Hacia una infraestructura energética sostenible en España: claves desde la experiencia de Aragón

FRANCISCO JAVIER VALENZUELA

Gerente del Clúster de la Energía de Aragón (CLENAR)

RESUMEN

La transición energética en España necesita una modernización y transformación profunda de sus infraestructuras. En este artículo, se examinan los desafíos y oportunidades para alcanzar una verdadera sostenibilidad en el sistema energético español, centrándose en las dinámicas actuales y futuras en Aragón. Este análisis se aborda desde el enfoque de las "3D" (Descentralización, Descarbonización y Digitalización). Desde el impulso de las energías renovables hasta la digitalización y la eficiencia, el texto investiga modelos de desarrollo viables que integran las dimensiones ambiental, social y económica. La planificación territorial, la colaboración entre el sector público y privado, y la innovación a través de clústeres son fundamentales en esta transición estructural.

PALABRAS CLAVE

Sostenibilidad, transición energética, infraestructuras energéticas, descarbonización, Aragón, energías renovables, digitalización, eficiencia, planificación territorial.

Introducción

La transición energética se ha convertido en uno de los pilares fundamentales de la política energética tanto en Europa como en España, impulsada por iniciativas como el Pacto Verde Europeo, el plan REPowerEU y la reciente actualización del PNIEC 2023-2030. En este marco, las infraestructuras energéticas juegan un papel crucial para asegurar que la transición sea justa, eficiente y sostenible. España está avanzando en la implementación de energías renovables y la incorporación de la energía generada por ellas en el sistema eléctrico. Este progreso requiere una transformación estructural profunda del sistema y de los distintos agentes que lo componen, con especial énfasis en las infraestructuras de red, tanto las clásicas de transporte y distribución como otras más novedosas vinculadas a redes cerradas o vinculadas a grandes consumos. Este artículo propone un análisis de dicha transformación, tomando como referencia la experiencia de Aragón, una comunidad que ha visto un crecimiento notable en su capacidad renovable en los últimos años y que se destaca por su singular combinación de recursos, planificación e impacto industrial y territorial. Y todo ello sin olvidar que el consumidor debe estar en el centro del debate. Sin consumo no habrá desarrollo y sin generación renovable no habrá desarrollo sostenible.

1. Estado actual de las infraestructuras energéticas en España

El sistema energético español presenta una estructura en proceso de transformación para pasar de un sistema centralizado a un sistema distribuido tanto en su vertiente de generación como de redes. Aunque la generación renovable ha experimentado un notable impulso en los últimos años, especialmente en tecnologías como la eólica y la solar fotovoltaica, aún persisten importantes desequilibrios estructurales. Entre ellos destaca la desconexión entre las zonas de generación –concentradas en regiones como Aragón, Castilla-La Mancha o Castilla y León– y los grandes centros de consumo –como Madrid, Cataluña o la costa mediterránea–.

Además, las redes de transporte y distribución requieren una modernización acelerada para asumir las nuevas demandas de flexibilidad, bidireccionalidad y almacenamiento. Y, al mismo tiempo, debe permitirse un sistema de redes adicional en línea con un sistema descentralizado y pegado al consumo permitiendo redes cerradas y conexiones directas entre generación y consumo en línea con la regulación europea.

2. Sostenibilidad y resiliencia como criterios estructurales

Para que la transición energética sea realmente sostenible a largo plazo y por tanto que podamos contar con un desarrollo sostenible, es fundamental que las infraestructuras se diseñen teniendo en cuenta la resiliencia, la eficiencia y la integración territorial. En este contexto, las famosas '3 D's' —descentralización, descarbonización y digitalización— son principios clave.

La descentralización acerca la generación de energía al consumo, lo que ayuda a reducir pérdidas y a aumentar la autonomía energética de las regiones y de los puntos de consumo. Asimismo descongestiona las redes en aquellos lugares donde no es necesario que estén congestionadas.

Un aspecto técnico crucial de la sostenibilidad es la cercanía entre los puntos de generación y los de consumo eléctrico. Esta proximidad no solo minimiza las pérdidas de energía durante el transporte —especialmente las pérdidas por efecto Joule y los fenómenos de reactancia capacitiva en líneas de alta tensión—, sino que también mejora la calidad de la red al reducir la generación de armónicos y distorsiones que pueden afectar la estabilidad del sistema eléctrico.

