

# Análisis de Inserción de Usuarios Residenciales Electrointensivos y su Impacto en el Sistema de Transporte Argentino: Determinación del Nivel de Acceso y Restricciones Asociadas (Parte 1)

Analysis of the Insertion of Residential Electro-intensive Users and its Impact on the Argentine Transmission System: Determination of the Level of Access and Associated Restrictions (Part 1).

Presentación: 13 y 14 de septiembre de 2023

## **Ulises Manassero**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE)

[umanassero@frsf.utn.edu.ar](mailto:umanassero@frsf.utn.edu.ar)

## **José Luis Torres**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE)

[jltorres@frsf.utn.edu.ar](mailto:jltorres@frsf.utn.edu.ar)

## **Ariel Loyarte**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE)

[aloyarte@frsf.utn.edu.ar](mailto:aloyarte@frsf.utn.edu.ar)

## **Rodrigo Furlani**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE)

[mfurlani@frsf.utn.edu.ar](mailto:mfurlani@frsf.utn.edu.ar)

## **Juan M. Banegas**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE)

[jmbanegas@frsf.utn.edu.ar](mailto:jmbanegas@frsf.utn.edu.ar)

## **Lautaro Rossi**

Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Santa Fe, Centro de Investigación y Desarrollo en Ingeniería Eléctrica y Sistemas Energéticos (CIESE)

[lrossi@frsf.utn.edu.ar](mailto:lrossi@frsf.utn.edu.ar)

## Resumen

Argentina posee una matriz energética primaria con una participación del orden del 59% de gas natural. Con el propósito de establecer un uso más eficiente del mismo, en este trabajo se analiza el impacto en el sistema de transporte de energía eléctrica de una nueva matriz energética caracterizada por una menor participación del gas natural a partir de la reducción gradual de su consumo a nivel residencial dado por el reemplazo de equipos gasodomésticos por electrodomésticos. Se construyen los nuevos perfiles de carga diarios, diferenciando escenario de invierno y verano según los hábitos de consumo del usuario, y se proponen metas de conversión del 10, 20 y 30%. Adoptando un período de estudio de cinco años, se proyecta la demanda adicional, se efectúan simulaciones de flujo de carga y se identifican las restricciones operativas. Los resultados indican que en la mayoría de los casos no verifican el cumplimiento de las metas de conversión de usuarios, requiriéndose de obras adicionales.

**Palabras clave:** usuario electrointensivo, sistema de transporte, gas natural.

## Abstract

Argentina has a primary energy matrix with a 59% share of natural gas. In order to establish a more efficient use of natural gas, this paper analyzes the impact on the electric power transmission system of a new energy matrix characterized by a lower share of natural gas as a result of the gradual reduction of its consumption at the residential level due to the replacement of gas appliances by household appliances. New daily load profiles are built, differentiating winter and summer scenarios according to user's consumption habits, and conversion goals of 10, 20 and 30% are proposed. Adopting a five-year study period, the additional demand and the projected transmission and generation works are projected for the system. The results indicate that in most cases they do not verify compliance with the user conversion goals, requiring additional works.

**Keywords:** electro-intensive consumers, transportation system, natural gas.

## Introducción

La matriz energética primaria argentina tiene cerca del 87% de participación de combustibles fósiles, siendo predominante la participación del Gas Natural (GN) con un 59% (Coppari, 2020). En la generación termoeléctrica, el GN tiene una participación casi exclusiva del 90% (Comisión Nacional de Energía Atómica, 2020), principalmente en su uso en ciclos combinados, con niveles de eficiencia altos, del orden del 50%.

Del lado de la demanda, los usuarios residenciales representan alrededor del 46% del consumo de energía eléctrica anual del país, y por otro lado, en su matriz energética interna, obtienen el 60% de su requerimiento energético a partir de GN (Acurra y Odriozola, 2023). A nivel residencial, el uso de electricidad por sobre el GN en cuestiones relacionadas al acondicionamiento térmico, calefacción del agua y cocción de alimentos elimina potenciales riesgos relacionados con pérdidas y/o mala combustión, con consecuentes riesgos de tipo sanitario y de explosión (Universidad de Buenos Aires, 2019). Por lo tanto, con el propósito de obtener una matriz energética más eficiente, se plantea un nuevo paradigma en el consumo de energía del usuario residencial a partir del reemplazo de gasodomésticos por electrodomésticos, considerando los stocks adicionales de GN disponibles para su uso en el parque termoeléctrico, así como también el impacto de la demanda eléctrica adicional en el sistema de transporte de energía eléctrica. Particularmente, en este trabajo se analiza la integración de la nueva demanda eléctrica asociada a los usuarios electrointensivos en el sistema de transporte.

