Segundas vidas para baterías de coches eléctricos:
buenas ideas – malos negocios

Lluc Canals-Casals, Beatriz Amante-García y Margarita González-Benítez
Universidad Politécnica de Cataluña

DOI: http://dx.doi.org/10.6036/5763

1. INTRODUCCIÓN

El mundo de la automoción está viendo como el coste de los combustibles fósiles aumenta al mismo tiempo que se ven reducidas las reservas mundiales de petróleo. Asimismo, las sociedades industrializadas empiezan discretamente a despertar del letargo medio-ambiental y a ver con buenos ojos las alternativas menos agresivas con el medio ambiente. Con todo, la aparición del Vehículo Eléctrico (VE en adelante) se presenta como una opción no indiferente para el transporte individual de personas. Aunque dista mucho aún de ser "*eco-friendly*" o respetuoso con el medio ambiente, sí es cierto que puede representar un primer paso hacia un cambio de mentalidad. El reto al que se enfrenta la industria automovilística es la reducción del alto coste que actualmente tienen las baterías capaces de dar la potencia, energía y duración requeridas para este tipo de vehículos. Cerca de la mitad del precio final de un VE proviene del valor de la batería, provocando que este componente sea clave en la reducción de costes.

Una de las posibilidades que barajan las empresas del sector es dar una segunda vida a las baterías cuando éstas ya no sean capaces de soportar las exigencias de movilidad requeridas por los VE. Un buen ejemplo es el proyecto europeo *Batteries 2020* que lidera el centro tecnológico Vasco IK4-IKERLAN. De esta forma, el precio de venta para un segundo uso de la batería puede sustraerse al precio inicial de compra del vehículo y así intentar incentivar la venta de estos modelos eléctricos respecto a la aplastante mayoría de combustión interna (CI) que actualmente impera en el mercado.

En efecto, las baterías que más potencial de uso tienen en aplicaciones de automoción, (basadas mayormente en la tecnología química del litio: ión de litio, LFP, LMO…) son baterías con mucha más densidad energética, de potencia y una larga duración si son comparadas con las baterías utilizadas en otras aplicaciones más usuales como en instalaciones aisladas. Por este motivo se cree que, una vez que ya no sean válidas para su uso en un VE, sigan siendo interesantes para otras aplicaciones, como podrían ser: para afianzar las energías renovables, para estabilizar y mejorar la calidad de la red eléctrica, para equipos aislados...

De hecho, el menor precio de baterías de plomo ácido ha facilitado que en muchas aplicaciones sea más rentable cambiarlas a los pocos años que poner otras de tecnologías químicas distintas con mejores prestaciones pero más caras. Así pues, el menor coste que se estima para las baterías usadas puede llegar a hacer más interesante la utilización de estas baterías "viejas".

Hay cierto consenso en el hecho que el precio de las baterías a litio se verá drásticamente reducido en cuanto la fabricación de este tipo de baterías sea masiva y en consecuencia la explotación de su material aumente. Este aumento se supone mayormente debido al incremento de las ventas de los VE.

El precio estimado para baterías nuevas dentro de 10 años es cercano al 40% del precio actual, mientras que la compra de baterías usadas rondará el 10%. Con esta suposición y sabiendo que actualmente la batería cuesta la mitad del precio del VE, se constata que la reducción que percibe el comprador de un VE nuevo por el hecho de poder aprovechar su batería es de un 5% del precio total del vehículo. Si, como se ha comentado inicialmente, el precio del VE es casi el doble de uno equivalente de CI, entonces dicha reducción no equilibra suficientemente las balanzas económicas y, por ende, no es suficiente para incentivar la venta de dichos vehículos.

Aun así, se analizarán distintas aplicaciones de segundas vidas para poder ver si su rendimiento económico tiene suficiente margen. Por ello se intenta encontrar un modelo de negocio que permita no solamente el beneficio empresarial sino también la posibilidad de repercutir dicho beneficio en una reducción del precio de venta de las baterías nuevas para automoción.

2. SEGUNDAS APLICACIONES ANALIZADAS

Se presentan 6 modelos de negocio diferentes realizando una reflexión en función de la bibliografía encontrada sobre sus posibilidades de rendimiento. Los modelos presentados son: acumuladores y soportes a la red eléctrica, afianzamiento de las energías renovables, balance de energía en residencias y comercios, sistemas de proyectos aislados, productos portátiles o relativamente ligeros, sistema de carga rápida para otros VE.

