

ENERGÍAS RENOVABLES

75 FEB. 09

WWW.ENERGIAS-RENOVABLES.COM

3 EUROS

Coche eléctrico El futuro del transporte



Fraude fotovoltaico...
¿qué fraude?



Obama sopla a favor
de la eólica en EE UU



CARTIF, laboratorio
de combustión de
biomasa ibéricas



Coche eléctrico, el futuro del transporte

En el mundo circulan ya 800 millones de vehículos... En 2030 serán casi el doble. La aspiración a la movilidad motorizada individual está tan arraigada entre nosotros que ponerle freno resulta tremendamente difícil. ¿La alternativa? El coche eléctrico. La electrificación del transporte puede favorecer, además, la integración de las energías renovables en la red eléctrica y su gestionabilidad.



Alberto Ceña y José Santamarta*

Aunque los primeros automóviles fueron eléctricos, el último siglo fue el siglo del motor de combustión interna. Una política de transporte sostenible debe promover la reducción de la demanda, los transportes no motorizados y el transporte público y por ferrocarril, tanto de pasajeros como de mercancías y el coche compartido, además de mejorar la eficiencia de los vehículos. Pero como ya existen unos 800 millones de vehículos y la aspiración a la movilidad motorizada individual está profundamente arraigada, a pesar de sus muchas externalidades y los costes de todo orden, y cada año habrá más por el desarrollo de

China e India, entre otros países (en 2030 habrá más de 1.500 millones y hacia 2050 circularán 3.000 millones de vehículos), se hace necesario dar una solución viable y complementaria, y esa es el automóvil eléctrico conectado a la red, siempre que la mayor parte de la electricidad provenga de energías renovables, y muy especialmente la eólica.

La descarbonización del sistema energético, y del transporte en particular, requiere la electrificación del transporte, y una nueva economía basada en el electrón, abandonando despacio, pero sin pausa, la economía de los hidrocarburos. El ciudadano demanda kilómetros motorizados, no gasolina ni gasóleo.

Hoy, por primera vez, se dan todas las condiciones que hacen posible la electrificación del transporte: en primer lugar el desarrollo de baterías de ión litio y otros materiales, que permiten la autonomía necesaria, y en segundo lugar el desarrollo de las energías renovables, especialmente la eólica, que pueden suministrar la electricidad necesaria, sin emisiones de CO₂, y a un coste razonable e inferior al de la gasolina, o el gasóleo.

Las razones para hacerlo son obvias: la inseguridad del abastecimiento del petróleo (el 95% de la energía consumida en el transporte proviene del petróleo), los altos precios y sus consecuencias sobre el déficit comercial y la inflación, los conflictos mili-





tares, las emisiones de CO₂, la contaminación atmosférica y el ruido.

■ Cuatro veces más eficiente

El motor eléctrico es cuatro veces más eficiente que el motor de combustión interna. La tecnología existe, y la única cuestión que queda por desarrollar son las baterías que proporcionen una autonomía adecuada entre recargas a un coste razonable. Las soluciones van desde los híbridos enchufables a los vehículos totalmente eléctricos, empleando baterías de ión litio o de otros materiales en desarrollo, como las baterías Zebra (sodio-cloruro de nitrato) de zinc-aire, además de los desarrollos de la nanotecnología. De hecho, la práctica totalidad de las empresas del sector ya están desarrollando sus modelos, y cabe esperar que a partir de 2010-2012 el automóvil eléctrico irrumpa de forma masiva en el mercado.

Israel, Dinamarca, Portugal, Irlanda, Australia, Nueva Zelanda, Canadá y Francia ya han presentado sus planes, además de programas piloto en Alemania, Japón y varios Estados (Hawaii, California) de EE UU, y en España el gobierno prevé su introducción para 2012. En Estados Unidos la nueva administración del presidente Obama también va a promover el automóvil eléctrico y los híbridos conectados a la red.

Pero tampoco se puede ser triunfalista ni se deben ignorar las dificultades. Los vehículos de gasolina y gasóleo han mantenido y conservan una hegemonía casi absoluta desde hace un siglo, debido a que superan a los vehículos eléctricos en tres cuestiones clave: mayor autonomía, el tiempo de recarga o de repostar y el coste del vehículo, determinado por el precio de la batería. Un hecho es incontestable: la gasolina y el gasóleo proporcionan mayor densidad energética y flexibilidad que la más avanzada de las baterías: 13 kWh/kg en la gasolina (8,9 kWh por litro) y 12,7

kWh/kg en el gasóleo, frente a 0,16 kWh por kg de la última generación de baterías de iones de litio.

