



LA ELECTRICIDAD

EL FORMATO ENERGÉTICO DEL SIGLO XXI

Luis Atienza

La electricidad tiene un papel protagonista en el siglo XXI. La posibilidad de generarla a partir de tecnologías renovables y libres de CO₂ la convierte en uno de los ejes sostenibles del futuro. Sin embargo, aún quedan obstáculos por salvar, como el aislamiento energético de España con respecto al resto de Europa o la capacidad de la tecnología de responder a un flujo energético que depende de las condiciones meteorológicas del momento.

El uso de las distintas energías ha marcado la historia de la humanidad y la forma en la que cada sociedad se sitúa en el mundo. Aprovechar la energía del viento permitió a los fenicios dominar el Mediterráneo, la fuerza del agua molió la harina europea durante mucho tiempo, y controlar la energía del vapor hizo posible nada menos que la revolución industrial. Hoy sabemos que la electricidad está teniendo un papel protagonista en la sociedad del siglo XXI y que será cada vez más relevante, mayor aún que el que ha desarrollado en el siglo pasado. No es posible concebir un modelo energético sostenible, es decir, un modelo de sociedad viable, sin tener en cuenta esta energía, clave del mundo tecnológico. Ya no cabe ninguna duda de que esa centralidad actual se va a ver incrementada en el futuro en la medida en que el vector eléctrico está llamado a ser el verdadero eje del cambio hacia la sostenibilidad en el uso de la energía.

«LA ELECTRICIDAD TIENE UN PAPEL PROTAGONISTA EN LA SOCIEDAD DEL SIGLO XXI QUE SERÁ CADA VEZ MÁS RELEVANTE, MAYOR AÚN QUE EL QUE HA DESARROLLADO EN EL SIGLO PASADO»

■ UNA SOCIEDAD ELECTRODEPENDIENTE

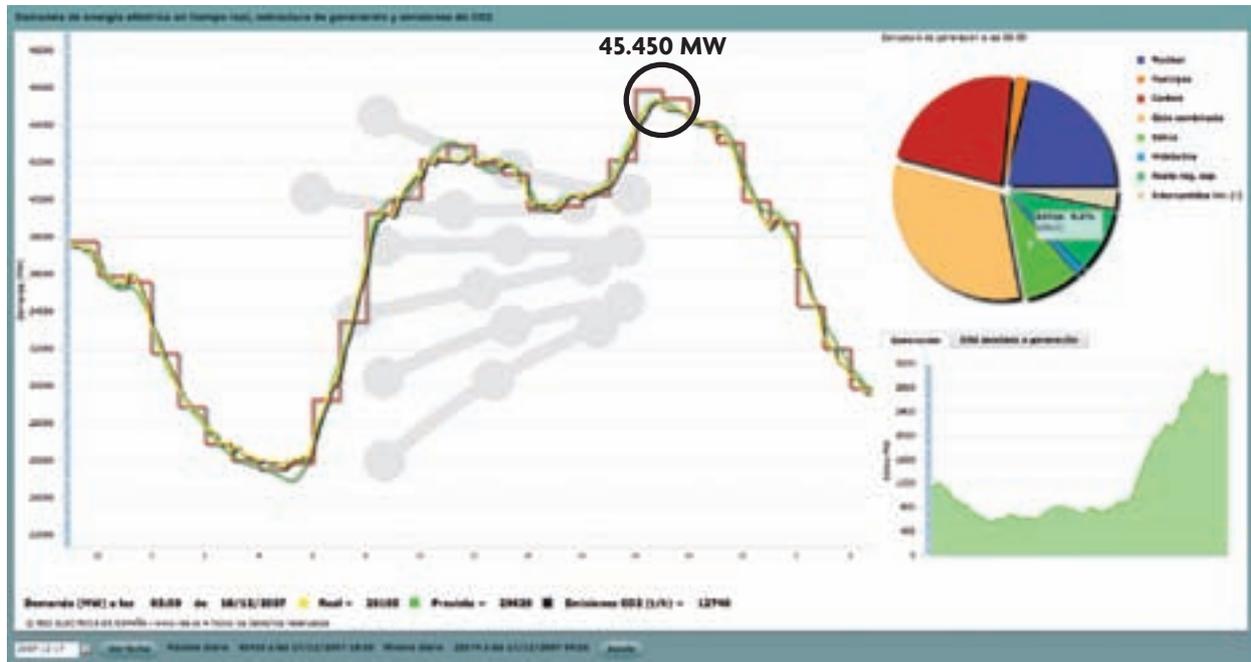
Las ventajas de la electricidad se encuentran tanto en el extremo de la generación como en el de la demanda. En la generación porque, gracias a la electricidad, podemos utilizar a gran escala las energías renovables. Es decir, la electricidad pone a nuestra disposición la energía del viento, del agua y del sol; pero, además, gracias a este vector energético, podemos disfrutar también del resto de tecnologías libres de CO₂, como la nuclear, y otras que resultan relevantes para la eficiencia del sistema,

