

## **SOSTENIBILIDAD Y EFICIENCIA EN EL SUMINISTRO DE SERVICIOS ENERGÉTICOS A POBLACIONES DISPERSAS Y DE BAJOS RECURSOS**

**J. Biloni<sup>1</sup>, M. B. Cobas Andrinolo<sup>1</sup>, S. Carrizo<sup>2</sup>, L. Codeseira<sup>3</sup>, J. Fiora<sup>4</sup>, M. Gastiarena<sup>1</sup>, L. Iannelli<sup>1</sup>, G. Jacinto<sup>2</sup>, R. Prieto<sup>1</sup> y S. Gil<sup>3</sup>**

1. ENARGAS, Gerencia de Distribución, Suipacha 636. CABA.
2. CONICET- Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas. CESAL Centro de Estudios sobre América latina UNICEN Arroyo Seco s/n Tandil, Buenos Aires.
3. UNSAM- Universidad Nacional de San Martín, Escuela de Ciencia y Tecnología. Campus Miguelete, 25 de Mayo y Francia, Buenos Aires.
4. INTI- Instituto Nacional de Tecnología Industrial. Energía – Parque Tecnológico Miguelete, Buenos Aires. Argentina  
E-mail: [sgil@unsam.edu.ar](mailto:sgil@unsam.edu.ar)

*Recibido: 2/11/16; Aceptado: 2/12/16.*

**RESUMEN.**- Generalmente se considera que un abastecimiento energético satisfactorio depende de la conexión a las redes de electricidad y gas natural. Sin embargo, para poblaciones dispersas y de bajos recursos, combinar energía renovable distribuida con electricidad de red y/o gas licuado puede resultar una opción más eficiente y económica. Las energías renovables distribuidas disminuyen el uso de hidrocarburos, las emisiones de CO<sub>2</sub> y los costos de infraestructura y abastecimiento. En Argentina, la región del Noreste (NEA) posee los menores índices de electrificación y todavía no dispone de gas por red. En este trabajo se analiza contrastadamente la provisión de A) gas natural por red y equipos de calentamiento de agua convencionales; y B) sistemas solares híbridos combinados con equipos a GLP, para poblaciones aledañas al Gasoducto del Noreste Argentino (GNEA), actualmente en construcción. El objetivo es identificar los modos más sostenibles de llevarles energía a estas poblaciones, con el fin de maximizar la inclusión energética y minimizar los impactos ambientales.

**Palabras claves:** abastecimiento energético, poblaciones dispersas, Noreste argentino

## **SUSTAINABILITY AND EFFICIENCY IN SUPPLY OF ENERGY SERVICES TO DISPERSAL AND DISABLED POPULATIONS**

**ABSTRACT.**- In Argentina there exist the conception that in order to achieve a satisfactory energy service it is necessary to have accesses to both, electric and natural gas network. However, for dispersed and low-income populations, distributed renewable energy in combination with electric network and / or liquefied gas (GLP) can be a more efficient and economical option. Distributed renewable energy decrease the use of fossil fuels, CO<sub>2</sub> emissions and costs of infrastructure and supply. In Argentina, the Northeast has the lowest rates of electrification and still lack natural gas network. This paper we compare the cost of the infrastructure to provide energy services by two means: A) natural gas network with conventional water heating equipment; and B) distributed thermal solar systems combined with LPG equipment, to surrounding towns to the GNEA pipeline under construction in the northeast of Argentina. The aim is to identify more sustainable and convenient way to supply energy services to these populations, in order to maximize energy inclusion and minimize environmental impacts.

**Keywords:** energy supply, dispersed populations, Argentine Northeast

### **1. INTRODUCCIÓN**

¿Cómo favorecer la inclusión energética? ¿Cómo lograr un uso más racional y eficiente del recurso? ¿Qué opciones serían más convenientes para aprovisionar energéticamente poblaciones de baja densidad y escasos recursos económicos? ¿Es sostenible hacerlo mediante redes de gas y electricidad? ¿Qué alternativas favorecen el desarrollo de fuentes renovables existentes en la región? ¿Cómo favorecer la reducción de emisiones de GEI? Para dar respuestas a

estos interrogantes, se busca identificar los modos más eficientes y sostenibles de llevar servicios energéticos a comunidades dispersas y de bajos recursos económicos. El fin es maximizar la inclusión energética y minimizar los impactos ambientales.

En el marco de un Proyecto de Investigación Orientado PIO CONICET YPF 2016-2017, se aspira a encontrar soluciones sostenibles para llegar con los beneficios de la energía a la mayor cantidad de personas, brindando pautas de diseño y modelos de abastecimiento. Se propone un estudio teórico-

experimental sobre consumo de energía, costos de abastecimiento y emisiones de Gases de Efecto Invernadero (GEI). Se analizan distintas alternativas para suministrar servicios energéticos, a poblaciones de baja densidad. Se estudian en particular las localidades próximas al trazado del gasoducto del Noreste Argentino (GNEA), en construcción. La metodología desarrollada podría ser replicada para otras regiones.

En una primera instancia del Proyecto, se analizan los casos de tres localidades del Noreste argentino (NEA):

- 1) Las Lomitas, en la Provincia de Formosa, con 12.000 habitantes.
- 2) Fontana, en la provincia del Chaco, con 32.000 habitantes.
- 3) Vera, en la provincia de Santa Fe con 20.000 habitantes. Se compara su aprovisionamiento energético mediante dos opciones posibles:
  - a. redes de gas natural y electricidad;
  - b. sistemas de calentamiento de agua híbridos (sol-GLP o sol-eléctrico) y medidas de eficiencia.

Para cada alternativa se evalúan sus costos asociados.