Como sistema de estudio, se adopta el Sistema Argentino de Interconexión (SADI) en 500 kV, y se evalúa su comportamiento operativo ante escenarios de inserción de Usuarios Residenciales Electrointensivos (URE), cuya

evolución de potencia adicional contribuya a disminuir el nivel de saturación en los gasoductos y restricciones al uso del GN existentes en sector industrial y energético durante la temporada invernal.

## Desarrollo

### Metodología

La metodología aplicada para el estudio de inserción de URE en el SADI se representa en la Figura 1. En líneas generales, para los escenarios de verano e invierno se elaboran los perfiles de carga del URE, en base a los electrodomésticos que conforman la demanda adicional. Se definen metas de conversión de Usuarios Residenciales Convencionales a URE del 10, 20 y 30%. En base a las estimaciones proyectadas de hogares con GN por región, para el período de estudio de 5 años, se cuantifica y proyecta la demanda adicional sobre el SADI. Con referencia a los modelos eléctricos de base del SADI, se incorporan las obras de generación y transporte planificadas para el período 2021-2025 (TRANSENER, 2020). Finalmente, se efectúan las simulaciones estáticas de flujo de carga, evaluando posibles restricciones operativas por sobrecargas en líneas y transformadores y/o tensiones fuera del rango admisible en barras de 220 y 500 kV.

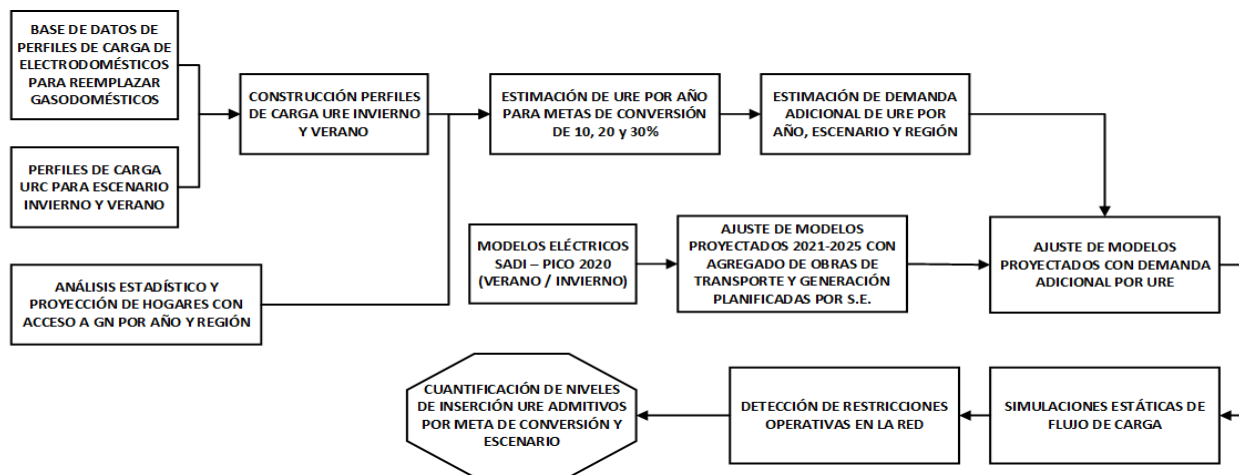


Figura 1: Diagrama de flujo de la metodología implementada para cuantificar los niveles de inserción de URE.

Por otra parte, para el estudio de acceso del URE en el SADI se adoptaron los siguientes supuestos:

- La tensión en los nodos debe mantenerse dentro del rango de 95% y 105% de la tensión nominal de red.
- Cargabilidad admisible de transformadores y líneas correspondiente a su capacidad nominal.
- El URE se compone de termotanque eléctrico, aire acondicionado inverter frío/calor, cocina eléctrica de tipo inducción y horno eléctrico, cuyos perfiles de carga individuales y factores de simultaneidad fueron analizados por los autores en trabajos anteriores (Manassero et al, 2018).
- Se adopta una tasa de crecimiento de 2,5% para los primeros dos años de estudio, y del 3% para los siguientes tres años, según análisis de expansión de la red de 500 kV del operador del SADI (TRANSENER, 2020).
- La incorporación de electrodomésticos en reemplazo de los equipos que funcionan con GN, se aplica exclusivamente en los usuarios residenciales que cuenten con conexión a la red de GN.

