

# Redes eléctricas inteligentes: situación en el mundo y en Argentina

Redes eléctricas inteligentes: el camino a la eficiencia energética. En este escrito, un detalle acerca del panorama mundial respecto de las redes eléctricas inteligentes, con detalles sobre experiencias realizadas en distintas partes del mundo y un análisis de la situación en Argentina.

Dr. Ing. Patricio G. Donato  
[pgdonato@conicet.gov.ar](mailto:pgdonato@conicet.gov.ar)

Dr. Ing. Marcos A. Funes  
[mfunes@fi.mdp.edu.ar](mailto:mfunes@fi.mdp.edu.ar)

Instituto de Investigaciones Científicas y Tecnológicas en  
Electrónica (ICYTE)  
CONICET  
Universidad Nacional de Mar del Plata

## Panorama global de las REI y su impacto en la eficiencia

A nivel global, el desarrollo de las redes eléctricas inteligentes (REI) ha sido desparejo. En los países desarrollados se han concretado, o se está en vías de concretar, despliegues masivos de medidores inteligentes como primer paso para implementar verdaderas REI. En países como Italia, Finlandia, España y Suecia se ha instalado uno de estos dispositivos a más del 93% de los clientes. Más aún, en Italia y Suecia se está haciendo un segundo despliegue de medidores, esto es, una renovación del parque de medidores ya instalados hace casi una década por un nuevo lote de dispositivos. Fuera de Europa, otros países están considerablemente avanzados, como es el caso de Corea del Sur, China y Estados Unidos.

---

*En los países desarrollados se han concretado, o se está en vías de concretar, despliegues masivos de medidores inteligentes como primer paso para implementar verdaderas REI*

---

En el caso de este último, según un informe del Institute for Electric Innovation de abril de 2021, para finales de 2019 había casi 99 millones de medidores inteligentes instalados en todo el país, lo cual supone algo más del 60% del total de clientes eléctricos (figura 1). El mismo informe estima unos 115 millones de medidores inteligentes instalados para finales de 2021, lo cual representa casi el 70% de todos los clientes conectados a la red de distribución del país. La distribución geográfica de esos medidores no es homogénea, sino que varía notablemente a lo largo del país, desde menos del 15% en Utah o Nuevo México hasta más del 50% en Nueva York o Massachusetts.

Según informes de diferentes consultoras, los despliegues de medidores inteligentes van a aumentar en los próximos años, tanto en los mer-

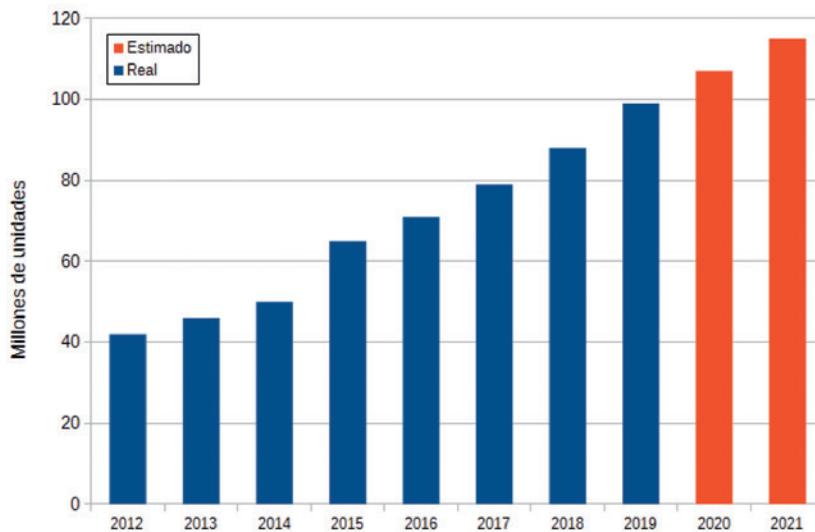


Figura 1. Medidores inteligentes instalados en Estados Unidos en el curso de la pasada década y estimaciones para la presente década, de acuerdo al reporte 2021 de The Edison Foundation

cados de países desarrollados como en los países en vías de desarrollo, con la región asiática en el tope de las instalaciones. Tanto Latinoamérica como Oceanía seguirán siendo mercados comparativamente pequeños durante los próximos años, aunque se espera que el primero experimente un repunte en la medida que mejore el contexto económico, de la mano de países como Brasil, México, Colombia y Argentina.

