

BATERÍAS Y ACUMULADORES DEL SIGLO XXI. (2ª PARTE)

José M^a Canales-Segade

(Ing. Automática y Electrónica Industrial – Univ. de Mondragón)

Jon Andoni Barrena-Bruña

(Dr. Ing. Automática y Electrónica Industrial – Univ. de Mondragón)

Unai Iraola

(Ing. Automática y Electrónica Industrial – Univ. de Mondragón)

David Garrido-Díez

(Ing. Electrónico – Univ. de Mondragón)

1. INTRODUCCIÓN

De las baterías de plomo y las pilas secas tradicionales a las que mueven los vehículos o alimentan los aparatos electrónicos hay un gran trecho. Además se percibe la necesidad de almacenar grandes cantidades de energía para equilibrar la producción no continuada de algunas renovables. ¿Cuáles son sus principios tecnológicos y cómo se prevé su evolución futura?

Hace más de 150 años, en 1859, se inventó el primer acumulador recargable, se trataba de la batería de Plomo-Acido (PbAcido), 40 años más tarde se construyó la primera batería de Níquel-Cadmio (NiCd). Un siglo después, en 1980 se desarrollaron las primeras baterías de PbAcido

sin mantenimiento, tecnología que se produce en masa actualmente para el mundo de la automoción y sistemas de alimentación ininterrumpidas. También en 1980 se desarrolló comercialmente las baterías de Níquel-Hidruros Metálicos (NiMH) y en 1991 se lanzaron al mercado las primeras baterías de Iones de Litio (LiOn) recargables. Hoy en día conviven las cuatro tecnologías, siendo la tecnología LiOn la más destacable por sus prestaciones.

2. APLICACIONES DE LAS BATERÍAS LiOn

2.1 APLICACIÓN EN LA RED ELÉCTRICA

Frente a otros sistemas de almacenamiento las baterías electroquímicas ofrecen una aceptable velocidad de respuesta para almacenar o proporcionar energía; este factor se encuentra ligado a la potencia específica, donde la tecnología de LiOn ha supuesto un gran salto. Esta mejora en la dinámica de almacenamiento permite abordar desarrollos para apoyar la red eléctrica. Se pueden distinguir tres ámbitos como la generación eléctrica, el transporte de energía y la distribución a los consumidores.

En el ámbito de la generación, donde se produce gran parte de la energía, puede ser de origen convencional (térmica, hidroeléctrica, etc.) y de origen renovable. Un sistema de almacenamiento, de varias decenas incluso cientos de megawatts, podría almacenar los excedentes de energía renovable para emplearlo posteriormente en los