como la cogeneración. También usaremos a través de la electricidad, cuando esté disponible, la energía fósil con captura y almacenamiento de CO₂, y, con toda probabilidad, las que utilicemos en el futuro, como la fusión.

Y desde el lado de la demanda, la electricidad tiene la enorme ventaja de que las emisiones son nulas en el punto de consumo, con independencia de cómo se haya generado, lo que tiene una importancia notable en las ciudades, donde la calidad del aire es un problema cada vez más acuciante. Además, es importante para la eficiencia energética con tecnologías como los leds o las bombas de calor. Y, finalmente, la electricidad es el *input* energético más solicitado en la sociedad de la información, de los servicios, de la tecnología y del conocimiento, las cuatro patas que caracterizan la sociedad actual. Su penetración en nuestros hábitos y requerimientos no tiene precedentes, hasta el punto de que los ciudadanos de hoy somos cada vez más electrodependientes.

El transporte por carretera es, probablemente, el último gran territorio energético que le queda a la electricidad por conquistar. Hasta ahora parecía patrimonio exclusivo de los derivados del petróleo, pero las baterías y los vehículos eléctricos pueden otorgar a la electricidad significativas posibilidades también en este ámbito. Quizá no suceda en este decenio, pero resulta evidente que los derivados del petróleo, tanto por el coste de extracción como por el impacto ambiental, irán siendo sustituidos paulatinamente por la electricidad, que aporta, como ya he mencionado, un importan-

Pepa L. Poquet. *Habitáculos*, 2012. Archivo digital (capturas de fotogramas de película analógica de 16 mm y S-8). Dimensiones variables.



Ciclo diario de demanda y generación eléctrica. La máxima demanda eléctrica instantánea en el sistema eléctrico se produjo a las 8 de la tarde del 17 de diciembre de 2007, con 45.450 megavatios (MW). Las curvas de gestión, elaboradas diariamente por Red Eléctrica de España, muestran la previsión del mercado para cada hora del día (escala roja), las previsiones en función del día (línea verde) y la evolución de la demanda real (línea amarilla). La tarea del gestor eléctrico es hacer una buena previsión diaria, advertir a los productores y garantizar, al milisegundo, que la generación eléctrica se corresponde exactamente con la demanda, con el objetivo de que se mantenga en los 50 Hz de frecuencia. Esto significa procesar unos 270.000 datos de generación y de demanda cada 4 segundos. Si la frecuencia se llega a desviar, en más o menos, más allá del 1% (49,5 o 50,5 Hz), se rompe el delicado equilibrio dinámico entre demanda y generación, el sistema cae, se producen desconexiones de protección y puede llegar el apagón. Esta estructura de la demanda, con mínimos diarios de 25.000 MW y máximos de más de 40.000 MW, complica mucho la gestión de un recurso que se consume en el mismo momento en que se produce. La demanda de energía eléctrica real, la estructura de generación y las emisiones de CO₂ que se producen se pueden consultar en unas gráficas interactivas disponibles en <http://demanda.ree.es/demanda.html>, como la de la imagen, que corresponde a la demanda eléctrica del día 17 de diciembre de 2007 antes señalado.

te beneficio para la calidad del aire y para la reducción del ruido en las ciudades.

