

# Redes de servicios públicos inteligentes

## Demanda de energía y redes eléctricas inteligentes

La demanda mundial de energía aumenta en forma sostenida impulsada no solo por el crecimiento de la población sino también por la mayor dependencia de la sociedad de la electricidad. Con excepción de 2020, y quizá 2021, en ambos casos por causa de la pandemia de COVID-19 que llevó a confinamientos, restricciones de movilidad y caída de la actividad económica, la tendencia de la demanda es alcista. Según las perspectivas de la Agencia Internacional de la Energía (AIE), en su publicación de prospectiva energética, el *World Energy Outlook* de 2020, el consumo mundial de energía recuperará los niveles pre-COVID-19 entre 2022 y 2025 –dependiendo si la recuperación económica es lenta o rápida– y a partir de entonces aumentará a un ritmo de poco más del 1% anual. Eso significa que para 2050 el consumo mundial

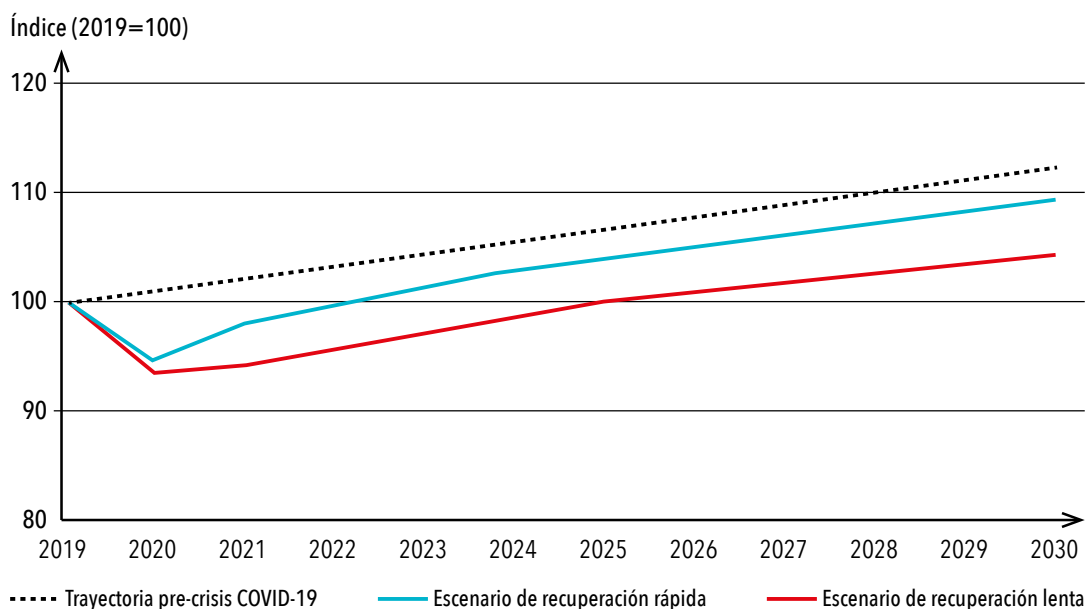
de energía crecerá más de 30%, lo que equivale a añadir la demanda energética de otra China y otra India al consumo mundial registrado en 2019. Si esta nueva demanda se satisface con combustibles fósiles tradicionales, se agravará la contaminación ambiental que su consumo provoca y aumentarán los efectos sobre el clima. Por otro lado, si el incremento de la demanda se satisface exclusivamente con fuentes de energía renovables, la intermitencia en el suministro asociado con ellas (solo hay energía solar cuando el astro brilla y solo hay eólica cuando el viento sopla) debe preverse con mucha antelación para evitar problemas.

La respuesta a la demanda creciente de electricidad no pasa solo por generar más energía eléctrica sino también por propender a un consumo racional y a una gestión eficiente de la red eléctrica en su totalidad.

La respuesta a estas necesidades vino desarrollándose, en los últimos quince años, a través de un nuevo concepto que se denomina redes eléctricas inteligentes (REI) y

### ¿DE QUÉ SE TRATA?

Nuevas formas de acceder a servicios públicos en el hogar y la industria.



