



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

## SECTOR ENERGÍA

### **PERFIL DE PROPUESTA: DESARROLLO DE SISTEMAS DE REDES INTELIGENTE DE TRANSMISIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE ELECTRICIDAD, CON INTERCONEXIÓN DE GENERACIÓN CON FUENTES RENOVABLES DE ENERGÍA, Y/O MEJORAMIENTO DE LA EFICIENCIA DE LAS REDES ELÉCTRICAS EXISTENTES.**

#### **1. Antecedentes**

El Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE) abarca todas las acciones que se realicen en las diversas etapas del quehacer energético para optimizar su uso, partiendo de los recursos, pasando por los servicios, hasta llegar al nivel de los consumidores. En otras palabras, es el manejo planificado, desde el punto de vista técnico-económico, de la energía requerida para la producción o la prestación de un servicio y que concede especial atención a la protección del medio ambiente. El consumo de energía es el último eslabón de una cadena de decisiones y acciones, por lo que es necesario su análisis dentro del contexto social donde ocurre. El empleo de redes inteligentes para la transmisión y distribución de electricidad es una parte importante del eslabón energético donde es posible realizar un ahorro considerable a través del Uso Racional y Eficiente de la Energía (UREE) que incluya toda la cadena desde la conexión del generación a la red hasta el usuario, final incluyendo modificaciones de las costumbres de la población en el uso de la electricidad.

De acuerdo a Velasco-Ramírez, Ángeles-Camacho y García-Martínez [1], para la Unión Europea [2] el desarrollo de redes inteligentes resulta un audaz programa de investigación, desarrollo y proyectos que se encaminan a la integración de la red de abastecimiento de energía, que satisfaga las necesidades de la Europa del futuro. Según esta visión, las redes europeas de energía eléctrica del futuro deberán ser:

- Flexibles: para satisfacer las necesidades de los consumidores con los retos que esto representará en el futuro.

---

[1] Redes de transmisión inteligente. Beneficios y riesgos Ingeniería Investigación y Tecnología, volumen XIV (número1), enero-marzo 2013: 81-88 ISSN 1405-7743 FI-UNAM 84.

[2] Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. Towards Smart Power Networks, EUROPEAN UNION, 2005. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. European Smart Grids Technology Platform, EUROPEAN UNION, 2006. Directorate-General for Research Sustainable Energy Systems. Third Status report on European Technology Platforms, EUROPEAN UNION, Marzo 2007.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

- **Accesibles:** para garantizar el acceso a la conexión de todos los usuarios y generadores de la red eléctrica, particularmente aquellos con uso de fuentes renovables, producción local y generación altamente eficiente con emisiones muy bajas.
- **Económicas:** para proveer una cadena de valor por medio de la innovación, la administración eficiente de la energía, la competitividad y la regulación

Uno de los objetivos fundamentales que se pretende lograr con la implementación de las redes inteligentes europeas [2] es duplicar la incorporación de la generación por medio de energías renovables, para alcanzar un 26% en 2030.

La Unión Europea (UE) ha dictado varias legislaciones [3] en referencia al impulso de telegestión de medidores (smart meters). Espera que para el 2020 el 80 % de los clientes de la UE tengan medidores inteligentes, existiendo planes de sustitución aprobados por reguladores (Italia en 2006, España en 2007, UK y Francia en 2011, Finlandia, Grecia).

En diciembre del 2007 fue aprobado por el gobierno de EE.UU. el “Title XIII of the Energy Independence and Security Act of 2007” (EISA), que provee el soporte legislativo para que el Departamento de Energía (DOE) desarrolle sus actividades en redes inteligentes (smart grid) y refuerce su rol en el esfuerzo de liderar y coordinar las tareas de modernización de redes en ese país. Los principales puntos que establece el “Title XIII” son:

- La Sección 1303 establece para al DOE la “*Smart Grid Advisory Committee*” y “*Federal Smart Grid Task Force*”.
- La Sección 1304 autoriza al DOE a desarrollar un “Smart Grid Regional Demonstration Initiative.”
- La Sección 1305 encarga a la National Institute of Standards and Technology (NIST), con DOE y otros, desarrollar un “Smart Grid Interoperability Framework”.
- La Section 1306 autoriza al DOE desarrollar un “Federal Matching Fund for Smart Grid Investment Costs”

El DOE desarrolla en particular en el Oak Ridge National Laboratory, el proyecto VERDE (Visualizing Energy Resource Dynamically on Earth) que proporcionará una gran área de conocimiento de la red, integración de datos de sensores en tiempo real, información meteorológica y moldeado de la red con

---

[3] Measuring Instruments Directive (marzo 2004/22/EC). Energy End-Use Efficiency and Energy Services Directive (abril 2006/32/EC). Electricity Directive (2009/72/EC).