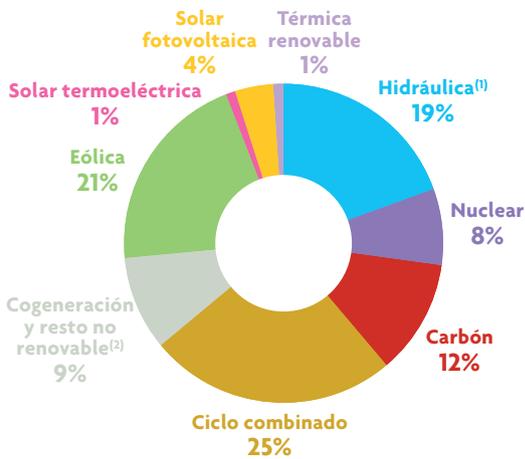
No es aventurado, por tanto, afirmar que el futuro de la electricidad condiciona de manera determinante nuestro futuro energético. O, más bien, que nuestro futuro energético va a estar absolutamente condicionado por el futuro que sepamos proporcionarle a la electricidad. Por eso debemos desarrollar todo su potencial, lo cual nos permitirá avanzar hacia un modelo más seguro y más sostenible, que resulte asimismo compatible con la competitividad de nuestra economía y con la protección ambiental en su sentido más amplio.

El reto es nuevo e importante porque el sistema eléctrico ha cambiado mucho en los últimos años. Ahora tenemos que ser capaces de hacer frente a un sistema que ya no es dócil, como el de antaño, en el que para asegurar el equilibrio instantáneo entre la oferta y la demanda bastaba con dar instrucciones a las centrales de carbón o a las hidroeléctricas para que aumentaran o redujeran la producción. Es decir, la demanda se tomaba como un hecho y la producción se ajustaba a ella de forma instan-

tánea. Ahora, sin embargo, una parte importante de nuestro *mix* de generación no es gestionable, es decir, la energía se produce cuando hay viento, agua o sol, no cuando la demanda lo requiere. Nos vemos obligados a buscar formas de compensar esa variabilidad y la solución no es única ni evidente, es la suma de muchas aportaciones.

■ LA COMPLEJA INTEGRACIÓN DE LAS ENERGÍAS RENOVABLES EN EL SISTEMA ELÉCTRICO

En España estamos bien situados para compensar la variabilidad de las energías renovables porque hemos hecho un importante tramo del camino. En nuestro país se han producido dos circunstancias que no se habían dado en ningún otro de manera simultánea, y que nos han obligado a ir más lejos que los demás. Por una parte, una muy elevada potencia eólica instalada, que hoy supone ya 21.000 megavatios (MW); por la otra, una muy limitada capacidad de interconexión con el sistema eléctrico europeo. Para entender esta debilidad basta comparar la capacidad de la interconexión eléctrica de Dinamarca



⁽¹⁾ Incluye la potencia de bombeo puro (2.747 MW)

⁽²⁾ Incluye térmica no renovable y fuel-gas

Mix de potencias brutas instaladas en diciembre de 2011 (100.576 MW)

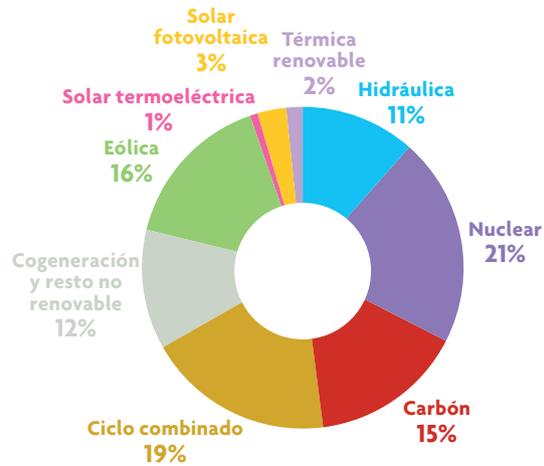
TECNOLOGÍA	MW	%
Hidráulica	19.573	19,5
Nuclear	7.777	7,7
Carbón	11.700	11,6
Ciclo combinado	25.269	25,1
Cogeneración y resto no renovable	9.611	9,6
Eólica	20.733	20,6
Solar termoeléctrica	949	0,9
Solar fotovoltaica	3.903	3,9
Térmica renovable	1.062	1,1
TOTAL	100.576	

con sus vecinos, Alemania, Suecia y Noruega, equivalente al 60% de su punta máxima de demanda, con el 3% de capacidad de interconexión de nuestro sistema. La suma de ambas condiciones, por tanto, nos ha obligado a dar un paso al frente e ir por delante en cuanto a la integración segura de energía eólica.

