

Una microred basada en energía solar como alternativa viable para la movilidad eléctrica

Microred based on solar energy as a viable alternative for electrical mobility

Enrique-Miguel Tébar-Martínez¹, José-María López-Martínez¹, Francisco Navarro-Hernández² y Juan-Carlos Brotons-Sánchez²
 Universidad Politécnica de Madrid¹ (España) y Universidad Miguel Hernández² (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8278>

1. INTRODUCCIÓN

El avance de la movilidad eléctrica debe ir unido de forma solidaria a las energías renovables. Si uno de los principales motivos para justificar la electrificación del transporte es reducir la emisión de gases contaminantes a la atmósfera, de nada sirve esta reducción si las fuentes que componen la generación energética para producir la electricidad que recargará las baterías del vehículo eléctrico están ligadas a los combustibles fósiles como el carbón (fuente cuya presencia en el conjunto o "share" más ha crecido entre 2014 y 2015 según el informe anual de Red Eléctrica de España) o el petróleo.

Es necesario por tanto, y de forma paralela al desarrollo del vehículo eléctrico, poner en valor una infraestructura para la recarga de baterías que asegure de forma rápida y decidida un mayor porcentaje de fuentes de energía limpia en la recarga que el existente mediante la conexión del vehículo a la red. No olvidemos tampoco que la electrificación del parque de vehículos conlleva una necesidad de mayor producción eléctrica, con lo cual la respuesta del mercado debería ser proporcionar este incremento de la producción mediante fuentes renovables.

Además, un beneficio colateral para una futura industria de recarga de baterías basada en fuentes renovables es la creación de empleo y desarrollo económico en un sector, el de las renovables, inmerso en una grave crisis debida al retroceso en la potencia instalada y las políticas llevadas a cabo en los últimos años, totalmente contrarias a su avance.

2. MODELOS ACTUALES: RECARGA EN FUNCIÓN DEL HORARIO Y LA FUENTE ENERGÉTICA

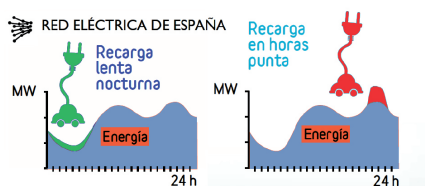


Fig. 1: Escenarios de recarga lenta nocturna (eficiente) y de recarga en horas punta (ineficiente). Fuente: Red Eléctrica Española

Los modelos actuales para la recarga de baterías en vehículos eléctricos en España contemplan un escenario de recarga nocturna, aprovechando las horas de menor consumo eléctrico, tal y como

se muestra en la Figura 1. Un argumento adicional esgrimido por Red Eléctrica Española es que en la franja horaria de madrugada la recarga de los vehículos eléctricos facilita una mayor integración de las energías renovables que en otras horas del día, con lo cual el problema queda resuelto de forma parcial ya que las fuentes convencionales siguen muy presentes en el "share de la recarga" durante la franja nocturna.

Los datos mostrados en la Figura 2 y la Tabla 1, obtenidos de la página web de Red Eléctrica Española para el 22 de Septiembre de 2015, equinoccio de otoño y por tanto nivel medio de radiación solar, en el que tampoco hubo anomalías meteorológicas que pudieran justificar unas cifras diferentes a las esperadas, revelan efectivamente una presencia de la energía eólica en un porcentaje de entre un 13 y un 16% para la franja nocturna, y si bien la eólica constituye una fuente renovable, no es menos cierto que no es igual de predecible ni tampoco está tan desarrollada a pequeña y mediana escala como la solar fotovoltaica. Este hecho no facilita de