*Los despliegues de medidores inteligentes van a aumentar en los próximos años, tanto en los mercados de países desarrollados como en los países en vías de desarrollo*

### Resultados del despliegue de las REI

Más allá de la cantidad de medidores instalados y la magnitud de la inversión, una de las preguntas más importantes que hay que responder es cuál es el impacto de estos dispositivos en la eficiencia energética de la red. El panorama es muy diverso, ya que la implementación de las REI no sigue un plan armónico y coordinado a nivel

mundial sino que se está materializando por regiones o países que tienen diferentes prioridades. A modo de ejemplo, se pueden resumir algunas experiencias internacionales en el curso de la última década que muestran el impacto de las REI en diferentes lugares del mundo.

*Una de las preguntas más importantes que hay que responder es cuál es el impacto de estos dispositivos en la eficiencia energética de la red*

- » CenterPoint Energy (EE.UU.): En 2009, la distribuidora eléctrica de Texas emprendió un ambicioso proyecto de REI, financiado en parte con fondos del gobierno, que comenzó por la instalación de 2,3 millones de medidores inteligentes. Estos dispositivos, además de reportar las mediciones de consumo de los clientes, son capaces de detectar los cortes del suministro eléctrico y ayudar a las cuadrillas de mantenimiento y a los propios clientes en la resolución del problema. Como consecuencia de esto, para el año 2015 se había

restablecido el suministro a más de un millón de clientes sin que estos tuviesen que hacer una llamada telefónica. Adicionalmente, la empresa también instaló otros dispositivos inteligentes (esto es, que tienen capacidad de comunicarse y realizar algunas acciones en forma autónoma) para crear un sistema de localización de averías, aislamiento y restablecimiento del servicio (FLISR, por sus siglas en inglés), con el cual se evitaron más de 102 millones de minutos de cortes de servicio a clientes en más de mil situaciones de fallas en la red de distribución ocurridas entre 2011 y 2015.