Transportar energía a largas distancias requiere infraestructuras de gran capacidad, incrementa la vulnerabilidad ante incidentes y necesita mecanismos de compensación reactiva que elevan tanto los costos como la complejidad operativa. Por el contrario, un sistema distribuido, donde la generación se realiza cerca de los centros de consumo, permite una mejor respuesta ante picos de demanda, facilita la gestión de micro-redes y fomenta modelos de autoconsumo colectivo, aportando así eficiencia y resiliencia. En definitiva, supone colocar al consumidor en el centro del paradigma. Y no olvidemos que el consumidor necesita generación y generación renovable.

Por lo tanto, la descentralización no debe verse solo como una opción tecnológica, sino como una necesidad estructural para mantener el equilibrio económico y técnico del sistema eléctrico moderno.

La descarbonización, por su parte, implica priorizar las fuentes renovables en lugar de los combustibles fósiles, avanzando hacia un sistema libre de emisiones. La sostenibilidad en las redes eléctricas no solo se refiere al impacto ambiental, sino que también contempla la eficiencia del sistema, su fiabilidad y su capacidad de adaptación.

La descarbonización, que implica la integración masiva de energías renovables, no significa que se pierda el control sobre la tensión o la frecuencia de la red eléctrica. De hecho, incorporar fuentes de energía renovables, que son inherentemente intermitentes, a menudo requiere una gestión más avanzada de la red para asegurar que el suministro eléctrico sea estable y confiable.

Esto puede incluir el uso de tecnologías de almacenamiento de energía, como baterías o sistemas de bombeo hidroeléctrico, que ayudan a equilibrar las variaciones en la generación de energía renovable.

Además, la digitalización juega un papel clave al permitir una gestión más inteligente de la red, mejorar la eficiencia operativa y abrir nuevas oportunidades para la participación ciudadana a través de tecnologías como el autoconsumo, la monitorización en tiempo real y la agregación de demanda. También es fundamental adoptar nuevos sistemas de control (de tensión, capacidad, flexibilidad, etc.) para la generación de energías renovables, la cogeneración y el tratamiento de residuos.

Una red sostenible es aquella que minimiza las pérdidas. Pero no olvidemos que sin infraestructuras de red, la generación renovable no consigue llegar a los puntos de consumo. Por tanto, sin redes modernas, adecuadas y descentralizadas, no habrá desarrollo sostenible. El transporte de energía a largas distancias

puede generar pérdidas resistivas, armónicos y efectos capacitivos e inductivos que, si no se gestionan adecuadamente, pueden causar inestabilidad y daños. Por supuesto que el transporte a largas distancias es necesario y seguirá siendo necesario en un sistema eléctrico único como el ibérico. Ahora bien, consumir energía cerca del punto de generación ayuda a reducir estos efectos y permite un diseño más eficiente de la red, además de fomentar la autonomía local y el desarrollo industrial. Y es aquí donde debe insistirse: son necesarias infraestructuras de red descentralizada, nuevos modelos de redes cerradas y conexiones directas entre puntos de consumo y generación renovable.

3. El caso de Aragón como pionero en generación de energías renovables

Aragón se ha consolidado como una de las comunidades autónomas líderes en generación renovable. Las renovables aragonesas crecieron casi un 7% durante 2024, y alcanzaron los 19.445 GWh producidos, con los que consiguieron una cuota del 88,8% del total. Estas cifras suponen un máximo histórico de generación verde en la comunidad autónoma y son posibles en gran parte gracias al crecimiento de la hidráulica y la solar fotovoltaica, que aumentaron su contribución al balance eléctrico de la comunidad un 64,7% y un 7,6% respectivamente. Por su parte, las tecnologías no renovables descendieron un 37% respecto al 2023

Esta posición ha permitido no solo avanzar en la descarbonización, sino también en la atracción de inversión industrial asociada a la energía limpia (como centros de datos verdes o fábricas de electrolizadores), en la generación de empleo cualificado y en la vertebración del medio rural.

Aragón puede reindustrializarse y aspirar a que un alto porcentaje del PIB regional provenga de la industria. Dada su ubicación geográfica, su parque de generación renovable y la disponibilidad de fuerza laboral cualificada, así como de suelo apto, Aragón puede convertirse en el gran hub de inversión industrial de Europa atrayendo nueva demanda.

