



Universidad de
San Andrés

Universidad de San Andrés

Departamento de Economía

Licenciatura en Economía

Análisis técnico económico de una propuesta de política
de promoción de energía solar térmica en
Jujuy y Tucumán

Autores: Juan Pablo Pedregal y Milagros Rivas

Número de Legajo: 29234 y 29137

Mentor: Christian Navntoft

Buenos Aires, Argentina. Marzo 2022

Resumen

Este trabajo desarrolla un análisis técnico y económico sobre los cambios esperados en el ahorro de usuarios residenciales, la recaudación provincial y las emisiones de CO_2 evitadas, en consecuencia, a la implementación de equipos de energía solar térmica para el calentamiento de agua sanitaria en los hogares de las provincias de Jujuy y Tucumán. A los fines de generar una propuesta integral, el trabajo analiza varios factores. En primer lugar, revisa la legislación provincial y nacional existente respecto de políticas de promoción vigentes. En segundo lugar, calcula el costo de inversión y ahorro estimado para cada usuario y la variación en la recaudación de ingresos provinciales asociadas al aumento de la venta e instalación de los calentadores solares y al menor consumo de gas y electricidad. Adicionalmente, se calcula el ahorro de emisiones de CO_2 evitadas y el costo social de carbono (CSC) asociado.

Bajo las condiciones actuales de tarifas de gas y electricidad subsidiadas por el Estado surgen diferentes alternativas. Utilizando la referencia de costo de U\$D 1815 por un equipo termosifónico instalado, los usuarios que calientan el agua con electricidad amortizan el equipo en 15 años en Tucumán y en Jujuy, mientras que los usuarios que calientan el agua con gas natural de la categoría R3-3 amortizan la inversión en 14 años en Jujuy y en 15 años en Tucumán. Los de menor categoría no la amortizan en toda la vida útil del equipo en ambas provincias.

Por otro lado, la provincia de Jujuy deja de percibir en promedio U\$D 180 de ingresos por cada usuario de gas que incorpora un equipo solar térmico, asociado a una menor recaudación impositiva por el menor uso del combustible, a lo largo de la vida útil del equipo. Mientras que para la provincia de Tucumán esta cifra asciende a U\$D 80. Las medidas respectivamente para electricidad ascienden a U\$D 330 para Jujuy y U\$D 70 para Tucumán. Ambos resultados pueden cambiar drásticamente a favor del usuario si los subsidios actuales son eliminados y la energía adquiere valores reales.

El costo social del carbono, es decir, el valor económico de las emisiones evitadas por el uso del sistema solar térmico, se contabiliza como ingresos adicionales por parte de la provincia.

Finalmente, se realiza una propuesta de financiamiento de sistemas solares que incluye tanto el beneficio de los usuarios como el beneficio de la provincia y que puede ser utilizada como insumo para un proyecto de ley orientado a promover este tipo de tecnologías.

Agradecimientos

A nuestros padres y familiares que nos acompañaron en todo momento durante la carrera universitaria. Al profesor Christian Navntoft por sus indicaciones y consejos desinteresados para que la presente tesis fuera posible. A nuestros compañeros de cursada y profesores de UdeSA que nos dejaron muchas enseñanzas y lindos recuerdos.

Índice

1. Introducción
2. Metodología
 - a. Análisis de subsidios en gas y electricidad
 - b. Análisis de la situación provincial con respecto al consumo de gas y electricidad a nivel residencial
 - i. Jujuy
 - ii. Tucumán
 - c. Análisis de la factura de gas: Jujuy y Tucumán
 - i. Categorías de usuarios residenciales
 - ii. Descripción de conceptos facturados
 - iii. Determinación del costo total del gas para el usuario
 - iv. Análisis de estática comparada ante una reducción en el consumo para el usuario
 - v. Análisis de estática comparada ante una reducción en el consumo para la provincia
 - d. Análisis de la factura de electricidad de Tucumán
 - i. Categorías de usuarios residenciales y descripción de conceptos facturados
 - ii. Datos y determinación del costo total para el usuario
 - iii. Determinación del costo total para la provincia
 - e. Análisis de la factura de electricidad de Jujuy
 - i. Categorías de usuarios residenciales y descripción de conceptos facturados
 - ii. Datos y determinación del costo total para el usuario
 - iii. Determinación del costo total para la provincia
 - f. Costo de inversión del calentador solar para el usuario
 - g. Costo social del carbono
3. Resultados
 - a. Ahorro para el usuario P(G/E)
 - b. Ingresos provinciales percibidos y no percibidos por la incorporación del equipo solar térmico en los usuarios P(G/E)
 - c. Ahorro de emisiones de CO₂ y costo social del carbono en usuarios P(G/E)
 - d. Ahorro para el usuario P(NG/E)
 - e. Ingresos provinciales percibidos y no percibidos por la incorporación del equipo solar térmico en los usuarios P(NG/E)
 - f. Ahorro de emisiones de CO₂ y costo social del carbono en usuarios P(NG/E)
 - g. Tabla Comparativa de usuarios P(G/E) (Usuario, Provincia, CSC)
 - h. Tabla Comparativa de usuarios P(NG/E) (Usuario, Provincia, CSC)
4. Conclusiones
 - a. Propuesta A: Exenciones impositivas sobre la compra e instalación de los equipos solares térmicos
 - b. Propuesta B: Eliminación de subsidios al gas natural y electricidad
 - c. Propuesta C: Planes de financiamiento y subsidios
 - d. Propuesta definitiva con sus potenciales resultados
 - e. Discusiones
5. Bibliografía

1. Introducción

Producto de la industrialización y los comportamientos de producción y consumo humano, las dinámicas biológicas y químicas de la tierra se vieron afectadas. Según el informe especial del IPCC (2019), una de las principales fuentes de contaminación ambiental son los gases de efecto invernadero (GEI), los cuales repercuten negativamente en la salud humana y producen el calentamiento global. La concentración de GEI en la atmósfera terrestre está directamente relacionada con la temperatura media mundial de la Tierra; el GEI más abundante, alrededor de dos tercios de todos los tipos de GEI, es el dióxido de carbono (CO₂). Como respuesta mundial al cambio climático, Naciones Unidas (ONU) llevó a cabo el Acuerdo de París, cuyo objetivo principal es limitar el aumento de la temperatura a 1,5°C y proseguir con los esfuerzos para mitigar el cambio climático.

Como una alternativa a los fines de aminorar la contaminación ambiental causada por el uso excesivo de combustibles fósiles, surgen las energías renovables. El significado de energía renovable, según la REN21(2019)¹, es la “energía derivada de recursos naturales que se reponen en menos de una vida humana sin agotar los recursos del planeta”², y lo que es aún más importante es que no causan daño al medioambiente. Por otro lado, la energía no renovable es la energía obtenida mediante una fuente que tiende a agotarse, la rapidez con la que se consumen estos recursos es superior a la velocidad con la que se regeneran. Es decir, esta energía se obtiene de recursos naturales que tardan miles de años en volver a formarse, por ejemplo: el gas natural, el carbón mineral, el petróleo, el uranio, entre otros.

En los últimos años, las energías renovables han logrado un importante progreso tecnológico, en especial en el sector eléctrico. En particular, las tecnologías que posibilitan el aprovechamiento de la radiación solar han mejorado en eficiencia y en precio, tanto en la conversión directa en electricidad y en calor (Weiss y Spörk-Dür, 2019). Estas mejoras han permitido el desarrollo de la tecnología solar térmica como una alternativa al uso de combustibles fósiles para el calentamiento de agua sanitaria.

A nivel mundial, la capacidad instalada de solar térmica para el calentamiento de agua a finales de 2019 fue de 479 GWth (684 millones de metros cuadrados). La energía solar térmica anual generada ascendió a 389 TWh, lo que representa un ahorro de 41,9 millones de toneladas de petróleo y 135,1 millones de toneladas de CO₂. Esto corresponde a 3,5 veces las emisiones anuales de CO₂ de Suiza (Statista Research Department, 2020).

En nuestro país, el calentamiento de agua se realiza en un 78,5% con artefactos a gas y un 21,5% con artefactos eléctricos (Iannelli, Prieto y Gil, 2017). De esta manera, el uso de energía solar térmica constituye una opción válida para analizar a los fines de disminuir el uso de combustibles fósiles o electricidad para el calentamiento de agua.

¹ Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21)

² Traducción propia

En cuanto a políticas de energías renovables, en el año 1998 se sanciona por primera vez una Ley Nacional (N.º 25.019) que establece el rumbo hacia la producción de energía eléctrica de origen eólico y solar en todo el territorio nacional y presenta un incentivo económico como objeto de promoción para la generación de estas. Prevé también incentivos fiscales a través de desgravaciones a las inversiones.

En el año 2006, se sancionó la Ley Nacional N.º 26.190, Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía, que incluye como fuentes de energía renovables a la eólica, la solar, la geotérmica, mareomotriz, hidráulica (hasta 30 MW de potencia), biomasa, gases de vertedero, gases de plantas de depuración y biogás que se produzca a partir de materias primas de origen agropecuario, agroindustrial o desechos orgánicos y que cumplan con los requisitos de calidad establecidos. Asimismo, promueve la investigación para el desarrollo tecnológico y realización de nuevas inversiones en fabricación de equipos con esa finalidad.