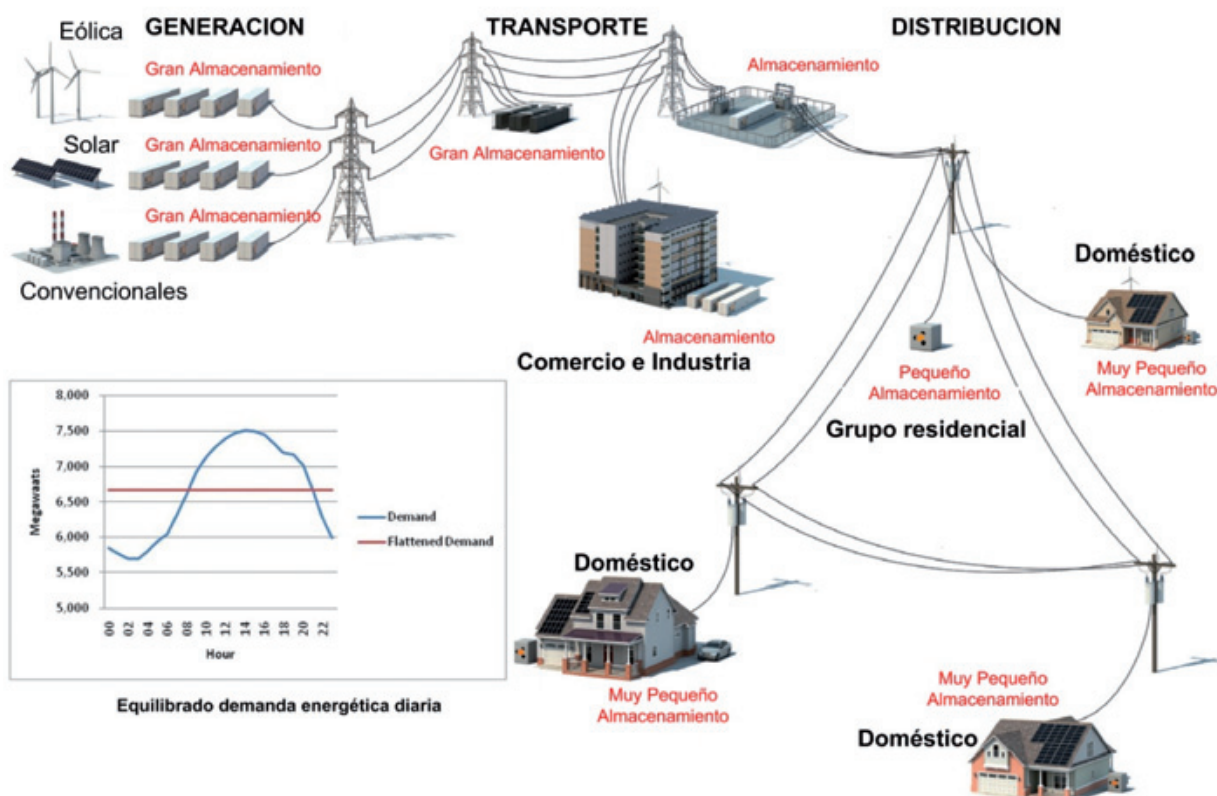


Fig. 1: Escenario de una Red Eléctrica Inteligente, Smart Grid, apoyado en el almacenamiento.

periodos que la demanda supera a la generación, logrando un aprovechamiento más eficiente desde el punto de vista de generación.

La inclusión de los sistemas de almacenamiento en la línea de transporte y distribución pueden aumentar la fiabilidad y la estabilidad del suministro de energía aguas abajo, compensando la tensión, frecuencia e incluso equilibrando las potencias de cada fase. Además, el sistema de almacenamiento permitiría la inclusión de grandes fuentes de energía renovables en la fase de transporte o distribución sin tener que redimensionar las infraestructuras ya existentes.

Finalmente, a nivel de usuarios se pueden distinguir los ámbitos comercial, industrial y residencial, donde en un nivel de almacenamiento más pequeño, ayudaría a la integración de la microgeneración y aumentaría la fiabilidad del suministro eléctrico a nivel de consumidor ante posibles fallos de la red eléctrica.

En definitiva la integración de sistemas de almacenamiento a lo largo de la red eléctrica permitiría desvincular la generación de energía del consumo eléctrico. Este grado de libertad actualmente no se dispone en una red eléctrica y el operador de red se ve obligado a ajustar la oferta con la demanda en tiempo real. Este nuevo escenario daría paso a la Red Eléctrica Inteligente, donde se podría equilibrar la curva de consumo energético diario, compensando los picos de consumo de las horas valle con las horas pico. Todo ello aprovechando las actuales infraestructuras de generación, transporte y distribución de energía, sin necesidad de redimensionar el sistema eléctrico.

2.2 APLICACIÓN EN LA TRACCIÓN ELÉCTRICA

Hoy por hoy, a pesar de la mejora que ofrecen las tecnologías de almacenamiento de LiOn queda lejos de la autonomía que ofrecen los combustibles fósiles en el mundo de la automoción. En un vehículo eléctrico el pack de baterías de LiOn supone alrededor de 230 Kg de peso lo que proporciona una autonomía aproximada entre 150 y 200 Km. Comparando con el combustible almacenado, aproximadamente 60 Kg, éste supone entre 700 y 1.000 Km de autonomía.

Por el contrario, si se compara el precio de la energía consumida en España durante el 2010 por un utilitario convencional y un vehículo eléctrico en desplazamientos urbanos, el coste por cada 100 Km del vehículo eléctrico era de 1,65 € frente a los 5,4 € del utilitario de combustión interna. Añadiendo que gran parte de los usuarios de los automóviles realizan un uso diario del automóvil con

desplazamientos inferiores a los 200 Km, comienzan a despuntar las ventajas de la implantación del vehículo eléctrico.

En este sentido, hay que destacar que en el mercado se ha puesto de moda la propulsión eléctrica a través de los híbridos, como es el Toyota Prius, equipado con baterías de NiMH y con una autonomía en modo eléctrico de 2 Km. En el mercado actual, varios fabricantes han comenzado a comercializar nuevos vehículos híbridos como Honda, Lexus y Mercedes, además de Toyota, utilizando tecnología de LiOn y añadiendo en algunos casos la capacidad de recargar desde la red eléctrica: los denominados híbridos enchufables (Plug-in).