En instancias posteriores del Proyecto se profundizará el relevamiento de necesidades energéticas y expectativas de las poblaciones próximas al gasoducto GNEA; la caracterización de las condiciones habitacionales y las pautas culturales que condicionen el uso de energía; y la identificación de barreras económicas, culturales, sociales y geográficas para la concreción de cada opción de suministro energético. Para ello se prevé realizar trabajos de campo, con entrevistas a informantes clave. Asimismo, se realizará una evaluación de las emisiones de cada alternativa.

Finalmente, en el Proyecto de investigación se pretende elaborar un protocolo que sirva de guía sobre los modos más eficientes, económicos y sostenibles de brindar servicios energéticos a distintas localidades, con diversas densidades poblacionales y condiciones socioeconómicas y bioclimáticas.

En esta presentación se exponen los avances realizados en la primera instancia de investigación. Se presenta el análisis: 1) de la demanda energética, 2) de la eficiencia en el calentamiento de agua sanitaria, 3) de la eficiencia en los sistemas de acumulación de agua caliente y 4) de la evaluación económica de dos modos posibles de suministro energético.

## 2. ANÁLISIS DE LA DEMANDA POTENCIAL

En Argentina, el consumo de gas natural para uso residencial (R), comercial (C) y público o en entes oficiales (EO) es de carácter ininterrumpible. Estas componentes del consumo son fuertemente termodependientes y tienen características similares en todas las regiones del país. En conjunto representan el 30% del total del consumo de gas en Argentina como se muestra la figura 1.

A altas temperaturas ( $T > 20^{\circ}\text{C}$ ), el uso de gas residencial se reduce a cocción y calentamiento de agua, que tiende a un valor aproximadamente constante. Este consumo se denomina consumo base. Si se extrapola este consumo, puede separarse el consumo base del de calefacción a todas las temperaturas. El consumo base está determinado por la recta ajustada a los círculos de la Figura 2 para  $T > 20^{\circ}\text{C}$ . Este consumo tiene una ligera pendiente, representado por la línea de trazos, cuyo valor es de aproximadamente:  $-0,03 \text{ m}^3/\text{día} \cdot ^{\circ}\text{C}$ , consistente con un consumo de unos 190 litros de agua caliente por día.

A medida que la temperatura desciende por debajo de unos  $17^{\circ}\text{C}$ , comienzan a encenderse paulatinamente los calefactores. Cuando todos los calefactores de una vivienda están encendidos, el consumo se estabiliza a una temperatura del orden de  $5^{\circ}\text{C}$ . La componente residencial sola de gas natural, destinado a la calefacción, varía entre 47% y 53%, para todo el país, dependiendo de la rigurosidad del invierno. La figura 2 presenta los datos correspondientes a todo el país, con excepción del Sur. En la figura 2, no se incluyen los datos del Sur, ya que en esa región se registra un patrón de consumo diferente a la zona centro-norte. (Gil, 2013).

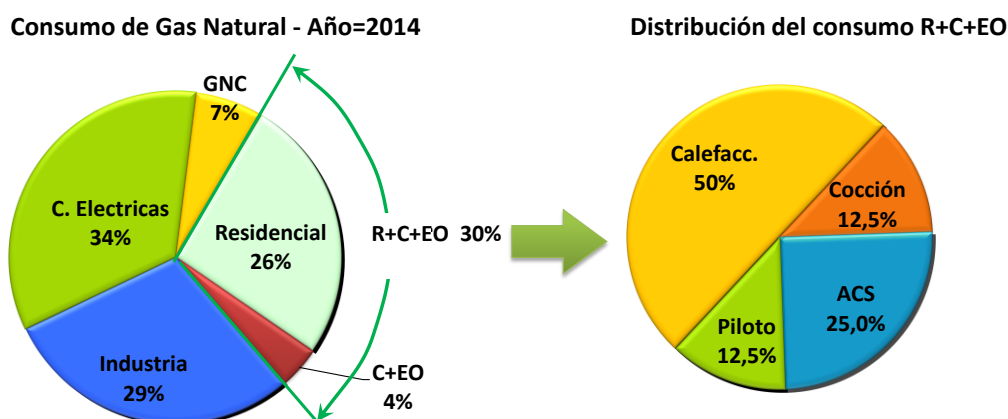


Fig. 1: Distribución del consumo de gas. Año 2014. Aquí ACS significa Agua Caliente Sanitaria. (Gil, 2009) La categoría piloto se refiere a todos los consumos pasivos, incluidas las pérdidas de calor de los tanques de los acumuladores de agua caliente, termotanques.