Posteriormente, en octubre de 2015, se sanciona la Ley N.º 27.191, que modifica a la anterior Ley N.º 26.190 y establece el objetivo de lograr una contribución mínima del ocho por ciento (8%) en energías renovables del consumo nacional de energía eléctrica al 31 de diciembre de 2017. Incluye dentro de las fuentes renovables aquellas fuentes no fósiles idóneas para ser aprovechadas de forma sustentable en el corto, mediano y largo plazo.

Mediante el Decreto 9/2017, se declara al año 2017 como Año de las Energías Renovables. Donde se establece que el Poder Ejecutivo Nacional auspiciará las actividades, seminarios, conferencias y programas educativos que contribuyan a la difusión en el país de diferentes aspectos relativos al desarrollo y uso de las energías renovables. Ese mismo año se señalan los objetivos del país en Eficiencia Energética y los Escenarios Energéticos al 2025 con políticas de eficiencia, y los aspectos relevantes en sectores tales como el residencial y el industrial. Entre ellos se inicia el proceso para alcanzar una contribución del 20% en fuentes limpias dentro de la matriz energética en línea con la adopción del “Acuerdo de París”. Se destaca en esta ocasión, por primera vez, el aprovechamiento de los recursos energéticos renovables para usos térmicos y mencionan numerosos objetivos asociados, entre los que se incluyen la tendencia a bajar las emisiones de GEI y otros gases nocivos y la seguridad energética entendida como la dependencia de la importaciones de combustibles de otros países, y finalmente, la generación de oportunidades laborales para la instalación como para la fabricación de componentes y equipamiento, así como la prestación de servicios de mantenimiento.

Por último, a fines del año 2018 se sanciona la Ley N.º 27.424 de generación distribuida que habilita a los usuarios del sistema eléctrico a que se conviertan en generadores a partir de fuentes de energía renovable para autoconsumo y eventual inyección de electricidad a la red. Entre otras cosas, se establecen procedimientos, se categorizan tres tipos de usuarios y se mencionan diversos beneficios promocionales, como también se señala que cada provincia tiene la capacidad de sumar otros beneficios complementarios.

El resultado más tangible de todas las normativas mencionadas radica en el aumento de la potencia eléctrica renovable instalada y en funcionamiento en nuestro país. Sin embargo, a pesar de este gran avance de las energías renovables en el sector eléctrico en Argentina, la energía solar térmica no cuenta con una normativa de promoción a nivel nacional que incentive su uso como alternativa a los combustibles fósiles para el calentamiento de agua, climatización de ambientes o procesos industriales. Sólo existen algunos esfuerzos de políticas o normas a nivel provincial o municipal.

En cuanto a las provincias motivo de este trabajo, Jujuy y Tucumán, existen diferentes legislaciones relacionadas con las energías renovables y particularmente con la energía solar térmica.

En el caso de Jujuy, en 1996, la Ley Provincial N.º 4.888 dispuso un marco regulatorio que establece los requisitos generales relativos a la prestación y control de los servicios eléctricos y actividades relacionadas, con el objeto de mejorar la calidad y extender los beneficios de la electricidad a la población rural dispersa, por medio de la aplicación de tecnologías no convencionales. Esta ley fomenta el desarrollo de pequeños emprendimientos hidroeléctricos, eólicos y solar fotovoltaicos.

En 2016, Jujuy sanciona la Ley Provincial N.º 5.904 con el objetivo de establecer una política energética sostenible en toda la provincia, basada en el fomento del uso de la energía solar en diversas formas, como fuente de electricidad o para la generación de calor, con un objetivo a largo plazo de eficiencia energética y sostenibilidad. No obstante, la ley en concreto implementa un régimen que consiste en: exención al impuesto de sellos, exención al impuesto sobre los ingresos brutos, prioridad de financiamiento y estabilidad fiscal por 15 años para las personas físicas y/o jurídicas que sean titulares de las inversiones y/o concesionarios de proyectos de instalación de centrales de generación de energía eléctrica.

Siguiendo esta línea, esta ley declara de interés estratégico la conformación del programa “Jujuy Provincia Solar”, cuya misión es crear incentivos para elaborar e implementar proyectos a partir del uso de energía solar con el fin de prestar servicio público, crear una base para un posterior desarrollo científico y tecnológico, y colaborar con el diseño, fabricación, comercialización y mantenimiento de equipos con el mismo fin.

Años más tarde, la Provincia adhiere a la Ley 26.190 de Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica y su modificatoria la Ley 27.191. Además de la Ley Nacional 27.424 de Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable Integrada a la Red Eléctrica Pública, en todos aquellos aspectos no incluidos en la ley 6.023 en materia de Generación Distribuida de Energía Renovable.

En cuanto a Tucumán, la provincia adhiere plenamente a la Ley Nacional N.º 27.191 de “Régimen de Fomento Nacional para el Uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica”. Es decir, adopta el uso del decreto reglamentario 250 de la misma forma que la ley nacional, sin modificaciones para su uso a nivel

provincial. Igualmente, a principios de 2019, se adhiere a las disposiciones de la Ley Nacional N.º 27.424.

Por otro lado, no cuenta con leyes o regímenes que incluyan el aprovechamiento de la energía solar térmica en forma específica.

En este contexto, el trabajo desarrolla un análisis de los beneficios económicos y ambientales, que se podrían obtener con una política de promoción de la energía solar térmica diseñada a partir de la valorización económica y ambiental de los ahorros esperados, tanto para la provincia como para los usuarios. Para ello, se proponen diferentes grados de penetración de equipamiento solar térmico. Seguidamente, se contabiliza cuánta electricidad o gas desplaza cada equipo y cuál es el ahorro por tipo de usuario. Por otro lado, se calculan los ingresos que la provincia no percibe por el gas o la electricidad ahorrada y cuantos ingresos percibe por la venta e instalación de los equipos solares térmicos. Luego se comparan ambos resultados en términos de ahorro económico asociado al ahorro de combustible y el valor económico de las emisiones de CO₂ evitadas, tanto para los usuarios como para la provincia. Finalmente, se propone un mecanismo de promoción de la energía solar térmica que beneficia a los usuarios y a los ingresos de la provincia, permitiendo así, un doble beneficio económico y ambiental que facilite el camino hacia la transición energética.

2. Metodología

En primer lugar, se realizó una revisión general de la cantidad de subsidios que existen en la industria energética argentina, prestando especial atención a Jujuy y Tucumán. Seguidamente se realizó un paneo de la situación en cada provincia en cuanto al acceso que estas tienen a los servicios de gas y electricidad de red y se calculó el costo de consumo de los servicios de gas y electricidad convencional, por medio del desglose de los conceptos facturados en cada caso. En tercera instancia, se investigó el costo de inversión requerido por parte de los colectores solares térmicos para ACS, y se computó el tiempo de amortización del sistema híbrido, como así también las emisiones de CO₂ evitadas.

Para la sección del gas natural se consultó a GASNOR S.A y ENARGAS: cantidad de clientes activos, categoría, cargos fijos, cargos variables, impuestos y otros cargos de la tarifa desagregados. A su vez, para la sección de electricidad se consultó a EDET S.A y a EJESA la misma información. Posteriormente y a partir de estas fuentes, se creó una base de datos que permitió realizar todos los cálculos que se detallan en esta sección.

a. Análisis de subsidios en gas y electricidad

A partir de información recabada en el Sistema Integrado de Información Financiera (e-SIDIF), se indica que los subsidios energéticos medidos en dólares totalizaron U\$D 129.561 millones en la última década, un monto que duplica el préstamo otorgado por el FMI en el año 2018 como se explica en el Informe Anual de Producción de Hidrocarburos (2020). De ese total, el 85% fueron para gastos corrientes, mientras que sólo el 15%

fueron transferencias de capital, es decir, para inversiones. El punto máximo de los subsidios energéticos se dio en 2014 con un total de U\$D 19.876 millones, mientras que el valor más bajo se dio en 2019 con U\$D 4.871 millones. El valor de subsidios energéticos para cada año se muestra en la Tabla 1.

Este número se atribuye al congelamiento de precios (la tarifa aumenta solo por el Valor Agregado de Distribución), al aumento del costo de la generación eléctrica, las erogaciones derivadas del Plan Gas y la Resolución 46, que incentiva la producción eléctrica; y a las crecientes importaciones de gas de Bolivia y de Gas Natural Licuado (GNL) a precios superiores a la media.

Aún más, la producción local de hidrocarburos está disminuyendo. Dado que sólo cuatro empresas tienen el 75,5% de la producción del país (YPF, TOTAL, TECPETROL, PAE) no hay libre competencia en cuanto a la producción del gas natural. Lo que resulta en la creciente importación y tiene un impacto sustancial en el balance comercial del país. En 2020, la producción del gas natural cayó alrededor de un 9% respecto a 2019, “la tasa de disminución más elevada de la década” (p. 13). A pesar de las consecuencias de la pandemia, en el Informe anual de producción de hidrocarburos de 2020 se destaca que la producción es actualmente un 4% más baja que en 2010.