Pero igualmente cierto es que el 80% de los desplazamientos diarios en Estados Unidos son inferiores a 80 kilómetros, y más de la mitad son inferiores a 40 kilómetros. En la Unión Europea, 460 millones de ciudadanos realizan en promedio tres desplazamientos diarios, que totalizan 27 kilómetros diario en coche (datos correspondientes a 2007). Los vehículos eléctricos, con todas sus limitaciones actuales, pueden satisfacer la inmensa mayoría de los requerimientos de movilidad personal motorizada.

Los impedimentos, en realidad, son más psicológicos que tecnológicos, y se superarán cuando la percepción del límite de 200 kilómetros de los vehículos eléctricos se vea contrarrestada por la ubicuidad de puntos de recarga en calles y garajes, por recargas que se cuentan en minutos y no en horas, y por estaciones de servicio donde se cambia la batería descargada por otra recargada en el mismo tiempo en que hoy se repostea, como propone *Project Better Place*.

■ Una posibilidad: vender un servicio, no el vehículo

Pero la gran novedad de la propuesta de *Project Better Place* es eliminar una de las grandes barreras a la generalización de los vehículos eléctricos: el coste de las baterías. Para ello se alquila o se cobra una cuota mensual por la batería o incluso al vehículo, a semejanza de lo que ocurre a menor escala con la telefonía móvil, pero el propietario del vehículo lo compra sin la batería, por lo que el coste inicial es muy reducido, y el coste de la batería se reparte a lo largo de su periodo de vida. Como el precio de la electricidad es mínimo, comparado con el combustible, el coste por kilómetro recorrido es similar o incluso inferior. Se vende un servicio, y no el vehí-

La historia de la automoción empezó de una manera muy diferente a la actual. De hecho, los primeros automóviles fueron eléctricos, si bien los motores de combustión interna pronto los desplazaron.

En página anterior, el Renault Z.E. Concept (Z.E. por Zero Emission), un prototipo de vehículo eléctrico basado en el Kangoo Be Bop. Foto: Renault.

culo, utilizando formas innovadoras de financiación ya aplicadas por las empresas de telefonía móvil, entre otras. A cambio de una cuota mensual fija y conocida, se proporciona la batería o todo el vehículo, además de la electricidad y toda la infraestructura de recarga y cambio de baterías, mantenimiento y atención al cliente, que al final acabará pagando una cifra similar o inferior a la que hoy gasta en los vehículos de gasolina o gasóleo.

Como señala Shai Agassi, fundador y director de *Project Better Place*, el coche medio europeo cuesta 12.000 euros y en sus 12 años de vida consume unos 30.000 litros de combustible, que costarán de 30.000 a 35.000 euros, dependiendo del país, y con tendencia creciente. El combustible cuesta el triple que el vehículo. Por comparación, la batería del automóvil eléctrico cuesta 7.000 euros, y la electricidad consumida en toda la vida ascenderá a sólo 2.000 euros; la suma de ambos conceptos es un tercio del combustible consumido por un coche de gasolina o gasóleo a lo largo de su vida. Pero el coste de las baterías y la electricidad de origen eólico o de otras energías renovables tienden a reducirse a lo largo de los años, mientras que la tendencia de los hidrocarburos es a subir. La suma del coste de las baterías y la electricidad se reducirá a unos 5.000 euros hacia el año 2015, y unos 3.000 euros hacia 2020, mientras que para los vehículos tradicionales el coste del combustible superará los 30.000 euros.

■ Baterías recargables

Un vehículo eléctrico se alimenta de la electricidad almacenada en baterías recar-



En algunas ciudades europeas, como París, ya empieza a haber espacios públicos donde recargar la batería de los coches eléctricos.

gables, que permite su funcionamiento con cero emisiones en su punto de uso y sin apenas ruido, excepto el producido por los neumáticos. En la última década hemos asistido a una profunda mejora de las baterías, reduciendo su coste y permitiendo más ciclos de carga, a la vez que ha aumentado la capacidad de almacenamiento por unidad de peso y volumen, se ha eliminado el efecto memoria y ha aumentado su duración. La mejora de las baterías va a continuar.

