

Integración de las energías renovables en las redes de distribución: un caso de éxito en el norte de España

Francisco Rodríguez López

Director General de Regulación y Relaciones Institucionales de Viesgo

Manuel Sánchez Díaz de la Campa

Director General de Redes de Viesgo

Despliegue de las energías renovables y retos de su integración en el sistema

El rápido desarrollo de las energías renovables ha influido de manera crucial en la evolución de los sistemas energéticos en todo el mundo en las últimas décadas. Éste viene motivado fundamentalmente por los esfuerzos para combatir el calentamiento global, que han conducido a la firma de diversos acuerdos internacionales en búsqueda de la descarbonización de las economías. El primer gran acuerdo fue el Protocolo de Kioto, firmado en 1997, que entró en vigor en febrero de 2005.

La reciente firma del Acuerdo de París, que supone un consenso de 195 países en la lucha contra el cambio climático, hace prever que los esfuerzos para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero se acentúen aún más en los próximos años.

El sector eléctrico desempeña un papel muy relevante en la descarbonización de la economía. Según el *World Energy Outlook 2015* de la Agencia Internacional de Energía, las energías renovables se consolidaron como la segunda fuente de generación

eléctrica mundial en 2014, por detrás del carbón. En este mismo año, se alcanzó un récord de 130 GW de nueva capacidad renovable instalada.

La Unión Europea ha apostado decididamente por el despliegue de estas tecnologías. Los objetivos 20-20-20, extendidos y reformulados hasta 2030, han impulsado y continuarán impulsando un desarrollo importante de las energías renovables. En 2030, la Unión Europea debería ser capaz

de cubrir sus necesidades energéticas con una cuota de energías limpias que alcance al menos el 27%.

En España, la capacidad renovable instalada se ha multiplicado por 2,6 en los últimos 15 años. Además de un marco regulatorio favorable, existen otros aspectos que han situado a España entre los primeros puestos del ranking europeo de desarrollo de renovables, como la geografía del país y los abundantes recursos (horas de sol y tam-

Figura 1. Potencia renovable instalada en España

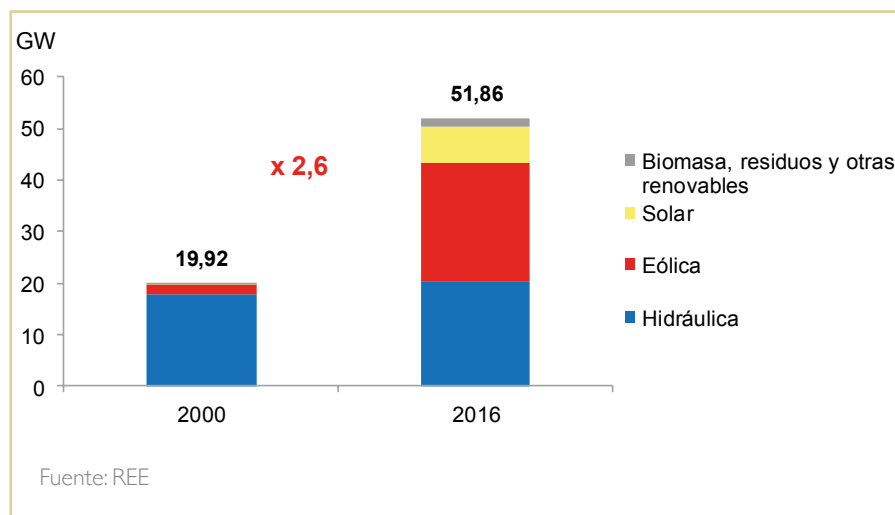
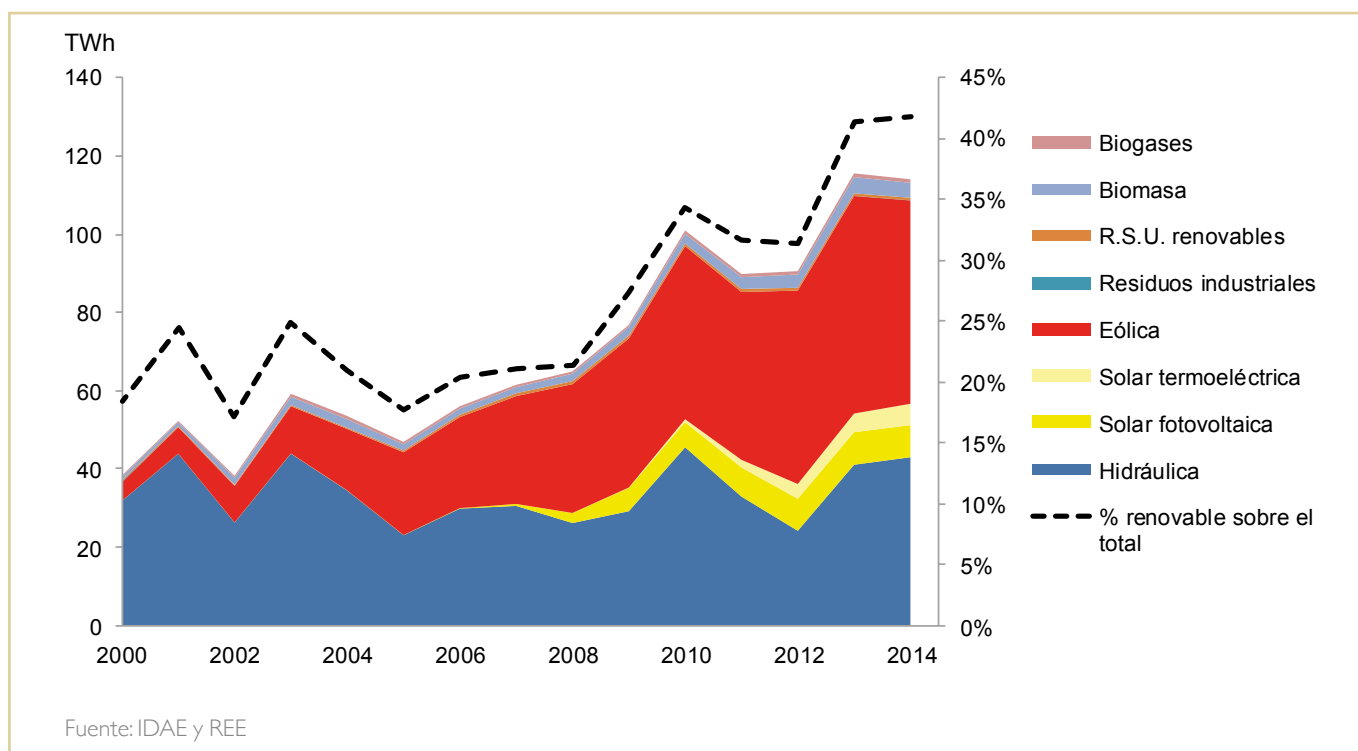