Ejemplo de ello pueden ser los recientes anuncios de grandes empresas que han apostado por ubicarse en el recién creado Distrito Aragonés de Tecnología (DAT) César Alierta. Este nuevo **hub tecnológico del norte de Zaragoza**, quiere constituirse en un referente de la transformación digital que está viviendo la economía.

La visión que se percibe desde Europa, y así se atestigua desde empresas multinacionales es que Aragón va a “consolidar” su liderazgo a corto plazo en el sector de centros de datos, y por ello quieren aprovechar esta oportunidad de posicionarse en el ecosistema tecnológico.

Estas actuaciones demuestran la viabilidad de modelos que integran generación renovable, digitalización y eficiencia, conforme a las ‘3 D’s’.

4. Retos clave para una sostenibilidad integral

A pesar del avance en el despliegue renovable, persisten barreras estructurales que dificultan una transformación verdaderamente sostenible del sistema eléctrico español. Uno de los principales retos es la tramitación administrativa: los plazos largos, la falta de coordinación entre niveles administrativos y la escasez de recursos técnicos en muchas administraciones ralentizan la ejecución de proyectos.

Asimismo, la planificación territorial debe mejorar su capacidad para identificar zonas de desarrollo preferente, evitando indeseados conflictos ambientales o sociales y siempre teniendo presente que la implantación de energías renovables tiene la consideración de interés público superior. Otro factor clave es la inversión en almacenamiento energético y en tecnologías de gestión de red, imprescindibles para integrar la alta variabilidad de las fuentes renovables sin comprometer la estabilidad del sistema.

Las redes de distribución son sin duda una pieza clave para facilitar la transición hacia un modelo energético descarbonizado caracterizado por una creciente electrificación de la demanda, el avance de las energías renovables y un porcentaje cada vez mayor de capacidad de generación eléctrica conectada directamente a la red de distribución. Ahora bien, la implantación de redes realmente descentralizadas distintas de las tradicionales debe ser el pilar esencial sobre el que debería sostenerse el sistema. Y ello por la sencilla razón de acercar al máximo la generación y el consumo.

Además de las nuevas infraestructuras y de la reforma y revisión de las existentes, los planes de inversión de las compañías distribuidoras incluyen inversiones en nuevos desarrollos y sistemas, digitalización de la red, inversiones relacionadas con la atención de nuevos suministros y mejora de la calidad mediante la reforma o acondicionamiento de líneas aéreas de alta y media tensión para minimizar el número de averías provocado por agentes externos y condiciones atmosféricas adversas. Las redes de distribución ostentan la consideración de actividad regulada y, como tal, ostenta

una retribución específica que es abonada por todos los consumidores.

Otro de los retos clave para llegar a una sostenibilidad de las redes pasa por adecuar, optimizar y agilizar la regulación que afecta al desarrollo de las mismas.

La regulación actual limita la inversión en redes, lo que no tiene sentido en el contexto presente y no es coherente con el PNIEC. Aunque pueda tener cierto sentido por no aumentar el recibo de la luz por el potencial aumento de los peajes que sirven para pagar dichas inversiones en redes. Por tanto, una vez más las redes distintas de las tradicionales deben jugar un papel fundamental.

En España, las inversiones en redes eléctricas por parte de Red Eléctrica de España (REE) están sujetas a límites legales como porcentaje del Producto Interno Bruto (PIB). Específicamente, el límite para el transporte de electricidad es del 0.065% del PIB, mientras que para la distribución es del 0.13% del PIB. Estos límites se establecieron (en plena crisis financiera) para controlar el déficit del sistema eléctrico y garantizar una inversión sostenible.

Pero esta situación ya no es la que era. Industrias de todo tipo, promotores de centros de datos y gobiernos autónomos reclaman desde hace tiempo que se aumente la inversión en redes para cumplir los objetivos del plan de descarbonización de la economía y fomentar la competitividad del país. Hasta ahora sin suerte.

Deberían considerar también la agilización en la concesión de permisos de construcción: la electrificación de la economía requiere acelerar los tiempos.

Además, la formación de profesionales especializados y el refuerzo de las capacidades industriales vinculadas a la transición energética son aspectos estratégicos que requieren una respuesta coordinada entre administración, empresas y centros de conocimiento.

