

## El marco actual y potencial del sistema eléctrico español para la generación distribuida de electricidad



### Jorge Fabra Utray

Economista y doctor en Derecho.  
Presidente de Economistas Frente a la Crisis (EFC)

#### Resumen

La generación distribuida presenta una ventaja sobre cualquier otra: acerca la generación al consumo y disminuye prácticamente a cero las pérdidas de la red de distribución que corresponderían a aquella electricidad que se consume en el mismo punto en el que se genera. Esta cuestión no es baladí. Las pérdidas de electricidad que se verifican en las redes de muy baja tensión se sitúan en promedio en el 14 %. Es decir, implican una pérdida del coste variable y fijo del *mix* tecnológico eléctrico que se suministra a través de la red eléctrica. No se trata solo de una contribución a la eficiencia económica del sistema eléctrico, también a la gestión del medio ambiente. Pero no solo es la generación distribuida la que permite disminuir las pérdidas del sistema eléctrico, también un adecuado diseño de las redes eléctricas contribuye a gran escala a la disminución de las pérdidas de transmisión de electricidad. Esta última cuestión es demasiadas veces ignorada.

#### Palabras clave

Línea directa, red eléctrica, sistema eléctrico, pérdidas de electricidad, distancia eléctrica, tensión V, intensidad A, conectividad, modularidad de las instalaciones de generación, autoconsumo

#### Abstract

*Distributed generation has advantages over other forms in that it generates electricity near to where it will be used and practically eliminates any loss on the distribution grid with respect to the electricity consumed at the same point where it is generated. This is not a trivial matter as the electricity losses recorded on very low-voltage grids may be set around 14% on average. This then implies a loss of the variable and fixed cost of the electricity technological mix that is supplied through the Electricity Grid. Distributed generation not only contributes to the economic efficiency of the Electricity System, but also to environmental management. However, it is not only Distributed Generation that helps reduce the losses of the Electricity System, as the correct design of the electricity networks also contributes to reductions in these losses of electricity during transmission and this latter aspect is one that is frequently ignored.*

#### Keywords

*Direct line, Electricity Grid, Electricity System, electricity losses, electricity distance, voltage V, Current I, connectivity, modularity of generation installations, self-consumption*

En las economías desarrolladas, la electricidad es un bien esencial cuyo suministro y consumo impregna todas las actividades de la sociedad. Sin embargo, sigue resultando, para la mayoría, un asunto de difícil comprensión. ¿Quién no se ha frustrado alguna vez ante la dificultad de comprender o seguir el debate que se desarrolla en torno a la electricidad, desde la formación de los precios en el mercado eléctrico hasta la información que suministra el recibo que cada mes pagamos a las empresas eléctricas?

La electricidad no es equiparable, en su naturaleza física, a ningún otro bien o servicio; tampoco lo es su gestión

económica, legal e institucional. Un lenguaje críptico se ha apoderado de la electricidad contribuyendo a que sean aún mayores las barreras que se oponen a la comprensión de su gestión social y económica (y, por tanto, a la participación de un mayor número de agentes incluidos los ciudadanos). Pero la importancia creciente de la electricidad en las economías desarrolladas está provocando un vuelco de las preocupaciones de la sociedad hacia el modo en que está organizado su suministro.

Las características técnicas de la electricidad han propiciado la configuración corporativa del sector eléctrico so-

bre la base de organizaciones monopolistas verticalmente integradas y con implantaciones territoriales delimitadas, ligadas a la extensión de la red eléctrica. Durante decenios, el suministro de electricidad ha implicado actividades de difícil control social, con muy baja participación de agentes diferentes a los que, en un sentido estricto, componen el sector eléctrico.