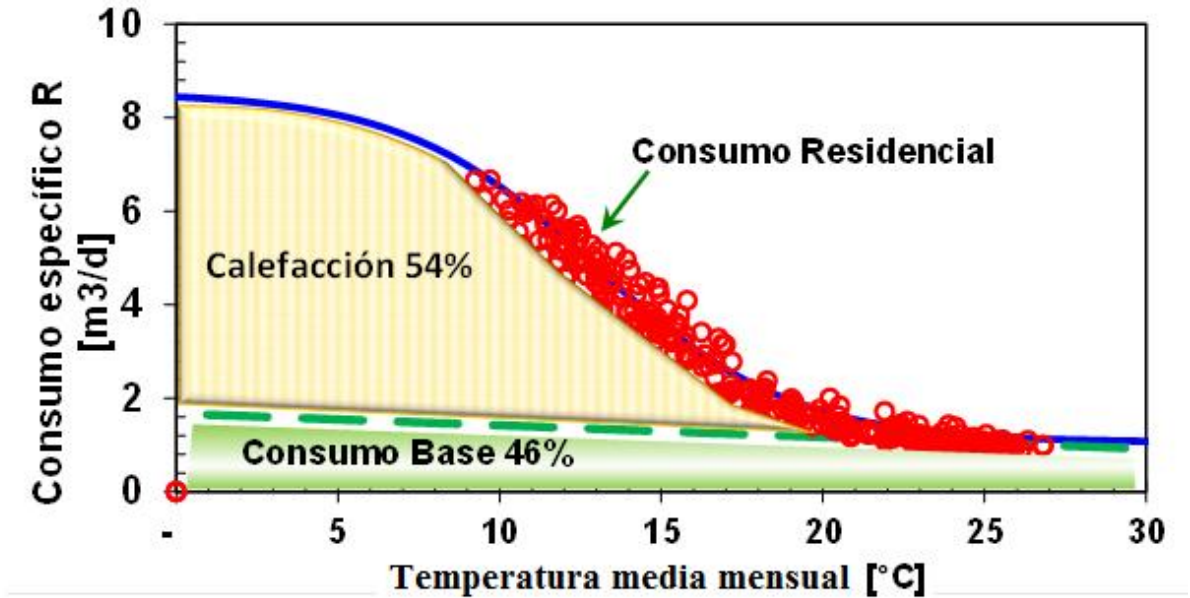


Fig. 2: Variación de los consumos específicos R (residencial, círculos), que representan los promedios diarios mensuales de consumo de gas natural como función de la temperatura media mensual. La línea de trazos es una extrapolación del consumo base y muestra su dependencia de la temperatura. El área inferior indica el consumo base y el área por encima de la línea de trazos indica el consumo asociado con la calefacción. Los datos corresponden a todo el país -excepto el Sur- de 1993 a 2016.

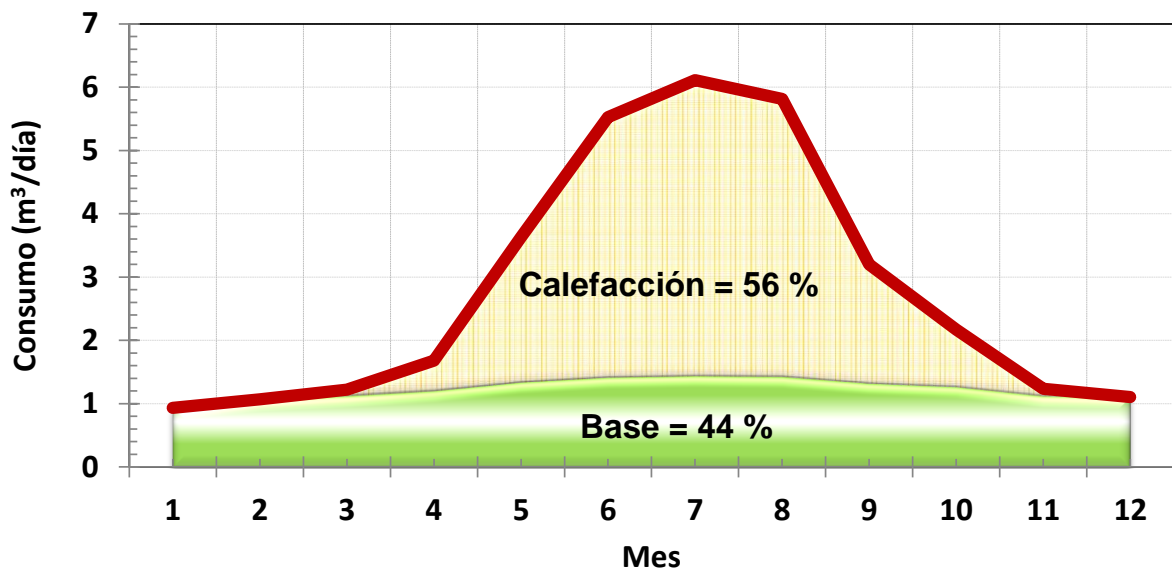


Fig. 3: Consumos diarios promedio R+C+EO a lo largo del año 2011. Los consumos de los meses de verano permiten caracterizar los consumos base. Si se atribuyen los consumos adicionales, en los meses más fríos, al uso de calefacción, se puede ver que el consumo de calefacción de edificios varía entre el 52% y 56% del total del consumo R+C+E.O, dependiendo de la rigurosidad del invierno de cada año. Los datos corresponden a todo el país, no se incluye el consumo de GLP.

En la combinación de consumos R+C+EO, la fracción de gas destinado a calefacción varía entre el 52% y el 56%. En la figura 3 se muestra la variación de este consumo total en todo el país a lo largo del año 2011. Este gráfico separa la componente de gas usado en el consumo base y los asociados a calefacción, en invierno

Para estudiar la región del NEA, se toma como referencia las ciudades del Noroeste argentino (NOA). Estas poseen condiciones socioeconómicas y latitudes similares, pero muchos años de acceso al gas natural. Por ende, pueden servir de modelo para estimar cuál puede ser el perfil de consumo en la región del NEA.

Una forma adecuada de parametrizar y caracterizar las necesidades de calefacción viene dada por el Déficit Grado Día (DGD). Este parámetro se obtiene de integrar la curva de temperaturas medias diarias a lo largo de un año y una temperatura de referencia, tomada usualmente como 18°C, que es la temperatura en que las personas comienzan a necesitar de calefacción. Las figuras 4 y 5 respectivamente muestran que en 2015, el DGD -área sombreada- ha sido de 314°C.días/año para la ciudad de Santiago del Estero y de 83°C.días/año para la de Formosa. Es decir que en esta ciudad, las necesidades de calefacción son mínimas.

Tucumán, Salta y Jujuy- varían linealmente con el DGD\_diario, tal como se ve en la figura 6. A partir de esta figura y como muestra la figura 7, se pueden inferir las necesidades de calefacción en el NEA.

Como se puede observar en la figura 7, el análisis muestra que las necesidades de calefacción en la región del NEA son mínimas. En general no exceden de 30 días al año, y aun así rara vez las temperaturas están por debajo de 15°C. De esto, se puede inferir que las necesidades de consumo de gas en el NEA se centran en uso para cocción y Agua Caliente Sanitaria (ACS).