### Perfiles de carga de URE

El reemplazo en los hogares de equipos gasodomésticos por electrodomésticos homólogos implica una demanda extra que se debe incorporar a la matriz energética, para lo cual se definen dos perfiles de cargas, graficados en la Figura 2, uno para el invierno y otro para el verano. Estos perfiles se conforman por la sumatoria de los perfiles

individuales de cada uno de los electrodomésticos que definen el URE. En base a la aplicación de los factores de utilización y simultaneidad de cada uno de los electrodomésticos que conforma un URE, para un número elevado (mayor a 100), se obtiene un aporte de potencia individual por URE de 2,59 kW en el escenario de invierno y de 1,80 kW en el de verano.

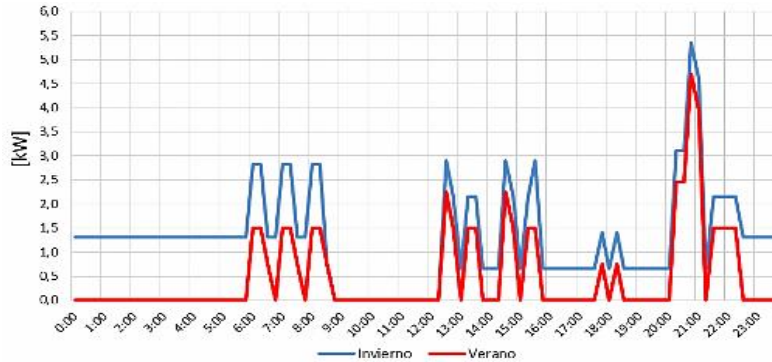


Figura 2: Perfiles de carga de URE.

*Proyecciones anuales de ingreso de URE y Escenarios de demanda*

Se proyecta la cantidad de URE que se incorporan de acuerdo con las regiones eléctricas definidas en el SADI. Para ello, se evalúan las unidades habitacionales (UH) existentes en cada provincia (INDEC, 2022) y el porcentaje de acceso residencial al GN; adoptando la tasa de crecimiento de hogares con GN proyectado por la Secretaría de Energía (Secretaría de la Energía, 2030), el cual estima 16 millones de UH, y una penetración del servicio de GN en este sector del 64% para 2025. Se analiza la conversión de usuarios residenciales convencionales a URE hacia el año 2025, considerando metas del 10%, 20% y 30% del total de UH con GN. En la Figura 3 se muestra la proyección de la demanda adicional de URE por año y meta de conversión, destacando que para ambos escenarios las metas de 20% y 30%, duplican y triplican respectivamente los valores de la meta del 10%. También se destaca que, para todas las metas, el escenario de invierno resulta más exigente, con una demanda del 50% mayor al escenario de verano.

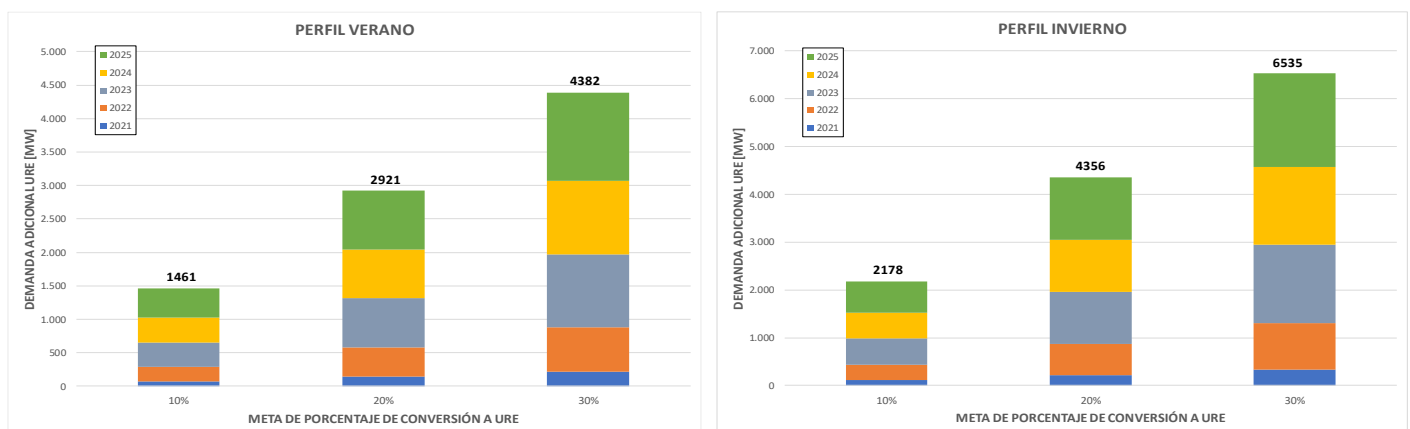


Figura 3: Potencia adicional a ingresar a la matriz energética en el período 2021–2025.