- » American Recovery and Reinvestment Act, ARRA (EE.UU.): Este paquete de estímulos económicos del gobierno estadounidense, vigente entre 2009 y 2019, estaba dedicado a una gran variedad de áreas, incluyendo las REI. Según un reporte del Department of Energy de 2018, dieciocho empresas de servicios públicos que desplegaron sistemas FLISR con fondos del ARRA informaron que habían evitado 197.000 desplazamientos de cuadrillas de operarios, equivalentes a 5,5 millones de kilómetros recorridos por vehículos, entre 2011 hasta 2015. La localización precisa de las averías en la red permite a las empresas distribuidoras enviar las cuadrillas de reparación con precisión, lo que reduce la duración de la interrupción y los costos de reparación y aumenta la satisfacción de los clientes.
- » Oklahoma Gas and Electric (EE.UU.): Esta empresa instaló 823.000 medidores inteligentes que le permitieron lograr una reducción del 33% en el consumo de energía en horas pico, lo cual allanó el camino para un despliegue posterior con el que se logró un ahorro de 70 MW en la demanda. La clave del éxito fue el lanzamiento de un programa de "horas inteligentes", que introdujo periodos de tarifas variables para el consumo eléctrico, lo cual se complementó con difusión de información a los clientes sobre los horarios y usos de la energía.
- » Iberdrola (España): A finales de 2014 esta empresa desplegó 4,2 millones de medidores inteligentes en diferentes lugares de España como parte de un proyecto de reemplazo de 10,3 millones de medidores analógicos. A partir de esta inversión, la empresa declaró haber reducido la duración promedio de los cortes de electricidad a los clientes de la zona de Castilla-La Mancha, pasando de 45 minutos entre enero y julio de 2014 a 37 minutos durante el mismo periodo de 2015. Esto representa una mejora del 18% en la calidad del servicio eléctrico.
- » Proyecto GREBAS (Portugal y Turquía): Un proyecto realizado entre 2016 y 2019 mostró que era posible reducir el importe de la factura de electricidad mediante el uso de una plataforma digital. A través de una aplicación en tiempo real se hacía un seguimiento del consumo de energía diario, donde los clientes establecían objetivos de consumo energético y competían entre sí. La aplicación móvil les guiaba para controlar su consumo de energía y tomar decisiones al respecto, mostrando a los clientes sus cargas energéticas flexibles desglosadas por periodo de tiempo y tipo de aparato, recomendando cambios de comportamiento para minimizar tanto el consumo como el costo económico. En lugar de ofrecer consejos generales a cada cliente, la plataforma GREBAS propuso objetivos más modestos adaptados a los hábitos de cada uno de ellos, sugiriendo horarios y tiempos de uso para determinados electrodomésticos. El proyecto también incluía un aspecto lúdico, ya que los clientes podían compararse con sus vecinos y formar equipos para alcanzar objetivos en forma comunitaria. Los resultados de este proyecto mostraron que, por ejemplo, en un periodo de setenta días en el primer semestre de 2018 realizado en Estambul se alcanzó un ahorro potencial anual de 53 euros por cliente, lo cual equivale a una factura mensual media.

- » Community Energy London (Reino Unido): En Elmore House (Brixton) se está probando un mercado de energía que permite a los residentes acceder a la electricidad generada por un sistema solar fotovoltaico instalado en la azotea del bloque de departamentos, almacenarla en una batería, y llevar a cabo la comercialización P2P usando tecnología blockchain. De esta forma, pueden proveer servicios de energía flexibles para responder a la oferta y la demanda en el área.

## Percepción social de las REI

Más allá de las bondades de las REI desde el punto de vista técnico y operativo, hay una cuestión que no se puede soslayar y que está relacionada con los usuarios de la red eléctrica. Se trata de la forma en que los clientes se relacionan con las REI, las expectativas previas y los resultados que finalmente logran. Si bien las REI aún están evolucionando y se necesita un despliegue aún mayor para poder evaluar su impacto global, hay algunos estudios que indican que las expectativas por parte de los clientes se han estancado, o incluso reducido, en los últimos años.

---

*Hay algunos estudios que indican que las expectativas por parte de los clientes se han estancado, o incluso reducido, en los últimos años*

---

Un descenso en el interés público sobre las tecnologías y funcionalidades de las REI es preocupante porque cualquier iniciativa al respecto requiere que los clientes participen activamente en el uso, producción y gestión de la energía.

El ahorro que puede lograrse mediante el despliegue de las REI puede ser atractivo para los clientes, pero no es el único y no todos lo ponderan de la misma manera. La implementación de estrategias de gestión de la demanda podría ser bien vista en algunos casos (por ejemplo, modifi-

cando los horarios de activación de ciertos electrodomésticos para evitar los horarios con tarifas más caras), pero en otros podría ser una molestia. Un ejemplo de esto último sería el caso de un recorte de consumo pico (ver figura 2) que afecte la climatización del hogar durante una ola de calor. En tales casos, los clientes podrían estar disconformes con el ahorro logrado, debido a que no se compensa con la pérdida de confort. Otros clientes ponderan más la confiabilidad y calidad del servicio eléctrico en lugar de la tarifa, mientras que algunos menos también ponderan la cuestión medioambiental de trasfondo. En todos los casos, la asimilación de las REI por parte de la sociedad en su conjunto es un tema complejo que presenta muchas aristas diferentes y que merece una especial atención.