Indicar que también se encuentran disponibles en el mercado español vehículos eléctricos del tipo utilitario. Destacar el Th!nk City y el Peugeot Ion y Citroën C-Zero que son el mismo vehículo basado en el Mitshubishi i-Miev.



Fig. 2a Th!nk City.
Batería 23 Kwh LiOn.
Autonomía 160km.
Potencia 34kW/ 46CV.
Precio 25.000 €



Fig. 2b Mitshubishi i-Miev.
Peugeot Ion. Citroën C-Zero
Batería 16 Kwh LiOn.
Autonomía 121km.
Potencia 47kW/ 64CV. Precio 30.000 €

2.3 BATERÍAS DEL FUTURO

A partir de la comercialización de las baterías de Litio las investigaciones dentro de las tecnologías de celdas electroquímicas recargables se centran en baterías compuestas por un Metal y aire. Concretamente se identifican dos líneas de investigación, las celdas de Zinc-Aire y las celdas de Litio-Aire. En la figura se puede comparar la energía específica teórica y práctica de distintas tecnologías y claramente destacan el Zn-Aire y el Li-Aire, con 1084 y 5200 Wh/Kg, respectivamente.

Con estos niveles de densidad energética del Li-Aire se llegaría a las prestaciones de autonomía de un vehículo de combustión interna convencional.

Del mismo modo que las tecnologías convencionales, las baterías de Metal-Aire se componen de un cátodo formado por un metal, un electrolito, un separador y un ánodo de

	Peso Batería (Kgr)	Potencia máxima (kW)	Energía / Autonomía (kWh / Km)	Energía específica (Wh / Kg)
Híbrido	50	40-60	1,5-3 kWh / 2-5 Km	30-60
Híbrido enchufable	130	65	10 kWh / 60 Km	60
Vehículo Eléctrico	230	75	30 kWh / 200 Km	130

Tabla 1. Comparación del sistema de almacenamiento de distintos tipos de vehículos con propulsión eléctrica.

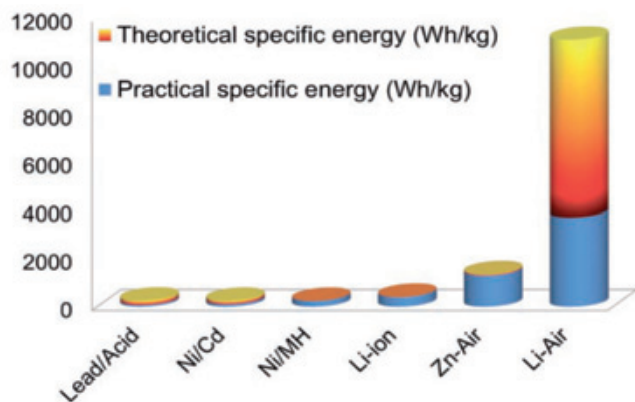


Fig. 3: Comparación de energía específica teórica y práctica de distintas tecnologías de baterías electroquímicas.

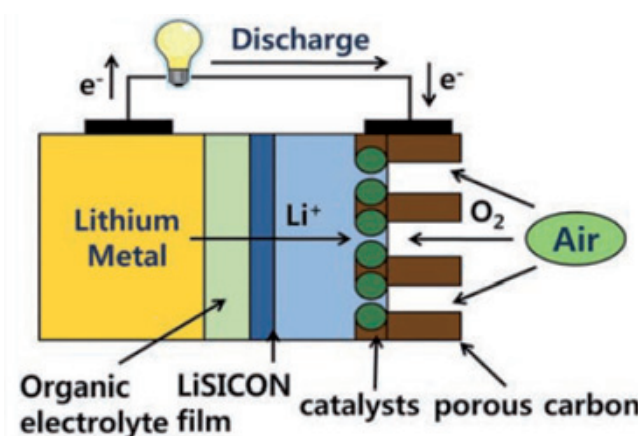


Fig. 4: Estructura celda Li-Aire

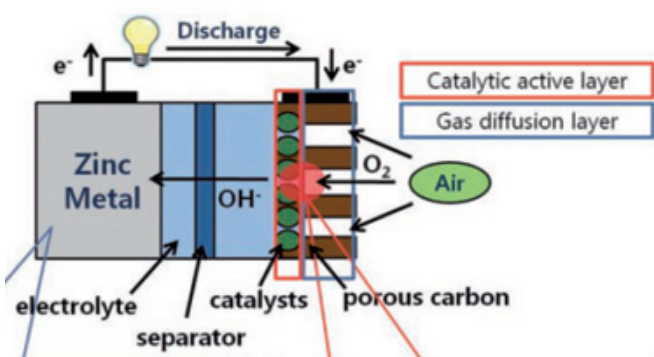


Fig. 5: Estructura celda Zn-Aire

carbono poroso que permite la reacción con el oxígeno contenido en el aire.