Los consumos específicos del sector residencial para las principales ciudades del NOA -Santiago del Estero,

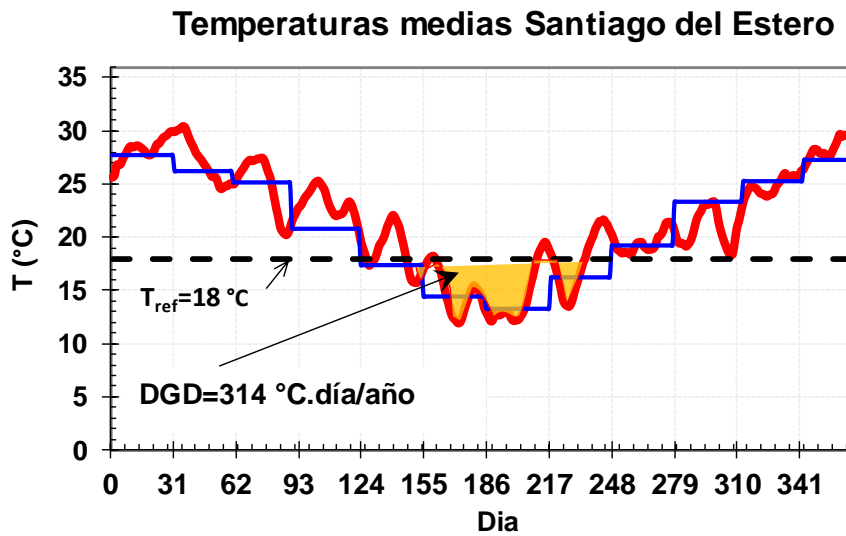


Fig. 4: Variación de la temperatura media (curva gruesa continua) para la ciudad de Santiago del Estero en función de los días, para el año 2015. La línea horizontal de trazos es la temperatura de referencia,  $T_{ref}=18^{\circ}\text{C}$ . El área sombreada representa el DGD, que para ese año fue de 314 °C.día al año.

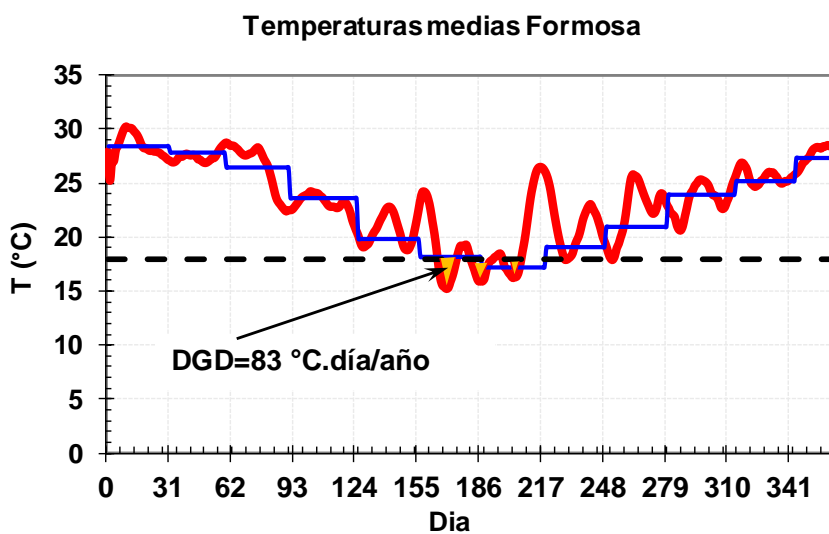


Fig. 5: Variación de la temperatura media (curva gruesa continua) para la ciudad de Formosa en función de los días, para el año 2015. La línea horizontal de trazos es la temperatura de referencia,  $T_{ref}=18^{\circ}\text{C}$ . El área sombreada representa el DGD, que para ese año, fue de 83 °C.día al año. Nótese que para esta ciudad las necesidades de calefacción son mínimas.

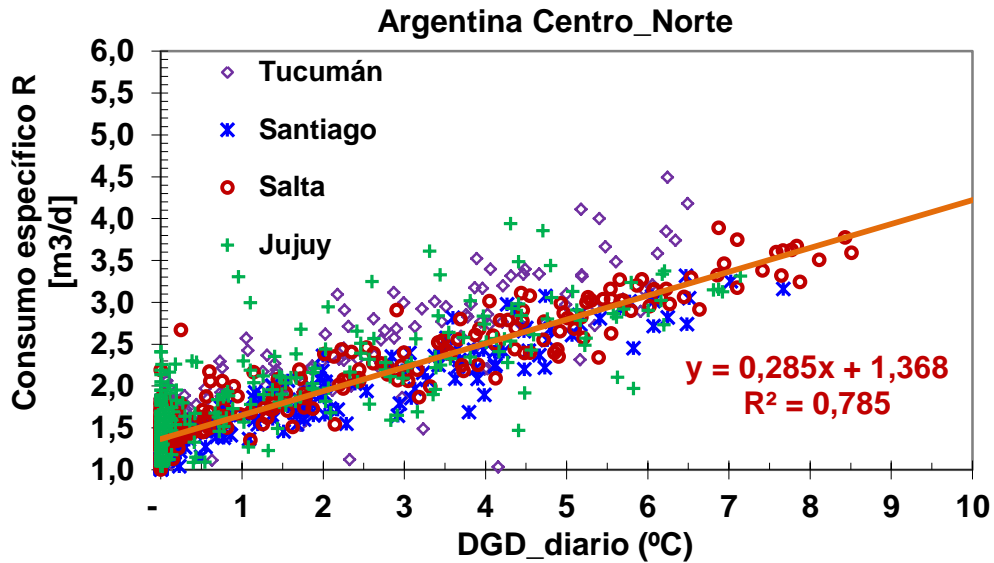


Fig. 6: Variación del consumo específico residencial como función del DGD\_diario para ciudades del NOA. Estos datos resumen la situación en esta región incluyendo datos de consumo de los últimos 23 años.