Otros programas (Plan Gas no convencional y Ex Plan Gas), recibieron transferencias por un monto total de U\$D 9.146 millones desde que entraron en vigencia (2013). A partir del año 2020 únicamente se mantuvo el Plan Gas No Convencional (Resol. 36) con un crecimiento del 2.5% a comparación del año anterior y representa el 8% del total de transferencias corrientes. Además, el resto de las transferencias corrientes a la Integración Energética Argentina S.A (IEASA) se utilizan para atender la latente necesidad de importar gas natural. El Informe Anual de Producción de Hidrocarburos (2020) también resalta: “1) el Gas natural No convencional no es viable sin fuertes subsidios estatales; y, 2) es falso como han afirmado varios gobiernos argentinos que el gas no convencional pueda ser exportado al mundo” (p. 4).

Además, la energía eléctrica y gasífera en Argentina cuenta con distintas tarifas diferenciales en función de las condiciones socioeconómicas de los usuarios residenciales. Según la Secretaría de Gobierno de Energía de la Nación, la Tarifa Social se aplica a todos los servicios públicos, transporte, agua corriente y cloacas (en CABA y alrededores) y gas y electricidad (en todo el país). La Tarifa social de energía Eléctrica, para jubilados o pensionados, desempleados, personas con discapacidad o situación de pobreza ofrece solo pagar costos fijos y de distribución. En la Figura 1 se puede observar el porcentaje de usuarios por provincia que accedía a estos beneficios en 2017. Siendo Formosa la provincia más ayudada y Chubut la menos asistida relativamente. En 2017, 4,2 millones de usuarios de todo el país accedían a este beneficio.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	% 2019-2020	%2010-2020
Total subsidios corrientes	5,977	10,188	10,924	14,290	15,842	14,974	13,921	7,368	6,095	4,694	5,961	27.0%	-0.3%
CAMMESA	3,438	5,786	5,347	6,639	8,762	9,753	9,467	4,476	3,462	2,794	4,416	58.0%	28.5%
Distribuidoras de gas natural	0	0	0	0	0	0	0	0	264	112	97	-13.5%	-
FF para consumos residenciales de GLP	97	201	226	262	223	441	299	307	262	137	114	-16.9%	18.3%
FF para consumos residenciales de gas	29	35	29	25	38	44	27	198	0	0	0	-	-100.0%
IEASA	1,321	2,330	3,711	5,166	4,945	2,983	1,001	746	1,564	914	660	-27.8%	-50.0%
Plan Gas I, II y III	0	0	0	1,050	1,361	1,309	2,814	1,232	104	60	0	-	-
Plan Gas No Convencional R/46	0	0	0	0	0	0	0	0	198	503	516	2.5%	-
YCRT	145	217	243	382	265	336	219	253	100	49	99	101.6%	-31.8%
Otros	804	1,334	1,264	568	226	10	20	89	57	41	8	-79.6%	-99.0%
Transferencias de Capital	1,599	1,676	2,344	2,606	4,034	3,481	1,490	1,150	395	177	374	111.0%	-76.6%
IEASA	74	198	469	464	1,598	750	403	282	44	125	277	121.4%	274.3%
Organismos provinciales	161	212	270	291	337	634	175	0	0	0	0	-	-
Ente Binacional Yaciretá	7	44	8	43	0	2	0	0	0	0	0	-	-
Nucleoeléctrica S.A.	118	340	746	892	813	615	438	448	259	23	33	43.4%	-72.3%
Fdo Fid para el transporte eléctricos federal	372	67	130	187	157	83	125	169	14	0	0	-	-
YCF Rio Turbio	41	50	70	142	188	135	62	24	8	0	0	-	-
Otros	827	766	650	588	941	1,262	288	219	70	26	64	147.5%	-92.2%
Total Transferencias	7,576	11,864	13,268	16,896	19,876	18,455	15,411	8,517	6,490	4,871	6,336	30.1%	-16.4%

Fuente: IAE en base a Presupuesto abierto, ASAP y BCRA

Tabla 1. Transferencias anuales corrientes y de capital al sector energético en dólares corrientes. Obtenida del Informe anual de producción de hidrocarburos (2020)

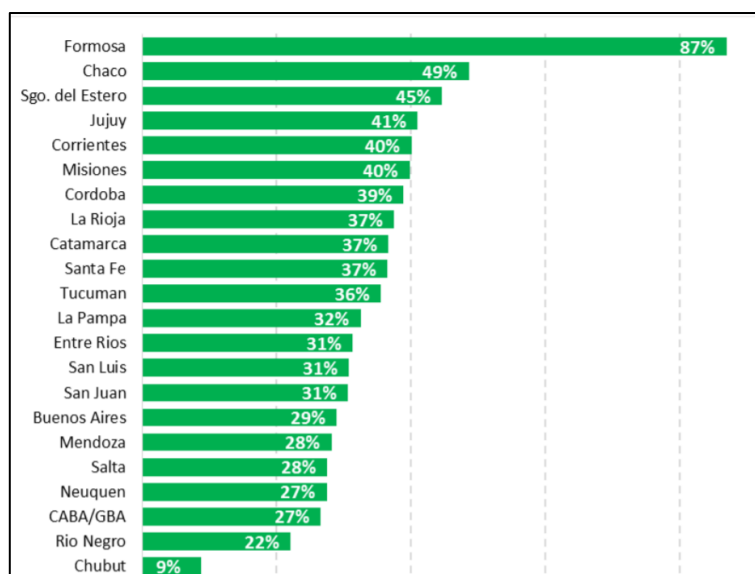


Figura 1. Porcentaje de usuarios en condiciones de acceder a la Tarifa Social de electricidad por provincia según CAMMESA. Fuente: conf. de prensa PEST (dic 2017)

Según la Resolución 14/2018, la Tarifa social de Gas natural, equivale al 100% del precio del gas natural (bonificación de un bloque de consumo anual equivalente al tope del consumo de la categoría R1) y la tarifa diferencial solo a los usuarios comprendidos, en este caso, en la Región de la Puna por el Art. 75 de la Ley Nacional N.º 25.565 relativo al Fondo Fiduciario para Subsidios de Consumos Residenciales de Gas. “De forma tal que el descuento en la tarifa de dichos usuarios consista en un 60% del valor de los cuadros tarifarios plenos correspondientes a cada categoría de usuario y subzona tarifaria” (Resolución 14/2018). En 2017, 1,8 millones de usuarios residenciales accedían a este beneficio, pudiéndose apreciar el porcentaje de usuarios por provincia en la Figura 2.

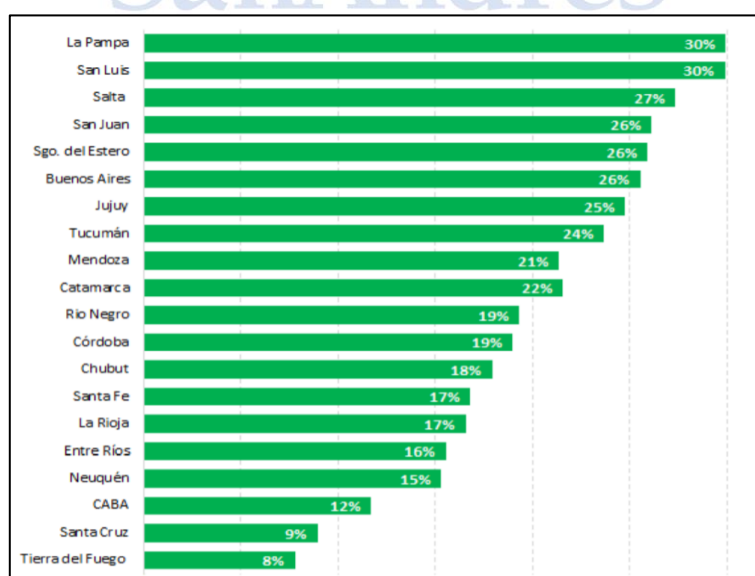


Figura 2. Porcentaje de usuarios en condiciones de acceder a la Tarifa Social de gas natural por provincia según ENARGAS. Fuente: conf. de prensa PEST dic 2017

Según el Informe 565 de ENARGAS de julio de 2021, el Régimen de Zona Fría (RZF) consta de un mecanismo de financiación que permite solventar cuadros tarifarios diferenciales para los servicios de gas natural por redes, gas propano diluido por redes y la venta de cilindros, garrafas o gas licuado de petróleo comercializado a granel de las regiones Patagónica, Puna y Malargüe. En la Figura 3 se puede ver gráficamente el funcionamiento de este régimen y en la Figura 4 se aprecia las diferencias de consumo entre una vivienda en zona fría y otra en zona no fría.

El RZF se financia con un recargo sobre el precio del gas natural en el Punto de Ingreso al Sistema de Transporte (PIST) aplicable al volumen comercializado en el país que no puede superar el 7,5%. Actualmente el nivel del recargo se ubica en 4,46% y se prevé que para fines de 2021 el recargo sea de 5,44%. En julio de 2021, en promedio el 44% de los usuarios de gas por redes del país cuentan con un beneficio en la tarifa de gas, lo que representa al 28% de la población argentina (12,8 millones). En Jujuy, los usuarios que cuentan este beneficio son 2.312.