La industria eléctrica comenzó el siglo XX de un modo que no debiera ser ignorado. Los descubrimientos tecnológicos crearon su propia demanda y las inversiones en generación eléctrica se produjeron parejas a la impaciencia de los primeros consumidores esperanzados en las ventajas del progreso tecnológico. Algún primer innovador tecnológico contrató el suministro de electricidad que sus máquinas eléctricas necesitaban a un primer generador de electricidad que para servirle construyó, entre ambos, una línea eléctrica. Había nacido la industria eléctrica. Fue el primer consumo mediante una línea directa, cuyo acceso compartió con un segundo consumidor y después con un tercero a cambio de un justo reparto de los costes incurridos. A un tercero, le siguió un cuarto y un quinto, hasta que la línea quedó saturada. Se construyó entonces una segunda línea, y una tercera y una cuarta, hasta que se comprendió que antes que una quinta línea era preferible unir la segunda a la primera y aquella y Esta a la tercera, y todas a una quinta. Y ello resultó equivalente a mil líneas

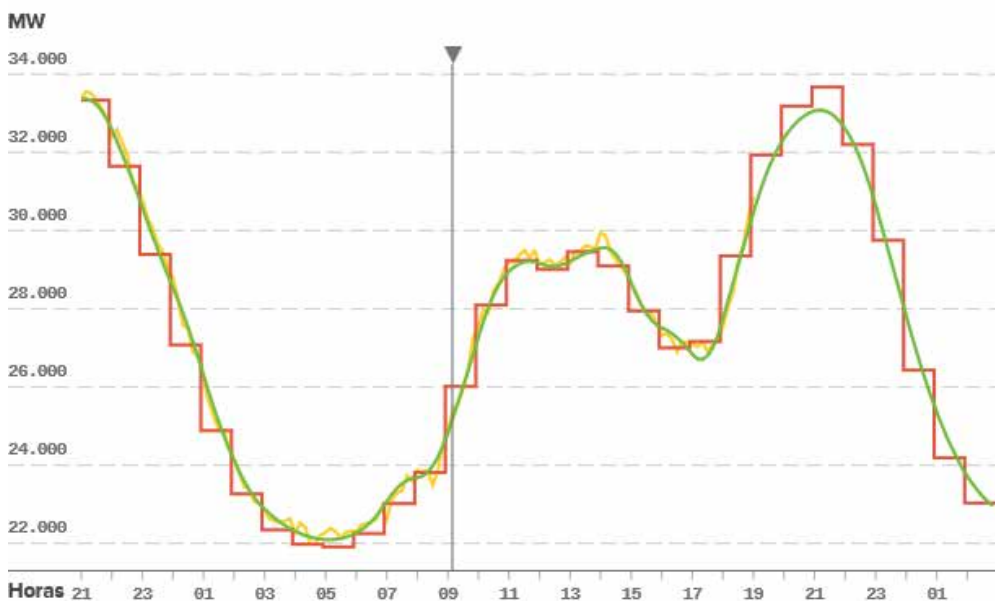
para suministrar, desde cien centrales eléctricas, a diez, veinte, treinta... millones de consumidores. De la 'línea directa dedicada', al acceso de terceros consumidores; del 'acceso de terceros', al acceso de todos. Así nació la red eléctrica de transporte, un espacio público compartido por todos los ciudadanos.

### Algunas cuestiones que deben estar presentes en las reflexiones sobre la 'energía distribuida'

La electricidad, en contra de lo que generalmente se cree se transporta mal. Su trasmisión por los conductores eléctricos se enfrenta a una 'resistencia' que se convierte en calor y se disipa a la atmósfera. Esto quiere decir que no toda la electricidad que se produce llega a su destino. Y además, esas pérdidas se incrementan con el cuadrado de la intensidad a la que la electricidad se transmite y en función de la longitud y de la sección del conductor.

La potencia transmitida por un conductor es el producto de la tensión –voltios V– y de la intensidad –amperios A–, de tal manera que, a una distancia dada, con una sección dada del conductor y a una energía dada, las pérdidas de electricidad por calentamiento de las redes será menor cuanto mayor sea la tensión de la transmisión.

