaño de más o menos 100 m<sup>2</sup>. Con ella, realizó muchos experimentos que permitieron un más profundo conocimiento de la naturaleza de la electricidad, en la figura 1.5 siguiente imagen podemos ver un boceto del experimento.

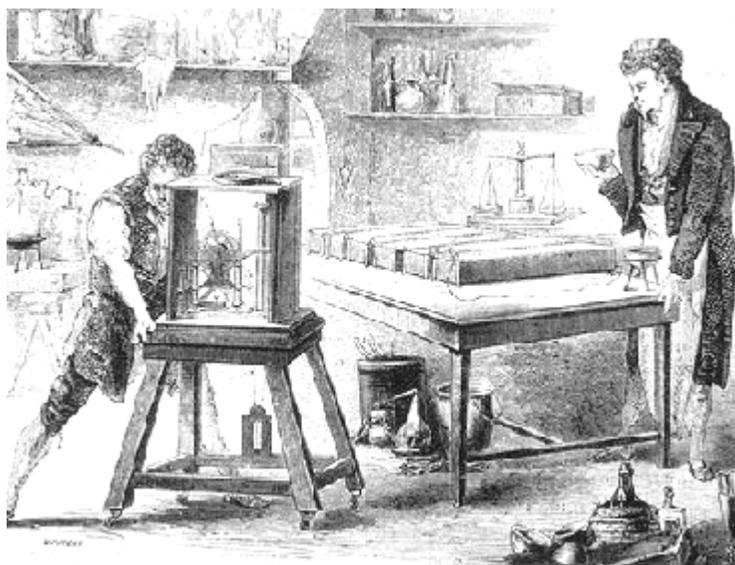


Figura 1.5 Boceto de Humphrey en su laboratorio en la Sociedad Roval de Londres [Encarta. 2008].

**John F. Daniel** movió cobre y zinc dentro de un baño de ácido sulfúrico para crear la gravedad o la celda Daniel en 1836 que usaba dos tipos de electrolitos sulfato de cobre y zinc. La celda Daniel era más segura y menos corrosiva que la celda hecha por Volta.

Tres años después William Robert Grove agregó un agente oxidante para prevenir acumulación de hidrogeno en el cátodo, proveniente de la reducción de voltaje de la celda. La celda de dos partes de Grove consiste en una amalgama de zinc (ánodo) como recipiente poroso para el ácido sulfúrico con ácido nítrico y finalmente un cátodo de platino. El químico alemán Robert Wilhelm Bunsen (más famoso por su mechero Bunsen que por sus experimentos eléctricos) mejoró la celda de Grove en 1841 sustituyendo el costoso cátodo de platino por carbón que era más barato. Ninguna de estas primitivas tecnologías en baterías es usada hoy en día.

**Gastón Plante** un inventor francés en el año de 1859 desarrolló el primer sistema de almacenamiento práctico de una batería ácida que podría ser recargada (con una batería secundaria), este tipo de batería es la que conocemos actualmente conocida como de plomo ácido y es la utilizada hasta ahora en los automóviles. En la figura 1.6, podemos observar lo que sería la antecesora de la batería actual de plomo ácido.



Figura 1.6 Batería ácida de Gastón Plante [Encarta, 2008].

Poco a poco los científicos fueron mejorando la idea original de la batería de Volta y en 1860 **George Leclanche** de Francia desarrolló la primera batería utilizada ampliamente (la célula de zinc carbón) patentada en 1866. El ánodo era de zinc y una aleación de mercurio y el cátodo era un compuesto de dióxido de magnesio y un poco de carbón. Ambos, ánodo y cátodo fueron sumergidos en una solución de cloruro de amonio, que actuaba como electrolito. El sistema fue llamado: "la célula húmeda", y puede apreciarse en la figura 1.7. 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 batería, 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.

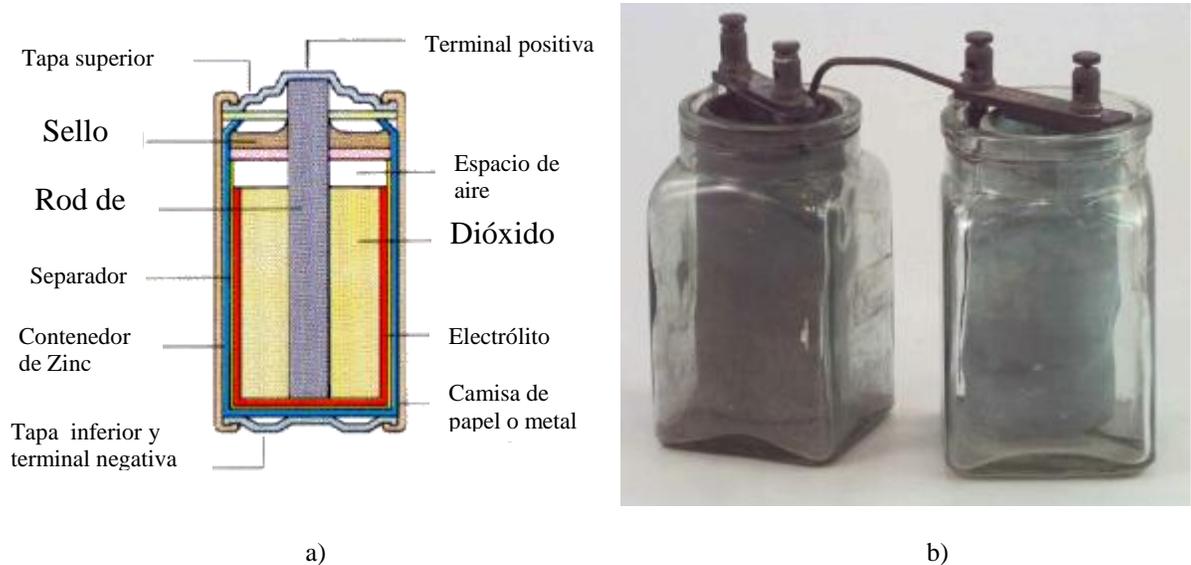


Figura 1.7 a) Batería “húmeda” actual b) Prototipo de batería de George Leclanche [Encarta. 2008].

Aunque la idea de Leclanche era barata fue desplazada en 1880 por la célula seca y un año después **J.A. Thiebaut** patentó la primer batería con dos electrodos: positivo y negativo. En ese mismo año inventó exitosamente la primera batería con celdas húmedas de uso comercial (celdas de zinc-carbón) quien la patentó en el año de 1887.

Casi finalizando ese mismo siglo en el año de 1899 Waldmar Junger inventó la primer batería de Níquel-Cadmio recargable.

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, en Suecia, Junger y Berg inventaron el acumulador Ni-Cd, que se muestra en la imagen 1.8, utiliza ánodos de cadmio en vez de hierro, siendo muy parecido al de ferróníquel en las restantes características.

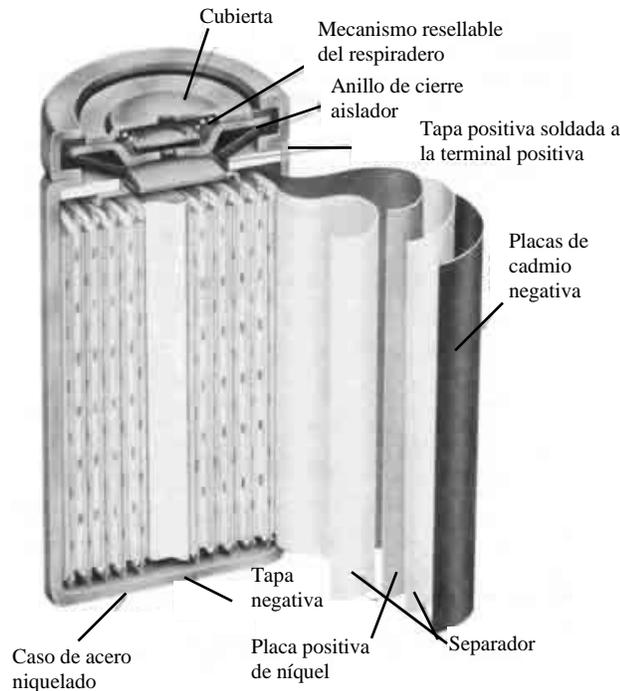


Figura 1.8 Acumulador Ni-Cd [Encarta, 2008].

En el año 1920 un joven científico, Samuel Ruben y un también joven empresario llamado Philip Rogers Mallory se conocieron cuando Ruben visitó la fábrica de Mallory buscando un equipo que necesitaba para un experimento. Juntos vieron el futuro en sus proyectos y unieron la inventiva de uno con el poder de manufactura del otro. Esta unión que se mantuvo hasta la muerte de Mallory en 1975 fue la base de la empresa que todos conocen: Duracell International.

Las invenciones de Samuel Rubens revolucionaron la tecnología de las baterías. Él creó la célula de mercurio que es la que se muestra en la figura 1.9, era mucho más eficiente que la que se utilizaba antes de zinc carbón. Este invento fue especialmente útil en la segunda guerra mundial.

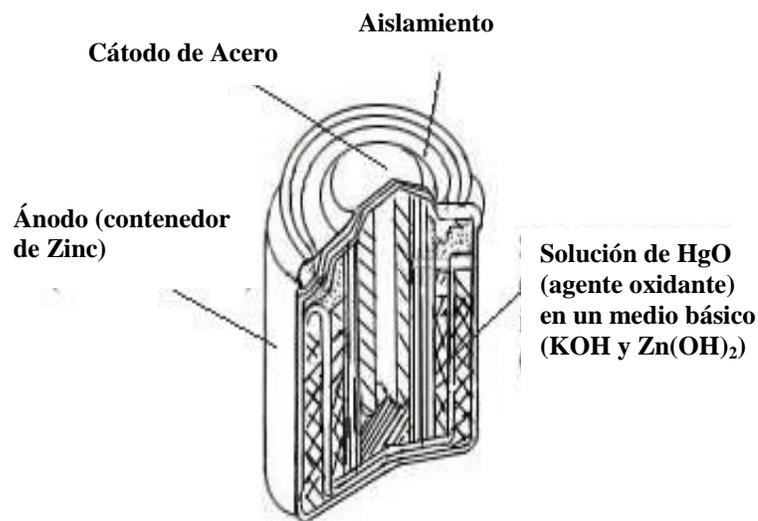


Figura 1.9 Batería seca de mercurio [Encarta, 2008].

En el año 1950 Samuel Ruben mejoró la batería alcalina de magnesio haciéndola más resistente, compacta y de una gran duración.

Haciendo lo que muchos decían imposible, ser capaz de acumular la energía solar en una batería, **Gerald Pearson, Calvin Fuller** y **Daryl Chapin** que aparecen en la figura 1.10, inventaron la primera celda solar en el año de 1954.



Figura 1.10 Gerald Pearson, Calvin Fuller y Daryl Chapin [Encarta, 2008].

Los investigadores crearon un arreglo de varias tiras de silicón (cada una con el tamaño de una navaja), colocadas a la luz del sol, capturando los electrones libres y convirtiéndolos en corriente eléctrica, la batería lucía tal cual se muestra en la figura 1.11.

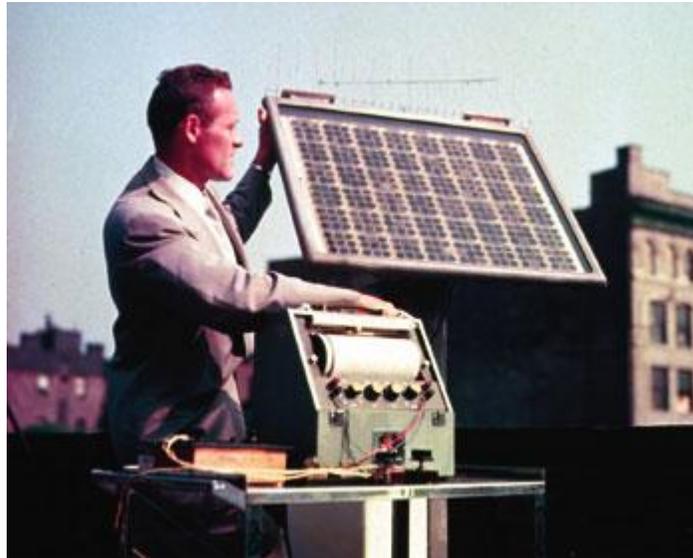


Figura 1.11 Ingeniero del laboratorio Bell probando la batería solar en 1954 [Encarta, 2008].

Los laboratorios Bell en New York, anunciaron la construcción de una nueva batería solar. Bell había financiado la investigación. El primer ensayo del servicio público de la batería solar de Bell comenzó con un sistema de portador del teléfono (Americus, Georgia) el 4 de octubre de 1955, la figura 1.12 se ilustra este hecho.



Figura 1.12 La original batería solar de laboratorios Bell [Encarta, 2008].



Durante los años 70, otro tipo de batería de gel fue desarrollado. En vez de usar electrólito en gel, este tipo de batería utiliza un separador altamente absorbente único para sostener el ácido como una esponja, este separador esta hecho de microfibras de vidrio que absorben y sostienen el ácido. Estas baterías apropiadamente, fueron nombradas las baterías de la esfera o AGM (Material de Gel absorbente por sus siglas en inglés) de cristal absorbentes para el cortocircuito.

### 1.3 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Las manufactureras de baterías saben que no hay ningún nuevo y mágico descubrimiento que sea capaz de doblar la capacidad de una batería instantáneamente. Los principios químicos de operación de las baterías son bien conocidos y entendidos, estos han existido por varias décadas, sin embargo, el problema para la industria es el refinamiento. Uno de los últimos desarrollos en la química, es la celda de polímero de litio, después de diez años sigue habiendo una promesa incumplida porque ni los fabricantes de computadoras, ni los fabricantes de baterías, han explotado todavía completamente su potencial para exprimir energía adicional en múltiples formas.

Los automóviles actuales ocupan baterías de plomo acido, lo cual ha funcionado bastante bien hasta ahora, debido a la invención de las baterías AGM, esto en un futuro cercano va a cambiar, puesto que las ventajas de las baterías AGM sobre las de plomo acido son innegables, y por lo cual los días de las baterías de plomo acido están contados.