Siguiendo esta línea, los datos de la Secretaría de Energía de la Nación detallan que el precio promedio ponderado del gas producido en el país en el año 2019 fue de USD 3,29 por millón de BTU (con un máximo de USD 3,54 en la Cuenca Golfo de San Jorge y un mínimo de USD 3,06 en Tierra del Fuego). A esa oferta se le debe sumar el gas proveniente de Bolivia, con un costo de USD 5,14 por millón de BTU, y el GNL importado para el que se estima un precio de USD 7,25 por millón de BTU, más un costo fijo y variable, que se estima entre USD 1 y 1,3 por millón de BTU.

En marzo de 2016, previo a los aumentos, el ministerio de Energía calculaba que un 81% de la tarifa de gas estaba subsidiada por el Estado. Para 2018, esa misma gestión consideraba que la subvención había bajado a un 31% del total, como consecuencia de los distintos aumentos de tarifas.

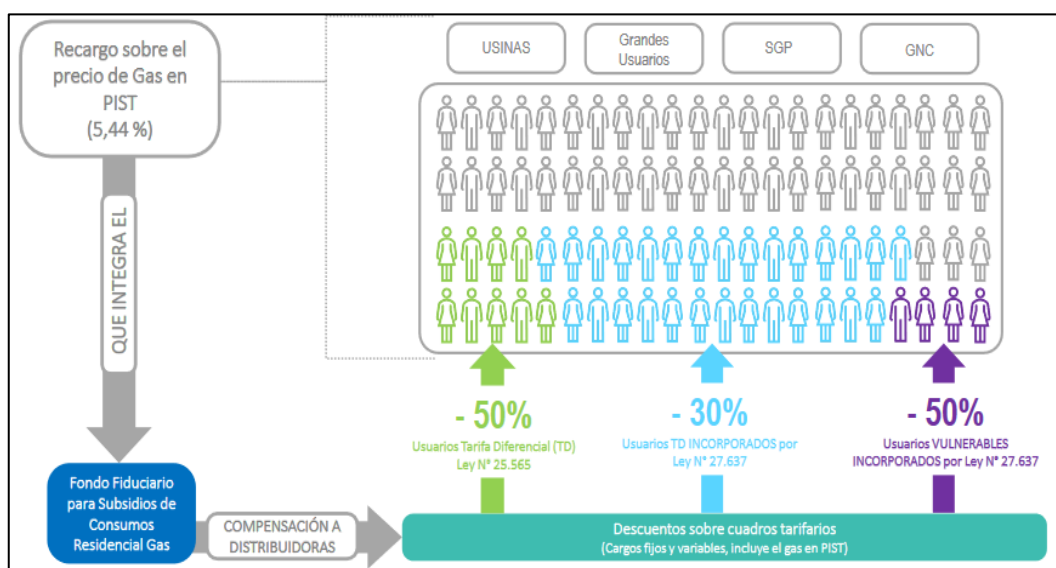


Figura 3. Funcionamiento del régimen ampliado de Zona Fría según Ley N.º 27.637.

Fuente: Informe 565 de ENARGAS.

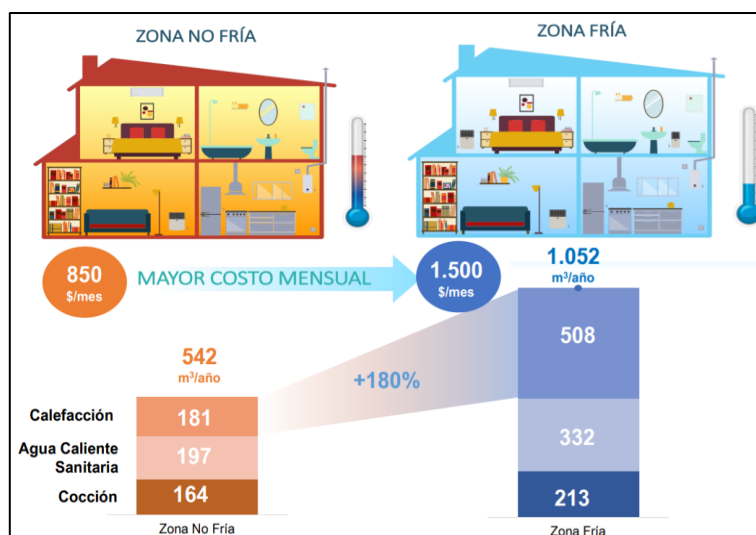


Figura 4. Diferencias en los consumos del gas por tipo de zona bioambiental.

Fuente: Informe 565 de ENARGAS.

En la Figura 5 se observa la evolución de los beneficiarios de la Tarifa Social de Gas en la provincia de Jujuy entre los años 2017 y 2020. La evolución toma en cuenta el promedio anual. Desde 2017 a 2019 se observa una caída del 35% en cuanto a beneficiarios, con una pérdida de más de 6380 de usuarios. La participación de beneficiarios de la Tarifa Social sobre usuarios residenciales en promedio entre 2017 a 2019 fue de 16.67%. Con un descuento promedio ponderado de 51,75%, es decir, el beneficio supera más de la mitad de una factura media residencial.

Para el caso de Tucumán, como se aprecia en la Figura 6, la caída en la cantidad de usuarios con el beneficio de la Tarifa Social de Gas de 2017 a 2019 fue del 29%, lo que equivale a 12.548 usuarios. En este sentido, en el año 2019, el 14% de los usuarios tucumanos contaban con el beneficio, mientras que en 2018 este número era igual a 19%.

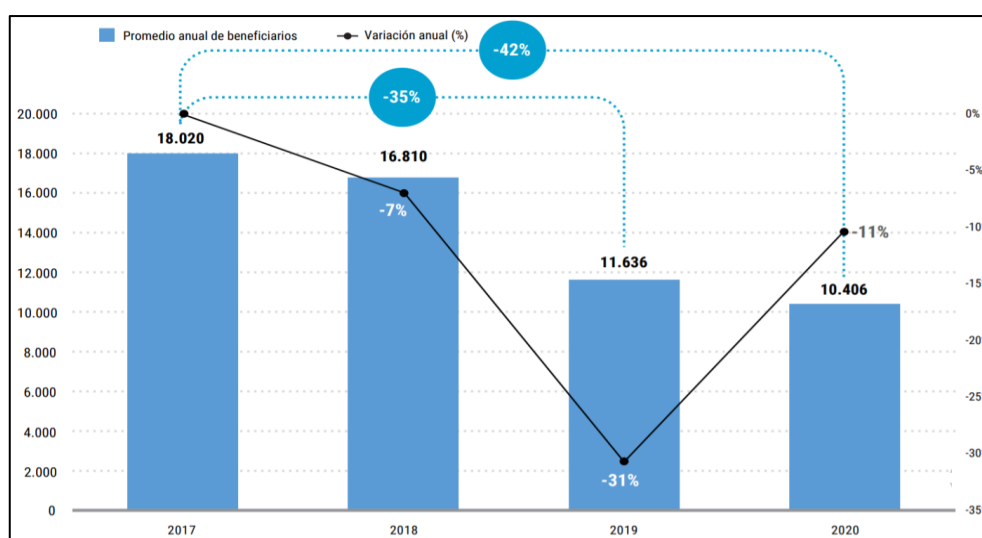


Figura 5. Beneficiarios de la Tarifa Social de Gas en Jujuy de 2017 a 2020.

Fuente: ENARGAS.

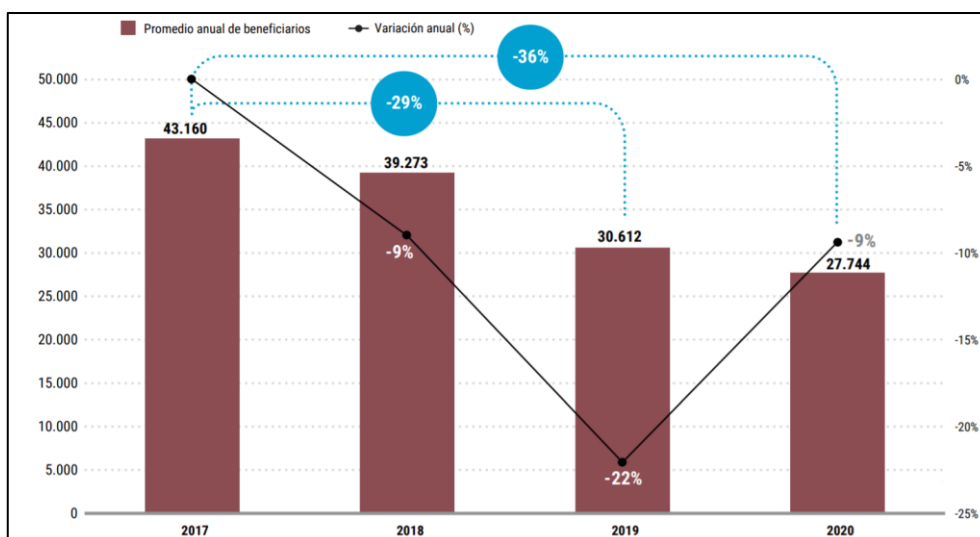


Figura 6. Beneficiarios de la Tarifa Social de Gas en Tucumán de 2017 a 2020.