El tema es tan simple como lo siguiente: (1 Voltio) x (1 Amperio) = (1 Watio). Es decir, el W, medida básica de



Curva de potencia que determina sobre los ejes de coordenadas la energía producida y consumida en un día

la electricidad producida en un instante, es la unidad de medida de la potencia de un generador eléctrico. El mantenimiento de la potencia en el tiempo dibuja una curva (curva de potencia) cuya integral es la energía (representada por la superficie delimitada por la curva de potencia, el eje de ordenadas que representa la potencia (W) y el eje de abscisas que representa el tiempo (h). Así, por ejemplo, 1 kWh es la energía contenida en el mantenimiento durante una hora de una potencia de 1 kW lo que es igual  $1.000 \text{ V} \cdot 1 \text{ A}$  o a  $1 \text{ V} \cdot 1.000 \text{ A}$  o a cualquier otra combinación de los factores del producto que dé como resultado  $1.000 \text{ W}$ , es decir, 1 kW.

Si transmitimos durante una hora 1 kW con una intensidad de 1 A a una tensión de 1.000 V, las pérdidas de energía serán mínimas... y el kWh producido llegará casi intacto al punto de consumo. Pero si transmitimos ese mismo kWh con una intensidad de 1.000 A a una tensión de 1 V, con toda seguridad la línea se calentará y, dependiendo de la sección del conductor y de su longitud, podría llegar, incluso, a disipar toda la energía en forma de calor. Es decir, las pérdidas podrían ser tales que igualaran el kWh y, por consiguiente, nada acabaría llegando al punto de consumo. El kWh se habría perdido en el camino. Esto es un ejemplo, naturalmente, extremo que solo tiene por objeto ilustrar el asunto que nos ocupa de la energía distribuida cuyo beneficio no es otro que la minimización de las pérdidas de transmisión (y también el aprovechamiento de calor residual, en instalaciones sobre las que aquí no nos detendremos).

Así es que la expresión ‘generación eléctrica distribuida’ se refiere a aquellas instalaciones de generación de electricidad que por estar cercanas al consumo permiten que las pérdidas de la electricidad que produzcan sean mínimas. Esta es la razón por la cual la energía distribuida presenta ventajas de eficiencia frente a la energía generada lejos de los centros de consumo. Es necesario subrayar que las pérdidas de energía no solo afectan a la energía primaria que ha sido transformada en electricidad, también a la inversión que les corresponda de la instalación de generación de electricidad. Es decir, la electricidad perdida lo es en todo su coste medio (fijo +variable). No solo se pierde el valor de la energía primaria utilizada en la producción de electricidad, también el valor de la inversión que ha permitido producir la electricidad perdida en la transmisión.

### *La Red de Transporte de Electricidad*

Estas son las razones por la cual las grandes redes eléctricas de transporte de electricidad tienen encomendada la misión de transportar electricidad con altas tensiones. Las altas tensiones permiten transportar grandes cantidades de electricidad con menor intensidad y, por consiguiente, con pérdidas mínimas. La red española de transporte está compuesta por redes malladas con tensiones de 400.000 y 220.000 V que suman 40.500 km y que evacúan la electricidad hasta las redes de media tensión que la entregan a una red (generalmente con una topología en ‘estrella’) de baja tensión. Los diferentes consumidores están conectados a diferentes redes con diferentes niveles de tensión en función de la potencia de sus equipos de consumo. A título de ejemplo, los consumidores con potencias contratadas inferiores a 10 kW están conectados a líneas con tensiones de 380/220 V. Grandes consumidores están conectados a tensiones superiores según su potencia de consumo, incluso de 400.000 V.

En España, entre la producción y el consumo, en términos medios y aproximados –por simplificar–, las pérdidas del sistema generación-transporte-distribución se sitúan en torno al 9 % de la electricidad producida con el siguiente reparto, también aproximado: 2 % para las redes de 400-220.000 V; 7 % para las redes de media tensión... 14 % para las redes de baja tensión. Son las redes de distribución de tensiones menores las que generan una mayor cantidad de pérdidas al sistema eléctrico.

Habíamos dicho que las pérdidas son una función de la distancia. Es decir, a una tensión dada, a una intensidad dada y con una sección del conductor dada, las pérdidas disminuyen cuanto menor sea la distancia entre el consumo y la generación. Y esa distancia es la que determina la topología de las redes que recorre la energía producida hasta el punto en que es consumida.