Resultados

*Impacto de la inserción proyectada de URE en las condiciones de operación del SADI*

Los resultados de las simulaciones demuestran que la cargabilidad de líneas de 500 kV no se presentan incrementos apreciables por la demanda adicional de URE para las diferentes metas de conversión propuestas. Por el contrario, los niveles de tensión en nodos de 500 kV del SADI, constituye la variable de restricción crítica que limita el crecimiento de la demanda. Con referencia al caso Base, a partir del tercer año comienza a advertirse un aumento significativo del número de nodos que adquieren niveles de tensión inadmisibles, siendo más crítico el escenario de verano, que presenta un 42% de los nodos por fuera de valores admisibles para la meta URE del 20% (ver Figura 4). Para este año, la meta URE del 30% en escenario de verano no alcanza convergencia en la simulación de flujo de carga, posiblemente por perfiles de tensión mínimos en nodos. Este condicionante se presenta también en las metas URE de menor inserción para el siguiente año de proyección, en el caso de 20% y 30% URE.

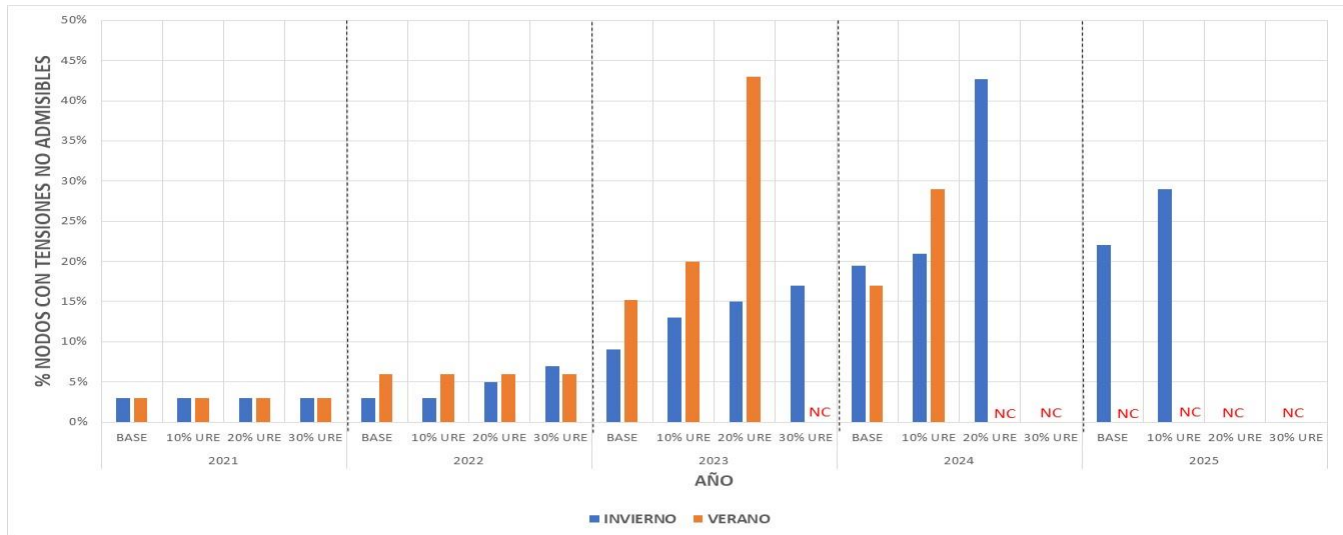


Figura 4: Resumen porcentaje de nodos de 500 kV del SADI con niveles de tensión por fuera de los valores aceptables para casos Base y URE. Período 2021-2025 y escenarios de verano e invierno

Por último, se advierte que, con referencia al caso Base, el escenario de invierno resulta más permisivo, pues se alcanza convergencia para la meta de 10% URE en el último año de simulación (2025), con un incremento del 7% de nodos con tensiones no admisibles. Asimismo, las metas URE del 20% y 30% tienen restricciones por no convergencia de las simulaciones para los años 2024 y 2025 respectivamente.