Las baterías se alimentan de electricidad, que puede producirse de múltiples maneras, y su impacto es el de la propia generación de electricidad. Pueden recargarse en las horas valle, de menor demanda, e incluso en un futuro podrían verter electricidad a la red en horas punta de máxima demanda (vehicle to grid, V2G, como se denomina en inglés). La red de distribución existe, a diferencia del hidrógeno, y la infraestructura básica podría construirse en poco tiempo y sin grandes dificultades. Pero también hay importes desventajas e inconvenientes. En primer lugar la capacidad y el coste de las baterías. Las baterías de ión-litio mejoran la capacidad y la autonomía de los vehículos, pero son costosas, se recalientan y, sobre todo, existe un debate

no resuelto sobre si hay recursos suficientes de litio para fabricar millones de nuevos automóviles. El precio de la tonelada de litio pasó de costar 350 dólares en 2003 a 3.000 dólares en 2008.

La clave del futuro del vehículo eléctrico es la batería recargable, que condiciona la velocidad máxima, la autonomía entre recargas, el tiempo de recarga y la duración de la batería. Los precios de las baterías se han reducido en los últimos años, y lo harán aún más a medida que aumente la demanda y se produzcan en grandes series.

La distancia que un vehículo eléctrico puede recorrer sin recargar la batería, en los modelos actuales o de próxima fabricación, va de 60 a 250 kilómetros. Hay que tener en cuenta que la mayor parte de los desplazamientos diarios son inferiores a los 60 km. Un vehículo eléctrico consume de 0,12 kWh a 0,30 kWh por kilómetro; para recorrer 100 kilómetros haría falta una batería con una capacidad de 12 kWh a 30 kWh, dependiendo del modelo.

■ **La mejor hora para enchufarlo**

En Estados Unidos, con un parque diez veces superior al de España y una tasa de motorización mucho más elevada, el Pa-

cific Northwest National Laboratory realizó un análisis de la electrificación del transporte en las empresas eléctricas y en las redes regionales de distribución de electricidad, llegando a la conclusión de que si se recargan los vehículos en horas valle, no habría que instalar ninguna nueva capacidad de generación adicional para abastecer al 84% del parque (más de 198 millones de automóviles, furgonetas y todo terreno), que recorrerían una media diaria de 53 kilómetros diarios. El consumo eléctrico, por supuesto, aumentaría, pero hay que tener en cuenta que el parque de generación y la red eléctrica están pensados para cubrir la demanda en horas punta durante el día, y permanecen ociosos durante las horas valle, en general por la noche, que es cuando la mayoría de los vehículos están aparcados.

Un parque de un millón de vehículos eléctricos que recorriesen 19.000 km al año consumiría 3 TWh al año (0,16 kWh/km, cifra superior al de los modelos en desarrollo), y si fueran híbridos enchufables que recorriesen el 50% con electricidad de la red y el otro 50% con gasolina o gasóleo, el consumo ascendería a 1,5 TWh. A título de comparación, la demanda de electricidad en España en 2007 as-

■ **Seis tecnologías**

TIPO DE BATERÍAS RECARGABLES	ENERGÍA (WH/KG)	ENERGÍA/VOLUMEN (WH/LITRO)	POTENCIA/PESO (W/KG)	NÚMERO DE CICLOS	EFICIENCIA ENERGÉTICA-%
Zebra (NaNiCl)	125	300		1.000	92,5
Polímero de litio	200	300	>3.000	1.000	90,0
Iones de litio	125	270	1.800	1.000	90,0
Níquel-Hidruro Metálico (NiMH)	70	140-300	250-1.000	1.350	70,0
Níquel Cadmio (NiCd)	60	50-150	150	1.350	72,5
Plomo-ácido	40	60-75	180	500	82,5

Fuente: www.buchmann.ca; www.battery-faq.com



cendió a 289 TWh, y la eólica generó 27 TWh. El consumo de un millón de vehículos eléctricos en España sería apenas el 11% de la generación eólica en 2007, y el 1% de la demanda de electricidad. La producción eólica de España en 2007 habría sido suficiente para abastecer a 9 millones de vehículos totalmente eléctricos, o 18 millones de híbridos enchufables, cifras que sin duda tardarán muchas décadas en alcanzarse, y para entonces la potencia eólica instalada será muy superior a la del año 2007.

La conclusión es obvia: la electrificación paulatina del transporte por carretera en España no plantea ningún problema irresoluble tanto desde el punto de vista del consumo eléctrico como de la red y el parque de generación.