Figura 2. Generación eléctrica por tecnología y contribución renovable sobre el total



bién el recurso eólico en ciertas zonas del país) o bien el fuerte apoyo a la investigación, desarrollo e innovación que nos han convertido en un referente a nivel mundial.

Sin embargo, la integración de estas tecnologías en el sistema eléctrico español no ha sido una tarea fácil, sino que constituye uno de los grandes desafíos de la operación del mismo. Este desafío está relacionado con la variabilidad en su producción, originada por la propia disponibilidad de carácter intermitente o variable del recurso renovable que explotan.

En ocasiones se las denomina tecnologías no gestionables, lo cual parece excesivo ya que al menos su desconexión en caso necesario no presenta en general dificultades específicas. Sin embargo la previsión

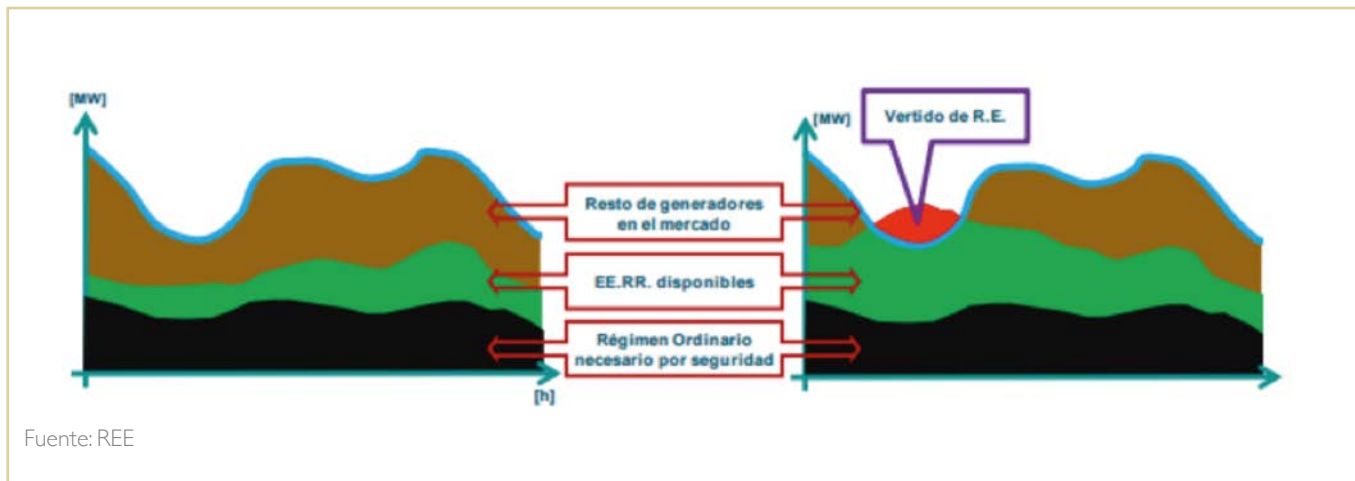
de producción se caracteriza por la incertidumbre generada por los posibles cambios en la disponibilidad del recurso. En algunas tecnologías esta incertidumbre puede tener un marcado carácter local y específico.

Adicionalmente las energías renovables suelen caracterizarse por unos costes marginales de operación bajos (no sólo económicos sino globales incluyendo también los costes medioambientales). En este sentido, la regulación europea y española concede prioridad de despacho a estas tecnologías. Y por ello, las redes eléctricas deben hacer todo lo posible para reducir al mínimo la energía que debe ser restringida por falta de capacidad de la red. Esta energía se denomina a veces vertido de renovables, usando un término que remite a una sensación de desperdicio.