Según los resultados de un estudio realizado en Francia entre 2018 y 2019, el despliegue de las REI enfrenta una resistencia cada vez mayor, no solo por parte de los clientes, sino también por parte de los gobiernos municipales. Al contrario de lo que ocurre en la mayoría de los casos, donde los intermediarios, en este caso los gobiernos municipales, son los impulsores de la implantación de nuevas tecnologías, en este estudio se expone que incluso podría haber resistencias por parte de los que deberían impulsar las REI.

Una página aparte dentro de este apartado son las organizaciones civiles y movimientos en contra de los medidores inteligentes y la informatización de las redes eléctricas. Si bien se trata de un fenómeno relativamente acotado y reducido, resulta muy llamativo por su resistencia a la tecnología. Este tipo de agrupaciones se halla mayormente en Estados Unidos, donde proliferan bajo nombres como "Stop Smart Meters" o "Smart Meters Dangers". Suelen tener alguna presencia mediática y en la web, alertando sobre los riesgos para la salud de los vecinos, la privacidad de los clientes y el costo económico de los dispositivos de medición. El sustento científico de sus aseveraciones no es muy claro y se basa mayormente en el uso del miedo como herramienta, apoyando el uso de tecnologías de medición

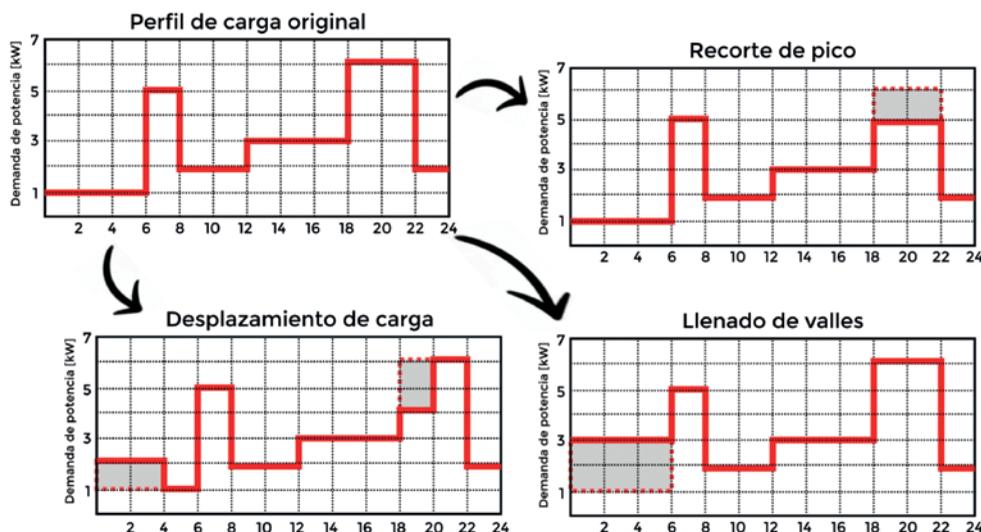


Figura 2. Se pueden implementar diferentes estrategias de gestión de la demanda en el marco de una REI, desde el recorte de consumos en las horas pico hasta desplazamientos de consumos de una banda horaria a otra. El llenado de valles es otra alternativa, donde se combina la capacidad de almacenamiento con el uso de la red en los horarios donde la demanda de energía es menor.

más antiguas, como los medidores electromecánicos, por considerarlos más seguros.