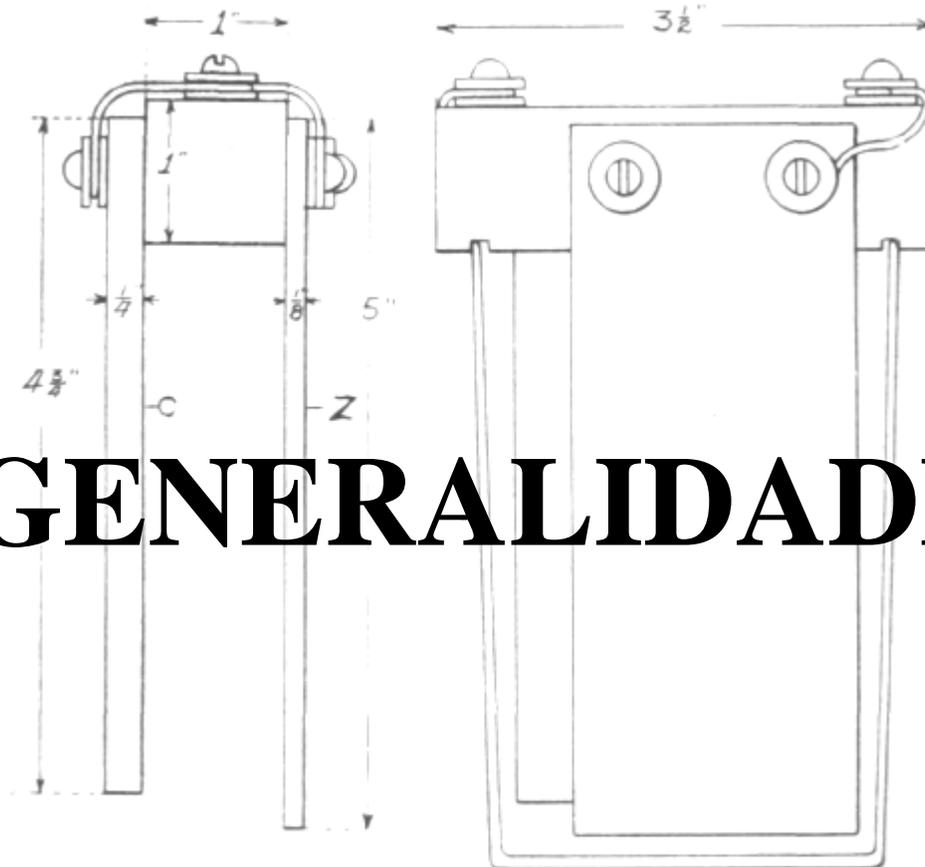
### 1.4 SUMARIO

Los antecedentes de las baterías son elementos muy importantes en el conocimiento de la evolución e innovación que ha sufrido estas a lo largo de la historia, contemplando avances más significativos, en este capítulo se ha presentado una recopilación de estos, que van desde los jarrones encontrados en Parthian de Mesopotamia (hoy en día Iraq) en 1936, que datan del año 250 A.C., hasta las baterías para celdas solares que son comunes hoy en día y que en un pasado era impensado el lograr almacenar la energía del sol.

En el siguiente capítulo se presentan los fundamentos teóricos indispensables para la adecuada comprensión del funcionamiento de las baterías, y a si poder tomar una correcta decisión de cómo elegir una batería.



# 2



# GENERALIDADES

Estoy satisfecho con el misterio de la eternidad de la vida y con el conocimiento, el sentido de la maravillosa estructura de la existencia, con el humilde intento de comprender aunque más no sea una porción diminuta de la razón que se manifiesta en la naturaleza.

*Albert Einstein*



## 2. GENERALIDADES

### 2.1 INTRODUCCIÓN

Puesto que el objetivo de este trabajo es el de ayudar a comprender mejor el funcionamiento y utilidad de las baterías en nuestra vida diaria, este capítulo contiene los fundamentos básicos y necesarios para lograr este objetivo, además consta con la descripción de los tipos más comunes de baterías que existen hoy en día en el mercado.

### 2.2 PRINCIPIOS DE OPERACIÓN

El funcionamiento de una batería está basado esencialmente en el proceso básico de la energía: un proceso cuyos componentes no resultan consumidos ni se pierden, sino solamente se transformen en otros... que a su vez pueden retornar al estado primario en las circunstancias adecuadas. Estas circunstancias son, en el caso de las baterías, el cierre del circuito externo, durante el proceso de descarga, y la aplicación de una corriente, igualmente externa, durante la 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 electrólisis, 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.

Una batería 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 una solución electrolítica.

### 2.3 TIPOS DE CELDAS

Internamente dentro de las baterías tenemos unos elementos llamados celdas. Los químicos dividen a las celdas electrolíticas en dos tipos: primario y secundario. La diferencia se centra en cómo la energía producida es almacenada en la celda.



Una celda primaria es una celda de una vía que crea nueva electricidad que proviene de una reacción química que transforma permanente la celda. En el proceso de descarga el ánodo, el cátodo y el electrólito de la celda pueden estar permanentemente e irreversiblemente cargados.

Una celda secundaria es recargable. Las reacciones químicas entre los elementos de la celda son invertidas fácilmente enviando electricidad dentro de la celda, en vez de hacerlo hacia afuera, algo que opera como productor de energía.

Aunque las baterías recargables pueden parecer la mejor elección esto no siempre es así, ya que los sistemas que utilizan tienen muchas desventajas cuando las comparas con las baterías primarias o no recargables.

Los sistemas químicos de las baterías no recargables son siempre menos convenientes que las baterías primarias (por ejemplo, los sistemas recargables son basados en líquidos corrosivos que pueden dañar el contenedor) y son menos estables. Ingenieros han creado baterías primarias que pueden “mantener” su integridad y habilidad de producir electricidad por una década o más tiempo sin que presente un deterioro significativo, pero todas las baterías secundarias pierden su carga relativamente rápido. Algunas baterías secundarias retienen una fracción de su carga inicial después de un año, sean o no usadas.

Las baterías secundarias también necesitan estar cargadas después del uso con el adecuado voltaje y corriente. Muchas aplicaciones las hacen incapaces de proveer la corriente de carga, particularmente cuando la idea es hacer un componente portátil de bajo costo. Por ejemplo, agregar un cargador de \$100 por una batería recargable para un carrito de juguete o una linterna no tiene mucho sentido.

Para emergencias, las baterías no recargables son la mejor opción, y para usos frecuentes las baterías recargables son la mejor y la más barata alternativa.



## 2.4 PARÁMETROS DE UNA BATERÍA

- La tensión o potencial, la cual es medida en volts (V) es el primer parámetro a considerar, pues es el que suele determinar si el acumulador (batería) conviene al uso a que se le destina. Viene fijado por el potencial utilizado; suele estar entre 1 V y 4 V por elemento.
- La corriente que puede suministrar el elemento, medida en amperes (A), es el segundo factor a considerar. Tiene especial importancia en algunos casos la corriente máxima obtenible; por ejemplo, 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), en la ecuación 2.1 se muestra la conversión entre Ah y el C.

$$1 \text{ Ah} = 1000 \text{ mAh} = 3600 \text{ C}; 1 \text{ C} = 1 \text{ Ah}/3600 = 0.278 \text{ mAh} \quad (2.1)$$

Hay que tomar en cuenta, que las indicaciones que se encuentran 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 (batería), de modo que en el caso anterior, si la capacidad del acumulador fuesen 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 (J), en la ecuación 2.2 se muestra la conversión entre Wh y J.

$$1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J} = 3.6 \text{ kJ}; 1 \text{ J} = 0.278 \text{ mWh} \quad (2.2)$$

- La resistencia 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.



- 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 m<sup>3</sup> o en litros).

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%.

## 2.5 VOLTAJE, CORRIENTE Y POTENCIA

El voltaje describe el potencial eléctrico de una batería, la fuerza con la cual la batería puede mover los electrones a través de un circuito. El término técnico es fuerza electromotriz o EMF (por sus siglas en inglés). Por otra parte, tenemos la corriente que describe el número de electrones que pueden ser empujados, es decir la cantidad de electricidad. La unidad utilizada para medir la corriente es el ampere (nombre que se le dio por el matemático y físico francés André Marie Ampere, 1775-1836). La potencia es el producto del voltaje y la corriente al cuadrado y está descrita en watts (en honor del inventor e ingeniero escocés James Watt, 1736-1819).

El voltaje de una celda de una batería es característico del diseño de la misma y la reacción química que toma lugar dentro de ella no cambia; pero el voltaje producido por la reacción varía con la temperatura (la mayoría de las baterías producen bajo voltaje al aumentar la temperatura), la fecha de fabricación de la batería (la mayoría de las baterías entre más tiempo tengan producen un menor voltaje) y la carga.

Estos factores dan como resultado variaciones en el voltaje real o nominal. Las baterías cuando están recién fabricadas pueden producir 1.8 V y seguirán siendo útiles hasta que su salida baje a la mitad de eso. Debido a la amplia variación del voltaje de la célula, la mayoría de los equipos que utilizan cualquier tipo de batería, son insensibles al voltaje exacto suministrado o regulan el voltaje suministrado de modo que el trazado de circuito interno del equipo mantenga



un voltaje constante. Por lo tanto, las baterías típicas que utilizan el carbón-zinc (clasificado nominal en 1.5 voltios), níquel (clasificado nominal en 1.2 voltios), y del litio (clasificado nominal en 1.6 voltios) son esencialmente permutables.

## **2.6 LAS BATERÍAS Y LA CORRIENTE ELÉCTRICA**

La corriente eléctrica es un flujo de electrones, que circulan por un cable conductor. Los electrones tienen carga negativa, y como dos imanes a los que queremos acercar parte negativa con parte negativa o parte positiva con positiva, se repelen.

Esto significa que un electrón repelerá a otro electrón, debido a que éstos tienen carga negativa. Pero, una carga positiva atraerá una carga negativa, como el electrón.

Las baterías, por medio de una reacción química producen, en su terminal negativo, una gran cantidad de electrones (que tienen carga negativa) y en su terminal positiva se produce una gran ausencia de electrones (lo que causa que este terminal sea de carga positiva).

Ahora, si ésta batería alimenta un circuito cualquiera, hará que por éste circule una corriente de electrones que saldrán de la terminal negativa de la batería, (debido a que éstos se repelen entre sí y repelen también a los electrones libres que hay en el conductor de cobre), y se dirijan a la terminal positiva donde una carencia de electrones, pasando a través del circuito al que está conectado. De esta manera se produce la corriente eléctrica.

El proceso químico no se presenta por tiempo indefinido, sino que después de algún tiempo deja de tener efecto (se nota porque su voltaje va disminuyendo). Esta es la causa de que las baterías tengan una vida finita.

Una de las pilas más conocida es la pila seca. Ilustrada en la figura 2.1:

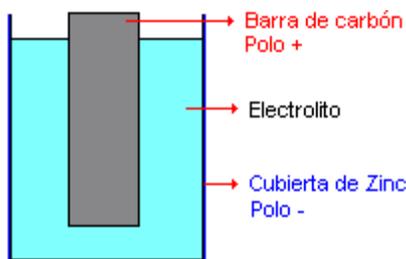


Figura 2.1 Batería seca [Encarta, 2008].

Por medio de una reacción química la cubierta de zinc atrae electrones y se carga negativamente y el carbón pierde electrones y se carga positivamente. Debido a que la reacción química oxida el zinc, la pila tiene una vida limitada.

Ahora ya después de haber revisado los principios básicos, contamos con los siguientes tipos de baterías:

## 2.7 BATERÍA ALCALINA

También denominada de ferróníquel, sus electrodos son láminas de acero en forma de rejilla con panales rellenos de óxido níqueloso (NiO), que constituyen el electrodo positivo, y de óxido ferroso (FeO), el negativo, el electrólito está formado por una disolución de potasa cáustica (KOH). Durante la carga se produce un proceso de oxidación anódica y otro de reducción catódica, transformando el óxido níqueloso en níquelico y el óxido ferroso en hierro metálico. Esta reacción se produce en sentido inverso durante la descarga.

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 las excepciones siguientes:

1. el electrólito 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 las de las celdas secas comunes y resisten mejor el uso constante.

Se utilizan para aparatos complejos y de elevado consumo energético. En sus versiones de 1.5 volts, 6 volts y 12 volts se emplean, por ejemplo, en controles remotos y alarmas.

## 2.8 BATERÍAS 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 y 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 o flashes electrónicos.

El ánodo es de zinc amalgamado y el cátodo es un material polarizador que es en base a dióxido de manganeso, óxido mercúrico mezclado con grafito, y en casos extraños óxido de plata  $Ag_2O$  (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 muy baja, 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.

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 alcalinos interdevanadas 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 poliestireno. 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.

- Zinc 14% (ánodo)
- Dióxido de Manganeso 22% (cátodo)
- Carbón: 2%
- Mercurio: 0.5 a 1% (ánodo)
- Hidróxido de Potasio (electrólito )
- Plástico y lámina 42%

Contiene un compuesto alcalino, llamado hidróxido de potasio. Su duración es seis veces mayor que la de 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.

Este tipo de baterías presenta algunas desventajas:

- 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 llamada 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, pero tóxicos en altas dosis. El bismuto y la plata no son esenciales para la vida.

## 2.9 BATERÍAS NÍQUEL-METALHIDRURO (Ni-Mh)

Químicamente uno de los mejores materiales que podemos utilizar en un cátodo sería el hidrógeno. Pero el hidrógeno como material es problemático, las temperaturas y presiones del hidrógeno son más ligeras que el gas, tan difícil como sostener el aliento en las manos.

A finales de 1960 los científicos descubrieron que algunas aleaciones de materiales tenían la habilidad de almacenar el hidrógeno activo hasta 1000 veces su propio volumen. Estas aleaciones metálicas son llamadas hidruros y típicamente están basados en componentes como:  $\text{LiNi}_5$  o  $\text{ZrNi}_2$ . En sistemas propiamente diseñados, los hidruros pueden proporcionar un completo almacenamiento del hidrógeno que pueda reaccionar inversamente en química a la célula de la batería.

Estas celdas típicamente tienen un electrolito de una solución diluida de hidróxido de potasio que tiene una naturaleza alcalina, la figura 2.2 muestra la construcción de una batería níquel-metal de Duracell.