2.1. ACUMULADORES Y SOPORTE A LA RED ELÉCTRICA

En primer lugar analizaremos los grandes sistemas de acumulación de energía, utilizados para soporte de red eléctrica. Hay varios estudios en los que se unen módulos de baterías de 50 kilovatios o más para conseguir demostrar que técnicamente es posible crear grandes instalaciones de mega o incluso gigavatios con baterías. Pero las aproximaciones económicas presentadas ofrecen unos resultados bastante desalentadores. Estos resultados indican unos períodos de retorno de las inversiones, en el mejor de los casos basado en sistemas de calidad de la distribución en la red eléctrica, cercanos a los 7 años y con un rendimiento anual menor al 5%. Otros análisis apuestan por un negocio basado en el *leasing* de las baterías, de modo que el coste se iría pagando mensualmente en forma de alquiler. El caso observado presenta un eufórico resultado

con un rendimiento económico del 35% al final de la vida de las baterías. Puede parecer interesante, pero el rendimiento anual, sabiendo que se contabilizó a lo largo de 15 años, es cercano al 2,3%. Estos resultados, además, cuentan con que el mejor momento, en términos económicos, para hacer el cambio de baterías de un primer a un segundo uso, se sitúa entre los 3 y los 4 años. La reposición de baterías reporta un trabajo no menospreciable para el fabricante del vehículo (una batería se cambiaría cada 3 años, sabiendo que la vida media de los coches en el estado español es de 15 años, un coche pasaría 5 veces por el concesionario a cambiar las baterías y deberían hacerlo sin sobrecoste para el cliente).

Por estos motivos las aplicaciones en grandes instalaciones eléctricas de baterías aprovechadas de VE no acaban de ser suficientemente atractivas, a corto plazo, para el mundo empresarial que busca grandes márgenes de beneficio económico.

2.2 AFIANZAMIENTO DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES

Varios autores afirman que la mejor opción para acumular energía pasa por una mezcla de sistemas de almacenamiento de energía (bombeo de agua, volantes de inercia, aire comprimido y baterías) y no centrándose en uno solamente. Es más, los sistemas basados en baterías son considerados como la última de las opciones. En cierto modo, este punto no deja de ser una continuación del anterior, pues su finalidad es la de mantener cierta constancia en la red y, por lo tanto, los rendimientos económicos son similares. Su interés subyace, básicamente, en el fortalecimiento de las energías renovables como alternativa.

El sistema energético español no está diseñado a día de hoy, para sacar el máximo rendimiento de trabajo a las instalaciones generadoras, sino que las infraestructuras están dimensionadas para poder dar el máximo de potencia que requiere la red en algún momento puntual del año. La aparición de sistemas de almacenamiento de energía potenciando un alto rendimiento de trabajo de las centrales y la implementación de redes inteligentes o *smart grids* pueden suponer el cierre de centrales generadoras de energía. Este cambio se espera que sea un proceso lento, pero se tenderá a una mayor eficiencia del sistema.

2.3 BALANCE DE ENERGÍA EN RESIDENCIAS Y COMERCIOS

Por otro lado se tiene que los balances de energía en residencias y comercios son las aplicaciones más recurrentes a pequeña escala, es decir, en instalaciones de unos pocos kilovatios. El balance de energía consiste en cargar las baterías en horas valle cuando el coste de la energía es del orden de 3 veces menos que en las horas pico y aprovechar la batería cuando la energía es cara (o incluso venderla a la red si esto fuera posible). Pocas cosas en el mundo pasan a valer 3 veces más en unas pocas horas, por esto es sugerente la idea. Hay, pero, 4 factores clave que hacen perder encanto al proyecto. El primero es la amortización de la batería; el segundo es que la capacidad de la batería de coche (20 kWh) es mucho mayor a la que una vivienda requiere (8 kWh/día) y por lo tanto habría que desmontar el paquete de baterías o poner de acuerdo algunos vecinos (2 o 3) para que no fuese muy costoso; en tercer lugar la ley no permite la aparición de estos sistemas propios de redes inteligentes alegando razones de seguridad. De momento los sistemas de acumulación de energías se permiten solamente para el autoabastecimiento o en caso de fallada del sistema de alimentación; y por cuarto, si finalmente se implementaran de forma masiva, el nivel de demanda de energía a lo largo del día tenderá a nivelarse y desaparecerá el margen entre horas valle y horas pico y con ello el interés económico. Esta es, en realidad, una aplicación cortoplacista que podría entenderse a nivel individual, pero no como práctica habitual. Es más, solamente la aparición de un 5% de VE del parque automovilístico español que cargara por la noche representa una reducción de la diferencia entre el máximo y el mínimo de demanda de potencia cercano al 15%. ¿Qué pasará cuando las baterías usadas de estos coches estén haciendo lo mismo? Como se explica más adelante, las baterías de plomo ácido y las de Litio "usadas" se estima que tendrán precios similares, por lo tanto, si el negocio fuese tan provechoso ya se estaría utilizando de forma habitual con esta conocida tecnología química de baterías.