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

información geográfica. Potencialmente, será capaz de explorar el estado de la red a nivel nacional y cambiar en segundos para explorar detalles específicos a nivel de la calle. Ofrecerá rápida información sobre apagones y la calidad de la energía, así como “insights” sobre el funcionamiento del sistema de servicios públicos. Con una plataforma construida en Google Earth, también podrá sacar provecho del contenido generado por la comunidad de usuarios de dicha aplicación.

El DOE [4] estructuró recientemente un programa denominado “Renewable and Distributed System Integration Program”, mediante el cual se encuentra realizando nueve proyectos piloto. Cada uno de ellos integra energía limpia, producida en el sitio de empleo con el fin de lograr una reducción de 20% en el pico de demanda en los alimentadores de distribución para el año 2015. Los proyectos están localizados a través de todo el país, e involucran a todos los niveles que integran la cadena de distribución, desde complejos residenciales e industriales hasta las compañías suministradoras, los cuales están desarrollando, conjuntamente, diferentes procedimientos para alcanzar la meta. Algunas de las tecnologías que se están integrando [5] son con los vehículos híbridos, turbinas eólicas, energía fotovoltaica, acumulación por bombeo, almacenamiento por aire comprimido, tecnología de micro redes y sistemas de automatización de alimentadores. Además establece que la generación con fuentes renovables distribuidas son “inteligentes” porque:

- Reduce la emisión de gases de efecto invernadero.
- Mejora la eficiencia del sistema.
- Ayuda a diferir la necesidad de crecimiento del sistema.
- Reduce el pico de carga.
- Alivia la congestión.
- Mejora la confiabilidad
- Mejora la seguridad del sistema.

Para la República Argentina en la Tabla 1 se muestra la oferta total de electricidad y gas distribuido por red en el año 2010[6], así como las pérdidas en

---

[4] US Department of Energy. The Smart Grid: an Introduction, 2008. US Department Of Energy. How the Smart Grid Promotes a Greener Future, 2009.

[5] Vojdani A. et.al. Smart Integration. IEEE Power and Energy Magazine, volumen 6 (número 6), 2008: 71-79

[6] Secretaria de Energía. [www.energía.mecon.gov.ar](http://www.energía.mecon.gov.ar) Información de mercado-Publicaciones-Energía en general-Balances energéticos.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

la transmisión y distribución de dichos energéticos y el porcentaje que ellas representan. Como puede observarse la transmisión de electricidad presenta un porcentaje de pérdidas del 12,4%, lo que justifica incentivar las tareas de investigación, desarrollo e innovación en UREE que permita una disminución de las mismas con la incorporación de redes inteligentes. Además, fomentar la entrada en el mercado eléctrico de ofertas provenientes de generación de energía centralizada y distribuida con fuentes renovables, en particular la eólica y solar, contribuye a modificar la matriz energética.

**Tabla 1: Oferta de electricidad y gas y pérdidas en la transmisión.  
Elaboración propia**

Sector	Miles de Tep		%
	Oferta total	Pérdidas	
Electricidad	11.685	1.446	12,4
Gas distribuido por redes	39.064	658	1,7

En general los sistemas actuales de transmisión y distribución no están preparados para recibir la generación distribuida, con operación radial de las redes de distribución.

Por ello se propone la introducción de redes inteligentes, mediante la interconexión de generadores de energía eléctrica con fuentes renovables, y el mejoramiento de la eficiencia de las redes y su operatividad.