#### Niveles de conversión admisibles de URE

Para la meta de conversión del 10%, en el escenario de invierno se admite un incremento de 2178 MW hacia el año 2025, que implica elevar en 8,1% la demanda respecto al valor proyectado en escenario tendencial. En cambio, para el escenario de verano, solo es admisible la conversión hasta el año 2024, con una demanda adicional de 1022 MW, que representa 3,6% de incremento respecto a la demanda proyectada. Para la meta de conversión del 20%, en el escenario de invierno, se admite el ingreso de 3000 MW adicionales hasta el año 2024, que equivale a un incremento de la demanda del 11,7%, mientras que en verano solo es posible agregar 1315 MW hasta el año 2023, que se traduce en un incremento del 4,8% respecto a la demanda proyectada tendencial. Por último, en la meta de conversión del 30%, el escenario de invierno admite una demanda adicional de 2940 MW, equivalentes a 11,6% de la demanda proyectada, para el año 2023. En cambio, el escenario de verano solo admite convergencia hasta el año 2022, que equivale de 876 MW y representa un aumento del 3,3% de la demanda.

## Conclusiones

Las metas de conversión de URE propuestas y proyectadas implican importantes restricciones en la operación del sistema de transporte argentino, dadas principalmente por niveles de subtensión en nodos de alta y extra alta tensión. Se destaca que aún sin el acceso de la demanda adicional de URE, la red actual con la inclusión de las obras de transporte y de generación proyectadas para ingresar en servicio en el corto plazo presenta condiciones operativas irregulares. En síntesis, independientemente del nivel de inserción de URE, para escenario de verano resulta admisible la inserción de aproximadamente 1000 MW, y para invierno de 3000 MW, lo que implica un incremento de la demanda tendencial, con referencia los picos de verano e invierno del 3,5 y 11,5% respectivamente.

La conversión progresiva de la matriz energética residencial de gas-electricidad a otra exclusivamente eléctrica, requiere del acompañamiento de obras adicionales de infraestructura eléctrica, en todos los niveles de tensión. Para brindar respuestas a las limitaciones encontradas en el funcionamiento del sistema de transporte, en trabajos futuros se realizará la evaluación técnica y económica de un conjunto de obras a incorporar a la red, con el objeto de abastecer la demanda adicional proyectada.

Es dable destacar también que la transición energética propuesta debe ir de la mano de una marcada descarbonización de la matriz energética para que efectivamente resulte favorable de manera más integral. De lo contrario, con la matriz energética actual, solo se produciría un desplazamiento en el consumo de gas de los hogares hacia las centrales térmicas que, a pesar de cierta mejora en la eficiencia térmica en el proceso, no tendría una gran ventaja neta en cuanto a emisiones y a uso de combustibles fósiles.

Por esta razón, en trabajos futuros los autores también evaluarán el balance de emisiones de CO<sub>2</sub> de ambas matrices energéticas (actual y propuesta) con motivo de determinar si el cambio propuesto representa una matriz menos contaminante.

## Referencias

Azurra, J. y Odriozola, M. (2023). "Inserción progresiva de usuarios residenciales electrointensivos en el Sistema Argentino de Interconexión". Tesis de grado para obtención del título de Ingeniero en Energía Eléctrica de UTN.

Comisión Nacional de Energía Atómica (2020). "Síntesis MEM".

Coppari, I. N. (2020). "CNEA Boletín Energético", Subgerencia Planificación Estratégica, Buenos Aires.

Universidad de Buenos Aires. (2019). "Ventajas de la sustitución de calefactores tiro balanceado por artefactos de aire acondicionado frío/calor sobre el sistema energético y la distribución eléctrica".

INDEC. (2022). "Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas", Edición 2022.

Manassero, U; Banegas, J. M.; Steinmann, I.; Perdomo, M. (2018). "Análisis del impacto en la red de MT de usuarios residenciales electrointensivos". Congreso Internacional de Distribución Eléctrica (CIDEL 2018), Capital Federal.

Secretaría de Energía de la Nación (2019). "Escenarios Energéticos 2030".

TRANSENER. "Guía de Referencia del sistema de transporte en Alta Tensión 2021-2028", 2020.