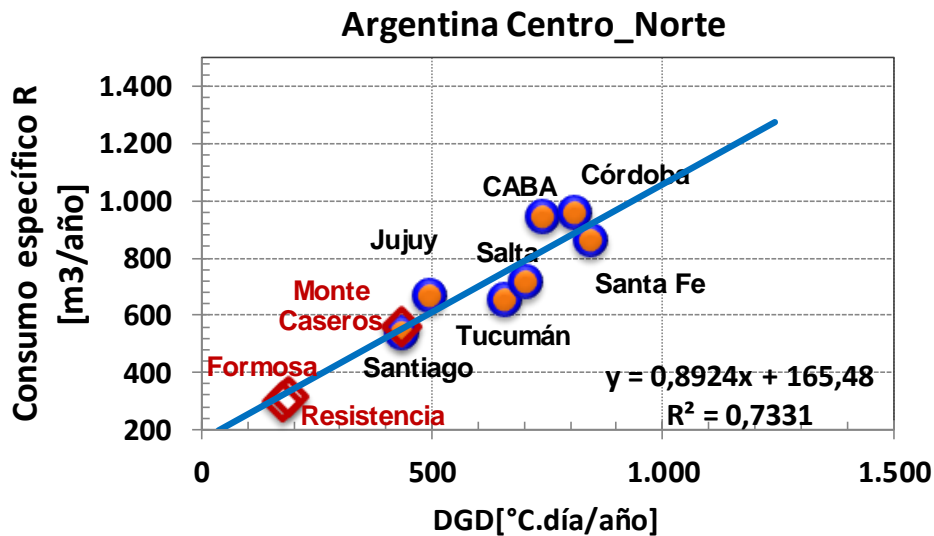


Fig. 7: Variación de los consumos específicos residenciales anuales como función del DGD anual. Los círculos son los valores observados para las ciudades que tiene gas natural. Los rombos indican las estimaciones anuales de consumo para distintas ciudades del NEA.

### 3. EFICIENCIA EN EL CALENTAMIENTO DE AGUA SANITARIA

En el sector R+C+EO, el consumo de gas para calentamiento de agua sanitaria (ACS) es el principal (37,5%), después del de calefacción (50%). El consumo ACS es en general entre 3 a 4 veces superior al de cocción, con los sistemas convencionales (figura 1). Como se indicó más arriba, el consumo residencial base viene dado por la línea de trazos de la figura 2. Como señalamos antes, la pendiente de esta recta permite conocer el volumen de agua caliente que en promedio consume un usuario típico. Este volumen es de aproximadamente 195 l/día. Si se usa 10 l

para cocción, resultan 185 l/día para agua caliente sanitaria. Suponiendo 3,3 personas por vivienda, se requieren alrededor de 56 l/día de agua caliente por persona.

Este es un valor nominal de consumo de ACS. En el diseño de viviendas se utiliza una cifra de consumo entre 50 y 70 l/día por persona. De este modo, aquí adoptamos como consumo nominal de agua en la Argentina 60 l/día por persona, que refleja el comportamiento actual, aunque quizás sería deseable (y posible) un consumo menor. De hecho, en la Comunidad Europea, se recomienda un consumo de 50 l/día/persona (UNEP United Nations Environment Programme. Trends in global water use by sector. , 2016) Un volumen de 185 l/día de ACS es

consistente con un uso de 6 l/min durante unos 30 minutos. Este consumo se corresponde, en promedio, con 3 duchas por día de 7 minutos cada una y 10 minutos de lavado de platos, manos, etc.

El consumo de gas natural para cocción de una familia tipo, 3 a 4 personas es de 0,3 a 0,5 m<sup>3</sup>/día (figura 1). El consumo de gas natural para calentamiento de agua sanitaria de una familia que consume unos 185 l/día puede variar entre 0,15 a 1,6 m<sup>3</sup>/día. Estas diferencias dependen de la eficiencia del equipamiento utilizado, como se ilustra en la figura 8, donde se muestran esas diferencias entre los consumos de un equipo solar térmico asociado a un calefón modulante Clase A con ahorro de agua, y un termotanque convencional (Clase E en el etiquetado de eficiencia). Estos valores se

obtuvieron de los requerimientos de eficiencia establecidos en las normas NAG de ENARGAS (ENARGAS Normas argentinas del gas –NAG, 2016) y coincidentes con las estimaciones del Departamento de Energía de los Estados Unidos (Department of Energy, USA, 2016). AA significa ahorro de agua que puede lograrse utilizando aireadores de grifo y restricciones de flujo de agua que permiten realizar el lavado con ahorros que varían entre el 25 y 40%, y son de muy bajo costo. La variación del consumo diario en ACS es muy notable. Los ahorros que un sistema solar híbrido puede aportar son muy significativos, si se utiliza un calefón modulante clase A.