■ Aliado de las renovables

La electrificación del transporte puede suponer el gran salto que necesitan las energías renovables destinadas a la generación de electricidad para consolidarse y superar sus inconvenientes de no gestionabilidad y de no garantizar el suministro, y puede tener la misma fuerza impulsora para la eólica y otras renovables que la que tuvo el motor de combustión interna a principios del siglo XX para la industria petrolífera, tras perder su gran mercado: el queroseno sustituido por la bombilla de Edison y la electrificación de la iluminación.

El consumo eléctrico de una reconversión paulatina del parque de vehículos en España no plantea problemas irresolubles, e incluso puede contribuir a mejorar la gestión de la red (redes V2G). Un vehículo que consuma 14 kWh por cada 100 km (los consumos oscilan bastante, de 10 a 20

Híbridos conectados a la red

Los híbridos eléctricos enchufables funcionan de forma similar a los híbridos tradicionales pero, a diferencia de éstos, tienen baterías mayores (también más costosas) y se pueden enchufar a la red cuando están aparcados, siempre que exista la acometida, para aumentar los kilómetros que se pueden recorrer sólo con el motor eléctrico. En teoría reúnen las ventajas tanto de los híbridos como de los vehículos totalmente eléctricos, y pueden facilitar la transición hacia la electrificación del transporte por carretera.

El motor eléctrico sirve para los pequeños desplazamientos diarios, la inmensa mayoría, con cero emisiones, y el motor convencional permite aumentar la autonomía entre recargas. Al igual que los vehículos eléctricos "puros", recuperan la energía de los frenados, que se pierde en los vehículos tradicionales, y no consumen en las continuas paradas, por lo que son ideales para los desplazamientos urbanos, con continuas frenadas y arranques.

kWh por cada 100 km), y que recorriese unos 15.000 km anuales (una media aceptable), consumiría al año 2.100 kWh. El parque de vehículos, según los últimos datos de la DGT, asciende a 30,3 millones, de los que 21,8 millones son turismos. Su consumo anual total ascendería a unos 80.000 GWh. Esta electricidad la podrían producir, en teoría, unos 37.000 MW eólicos. La eólica, por sí sola, podría suministrar en teoría toda la electricidad necesaria para electrificar el parque de vehículos existente en España, aunque lo lógico será un mix equilibrado y variable.

La V2G, que como se ha indicado corresponde a las siglas inglesas de "Vehicle-to-Grid" (del vehículo a la red), permite el almacenamiento en las horas valle y la recuperación de la electricidad en las horas punta desde las baterías de los vehículos eléctricos a la red. En otras palabras: la tecnología V2G permite cargar las baterías durante las horas valle, cuando el kWh es más barato, y venderlo a la red en horas punta, cuando el kWh es más caro. Así que con la V2G todos ganan. Los propietarios

de los vehículos, las empresas eléctricas, la sociedad y el planeta, aunque para ello se requiere crear toda una infraestructura hoy inexistente. Pero incluso sin la V2G, la electrificación del transporte tiene grandes beneficios para todos.

■ Gestionabilidad de la red

Para la operación del sistema eléctrico, las razones del interés por el coche eléctrico hay que situarlas en la importancia de incorporar nuevas demandas que permitan aplanar la curva de carga, objetivo siempre importante, pero crucial en un contexto de creciente penetración de las energías renovables en la generación de electricidad.

El recurso primario renovable presenta unas ciertas dificultades de almacenamiento y una limitada gestionabilidad. En España Peninsular, se dan dos elementos adicionales: la limitada capacidad de bombeo, que supone la alternativa óptima de almacenamiento nocturno, y las dificultades de colocar excedentes de generación en los sistemas eléctricos de los



"Two years after launching Renewable Energy Magazine is one of the largest online sources for renewable energy news, with over 22,000 visitors per month. Offering unparalleled insight into the global renewable energy market."

www.renewableenergymagazine.com





Capacidad de carga, el cuello de botella

Un vehículo eléctrico medio consume alrededor de 14 kWh por cada 100 km; un coche que recorra unos 15.000 Km al año consumiría 2.100 kWh, equiparable al consumo doméstico medio. Evidentemente el cuello de botella está en la capacidad de carga de las propias baterías, aunque en principio parece viable la carga de unos 5-7 kWh durante la noche en un enchufe casero, lo cual sería suficiente para el recorrido que va a realizar un vehículo durante el día.

El impacto en el sistema eléctrico de una hipotética implantación de dos millones de coches eléctricos sería aumentar la demanda de energía en 3.500 GWh al año, pero teniendo en cuenta que esa energía sería gestionable por el operador del sistema (OS), como un sistema de almacenamiento complementario al bombeo.