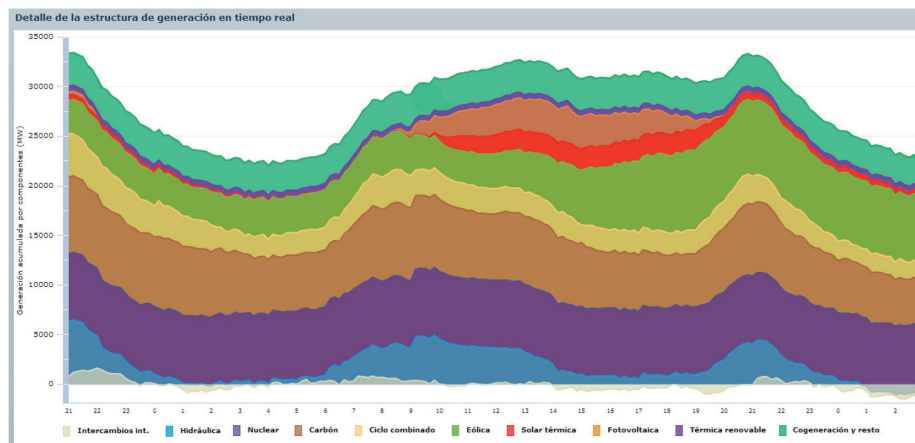


Fig. 2: Detalle de la estructura de generación (en MW) por componentes para todo el territorio español entre las 9 de la noche del 21 de Septiembre y las 3 de la madrugada del 23 de Septiembre de 2015. Fuente: Página web REE

Hora	0:00	3:00	6:00	9:00	12:00	15:00	18:00	21:00
Cogeneración y resto	12,7%	13,2%	12,5%	11,1%	10,2%	10,5%	10,4%	9,9%
Térmica renovable*	2,3%	2,4%	2,4%	1,8%	1,7%	1,8%	1,8%	1,7%
Fotovoltaica*	0,0%	0,0%	0,0%	2,1%	9,3%	10,5%	6,5%	0,1%
Solar térmica*	1,2%	0,7%	0,3%	0,2%	6,0%	6,9%	6,7%	2,0%
Eólica*	12,8%	15,7%	16,3%	12,6%	11,0%	17,9%	25,1%	22,7%
Ciclo Combinado	12,3%	9,6%	9,9%	11,2%	7,9%	5,8%	7,5%	8,6%
Carbón	27,5%	27,0%	24,8%	25,0%	20,8%	20,8%	17,2%	21,8%
Nuclear	27,1%	30,3%	29,8%	23,6%	21,5%	22,4%	22,2%	20,9%
Hidráulica	3,8%	1,9%	2,9%	11,1%	10,9%	4,9%	3,6%	12,4%
Intercambios internacionales	0,3%	-0,8%	1,2%	1,2%	0,5%	-1,5%	-1,1%	-0,1%
TOTAL RENOVABLES* (%)	16,3%	18,8%	19,0%	16,8%	28,1%	37,1%	40,2%	26,6%

Tabla 1: Información con cifras porcentuales correspondiente a la Figura 2 entre las 0 y las 21 horas del 22 de Septiembre de 2015. El orden de las filas coincide con el orden de los componentes

ninguna manera el crecimiento de los modelos de generación distribuida, también denominados de "democratización de la producción", por los que se está apostando en los últimos años debido al escenario actual de paridad con la red y la creciente tendencia al autoconsumo por parte de productores-consumidores de electricidad proveniente de fuentes renovables. Este escenario es consecuencia de la llegada al llamado "Punto de Paridad de Red", en el que los costes de comprar la energía eléctrica a la compañía distribuidora y de producirla mediante infraestructura propia se equiparan [1].

Podemos además obtener otras conclusiones, como que por ejemplo la ausencia de producción fotovoltaica en la franja horaria nocturna reduce la participación de las renovables en el "share" global de este intervalo horario, y que no es la noche la franja horaria más "verde" ni en cifras absolutas ni relativas.

Se da además la circunstancia de que las horas de producción fotovoltaica coinciden habitualmente con las horas de mayor actividad profesional, y con un consumo energético menor en el segmento residencial. Por este motivo, si los hábitos de recarga del usuario se pueden ajustar a la recarga simultánea con la producción, podríamos tener un modelo de recarga basado un 100% en la fotovoltaica, con la salvedad de días nublados o muy cercanos al solsticio de invierno, en los que la radiación solar disminuye, como veremos en cifras en el punto siguiente. Por el contrario, si no es posible coordinar producción y recarga, es necesario plantear un modelo alternativo, por ejemplo el intercambio de baterías, como se abordará en el Punto 4.