Es claro que la creación de condiciones que permitan la introducción de generación distribuida de fuentes renovables en redes inteligentes puede mejorar sustancialmente la economía y el impacto ambiental de los servicios de suministro de energía eléctrica, con un impacto social directo, generando mano de obra capacitada y nuevas empresas. Ello se traduce en la reducción de los gastos en todos los sectores y una mayor disponibilidad de energía eléctrica, y reducción a nivel global de los consumos en combustibles convencional para su generación, con su consiguiente efecto positivo sobre el gasto público. En ámbitos urbanos residenciales alentaría el desarrollo de redes inteligentes y/o generación distribuida si existe un claro beneficio económico.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

## **2. Identificación del problema**

La necesidad de tener sistemas de transmisión de electricidad limpios, eficientes, confiables, sensibles y tolerantes a disturbios, ha propiciado el nacimiento de las llamadas “redes inteligentes”, lo que en inglés se conoce como “smart grids”.

Las Redes Inteligentes son sistemas bi-direccionales que integran tecnologías de telecomunicaciones y sistemas de suministro de electricidad, aplicando la tecnología de la información para hacer más visible y controlable tanto la propia red convencional como nuevos elementos de la red, especialmente la respuesta a la demanda y a pequeños sistemas de generación y almacenamiento. El mejor control proporcionado por las redes inteligentes vendrá dado por la alta velocidad, comunicaciones en las dos direcciones, sensores más efectivos y la coordinación en tiempo real de todos los elementos de la red.

Incluye el desarrollo de las superredes eléctricas, entendiendo por éstas las que se plantean para establecer conexiones a muy larga distancia con tecnología que permite reducir las pérdidas normalmente atribuidas a este tipo de conexiones. La principal intervención en este sentido es la utilización de corriente continua en alta tensión (HVDC).

Además, la medida y el control de elementos de la red irán más abajo del nivel de subestación, pasando de controlar solo la red de transporte a controlar también la red de distribución. De esta forma, las redes inteligentes actuarán como medios para:

1. Permitir la participación activa de los consumidores, involucrando al cliente como un participante activo en la gestión eficiente de su consumo.
2. Acomodar todas las opciones de generación y almacenamiento, en particular gestionar la generación distribuida, lo que permite la introducción del empleo de energía renovables.
3. Permitir el desarrollo de nuevos productos, servicios y mercados en el sector eléctrico.
4. Optimizar la operación de los elementos de la red, para mejorar la confiabilidad y calidad de servicio, disminuir las pérdidas, gestionar la demanda y mejorar el uso de activos.
5. Anticiparse y responder a perturbaciones del sistema.
6. Resistir ataques y desastres naturales, posibilitando un mercado energético más seguro y sostenible
7. Facilitar la comercialización de energía eléctrica.



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Las redes inteligentes tienen tres componentes primarios: facturación inteligente (smart metering), la infraestructura de la red y el sistema de control (grid intelligence), y una gestión inteligente de datos (utility IT)

Cabe destacar que los sistemas de control de redes inteligentes son los dispositivos y algoritmos que analizan, diagnostican y predicen las condiciones de las redes modernas, así como determinan y toman las acciones correctivas adecuadas para eliminar, mitigar y prevenir cortes y perturbaciones en la red eléctrica. El control se toma tanto en la red de transporte como en la de distribución y la del consumidor. Requieren una infraestructura de gran capacidad de comunicación e integrada para procesar la gran cantidad de datos que la red aporta. La infraestructura de medición avanzada (AMI) son medidores digitales de estado sólido con comunicaciones de dos vías entre el medidor y la empresa de suministro eléctrico, que forma parte de la red eléctrica inteligente.

Para lograr que los sistemas de transmisión inteligente tengan las características requeridas es necesario introducir [7] varias variables que permitan un óptimo funcionamiento de las redes de transmisión inteligente. Entre estas se encuentra la incorporación de sensores de impedancia, monitoreo del sistema, implementación de portales del consumidor, comunicaciones usando fibras ópticas (sobre cables de guarda), agentes semiautónomos, métodos de visualización avanzados, Sistemas de almacenamiento de energía, aplicación de dispositivos controladores (FACTS-*Sistemas flexibles de transmisión en CA-*, HVDC-*Trasmisión en alto voltaje de corriente eléctrica directa-*, WAM-*Wide Area Network-* & WAP-*Protocolo de aplicaciones inalámbricas-*, PMU, etc.).