Las siguientes opciones analizadas se basan en aplicaciones fuera de la red,

es decir, mercados en donde el uso de baterías ya existe y la idea es solamente la sustitución de una por la otra.

2.4 SISTEMAS DE PROYECTOS AISLADOS

Estas aplicaciones partirían de la misma base que el caso inmediatamente anterior, con la única diferencia que no pueden disponer, ni dependen, de la red de distribución. Entonces el análisis de coste se limita solamente a la comparación de los costes de las baterías y sus prestaciones. De hecho, en algún trabajo ya se indica que incluso con baterías nuevas, a largo plazo, es recomendable el uso de baterías basadas en litio que podrían llevar algunos VE ($LiFePO_4$). Entonces, si al final de la vida de los vehículos estas valen un 10% menos, aunque hayan perdido parte de su potencial, seguirán siendo una buena opción. Es más, estimando que su capacidad de carga se reduce en un 20-25% y que su esperanza de vida es de 2/3 el de una batería nueva ideada para tal fin, el coste de amortización por año de una batería usada se consideraría cercano a 1/3 al de una batería nueva del mismo material (base litio).

Es pues un resultado positivo que vale la pena profundizar, para ello os animamos a leer el siguiente punto.

2.5 PRODUCTOS PORTÁTILES O RELATIVAMENTE LIGEROS

Analizando los productos portátiles que ya existen, vemos que la utilización de baterías de segundo uso sigue siendo una sustitución de una batería por otra. En muchas aplicaciones actuales se utilizan baterías de plomo ácido. Miremos, por ejemplo, las baterías de arranque de los coches de CI. Estas tienen baterías de unos 500 vatios hora y, nuevas, cuestan en el mercado entre 50 y 80€. Actualmente las baterías de VE están formadas por pequeños paquetes de celdas con dimensiones similares a las de este tipo de vehículos. Pero al tener más densidad de energía y potencia tendrían unas prestaciones mayores. Si se considera que pueden desmontarse de tal forma que cumplan las necesidades de cada aplicación, siendo el coste energético estimado de unos 100€/kWh, estaríamos hablando de baterías que costarían unos 50€. Es decir un rango similar de precio de compra, con algunas mayores prestaciones teóricas pero con cierta incógnita respecto a la fiabilidad del estado de las baterías usadas.

Este razonamiento puede emplearse, en principio, para casi cualquier otro tipo de sustitución de batería de dimensiones similares de celda o paquetes. Así encontraríamos centenares de aplicaciones posibles: en barcos para alimentar todos los equipos eléctricos y electrónicos, en equipos portátiles, para aplicaciones en pequeños robots de asistencia, etc.

Así pues, su aplicación en este ámbito también tiene posibilidades de éxito. Aun así nos encontramos que estos resultados se basan en el precio de venta de 100€/kWh y este, como se ha visto en un principio, no repercute suficientemente en el precio inicial de venta del VE. Si se encarece este precio para poder reducir costes del VE nuevo, pierden entonces el interés competitivo en estas segundas aplicaciones. Y hay aún otro detalle importante a tener en cuenta: muchas de las baterías de litio cuentan con sistemas de refrigeración que deberían añadirse al coste de las mismas para este tipo de aplicaciones.

2.6 SISTEMA DE CARGA RÁPIDA PARA OTROS VE

Por último presentamos los sistemas de carga rápida. La idea es cargar lentamente las baterías "viejas" y, una vez cargadas, volcar en forma de carga rápida su energía a la batería del VE. Se ha realizado un estudio propio en una flota de taxis donde cada batería tiene que poder cargar al menos 4 taxis por día. Esta propuesta, además, sería un proyecto que seguramente encontraría fácilmente subvención por ser muy vistoso y hacer buena propaganda en la ciudad donde se implante. La idea parte del hecho que un taxi eléctrico debe recargar, como mínimo, una vez al día durante la jornada de trabajo (la autonomía en ciudad de los VE actualmente en el mercado es cercana a los 130km y la media recorrida por los taxistas de la ciudad de Barcelona es de 185km). Este sistema permite, con una instalación simple de baja potencia, cuatro cargas diarias por batería sin tener que hacer una instalación de carga a tensiones elevadas.