3. PRIMER ESCENARIO PROPUESTO: RECARGA SIMULTÁNEA A LA PRODUCCIÓN FOTOVOLTAICA

Este escenario contempla la recarga diurna a partir de la electricidad producida de forma instantánea por la instalación fotovoltaica, y no tomando la electricidad de la red. Se adaptará, por rangos de potencia producida y consumida, a una vivienda unifamiliar. No obstante, empleando diferentes coeficientes de mayoración podemos adaptarlo a otros escenarios, como se describirá en el punto 5.

Se trata por tanto, como se muestra en la Figura 3, de adaptar las curvas de producción fotovoltaica y recarga del vehículo, y no tiene por tanto nada que ver con el escenario de "recarga en horas punta" presentado por REE como ejem-

plo de no eficiencia, máxime cuando la infraestructura de recarga sería desarrollada "ad-hoc" para recargar las baterías, del vehículo eléctrico a partir como se ha expuesto en el Punto 1.

Una posibilidad podría ser la conexión directa del vehículo al campo fotovoltaico, para de esta forma aprovechar la corriente continua de alta intensidad producida por los paneles solares de un sistema fotovoltaico autónomo, pudiendo prescindir del inversor con su consiguiente ahorro en costes y conseguir así una recarga más rápida, evitando de esta manera las pérdidas producidas por la doble conversión a corriente alterna y de nuevo a continua. No obstante, en el estudio realizado en [2], ha quedado demostrado que no merece la pena este modo de funcionamiento, ni siquiera en condiciones de máxima adaptación eléctrica entre los módulos solares y las baterías del vehículo, ya que las pérdidas producidas por el inversor en la conversión DC-AC-DC son siempre menores que las pérdidas de eficiencia debidas a las variaciones térmicas a lo largo del día que obligan al módulo solar a funcionar en la conexión directa en un punto diferente al de máxima potencia.

Por tanto, se descarta este modelo para partir del supuesto de que siempre tendremos un inversor fotovoltaico conectado a la red y que funcionará en el llamado "régimen de conmutación" [3]; es decir, proporcionará a las baterías la energía proveniente de los módulos cuando la producción sea superior al consumo y conmutará en 10 milisegundos con la red eléctrica para que las baterías queden alimentadas con ésta en caso contrario (generalmente, días nublados o bien horas de baja radiación solar).

Por simplicidad del modelo, y teniendo en cuenta que podremos aplicar coe-

ficientes de mayoración y minoración que nos permiten sistematizarlo con facilidad, presentamos a continuación una microred bajo un escenario tipo "Vehículo-Infraestructura de recarga".

Por interés de nuestra investigación, como vehículo elegimos el *Renault Fluence Zero Emissions* (Z.E.), con una energía máxima acumulable en el sistema de baterías de 22 kWh, de forma que suponiendo un consumo normalizado de 0,14 kWh por kilómetro recorrido le proporciona una autonomía de 157 km. Los motivos de la elección son dos: Por una parte porque se trata de un turismo eléctrico de gama media con lo cual resulta más sencillo extrapolar resultados a otros vehículos de prestaciones superiores e inferiores. Por otra porque además este vehículo dispone del sistema robotizado "QuickDrop" para sustituir la batería descargada por una cargada en unos 3 minutos, y nuestra investigación se completa, como se comprobará en el punto siguiente, con el modelo de intercambio de batería para los casos que así lo justifiquen.