Cuando las centrales de generación y los puntos de consumo están distribuidos con una cierta homogeneidad por el territorio cubierto por el sistema eléctrico –que es el caso de España y no lo es, por ejemplo, el de Chile–, una topología en malla de la red eléctrica es el modo más eficaz para disminuir las pérdidas del sistema. Cuanto mayor sea el mallado de la red (naturalmente dentro de los parámetros considerados óptimos), la electricidad encontrará (por las leyes de la física –Kirchhoff– que la gobiernan) un camino más corto que el que encontraría en ese mismo sistema



Red de transporte de electricidad

eléctrico –el español por ejemplo– si la red estuviera insuficientemente mallada.

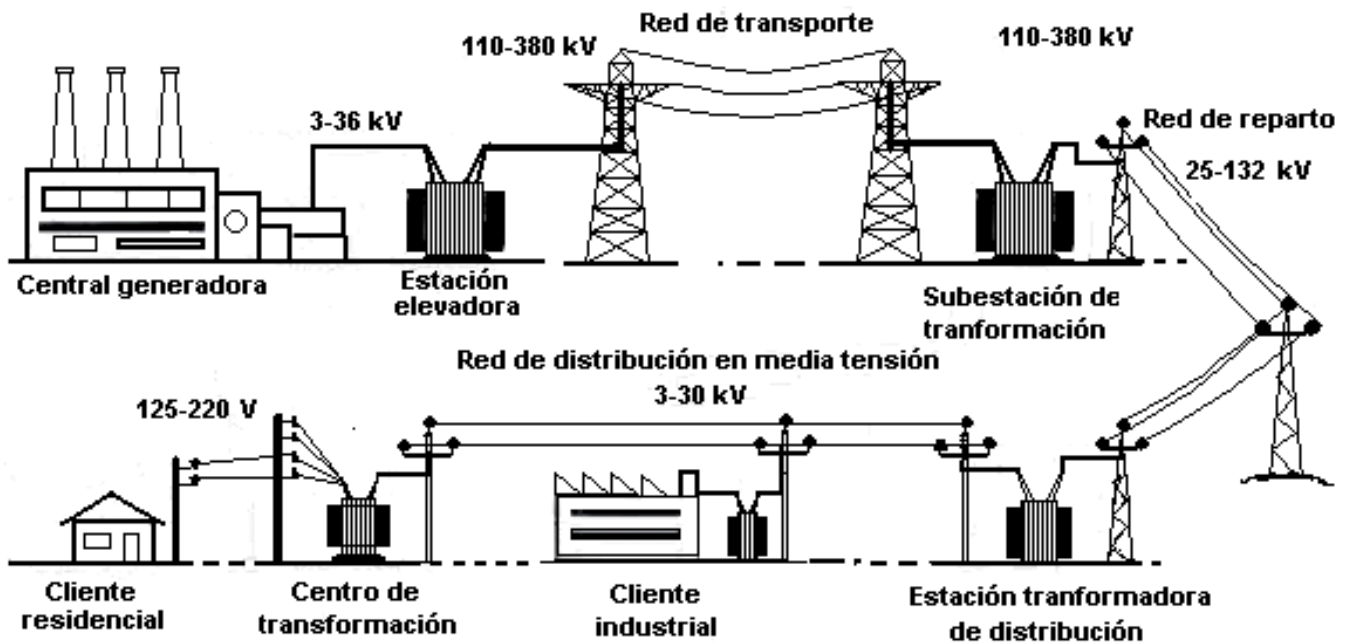
Esto quiere decir una cosa de suma importancia y trascendencia que resulta paradójica para muchos ciudadanos: las redes eléctricas de transporte y media tensión que se construyen para aumentar el mallado de la red disminuyen la distancia eléctrica entre la generación y el consumo y, por consiguiente, las pérdidas del sistema. Es decir, son líneas de transporte que se construyen para transportar menos electricidad. Es paradójico, pero es así.