Esa apuesta sostenida de nuestro país por las energías renovables ha sido posible gracias al diseño y al desarrollo de un modelo pionero en el mundo para la integración de estas energías, especialmente la eólica, en el sistema eléctrico. Red Eléctrica de España, como empresa encargada del transporte y la operación del sistema eléctrico, ha sabido asumir la responsabilidad de aportar soluciones que puedan hacer viables los objetivos de la política energética. Por eso puso en marcha, en el año 2006, el Centro de Control de Energías Renovables (Cecre), que ha permitido establecer una relación inteligente entre la generación, la red de transporte y la operación del sistema.

Este centro ha colocado a España en una posición de vanguardia en el mundo y con él hemos podido

«UNA PARTE IMPORTANTE DE NUESTRO 'MIX' DE GENERACIÓN DE ELECTRICIDAD NO ES GESTIONABLE, ES DECIR, LA ENERGÍA SE PRODUCE CUANDO HAY VIENTO, AGUA O SOL, NO CUANDO LA DEMANDA LO REQUIERE»



Mix de cobertura de la demanda en diciembre de 2011

Estructura de la generación eléctrica española (2011). La capacidad de generación eléctrica del Estado español (islas excluidas) supera los 100.000 megavatios (MW), bien que una parte sensible de esta potencia depende de fenómenos aleatorios (viento, agua embalsada, etc.). La grandeza de las renovables es que la materia prima resulta gratuita, limpia y libre de condicionantes geoestratégicos; la servitud es la recurrencia de su disponibilidad. Así, en el 2011, la generación hidroeléctrica y la eólica cubrieron un 11% y un 16% de la demanda, a pesar de representar el 19% y el 21% de la potencia instalada, mientras que la nuclear, con solo un 8% de la potencia instalada total, cubrió un 21% de la demanda.

resolver el desafío de hacer posible una gran penetración de las energías renovables en un sistema casi aislado, y hacerlo de manera segura y eficiente. La clave para haber podido llegar tan lejos en la integración ha sido la anticipación a los problemas y la dotación de sistemas técnicos que permiten gestionar la energía renovable de manera cada vez más equiparable a la convencional. Hoy en día, gracias al Cecre, tenemos capacidad de respuesta ante las variaciones de la energía renovable y podemos garantizar plenamente la seguridad del suministro. Somos capaces de hacer frente con seguridad a situaciones en las que el 60% de la demanda se satisface con energía eólica, tal y como ocurrió el 6 de noviembre del 2011, y otras en las que el viento apenas cubre al 1%.

La variación, expresada en MW, supone pasar de 15.000 a 150, todo ello con una capacidad de interconexión con el resto del sistema eléctrico europeo, la red de seguridad, de 1.400 MW. Y, además, teniendo en cuenta que la producción eólica se mueve por el territorio, se desplaza tal y como la borrasca lo va haciendo por la geografía nacional, en general con dirección oeste-este. Ese desplazamiento equivaldría a suponer que diez centrales convencionales de gas que por la mañana produjeran

en el noroeste de España, estarían localizadas ocho horas después en el valle del Ebro y en la costa mediterránea ocho horas más tarde, pero sin haber dejado de producir en ningún momento. Ser capaces de no desperdiciar esa energía y ponerla al servicio del sistema en condiciones de seguridad es lo que ha convertido nuestro centro de control en un lugar obligado de visita para quienes en el mundo desean integrar energía eólica en condiciones de seguridad.