La infraestructura de recarga de la microred consistirá en un generador fotovoltaico autónomo ubicado en la ciudad de Alicante, cuya potencia mínima necesaria la determinaremos en función de la citada carga de 22 kWh y de los siguientes supuestos: [4]

- Carga completa de 22 kWh; es decir, la batería se encuentra totalmente descargada.
- Inclinación de los módulos solares de 45°, para conseguir la captación óptima posible en el mes de diciembre (peor caso) y totalmente orientados al sur geográfico.
- 1570 horas solares de máxima radiación ("horas solares pico") en Ali-

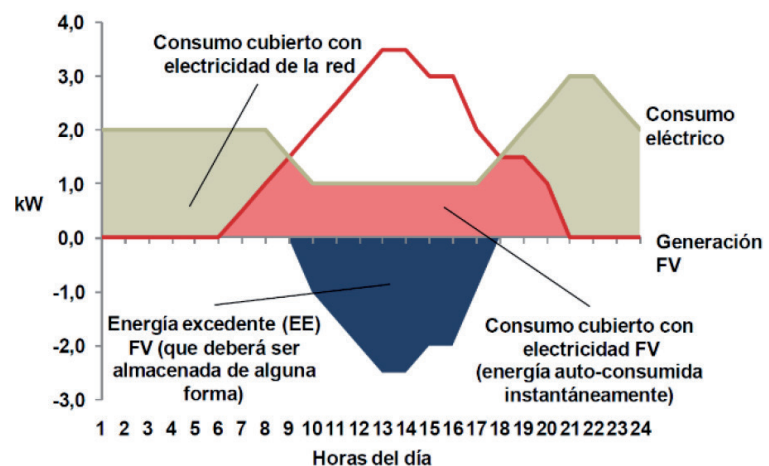


Fig. 3: Consumo eléctrico y generación fotovoltaica en una vivienda unifamiliar tipo a lo largo de un día laborable. (Fuente: Eclareon [1]) La llamada "Energía Excedente" debería ser utilizada para recargar el vehículo eléctrico bajo un modelo 100% renovable en aquellos días en los que se disponga de radiación solar suficiente

cante a lo largo del año con 3,23 hsp diarias en el mes de diciembre (peor caso).

- Pérdidas totales del sistema del 24,4%.
- Paneles solares de 260 W de tecnología policristalina con una superficie de 1,63 m² y los siguientes valores típicos de mercado: 30,4 V y 8,56 A en su punto de máxima potencia, 37,6 V de tensión de circuito abierto y 9,09 A de corriente de cortocircuito.
- Temperaturas mínima, media y máxima históricas de -5, 25 y 45 °C respectivamente.
- No existirán otros elementos generadores.

A partir de los supuestos anteriores, la potencia mínima del el generador autónomo se obtendrá a partir de la siguiente expresión:

$$PG_{\min} \text{ (kW)} = \frac{E_d}{G_{dm}} \cdot \frac{G_{CEM}}{PR} = \frac{22}{3,49} \cdot \frac{1}{0,6} = 10,49 \text{ kW}$$

Que es directamente proporcional a:

- E_d (Energía demandada): 22 kWh
- G_{CEM} (Irradiancia en condiciones estándar de medida): 1 kW/m²

E inversamente proporcional a:

- G_{dm} : Valor medio mensual (en kWh/m²) de irradiancia diaria en el peor caso (mes de diciembre) en las condiciones de partida: 3,49.
- PR (Performance Ratio): Rendimiento energético de la instalación, con valor típico de 0,6.

Un sistema fotovoltaico de 10,49 kW compuesto por módulos de 260 W debería disponer de 40 módulos. Esta potencia no corresponde con la que podría tener una instalación autónoma en cubierta para la "vivienda unifamiliar tipo" de la Figura 3, cuyas potencias instaladas suelen estar en torno a los 3 kW (entre 10 y 15 módulos, en función de la potencia de los mismos), tanto por las superficies habitualmente disponibles en las cubiertas de las viviendas unifamiliares como por los hábitos de consumo de éstas por lo que es de difícil aplicación al segmento residencial de autoconsumo. No es este el caso del segmento comercial-industrial, que suele disponer de mayores superficies en sus cubiertas.