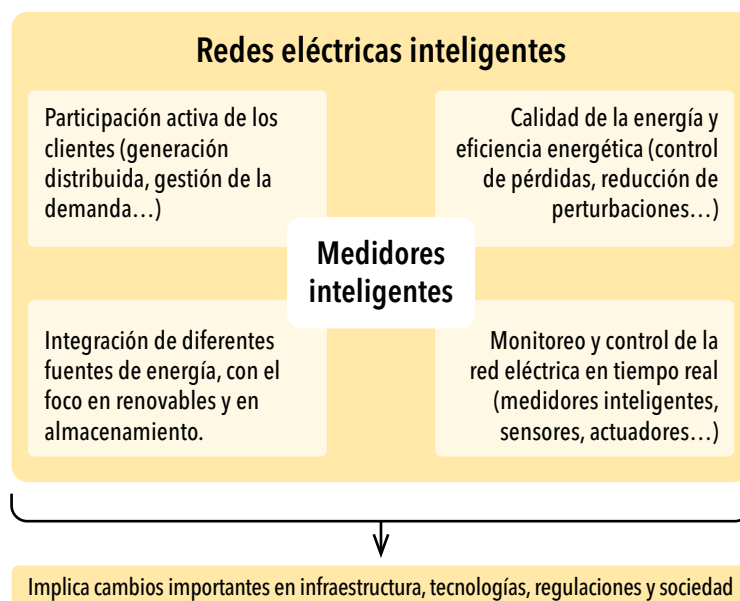
Proyecciones de crecimiento de la demanda de energía eléctrica para la próxima década, según la Agencia Internacional de Energía.

que representa un cambio de paradigma en la gestión y el control de las redes eléctricas. Las REI se pueden entender de manera simple como redes eléctricas tradicionales con modernas tecnologías de información y comunicaciones (TIC), que incluyen además sistemas de generación distribuida basados en fuentes renovables y microrredes. A partir de esta integración de tecnologías se modifica el funcionamiento mismo de la red eléctrica en aspectos tan variados como los siguientes:

- empleo de fuentes de energías renovables;
- generación distribuida en baja tensión;
- dispositivos de almacenamiento de energía eléctrica;
- reducción de las pérdidas de transmisión y distribución;
- control del flujo de energía bidireccional;
- implementación de esquemas de gestión de la demanda;
- mejora de la calidad de la energía;
- control del consumo en tiempo real, y
- tarifas dinámicas.

Para hacer realidad estas nuevas funcionalidades es necesario incorporar nuevos dispositivos de sensado y control. Entre ellos, hay uno en particular que se destaca y se asocia directamente con las REI: el medidor inteligente o *smart meter*. Este dispositivo permite no solo la lectura en forma remota del consumo de energía de los clientes por parte de la empresa distribuidora, sino que también proporciona a los mismos clientes información en tiempo real sobre su propio consumo. Es el elemento básico que comunica en tiempo real al proveedor y los clientes del servicio eléctrico y que sirve para construir lo que se denomina arquitectura de medición avanza-

da (AMI, del inglés *Advanced Metering Infrastructure*). Los datos obtenidos de las mediciones en tiempo real pueden ser utilizados para generar políticas de tarifas y consumo, gestionar el flujo de energía y mejorar la calidad del servicio eléctrico en general. Además, proporcionan información útil a los clientes para hacer un consumo racional de la energía eléctrica. Los medidores inteligentes están presentes en la interacción entre los clientes y la empresa distribuidora, en la supervisión y el control de la red, o en la integración eficiente de los generadores de energía distribuidos (por ejemplo, los de aquellos clientes que instalan paneles fotovoltaicos e inyectan el excedente de energía eléctrica a la red).



La instalación masiva de medidores inteligentes permitirá el desarrollo de nuevas funcionalidades y servicios en el mercado eléctrico.

En la mayoría de los países de la Unión Europea, Norteamérica y Asia se han realizado despliegues masivos de medidores inteligentes como primer paso para implementar verdaderas REI. Algunos de ellos ya se han completado exitosamente, como en los casos de Italia, España y Suecia, y otros están considerablemente avanzados, como el Reino Unido y algunos estados de los Estados Unidos de América. Algunas estimaciones proyectan un ritmo de instalación de medidores inteligentes a nivel mundial que llegará a 85 millones de unidades en 2025, gracias al impulso de China y los países de la región Asia-Pacífico. La penetración de los medidores inteligentes en el mercado eléctrico mundial, según otros estudios, crecerá casi 50% hasta 2023, donde América Latina se sitúa, en promedio, en torno al 25% y los países más desarrollados en torno al 70%.