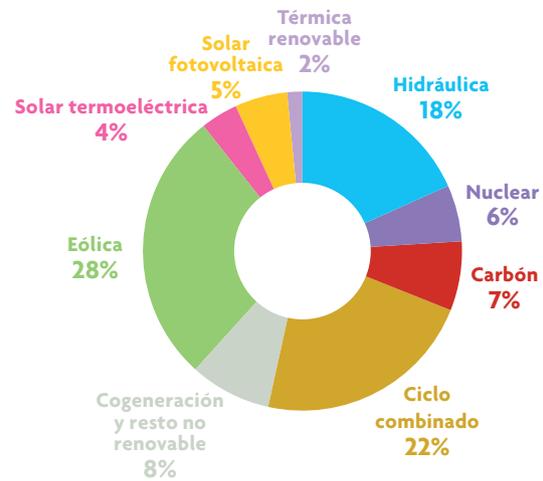
Sin duda hemos trabajado mucho y el liderazgo español es reconocido por los gobiernos, instituciones y organizaciones profesionales del sector de los países más avanzados, que con frecuencia acuden a conocer el Ce-cre, pero los retos no terminan aquí. Para alcanzar los objetivos europeos que exigen un 20% de energía primaria proveniente de fuentes renovables en el 2020, lo que se traduce en el 40% para el sector eléctrico, va a ser necesario recorrer otro largo camino.

■ LA SUPERACIÓN DEL RETO DEL AISLAMIENTO ENERGÉTICO

Nuestra principal dificultad se centra en las especiales circunstancias de nuestro país desde el punto de vista eléctrico. Como ya he mencionado, nuestra interconexión con Europa es muy pequeña, lo que hace que nuestro funcionamiento, desde el punto de vista eléctrico, sea casi como el de una isla. Precisamente porque no estamos en el centro de Europa, no podemos usar el sistema eléctrico europeo, diez veces superior al español, como colchón amortiguador frente a las necesidades que plantean unas fuentes con aportaciones muy variables de energía en función de las condiciones climáticas de cada día y de cada momento.

Por eso, de manera prioritaria, tenemos que intensificar nuestra interconexión con Europa, lo que ya estamos haciendo con la construcción de una nueva línea a través de los Pirineos orientales, con la que duplicaremos nuestra capacidad actual. Esta línea, que estará disponible en el horizonte del 2014, supone una gran mejora que nos permitirá llegar, desde el 3% actual, al 6% de capacidad de interconexión con respecto a la punta de máxima demanda, pero todavía muy lejos del 10% que la UE identifica como capacidad mínima ideal de interconexión entre cada país y sus vecinos. Tenemos, pues, que seguir aumentando nuestra conexión con Europa a través de otro proyecto cuyo trazado y viabilidad estamos ya estudiando con nuestros colegas franceses y que, previsiblemente, discurrirá por el golfo de

«EL AUMENTO INEVITABLE DE LA RED ELÉCTRICA TIENE UN COSTE, NO TANTO ECONÓMICO COMO PAISAJÍSTICO Y SOCIAL, PORQUE LAS LÍNEAS ELÉCTRICAS SUSCITAN UN IMPORTANTE Y CRECIENTE RECHAZO ENTRE LA POBLACIÓN»



Mix de potencias brutas instaladas

(Potencia renovable de acuerdo a PER2020. Geotérmica y energía del mar incluidas en térmica renovable e hidráulica respectivamente)

Estructura de la generación eléctrica española (previsiones para 2020). Las instrucciones de la Comisión Europea en materia de energía y de lucha contra el cambio climático se orientan a conseguir que el año 2020 hayamos reducido en un 20% las emisiones de gases con efecto invernadero, hayamos incrementado en un 20% la eficiencia energética de los sistemas productivos o de provisión de servicios y hayamos sustituido un 20% de fuentes fósiles de energía primaria por fuentes renovables. Es el llamado «programa 20/20/20» que en España ha inducido el Plan de Energías Renovables 2011-2020. Esta determinación de incrementar el peso de las renovables en el *mix* instalado es una excelente noticia ambiental y también económica, pero comporta un aumento de complejidad en la gestión del sistema eléctrico. Entre otras cosas, exige una mejora en la interconexión con el sistema eléctrico europeo para poder intercambiar energía limpia en los momentos en que la energía renovable, a esta parte y a la otra de los Pirineos, supera la demanda local.

Vizcaya. Y aún deberíamos ser capaces de plantear otra interconexión más antes de que termine esta década.