*Hay una cuestión que también genera una cierta resistencia, o al menos preocupación, al momento de poner en marcha proyectos relacionados con REI. Se trata del posible impacto negativo en el sector laboral*

Por último, hay una cuestión que también genera una cierta resistencia, o al menos preocupación, al momento de poner en marcha proyectos relacionados con REI. Se trata del posible impacto negativo en el sector laboral, ya que el despliegue de medidores automáticos y de sistemas de comunicaciones y procesamiento de la información, sumado a la instalación de actuadores inteligentes con los que hacer maniobras en forma remota, hace innecesarios los servicios de un grupo de personas que se dedicaban a las tareas de lectura de medidores, atención de recla-

mos, etc. Si bien esto es cierto, en el sentido que las experiencias en diferentes lugares del mundo revelan que se reducen notoriamente las salidas de cuadrillas y desaparece la necesidad de contar con personas para leer estados de medidores en forma manual, no debería ser una consecuencia inevitable. La instalación de sistemas de medición y actuadores inteligentes también genera nuevas necesidades, como por ejemplo técnicos que hagan el mantenimiento, que procesen e interpreten las mediciones, etc. Esto podría dar lugar a la creación de nuevos puestos de trabajo, más calificados, y abriría las puertas a capacitaciones y mejoras en las condiciones de trabajo. Pero claramente este es un aspecto que influye en la toma de decisiones y que podría ralentizar la adopción de estas nuevas tecnologías.

### Estado de las REI en Argentina

En Argentina, al igual que en muchos otros países en vías de desarrollo, las REI están comenzando a desplegarse, aunque con un ritmo condicionado fuertemente por la coyuntura socioeconómica.

Se han implementado algunos proyectos piloto de pequeña o mediana envergadura, los cuales han reportado buenos resultados, pero que no han dado lugar a despliegues de mayor alcance geográfico. Ejemplos de ello son los proyectos de las ciudades de Armstrong y Salta, entre otros, que han contado con cierto grado de apoyo financiero por parte de organismos nacionales y provinciales. Un caso diferente, que merece destacarse de estas experiencias y otras similares, es el del proyecto Red Inteligente Cauce, en la provincia de San Juan, que es coordinado por el Instituto de Energía Eléctrica (IEE, CONICET/ UNSJ), el cual conjuga no solo el aspecto operativo del despliegue de medidores inteligentes, sino también la participación de un organismo de ciencia y tecnología nacional en su gestión.

---

*Se han instalado medidores inteligentes de manera descoordinada y no sistemática. Mayormente esto se ha dado en el ámbito de cooperativas eléctricas de pequeñas localidades con demografía rural y semiurbana*

---

Exceptuando los proyectos piloto en marcha, se ha dado un fenómeno particular en diferentes lugares del país, donde se han instalado medidores inteligentes de manera descoordinada y no sistemática. Mayormente esto se ha dado en el ámbito de cooperativas eléctricas de pequeñas localidades con demografía rural y semiurbana, donde se han instalado medidores inteligentes para facilitar tanto los procesos de lectura de consumo de los usuarios como la conexión/desconexión de los clientes. En la mayoría de estos casos, los medidores inteligentes se han instalado primero en entornos rurales, con el objetivo de reducir los tiempos de lectura y los costos para estos clientes. La experiencia satisfactoria con las instalaciones en estos emplazamientos hizo que luego se ampliase el área de cobertura a zonas céntricas y barrios aledaños. Algunas de estas coope-

rativas han aprovechado plataformas existentes de otros servicios que proveen, como por ejemplo TV por cable o internet, para dar soporte a la transmisión de datos de los medidores. El uso de medidores inteligentes para los clientes rurales evita, entre otras cosas, que la cooperativa tenga que desplazar operarios a decenas de kilómetros de distancia para la lectura o toma de estado.

---

*Un caso aparte son los grandes consumidores, como industrias, mercados concentradores y similares, los cuales cuentan con dispositivos de medición inteligente en su gran mayoría*