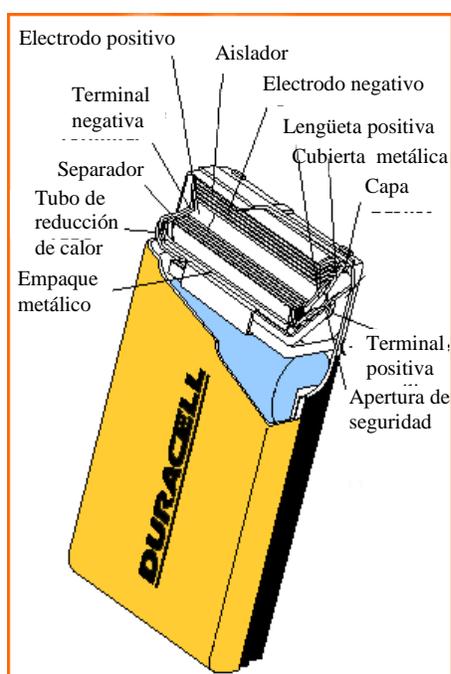


Figura 2.2 Batería níquel-metal [DURACELL.COM, 2010].

El substituir hidruros por cadmio en las celdas de la batería tiene muchas ventajas. La más obvia es que la celda elimina uno de los materiales más tóxicos: cadmio. El que no tengamos cadmio también significa que las celdas deberían estar libres del efecto de “memoria” de las celdas de níquel-cadmio. En adición a esto, el hidrógeno es mucho mejor material para el cátodo que las baterías basadas en níquel y metales híbridos que tienen una densidad de almacenamiento quince por ciento más que las baterías de níquel-cadmio.



Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de una aleación de metal-hidruro. Cada batería de Ni-Mh puede proporcionar un voltaje de 1.2 V y una capacidad entre 0.8 y 2.3 Ah. Su densidad de energía llega a los 80 Wh/Kg. Este tipo de baterías se encuentran afectadas por el llamado *efecto memoria*, en el que en cada recarga se limita el voltaje o la capacidad (a causa de un tiempo largo, una alta temperatura, o una corriente elevada), imposibilitando el uso de toda su energía.

Baterías basadas en níquel y de los hidruros de metal abreviado a menudo como baterías Ni-MH no son perfectas. Su principal desventaja es que la mayoría de estas baterías tienen una cantidad substancialmente más alta del auto descarga que las baterías de NiCad.

Como con las baterías NiCad, las baterías de NiMH tienen un voltaje nominal de la salida de 1.2 voltios que sigue siendo relativamente plano a través del ciclo de la descarga, bajando de forma súbita solamente en el extremo de la carga útil de la batería. (Cargado completamente, una célula de NiMH produce cerca de 1.4 volts, pero éste rápido descenso a 1.2 volts donde permanece a través de la mayoría del ciclo de la descarga.)

Las baterías de NiMH son en gran medida permutables con NiCad. Tienen una capacidad similar de suministrar altas corrientes, aunque no tanto como las de NiCad. Las baterías de NiMH también soportan los ciclos de la carga y descarga, típicamente hasta 500 ciclos completos.

Aunque las características de descarga de NiMH y de NiCad sean similares, los dos tipos de baterías reaccionan de manera diferentemente, durante la carga. Específicamente, NiCad lo hacen esencialmente en un proceso endotérmico mientras comienzan su proceso de carga y las baterías de NiMH hacen su proceso de manera exotérmica lo cual produce calor. Pues la batería de NiMH se acerca a la carga completa, su temperatura puede elevarse dramáticamente. Como consecuencia, los cargadores se diseñan mejor para uno u otro tipo de batería. Las baterías de NiMH trabajan mejor en los cargadores diseñados para ellas. Por otro lado las baterías de NiMH aceptan fácilmente la carga de poco a poco.



## 2.10 BATERÍAS NÍQUEL-CADMIO (Ni-Cd)

Utilizan un ánodo de hidróxido de níquel y un cátodo de un compuesto de cadmio. El electrólito es de hidróxido de potasio. Esta configuración de materiales permite recargar la batería una vez agotada para su reutilización. Cada célula de NiCad puede proporcionar un voltaje de 1.2 V y una capacidad entre 0.5 y 2.3 Ah. Sin embargo, su densidad de energía es de tan sólo 50 Wh/Kg., lo que hace que tengan que ser recargadas cada poco tiempo. También se ven afectadas por el efecto memoria.

En equipos electrónicos del consumidor, las baterías recargables/de almacenaje más populares son las baterías de níquel-cadmio, a menudo llamadas NiCad. Estas baterías utilizan los cátodos hechos del níquel y de los ánodos del cadmio. Su característica más importante, es la capacidad para soportar un gran número de ciclos completos de carga/descarga, en la gama de 500 a 1000, sin el deterioro más allá del punto de la utilidad. NiCad es también relativamente de peso ligero, tiene una buena densidad de almacenaje de energía (aunque solo sea de la mitad sobre el de las baterías alcalinas) por otro lado, el cadmio es tóxico por lo que siempre encontraremos etiquetas de advertencia para ser cautelosos y disponer correctamente de ellas.

Este voltaje constante es una ventaja al diseñador del circuito porque pocos arreglos necesitan ser hechos para las variaciones del voltaje. Sin embargo, el voltaje constante también hace la determinación del estado de carga de una batería NiCad sea casi imposible.

Además, se conoce otra desventaja para las baterías de NiCad: la memoria. Cuando alguna batería NiCad se descarga en forma parcial y es recargada más adelante, puede perder capacidad de carga. Químicamente, recargando las baterías de NiCad antes de que sean completamente descargadas hay como resultado formación de cristales del cadmio en los ánodos de la batería. Los cristales actúan como un sistema de memoria químico, marcando un segundo estado de la descarga para la batería.

Cuando la batería esta descargada en este estado secundario de descarga, su salida cae precipitadamente a pesar de la capacidad adicional que está disponible dentro de la misma. En los ciclos subsecuentes, la batería recuerda este segundo nivel de descarga, que agravan más la situación reforzando la memoria del segundo estado de la descarga. La capacidad plena de la



batería puede ser recuperada solamente dando una pequeño recarga a la batería en este segundo estado de la descarga. Esto borrará la memoria y restaura capacidad completa de la célula.

Como cuestión práctica, la solución para el problema de memoria es descargando la batería a su nivel de funcionamiento mínimo y después cargar la batería otra vez. La descarga profunda no significa una pérdida total de la carga de la batería. Si es drenada casi en su totalidad la batería puede quedar casi seca lo cual la dañaría y acortaría su vida. Si descargamos una batería de NiCad de modo que produzca menos que cerca de un voltio (su salida nominal sea 1.2 voltios), puede sufrir tal daño. Las computadoras portátiles se diseñan para ser apagados antes de que sus baterías se drenen demasiado lejos, y las utilidades profundas de la descarga nos empujan más lejos así que no necesitamos preocuparnos al usarlas. Pero al intentar descargar en un tiempo corto las baterías exponiéndolas en cortocircuito nos arriesgamos a dañar la batería e incluso se podría producir fuego.

Según fabricantes de baterías, las más nuevas baterías del hidruro de NiCad y del níquel-metal están libres de efectos de memoria, aunque esto no se haya probado en la práctica. Algunos fabricantes de baterías de litio demandan que el efecto de memoria resulta del uso del níquel más que del cadmio (una visión no apoyada por la química) y algunos usuarios también lo divulgan con experiencias contrarias con ambos tipos de baterías basados en níquel.

## 2.11 PREVIENDO LA ELECTROLISIS

Como con las baterías de plomo, las baterías níqueles-cadmio son también propensas a la electrólisis, lo que significa que la batería es potencialmente explosiva. Los fabricantes de la batería toman grandes medidas para reducir este efecto. Las baterías de NiCad disponibles en el mercado se sellan para prevenir fugas. También se diseñan de modo que produzcan el oxígeno antes del hidrógeno, que reacciona internamente para detener la reacción de la electrólisis.

Para evitar que las baterías selladas estallen, de alguna forma se debe prevenir la acumulación de gas en su interior por lo que sus diseños generalmente incluyen respiraderos para que se puedan volver a sellar. Nos arriesgamos a que ocurra una explosión si encerramos una batería de NiCad de tal manera que no tenga una adecuada ventilación. Los respiraderos son



minúsculos y van generalmente inadvertidos. Funcionan automáticamente. La advertencia contra el bloqueo de los respiraderos se aplica sobre todo a los fabricantes del equipo.

El voltaje de la salida de la mayoría de las baterías químicas disminuye con las descargas de las baterías porque las reacciones dentro de las mismas, aumentan su resistencia interna. Las baterías de NiCad tienen una resistencia interna muy baja (lo cual significa que pueden crear altas corrientes), la cual cambia poco con las descargas de la batería. Por lo tanto, la batería de NiCad produce un voltaje prácticamente constante hasta que casi se descargue en su totalidad, en cuyo punto su voltaje de la salida baja de forma precipitadamente.

## 2.12 BATERÍAS LITIO-ION (Li-ion)

Las 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.

El litio es el metal químicamente más reactivo y hoy en día proporciona la base para la mayoría de los sistemas compactos de almacenaje de energía para computadoras portátiles. Casi todos los sistemas de alta densidad del almacenaje utilizan el litio, porque tiene una ventaja química inherente. El litio tiene una capacidad específica de almacenar 3,860 Ah/Kg comparado a 820 Ah/Kg. para el Zinc y a 260 Ah/kg para el plomo.

El litio es también muy reactivo. Dependiendo del ánodo, las baterías con cátodos de litio producen normalmente a partir 1.5 volts a 3.6 volts por cada célula, un voltaje más alto que cualquier otra batería química. Este reacciona violentamente con agua y puede producir fuego.

Para prevenir los problemas causados por el litio metálico reactivo, los fabricantes de la batería refinaron sus diseños para mantener al litio su estado iónico. De esta manera, podían cosechar las ventajas electroquímicas de baterías en base a litio, sin los defectos asociados al metal puro.



Las baterías típicas del litio-ion utilizan el carbón para su ánodo y lito-dióxido de cobalto como el cátodo. El electrolito se basa generalmente en una solución de sal de litio. Las baterías de litio ofrecen una densidad más alta de almacenaje que las baterías de hidruro de níquel-metal, y al comparar su rendimiento al usarlas en computadoras portátiles con las baterías de litio el tiempo de carga es cerca de cincuenta por ciento más largo sin tener la necesidad de realizar una recarga. Las baterías del litio-ion también carecen el efecto de memoria que plagó las baterías tempranas níquel-cadmio.

### 2.13 BATERÍAS POLÍMERO DE LITIO (Li-poli)

Es una variación de las 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. Estas baterías tienen un tamaño más reducido respecto a las de otros componentes. Su tamaño y peso las hace muy útiles para equipos pequeños que requieran potencia y duración, como manos libres inalámbricos (bluetooth).

Al día de hoy, la tecnología más brillante que se ha desarrollado proviene de un refinamiento de la química en la llamada batería sólida de polímero de litio. De hecho, la mayoría de los fabricantes de baterías y de computadoras están cambiando al diseño sólido de la batería de polímero de litio. Mientras las baterías convencionales de ion de litio requieren los electrolitos líquidos, las baterías sólidas de polímero integran el electrolito en un separador plástico de polímero entre el ánodo y el cátodo de la célula.

Como un electrolito, las baterías de litio utilizan un compuesto de polímero tal como poliacrilonitrilo conteniendo en sal de litio. Porque no tiene ningún líquido, la batería sólida de polímero no requiere las cajas cilíndricas fornidas de baterías convencionales. A diferencia de otras baterías, las baterías sólidas de polímero pueden ser formadas dentro de hojas planas o en paquetes prismáticos que son capaces de caber en los escondrijos y las grietas de computadoras portátiles.



Aunque la densidad de energía de las baterías sólidas de polímero sea similar a las baterías ordinarias de ion del litio, los fabricantes de computadoras portátiles pueden formarlas para aprovechar mejor el espacio disponible, exprimiendo la capacidad en cada máquina. Por ejemplo, llenando el espacio vacío que aparecería en las esquinas alrededor de una célula cilíndrica, una batería sólida de polímero que quepa en ese espacio tendría cerca de 22% más capacidad química y por tanto, de energía.

## 2.14 PILAS DE COMBUSTIBLE

La pila de combustible no se trata de un acumulador propiamente dicho, aunque sí convierte energía química en energía eléctrica y es recargable. Funciona con hidrógeno. (Otros combustibles como el metano o el metanol son usados para obtener hidrógeno).

## 2.15 CAPACITOR DE ALTA CAPACIDAD

Aunque los capacitores de alta capacidad no sean acumuladores electroquímicos en sentido estricto, en la actualidad se están consiguiendo capacidades lo suficientemente grandes (varios farads, F) como para que se les pueda utilizar como baterías cuando las potencias a suministrar sean pequeñas.

## 2.16 BATERÍA DE PLOMO

Está constituida por dos electrodos de plomo, de manera que, cuando el aparato está descargado, se encuentra en forma de sulfato de plomo ( $\text{PbSO}_4$  II) 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 automóviles. 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 de óxido de plomo (IV) ( $\text{PbO}_2$ ). 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 desmoronasen mecánicamente partes del mismo, alteraciones irreversibles que acortarían la duración del acumulador.

- Durante la descarga se invierten los procesos de 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. Los procesos elementales que trascurren se muestran en las ecuaciones 2.3 y 2.4 [Cowlshaw, 1974]:



En la descarga baja la concentración de 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 a la del 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 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.

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

En la imagen 2.3 se muestra el despiece de la batería de plomo ácido.

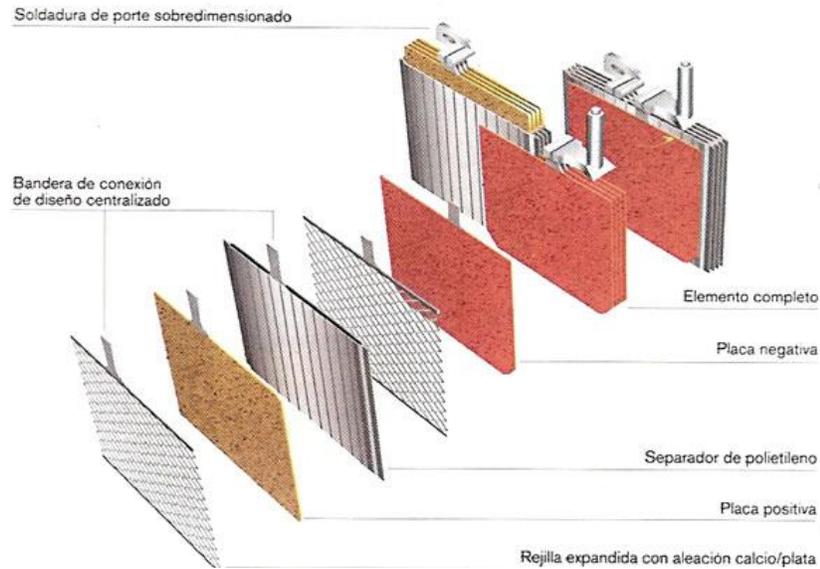


Figura 2.3 Batería de plomo ácido [Optima-batterien.eu, 2010].