5. Propuestas de acción desde los clústeres energéticos

Los clústeres sectoriales como CLENAR juegan un papel cada vez más relevante en la dinamización de la transición energética. En primer lugar, actúan como plataformas de conexión entre empresas, instituciones y centros de I+D, facilitando la colaboración en proyectos innovadores. En segundo lugar, ayudan a identificar oportunidades de financiación, a compartir buenas prácticas y a acelerar la transferencia tecnológica. CLENAR, por ejemplo, ha impulsado programas conjuntos de formación técnica, acciones para la certificación de ahorro energético (CAE) y proyectos colaborativos orientados a mejorar la eficiencia energética en la industria.

Asimismo, CLENAR ha promovido estudios estratégicos sobre el impacto de las renovables en la economía regional y ha participado en consorcios europeos que buscan armonizar la digitalización del sector con los objetivos climáticos. Los clústeres también pueden contribuir a mejorar la aceptación social de las renovables mediante procesos de participación y mecanismos de retorno económico al territorio.

Conclusiones

La transformación de las infraestructuras energéticas en España no puede entenderse como una simple actualización técnica, sino como una reconfiguración integral que incorpore sostenibilidad, resiliencia y equidad como pilares fundamentales.

La experiencia de Aragón demuestra que es posible avanzar en estos objetivos si se articulan adecuadamente los recursos del territorio, la colaboración público-privada y una planificación estratégica alineada con las directivas europeas y los nuevos retos del siglo XXI.

El marco de las '3 D's' —descentralización, descarbonización y digitalización— ofrece una guía clara para rediseñar nuestras redes y sistemas energéticos. La sostenibilidad no es solo un fin ambiental, sino una vía para reforzar la cohesión social, dinamizar economías locales e impulsar un nuevo modelo industrial competitivo.

En este proceso, el papel de los clústeres y las plataformas de colaboración sectorial es clave para generar conocimiento compartido, promover buenas prácticas y escalar soluciones replicables.

La transición energética española pasa, inevitablemente, por convertir nuestras infraestructuras en herramientas activas y dinámicas de transformación territorial. Herramientas compartidas que tanto generadores, consumidores como prosumidores puedan utilizar en pro de la democratización de la energía.

Finalmente, resulta imprescindible reconocer que la transición energética no es un proceso neutro ni automático: requiere planificación (a medio y largo plazo), requiere gobernanza eficaz y requiere aceptación social.

La experiencia internacional demuestra que aquellas regiones que han articulado ecosistemas colaborativos sólidos y han invertido en tecnología y talento son las que más rápido y mejor han avanzado hacia una economía baja en carbono.

España, y particularmente territorios como Aragón, disponen del conocimiento, los recursos y la voluntad política para liderar esta transformación. Aprovechar esta coyuntura para rediseñar nuestras infraestructuras no solo permitirá cumplir con los compromisos climáticos, sino también fortalecer la competitividad del país en el nuevo orden energético global.

Bibliografía

PNIEC 2023-2030. Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO).

Estrategia de Almacenamiento Energético 2021. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía (IDAE).

Red Eléctrica de España (REE). Planificación Eléctrica 2021-2026.

Asociación Empresarial Eólica (AEE). Informe Anual de Energía Eólica 2024.

Fundación Renovables. 'Infraestructuras para una transición justa', 2024.

Boletín coyuntura Energética Aragón, 2024.

Endesa

Documentos técnicos del Clúster de la Energía de Aragón (CLENAR), 2024-2025.

IDEAS FUERZA

- **La sostenibilidad energética exige repensar las infraestructuras desde una lógica de sistema.**
- **Aragón lidera la integración renovable en España con impacto industrial y territorial.**
- **El binomio energía-territorio debe guiar las decisiones de inversión y planificación.**
- **La digitalización de redes y la gestión de la demanda son palancas imprescindibles.**
- **La aceptación social se construye con participación y beneficios locales visibles.**
- **Clústeres como CLENAR articulan innovación, colaboración y conocimiento aplicado.**
- **La planificación debe anticipar las necesidades de almacenamiento y flexibilidad.**
- **La sostenibilidad no es solo ambiental, también social y económica.**
- **España puede liderar la transición energética si armoniza escalas y competencias.**
- **Las buenas prácticas en Aragón son exportables al conjunto del Estado.**

Francisco Javier Valenzuela es gerente del Clúster de la Energía de Aragón (CLENAR), desde donde impulsa proyectos de innovación, formación y cooperación interclúster orientados a la transición energética. Especialista en comunicación institucional, sostenibilidad y dinamización de ecosistemas colaborativos, participa habitualmente en congresos y foros nacionales sobre política energética y desarrollo territorial.