Además se ha estimado que las batería de segundo uso deberían cambiarse cada año al ser usadas 4 veces al día (2000€/batería), sumando la amortización a diez años de la instalación de carga, más el coste del consumo eléctrico para las cargas (consumo de 0.15kWh/km con un coste de 0.1509€/kWh), comparando con los gastos de aprovisionamiento de combustible de un vehículo diesel habitual (consumo de 0.07l/km y un coste de 1.36€/l) supondría un ahorro anual de cerca de 2400€ al usuario del taxi eléctrico. Pero entonces se deben comparar los costes de compra de vehículos, dónde aparece una diferencia cercana a 12.000€ en detrimento del VE (ejemplo de una Renault Kangoo diésel vs eléctrica). Otro factor clave es que con los 2000 ciclos de vida de una batería solamente se podrá usar durante 4 años, mientras que el diésel puede aguantar cuanto menos el doble. Así pues, los 2400€ de ahorro en combustible se ven "evaporados" por los 12.000€ del sobrecoste de un VE respecto a uno de combustión interna y por el hecho de tener que renovar la batería cada cuatro años.

Otro hándicap importante es el ratio de baterías gastadas por año en este segundo uso, pues es mucho mayor a la de taxis que agotarían la batería inicial de su vehículo. Hasta que no haya un mercado importante de VE este proyecto no servirá para incentivar las ventas de VE pues en realidad depende de ellas, es una idea a la inversa. Se podría ver de ir haciendo crecer la flota poco a poco, a medida que vayan aumentando las matriculaciones de VE.

El mismo concepto serviría como base en un sistema de cargas de emergencia. La idea aparece para redimir el miedo de muchos usuarios a quedarse "tirados" por el relativamente corto alcance o autonomía del VE. Esto es, la misma aseguradora podría tener una red de talleres con baterías viejas cargadas que, colocándola en el vehículo de asistencia, podría ir a buscar y cargar, en una media hora el VE al 80%, con esto tendría otra vez casi la entera autonomía. Al estimar este tipo de incidentes muy remoto (una vez por año por vehículo) la cantidad de usuarios que pagarían la batería sería elevada. Así pues, podría ser la propia compañía aseguradora la que ofreciese este servicio por el módico precio de 10€ al año (o otros sistemas puntuales de pago por uso más caros según prefieran los clientes, alternativas de financiación hay muchas).

Para este último caso, no hay nece-

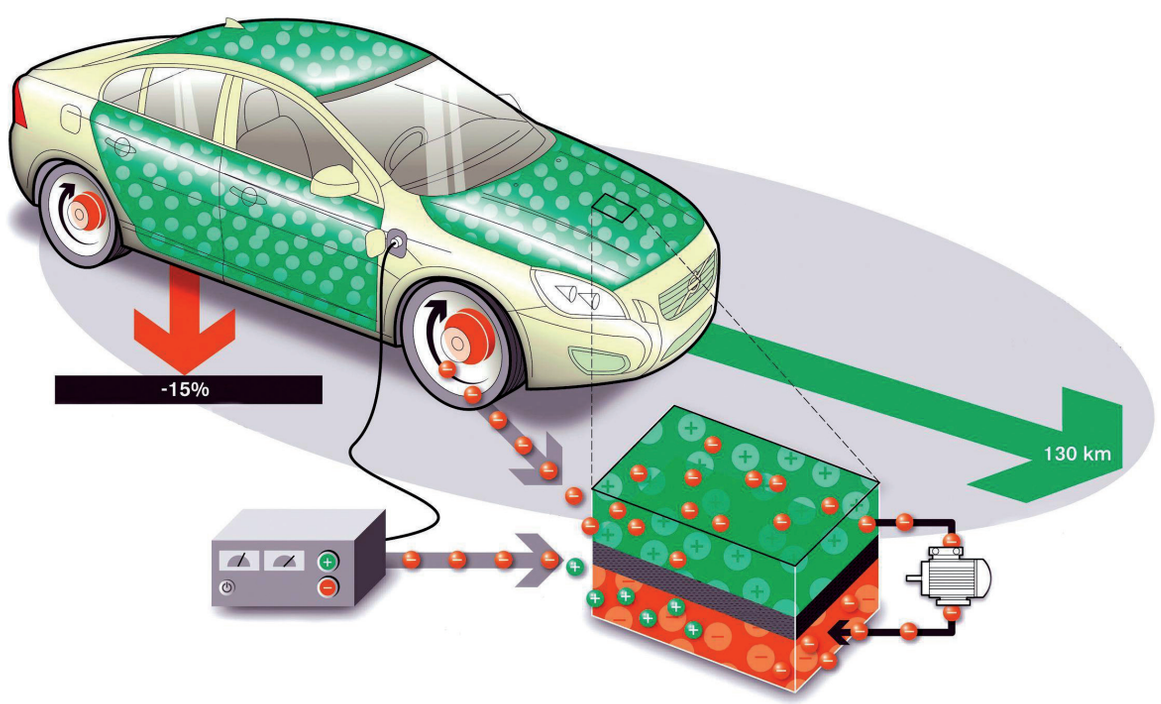
sidad de tener muchas baterías (el ratio es de 1 por cada 1000 coches), y además es económicamente viable. Pero justamente este es su problema, al necesitar pocas baterías, enseguida suple la necesidad y entonces se acaba el proyecto. Para toda la región de Cataluña, se estimó que con 100 baterías (un taller cada 60km aproximadamente) se podría abastecer la mayoría del territorio y la mayoría de ellas no se deberían cambiar hasta pasados 10 años. Por lo tanto, el impacto que tendría este proyecto en la reducción de costes de compra de un VE es, de nuevo, ínfimo.