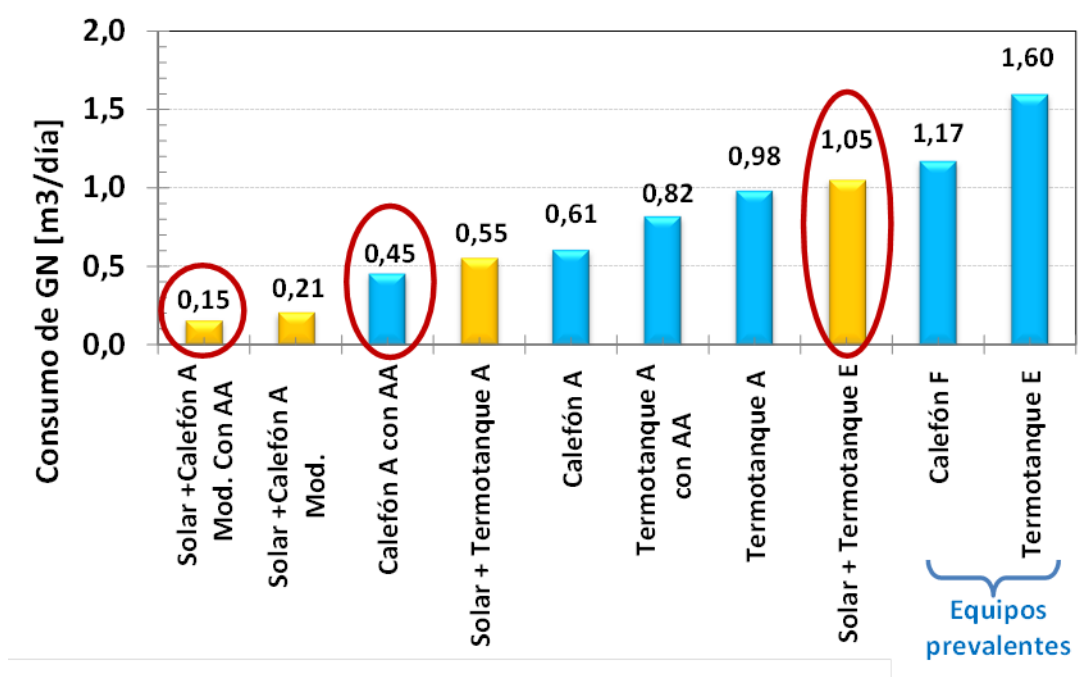


Fig. 8: Consumo de gas natural para agua caliente sanitaria (ACS) según el equipo utilizado.

Los calefones modulantes, son sistemas de calentamiento de agua sin tanque, que solo calientan el agua que se va a usar en ese momento, y cuyo aporte calórico, se regula o gradúa según sea la temperatura de entrada del agua, para llevarla a una temperatura prefijada por el usuario, generalmente coincidente con la temperatura de confort, del orden de 42 °C.

Por lo tanto, con el reemplazo de equipos convencionales por otros más eficientes, sin necesidad de modificar el hábito de consumo- permitiría ahorrar alrededor de 1 m<sup>3</sup>/día y aún más en algunos casos.

En la tabla 1 se presentan los consumos diarios de gas natural para calentar agua sanitaria con distintas tecnologías. Las diferentes columnas indican los valores de consumo de ACS discriminados por los distintos modos de realizar este proceso y se corresponden con lo ilustrado en la figura 8. La última columna indica los consumos relativos, tomando como referencia el uso de termotanque clase E, quizás los más prevalentes hasta el año 2015 en Argentina. Estos

valores se obtuvieron de los requerimientos de eficiencia establecidos en las normas NAG de ENARGAS (ENARGAS Normas argentinas del gas –NAG, 2016) y coincidentes con las estimaciones que realiza el Departamento de Energía de los EE.UU para estos equipos. (Department of Energy, USA, 2016) Nótese la magnitud de los ahorros (hasta del 90%) que pueden lograrse usando los equipos modernos de calentamiento de agua, ya existentes en el mercado local.

Además se agregan para los mismos equipos, los consumos diarios y anuales de GLP. Finalmente se exponen los consumos de gas natural y GLP para cocción. Estas estimaciones se refieren a una familia de 3 a 4 personas que consume de 185 l/día de ACS, que se calienta desde una temperatura de 17°C a la temperatura de confort de 42°C. En la última columna se indican los consumos relativos de ACS.

Tabla 1. Consumos de gas por día y anual para calentar agua y cocción de una familia típica de Argentina, suponiendo una demanda de 185 l/día de agua caliente sanitaria, desde una temperatura de 17 °C hasta la temperatura de confort de 42 °C.

	Q_GN (m <sup>3</sup> /día)	Q_GLP (Kg/día)	Q_GLP (Kg/año)	Consumo relativo
Solar +Calefón A Mod. Con AA	0,15	0,13	48	10%
Solar +Calefón A Mod.	0,21	0,18	64	13%
Calefón A con AA	0,45	0,39	141	28%
Solar + Termotanque A	0,55	0,47	171	35%
Calefón A	0,61	0,52	188	38%
Termotanque A con AA	0,82	0,70	254	51%
Termotanque A	0,98	0,84	305	62%
Solar + Termotanque E	1,05	0,89	326	66%
Calefón F	1,17	1,00	363	73%
Termotanque E	1,60	1,36	496	100%
Consumo Cocción	0,35	0,30	109	

#### 4. EFICIENCIA DE LOS SISTEMAS DE ACUMULACIÓN DE AGUA CALIENTE

Los sistemas de acumulación de agua caliente, como los termotanques, tienen un importante consumo de mantenimiento diario (24 horas)  $Q_{M24}$  o consumo pasivo, asociado a los pilotos y las pérdidas de calor en los tanques. Ese consumo de mantenimiento es más significativo cuando los consumos son bajos, como sucede en el NEA. En la tabla 2 se indican estos consumos de mantenimiento por día, para los termotanques más frecuentemente utilizados del mercado nacional e internacional. El valor de  $Q_{M24}$  depende críticamente de la aislación térmica del tanque.

Tabla 2. Rendimiento de quemador y consumos de mantenimiento,  $Q_{M24}$ , para termotanques existentes en el mercado nacional e internacional.

Termotanques	Rendimiento%	$Q_{M24}$ m <sup>3</sup> /día
A	76%	0,33
B	73%	0,52
C	70%	0,50
D	69%	0,75
E *	60%	0,77

\*El quinto (E) es representativo de los termotanques más comunes, prevalentes antes del etiquetado y que aún están en uso en Argentina.