La mayoría de las baterías está formada por seis elementos separados entre sí por celdas como se observa en la figura 2.4.

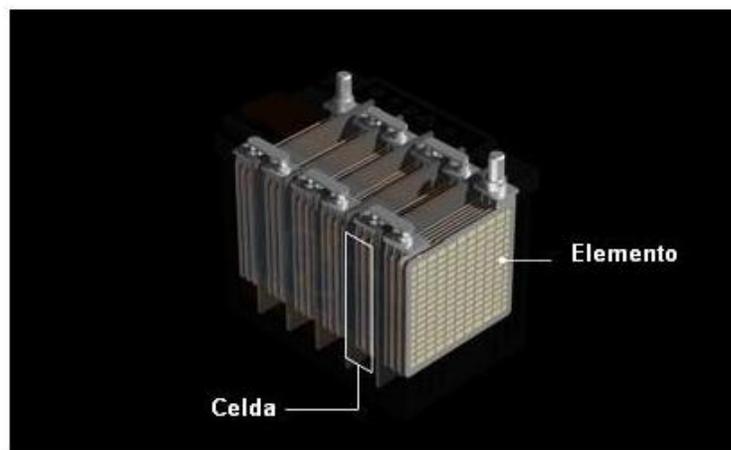


Figura 2.4 Batería de plomo ácido [yaestaellistoquetodolosabe.lacoctelera.netEncarta, 2010].

Cada elemento está compuesto por varias placas de plomo positivas y negativas separadas por una placa de material plástico aislante y esto se ve reflejado en la figura 2.5:

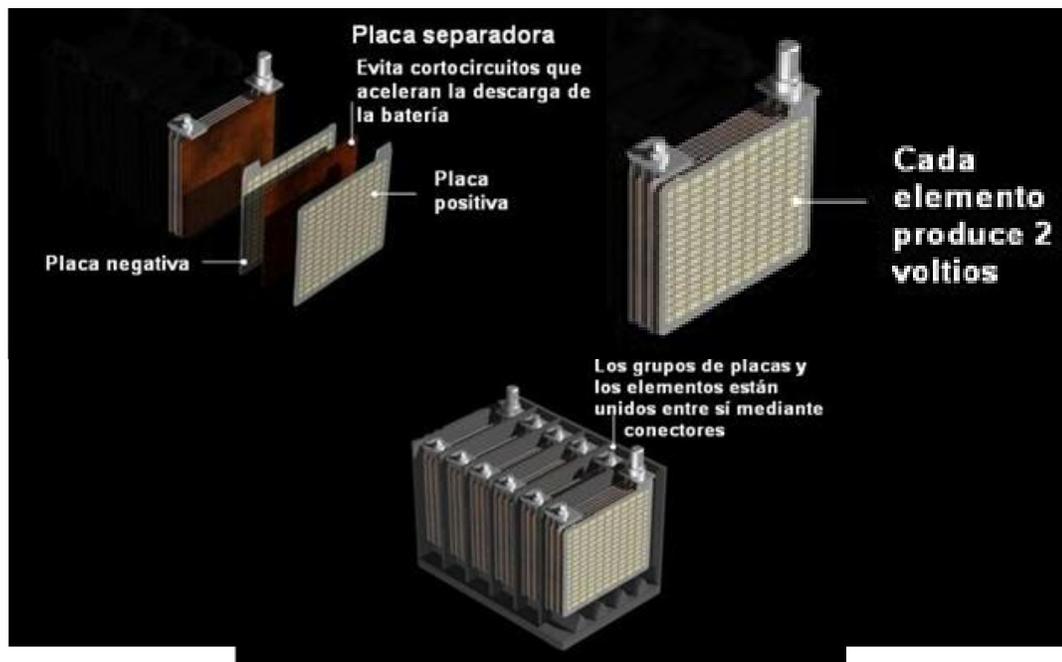


Figura 2.5 Partes internas de una batería de plomo ácido [yaestaellistoquetodolosabe.lacoctelera.netEncarta, 2010].

## 2.17 BATERÍA DE GEL

Una **batería de gel** (también conocida como "células de gel") es una batería con un electrolito gelificado. El ácido sulfúrico se mezcla con el humo de sílice, lo que hace que la masa resultante sea de gel. A diferencia de una batería tradicional húmeda de plomo-ácido, en estas baterías no es necesario que se mantenga en posición vertical. Además, las baterías de gel eliminan prácticamente el electrolito por evaporación, derrame (y la posterior corrosión) común a la batería húmeda, y cuentan con una mayor resistencia a temperaturas extremas, golpes y vibraciones. Estas baterías son a menudo coloquialmente denominadas como baterías selladas de plomo-ácido (SLA) debido a su falta de fugas en los contenedores, pero no son completamente selladas, puesto que cuenta con una válvula de regulación que permite que el gas sea expulsado. Químicamente las baterías húmedas (no selladas) son las mismas, excepto en las que el antimonio en las placas de plomo se sustituye por calcio.

En el AGM las baterías selladas, el ácido se absorbe entre las placas y son inmobilizadas por una fina fibra de vidrio. No es necesario el gel de silicona. Esta esfera de cristal absorbe e inmobiliza el ácido mientras que todavía mantiene el ácido disponible para las placas. Esto permite una reacción rápida entre el ácido y el material de la placa.



La batería del AGM tiene una resistencia eléctrica interna extremadamente baja. Esto, combinado con una migración ácida más rápida, permite que las baterías del AGM entreguen y absorban índices más altos de corriente que otras baterías selladas durante la descarga y la carga. Además, las baterías de la tecnología del AGM se pueden cargar en las tensiones de carga reguladas de plomo normales, por lo tanto, no es necesario volver a calibrar sistemas de carga o comprar cargadores especiales.

Los especialistas de la batería de la C.C. están distribuyendo actualmente las baterías de la tecnología de la CUERDA DE SALVAMENTO y del AGM de los GRADOS ÓPTIMOS. Hemos substituido nuestras líneas del gel aumentando a las baterías de la tecnología del AGM.

Gel absorbente (AGM) es una clase de batería en la que el electrólito se absorbe en una esfera de fibras de vidrio fino. Las placas de una batería AGM pueden ser planas como una celda de batería de plomo-ácido en un caso rectangular. En las juntas cilíndricas que son las más comunes, las placas son delgadas, como la mayoría de los consumidores desechables y pilas recargables, en espirales. Su construcción única (para sustancias químicas de plomo-ácido) permite a sus placas ser más puras de tal forma que ya que no necesitan soportar su propio peso, como en las células tradicionales. Su resistencia interna es menor que las células tradicionales debido a la estrecha proximidad y a la placa de plomo puro que tienen una menor resistividad, por lo que manejan mejor las temperaturas más altas, y la descarga segura más lentamente. Su potencia específica es muy buena y se pueden cargar y descargar con bastante rapidez, sin embargo su energía específica tiende a ser inferior a las baterías húmedas tradicionales. Estas se utilizan a menudo en los vehículos eléctricos de alto rendimiento, debido a su alta densidad de potencia. AGM, baterías recargables por lo general vienen en tamaños grandes.

En la imagen 2.6 se muestran los componentes de la batería de plomo ácido.

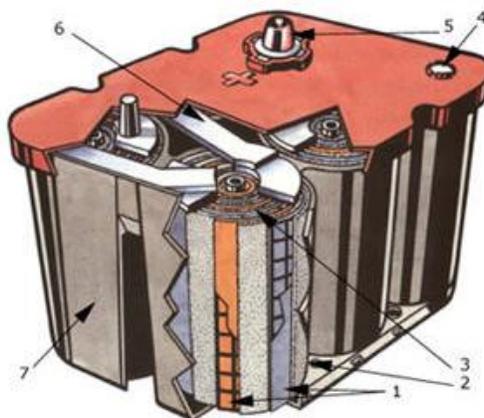


Figura 2.6 Partes internas de una batería AGM [Optima-batterien.eu, 2008].

## 2.18 APLICACIONES

Muchas motocicletas modernas en el mercado utilizan AGM o baterías selladas AGM por la combinación de beneficios de la reducción de la probabilidad de derrame de ácido durante accidentes, y por el envasado (baterías más ligeras, más pequeñas para hacer el mismo trabajo; además, de ser necesario, la batería puede ser instalada en los ángulos impares debido al diseño de la motocicleta). Debido a los mayores costos de fabricación en comparación con las baterías de plomo-ácido, la tecnología AGM se está utilizando en vehículos premium. Los vehículos se han vuelto más pesados y equipados con más dispositivos electrónicos tales como la navegación, control de estabilidad, y mejores estéreos. Por esto, las baterías AGM están siendo empleadas para reducir el peso del vehículo y proporcionar una mejor fiabilidad eléctrica en comparación con las baterías húmedas de plomo-ácido. La nueva serie 5 BMW a partir de marzo de 2007 incorpora baterías AGM, así como dispositivos de freno para la recuperación de energía mediante el frenado regenerativo y equipo de control para garantizar la carga de la batería mediante el alternador cuando el automóvil está desacelerando. NASCAR, IHRA, SCORE, y otras carreras de auto son las ligas que continuamente introducen los productos AGM en sus vehículos. Esto se debe en gran parte al hecho de que estas baterías son resistentes a las vibraciones.



## 2.19 COMPARACIÓN CON LAS BATERÍAS HÚMEDAS DE PLOMO ACIDO

En comparación con las baterías húmedas de plomo ácido, las baterías AGM ofrecen varias ventajas. La batería se puede montar en cualquier posición, ya que las válvulas sólo funcionan en fallas de sobre presión.

Los sistemas de baterías están diseñados para ser recombinados y eliminar las emisiones de gases de sobrecarga, los requerimientos de cuartos de ventilación se reducen y durante el funcionamiento normal los humos de los ácidos no son emitidos. No hay necesidad (ni posibilidad) para comprobar el nivel de electrólito o la cantidad de agua perdida debido a la electrólisis, y esto reduce la necesidad de inspección y mantenimiento.

En la tabla 2.1 se muestra un comparativo de los distintos tipos de baterías que se encuentran en el mercado actualmente.

Tabla 2.1 Comparativa de los diferentes tipos de baterías:

Tipo	Energía / peso	Tensión por elemento (V)	Duración (número de recargas)	Tiempo de carga	Auto-descarga por mes (% del total)
Plomo	30-50 Wh/kg	2 V	20-30	8-16h	5 %
Ni-Cd	48-80 Wh/kg	1,25 V	500	1h	30%
Ni-H	60-120 Wh/kg	1,25 V	1000	2h-4h	20 %
Li-ion	110-160 Wh/kg	3,16 V	4000	2h-4h	10 %
Li-Po	100-130 Wh/kg	3,16 V	5000	1h-1.5h	10 %

## 2. 20 SUMARIO

El primer paso para adentrarnos en el mundo de las baterías es conocer los tipos más importantes de estas que se pueden encontrar en el mercado, existen dos tipos principales de baterías, las recargables y las desechables, estas su vez estas se subdividen por su composición química.



Las propiedades propias de la batería que se deben tomar en consideración pueden dividirse en dos clases principales, las físicas y la eléctricas, las variables eléctricas más importantes que hay que tomar en cuenta son el voltaje, amperaje y los amperes hora, y las físicas son el peso y el tamaño de la batería, dependiendo de las necesidades del proyecto, se le dará más importancia a alguna de las propiedades de la batería.

En el siguiente capítulo se presentan los principios básicos de funcionamiento de las 2 baterías a comparar en este trabajo



3



# COMPARACIONES

El individuo ha luchado siempre para no ser absorbido por la tribu. Si lo intentas, a menudo estarás solo, y a veces asustado. Pero ningún precio es demasiado alto por el privilegio de ser uno mismo.

## 3. PRINCIPIOS BÁSICOS

### 3.1 INTRODUCCIÓN

La batería de arranque es un acumulador y proporciona la energía eléctrica para el motor de arranque de un motor de combustión, como por ejemplo de un automóvil, de un agregado generador de corriente o de la turbina de gas de un avión. Las baterías que se usan como fuente de energía para la tracción de un vehículo eléctrico se les denomina baterías de tracción. Los vehículos híbridos pueden utilizar cualquiera de los dos tipos de baterías.

La batería realiza la función de un dispositivo de almacenamiento químico para la energía eléctrica generada por el alternador. Debe ser capaz de proporcionar abastecimiento de gran intensidad para comenzar y accionar otras cargas eléctricas

Otra función de la batería es el de servir como componente estabilizador en el sistema de carga, proporcionando energía cuando las demandas del sistema se excede a la salida del alternador. Las baterías y sus conexiones eléctricas serán capaces de estar operando en el ambiente inferior automotor, sin deformación, el aflojamiento, o afectar a la operación de el dispositivo, la figura 3.1 muestra el diagrama de conexión básico de un vehículo automotor.

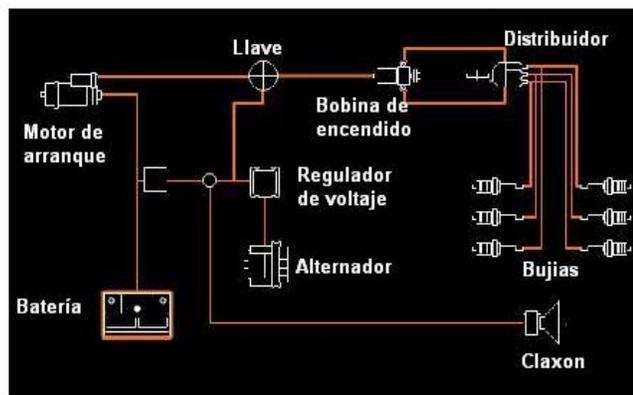


Figura 3.1 Diagrama de conexión básica de un vehículo automotor  
[vaestaellistouetodolosabe.lacoctelera.netEncarta. 2010].