4. CONCLUSIONES

Ideas y proyectos que serían, en términos de técnica y aprovechamiento de recursos, viables y mayormente aconsejables para el futuro del planeta, existen en cantidad casi infinita. El ingenio, la capacidad inventiva y el interés por hacer las cosas como corresponde no tienen límites. Los proyectos aquí presentados no ofrecen, casi ninguno de ellos, pérdidas económicas, pero tampoco grandes ganancias para incentivar la inversión privada. Por ese motivo aparecen las subvenciones públicas, como los 8.4M€ que aporta la UE para el proyecto "*Batteries 2020*", que aborda algunos de los casos aquí comentados para los segundos usos de baterías de VE.

Si bien a largo plazo, con la entrada inevitable de las redes inteligentes y el aumento incesante de las energías renovables, tanto las aplicaciones de soporte a la red eléctrica como las de afianzamiento de energías limpias van a tener su mercado, estos proyectos no servirán para la reducción de los costes de las baterías que se necesita hoy.

Por ello, en estos momentos nos encontramos con que no se venden coches eléctricos por ser caras las baterías y las baterías no ven reducidos drásticamente sus precios porque los VE no se venden como se esperaba. Si añadimos que los proyectos de segundas vidas de baterías que podrían reducir costes no son demasiado rentables, nos encontramos con que el prometedor círculo económico de reducciones continuas pierde fuerza y las expectativas tendrán que revisarse.

PARA SABER MÁS

- Jeremy S Neubauer, Ahmad Pesaran, Brett Williams, et al. "A Techno-Economic Analysis of PEV Battery Second Use_ Repurposed Battery Selling Price and Commercial and Industrial End_User Value". 2012 SAE World Congress and Exhibition, April 24-26, 2012. http://dx.doi.org/10.4271/2012-01-0349
- Fabian Kley "New business models for electric cars—A holistic approach". Elsevier B.V. Energy Policy Vol.39 issue 6 (June 2011) p.3392–3403. http://dx.doi.org/10.1016/j.enpol.2011.03.036,
- Vilayanur V. Viswanathan and Kintner-Meyer Michael "Second Use of Transportation Batteries_ Maximizing the Value of Batteries for Transportation and Grid Services". IEEE transactions on vehicular technology, vol.60, Nº.7, September 2011. http://dx.doi.org/10.1109/TVT.2011.2160378
- Burke Andrew "Performance, charging, and second - use considerations for lithium batteries for plug-in electric vehicles". The Electricity Storage Association Meeting, Session on Transportation and the Grid. May 2009, UCD-ITS-RR-09-17
- Wang, Xingchi , Adelmann, Peter, Reindl, Thomas "Use of LiFePO 4 Batteries in Stand-Alone Solar System". Energy Procedia Vol.25 January 2012 p.135-140, http://dx.doi.org/10.1016/j.egypro.2012.07.018
- Abdou Tankari Mahamadou, Bailo Camara Mamadou, Dakyo Brayima, et al "Wind power integration in hybrid power system with active energy management". COMPEL: COMPEL: The International Journal for Computation and Mathematics in Electrical and Electronic Engineering, Vol. 30 Iss: 1, p.246 - 264. DOI: 246-264. 10.1108/03321641111091548
- Wen-Chen Lih., Jieh-Hwang Yen, Fa-Hwa Shieh, et al "Second Use of Retired Lithium-ion Battery Packs from Electric Vehicles: Technological Challenges, Cost Analysis and Optimal Business Model". Consumer and Control (IS3C), 2012 International Symposium on Computer. http://dx.doi.org/10.1109/IS3C.2012.103.