Sin embargo, podemos partir de algunos supuestos que nos permitirán, de for-

ma proporcional, reducir la potencia del generador a valores mucho más alcanzables desde el punto de vista de la inversión económica necesaria y de los valores habituales para las superficies disponibles en las cubiertas del segmento residencial unifamiliar. Son los siguientes:

- La batería no está totalmente descargada, sino al 50% de su capacidad. Este supuesto es realista a partir de los estudios realizados por Renault y GM en el ámbito de la Unión Europea, que demostraban que un 80% de los conductores europeos recorren diariamente un trayecto inferior a 60 km con su vehículo. [5]
- Como no va a ser descargada completamente, tampoco será necesario cargar el 50% que le falta para la carga completa.
- Hemos considerado el valor de G_{dn} para el mes de diciembre; sin embargo, ahora consideraremos el valor medio anual, que no es 3,49 kWh/m² sino 8,03; es decir, más del doble.

El tercer supuesto se basa en el hecho de que en los meses con mayor radiación solar habrá un excedente de producción que puede ser compensado con el déficit de producción de los meses de menor radiación. Este concepto (conocido como "Net metering with 1 year rolling credits" en la nomenclatura anglosajona) existe como tal en algunos países, y está íntimamente relacionado con los derechos adquiridos por la energía inyectada, que pueden utilizarse durante un año.

En la Figura 4 se muestra gráficamente este concepto que sin duda, una vez el

escenario legal pero sobre todo los hábitos de uso en nuestro país lo conviertan en una realidad, puede marcar un antes y un después en el escenario de la recarga del vehículo eléctrico mediante autoproducción fotovoltaica, y contribuir así a la reducción progresiva de la emisión de gases contaminantes a la atmósfera por parte del sector del transporte.

Un cálculo aproximado de la nueva potencia mínima de generador a partir del primer y el tercer supuesto (el segundo es más complejo de cuantificar ya que incorpora otras consideraciones sobre tendencias de carga y descarga) sería:

$$PG_{\min} \text{ (kW)} = \frac{E_d}{G_{dm}} \cdot \frac{G_{CEM}}{PR} = \frac{11}{8,03} \cdot \frac{1}{0,6} = 2,28 \text{ kW}$$

O bien un valor mayor para porcentajes mayores al 50% de carga de la batería, con 4,57 kW para carga completa.

Es importante resaltar que el modelo descrito no constituye en ningún momento una venta con ánimo de lucro de la electricidad excedentaria, ya que ésta tan solo puede ser compensada en términos de energía. Por este motivo, no tiene ningún sentido sobredimensionar nuestro generador fotovoltaico ya que si la diferencia entre la producción y el consumo anuales siempre es positiva para nosotros estaremos literalmente regalando a la compañía eléctrica nuestra energía no consumida.

Es evidente que durante los meses de déficit en la producción no estamos garantizando que el 100% de la energía necesaria para cargar las baterías del vehículo eléctrico proceden de fuentes renovables.

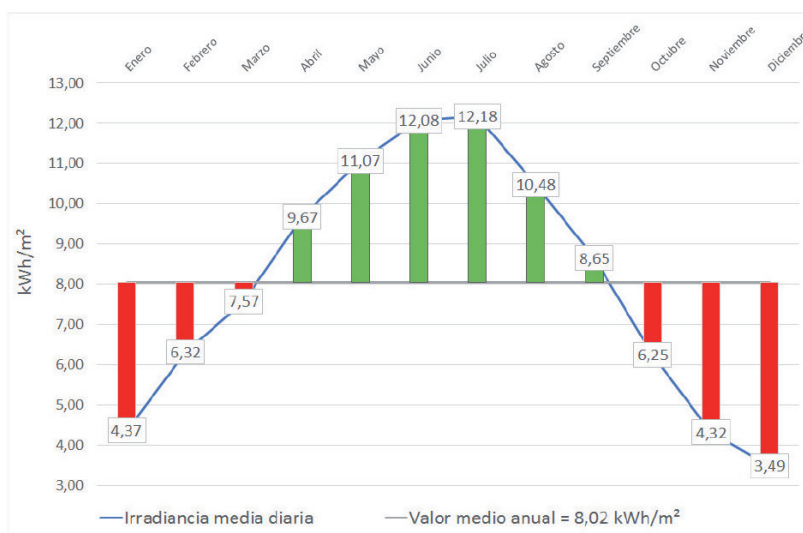


Fig. 4: Comparativa entre la irradiancia media diaria para un sistema fotovoltaico ubicado en Alicante a lo largo del año y el valor medio anual. (Fuente: Elaboración propia). Durante los meses de abril a septiembre (en verde) la producción es superior a la media, siendo inferior en el resto del año. Como podemos observar, las respectivas áreas de superávit y déficit de producción se deberían compensar entre sí para que el balance neto anual sea 0