Los materiales empleados en la celda de Zn-Aire son estables y por tanto pueden montarse en condiciones

ambientales normales. En las celdas de Li-Aire, la reactividad del litio con el oxígeno obliga a procesos de ensamblados en atmósferas inertes, aunque este método productivo ya está implantado en las celdas de LiOn convencionales.

Las celdas de Zn-Aire emplean materiales de menor coste que en el Li-Aire, ya que tanto el Zinc como el electrolito acuoso son mucho más baratos que el Litio y los electrolitos no acuosos, construyéndose una celda mucho más barata.

En cuanto al estado de desarrollo el Zn-Aire se encuentra más cerca de su aplicación práctica que el Li-Aire. De hecho en el mercado existen pilas de Zn-Aire no recargables para aplicaciones como los audífonos, proporcionando una gran autonomía. Precisamente, las investigaciones sobre las baterías de Zn-Aire se centran en la recarga de la misma ya que presenta todavía grandes inconvenientes y no se logran un número de ciclos de vida razonable.

A pesar del bajo coste de fabricación y de los materiales del Zn-Aire, el Li-Aire, al presentar mayor tensión por celda y una densidad de energía mucho mayor, la hacen la tecnología de almacenamiento del futuro.

CONCLUSIONES

Hoy en día las prestaciones de los sistemas de almacenamiento basados en LiOn ofrecen soluciones viables técnicamente. El competidor directo de las baterías son las pilas de combustible. Se llevan años invirtiendo en la investigación de esta tecnología, que a partir del hidrógeno es capaz de generar energía eléctrica y energía calorífica. En los últimos años se está observando una relajación en la investigación de la misma, ya que no se logra obtener la suficiente vida útil de la pila de combustible con un coste razonable. Además presenta el inconveniente del almacenamiento del hidrógeno, material altamente inflamable que habitualmente se almacena a muy alta presión, entre 300 y 600 bar. Por no mencionar los costes y la complejidad del proceso de obtención del hidrógeno con un alto grado de pureza para garantizar un mínimo de horas de funcionamiento de la pila de combustible. En definitiva, los sistemas de almacenamiento electroquímicos ofrecen unas garantías y madurez tecnológica que todavía la pila de combustible no ha alcanzado.

La gran mayoría de los analistas se fijan en el Vehículo Eléctrico como el mercado tractor del uso masivo de las baterías de LiOn frente a otras tecnologías. El sector del automóvil puede impulsar una reducción considerable de los costes de fabricación de las celdas y de los packs de baterías. Actualmente el coste del LiOn se sitúa entre 1500 y 1200 €/kWh y el objetivo de los fabricantes es reducirlo entre 500 y 250 €/kWh en una producción a escala. Por otro lado, algunas fuentes vaticinan que en el 2020 se incrementarán en un 10% las ventas mundiales de Vehículos con tracción eléctrica y de un 57% en el 2030.

Con esta perspectiva de reducción de costes y con el

previsible aumento del precio de la energía, las soluciones de almacenamiento serán viables económicamente en el otro gran sector de aplicación como es la Red Eléctrica. En este sector se distinguen tres magnitudes: gran almacenamiento a nivel de Generación y Transporte, medio almacenamiento a nivel de Distribución y Grandes Clientes (Edificios, industrias, etc) y micro almacenamiento (doméstico).

Los grandes fabricantes de bienes de consumo doméstico están apuntando hacia el concepto de “consumo cero en el hogar”, proponiendo que la casa del futuro incorpore sistemas de generación alternativos como la fotovoltaica, eólica o pila de combustible y un sistema de almacenamiento para aumentar la independencia energética del exterior. Este mismo concepto es trasladable a escala a nivel residencial, urbano y a las redes de distribución.

En un escenario más futurista se plantea la interacción de los clientes con el proveedor de energía eléctrica, donde el trasvase de energía sea bidireccional y el proveedor pueda comprar la energía almacenada de sus clientes. Estos clientes tendrán un carácter estacionario o un carácter itinerante. El cliente estacionario, formado por sistemas de almacenamiento domésticos, residenciales, servicios e industriales, los cuales se sitúan en un lugar físico permanentemente. El cliente itinerante, aprovechando la batería de los vehículos eléctricos, podría conectarse a la red en distintos puntos geográficos de recarga, en función de los desplazamientos diarios realizados. El cliente itinerante aprovecharía el potencial energético del vehículo no sólo para los desplazamiento sino también para apoyar el concepto de “consumo cero”. No olvidemos que la mayoría de los ciudadanos invertimos una cantidad importante de dinero en la adquisición de un automóvil y que durante la mayor parte de las horas se encuentra estacionado sin posibilidad de aprovechar su capacidad energética.