### 3.2 BATERÍA DE ARRANQUE

El termino técnico en inglés para baterías de arranque en vehículos pesados es *SLI battery* (donde las siglas SLI significan *Start, Light, Ignition* o Arranque, Luz, Encendido). El acumulador se recarga con el motor en marcha gracias al generador de la dinamo.

Este generador suministra la corriente necesaria en casos de que la dinamo no esté en funcionamiento, o de estarlo a baja velocidad. Esta tarea es cada vez de mayor importancia en los vehículos debido a la mayor cantidad de electrónica destinada al confort.

### 3.3 PARÁMETROS EN UNA BATERÍA DE UN VEHÍCULO AUTOMOTOR

A continuación se mencionan los parámetros básicos que se toman en cuenta para el diseño de una batería no importando si es de Pb, gel u otra.

#### 3.3.1 CORRIENTE DE ARRANQUE, CA

El primer criterio que se utiliza cuando se compara y selecciona baterías es generalmente su capacidad y su potencia. Convencionalmente, en Europa, la capacidad viene dada en Ah, (Amperios hora). Hasta ahora el ratio de todas las baterías ha sido expresado en esta unidad. La capacidad de una batería de arranque normal es de 56 Ah.

La unidad de Ah, indica la cantidad de corriente que se puede obtener desde la batería, por ejemplo si se tuviera una batería de 10Ah y a esta se le demandan 10A esta sería capaz de funcionar por al menos una hora. El viejo test C20 es el ensayo básico de la capacidad de una batería de arranque. Este ensayo resolvió que la batería tendría que ser capaz de mantener las luces de posición de un automóvil encendidas 20 horas (ver 'test de las 20 horas').

Esta corriente es la máxima que puede suministrar una batería a 0 °C durante 30 segundos con un voltaje en cada una de las células de 1,2 volt.

El término técnico en inglés para la corriente de arranque es *cracking amps*, (del inglés corriente de arranque). Alternativamente también puede encontrarse este término como *MCA* (marine cracking amps).

### 3.3.2 CORRIENTE DE ARRANQUE EN FRÍO, CCA

La función más importante de una batería de arranque es por supuesto arrancar un vehículo. Las peores condiciones bajo las cuales se puede esperar que una batería entregue corriente son las de bajas temperaturas. Por lo tanto parece lógico que una buena prueba sea el calcular la cantidad de corriente, medida en Amperios, que pueda dar una batería en condiciones de frío.

El término técnico en inglés para la corriente de arranque en frío es *cold cracking amps*, (del inglés corriente de arranque en frío), la corriente máxima que puede suministrar la batería a una temperatura de  $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$  ( $0\text{ }^{\circ}\text{F}$ ) durante 30 segundos, durante la cual el voltaje de cada una de las células ha de ser de 1,2 V.

Esta es una mejor manera de medir la capacidad de una batería de arranque que la vieja medida de los Amper hora. Los CCA's se miden según la norma Estadounidense SAE- cuanta corriente puede ser entregada durante 30 segundos a  $-180\text{ }^{\circ}\text{C}$  con una tensión final de mayor ó igual a 7,2 Volt. Como se puede observar en la figura 3.2.

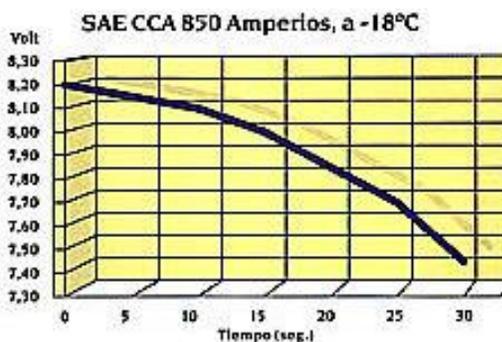


Figura 3.2 Gráfica de descarga de CCA voltaje vs tiempo

*Ejemplo:*

Una batería de 12 volt con 300 CCA suministra una corriente de arranque en frío de 300 amperios a un voltaje de 7,2 V (6 células a 1,2 volt cada una).



### 3.3.3 CORRIENTE DE ARRANQUE EN CALIENTE, HCA

Del inglés *Hot Cracking Amps*, es la corriente de arranque en caliente, proporciona la corriente máxima que puede suministrar la batería a una temperatura de 26,67 °C (80 °F) durante 30 segundos, durante la cual el voltaje de cada una de las células ha de ser de 1,2 V.

### 3.3.4 CAPACIDAD DE RESERVA, RCM / RC

La capacidad de reserva es una medida importante en una batería de automóvil. Está medida de acuerdo a la norma SAE, aprobada por el Consejo Internacional de Baterías (BCI).

Del inglés *Reserve capacity minutes*, también denominado *reserve capacity (RC)*, es la propiedad de la batería a almacenar una determinada carga eléctrica. Es el tiempo en minutos que una batería con ácido de plomo puede suministrar 25 amperios a una temperatura de 27 °C antes de que el voltaje caiga de los 10,5 V.

#### 3.3.4.1 ENSAYO DE LAS 20 HORAS.

Las baterías también pueden ser comparadas según las diferentes variables de descarga, dependiendo de cómo se vayan a usar.

La típica prueba es la del ensayo de SAE llamada 'ensayo de las 20 horas'. Este test muestra la corriente que se puede sacar de una batería en 20 horas sin que el voltaje baje de 1,7 Volt por celda. Según estos criterios, la batería Optima 850 está preparada para entregar 2,8 Amperios en 20 horas. El total de capacidad en este caso es, por tanto, de 56 Ah (2,8A x 20h =56Ah).

Por ejemplo el valor CCA de una batería Optima 850 es 850 A.

### 3.3.5 TAMAÑO DE LA BATERÍA, BCI

Del inglés *Battery Council International* es un grupo de trabajo que especifica las dimensiones físicas (longitud, anchura y fondo) de la batería.



### 3.3.6 VOLTAJE NOMINAL

Es el voltaje que se mantiene constante, en los automóviles este se sitúa sobre el voltaje nominal de la batería, durante la conducción, ya que esta se carga cuando el vehículo está en marcha. El proceso de carga depende de la temperatura. En el caso de baterías de 12 V se encuentra a 14,4 V. Sin embargo normalmente se suele otorgar al voltaje de la red eléctrica, el mismo que la batería (12 V para turismos y 24 V para camiones, mientras que coches más antiguos como el escarabajo de VW o motocicletas precisan normalmente de 6 V.

### 3.3.7 CAPACIDAD

El dato referente a la capacidad  $Q$  tiene Amperios hora (Ah) por unidad, por ejemplo, 20 horas de tiempo de descarga  $T$  a 27 °C. Una batería de arranque cargada por completo con una capacidad nominal de  $Q = 36$  Ah puede suministrar una corriente media de  $I = 1,8$  Amperios a una temperatura de 27 °C durante 20 horas. Por medio de la fórmula  $Q = I \cdot T$  y conocidos la capacidad y el tiempo se puede averiguar la corriente media  $I = Q/T$ , es decir:

$$Q = 1.8A \cdot 20 h \quad (3.1)$$

Si la corriente de descarga es conocida, entonces se puede averiguar el tiempo máximo:

$$T = \frac{Q}{I} \quad (3.2)$$

Donde:

$I$ : Corriente

$Q$ : Capacidad

$T$ : Tiempo



En caso de corrientes mayores, temperaturas menores o avanzado deterioro de la batería, entonces es la capacidad real menor que la nominal. Durante la descarga a una corriente constante la velocidad con la que disminuye el voltaje de la batería variara. El valor medio del voltaje durante el tiempo de descarga posibilitaría calcular la energía o trabajo en watts hora (Wh), pero este valor no viene detallado.

Ejemplos de la capacidad de diferentes baterías

- Ciclomotores (hasta 50 cm<sup>3</sup>): 6 Ah (12 V)
- Motocicletas (a partir de 50 cm<sup>3</sup>): 12 Ah (12 V)
- Automóvil (pequeño): 36 Ah (12 V)
- Automóvil (clase compacta): 50 Ah (12 V)
- Automóvil (berlinas): 100 Ah (12 V)
- Camión: hasta 7,5t 175 Ah y valores superiores (12 V, 24 V)
- Camión: desde 7,5t hasta 225 Ah

La capacidad necesaria se determina según la cilindrada y el tipo de motor. Los motores diesel necesitan normalmente más corriente durante el arranque que motores equivalentes de gas o gasolina debido a los mayores valores de compresión con los que trabajan. También la existencia de dispositivos eléctricos y/o electrónicos de mayor consumo requiere una capacidad superior, ya que la batería de arranque hace la función de reserva cuando la dinamo (hoy día habitualmente el alternador) funciona a bajas revoluciones y el consumo de corriente es alto. Es por ello que algunos de los fabricantes que ofrecen el aire acondicionado de serie también proveen baterías de mayor capacidad.

### 3.3.8 MANTENIMIENTO, CUIDADO E INSPECCIONES

- El nivel de líquido (o en general el *electrodo*) también se debería inspeccionar al menos cada otoño en las baterías que no precisan de mantenimiento. En caso de pérdida de líquido, se debería rellenar con agua destilada.
- Inspección del regulador en un taller especializado. El resultado del voltaje de carga debería estar situado entre 13,80 - 14,4 V.
-



Equipos para cargar la batería debería situarse en la banda superior de voltaje (aprox. 14,4 V) y la corriente de carga debería ser como mucho en cargadores sin regulador la décima parte de la capacidad de la batería. En caso de que la batería este totalmente descargada es posible aplicar una carga rápida con corrientes mayores hasta alcanzar el 70% de la carga total, pero sin superar el voltaje máximo de 14,4 V.

- La batería se debe chequear después de la carga, para ello existen diferentes productos en el mercado. La densidad del ácido por ejemplo puede determinarse con un densímetro. Para ello es importante saber la densidad cuando la batería está plenamente cargada.

En el siguiente ejemplo se ha asumido la densidad más frecuente que es 1,28 g/cm<sup>3</sup> a carga completa: Si la batería está completamente descargada la densidad baja hasta 1,10 g/cm<sup>3</sup>, con una densidad de 1,23 g/cm<sup>3</sup> solo la mitad de la batería está cargada. Quien trabaja con un densímetro consigue una buena información sobre el grado de carga, pero para ello hay que abrir las células y retirar una muestra del electrolito. Este método se recomienda solo para personal cualificado.

Otra posibilidad es medir el voltaje de la batería. Para ello no se precisa desensamblar la batería, basta con conectar el dispositivo a los polos de la batería. Es importante saber que estas mediciones solo pueden realizarse si la batería ha ‘reposado’, es decir, al menos 2 horas después de haber estado en funcionamiento o haberse cargado/descargado. Una batería en esas condiciones tiene 12,65 V cuando está totalmente cargada. No debería estar por debajo de 12,53 V (aprox. 85% de la carga total) Con 12,25 volt la batería esta medio cargada y con 11,9 V prácticamente descargada. En caso de que el voltaje baje de ese valor, la batería ya no podrá cargarse a la capacidad original. Control de la capacidad: El voltaje no provee información sobre la capacidad. Una batería usada alcanza, estado totalmente cargada, el voltaje nominal, pero no la corriente momentánea al arrancar (400 bis 600 A). Las baterías usadas pueden conectarse a una resistencia de calentamiento (de baja resistencia) o bien se arranca para medir entonces el voltaje. El voltaje no baja tanto como en una batería usada (que puede llegar a cero). Hay baterías libres de mantenimiento en las que no se puede rellenar con agua destilada. Las células son una mezcla de ácidos de azufre (aprox. del 37 %) y rellenos con agua destilada.



La descomposición electrolítica puede provocar que el agua se gasifique en oxígeno e hidrógeno, esto no ocurre en baterías que no requieren mantenimiento (están herméticamente selladas). Las baterías abiertas deben de rellenarse con agua destilada para equilibrar la pérdida de agua. Agua impura (ej. Agua corriente o mineral) llegaría a destruir la batería en poco tiempo debido a cortocircuitos entre los electrolitos. Reguladores de voltaje de la dinamo en malas condiciones favorecen la descomposición del agua y requieren un mayor mantenimiento de la batería.

El voltaje del regulador debería situarse entre 13,8 y 14,4 V. De ser mayor la pérdida de agua se incrementa incluso para baterías selladas, lo que reduce su ciclo de vida.

En caso de un voltaje menor que los 13,8 volt la batería no llegaría a cargarse por completo lo que dificultaría el arranque y reduciría el ciclo de vida de la batería. En caso de que la batería requiera demasiada capacidad, se corre el peligro de que se descargue por completo y se produzca sulfatación.

Las baterías de arranque no deberían dejarse durante meses sin cargar, en caso de que esto sea necesario la batería debería cargarse previamente por completo. Las baterías usadas se descargan por sí mismas con mayor facilidad, además se corre el peligro de que la batería se sulfata si no se recarga. En cualquier caso el voltaje de una batería de plomo de 12 volt sin uso no debería bajar de los 11,8 V.

En el caso de que la batería no se vaya a usar durante un tiempo prolongado es útil aplicar un voltaje de mantenimiento con una corriente pequeña que compense la descarga propia de la batería.

El voltaje de carga debería situarse entre 14,2 y 14,4 V a una temperatura de entre 15 y 25 °C. La corriente de carga de dispositivos sin regulador debería situarse entre un décimo y un quinto de la capacidad de la batería y en caso de carga rápida no más de un tercio del valor de la capacidad. En dispositivos con regulador no es necesario limitar la corriente de carga.

El voltaje de gasificación se sitúa en unos 14,4 V y no debería superarse en baterías que no requieren mantenimiento.



El voltaje de los terminales poco después de la recarga completa de una batería de arranque caerá hasta los 13,2 V y desde ahí poco a poco hasta 12,7 V.

La capacidad aproximada (ver tabla 3.1) se puede estimar a partir del voltaje de los polos. Para ello se mide el voltaje de la batería durante horas sin carga alguna:

Tabla 3.1 Estimación de la capacitancia según el voltaje

VOLTAJE DE LOS CONECTORES	CAPACIDAD APROXIMADA
12,65 V	100 %
12,45 V	75 %
12,24 V	50 %
12,06 V	25 %
11.89 V	0 %

El proceso provee un valor más o menos fiable si la batería no tiene una resistencia interna elevada y si por medio de cortocircuito de las células el voltaje en reposo está en promedio por debajo de la nominal. Una batería con una resistencia interna alta se identifica ya que se *carga* (ya no acepta corriente) de forma muy rápida pero el voltaje (incluso con corrientes reducidas) cae rápidamente muy pronto, mientras que una batería en buenas condiciones debería poder suministrar durante unos segundos aprox. tres veces la corriente nominal.