Llegados a este punto aparece el concepto de distancia entre el “centro de gravedad de la generación” y el “centro de gravedad del consumo” que expresa la distancia media que, en un sistema eléctrico dado, la electricidad tiene que

recorrer hasta ser consumida. Y las consecuencias sobre la economía y el medio ambiente de que esa distancia sea mayor o menor, de que las tensiones y la intensidad sean mayores o menores y de que la “capacidad” de los conductores sea mayor o menor son mal percibidas por los ciudadanos y por los reguladores, pero para nada son despreciables.

#### *La generación de electricidad distribuida*

La generación distribuida contribuye a que la distancia eléctrica a la que nos referimos sea eficiente desde la doble e inseparable óptica de la economía y del medio ambiente. Si las pérdidas eléctricas de un sistema eléctrico son altas, la eficiencia económica de ese sistema es menor que si son bajas... y sus efectos negativos sobre el medio ambiente serán mayores porque para satisfacer una misma demanda de electricidad necesitará que las centrales que



la red eléctrica interconecta entre sí y con los puntos de consumo produzcan, inútilmente, una determinada cantidad de electricidad que para nada servirá.

Pero todo esto indica algo que no debiera pasar desapercibido: lo que a las pérdidas de energía les importa no es la distancia física que separa la producción del consumo. Lo que realmente importa es la distancia eléctrica y esta distancia aumenta con la disminución de la conectividad de los conductores eléctricos, que no solo depende de los materiales con los que estén contruidos, también de su longitud y de su sección; aumenta con la intensidad (A) con la que sea transmitida la electricidad y disminuye con la tensión (V). Por todo ello, cuando hablamos de energía distribuida hay que hacer especial hincapié en las redes de transporte (400 kV/220 kV), en las redes de reparto y distribución de tensiones inferiores (132 kV-3 kV) y, desde luego, en las redes de distribución de (380 V-220 V). En 1995, España aumentó su interconexión con Portugal con la línea de 400 kV Mesón-Lindoso. Esta línea facilitó a la electricidad producida en el noroeste de España un camino más corto para abastecer los puntos de consumo (cambió el reparto de cargas de la red de transporte ibérica) disminuyendo la distancia eléctrica entre el centro de gravedad de la generación y del consumo ahorrando al Sistema Eléctrico español la electricidad equivalente a la que produciría, en periodos punta, una central de 60 MW. Baste este ejemplo, de una modesta

interconexión, para imaginar la contribución del mallado de las redes eléctricas a la minimización de las pérdidas y, con ello, a la eficiencia económica del sistema eléctrico y a la preservación del medio ambiente.

Desde la unificación en España de la explotación del Sistema Eléctrico nacional en 1985, que impulsa fuertes inversiones en las líneas eléctricas de muy alta tensión, y la coordinación óptima del sistema generación-transporte, el acercamiento eléctrico de la generación al consumo podría expresarse, con toda seguridad, en cientos de MW evitados para abastecer una misma demanda, que son, sin lugar a dudas los más eficientes desde toda perspectiva, en particular, desde una perspectiva medioambiental.

Sí consideramos, como es de general aceptación, que la generación distribuida se caracteriza por encontrarse instalada eléctricamente cerca de los puntos de consumo, contribuyendo así a minimizar las pérdidas eléctricas, habría que concluir que, de alguna manera, las redes eléctricas, en la medida en que optimicen su topología y sus propiedades eléctricas, son una descomunal contribución a la generación distribuida.

Este es el marco actual y potencial del sistema eléctrico español para la 'energía distribuida' que de momento solo encuentra límites jurídicos y administrativos, no técnicos,

que tienen su expresión más extrema en el ‘impuesto al sol’ que paraliza el desarrollo del autoconsumo desde la generación fotovoltaica, paradigma de la generación distribuida.