Para dar respuesta a estos nuevos retos y escenarios es clave dominar las tecnologías del almacenamiento, la conversión de la energía eléctrica y las TICs. ¿Dónde se pueden encontrar oportunidades?

Dentro de las tecnologías de almacenamiento el diseño y fabricación de celdas de LiOn está copado por países de Asia y América. Pero puede existir un nicho en la fabricación de packs de baterías a partir de los 5 Kwh de energía, ya que se trata de un mercado emergente para las aplicaciones de Vehículo Eléctrico y Red Eléctrica.

La conversión de la energía eléctrica, fundamentalmente apoyado en los Convertidores de Electrónica de Potencia, da posibilidades de manejar la energía del sistema de almacenamiento con rendimientos que superan fácilmente el 90%. Además es la tecnología que más fácilmente permite adaptar los niveles de tensión, corriente y potencia entre el sistema de almacenamiento y la aplicación final. Dominar la Electrónica de Potencia es un aspecto clave para poder aplicar la energía eléctrica a un mundo donde cada vez más se está incorporando actuadores y máquinas eléctricas y donde se está interactuando con la propia red.

Por último, el dominio de las tecnologías digitales tanto de control, con Sistemas Embebidos, como en Comunicaciones, las TICs, son la clave para lograr la interacción entre todos los elementos que se conecten a la Red Eléctrica, como si de un gran Control Distribuido se tratara. El desarrollo de hardware, software y algoritmos de gestión a todos los niveles es lo que permitirá la consecución de las Redes Inteligentes.

A pesar de todo, para la generación de energía eléctrica seguimos dependiendo de los hidrocarburos, es más, a pesar de que los descubrimientos y la producción se vuelven más complejos, quedan suficientes recursos en el suelo como para mantener la humanidad durante el próximo siglo. Sin embargo, en la medida que se desarrollen los sistemas de almacenamiento se logrará un mejor aprovechamiento energético de los recursos naturales.

PARA SABER MÁS:

- [1] Linden D, Reddy T B. *Handbook of batteries*. 3ª edición. McGraw-Hill, 2002. p.838 ISBN: 0-07-135978-8
- [2] Williams B W. *Principles and elements of Power Electronics*. 2ª edición. Glasgow: Barry W Williams, 2006. p.277 ISBN: 0-978-0-9553384-0-3
- [3] Crompton T R. *Battery Reference Book*. 3ª edición. Oxford: Newnes, 2000. p.774 ISBN: 0-7506-4625-X
- [4] Schwartz R. "Battery charging strategies" ECPE Valencia, 2011 p.30
- [5] Oudalov A, Cherkaoui R. "Sizing and Optimal Operation of Battery Energy Storage System for Peak Shaving Application" Power Tech IEEE Lausanne, 2007. p.621-625 ISBN: 978-1-4244-2189-3
- [6] "Distributed Energy Storage Modules" Descriptive bulletin ABB Group, 2010. p.12
- [7] "A123 Systems Grid Solutions" A123 Inc, 2010.
- [8] Johnson R. "Smart Grid: Carbon and Economic implications for Colorado" PUC Smart Grid Policy Specialist, 2010.
- [9] Khiene H A. *Battery Technology Handbook*. 2ª edición. Germany: Marcel Dekker Inc, 2003. p.509 ISBN: 0-8247-4249-4
- [10] Dhameja S. *Electric Vehicle Battery Systems*. 1ª edición. Oxford: Newnes, 2002. p.240 ISBN: 0-7506-9916-7
- [11] Jang-Soo L, Sun Tai K, Ruiguo C et al. "Metal-Air Batteries with High Energy Density: Li-Air versus Zn-Air" Advanced Energy Materials. 2011. Vol. 1 p.34-50
- [12] Kumar B, Kumar J, Abraham K M et al. "A Solid-State, Rechargeable, Long Cycle Life Lithium-Air Battery" Journal of The Electrochemical Society. 2010. p.50-54
- [13] Tahlil W. "The Zinc Air Battery and the Zinc Economy: An Virtuous Circle" White Paper from Meridiam International Research. 2007. p.9