Fuente: ENARGAS.

También cabe destacar el Programa Hogar, que garantiza el acceso a garrafas a los hogares con un subsidio del 80%. Y prioriza a personas que no se encuentran conectados a la red de distribución o que viven en áreas que no cuentan con el servicio. Según la página web de ANSES, la cantidad de garrafas sociales varían en función de la cantidad de miembros del hogar, la ubicación geográfica y la época del año. El beneficio consiste en brindar una suma de \$414 fijado por la Secretaría de Energía, para cubrir parte del precio de la garrafa. A su vez, los precios máximos finales permitidos para una garrafa de 10 Kg se muestran en la Tabla 2 para Jujuy y Tucumán. Estos precios incluyen el IVA (10,5%), el IIBB de cada provincia y el valor porcentual de los Apartamientos Máximos Permitidos (AMP) según la Resolución 70/2015 de la Secretaría de Energía de La Nación. Los AMP son porcentajes definidos en esta resolución que estipulan cuánto se puede apartar el precio base de la garrafa para cada provincia en función de las distancias y particularidades que presenta el mercado en cada una de ellas.

Provincia	Precio distribuidor y comercio	Precio fraccionador
Jujuy	\$520,53	\$515,58
Tucumán	\$516,31	\$516,31

Tabla 2. Precios máximos de referencia. Fuente: Secretaría de Energía.

Es entonces que podemos sustentar que el peso de los subsidios se ha transformado en un problema macroeconómico. El congelamiento de tarifas no solo no resuelve los desequilibrios macroeconómicos, sino que también afecta las inversiones del sector energético desincentivando a los accionistas a la inversión en renovables o a la transición energética. La Tabla 3 muestra la cantidad de subsidios otorgados por cada régimen de beneficios en el año 2017. Esta tendencia se mantiene en la actualidad para el caso de la tarifa social eléctrica y de gas, mientras que para el Plan Gas los subsidios se redujeron a cero en 2020 y el RZF fue ampliado para 4 millones de usuarios en total en 2021. Por

último, en 2019, según el informe de Evolución de Subsidios, Oferta y Demanda de Energía 2015-2019 de la Secretaría de Energía, el usuario de gas natural promedio en el país (sin contar a la región patagónica, la Puna y Malargüe) estaba pagando el 86% del costo total del servicio (incluyendo transporte y distribución). Mientras que en la Puna el usuario pagaba solo el 27%. A su vez, esta misma medida para los usuarios de electricidad en todo el país asciende a 70%.

Subsidio	Total de beneficiarios	Total de subsidiado
Plan Gas	Empresas Productoras	U\$D 1.232 millones
Tarifa Social Eléctrica	4,2 millones de usuarios	U\$D 7.368 millones
Tarifa Social Gas	1,8 millones de usuarios	U\$D 15,5 millones
Régimen de Zona Fría	850.000 de usuarios	U\$D 7,6 millones

Tabla 3. Total de beneficiarios y monto subsidiado en todo el país en 2017. Fuente: elaboración propia en base a datos del Informe Anual de Hidrocarburos 2020 y los Informe 565/2021 y 848/2021 de ENARGAS.

b. Análisis de la situación provincial con respecto al consumo de gas y electricidad a nivel residencial

i. Jujuy

La provincia de Jujuy se encuentra dentro del sistema andino sudamericano, dividiéndose en cuatro regiones bien diferenciadas por el relieve, clima, biomas y actividades económicas. Al oeste se encuentra la Puna o Altiplano, en esta zona las temperaturas extremas oscilan entre los 30°C de día y los 0°C a -20°C de noche. Luego se encuentra la quebrada y los valles. Estos poseen clima templado y temperaturas moderadas durante todo el año, con un promedio de entre los 10°C y los 25°C. En este último se ubica la capital jujeña, San Salvador de Jujuy, cuya población constituye casi el 50% del total de la provincia.

Según las proyecciones del INDEC, la población en la provincia de Jujuy en el año 2019 era de 762.440 habitantes distribuidos en 218.952 viviendas. Lo que resulta en aproximadamente 3.5 personas promedio por vivienda, siendo este el número que adopta este trabajo para los cálculos que se explican más adelante.

En la provincia de Jujuy el servicio de gas se distribuye en 2 (dos) zonas, Jujuy y Puna. El primero contiene al departamento Dr. Manuel Belgrano, el Carmen, Palpalá, San Antonio (Valle), Ledesma, San Pedro, Santa Bárbara, Valle Grande (Yungas), y Humahuaca, Tilcara, Tumbaya (Quebrada de Humahuaca). A la región Puna pertenecen los departamentos de Cochinoca, Rinconada, Santa Catalina, Susques y Yavi.

Siguiendo esta línea, un informe de diagnóstico realizado por el gobierno de la provincia de Jujuy deja ver que en el año 2019 más de seis de cada 10 hogares no contaba con gas de red. Este hecho coincide con los registros de cantidad de clientes que tenían servicio

de gas: i) 81.084 promedio viviendas con gas Jujuy, y ii) 2.313 promedio viviendas con gas Puna. Es decir, un 58,73% de los habitantes jujeños no poseen gas, mientras que la diferencia se incrementa sustancialmente para los habitantes puneños, a 82,90% (SIEMPRO³, 2020).

Por otro lado, del total de hogares, el 94,06% de los habitantes tenían electricidad. De las personas que no contaban con este servicio, solo un 5,07% pertenecía a la zona de Jujuy y un 18,69% a la puna. Lo que deja en claro las dificultades de llegar a estas zonas, ya sea por las temperaturas extremas que presentan o lo aisladas que se encuentran.

A los fines de acotar la situación de estudio de este trabajo, se definen los siguientes tipos de población alcanzada por los servicios:

- A) Los habitantes que cuentan con gas natural y electricidad: P(G/E)
- B) Los habitantes que no cuentan con gas natural pero sí electricidad: P(NG/E)
- C) Los habitantes que no cuentan ni con gas natural ni electricidad: P(NG/NE)

A los fines de simplificar al análisis y bajo la suposición de que la población elige la fuente de calentamiento de agua con menor costo, este trabajo asume que P(G/E) utiliza el gas, P(NG/E) utiliza la electricidad y P(NG/NE) utiliza el GLP o garrafas.

El porcentaje de habitantes con los servicios mencionados se muestran en la Figura 7 para las diferentes zonas en las que se divide la distribución de gas y electricidad en la provincia de Jujuy.

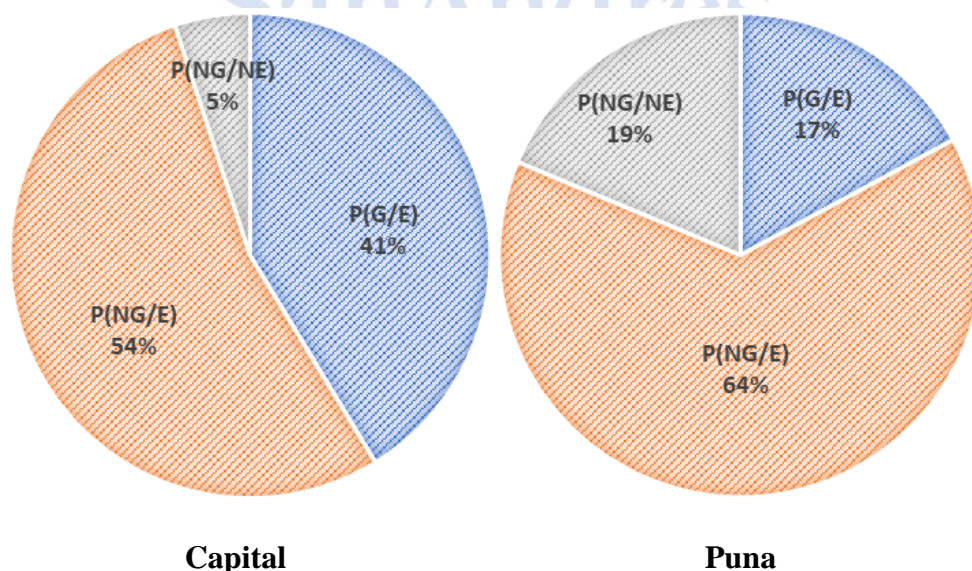


Figura 7. Porcentaje de habitantes según su tipo de acceso a la red de gas natural y electricidad en 2019 para las subzonas de Capital y Puna de la provincia de Jujuy.

³ Sistema de Información, Evaluación y Monitoreo de Programas Sociales

ii. Tucumán

La provincia de Tucumán se encuentra en el noroeste de Argentina y está formada por 17 departamentos. Comparada con todas las otras provincias, su superficie es la menor y su densidad poblacional es la mayor. En cuanto a sus temperaturas, en la capital, la mínima en invierno puede llegar a 0°C y la máxima en verano ronda los 40°C. Por su parte, Tafí del Valle es conocido por su atractivo turístico debido a que es el único departamento en el que nieva en todos los inviernos. No obstante, respecto a la provincia en general, su temperatura máxima anual promedio es de 25°C y la mínima de 13°C.