Es decir, la limitada capacidad de almacenamiento o de interconexión con el resto de Europa, y la forma característica de la curva de demanda eléctrica (con diferencias de consumo entre las horas punta y valle, y variación según la época del año o día de la semana), que no siempre encaja con la disponibilidad de la generación renovable, son algunos de los condicionantes técnicos que limitan las posibilidades de integración de las renovables en el sistema.

En particular, tanto el perfil de la generación renovable como el de la demanda atendida por las redes de distribución y su baja simultaneidad hacen que el factor de utilización de las redes sea también bajo. Pero la prioridad reconocida a estas tecnologías no debe eximir a los agentes y al regulador de aplicar criterios de eficiencia en el di-

Figura 3. Cobertura de la demanda sin y con limitación de renovables



mencionamiento de las redes e inversiones asociadas.

A su vez, con la alta penetración de las energías renovables, las unidades de producción gestionables deben funcionar en un régimen más exigente y con una mayor flexibilidad (al ser las encargadas principales de seguir la curva de carga a lo largo del día).

Hoy, gracias al esfuerzo de todos los agentes, se han alcanzado unos niveles de integración de renovables impensables hace unos años. Pero la transición hacia una mayor participación de las tecnologías renovables variables o no gestionables requiere un nuevo diseño de las redes, de la operación y de la planificación de los futuros sistemas eléctricos, desde el punto de vista técnico y también económico. La regulación también debe evolucionar de acuerdo con las necesidades del sistema y los nuevos modelos de negocio.

La distribución de electricidad en el norte de España, un panorama cada vez más renovable

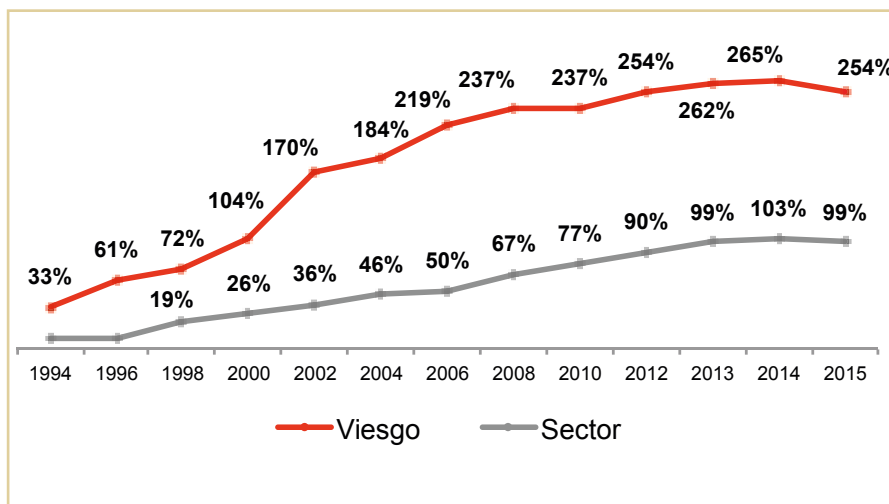
Viesgo distribuye electricidad en el norte de España, en las regiones de Asturias, Cantabria,

Castilla y León y Galicia. Esta zona es óptima en términos de recursos eólicos e hídricos.

Como consecuencia de ello, la red de distribución de Viesgo presenta dos características que desde el punto de vista de la previsible evolución de la generación renovable de electricidad la convierten en una ventana al futuro de las redes:

En primer lugar, la **preponderancia de la energía generada por tecnologías renovables**: (sirva de ejemplo que el 96% de la potencia instalada en la red de distribución de Viesgo en Lugo es de eólica); y en segundo lugar, **su intensidad** (la potencia instalada de generación renovable es superior a 2,5 veces la punta de la demanda distribuida).

Figura 4. Potencia renovable conectada a la red de distribución expresada como porcentaje de la potencia pico demandada (Viesgo vs Sector)



El resultado: en un singular vuelco de la actividad tradicional del distribuidor, la red de distribución de Viesgo se encuentra globalmente, y la mayor parte del tiempo, en un estado de evacuación de energía en sus fronteras.

Esta situación y la rapidez con que se ha originado (en 1994 la capacidad de generación renovable conectada a la red de distribución de Viesgo era aproximadamente un tercio de la demanda punta, en el 2000 la superó y en 2006 ya la doblaba) ha planteado un desafío al que no ha bastado responder con esfuerzo, también ha sido preciso innovar.