En los gráficos de la página siguiente se observa como cambiaría la curva de demanda con el consumo adicional que supondría la recarga de 2 millones de coches eléctricos (6,5 % del actual parque automovilístico en España). Si suponemos que la carga del vehículo se produce uniformemente a lo largo de las 7 horas que durante la noche tienen menos consumo, el incremento en la demanda sería de unos 2.000 MW en cada una de esas 7 horas, suponiendo que cada batería se recargara con 7 kWh (energía suficiente para recorrer 70 Km).

Sin embargo, la operación del sistema, podría ser mucho más flexible con la utilización de sistemas inteligentes que siguieran la evolución de la demanda general del sistema. En el gráfico 2 se puede observar cómo sería la curva para este caso, utilizando el mismo número de vehículos. Se puede observar que en las horas de menor consumo la demanda se podría aumentar incluso en 4.000 MW, aplanando considerablemente la curva de carga por la noche, e incluso en algunas horas del día en las que el consumo tampoco es excesivo, como pueden ser las 4 o las 5 de la tarde.

La carga durante las horas de la tarde podría hacerse en los aparcamientos de los edificios de oficinas donde se ubican los vehículos, pero aquí aparece uno de los temas fundamentales de futuro, la capacidad de las propias de las redes, sobre todo de distribución, que en algunos casos podrían duplicar las cargas inicialmente previstas.

Adicionalmente, y en un futuro, además de aumentar la demanda en horas valle, el vehículo eléctrico también podría suministrar electricidad en horas punta y tomando el ejemplo anterior, podría disminuir la carga suministrada al edificio por el sistema eléctrico, obteniéndose un menor consumo eléctrico neto. Este hecho aplanaría aun más la curva de carga evitando altos picos de demanda y manteniéndola constante entre ambas puntas, lo que mejoraría notablemente la operación del sistema eléctrico. En cualquier caso, no escapa la complejidad del sistema y la gestión técnica y económica de una serie de puntos de carga y potencial generación, operando simultáneamente en redes de baja y media tensión.

El sistema sería como sigue:

- El vehículo se recargaría entre la 1 y las 6 cuando la demanda apenas llega a unos 22.000 MW.
- En el trayecto al trabajo, el coche consumiría parte de la energía de la batería.
- Esta energía posteriormente puede ser recargada en los lugares de trabajo, en periodos de

todavía poca demanda para, por un lado vender energía a la red entre las 10 y las 16 horas, cuando la demanda supera los 38.000 MW, y por otro realizar el trayecto de vuelta a casa.

• También existiría la opción de suministrar energía a la red entre las 20 y las 23, que es cuando se suele producir el mayor pico de demanda, en el punto de recarga eléctrica instalado en los garajes de las casas.

Esta forma de operar tiene incidencia no sólo en el balance de energía, sino que también puede ser utilizado por el Operador del Sistema (OS) para optimizar los servicios de regulación.

países vecinos. La apuesta por los vehículos eléctricos es, por tanto, una alternativa con un claro potencial.

La Asociación Empresarial Eólica, tras un proceso de evaluación y reflexión en la Plataforma Tecnológica del sector eólico, REOLTEC, ha impulsado el proyecto REVE, cofinanciado por el MITYC, una de las primeras iniciativas sectoriales para analizar los retos de esta forma de generación y su afición a la producción de electricidad de origen eólico.

El gráfico que acompaña estas líneas muestra los objetivos para la energía eólica. Pero también es fundamental que produzcan el máximo número de horas posible, no sólo para garantizar la viabilidad económica de las inversiones, sino también para cumplir con los objetivos anteriores, que no olvidemos se fijan en términos de energía. Por lo tanto, los 40.000 MW deberían generar 86.000 GWh en el año. Para conseguir maximizar la producción de los parques eólicos, es importante evitar los recortes de producción tipificados por el PO 3.7, en cuatro tipos: saturación de redes, riesgos de inestabilidad transitoria, inhabilidad de los parques para activar las protecciones por límites en la potencia de cortocircuito y energía no despachable, por baja demanda.

De momento, la causa más importante de estos recortes es, precisamente, el riesgo de estabilidad de la red (en el año 2008 se produjeron casi una decena de recortes generales que supusieron una pérdida de unos 6 Millones € por lucro cesante, y algunos más producidos por las redes de distribución), aunque en el futuro, una vez que se adapten los parques eólicos a los huecos de tensión, el mayor riesgo de recorte vendrá por la electricidad eólica que no puede colocarse por baja demanda.