## Extensión del concepto de REI a otros servicios públicos

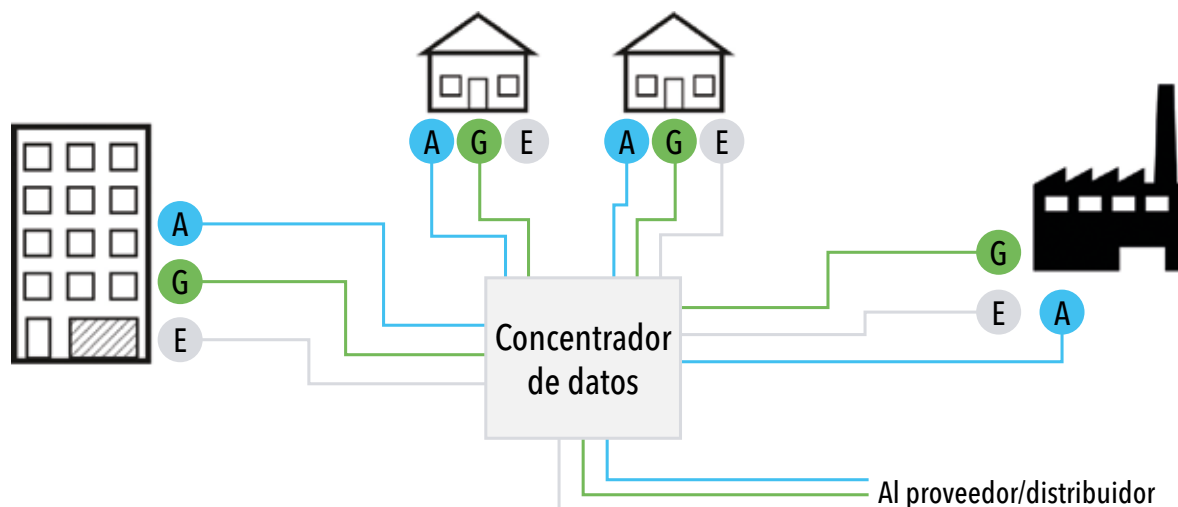
El cambio de paradigma de las redes eléctricas tradicionales a las REI es un camino que se va a consolidar globalmente en el curso de la presente década. Sin embargo, es importante recordar que nuestra sociedad no solo emplea recursos energéticos en forma de electricidad. En la mayoría de los países desarrollados o en vías de desarrollo los clientes, sean de tipo doméstico, comercial o empresas, se abastecen no solo de electricidad sino también de gas natural, a través de una red de distribución análoga a la eléctrica. El sistema de medición del consumo de gas que se utiliza en casi todos los casos es similar al de los medidores eléctricos tradicionales, en los que la lectura es manual, con frecuencia mensual o bimensual. La instalación de medidores inteligentes de gas natural podría integrarse con la infraestructura de

medición de consumo de energía eléctrica, permitiendo una gestión dinámica del consumo, tanto para los proveedores del servicio como para los consumidores, casi en tiempo real. Se han realizado algunas experiencias satisfactorias en grandes centros urbanos de Europa con esquemas de medición remota, en tiempo real, de consumos de gas natural y electricidad. Además, esta idea se puede extender a los medidores de agua, en aquellos lugares donde el suministro de esta es medido, formando una red de medición más amplia que permita a los organismos oficiales y a las empresas mejorar el servicio y gestionar el recurso de forma eficiente.

De esta manera, se puede extender el concepto de REI a uno mucho más amplio de 'redes de servicios inteligentes'. Estas redes no necesariamente van a estar controladas por un único proveedor, sino que en la mayoría de los casos van a corresponder a diferentes compañías, pero cada una de estas redes paralelas contribuirá a que usuarios y proveedores se vean beneficiados, unos por el control del consumo y otros por la eficiencia en la gestión y el control de la red.

¿De qué manera un sistema inteligente de monitoreo y control puede mejorar la calidad de los servicios de gas, agua y electricidad? El despliegue de medidores inteligentes, en cualquier tipo de servicio, permite el acceso a una gran cantidad de datos de consumo que pueden ser leídos a distancia con una frecuencia programable (en fracciones de horas) o bajo demanda. Desde el punto de vista de la empresa o cooperativa proveedora del servicio, esto permite no solo reducir los costes asociados a la lectura de medidores, sino también almacenar estadísticas, datos históricos, etcétera. Por otro lado, el acceso a la información relevada por los medidores inteligentes permite a los clientes hacer un consumo más racional de todos los servicios, ya que se podrán consultar datos históricos discriminados por días u horas, en tiempo real, en lugar de las mediciones manuales mensuales o bimensuales del presente.