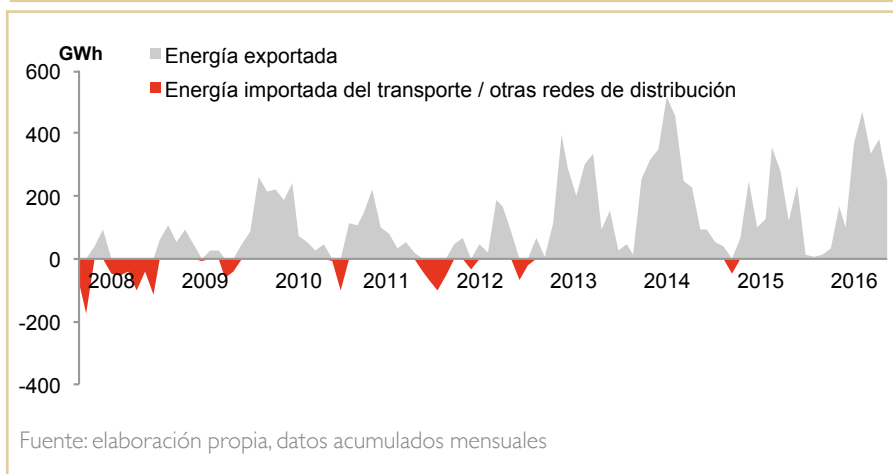
Innovación: ¿Puede aumentarse la capacidad de las redes con nuevas tecnologías de operación?

Un hecho tan bien conocido como frecuentemente olvidado es que a las redes eléctricas se les exige un nivel tan elevado de disponibilidad que deben ser diseñadas para escenarios de puntas. Por ejemplo un TIEPI¹ de 45 minutos equivale a una disponibilidad del 99,99%.

El crecimiento de las instalaciones de fuentes renovables hace cada vez más compleja la operación de las redes de distribución de energía eléctrica introduciendo nuevos escenarios de carga en la red no sólo más exigentes sino también sometidos a mayor variabilidad.

La instalación de nuevas infraestructuras de refuerzo es una solución costosa y lenta en su desarrollo, por lo que las soluciones innovadoras que permitan optimizar la capacidad de las infraestructuras existentes se convierten en una prioridad.

Figura 5. Balance de exportaciones e importaciones de la red de distribución de Viesgo



La operación dinámica de la red eléctrica consiste en la adaptación de la capacidad real de trasmisión de redes a las condiciones ambientales reales existentes en cada momento y en cada lugar.

Viesgo lideró desde 2011 un proyecto de investigación incluido en el programa "Innpacto" del Ministerio de Economía y Competitividad, junto con la Universidad de Cantabria y Artech, para el desarrollo de una tecnología de operación dinámica de líneas eléctricas aéreas denominada Dynelec.

Dynelec permite explotar sinergias hasta ahora no consideradas como la mayor capacidad de evacuación de energía de las líneas de alta tensión en escenarios de alta producción eólica. Esta solución requiere la monitorización de las variables climáticas en múltiples puntos de la red mediante el desarrollo y la integración de nuevos sensores y dispositivos de comunicación remota.

Las líneas de transporte y distribución se diseñan para una intensidad máxima admisible, que viene determinada fundamentalmente por la temperatura máxima que el elemento conductor puede soportar sin ser dañado.

Dynelec en detalle

El fundamento físico de Dynelec y del calibrado dinámico de líneas se basa en establecer el balance térmico del elemento conductor y la variación de temperatura asociada, para determinar en cada momento la intensidad que puede conducir.

En un caso típico orientativo el equilibrio se establece entre las pérdidas en el conductor por el efecto Joule y la radiación solar incidente (en condiciones de operación el efecto Joule supone del orden del 80%) con la disipación por convección y radiación (la convección es fuertemente predominante).

¹ TIEPI: el tiempo de interrupción equivalente de la potencia instalada en media tensión. Este parámetro sirve para medir la calidad del suministro eléctrico y, en particular, es una medida de su continuidad.

Figura 6.



El equilibrio debe alcanzarse a una temperatura inferior a la máxima admitida por el elemento conductor, definiendo por tanto el límite de capacidades operativas para las condiciones ambientales (radiación y convección) específicas en ese lugar y en ese momento.

En pocas palabras, cuando hay más viento, la refrigeración del cable que conduce la electricidad es mayor y por tanto se puede evacuar más energía que en condiciones de poco viento.

La ventaja de calcular dinámicamente la capacidad del conductor en una zona con energía renovable predominantemente eólica, es que la presencia del viento, que motiva la exigencia de capacidad de evacuación de energía, potencia igualmente la disipación por convección.

Es importante señalar que la viabilidad operativa de esta tecnología es un proceso complejo que conlleva numerosas dificultades en varios campos:

- Deben implementarse en las líneas dos conjuntos de dispositivos: unos orientados al registro de las condiciones meteorológicas locales y otros orientados a la medición de la temperatura en el conductor. Asimismo, se desarrollan modelos informáticos de previsión aplicados a

cada caso donde se relacionan ambos conjuntos de medidas.