El alcance de una red inteligente incluye generación distribuida con generación e inyección a la red y se extiende hasta el control de distintos servicios tales como tele-medición (la medición de los clientes y los transformadores para reducción de pérdidas, regulación de alumbrado público), la semaforización, uso eficiente de la energía por cambios de tipo de iluminación y conducta de los consumidores, y tele-supervisión de la red de media/baja tensión, comunicación.

Las redes de transmisión de electricidad de alta tensión se encuentran en la Argentina en los corredores Comahue-Gran Buenos Aires (GBA); Litoral-NEA-GBA; Cuyo-Centro y Litoral-Centro, existiendo un Plan Federal de Transporte que adiciona [8] unos 4.600 km de líneas. Por su parte, las redes de media y baja tensión cubren todas las provincias argentinas. La territorialidad de aplicación de la mejoras de la eficiencia de las redes de transmisión y distribución en sí, su

---

[7] Favre-Perrod P., Crithley R., Catz E., Bazargan M. New Participants in Smart Grids and Associated Challenges in the Transition Towards the Grid of the Future. IEEE Bucharest PowerTech, 2009: 1-5

[8] [http://www.petrotecnica.com.ar/petro\\_08/SIN\\_SP.pdf](http://www.petrotecnica.com.ar/petro_08/SIN_SP.pdf)



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

operatividad, manejo inteligente y efectos ambientales es, por lo tanto, muy amplio.

Es necesario desarrollar herramientas computacionales para organizar los flujos de energía y poder garantizar un suministro continuo a las redes de distribución, porque una desventaja de las energías renovables, especialmente la solar y eólica, es que la generación de electricidad es intermitente. Para las aplicaciones de energías renovables en la generación de electricidad, deben considerarse las condiciones naturales de las distintas regiones; la energía solar en el NOA, NEA, LITORAL, CUYO; la energía eólica en la Patagonia y CUYO; la energía de biomasa y biogás en el Litoral y NEA; la energía generada con microturbinas por ejemplo en Misiones, Mendoza, etc. Por otro lado en los ámbitos urbanos, la energía fotovoltaica y la eólica son fuentes factibles de generación eléctrica en forma distribuida, que pueden implementarse en casi 2.500 municipios que tiene el país, y donde casi el 90% de la población reside en áreas urbanas y periurbanas.

Se espera que la introducción de sistemas de redes inteligentes permita adecuar el comportamiento de los consumidores para realizar un uso más racional y económico de la energía, contribuyendo también al cuidado del medio ambiente.

En general se cuenta con instrumentos públicos de fomento a la innovación. En lo referente a Marcos Regulatorio, la Ley 26.190, reglamentada a través del Decreto No. 562/09, establece el “Régimen de fomento nacional para el uso de fuentes renovables de energía destinada a la producción de energía eléctrica” y el Decreto 140/2007 ofrece una amplia gama de acciones que favorecen el UREE, pero no específicamente referidos a redes inteligentes, generación distribuida y energías renovables.

No se cuenta con una regulación nacional para la generación distribuida que facilite la adhesión de los Entes Reguladores Provinciales a un criterio normativo homogéneo, ni se cuenta con un criterio tarifario en cuanto a qué retribución puede recibir el usuario dador de energía que compense la que recibe de la red.

Pueden aportar conocimiento al Subsector Redes de transmisión y distribución de electricidad las siguientes tecnologías de propósito general (TPG)<sup>[9]</sup>: a) TICs en electrónica de control para equipos que formarían parte de las redes inteligentes; telecomunicación, Software de Inteligencia artificial que gestione las redes inteligentes; para el manejo de tableros de control, b) Nanotecnología, en sus aportes a nuevos materiales, y c) la Biotecnología para uso de la biomasa como fuente renovable para generación de energía eléctrica.

---

[9] La sigla TPG engloba a la biotecnología, la nanotecnología y las tecnologías de la información y las comunicaciones (TICs).



*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

Si se lograra conformar una efectiva relación de cooperación entre las instituciones académicas y la industria, se podría pensar que existen buenas posibilidades de desarrollar cadenas productivas. Se conoce la existencia de producción nacional de equipos de aprovechamiento de energías renovables para sistemas y subsistemas. En líneas generales, una elevada proporción de componentes críticos de la industria eléctrica en general provienen del extranjero y/o de fabricación nacional bajo licencias extranjeras.