El consumo de gas natural de un equipo solar, combinado con un calefón modulante A, sin sistema de ahorro de agua (AA) es de 0,21 m<sup>3</sup>/día (Tabla 1); mientras que combinado a

un termotanque E, es de 1 m<sup>3</sup>/día, ya que el quemador posee menor eficiencia y el consumo de mantenimiento contribuiría con 0,77 m<sup>3</sup>/día al consumo. De este modo, un equipo solar asociado a un termotanque, consume en conjunto a diario más que un calefón A solo, sin paneles solares, que consume 0,61 m<sup>3</sup>/día (tabla 1). Por lo tanto, un calefón A posee un consumo menor y más económico que un equipo solar combinado con un termotanque. El equipo solar sería superfluo porque el consumo de mantenimiento de un termotanque es superior al consumo de gas necesario para calentar el agua. Por lo tanto, la opción de usar sistemas de **calentamiento de agua con termotanque** debe considerarse cuidadosamente en el NEA. Esto se aplica a los termotanques a gas y también a los termotanques eléctricos, ya que las pérdidas de calor en los tanques son similares. Un termotanque eléctrico, corriente del mercado local, consume del orden 7,2 kWh/día para calentar 185 litros. Suponiendo una eficiencia de conversión de gas en electricidad de 58% (en una central de ciclo combinado) con una eficiencia de transmisión y distribución del 88%, la eficiencia de conversión de gas en electricidad sería de 51%. Por lo tanto, el gas necesario para generar estos 7,2 kWh sería de 1,4 m<sup>3</sup>/día, similar a utilizar un termotanque común a gas, sin sistema solar.

Los calefones modulantes, con eficiencia A en la clasificación de eficiencia de la NAG 312 resultarían la opción óptima. Esto sería disponiendo de gas natural y especialmente cuando se usa GLP que es más costoso.

#### 5. ANÁLISIS ECONÓMICO

La construcción del gasoducto GNEA llevaría gas natural, entre otras, a las localidades de Fontana (Chaco), Las Lomitas (Formosa) y Vera (Santa Fe). Que por su tamaño, posicionamiento e información disponible fueron escogidas como casos del presente estudio.

- Fontana, cuenta con una población de 32.000 personas y 3.656 hogares
- Las Lomitas, cuenta con una población de 12.399 personas y 882 hogares
- Vera, en cuenta con una población de 20.000 personas y 2.200 hogares

Para estas tres localidades se realiza un análisis económico de dos modos de suministrar servicios energéticos:

Proyecto A. La provisión de gas natural por red y equipos de calentamiento de agua convencionales.

Proyecto B. La provisión de sistemas solares híbridos combinados con equipos a GLP.

En el NEA, factores como baja densidad poblacional, bajo consumo, altas temperaturas y disponibilidad de fuentes de energía fortalecen el contraste entre las opciones evaluadas.

Tabla 3: Costo de las inversiones. Proyecto A y B: Inversiones

DATOS	FONTANA	VERA	LAS LOMITAS
Población	<b>32 000 habitantes</b>	<b>20 000 habitantes</b>	<b>12 399 habitantes</b>
Usuarios beneficiados	<b>3656</b>	<b>2200</b>	<b>882</b>
Población beneficiada y fracción del total	12.1 (38%)	7.2 (36%)	3.1 (25%)
Redes ( km)	<b>80,42</b>	<b>48,39</b>	<b>59,03</b>
(proyecto A)			
Inversión en redes	\$97.977.810	\$56.477.790	\$49.941.364
(Proyecto A)			
Costo redes en \$/m - Proyecto A	<b>\$ 1.218,30</b>	<b>\$ 1.167,07</b>	<b>\$ 846,00</b>
Costo redes en USD/m - Proyecto A	<b>USD 79,11</b>	<b>USD 75,78</b>	<b>USD 54,94</b>
Inversión en instalaciones internas (Proyecto A)	\$85.550.400	\$51.480.000	\$20.638.800
Inversión en redes e instalaciones internas por usuario (Proyecto A)	<b>\$50.199</b>	<b>\$49.072</b>	<b>\$80.023</b>
Inversión en Colectores Solares (Proyecto B)	<b>\$73.120.000</b>	<b>\$44.000.000</b>	<b>\$17.640.000</b>
Inversión en Colectores Solares por Usuario	<b>\$20.000</b>	<b>\$20.000</b>	<b>\$20.000</b>
Costo Proyecto A / Proyecto B	<b>2,51</b>	<b>2,45</b>	<b>4,00</b>

Proyecto A. En este caso se considera:

- ✓ La inversión necesaria en la provisión e instalación de redes de distribución.
- ✓ El costo de la instalación interna de la red domiciliaria incluyendo 2 artefactos gasodomésticos (cocina y calefón).
- ✓ El costo de adquisición del medidor.
- ✓ La provisión de Gas Natural sustituye consumos energéticos en cocción y calentamiento de agua.
- ✓ No se tiene en cuenta la tarifa que debería pagarse por la provisión del servicio de Gas Natural, debido a que aún no existe tarifa para dicha zona geográfica.

Proyecto B. En este caso se considera:

- ✓ En la región del NEA, el aporte solar al calentamiento de agua es del orden del 80%.
- ✓ La instalación de equipos híbridos se elige de modo de minimizar los consumos pasivos.
- ✓ El resto de los consumos energéticos del hogar, principalmente cocción, continuarán realizándose a través de GLP.
- ✓ Los gastos de adquisición e instalación de los sistemas solares híbridos serán costeados por el Estado.
- ✓ Los costos de operación y mantenimiento de los colectores solares quedan a cargo de los usuarios.

La cobertura energética y las inversiones a realizar en cada proyecto se resumen en la tabla 3:

En el Proyecto A, la inversión en Redes de gas natural alcanza casi los 98 millones de pesos en Fontana, 57 millones en Vera y 50 millones en Lomitas. Obsérvese cómo en Lomitas aun cubriendo menos de la mitad de los hogares que Vera, se requiere un 22% más de redes que Vera.