Para las baterías que requieren mantenimiento (por ejemplo con apertura de rosca) se puede usar también un elevador de la acidez con densímetro para comprobar la capacidad (ver tabla 3.2).

Tabla 3.2 Estimación de la capacitancia según la acidez

DENSIDAD DEL ACIDO	CAPACIDAD APROXIMADA
1,28 kg/dm <sup>3</sup>	-
1,24 kg/dm <sup>3</sup>	Temperatura ambiente 50 %
1,10 kg/dm <sup>3</sup>	0%



### 3.4 REQUERIMIENTOS

El arranque de un motor de combustión, requiere de un motor eléctrico de arranque, conocido como marcha, este requiere durante un breve espacio de tiempo corrientes muy elevadas que no cualquier batería puede proporcionar. La batería de arranque ha de cumplir este requisito también en invierno a bajas temperaturas. Además, el voltaje eléctrico no puede reducirse considerablemente durante el proceso de arranque. Es por ello que las baterías de arranque disponen de una resistencia interior pequeña.

Las baterías de arranque son circuitos en línea de células de acumuladores de plomo con un voltaje nominal de 2.12 V (voltios) por unidad. Para conseguir un voltaje nominal de 6 V o bien 12 V se necesita un circuito en línea de 3 o bien 6 células por batería. Algunos camiones puede precisar de baterías de 24 V, que no es otra cosa que un circuito en línea con 2 baterías de 12 V. Las baterías de arranque se dividen en baterías de líquido, de vellón y de gel. En este caso vamos a estudiar las baterías de líquido (plomo ácido) y de gel (AGM).

A continuación mostraremos varios requisitos y pruebas deben cumplir cada una de estas baterías, para poder tener una mejor perspectiva al final de este capítulo.

#### 3.4.1 CLASIFICACIÓN DE RECARGA

Todas las baterías deberán ser verificadas y clasificadas antes de la recarga de la siguiente manera:

- A. CCA – Todas las baterías en el circuito deben ser de la misma clasificación.
- B. OCV – Todas las baterías en el circuito deben ser agrupados por su OCV. El OCV es más grande o igual a 12.20 volts o menor que 12.20 volts.

#### 3.4.2 RECARGA EN PARALELO (Método preferido)

- La corriente de carga deberá ser limitada a 10 amperes máximo por batería.
- La fuente de voltaje deberá estar limitada a un máximo de 16.15 +/- .15 volts.



- Si el OCV inicial es menor a 12.20 volts entonces la carga de la batería será por 24 horas.
- Si el OCV inicial es mayor a 12.20 entonces la carga de la batería será por 16 horas.

### 3.4.3 RECARGA EN SERIE

- La corriente de carga deberá ser limitada a 10 amperes máximo por baterías
- La corriente deberá ser reducida por etapas para evitar post-tensión en la batería de 16.2 volts.
- Los voltajes deberán ser monitoreados cada hora.

## 3.5 BATERÍA DE PLOMO ACIDO y BATERÍA AGM – 12 volts

La función de la batería es también servir como componente estabilizador en el sistema de carga proporcionando energía cuando las demandas de sistema exceden la salida del alternador, como ya lo habíamos visto anteriormente

Las baterías tienen que cumplir con una serie de pruebas que enumeraremos y explicaremos a continuación:

### 3.5.1 PRUEBA DE INGESTIÓN DE AGUA

Esta condición nos indica la máxima ingesta de agua permisible dentro de la batería.

El sistema de expresión de la batería no permitirá que el agua entre a través del sistema del casquillo del respiradero cuando la tapa de la batería se sujeta al aerosol de agua que simula la condición de la debajo del cofre del auto.

En la siguiente tabla (tabla 3.3) se muestran los pasos a seguir junto con las condiciones que debe tener cada una de las etapas de esta prueba, esta se realiza con el fin determinar si algo de agua fue ingerida por la batería. El sistema del casquillo del respiradero no debe permitir entrar absolutamente ningún paso agua a través de este durante la prueba. En la figura 3.3 y 3.4 se aprecian el diagrama esquemático del banco de prueba.

Tabla 3.3 Prueba de ingestión de agua

ACCIÓN REQUERIDA	TEMPERATURA	TARIFA	OBSERVACIONES Y CONDICIONES FINALES
Peso de Batería	T1=27+/- 3 ° C (80 +/- 5 ° F) Centro de la celda		(P1)
Permanecer en el horno	T2=60+/- 3 ° C (140 +/- 5 ° F)		16 a 24 Horas
Roció de agua a la batería	T3=10+/- 6 ° C (50 +/- 10 ° F) Agua en roció	1.5L/Min. – Índice mínimo de corriente aceptable	10 Minutos en la prueba de ingesta de agua (figura 3.2) 1. 10 ciclos repetitivos
Soporte	T1		4 Horas
Peso	T1		P2 = P1

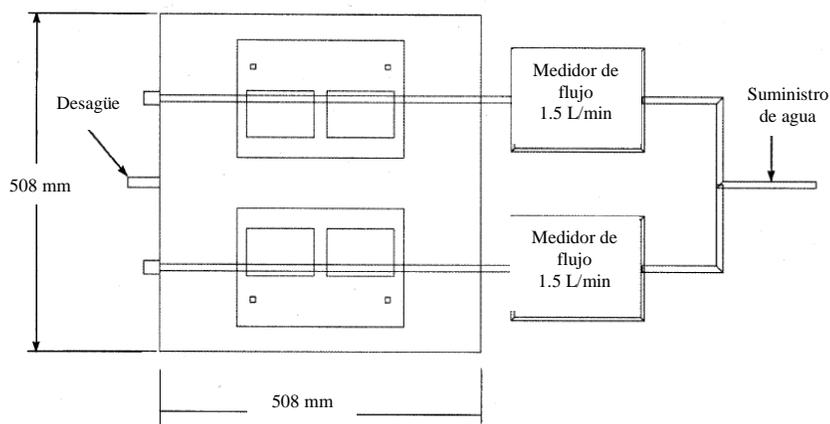


Figura 3.3 Prueba de ingesta de agua vista superior

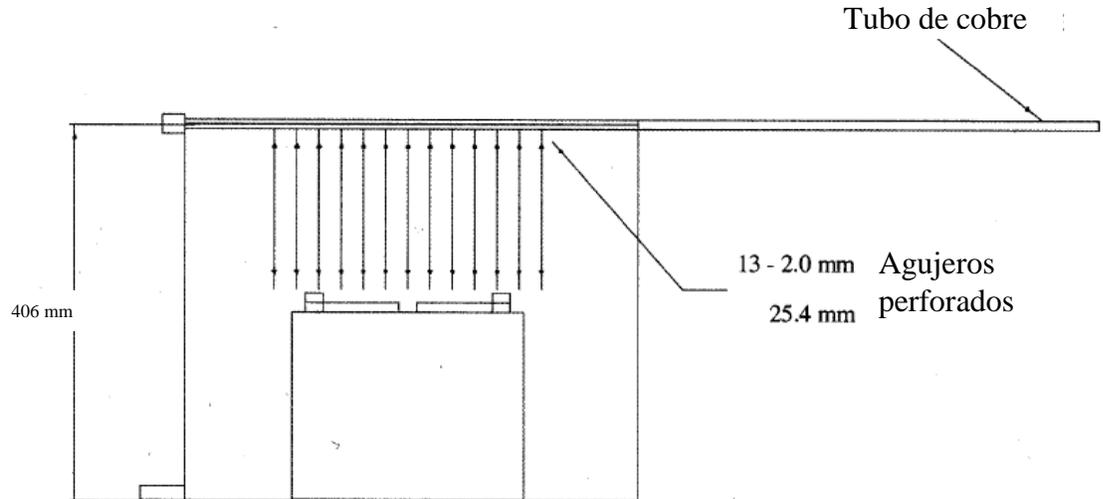


Figura 3.4 Prueba de ingesta de agua vista frontal

### 3.5.2 REQUERIMIENTOS FÍSICOS Y MECÁNICOS

#### 3.5.2.1 CONSTRUCCIÓN

La cubierta y el casco serán construidos de polipropileno. El polipropileno virgen será el material preferido pero reclamó el polipropileno, cuando fue procesado para cubrir los requerimientos de fuerza y durabilidad del material.

Usando un torquímetro, aplique un esfuerzo de torsión de 20.3 Newton-metros (180 en-libras) al poste positivo y negativo sobre las hachas paralelas del poste. Ningún daño al poste o a la cubierta es permitido.

Las baterías serán conforme a las dimensiones, forma y detalles mostrados de cada parte en el dibujo de la misma.

El sistema de ventilación deberá prevenir “flameos” que procedan del interior de la batería. Si la Batería es considerada libre de mantenimiento, el sistema de ventilación deberá ser no removible.

Se realizará la prueba de cada batería fabricada a diferentes porcentajes de carga:



### 3.5.2.2 PRUEBA DE BATERÍAS CON CARGA AL 100%

- A. Cargar las baterías con una corriente inicial de (+/- 0.5) amperes. Cuando el voltaje alcanza 16 (+/- 0.15) volts continuos cargando con un voltaje constante de 16 (+/- 0.15) volts.
- B. Si el OCV inicial es menor de 12.20 volts, entonces el tiempo total de carga sería igual a 24 horas. Si el OCV inicial es mayor de 12.20 volts, entonces el tiempo total de carga sería igual a 16 horas.
- C. La temperatura de una batería deberá ser monitoreada durante la carga y limitada a un máximo de 38 ° C (100 ° F).

### 3.5.2.3 PRUEBA DE BATERÍAS CON CARGA AL 80%

- A. Seguir el procedimiento anterior.
- B. Tener las baterías por 6 horas posteriores a la recarga al 100 por ciento de estado de carga.
- C. Después de descargar la batería, preparar la batería para la prueba ambiental de humedad por un mínimo de 16 horas.

### 3.5.2.4 GRAVEDAD ESPECÍFICA

Todas las lecturas de la gravedad específica serán ajustadas a 27 ° C (80 ° F) por la fórmula siguiente:

Gravedad específica,

$$S1 = S2 + 0.00072 (Tc - 27) = S2 + 0.0004 (Tf - 80) \quad (3.3)$$

Donde:

S1 = gravedad específica corregida

S2 = gravedad específica medida

Tc = medida de temperatura de la célula de centro en grados Celsius.

Tf = medida de temperatura de la célula de centro en grados Fahrenheit.



Las lecturas de la gravedad deben ser tomadas después de colocar seis horas o de oscilar la batería para asegurar la mezcla del electrólito

### 3.5.2.5 CAPACIDAD DE RESERVA

En la tabla 3.4 se aprecian los pasos a seguir para realizar la prueba de capacidad de reserva, así como las condiciones en las que cada una de las etapas de esta prueba deben de ser realizadas.

Para calcular la capacidad de reserva se utiliza la siguiente fórmula:

Capacidad de reserva

$$(CR) = CR1 [1 - 0.005(Tf-80)] \tag{3.4}$$

Donde:

RC = Actual Capacidad de reserva in minutos

RC1 = Capacidad de reserva medida en minutos

Tf = medida de temperatura de la célula de centro en grados Fahrenheit.

Tabla 3.4 capacidad de reserva

ACCIÓN REQUERIDA	TEMPERATURA	RANGO	OBSERVACIONES Y CONDICIONES FINALES
Carga	Ambiente del cuarto T= 27+/- 3° C (80 +/- 5 ° F)		
Posición	Ambiente del cuarto T= 27+/- 3° C (80 +/- 5 ° F)		6 a 8 horas
Descarga	Ambiente del cuarto T= 27+/- 3° C (80 +/- 5 ° F)	25 +/-0.25 A	Voltage = 10.50 V
Registrar el tiempo de la prueba	T1		Usado en la fórmula 3.3
Registrar la temperature	T1		Usado en la fórmula 3.4

### 3.5.2.6 FUNCIONAMIENTO EN FRIO

El voltaje de la batería durante descarga debe mantenerse en los valores mínimos aceptables para el modelo utilizado de batería. Durante el segundo procedimiento de descarga, supervise el voltaje continuamente. Registre los valores en intervalos de 5 segundos por 30 segundos (ver tabla 3.5).