- No es suficiente con esto (que proporcionaría la medida de una especie de capacidad instantánea real); además deben desarrollarse nuevos modelos y métodos de operación en los sistemas de control de red que realicen una previsión del incremento de capacidad con la seguridad suficiente para que pueda emplearse en una situación real. En redes malladas se complica esta situación al tener que considerar también la reper-

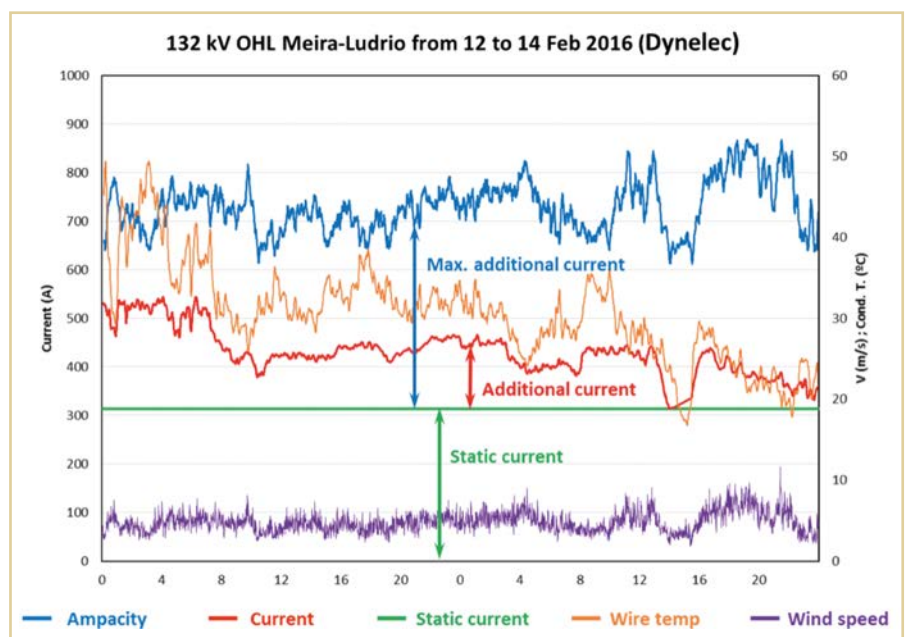
cusión sobre otros elementos situados en ubicaciones diferentes.

- Tampoco es un tema menor el proceso de obtención de licencias de esta tecnología, que implica considerar en el proyecto de implementación, entre otros aspectos, la repercusión del uso de la misma en ciertos elementos del diseño original de la línea.

Tras más de cuatro años de desarrollo, Viesgo ha desplegado un total de 180 km de líneas de alta tensión en Palencia, Asturias y Galicia con capacidad de operación dinámica, alcanzándose 523 horas de funcionamiento de la red por encima del rango estático y transportándose un total de 6,96 GWh de energía adicional en un año. Viesgo ha llegado a transportar de forma puntual potencias que alcanzaban el 190% de las nominales.

Además, Viesgo tiene previsto que Dynelec esté implementado en la totalidad de la red de 132 kV en el año 2019.

Figura 7.



En resumen:

- La tecnología Dynelec permite una mejor gestión de los activos, proporcionando información sobre la temperatura del conductor, incrementando la capacidad de las líneas dependiendo de variables meteorológicas, pudiendo obtener valores altos de ampacidad en momentos críticos y mejorando la toma de decisiones para la realización de nuevas inversiones en infraestructuras.
- Asimismo, Dynelec es una herramienta para mejorar la operación de la red. Permite incrementar la eficiencia de la operación, facilitando la programación de trabajos y descargos. También incrementa la seguridad de explotación en caso de emergencias o averías en las líneas y proporciona información real del estado de los conductores, permitiendo preservar la integridad y mejorar la seguridad de la red.
- Dynelec ha permitido disminuir las restricciones técnicas impuestas a los generadores renovables, disminuyendo los vertidos al maximizar la capacidad de evacuación de la red, aprovechando las condiciones meteorológicas favorables.

Lecciones aprendidas de la integración de renovables en las redes de distribución

Durante los últimos 15 años, debido al gran despliegue de las renovables, ha sido preciso llevar a cabo una intensa labor de adaptación del diseño y la operación de las redes de distribución.

La apuesta por la tecnología y la innovación nos ha permitido afrontar con éxito la integración de grandes proporciones de generación renovable en las redes de distribución y sentar precedentes. La regulación también ha tenido que adaptarse a este

nuevo entorno, cubrir vacíos normativos y deficiencias que han ido detectándose según se avanzaba en este proceso.

A continuación se resumen de forma muy sintética algunos de los factores clave que, a nuestro juicio, hay que considerar para abordar esta transformación desde el punto de vista de una compañía distribuidora.

- Como consecuencia de la implantación masiva de generación renovable en las redes de distribución, el esquema tradicional de funcionamiento de las mismas se ha visto alterado. Hemos pasado de un sistema en el que la energía fluía en un solo sentido, de la red de transporte a la red de distribución y a los consumidores, a un nuevo esquema en el que las redes de distribución pueden importar o exportar energía a la red de transporte, comportándose en conjunto como un consumidor o un generador.
- La función de planificación de la red tiene una gran importancia. La planificación de forma coordinada de las redes de distribución y transporte tiene que posibilitar la integración de las demandas de nueva generación renovable de forma ordenada, aportando una visión global de las redes, y definiendo soluciones de evacuación conjuntas, optimizadas, y sostenibles a medio y largo plazo. Los gestores de redes, para proporcionar soluciones eficientes de evacuación y dar el soporte necesario a la transición a energías renovables, requieren previsiones de las demandas de nueva generación sobre una base de planificación territorial ordenada. Las Comunidades Autónomas tienen un papel significativo en la ordenación de estas previsiones.
- Se genera un aumento significativo de la actividad de desarrollo. En el pasado, este aumento ha supuesto un reto importante para aquellas áreas de la

compañía dedicadas al desarrollo de infraestructuras eléctricas, especialmente en alta tensión, que se enfrentaban a la necesidad de desarrollar las redes a un ritmo mucho mayor que el previsto.