Los medidores inteligentes de agua, gas y electricidad ayudarán a mejorar la forma en que se consumen los recursos, haciendo un uso más racional eficiente, tanto desde el punto de vista económico como desde el ecológico.



Otra de las cuestiones que contribuye a la eficiencia en la provisión de los diferentes servicios es la posibilidad de reducir o controlar las diferentes formas de pérdida. En el caso de la electricidad, el uso de medidores inteligentes ayuda a reducir las pérdidas de distribución de energía, tanto las denominadas técnicas (PT) como las no técnicas (PNT). Las PT se relacionan con el funcionamiento de cada componente del sistema: transformadores, cables, generadores, etcétera. Es, en cierto modo, una muestra del estado de las instalaciones eléctricas y depende básicamente del grado de optimización de la estructura del sistema eléctrico y de las políticas de operación y mantenimiento. Por otro lado, las PNT se originan por diferentes anomalías (medidor defectuoso, robo de energía, etcétera) y representan un problema importante para las distribuidoras eléctricas. Provocan importantes pérdidas de ingresos, afectando la operación del sistema eléctrico en general e introduciendo incertidumbre en los consumos medidos respecto de los reales. Según datos del Banco Mundial, en los últimos años las pérdidas medias en la distribución alcanzaron valores del 12-15% del total de la energía consumida en América Latina, África y Oriente Medio (como referencia, los países desarrollados están en torno al 5-6% de pérdidas en la distribución). Los medidores inteligentes serían útiles para controlar y minimizar el nivel de pérdidas en general, haciendo más eficiente la operación de todo el sistema de distribución. Además, la reducción de pérdidas aceleraría, en cierto modo, la amortización de la instalación de estos medidores.

En lo que respecta a las redes de distribución de agua potable y gas natural, los beneficios son similares. Una red de medición digital remota, en tiempo real, ayudaría a reducir las pérdidas de agua, sean estas por conexiones clandestinas o por roturas de cañerías. Según reportes del Banco Mundial, en los países en desarrollo se pierden casi 45 millones de metros cúbicos de agua por día, cantidad suficiente para satisfacer las necesidades de agua potable de millones de personas. Adicionalmente, esas pérdidas representan un valor económico de cientos de millones de dólares por año, debido a la energía utilizada para bombear agua que no se consume o no se cobra. Estas pérdidas podrían verse notoriamente reducidas empleando medidores inteligentes de presión y caudal, combinado con gestión remota y/o automática de las válvulas.

En el caso del gas natural, hay una utilidad adicional a las ya mencionadas que es muy significativa. Las pérdidas de gas natural tienen consecuencias que no solo son económicas sino también vitales. Los accidentes producto de pérdidas de gas no detectadas a tiempo pueden ser mortales, tanto por los riesgos de inhalación como por explosiones debidas a la acumulación en ambientes ce-

rrados. En este sentido, el uso de medidores inteligentes sería una herramienta muy útil para el cliente, que podría recibir alertas por consumos anormales, y también para la distribuidora, que podría verificar en tiempo cuasi real la existencia de pérdidas en la red o detectar aumentos anormales en el consumo de los clientes.

## Impacto de las redes de servicios inteligentes en el país

La implementación de redes de servicios inteligentes es algo que podría materializarse gradualmente, en el mediano o largo plazo. Esto dependerá de diferentes factores, entre los cuales se encuentran el contexto socioeconómico y la falta de normativa. Sin embargo, a pesar de las dificultades, los beneficios a obtener, en lo que respecta a eficiencia y calidad del servicio, serán muy importantes. Adicionalmente, el despliegue de estas redes plantea algunos otros desafíos y oportunidades, a saber:


- **Monitoreo y control de sistemas de generación de energía distribuida:** uno de los retos más importantes de la matriz energética es la introducción de sistemas de generación eléctrica basados en fuentes de energía renovables en clientes de baja tensión (denominados 'prosumidores'). La integración de estos sistemas se hará usando medidores inteligentes que registren la energía consumida y/o inyectada por cada prosumidor.
- **Calidad de la energía eléctrica:** en el pasado este era un concepto restringido a ciertos lugares y cuestiones técnicas específicas. Desde hace un par de décadas, este tema ha cobrado notoria relevancia porque afecta a los usuarios en general, tanto en lo referido a la eficiencia del consumo como en lo que respecta a las interrupciones del servicio eléctrico. El despliegue de medidores inteligentes permitirá actuar en tiempo real para mitigar las diferentes perturbaciones que afectan el servicio eléctrico y por tanto para mejorar su prestación.
- **Desarrollo de la industria nacional:** en los países en desarrollo existe, al menos, un mercado potencial de cientos de millones de medidores inteligentes de electricidad, gas y agua, lo que representa una importante oportunidad para el desarrollo de equipos y servicios. La implementación y el desarrollo de las redes de servicios inteligentes también impulsará la industria del software, a través del desarrollo de soluciones y aplicaciones para el control

de la red, el almacenamiento y el procesamiento de datos, entre otros.

- **Procesamiento de la información:** la falta de información detallada sobre el consumo de energía atenta contra la aplicación de políticas de eficiencia energética, consumo sostenible, etcétera. La instalación de medidores inteligentes permitirá recolectar más y mejores datos que los obtenidos actualmente con la lectura manual de medidores. El procesamiento de este enorme volumen de información podrá utilizarse para mucho más que el cálculo de las facturas de luz, gas o agua, sino que también servirá para obtener información sobre problemas en la red, predicción de fallos, perfiles de consumo, etcétera. Aquí entran en juego numerosas herramientas de procesamiento de datos, que van desde los métodos estadísticos tradicionales hasta las nuevas ramas de la ciencia, como la minería de datos y el *big data*. Esto impulsará la creación de nuevos modelos de negocio que repercutirán en la creación de puestos de trabajo y empresas de base tecnológica.
- **Riesgos potenciales:** aunque las perspectivas son prometedoras, existen riesgos potenciales que hay que tener en cuenta y que requerirán un gran esfuerzo para empresas, desarrolladores y usuarios. La mayoría de ellos están relacionados con la ciberseguridad y la explotación de información privada con fines comerciales o, peor aún, para la alteración de datos de consumo, control de medidores inteligentes, etcétera. Esto supone un reto importante

en términos de protocolos, algoritmos de encriptación, validación de dispositivos de medición, entre otros. Otra cuestión importante para algunos sectores es la posible violación de la privacidad asociada a la medición remota de los servicios, que proporciona información no solo del consumo, sino también sobre la rutina diaria del hogar. Para comprender mejor las consecuencias de la ciberseguridad se puede hacer una analogía con los criterios de seguridad empleados en los sistemas de salud o bancarios.

## Conclusiones

La implementación de redes de servicios públicos inteligentes es algo que está dejando de ser una utopía para convertirse en algo tangible, al menos en los países más desarrollados. En un contexto global de crecimiento de la población, las necesidades de servicios van en claro aumento y es necesario hacer un uso racional de los recursos, minimizando pérdidas y aumentando la eficiencia de la gestión. La implementación de diferentes redes de servicios inteligentes será de gran utilidad en este sentido, con el beneficio adicional de que pueden ser la llave para nuevas oportunidades económicas y de innovación. Entre los desafíos a enfrentar se encuentra la factibilidad de implementar estas redes en diferentes regiones, en la elección de tecnologías y marcos normativos adecuados, y en el control de los riesgos potenciales mencionados anteriormente. 

### LECTURAS SUGERIDAS

**AGENCIA INTERNACIONAL DE ENERGÍA**, *World Energy Outlook 2020*. <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2020>

**PROYECTO MUSE GRIDS, HORIZONTE 2020, UNIÓN EUROPEA**. <https://www.muse-grids.eu/>

**BANCO DE DATOS ABIERTO DEL BANCO MUNDIAL**, 2021, The World Bank Group. <https://data.worldbank.org/>

**SMARTGRIDSINFO, GRUPO TECMARED**. <https://www.smartgridsinfo.es/>



**Patricio G. Donato**

Doctor en electrónica por la Universidad de Alcalá, España.

Ingeniero en electrónica por la Universidad de la Patagonia San Juan Bosco.

Investigador Independiente de Conicet.  
[pgdonato@conicet.gov.ar](mailto:pgdonato@conicet.gov.ar)



**Marcos A. Funes**

Doctor en Ingeniería orientación Electrónica de la UNMdP.

Profesor asociado en la UNMdP.

Investigador Independiente en Conicet.  
[mfunes@fi.mdp.edu.ar](mailto:mfunes@fi.mdp.edu.ar)