### *Las energías renovables*

La irrupción de los avances tecnológicos en el aprovechamiento de las fuentes primarias renovables de energía ha generado un auténtico *shock* en la configuración corporativa del sector eléctrico. A diferencia de las tecnologías convencionales, en las que solo se puede invertir en centrales de gran potencia en emplazamientos alejados del consumo porque necesitan disponer de espacios de seguridad y de suministro de agua para producir electricidad o para refrigerar sus procesos, las tecnologías renovables admiten una fuerte modulación, desde pocos paneles solares sobre los tejados de los hogares y de las naves de los polígonos industriales o pequeñas turbinas eólicas en las granjas hasta grandes centrales termosolares, potentes parques eólicos o extensos huertos solares. Son además tecnologías que, gracias a la investigación y a la acumulación del conocimiento, han experimentado fuertes reducciones de sus costes, desde costes medios que superaban en más de siete veces el de sus alternativas térmicas (ciclos combinados de gas natural y centrales de carbón) hasta batir claramente sus costes de generación y ello sin tener en cuenta los beneficios o externalidades positivas que suministran a la economía y a la gestión del medio ambiente con retornos sociales, económicos y medioambientales muy superiores a sus propios costes.

El *shock* es tremendo. Realmente estamos ante una auténtica revolución tecnológica que ya está generando, a pesar de las resistencias, una completa revisión de los paradigmas que hasta ahora han acompañado la regulación del suministro eléctrico. La modularidad de estas tecnologías hace que se reduzcan las barreras de entrada al sector que hasta ahora amparaban una extraordinaria concentración empresarial. Y por esta puerta, ahora abierta, están entrando miles de nuevos inversores con nuevas tecnologías que se disputan un territorio que habitaban solo unos pocos. El conflicto está sobre la mesa. Los intereses económicos, sociales y medioambientales se entremezclan con contradicciones y mutan hacia un futuro que ayer era inimaginable.

La modularidad de las energías renovables, en particular la modularidad de la generación fotovoltaica, permite dar un

impulso adicional a la disminución de la distancia eléctrica entre producción y consumo. El recurso solar en forma de radiación está en todas partes, no es necesario ir a buscarlo a lugares a veces remotos donde se concentra el viento, ni a recónditos recovecos de nuestras cuencas hidrológicas. La radiación solar está en los tejados, en el solar de al lado, en las paredes de los edificios, en los terrenos comunales, en todas partes y convertida en electricidad por los paneles de silicio puede ser evacuada a través de las redes de las ciudades y de los pueblos y de nuestras propias casas, ser enchufados donde enchufamos la luz de nuestra mesilla de noche... y cubrir demandas de electricidad individuales o colectivas o aumentar el *mix* renovable de la red eléctrica que es el espacio público común a todos los consumidores.

La generación distribuida que, más allá de la cogeneración –que es una generación inserta en el centro mismo del consumo–, casi solo puede ser fotovoltaica. Su efectividad aumentará con los avances tecnológicos en el almacenamiento de electricidad, imbricándose, por esta vía, con la electrificación del transporte que, además de desplazar a los combustibles fósiles, suministrará una capacidad adicional de almacenamiento y de aplanamiento de la curva de demanda.

El sistema eléctrico tiene ojos y a través de ellos ve a los consumidores. Sus ojos no son otros que la red eléctrica, a cuyo sostenimiento también contribuye la energía distribuida incluso los autoconsumidores que tendrán que cubrir con contratos con las empresas del sector eléctrico la intermitencia de sus instalaciones. Y esos ojos verán que un consumidor consume menos porque tiene bombillas *led* o electrodomésticos AAA o ‘climalit’ en sus ventanas; y verá también que la red de reparto de media o baja tensión le demanda menos energía porque centrales renovables sustituyen la energía que producen las grandes centrales térmicas de carbón o de gas.

En fin, que sepamos, ni los frigoríficos, ni las bombillas eficientes, ni las ventanas aisladas pagan impuestos por contribuir a que los consumidores consuman menos. Si, técnicamente, el marco del sector eléctrico español es muy favorable para que la generación distribuida pudiera ir aumentando su peso en la cobertura de la demanda hasta niveles significativos, no se puede decir lo mismo de la regulación eléctrica que no solo no favorece la generación distribuida sino que la dificulta. **ROP**