- Una red con generación distribuida requiere sistemas de control dotados con niveles de automatización más potentes y robustos, que posean una gran capacidad para interacción independiente o autónoma. Sistemas que garanticen la estabilidad, la seguridad, y la calidad y continuidad del servicio. Es vital que estos sistemas de control sean flexibles y abiertos con respecto a su operatividad e interconectividad con otros sistemas.
- Los sistemas de protección de la red con alta penetración de energía renovable son más complejos, como consecuencia de fluctuaciones de los flujos de energía, y la mayor variabilidad de las potencias de cortocircuito.
- El volumen de información necesario para controlar la red tanto para las funciones de control, protección, medida, ha aumentado y continuará aumentando de forma sustancial por lo que el despliegue de sistemas de comunicaciones es primordial para soportar estos requerimientos.
- El distribuidor tiene que acordar la configuración de los puntos frontera con el promotor renovable; asimismo, tiene que facilitar la lectura de los puntos frontera para que la CNMC pueda llevar a cabo las liquidaciones correspondientes, para lo que es necesario dotar de la infraestructura y sistemas de gestión asociados a estas funciones.
- En un esquema tradicional de distribución de energía (donde el flujo de potencia es unidireccional), los transformadores de la subestación se ajustan en un valor superior a la tensión nominal, que será decreciente de forma monótona en función de la carga. La instalación de generadores a lo largo de las líneas de dis-

tribución puede contribuir positivamente a la regulación de tensión (amortiguando la caída de tensión), aunque también puede originar que el valor de tensión se sitúe fuera de los límites establecidos. Todo ello dependerá fundamentalmente de la magnitud y de la localización de los generadores y las cargas, de los parámetros eléctricos de la línea y del modo de regulación de tensión en cabecera.

Por lo tanto, es necesario prestar especial atención a la regulación de tensión cuando este tipo de generadores están presentes en las redes de distribución, teniendo en cuenta que el sentido del flujo eléctrico puede invertirse y las diferentes situaciones de operación que pueden presentarse.

- El desarrollo masivo de plantas de generación renovables en zonas que no cuentan con la infraestructura de red necesaria puede conducir a la saturación de las redes existentes. Por ello es muy necesario que los planes de desarrollo de renovables tengan en cuenta las características de las redes existentes, y los desarrollos necesarios de las mismas, la planificación de estos desarrollos debe tener en cuenta tanto los plazos de construcción como los plazos para obtener las autorizaciones administrativas.
- La programación de los trabajos de mantenimiento y desarrollo de la red de distribución tiene que estar coordinada con las previsiones de recursos renovables, así como con los trabajos de mantenimiento de las instalaciones de generación, de forma que se minimice el impacto en la producción.
- La Regulación, a su vez, tiene que acompañar esta transformación de la red. La distribución eléctrica es un negocio regulado y con un modelo retributivo basado en activos. Sin embargo, algunas caracte-

rísticas de las inversiones en innovación no encajan bien con un modelo simple de reconocimiento de la inversión puesta en servicio.

Por ejemplo, las inversiones que evitan inversiones (*smart grids* versus *cooper and iron*), aquellas que presentan una vida útil menor que las inversiones tradicionales, las que tienen unos costes operativos superiores asociados o bien aquellas que pretenden la creación de capacidades con modelos de negocio a largo plazo.

La regulación debe contemplar estas situaciones, de forma que el distribuidor tenga las señales necesarias para innovar en el desarrollo de capacidades en su red que determinarán el éxito o fracaso en el corto, medio y largo plazo.

Próximos desafíos: la irrupción de la generación distribuida en baja tensión

Una pregunta que ahora nos planteamos casi todos los distribuidores es cuándo

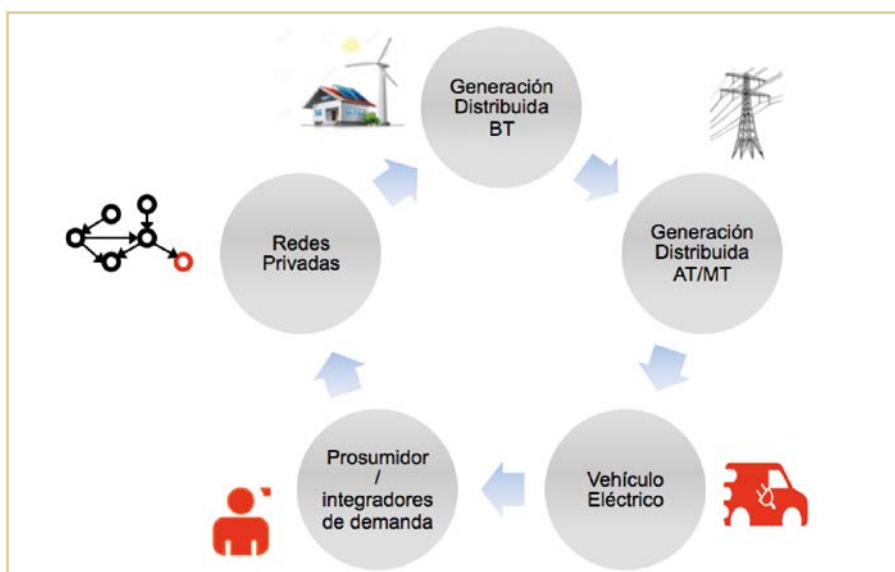
tendrá lugar la próxima disrupción relacionada con el despliegue de las tecnologías renovables. Y también qué podemos hacer para preparar mejor las redes de distribución para dar una respuesta eficaz a este cambio.