---

El grado de avance logrado en programas de recambio de medidores e instalación de medidores inteligentes en Argentina, en lo que respecta a los clientes de baja tensión, es desigual y no sigue un orden o criterio definido a nivel provincial o nacional. Un caso aparte son los grandes consumidores, como industrias, mercados concentradores y similares, los cuales cuentan con dispositivos de medición inteligente en su gran mayoría. Pero en el conjunto de los usuarios residenciales y pequeños comercios/industrias, conectados a la red de distribución de baja tensión, el panorama es más complejo. Si bien hubo un cambio en las regulaciones pertinentes a los dispositivos de medición de consumo de energía, a través de la resolución 247/2019 de la Secretaría de Comercio Interior que establece el "Reglamento técnico y metrológico para los medidores de energía eléctrica en corriente alterna", el impacto aún no ha podido ser debidamente cuantificado. La entrada en vigencia de este reglamento, que fue aprobado en 2019, tuvo que ser prorrogada por la emergencia sanitaria en el marco de la pandemia de COVID-19, demorándose hasta el día 31 de diciembre de 2021. Dicho reglamento establece plazos para el reemplazo de medidores con diferente grado de antigüedad, proceso que debería completarse en su totalidad

Lugar	Cantidad	Comentario
Armstrong (Santa Fe)	1.000	Medición inteligente, uso de energías renovables (500 kW), SCADA en media tensión, uso de redes celulares y PLC.
Salta	1.800	Comunicaciones basadas en redes celulares y PLC.
Centenario, San Martín de los Andes y Aluminé (Neuquén)	14.300	Incluye un proyecto de generación distribuida basada en fotovoltaica en el centro de la ciudad de Centenario.
Gral. San Martín (Buenos Aires)	5.000	Contadores bidireccionales, uso de tecnologías de malla RF para las comunicaciones.
Rauch y Ayacucho (Buenos Aires)	5.000	Comienza el despliegue de medidores inteligentes en 2023.
Ciudad de Buenos Aires	5.000	Primer paso para la futura implantación de una red de 2,5 millones de contadores inteligentes.
San Miguel de Tucumán	500	Vigilancia y control en algunos de los barrios más pobres de la ciudad.
Concepción del Uruguay (Entre Ríos)	290	Prueba piloto con módulos de medición aéreos tipo antifraude.
Vicuña Mackenna (Córdoba)	2.400	Servicio GPRS para clientes rurales y ADSL para clientes urbanos.

**Tabla 1. Algunos proyectos piloto que incluyen el despliegue de medidores inteligentes en el territorio argentino.**

para finales de 2029. No hay números oficiales al respecto, pero de acuerdo a estimaciones basadas en información proporcionada por empresas del sector, hoy en día habría más de 100.000 medidores inteligentes instalados en el país (en la tabla 1 se puede ver una pequeña muestra de algunos de estos casos). La mayor parte de estos medidores inteligentes se encuentran instalados en localidades de tamaño medio o pequeño del interior del país. Si bien los motivos por los cuales se han desplegado estos medidores en un principio parecen limitados a la medición de consumo y la conexión/desconexión remota de clientes, se trata de un primer paso muy importante que podría servir para impulsar el desarrollo de proyectos de REI más avanzados.

Todas estas cuestiones ayudarían a mejorar la calidad del servicio eléctrico y a su vez lo harían más eficiente, por lo cual la inversión necesaria se podría amortizar en parte con el ahorro logrado en el control de pérdidas o en la reducción de salidas de cuadrillas o tomas de estado. Esto tampoco debería significar que deban suprimirse los puestos de trabajo asociados tradicionalmen-

te a la lectura de los medidores, sino que se podrían reconvertir y capacitar justamente para trabajar en el análisis y gestión del relevamiento de mediciones. ■■

**Nota de la Edición**

Este artículo forma parte de una serie titulada “Redes eléctricas inteligentes: el camino a la eficiencia energética” elaborada por los mismos autores especialmente para AADECA y Editores SRL en base a la presentación que llevaron a cabo en el marco del encuentro AADECA 2023.

Las serie está conformada por los siguientes artículos:

- Redes eléctricas inteligentes en contexto
- Medidores y funciones de las redes eléctricas inteligentes
- Redes eléctricas inteligentes: situación en el mundo y en Argentina
- Redes eléctricas inteligentes: ¿qué hacer?