A partir del censo realizado en 2010, el INDEC estima que en 2019 la población de Tucumán era igual a 1.674.622 habitantes. Los cuales están distribuidos en 428.633 viviendas según el Precenso de Viviendas realizado por INDEC en 2019-2020. En base a esto, la cantidad promedio de personas que vivían en un mismo hogar era de 3,9 en 2019.

En la Figura 8 se puede observar la distribución de la población tucumana según las categorías de usuarios descritas en la sección anterior, en función de si tenían acceso o no al servicio de gas y electricidad en red en 2019. En términos porcentuales y agregados, un 48% de las personas tiene acceso al gas y electricidad de red, y otro 48% solo a la electricidad. El 4% restante no cuenta con este tipo de servicios en su hogar. Además, a nivel departamental, cabe aclarar que la Capital, Yerba Buena y Tafí Viejo son los departamentos con mayor acceso a estos dos servicios. Mientras que, en Tafí del Valle, Graneros y Burruyacú la red de gas no está construida.

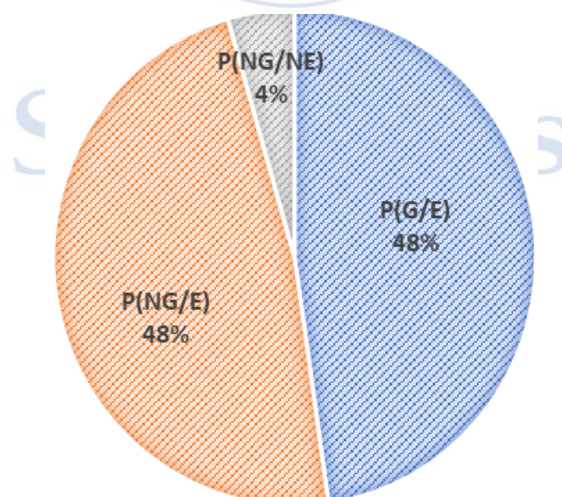


Figura 8. Cantidad de habitantes en Tucumán según su tipo de acceso a la red de gas natural y electricidad en 2019. Elaboración propia en base a datos de ENARGAS y EDET.

c. Análisis de la factura de gas: Jujuy y Tucumán

Como se muestra en la Figura 9, el consumo de energía utilizado en Agua Caliente Sanitaria (ACS) para uso doméstico compone el segundo consumo significativo (18%) en el sector residencial después del consumo en calefacción (Iannelli et al, 2017; Ürges-Vorsatz et al, 2012), siendo el primero en los sectores de bajos recursos (Iannelli y Gil,

2019). Es por esa razón que este trabajo se enfoca únicamente en este sector, basando el análisis y las futuras propuestas en el consumidor residencial.

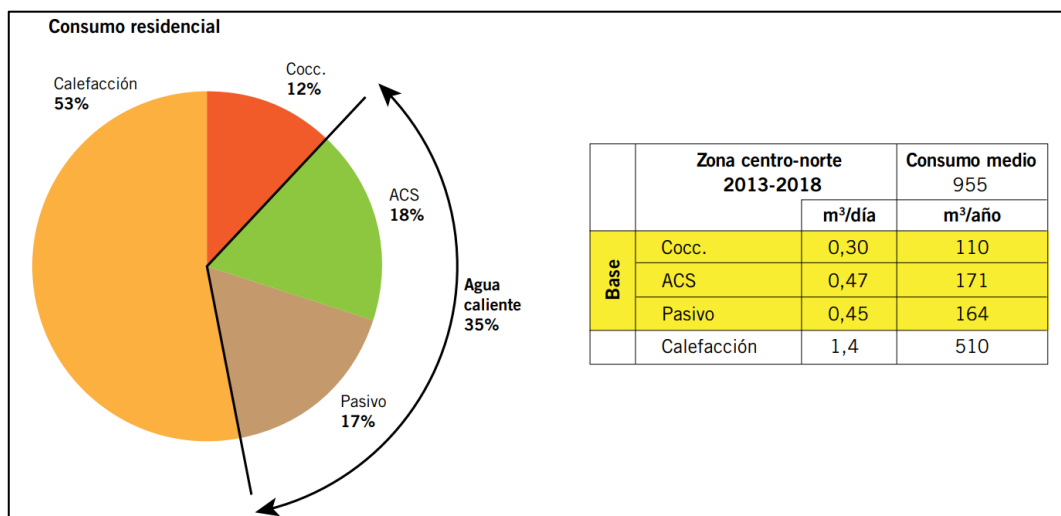


Figura 9. Consumo residencial de gas natural según el tipo de consumo.

Fuente: Iannelli et al (2017)

En Argentina es ENARGAS el Ente Nacional Regulador del Gas, encargado de la repartición de licencias de servicio para la distribución de gas natural por redes, y de establecer las bases para el cálculo de las tarifas, entre otros objetivos. GASNOR S.A tiene licencia en el norte del país. Comprende así a las provincias de Jujuy, Salta, Tucumán y Santiago del Estero.

Para realizar el análisis que presenta este trabajo, se consultaron ambas entidades, es decir, tanto ENARGAS como GASNOR. Los datos consultados y analizados fueron los siguientes:

- Cantidad de clientes activos
- Categoría
- Cargos Fijos
- Cargos Variables
- Impuestos
- Otros cargos de la tarifa desagregados

i. Categorías de usuarios residenciales

Tomando como punto de partida leyes nacionales y resoluciones acordadas entre GASNOR S.A., empresa prestadora del servicio, y ENARGAS, Ente Nacional Regulador del Gas., se desarrollan a continuación los conceptos que componen la factura del consumo de gas natural a nivel residencial.

Según la Resolución ENARGAS 409/08, con las modificaciones de la Resolución 4343/17 cada usuario califica en una categoría determinada teniendo en cuenta su

consumo durante la facturación del mes corriente y los once meses anteriores a esa facturación. Es decir, el criterio se basa en el consumo de metros cúbicos de gas del último año móvil. Las categorías definidas en el cuadro tarifario se muestran en la Tabla 4 para cada provincia:

Categoría	Tucumán	Jujuy
R1	Menos de 400 m ³ año	Menos de 700 m ³ año
R2-1	De 401 a 500 m ³ año	De 701 a 800 m ³ año
R2-2	De 501 a 600 m ³ año	De 801 a 900 m ³ año
R2-3	De 601 a 700 m ³ año	De 901 a 1000 m ³ año
R3-1	De 701 a 900 m ³ año	De 1001 a 1200 m ³ año
R3-2	De 901 a 1050 m ³ año	De 1201 a 1400 m ³ año
R3-3	De 1051 a 1300 m ³ año	De 1401 a 1650 m ³ año
R3-4	Más de 1301 m ³ año	Más de 1651 m ³ año

Tabla 4. Categorías de usuarios residenciales según GASNOR S.A.

ii. Descripción conceptos facturados

La factura de gas de cada usuario se compone de varios conceptos. En primer lugar, el *Cargo Fijo* (CF_g) es un cargo que cobra la empresa para cubrir los costos fijos incurridos en la prestación del servicio. En segundo lugar, el *Valor Gas* (VG) es la tarifa dependiente del nivel de consumo del usuario. Es decir, aquel cargo determinado por el total de metros cúbicos consumidos en el periodo de facturación como muestra la ecuación 1:

$$VG = \#m^3 * p \quad (1)$$

Donde $\#m^3$ es la cantidad de metros cúbicos de gas consumidos en el mes o bimestre (según el periodo de facturación de cada cliente) y p es el precio del gas, promedio ponderado del gas pagado a los productores.

Luego, se define el *Costo Total Antes de Impuestos* (CT_g) como la suma del Cargo Fijo y el Valor Gas de acuerdo con la ecuación 2:

$$CT_g \equiv CF_g + VG \quad (2)$$

Luego se describe el valor de *Ingresos Brutos Transportista* (IBT), que es un impuesto que originalmente se cobra a la empresa transportadora de gas sobre sus ingresos brutos pero que por la Resolución Enargas 658/98 este importe se termina trasladando al consumidor final de gas. El valor del IBT se calcula de acuerdo a la ecuación 3:

$$IBT = \frac{1}{FC} \sum_i c_i \#m^3 p_i^T \left(\frac{\tau^T}{1 - \tau^T} \right) \quad (3)$$

Donde c_i es la ponderación que corresponde a la cuenca i utilizada, p_i^T es el costo de transporte desde la cuenca i por metro cúbico, τ es la alícuota del impuesto sobre los ingresos brutos por transportar gas en cada provincia y FC es el factor de carga incluido en la tarifa para el tipo de servicio en cuestión. En este trabajo, $FC = 1$ porque corresponde a los consumidores residenciales según las resoluciones que acata GASNOR S.A. (por ejemplo, Resolución ENARGAS 713/2019) y $c_i = 1$, con un único i , que representa a la cuenca Noroeste con un 100% de ponderación. Entonces la ecuación se simplifica tal como muestra la ecuación 4:

$$IBT = \#m^3 p^T \left(\frac{\tau^T}{1 - \tau^T} \right) \quad (4)$$

En particular, para Tucumán y Jujuy, $\tau^T = 0,02$ para el período analizado.