En el Proyecto B, la inversión es proporcional con la cantidad de hogares donde se instalarían los colectores, sin importar la distribución geográfica. La baja densidad poblacional y alta dispersión en Lomitas conduce a un diferencial de la inversión sustantivo, un factor de 4 entre el proyecto A y el B. En tanto, en las otras dos localidades este factor es de 2,5 y 2,4. Hay en promedio unos 67 metros de red entre hogar y hogar en Lomitas. En cambio, Fontana y Vera esta distancia es en promedio de 22 metros de red.

Gráficamente, como muestra la figura 9 se puede observar que la inversión en redes de gas natural por usuario es casi un 300% superior para la localidad de Las Lomitas, 150 % superior para Fontana y 145% para Vera. En general se observa que, a mayor dispersión de la población, tanto mayor el beneficio del Proyecto B.



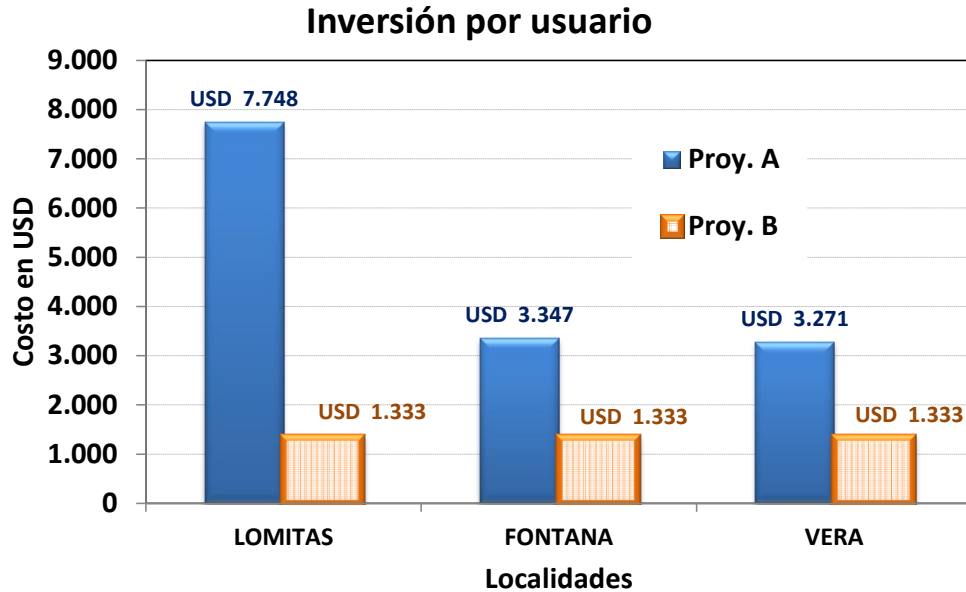


Fig. 9. Comparación de las inversiones por usuario en los dos proyectos, expresado en US dólares. A Abril de 2017, las tasa de cambio era 15,40\$/1 USD.

## 6. CONCLUSIONES

De este primer análisis surge que la alternativa menos costosa para llevar servicios energéticos a las localidades analizadas del NEA es instalar sistemas eficientes de calentamiento de agua híbridos solar-GLP, evitando equipos de apoyo con altos consumos pasivos (termotanques C o E o calefones con pilotos). Utilizando sistemas eficientes disponibles en el mercado local, los consumos de GLP podrían disminuir de 1,5 kg/día a 0,13 kg/día, o sea disminuyendo los consumos en un 91% y concomitantemente las emisiones de gases de efecto invernadero. De estudios previos, se conoce que el consumo de GLP para la cocción, en una familia de 4 miembros es del orden de los 0,3 kg(GLP)/día, se podía estimar en consumo diario medio, para cocción y calentamiento de agua usando sistemas solares híbridos en unos 0,43 kg/día, por lo tanto una garrafa de 10 kg (GLP) duraría 23 días y un tubo de 45 kg (GLP) unos 105 días.

Un elemento no menos importante, es el desarrollo de la industria de fabricación de equipos solares y sus sistemas de apoyo complementarios, que se pueden fabricar en el país, promoviendo una importante industria generadora de desarrollo económico, inversiones y empleo. En contraposición, el consumo de gas en la opción A se realizaría utilizando gas importado. Asimismo, sería necesario y deseable entrenar a pobladores de la zona en los oficios de instaladores y de provisión de reparaciones en este tipo de sistemas híbridos de calentamiento de agua. Esta

actividad sería una forma adicional de generar empleo y promoción social en las zonas beneficiadas.

Por último, el desarrollo de la tecnología de equipos solares híbridos, tendería a abaratar tanto los equipos como su instalación, lo que generaría un beneficio adicional, no solo a la región del NEA sino al país en su conjunto, ya que, al disponer de equipos más baratos, permitirá a familias de bajos recursos en otras regiones del país acceder a estos beneficios de la energía.

## REFERENCIAS

- Department of Energy, USA (2016). Selecting a New Water Heater. <http://energy.gov/energysaver/selecting-new-water-heater>.
- ENARGAS (2016). Normas argentinas del gas –NAG Normas NAG 313 y 314. <http://www.enargas.gov.ar/MarcoLegal/Normas/Normas.php>.
- Gil S., Prieto, R. (2013). ¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas. *Petrotecnia*, **54**, 81-92.
- Gil S. (2009). Posibilidades de ahorro de gas en Argentina-Hacia un uso más eficiente de la energía. *Petrotecnia*, **2**, 80-84.
- UNEP United Nations Environment Programme (2016) Trends in global water use by sector. Trends in global water use by sector. <http://www.unep.org/dewa/vitalwater/article43.html>.