Tabla 3.5 Funcionamiento en frío

ACCIÓN REQUERIDA	TEMPERATURA	RANGO	OBSERVACIONES Y CONDICIONES FINALES
Carga	Ambiente del cuarto		Preparar la prueba de la batería
Permanecer	Ambiente del cuarto		6 a 8 horas
Permanecer	T4 = -29 +/- 1 ° C (20 +/- 2 ° F)		Estable por 2 horas
Registrar la temperature	T4		
Descarga	T4		30 segundos

### 3.5.2.7 CAPACIDAD AMPERE-HORAS

Calcular la capacidad de la batería (ver tabla 3.6), Amper-hora por fórmula:

Amp-Hora,

$$AH = A1 (t1) \quad (3.5)$$

AH = Capacidad Actual Amp-Hora

A1 = Corriente de descarga en amperes (actual)

t1 =Tiempo de descarga en horas

Tabla 3.6 Capacidad Ampere-hora 1

ACCIÓN REQUERIDA	TEMPERATURA	TARIFA	OBSERVACIONES Y CONDICIONES FINALES
Registro de gravedad específica	Ambiente del cuarto	$A1=(AH)/20$ hrs	6 a 8 horas
Descarga	$T1= 27\pm 3$ ° C ( $80 \pm 5$ ° F) al centro de la célula	$A1=$ Corriente de descarga en amperes (Calculado)	Voltaje = 10.50v AH = Capacidad Actual Amper-Hora
Descarga	T4		30.0 segundos

### 3.5.2.8 VIBRACIÓN

Los pasos para esta prueba se describen en las tablas 3.7 y 3.8. La capacidad final de reserva no deberá ser menor del 80% de la capacidad inicial de reserva. La reexaminación del desmontaje no revelará ninguna falta de autógena. La aceleración se puede calcular por la fórmula (3.7). Calcula capacidad final de la reserva por fórmula:

Capacidad de reserva actual en minutos,

$$RC = RC1 [1-0.005(T-80)] \quad (3.6)$$

RC1 =Capacidad de reserve medida en minutos

T = Temperatura medida en grados Fahrenheit

f = Frecuencia en Hertz

D1 = Desplazamiento Vertical pico a pico en pulgadas

D2 = Desplazamiento Horizontal pico a pico en pulgadas

$$\text{Aceleración en gravedades, } g = (0.051) (f \times f) [(D1 \times D1) + (D2 \times D2)]^{1/2} \quad (3.7)$$



Tabla 3.7 Capacidad Ampere-hora 2

ACCIÓN REQUERIDA	TEMPERATURA	TARIFA	OBSERVACIONES Y CONDICIONES FINALES
Descarga	T1= 27+/- 3 ° C (80 +/-5 ° F) al centro de la célula		Voltaje = 10.50v
Descarga	T1	25 +/-0.25 A	Voltaje = 10.50 V

El voltaje medido bajo carga en el final de la segunda descarga no será menor a 7.2 volts

Tabla 3.8 Capacidad Ampere-hora 3

ACCIÓN REQUERIDA	TEMPERATURA	RANGO	OBSERVACIONES Y CONDICIONES FINALES
Carga	Temperatura ambiente		Preparando la prueba de baterías
Permanecer	Temperatura ambiente		6-8 Horas
Permanecer	T = -18 + /-1 ° C (0 +/- 2 ° F)		Mantener la temperatura en las celdas centrales estable por 2 horas
Descarga	T		30.0 segundos



### 3.5.3 PROBLEMAS Y MANIPULACIÓN

#### 3.5.3.1 ÁCIDO Y TÓXICO

Los electrodos se componen de plomo o bien compuestos de plomo y son por ello tóxicos. El contenido de ácidos de azufre es muy ácido. Por ello se recomienda mucha precaución a la hora de manipular baterías. Una batería reventada (por ejemplo tras un accidente) solo debería de ser manipulada por personal cualificado. El electrolito (ácido de azufre) es altamente tóxico para el medio ambiente. Solo un taller mecánico o el concesionario de automóviles pueden desechar una batería (intacta o dañada). En caso de contacto con el ácido o productos químicos de la batería se debe ir a un servicio de urgencias urgentemente.

#### 3.5.3.2 INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA

La batería de arranque disminuye su capacidad con la disminución de la temperatura. Hay diferentes sistemas disponibles en el mercado para evitar una temperatura demasiado baja así como para elevar la temperatura. Al llegar el invierno se debería comprobar si la capacidad de la batería es suficiente para el arranque a temperaturas bajo cero grados (Celsius). Las baterías terminan su ciclo normalmente en invierno ya que la pérdida de capacidad es mayor a bajas temperaturas y a menudo no pueden proporcionar un arranque prolongado a temperaturas reducidas. A  $-20^{\circ}\text{C}$  solo está disponible la mitad de la capacidad normal. Al mismo tiempo la baja temperatura del aceite del motor hace el proceso de arranque más difícil. Es por ello que en lugares con inviernos muy duros se desmonta la batería durante la noche para depositarla en un cuarto caliente.

### 3.6 SUMARIO

Normalmente en los vehículos automotores las baterías, se utilizan principalmente para alimentar la marcha del motor durante el proceso de arranque de estos,



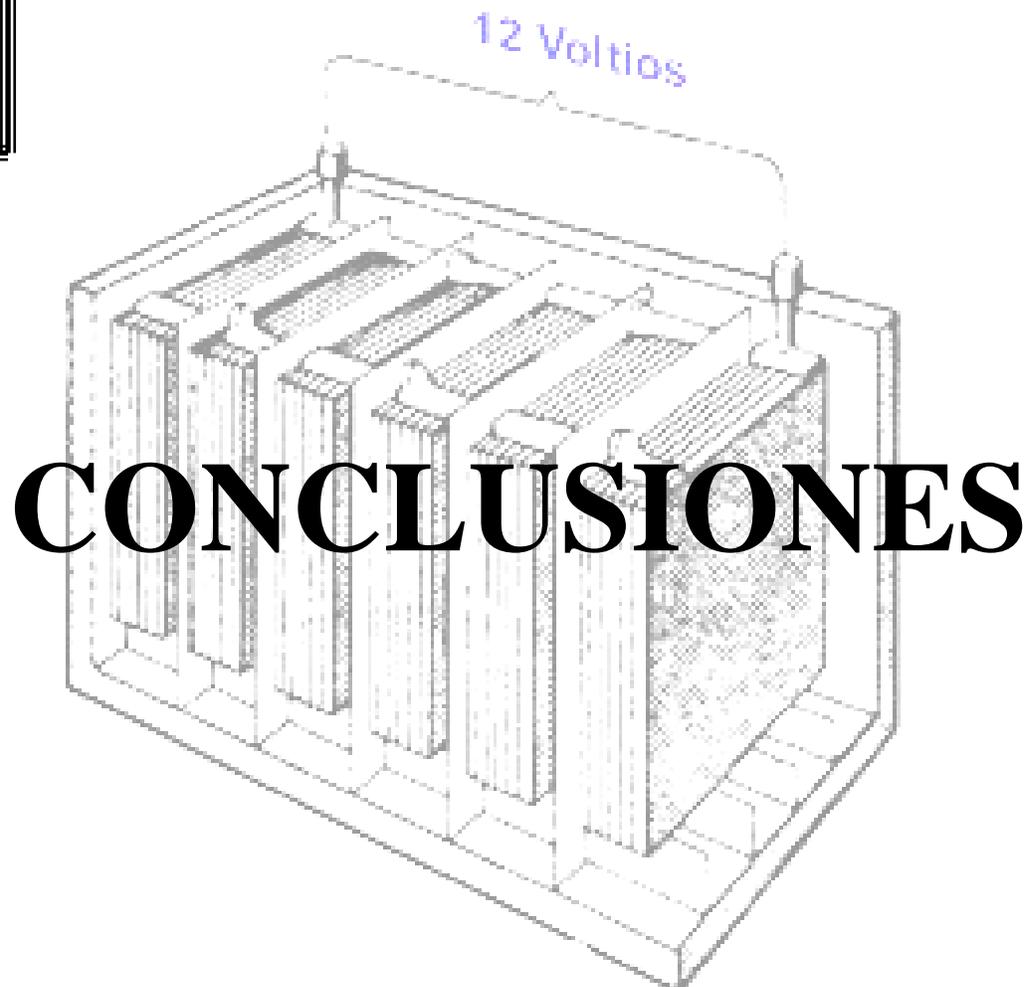
En los vehículos impulsados por energía eléctrica la batería de arranque proporciona la energía eléctrica para accionar el motor del vehículo es como el gas para la turbina un avión. Estas baterías se denominan baterías de tracción, en el caso de los vehículos híbridos las baterías realizan estas dos funciones.

Dos de las pruebas más importante que se realizan a este tipo de baterías, son la de ingesta de agua y la de descarga, la primera consiste en someter a la batería en condiciones controladas a un aerosol de agua que simula la condición de esta debajo del cofre del auto, para verificar que la batería no absorba el agua, la segunda prueba consiste en tomar el tiempo que tarda en descargarse la batería con una carga constante, realizando los valores de voltaje y corriente de la batería en intervalos de tiempo determinados.

En el siguiente capítulo se presentas los resultados de las pruebas realizadas a las dos baterías y la conclusión resultado de la comparación de estas.



4



*El verdadero combate empieza cuando uno debe luchar contra una parte de sí mismo... Pero uno sólo se convierte en un hombre cuando supera estos combates.*

*- André Malraux*



## 4. CONCLUSIONES

### 4.1 INTRODUCCIÓN

A lo largo de este trabajo se ha hecho una investigación sobre las baterías que existen actualmente, como es muy amplio el espectro que se encuentran en nuestro país, se enfoco a dos tipo de baterías en especifico que son las de plomo acido y las AGM, en este capítulo se presenta los resultados de las pruebas realizadas a estos dos tipos de baterías, así como las conclusiones vertidas al respecto del estas.

### 4.2 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DESCARGA REALIZADA A LA BATERÍA AGM

En la tabla 4.1 se muestran los resultados de la prueba realizada a la batería AGM, con intervalos de tiempo de una semana entre una medición y otra, en la figura 4.1 se muestra la grafica de correspondiente de la tabla 4.1 para revisar los datos de una forma más rápida y sencilla.

Tabla 4.1 Resultados de prueba a la batería AGM

Semana	V Inicial	10 Segundos V	EOC Corriente A
1	12.93	11.58	0.48
2	12.98	11.77	0.61
3	12.95	11.62	0.79
4	13.00	11.64	0.81
5	13.03	11.67	0.65
6	13.06	11.78	0.55
7	13.17	11.53	0.51
8	13.32	11.59	0.51
9	13.41	11.50	0.51
10	13.40	11.46	0.54



## COMPARACIONES



11	13.21	11.82	0.59
12	13.25	11.84	0.64
13	13.26	11.87	0.68
14	13.30	11.86	0.78
15	13.27	11.72	0.88
16	13.02	11.54	1.06
17	13.21	11.68	1.26
18	13.22	11.62	1.38
19	13.22	11.54	1.75
20	13.19	11.48	2.67
21	13.15	11.43	3.47

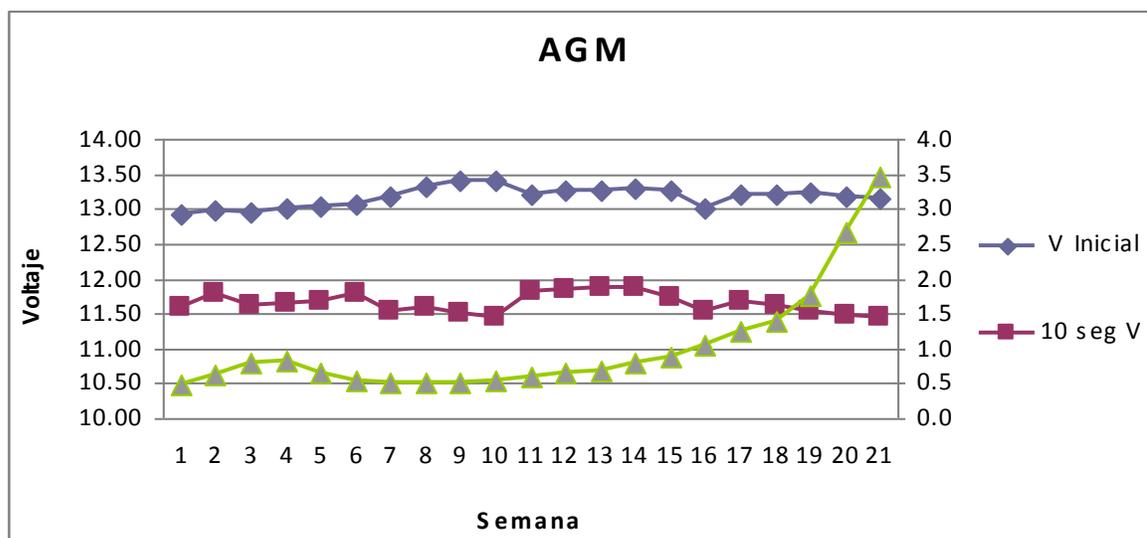


Figura 4.1 Gráfica de la prueba a la batería AGM.



---

### 4.3 VENTAJAS DE LAS BATERÍAS AGM

Las principales ventajas de la batería AGM son:

- Totalmente libre de mantenimiento
- Transportable por vía aérea
- A prueba de derramamientos / a prueba de fugas
- Sin corrosión
- Mayor ciclo de vida
- Se instala en posición vertical o de lado
- Poca emisión de gases
- Compatible con equipo electrónico sensible
- Mayor capacidad de recarga
- No limitación en la corriente de carga a 13.8 Volts
- Robusta y resistente a las vibraciones
- Funciona en ambientes húmedos ... incluso de menos de 30 pies de agua
- No se congelan a  $-20^{\circ}$  C F/ $-30$  ( si es completamente cargada)
- Cuenta con un costo más bajo por mes (costo  $\div$  meses de vida)
- Cuenta con un costo más bajo por cada ciclo (costo  $\div$  ciclos de vida)

### 4.4 DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS AGM

Las principales desventajas de la batería AGM son:

- Mayor costo inicial.
- Mayor peso.
- El agua no puede ser reemplazada si es continuamente sobrecargada.
- Sistema automático de detección de temperatura, de los cargadores regulados por voltaje se debe utilizar.
- El voltaje de carga debe limitarse para poder prolongar la vida útil (13,8 a 14,1 volts máximo a  $68^{\circ}$  F).



### 4.5 RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DESCARGA REALIZADA A LA BATERÍA DE PLOMO ACIDO

En la tabla 4.2 se muestran los resultados de la prueba realizada a la batería de plomo acido, con intervalos de tiempo de una semana entre una medición y otra, en la figura 4.2 se muestra la grafica de correspondiente de la tabla 4.2 para revisar los datos de una forma más rápida y sencilla.