Seguidamente, se encuentra *Ingresos Brutos Distribuidora (IBD)* que es el impuesto que en este caso Gasnor S.A. traslada al usuario final por sus ingresos brutos. Según la Resolución Enargas 658/98 el importe que paga cada usuario se calcula de acuerdo a la ecuación 5:

$$IBD = (CT_g + IBT) \left(\frac{\tau^D}{1 - \tau^D} \right) \quad (5)$$

Donde τ^D es la alícuota del impuesto de ingresos brutos por distribución de gas. Para Jujuy $\tau^D = 0,035$ y para Tucumán es igual a $0,0375$.

Adicionalmente, está el *Impuesto Ley N.º 25.413 (IDC_g)*, que consiste en un cargo que traslada la empresa distribuidora, a los usuarios, derivado del Impuesto a los Créditos y Débitos en cuenta corriente. El cómputo de este impuesto para cada usuario se rige por la Resolución ENARGAS 2783/03 y está dado por la ecuación 6:

$$IDC_g = ITD * A * C^A + IT * C^U \quad (6)$$

Donde ITD es el impuesto total que paga la distribuidora en concepto de débitos y créditos, A es la alícuota correspondiente al porcentaje (%) de la parte proporcional no computable como crédito a cuenta de otros impuestos, por ejemplo, impuesto a las ganancias, C^A es el coeficiente representativo de la actividad regulada, IT es el impuesto total que paga la transportista y C^U es el coeficiente de participación relativa del usuario sobre el consumo total.

Cabe aclarar que a partir del año 2017 según la Ley de Impuestos N.º 27.432 la recaudación completa de este impuesto se destina finalmente a la Administración Nacional de la Seguridad Social (ANSES). Es decir, este impuesto no afecta directamente la recaudación de las provincias. Por ello, sumado a la dificultad de conseguir el valor real de cada variable, a pesar del persistente intento de obtener la información con

GASNOR S.A. y ENARGAS, este trabajo omite el cálculo de IDC_g , ya que se propone estudiar el impacto en la recaudación únicamente provincial.

Adicionalmente, el *Imp. S/IBB S/Gas Retenido de transporte (IBGR)* es el tributo que pagan los usuarios en concepto del traslado del impuesto a los ingresos brutos por el gas retenido que se le cobra originalmente a la empresa transportista. Esta se lo traslada a la distribuidora, y esta última lo recupera cobrándole al usuario. El gas retenido, según la página web de GASNOR S.A, es entendido como “parte del gas que se inyecta en el sistema de gasoductos [y] se consume como combustible de los compresores que intervienen en el transporte del fluido desde los yacimientos”.

La Resolución ENARGAS 4465/17 en su anexo 1 define el cálculo de este impuesto conforme a lo indicado en la ecuación 7:

$$IBGR_{i,t} = IBGRT_{i,t} * \frac{\#m_{i,t}^3}{\sum \#m_{i,t}^3} \quad (7)$$

Donde i es la subzona, t es el mes, $\sum \#m_{i,t}^3$ es la “sumatoria de los metros cúbicos efectivamente facturados por la Distribuidora a los usuarios de la correspondiente Subzona y mes” (p. 3), $IBGRT_{i,t}$ es la sumatoria del impuesto al gas retenido a pagar por la Transportista “para cada ruta de transporte cuyo punto de entrega se encuentre en la correspondiente subzona para el mes de prestación del servicio de transporte” (p. 4).

Este impuesto tampoco será calculado en este trabajo debido a que luego de haber consultado a GASNOR S.A no se obtuvo respuesta sobre el valor de cada variable y además el importe de este impuesto dentro de la factura de cada usuario es, relativamente, insignificante al resto que se abona. Más aún, según la Resolución 4456/2017 de ENARGAS, el pago y liquidación final de este impuesto debe hacerlo la empresa transportista a la provincia en la que se carga el gas transportado en algún PIST, y estos PIST se encuentran distribuidos en diversas jurisdicciones de Salta y Jujuy, con distintos niveles de volúmenes de metros cúbicos de gas ofrecidos en cada una. Por lo tanto, tampoco resulta sencillo calcular cuánto de este impuesto le correspondería a cada provincia sin el acceso a los datos de la empresa transportadora.

Seguidamente, el *Impuesto al Valor Agregado (IVA_g)* es un impuesto nacional que se grava con una alícuota del 21% sobre todos los conceptos mencionados anteriormente y de acuerdo a la ecuación 8:

$$IVA_g = 0,21 * (CT_g + IBT + IBD + IDC_g + IBGR) \quad (8)$$

Es importante tener en cuenta que este impuesto a pesar de ser nacional, luego es parcialmente devuelto a las provincias a través de la Coparticipación Federal de Impuestos. Un 11% de la recaudación total en el país corresponde ser destinado al ANSES y el 89% restante se distribuye entre Nación y provincias según la Ley 23.966, art. 5to. punto 2. Una vez determinada la masa coparticipable total, en particular, a Jujuy le

corresponde el 2,8% y a Tucumán 4,6% según la Ley 23.548 de Coparticipación Federal de Impuestos y sus modificatorias.

Adicionalmente, el *Tributo Municipal (TM)* es un tributo establecido en las Ordenanzas Municipales que grava el consumo de gas natural por redes. Las tasas (τ^{TM}) varían desde 0% hasta 10% dependiendo de cada municipio y tiene la misma base imponible que el IVA como se muestra en la ecuación 9.

$$TM_g = \tau^{TM}(CT_g + IBT + IBD + IDC_g + IBGR) \quad (9)$$

Por último, el *Fdo. Fiduciario Art. 75 Ley 25.565 (FF)* es un cargo que aparece típicamente al final de la factura y se transfiere a un Fondo Fiduciario con el objetivo de subsidiar el consumo de gas por red y en garrafas a los usuarios comprendidos en el régimen de compensación al consumo residencial de gas para la Región Patagónica, Departamento Malargüe de la provincia de Mendoza y Región de la Puna, con un descuento de un cincuenta por ciento (50%) del valor de los cuadros tarifarios totales correspondientes a cada categoría de usuarios y subzona tarifaria. El artículo 9 del Decreto 786/2002 estableció que este costo adicional será trasladado a los usuarios de modo que la empresa no se vea afectada por ganancias ni pérdidas derivadas de su aplicación. En rigor, según la Resolución 312/2019 de Secretaría de Gobierno de Energía el monto en pesos que paga cada consumidor para este aporte es equivalente al 4,46% sobre el precio de gas natural en el PIST, por cada metro cúbico (m³) de 9.300 kilocalorías (kcal) que ingrese al sistema de ductos en el territorio nacional como se muestra en la ecuación 10:

$$FF = 0,046 * PIST(\$/m^3) * \#m^3 \quad (10)$$

En resumen, así como lo muestra la ecuación 11, lo que termina pagando el usuario (FT_g) es la sumatoria de:

- el costo total del gas (cargo fijo y variable)
- ingresos brutos transportista (IBT)
- ingresos brutos distribuidora (IBD)
- impuesto a los débitos y créditos (IDC_g)
- impuesto sobre el gas retenido (IBGR)
- impuesto al valor agregado (IVA_g)
- el tributo municipal (TM_g)
- aporte al fondo fiduciario según la Ley N.º 25.565 (FF)

$$FT_g = CT_g + IBT + IBD + IDC_g + IBGR + IVA_g + TM_g + FF \quad (11)$$

Finalmente, en la Tabla 5 se muestra el porcentaje de la recaudación de cada tipo de impuesto que es destinado a cada provincia.

IBT	IBD	IDC _g	IBGR	IVA _g	TM _g	FF
100%	100%	0%	NA	2,5% Jujuy 4,1% Tucumán	100%	0%

Tabla 5. Porcentaje de la recaudación dirigida para cada provincia según el tipo de impuesto. Fuente: Elaboración propia.

iii. Determinación del costo total de gas para el usuario

Para calcular el costo del consumo de gas para el usuario residencial se construyó una base de datos a partir de las distintas resoluciones de ENARGAS en su página web. Estos datos estaban originalmente en moneda nacional pero dado el contexto inflacionario del país, resulta conveniente convertir los precios a dólares corrientes, tomando el tipo de cambio nominal oficial minorista promedio de cada mes provisto por el BCRA. Con esto se obtiene una visión de cómo fueron cambiando los precios con menor distorsión inflacionaria.

En la Figura 10 se muestra como fueron cayendo los precios de los costos fijos medidos en dólares en las provincias para cada categoría desde enero de 2019 hasta enero del 2021. Este gráfico revela como se atrasó este costo en dólares en los últimos meses.