Si bien hay firmas que cuentan con la tecnología de sistemas de medidores inteligentes y de redes inteligentes, en particular en Alta y Media Tensión, no hay desarrollados de sistemas para Baja Tensión que lleguen al usuario final. Hay emprendimientos, en especial PYMES, que están desarrollando inversores con capacidad de interconexión a la red pública de Baja Tensión, medidores inteligentes para el monitoreo de sistemas de generación, operadores de redes inteligentes en Baja Tensión, así como sistemas de control y accionamiento.

La disponibilidad de recursos humanos en las empresas de servicios eléctricos para responder a los desafíos que presenta el desarrollo previsible a mediano plazo con la incorporación masiva de generación distribuida basada en energías renovables y la incorporación de dispositivos y sistemas inteligentes en las redes de distribución, es absolutamente insuficiente. Faltarían incentivos y facilidades para promover la vinculación y la asociación con el sistema científico público de CyT. No obstante existen empresas con fortalezas en CyT, aunque limitadas, que están participando en proyectos conjuntos con el sistema de CyT nacional en emprendimientos que tienen asistencia del FONARSEC.

Hay una buena generación de conocimientos en energía en general en las universidades del país, en muchas de las cuales se dan cursos de energías renovables; en particular hay dos maestrías en energías renovables (Universidad Nacional de Salta y Universidad Tecnológica Nacional). Sin embargo, son pocas las universidades que cuentan con cursos y capacidades en materia de fuentes de generación distribuida y redes inteligentes dentro de sus programas. Es necesario ampliar la oferta académica en el área de energías renovables como así también en el área de redes inteligentes.

### **3. Descripción de la propuesta**

#### **3.1. Objetivo general**

Disponer de equipamientos, dispositivos y software para el manejo, control y análisis inteligente de las redes de transmisión y distribución existentes en forma





*Ministerio de Ciencia, Tecnología  
e Innovación Productiva*

Secretaría de Planeamiento y Políticas en Ciencia, Tecnología e Innovación Productiva

eficiente, y la interconexión de generadores de electricidad con fuentes renovables de energía.

### **3.2. Objetivos específicos**

1. Desarrollo de aisladores con nuevos materiales (poliméricos), estructuras y morseterías, cables de transmisión y distribución de alta eficiencia para líneas aéreas de transmisión, transformadores de bajas pérdidas con monitoreo de vida útil, electrónica de potencia y control de voltaje.
2. Desarrollo de modelos, metodologías, algoritmos y herramientas de cálculo para el análisis de funcionamiento, pérdidas y despacho económico de redes, considerando generación distribuida, así como modelos del comportamiento dinámico de la demanda global y desagregada por zonas y nodos. Desarrollo de nuevos dispositivos FACTS (*flexible alternating current transmission system*) utilizados para el control en tiempo real de voltaje, impedancia y ángulo de fase de las líneas de alta tensión.
3. Desarrollo de redes de comunicaciones confiables y de altísima disponibilidad asociadas a sistemas de potencia para realizar un control activo de la demanda y de la generación centralizada y distribuida
4. Estudio y desarrollo de sistemas de comunicaciones de protección y control de grandes áreas como los denominados "Protocolo de aplicaciones inalámbricas" (*WAP-Wireless Application Protocol*) y "Sistemas de control de acceso web" (*WACS-Web Accessible Control Systems*).
5. Desarrollo de sistemas de acumulación para:
  - 5.1. Mejorar la calidad de servicio (Actuación < 1 seg)
  - 5.2. Sistemas de Potencia (segundos a minutos)
  - 5.3. Sistemas de gestión de la energía (varias horas).
6. Desarrollo de modelos con registros de parámetros meteorológico para pronosticar con suficiente antelación en el tiempo el accionar de los generadores de energía eléctrica que utilizan recursos renovables, por ejemplo para los generadores eólicos.

### **3.3. Resultados esperados**

Prototipos en operación con registros y controles inteligentes, en forma eficiente, de redes de transmisión y distribución existentes o nuevas, con interconexión de generadores de electricidad distribuida con fuentes renovables.

Disponer de equipamientos, dispositivos, Software e ingeniería de comunicación aplicadas al monitoreo y control on line, para el manejo y control más eficientes de las redes de transmisión y distribución.