Sin embargo sí que garantizamos que a lo largo del año desde nuestro generador fotovoltaico estamos produciendo la misma energía que la que necesitamos para cargar nuestro vehículo desde un modelo de cero emisiones.

Por otra parte, si la potencia producida por nuestro generador fotovoltaico es menor al valor obtenido, bien por no disponer de la superficie necesaria, bien por estar ubicado en otro emplazamiento con menor irradiancia media a la del ejemplo en Alicante, podremos igualmente recargar las baterías de nuestro vehículo eléctrico aunque no cumpliremos al 100% el escenario de cero emisiones.

Debemos remarcar también que hemos considerado un sistema fotovoltaico de autoconsumo dedicado a la recarga de las baterías del vehículo. En un caso real, el sistema podría alimentar otros electrodomésticos, sistemas de iluminación y otros tipos de cargas, si bien en este caso también podríamos realizar otras consideraciones a partir de la Figura 3. Por ejemplo, partir de la base que normalmente en el segmento residencial para "hogares tipo" los consumos eléctricos durante las horas de jornada laboral (y por tanto las de producción fotovoltaica) suelen ser más reducidos ya que los miembros del hogar se suelen encontrar fuera del mismo, aumentando durante la franja de la tarde-noche. De cualquier forma, la consideración de nuestra instalación como de autoconsumo conectada a red nos permite suplir el déficit energético en cualquier momento a partir de la red.

Para los usuarios de vehículos eléctricos que no dispongan de infraestructura propia de recarga, también es posible un escenario de cero emisiones en la misma utilizando una estación de carga alimentada con energía solar fotovoltaica. En este sentido, SIRVE [6] y RECARGO [7] son 2 proyectos piloto para este tipo de sistemas. Por otra parte, diversas iniciativas colaborativas existentes en la red para compartir puntos de recarga entre usuarios también serían extrapolables a un modelo de recarga bajo este escenario.

Por último, si el modelo aplicado no contempla la equivalencia entre los precios de compra y venta de la energía sino que el precio de venta al operador es menor por el correspondiente peaje de uso de la red, se podrían poner en práctica por parte del Gobierno oportunos mecanismos de incentiviación para el desarrollo de este tipo de sistemas de recarga que posibilitaran una exención del pago de este tipo de peaje a los usuarios de infraestructura de

recarga de vehículos eléctricos mediante autoproducción fotovoltaica.

4. SEGUNDO ESCENARIO PROPUESTO: RECARGA NO SIMULTÁNEA Y ELIMINACIÓN DE LA BARRERA DE LA AUTONOMÍA

El escenario descrito en el punto anterior tiene dos importantes barreras. Estas lo son a su vez para el desarrollo del vehículo eléctrico: la autonomía y el tiempo de recarga, que en condiciones normales puede tardar en torno a 4-8 horas a 220 V e intensidades entre 10 y 16 A para el peor y mejor caso respectivamente. Un sistema de conversión DC-AC sencillo como el SMA Sunny Boy 3800 puede dar respuesta a estos requerimientos.

Existe también una tercera barrera, que es la posible desadaptación entre la recarga simultánea con la producción y las necesidades de uso del vehículo por parte del usuario, principalmente por coincidencia con el horario laboral habitual.

Pese a que en la actualidad el vehículo eléctrico está considerado una alternativa de transporte tan solo para trayectos de corto alcance, no es menos cierto que esta consideración es debida fundamentalmente al hecho de no disponer a día de hoy de una infraestructura adecuada para recarga de las baterías.