Este problema de la electricidad no evacuable, será más importante a medida que se incremente el peso de la energía eólica en la cobertura de la demanda, que deberá alcanzar el 36% en el año 2020 para una demanda prevista de 250 TWh, frente al actual del 11%. Para evitarlo, se han propuesto diversas soluciones como son una mayor conexión con Francia y, especialmente, incrementar el bombeo nocturno.

En cualquier caso, es importante tener en cuenta que el incremento de la demanda con vehículos eléctricos obligará a una mayor contribución por parte de las renovables, lo que una vez más redundará



en la necesidad de dotar de una mayor flexibilidad a la operación del sistema con esta y otras soluciones.

Sobre la conexión con Francia, se va a realizar un incremento de la potencia para llegar a tener unos 4.000 MW, lo cual supondría una garantía adicional de venta de los excedentes de generación eléctrica eólica, que deberá competir con otras fuentes de generación, como la nuclear, de costes de variables y de oportunidad muy bajos. La experiencia de los intercambios de Alemania con sus vecinos demuestra la importancia de la puesta en

marcha de mecanismos de mercado, que eviten los vertidos de fuentes de energía primaria de coste nulo, como es el caso del viento.

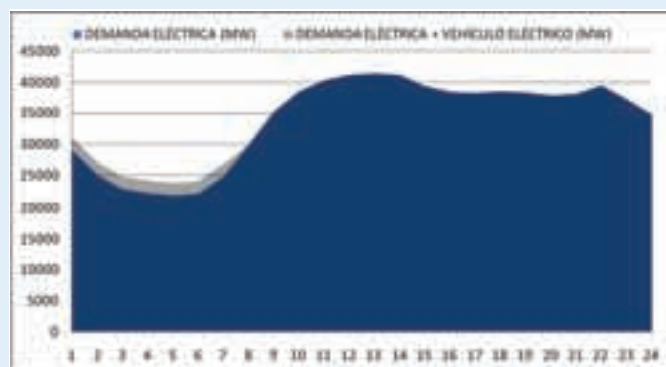
Por lo que respecta al bombeo, para el que están previstos 3.000 nuevos MW, algunos ya en construcción o repotenciación, el problema es que existen en la actualidad pocos emplazamientos en nuestro país, con las condiciones orográficas adecuadas y, en principio, se considera difícil alcanzar la cifra mencionada.

Este es el contexto futuro donde aparecen los vehículos eléctricos, que deben

permitir inicialmente incorporar nuevas cargas en horas de baja demanda y posteriormente, modular cargas en diferentes periodos. En cualquier caso el reto, desde el punto de vista eléctrico, no es desdeñable, tanto por el lado de la operación del sistema eléctrico, como de la infraestructura eléctrica necesaria para la conexión de los vehículos, así como el necesario desarrollo reglamentario y normativo.

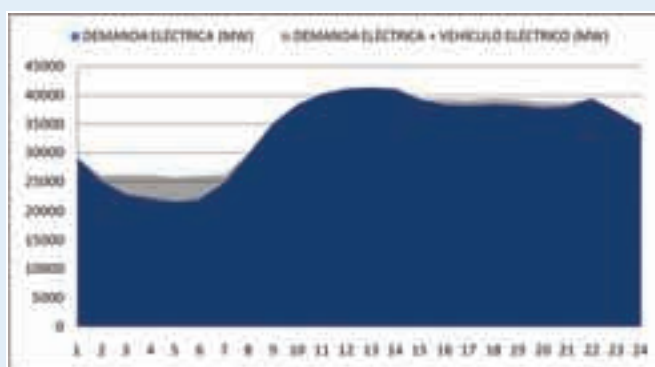
**Alberto Ceña es el Director Técnico de la Asociación Empresarial Eólica. José Santamarta es Director de World Watch.*

■ Aplanamiento de la curva de demanda con carga constante de los vehículos eléctricos por la noche



Datos de demanda para el año 2020. Fuente: AEE

■ Aplanamiento de la curva de demanda con una carga flexible en diferentes periodos de baja demanda



Datos de demanda para el año 2020. Fuente: AEE

Llévate el sol a casa

Utiliza el Consultorio de Instalaciones de www.energias-renovables.com

EURENER te ofrece asesoramiento gratuito