La generación altamente distribuida (instalaciones generalizadas de kW en lugar de MW), el vehículo eléctrico, las nuevas exigencias de los consumidores (en su rol de prosumidores), y las posibilidades que el contador electrónico pone a nuestro alcance, están creando las condiciones propicias para esta disrupción. En todos estos casos hay un elemento común: la exigencia de nuevas capacidades en la red de baja tensión.

A continuación se detallan los principales elementos, que prevemos alterarán la configuración y función de las redes en el futuro:

- Generación distribuida en alta / media tensión (AT / MT): instalaciones de generación que por su tamaño (100 kW-

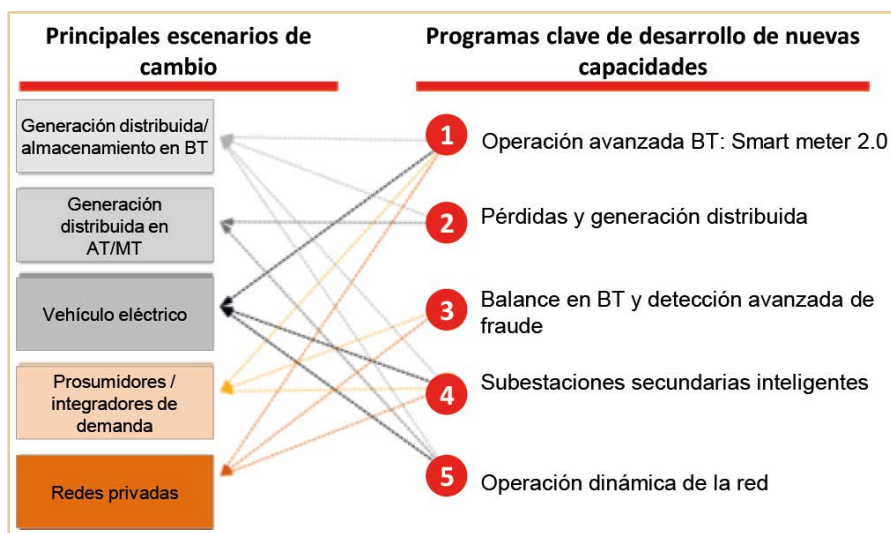
Figura 8.



100 MW) se conectan a las redes de distribución (132 kV a 12kV), en lugar de conectarse a la red de transporte. El impacto en las redes es mayor a medida que aumenta el ratio potencia instalada/demanda pico.

- Generación Distribuida en baja tensión (BT): instalaciones de generación que por su pequeño tamaño (de 1 a 100 kW) se conectan a las redes de baja tensión del distribuidor. Pueden ser instalaciones fotovoltaicas, cogeneraciones, pequeños aerogeneradores, combinados o no con almacenamiento (baterías). En caso de un despliegue masivo, pueden surgir algunos problemas o aspectos por abordar (calidad del suministro, protección, medida, capacidad para nuevas conexiones, etc.)
- Vehículo eléctrico: el despliegue de estos vehículos es fundamental para descarbonizar el sector transporte. Desde el punto de vista del distribuidor, el despliegue masivo de estos vehículos impactaría de forma significativa en la demanda en baja tensión (incremento de la misma y modificación del perfil de consumo).
- Prosumidores / Integradores de demanda: un concepto general que se refiere a los futuros cambios en el perfil de demanda y en los requerimientos de los consumidores. Puede considerarse como una ruptura del actual paradigma que relaciona un punto de conexión con un contrato de acceso a la red y con un punto de medida. El impacto en los distribuidores reside fundamentalmente en el desarrollo necesario de las capacidades de medida y tratamiento de datos.
- Redes Privadas: redes privadas que pertenecen a otros agentes y que están conectadas en las redes de distribución, o incluso aisladas en algunos casos. Pueden modificar las condiciones actuales y el modelo tradicional de distribución de electricidad.

Figura 9.



¿Qué podemos hacer para anticiparnos y aportar valor ante estas situaciones? Desarrollar nuevas capacidades que si bien ahora no parecen absolutamente imprescindibles (y en particular la regulación no las reconoce y por tanto carecen de una rentabilidad aparente) serán decisivas para afrontar con éxito ese nuevo modelo de negocio.

Lo cierto es que la energía distribuida ha venido para quedarse, y los distribuidores tendrán que adquirir un papel más activo en la gestión de los flujos de energía, cada vez más complicada, haciendo uso de la tecnología.