La barrera del tiempo de recarga para la modalidad convencional puede ser vencida con 2 alternativas: la carga rápida y la sustitución de la batería descargada por otra cargada. La primera alternativa permite carga parcial de las baterías hasta un 80% de la capacidad total en un tiempo aproximado de 15 minutos mediante un sistema trifásico de 380 V a 120 A, y presenta como principal inconveniente la dificultad de conseguir estos elevados niveles de potencia eléctrica en un sistema fotovoltaico de autoconsumo. Otro debate es si las redes eléctricas en España están

preparadas para este tipo de recarga si en un futuro es el sistema empleado de forma masiva por los usuarios.

Queda por tanto la segunda alternativa, el intercambio de baterías, que ya ha sido implementado en diversos proyectos como *Better Place* en Israel, desafortunadamente en bancarrota por la complejidad del sistema y sus elevadas necesidades de financiación, entre otras razones, *Greenway* en Eslovaquia [8], con un proyecto mucho más modesto de sustitución de baterías en furgonetas eléctricas mediante transpaleta o *Keypower* en China [9], con especial aplicación en flotas de transporte público. Se trata sin duda de la alternativa que dota de universalidad al vehículo eléctrico, ya que el proceso de recarga tendría lugar en la batería extraída del vehículo, de manera que la recarga y el uso del vehículo pasan a ser procesos totalmente independientes.

Conviene aclarar no obstante que no todos los vehículos eléctricos admiten la característica de intercambiabilidad de baterías, ya que la mayoría de éstos han sido diseñados con las baterías integradas en el propio vehículo, generalmente en la zona inferior de los asientos traseros y parte del maletero. Entre los pocos que sí la admiten podemos encontrar al ya mencionado *Renault Fluence Z.E.* con su sistema **Quick Drop** que sustituye la batería por la parte inferior del vehículo, o al Tesla S. En estos modelos, la sustitución es posible gracias a la disposición de la batería como un único bloque en el vehículo, tal y como se muestra en la Figura 5.

Ya se contemplan en España diversos programas de ayuda a la instalación de estaciones de sustitución de baterías, como la actuación T29B del "Programa de Ayudas a la Movilidad Sostenible y Ahorro y Eficiencia Energética en el Sector del Transporte 2016" del Instituto Valenciano de Competitividad Empresarial (IVACE), que subvenciona hasta el 40% del coste



Fig. 5: Disposición del motor eléctrico y la batería de tracción en el Renault Fluence Z.E.

de la instalación de una estación de sustitución de baterías para vehículos eléctricos, con un coste subvencionable máximo de 60.000 € [10].

A nivel de dimensionamiento, un sistema de baterías intercambiables podría reducir todavía más el tamaño del generador fotovoltaico en función del factor $1/n$, siendo n el número de días entre recargas o frecuencia de intercambio. Y en caso de disponer de la batería totalmente cargada, se puede revertir el proceso y emplear la batería para alimentar otros dispositivos (escenario "Vehicle to Grid").

Como alternativa al intercambio y para viajes largos en los que no habrá estaciones de sustitución de baterías, existe también la posibilidad de instalar al vehículo eléctrico un suplemento, a modo de remolque, para ampliar la autonomía del mismo.

Por último, existe otro escenario prometedor para la recarga de baterías intercambiables mediante energía solar fotovoltaica. Se trata de los vehículos convertidos, en los que se sustituye el motor convencional y el depósito de combustible por un sistema de tracción eléctrica (motor y baterías) con un centro de gravedad adecuado. Este escenario es todavía muy residual por sus elevados costes ya que se trata de un proceso totalmente artesanal pero cuenta con interesantes programas de financiación colectiva o "crowdfunding" como los de la empresa Zevna para conseguir la homologación de los diferentes modelos convertidos. Por la propia arquitectura del vehículo al ser convertido, es posible ubicar las baterías para su extracción desde un lugar de fácil acceso como por ejemplo el maletero, lo cual facilita en gran medida la sustitución rápida de las mismas con una transpaleta o mecanismo similar.