Tabla 4. 2 Resultados de prueba a la batería de plomo acido

Semana	V Inicial	10 Segundos V	EOC Corriente A
1	12.880	11.49	0.130
2	12.720	11.46	0.130
3	X	11.40	0.130
4	12.720	11.37	0.120
5	12.73	11.49	0.140
6	12.640	11.36	0.180
7	12.54	11.18	0.660
8	12.560	11.22	0.320
9	12.57	11.21	0.580
10	12.560	11.18	0.830
11	12.55	11.17	1.240
12	12.530	11.16	1.750
13	12.52	11.12	1.790
14	12.440	10.94	1.110
15	12.49	11.02	2.090
16	12.510	10.97	0.730
17	12.52	10.90	1.210



18	12.430	10.70	0.840
19	12.51	10.83	1.130
20	12.510	10.72	1.180
21	12.880	11.49	0.130

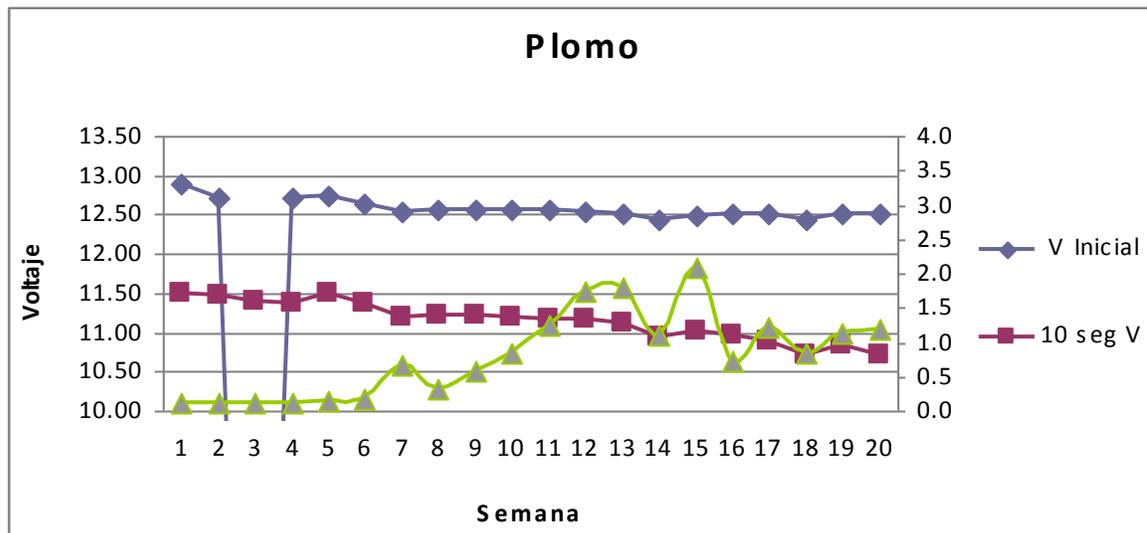


Figura 4.2 Gráfica de la prueba a la batería de plomo acido.

#### 4.6 VENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ACIDO

Las principales ventajas de baterías de plomo acido son:

- El más bajo costo inicial
- Mayor amperes de arranque
- El agua puede ser añadida (siempre que sea accesible)
- Excelente para aplicaciones de arranque
- Tolerante a la recarga de voltaje inapropiado
- Algunos diseños son buenos para aplicaciones de ciclo profundo
- Los reemplazos fácilmente disponibles
- Buenas condiciones extremas de frío cuando está completamente cargada



#### 4.7 DESVENTAJAS DE LAS BATERÍAS DE PLOMO ACIDO

Las principales desventajas de baterías de plomo acido son:

- Derramables
- Funciona sólo en posición vertical
- Menor tiempo de conservación
- Menos opciones de envío
- No puede ser instalada cerca de equipos electrónicos sensibles
- El riego puede ser necesario (siempre que sea accesible)

#### 4.8 COMPARACIÓN ENTRE LAS BATERÍAS DE PLOMO ACIDO Y LAS AGM

La tabla 4.3 muestra los resultados de las comparaciones en distintos parámetros de las pruebas realizadas tanto a la batería AGM como a la batería de plomo Acido.

Tabla 4. 3 Comparación entre las baterías AGM y plomo acido.

SEGMENTOS	AGM	PLOMO ACIDO
Libre de mantenimiento	Sin mantenimiento	Mantenimiento periódico
Transportable	Fácil transportación	Transportación especial
Fugas y derramamientos	Sin fugas o derrames	Si tiene derrames
Corrosión	Libre de corrosión	Con corrosión
Ciclo de vida	Largo ciclo de vida	Buen ciclo de vida
Instalación	Puede ser vertical y lateral.	Solo en posición vertical.
Emisión de gases	Pocas emisiones de gases	Emisiones reducidas de gases
Compatibilidad con equipo electrónico sensible	Es compatible con equipo electrónico sensible	Es compatible con equipo electrónico sensible
Robustez y resistencia a las vibraciones	Es robusta y resiste la vibraciones	Le afecta la vibración



Funcionamiento en ambientes húmedos	Funciona correctamente en ambientes húmedos	Tiene problemas en ambientes húmedos
Congelamiento	No se congelan a -20°C	Resiste bajas temperaturas
Costo por vida	Bajo costo	Costo medio
Costo por ciclo	Bajo costo	Costo medio
Costo inicial.	Costo inicial alto	Costo inicial bajo
Peso.	Peso elevado	Peso reducido
Reemplazar el agua de la batería.	No se puede reemplazar	Se puede reemplazar fácilmente
Amperes de arranque	Menor capacidad de amperes	Mayor capacidad de amperes
Tiempo de conservación	Mayor tiempo de conservación	Menor tiempo de conservación.
Reemplazos	Es complicado encontrar reemplazos	Se encuentra fácilmente los reemplazos

#### 4.9 CONCLUSIONES DEL ANÁLISIS

Haciendo un análisis de los resultados de las pruebas mostradas a lo largo de este trabajo, podemos deducir que las baterías de AGM tiene más prestaciones que la batería de plomo acido, tanto en lo económico como en lo técnico, lo que la hace mucho más atractiva para ser utilizada en los vehículos automotores en lugar de las clásicas de plomo acido.

Las principales características que requieren las baterías de los vehículos automotores son peso, potencia, ciclo de vida, costo beneficio, mantenimiento y seguridad, por hacer mención de uno de los factores más importantes, si no es que es el más importante, debido a su estrecha relación con las ventajas económicas que representa es el de consto beneficio, este depende de tres elementos fundamentales que son:

- Costo inicial
- Ciclo de vida
- Costo por ciclo de vida



Tomando estos elementos en cuenta, la batería AGM tiene un mayor costo inicial comparado contra la de plomo acido, pero como la batería AGM tiene un ciclo de vida mucho mayor que la de plomo acido y con un costo menor por cada ciclo de vida, a fin de cuentas repercute en un mayor ahorro económico y una mayor confiabilidad.

En la tabla 4.4 se muestra la asignación de valores de la ponderación que se muestra en la tabla 4.5.

Tabla 4. 4 Asignación de valores para la ponderación.

NOMBRE	SIGLAS	VALOR
Muy Bien	MB	10
Bien	B	8
Regular	R	6
Malo	M	4
Muy Malo	MM	2

En la tabla 4.5 se muestra los resultados de la ponderación de los factores más importantes para el sector automotriz, en este tipo de comparación, la mejor opción es la que al sumarse todos los puntos de cada columna resulta un valor mayor.

Tabla 4. 5 Ponderación de factores de interés para el sector automotriz.

FACTOR	AGM	PLOMO ACIDO
Peso	R	B
Capacidad de Amperaje	MB	MB
Ciclo de vida	MB	B
Costo por ciclo de vida	MB	B
Costo inicial	B	MB
Mantenimiento	MB	B
Seguridad	MB	R

En la figura 4.3 se muestra en forma de grafica los resultados de ponderación con el objetivo de poder realizar una valoración rápida de los resultados obtenidos en la ponderación.

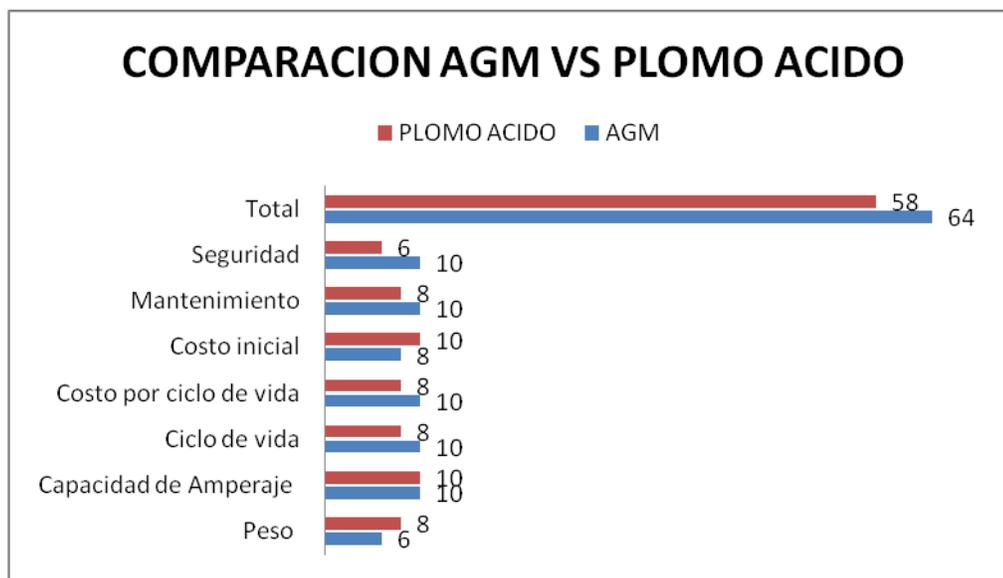


Figura 4.3 Gráfica de comparación de la batería AGM vs Plomo Acido.

#### 4.10 TRABAJOS FUTUROS

Este trabajo presenta el análisis entre una batería AGM y una de plomo acido, con lo cual se pretende plantear un antecedente de cómo realizar el análisis entre distintos tipos de batería, puesto que cada día se realizan nuevas aportaciones en el mundo de las baterías, sería conveniente realizar el análisis entre una batería de AGM y las nuevas baterías que surjan en un futuro próximo, para comprobar la vigencia de esta como la líder en el mercado.

#### 4.11 SUMARIO

A pesar de que las baterías de plomo acido y las de AGM son similares en sus prestaciones, en cuanto se comparan directamente una contra la otra se hacen evidentes las diferencias entre estas, basados en estas podemos notar las claras ventajas que nos ofrece la batería AGM sobre las de plomo acido, estas ventajas son las que se deben tomar en cuenta al momento de elegir entre una y otra para un proyecto determinado.



## BIBLIOGRAFÍA

1. Plett, G., "Results of Temperature-Dependent LiPB Cell Modeling for HEV SOC Estimation," CD-ROM Proceedings of the 21st Electric Vehicle Symposium (EVS21) (Monaco: April 2005).
2. Plett, G., "Sigma-Point Kalman Filters for Battery Management Systems of LiPB-Based HEV Battery Packs—Parts 1–2," *Journal of Power Sources*, 152 (2), (2006) 1356–84.
3. Plett, G., Klein, M., "Advances in HEV Battery Management Systems," CD-ROM Proc. SAE Convergence 2006 (Detroit, MI: October 2006).
4. Plett, G., "Extended Kalman filtering for battery management systems of LiPB-based HEV battery packs—Parts 1–3," *Journal of Power Sources* 134 (2) (2004) 252–92.
5. Jackey, Robyn A., "A Simple, Effective Lead-Acid Battery Modeling Process for Electrical System Component Selection," SAE Paper 2007-01-0778, SAE International, Warrendale, PA, 2007.
- 6.- Letter to Peter Collinson, §.18, Benjamin Franklin (29 April 1749)
- 7.- Corder, Gregory, "Using an Unconventional History of the Battery to engage students and explore the importance of evidence", *Virginia Journal of Science Education* 1
- 8.- Origin of Electrical Power, National Museum of American History; Last accessed on Jan 2, 2007
- 9.- Institute and Museum of the History of Science. "Trough Battery". <http://brunelleschi.imss.fi.it/museum/esim.asp?c=100497>. Retrieved 2007-01-15.
- 10.- Volta and the "Pile", Case Western Reserve University; Last accessed on Jan 2, 2007
- 11.- a b c d e f g James B. Calvert. "The Electromagnetic Telegraph". <http://www.du.edu/~jcalvert/tel/morse/morse.htm>. Retrieved 2007-01-12.
- 12.- Giorgio Carboni, Experiments in Electrochemistry; Last accessed on Feb 22, 2007.
- 13.- <http://www.corrosion-doctors.org/Biographies/PlantelBio.htm>, Corrosion-doctors.org; Last accessed on Jan 3, 2007
- 14.- Tools of Telegraphy, Telegraph Lore; Last accessed Jan 9, 2007
- 15.- Gregory S. Raven, Recollections of a Narrow Gauge Lightning Slinger
- 16.- Zinc-Carbon Batteries, Molecular Expressions; Last accessed Jan 9, 2007
- 17.- Battery Facts. "Leclanché Cell". <http://www.batteryfacts.plus.com/BatteryHistory/Leclanche.html>. Retrieved 2007-01-09.
- 18.- W. E. Ayrton Practical Electricity; A Laboratory and Lecture Course for First Year ... 1897, reprint Read Books, 2008 ISBN 1408691507, page 458
- 19.- The history of the battery 1) The Yai dry-battery, Battery association of Japan
- 20.- Report of Tokyo University of Science, Tokyo University of Science
- 21.- US Patent 373064



- 
- 22.- The Columbia Dry Cell Battery, American Chemical Society; Last accessed on Jan 9, 2007
  - 23.- Energi på dåse, Jytte Thorndahl; Last accessed on June 26, 2007
  - 24.- IEEE Virtual Museum. "Edison's Alkaline Battery". <http://www.ieee-virtual-museum.org/collection/tech.php?id=2345874&lid=1>. Retrieved 2007-01-10.
  - 25.- <http://www.energizer.com/learning-center/Pages/battery-history.aspx>
  - 26.- <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/643/1/CD-1560%282008-06-18-01-05-30%29.pdf>
  - 27.- Geng, M.; Han, J.; Feng, F.; Northwood, D. O.; J. Electrochem. Soc. 1999, 146, 3591.
  - 28.-Linden, D.; Handbook of Batteries. New York: Mc Graw-Hill, Inc, 1995.
  - 29.- Ratnakumar, B. V.; Withan, C.; Bowman, R. C. Jr.; Hightower, A.; Fultz, B.; J. Electrochem. Soc. 1996, 143, 2578.
  - 30.- Zhan, F.; Jiang, L. J.; Wu, B. R.; Xia, Z. H.; Wei, X. Y.; Qi, G. R.; J. Alloys Compd, 1999, 293-295, 804.
  - 31.- Gu, W. B.; Wang, C. Y.; Liaw, B. Y.; J. Power Sources 1998, 75, 151.
  - 32.- Gifford, P.; Adams, J.; Corrigan, D.; Venkatesan, S.; J. Power Sources 1999, 80, 157.
  - 33.- Ticianelli, E. A.; Mukerjee, S.; McBreen, J.; Adzic, G. D.; Johnson, J. R.; Reilly, J. J.; J. Electrochem Soc. 1999, 146, 3582.
  - 34.- Ticianelli, E. A.; Gonzalez, E. R.; Eletroquímica, Princípios e Aplicações. São Paulo, Edusp, 1998.
  - 35.- BATTERYFAQ, Car And Deep Cycle Battery Frequently Asked Questions. Quinta edición