Las empresas distribuidoras tendremos que acometer inversiones en los próximos años para preparar la red de baja tensión: automatizar los centros de transformación, cartografiar la red de baja tensión, preparar la infraestructura para proporcionar servicios de almacenamiento a nivel de centro de transformación, etc.

La tecnología es uno de los pilares fundamentales para sostener el despliegue de

la generación distribuida, aunque la regulación juega un papel también importante.

El Real Decreto 900/2015, aprobado hace ya un año, regula las condiciones administrativas, técnicas y económicas del autoconsumo, y condiciona de alguna manera la velocidad de entrada de estas instalaciones. Ha suscitado numerosas discusiones y un intenso debate sobre cuál es la forma imparcial de asignar los costes de las redes sin perjudicar a los autoconsumidores y sin sobrecargar tampoco al resto de consumidores.

Es complejo establecer el balance justo entre los costes evitados por la generación distribuida (se reducen las pérdidas cuando las instalaciones están ubicadas cerca de los centros de consumo, puede reducir la capacidad requerida si la generación coincide en el tiempo con las puntas de demanda, o puede reducir los precios del mercado eléctrico) y los costes generados por la misma (en ocasiones las fuentes de generación no están ubicadas cerca de los centros de consumo, los costes de operación de las centrales convencionales se incrementan

por la variabilidad de la generación distribuida o se requiere capacidad adicional para garantizar la seguridad de suministro).

También desde el punto de vista regulatorio, es fundamental que el distribuidor pueda ser un facilitador proactivo es decir pueda competir por dar los servicios necesarios a clientes y agregadores.

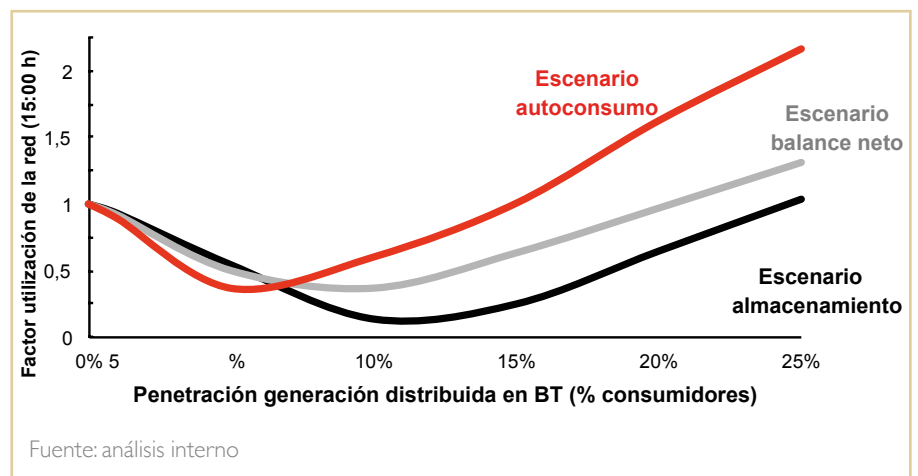
Si hay quién piensa que, con el amplio despliegue de la generación distribuida, el papel de las redes se verá fuertemente disminuido, no se ha parado a reflexionar sobre todas las implicaciones de gestión que esta nueva forma más dispersa, flexible y dinámica de generar electricidad introduce en la operación del sistema de distribución eléctrica.

Las simulaciones que realizamos, si bien siempre son una simplificación de la rea-

lidad, ya muestran que la penetración de la generación distribuida, si es suficientemente intensa, acabará incrementando las

cargas pico de la red de distribución de baja tensión y a nivel de subestación, y por tanto el factor de utilización de las mismas. ■

Figura 10. Simulación utilización de la red en distintos escenarios de penetración de generación distribuida



Conclusión

Nos encontramos en mitad de un **cambio del paradigma energético**. El futuro es cada vez más renovable, y trae consigo el gran desafío de integrar masivamente las tecnologías renovables en los sistemas eléctricos.

Las **infraestructuras tendrán que acompañar el desarrollo** a gran escala de estas tecnologías y son un elemento esencial para garantizar que la transformación se lleva a cabo con éxito.

Hemos aprendido mucho sobre **cómo integrar estas fuentes de generación en las redes de distribución**: las implicaciones para el diseño, la planificación, la operación y la gestión de energía. Las redes de alta y media tensión han tenido que adaptarse para permitir una operación del sistema mucho más flexible. Esta adaptación no hubiera sido posible sin innovar.

Y ahora nos disponemos a hacer frente a una posible segunda oleada de generación distribuida. Esta vez la previsión es un **impacto sobre la baja tensión** fundamentalmente, con el despliegue masivo de instalaciones de generación de pequeño tamaño, ubicadas en muchos casos en los hogares de los consumidores.

Los **distribuidores** deben jugar un **papel central en esta transformación**, ya que poseen la capacidad de adaptar las redes de una forma eficiente e innovadora a las nuevas demandas. Están en una posición ideal para ser coordinadores de los clientes, y para garantizar la estabilidad del sistema, la calidad, la eficiencia técnica y económica, a través de las tecnologías inteligentes.

La regulación debe dar las señales adecuadas para invertir en innovación en las redes de distribución, para acompañar el desarrollo de las mismas y su adaptación a los cambios que anticipamos en nuevo entorno renovable, distribuido e inteligente.