5. CONCLUSIONES

Conforme el sector de la movilidad eléctrica se vaya abriendo paso de manera imparable en el mercado de la automoción, diferentes modelos de recarga del vehículo eléctrico se irán imponiendo por su simplicidad, usabilidad y escalabilidad. El modelo presentado en este artículo, es a juicio de los autores realizable y alcanzable para determinados usuarios, y gracias a mecanismos alternativos como el intercambio de baterías, adaptable a otras pautas de uso y escenarios más complejos.

Los avances del vehículo eléctrico y de las energías renovables en generación distribuida, con especial hincapié en la solar fotovoltaica por su mayor universalidad

y predictibilidad y menor impacto visual, deben ir de la mano puesto que también pueden compartir públicos objetivos e intereses políticos, económicos y sociales.

Una de las claves sin duda para convertir este modelo en una realidad de éxito será caracterizar con precisión y poner en práctica los escenarios óptimos temporales (tanto en la franja de producción diaria como en función de la época del año) de nuestro sistema, de forma que pueda determinar si en un determinado momento es más conveniente la recarga de las baterías del vehículo, el uso de la energía para otras cargas, o bien el envío a la red por necesidades de suministro y de esta forma no solo reducir su impacto sobre el sistema eléctrico sino también contribuir a su sostenibilidad ambiental. Las redes inteligentes de distribución eléctrica o "Smart Grids" están llegando para quedarse y el vehículo eléctrico y la generación distribuida mediante renovables quieren ser actores principales de este ilusionante reto de futuro.

PARA SABER MÁS

- [1] González-Puelles J. "Análisis de la llegada de la paridad de red a los principales mercados fotovoltaicos mundiales". Directores: Cervantes-Valdivieso V, Fondo-Roca C. PFC U. Pontificia Comillas Madrid, 2012. Entidad colaboradora: Eclareon
- [2] Navarro-Hernández F. "Análisis energético de un sistema de almacenamiento de electricidad en batería mediante energías renovables en vehículos eléctricos", Director: Tébar Martínez EM. TFM Máster Energía Solar y Renovables, U. Miguel Hernández, 2014
- [3] Sellas C. "Inversores Fotovoltaicos diseñados para el autoconsumo", KOSTAL Solar Electric Ibérica, AS Solar Ibérica Professional Academy
- [4] EUROPEAN COMMISSION - JOINT RESEARCH CENTRE. Solar radiation (Europe) in PVGIS. [Aplicación en línea]
- [5] EUROSTAT (Oficina Estadística de la Unión Europea). Passenger cars in the EU, 2015
- [6] URBENER ENERGÍA. "Proyecto SIRVE, Sistemas Integrados para la Recarga de Vehículo Eléctrico" [En línea] Financiado por Ministerio de Economía y Competitividad y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional. <https://www.urbener.com/sirve/>
- [7] Circutor. Recarga de vehículo eléctrico con energía solar fotovoltaica, Caso de Éxito. [En línea] http://circutor.es/docs/CE_Recargo_SP.pdf [Fecha consulta: 15-1-2017]
- [8] Lauko R. "Greenway: Go green" [En línea] <http://greenwayoperator.com> [Fecha consulta: 27-2-2016]
- [9] Feng-Hua J. "Progress in Battery Swapping Technology and Demonstration in China", Tsing Hua University, 24-8-2012 [En

línea] http://www.cse.anl.gov/us-china-workshop-2012/pdfs/session3b_demos_standards/hua_3B-4-HUA-Tsinghua%20Univ-Progress%20in%20Battery%20Swapping%20Technolo.pdf [Fecha consulta: 15-1-2017]

- [10] IVACE - INSTITUTO VALENCIANO DE COMPETITIVIDAD EMPRESARIAL. "Ayudas a la movilidad sostenible y ahorro y eficiencia energética en el sector del transporte" Energía, Ayudas 2016 [En línea] http://www.ivace.es/index.php?option=com_content&view=article&id=5202:programa-de-ayudas-movilidad-sostenible-y-ahorro-y-eficiencia-energetica-en-el-sector-transporte&lang=es [Fecha consulta: 15-9-2016]

MATERIAL SUPLEMENTARIO

http://www.revistadyna.com/documentos/pdfs/_adic/8278-1.pdf