Paralelamente, debemos trabajar en otras soluciones que, combinadas entre sí, puedan ayudarnos en unos años a mejorar la eficiencia de un sistema eléctrico que en nada se parece al que teníamos hace muy poco tiempo. El modelo de generación se comporta, como digo, caprichosamente, dependiendo del viento o del sol, pero sigue

siendo necesario asegurar el equilibrio instantáneo entre la oferta y la demanda. Para hacerlo necesitamos, además de más interconexión, más capacidad de almacenamiento. De momento, este almacenamiento solo es posible a una escala relevante mediante centrales de bombeo de agua reversibles, cuya potencia deberemos incrementar.

En este escenario la necesidad de más red eléctrica resulta inevitable porque los recursos de generación renovable están distribuidos por el

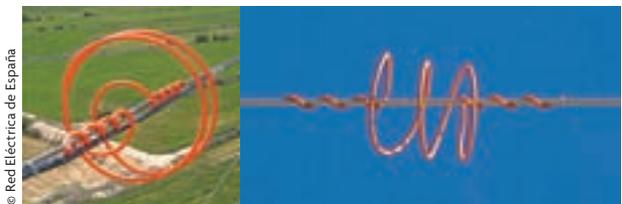


Las líneas eléctricas suscitan cierto rechazo por sus efectos en el paisaje. El riesgo de colisión de las aves con los tendidos eléctricos se evita al colocar señalizaciones salvapájaros en las líneas.

territorio de forma muy dispersa. Para gestionar los flujos entre el origen y el destino se requiere una red más robusta y más mallada que la que exige una generación convencional. Y no cabe duda de que esta red tiene un coste, no tanto económico, dado que la red de transporte apenas representa el 5% del coste del sistema eléctrico, pero sí paisajístico y social, porque las líneas eléctricas suscitan un importante y creciente rechazo entre la población. Tenemos un gran reto, pero también una gran oportunidad y hemos de convencer a la sociedad de la necesidad de disponer de un sistema eléctrico más sostenible, con mayor aportación de fuentes renovables, lo que necesariamente, quiero insistir en ello, exige un sistema con una red de transporte más robusta y mallada.

■ UNA TECNOLOGÍA INTELIGENTE PARA ENCARAR EL FUTURO

Por otra parte, el desarrollo de las tecnologías de la información nos va a permitir una gestión cada vez más inteligente de la demanda. Gracias a contadores inteligentes y a una interactividad instantánea entre el contador y la red de distribución, y después con la red de transporte y la operación del sistema, podemos llegar a modificar el comportamiento de los consumidores, que pueden convertirse en agentes clave del cambio si su consumo se desplaza de las horas punta a las horas valle y si una parte del consumo es capaz de reaccionar a la disponibilidad de la oferta y a su coste. En este sentido, el coche eléctrico puede representar también un importante aliado de un sistema más sostenible siempre que la recarga sea inteligente. Es decir, si se optimiza el



proceso de forma que la mayor parte de los vehículos se recarguen en las horas valle, por la noche, en las que puede haber energía renovable excedentaria.

En definitiva, hoy por hoy la electricidad se sitúa en el eje del cambio hacia la sostenibilidad del sector energético. Quizá en el futuro haya otros actores principales, otros vectores, pero el protagonista actual es sin duda eléctrico. La electricidad ofrece además mucha flexibilidad a la hora de combinar tecnologías y energías primarias porque, aunque debe escoger las más limpias, puede ser obtenida con gran versatilidad.

Queda mucho trabajo por hacer y el sector eléctrico español deberá adaptarse a los cambios que harán posible un nuevo modelo, lo que exigirá la máxima implicación de todos los actores, desde los reguladores hasta los consumidores, pasando por todos los agentes que intervienen en el sistema. Estoy convencido de que entre todos conseguiremos que este bien fundamental para el desarrollo económico y para la calidad de vida siga estando al alcance de la sociedad de forma segura y fiable, y a un precio razonable, que resulte compatible con la competitividad de nuestra economía y con la conservación ambiental en su conjunto. Y creo que seremos capaces de ello porque, como dijo Albert Einstein: «Hay una fuerza motriz más poderosa que el vapor, la electricidad y la energía atómica: la voluntad». ☺

Luis Atienza. Expresidente de Red Eléctrica de España (Madrid).