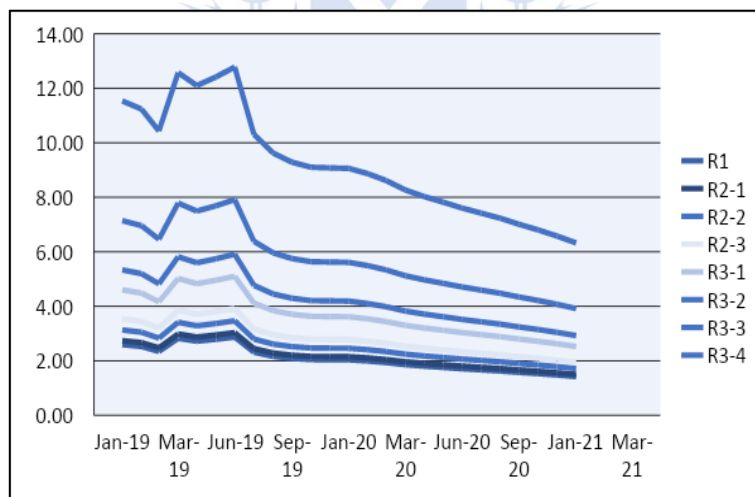


Figura 10. Costo Fijo por categoría en dólares. Promedio ponderado entre provincias.

Si siguiendo esta línea, también se puede exponer que los precios por metro cúbico consumidos cayeron en dólares a partir de la Figura 11.

Con los costos fijos y los variables del consumo de gas natural, la cantidad de usuarios y metros cúbicos consumidos por categoría, se calculó el costo total neto que pagan los usuarios por categoría y consecuentemente lo que recauda la provincia por ese consumo. Posteriormente aplicando las ecuaciones 1 a 11, se computó cada concepto que aparece en la factura de gas (FT_g), (con excepción del impuesto a los débitos y créditos (ecuación 6) y el impuesto de ingresos brutos por el gas retenido (ecuación 7) por las razones ya explicadas).

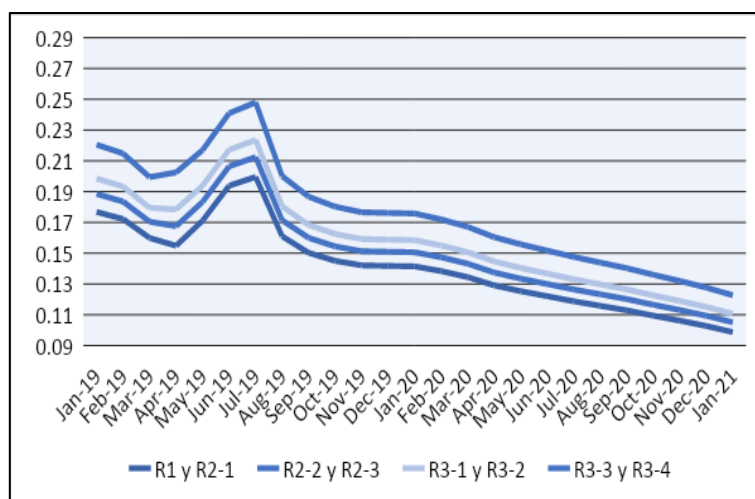


Figura 11. Cargo por metro cúbico consumido por categoría en dólares. Promedio ponderado entre provincias.

La información provista por ENARGAS y GASNOR en sus distintas versiones, no incluye un desglose a nivel municipal del número de usuarios por categoría tarifaria. Por este motivo, no fue posible discriminar por esta categoría para calcular el tributo municipal de la ecuación 9 rigurosamente. Sin embargo, mediante entrevista personal con personal de GASNOR y ENARGAS fue posible estimar un promedio total de tasa municipal (τ^{TM}) ponderada por la cantidad de metros cúbicos consumidos por municipios para cada mes y categoría. El promedio de cada una de estas tasas para Tucumán a lo largo del tiempo analizado es de un 3,01%. Por otro lado, para Jujuy, al estar separado en Jujuy y Puna, se tomó la tasa original del 10% para el primero y 0% para el segundo.

iv. Análisis de estática comparada ante una reducción en el consumo para el usuario.

La siguiente sección, explica los supuestos que se hicieron para calcular cuánto ahorraría el usuario promedio por cada categoría si invirtiera en un equipo solar térmico para calentar agua que se acopla a un sistema de apoyo a gas natural.

En primer lugar, por el trabajo de Iannelli, Prieto y Gil (2017) se sabe que más del 50% del consumo de gas natural anual en las residencias es utilizado para la calefacción y el otro 50% es utilizado para calentar agua y cocción. La manera de separar estos consumos se hace a partir de los consumos de verano, meses de enero, febrero y diciembre, que van a establecer el consumo base derivado de la leve dependencia con la temperatura. Luego se sustrae este consumo del total y se identifica el consumo de la calefacción.

En particular, el agua que se utiliza para tomar baños y duchas se supone que representa un 66% del último 50% mencionado. Es decir, que el calentamiento de agua sanitaria en las residencias con gas en red representa aproximadamente un 33% del total de consumo de gas natural. Por otra parte, los fabricantes de calentadores de agua en base a energía solar térmica estiman que sus equipos ahorran entre un 70% y 80% en consumo de energía convencional.

Dado esto, se calculó el ahorro que tendría un usuario promedio en cada categoría y en cada provincia si adquiriera uno de estos equipos. Entonces, el usuario estaría ahorrando un 23,1% del total de consumo de gas (equivalente al 70% del consumo de gas destinado a agua caliente sanitaria), dado por la ecuación 12, donde $A_g^{\%}$ es el ahorro porcentual del total de consumo de gas anual producido por el uso de un sistema solar térmico. Cabe aclarar que, con la implementación de un equipo solar térmico, algunos usuarios podrían bajar su categoría de facturación. Por lo tanto, tendrán un ahorro en costo fijo además del ahorro en costo variable. Para no hacer supuestos a favor de la hipótesis planteada y simplificar el análisis de los resultados finales, este trabajo supone que todos los usuarios permanecen en la misma categoría.

$$A_g^{\%} = 0,5 * 0,66 * 0,7 = 0,231 \quad (12)$$

A partir de la cantidad de metros cúbicos consumidos por mes de cada categoría y la cantidad total de usuarios por categoría, se calculó el consumo mensual de gas en metros cúbicos de un usuario promedio en cada categoría. Luego se sumaron los 12 meses y se obtuvo la cantidad de metros cúbicos consumidos en el año por usuario, variable llamada anteriormente como $\#m^3$ en la ecuación 1. A partir de este número, se computó el ahorro en dólares en valores corrientes en el año 2019 que tendría el usuario promedio en cada categoría, teniendo en cuenta las variaciones en el costo variable y en cada uno de los impuestos analizados según lo muestran las ecuaciones 13 y 14:

$$A_g \equiv \Delta FT_g \quad (13)$$

$$\Delta CT_g = \Delta VG \equiv A_g^{\%} VG \quad (14)$$

Donde Δ representa la variación después de instalar el equipo solar térmico (es decir, $\Delta x \equiv x_t - x_{t+1}$, t representa el momento en que el usuario no tiene el equipo solar y $t + 1$ el momento en que ya lo tiene funcionando) y A_g es el ahorro en dólares durante un año. En rigor, la ecuación 14 se obtiene utilizando también la definición de CT de la ecuación 2 y el supuesto de que $\Delta CF = 0$. Dadas las ecuaciones de 1 a 11, claro está que ΔFT_g es una función de ΔVG , por eso se definió esta última variación como un porcentaje del valor del gas consumido.

Con el fin de determinar si la inversión en un equipo de ACS se trata de un proyecto rentable en términos económicos para el usuario, se decidió realizar una proyección de los flujos de fondos, donde se consideró el costo como la inversión inicial y el ahorro potencial como los ingresos. Para realizar la proyección se utilizó una tasa de ajuste sobre el precio del gas considerando los aumentos en USD por MMBTU (millón de *British thermal unit*) de los últimos 4 años. Según las publicaciones de ENARGAS, se obtuvo un incremento anual promedio de 7,34% desde 2016 a 2019. Es decir, el ahorro en dólares del año t (A_g^t) va aumentando su valor conforme avanzan los años según la ecuación 15:

$$A_g^t = A_g (1 + 0,0734)^t \text{ con } t = 1, \dots, 15 \quad (15)$$

Una vez proyectados los flujos se evaluó la rentabilidad del proyecto realizando un cuadro VAN (valor actual neto), el cual es útil para determinar la mejor opción dentro de un proyecto, basándose en diferentes proyecciones de flujos de ingresos y egresos. Se utiliza una tasa libre de riesgo en dólares (equivalente al rendimiento de un bono del tesoro estadounidense a 10 años). Es decir que un proyecto en este trabajo se considerará *rentable o beneficioso financieramente* cuando el VAN sea mayor a cero. Si el VAN del proyecto es igual a cero, el inversor está indiferente entre invertir en el proyecto termo-solar o en el activo libre de riesgo. Por lo tanto, el valor presente de la inversión se calcula según la ecuación 16:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{V_t}{(1 + TIR)^t} - I \quad (16)$$

Donde V_t representa los flujos de caja en cada período t ; I es el valor del desembolso inicial de la inversión; n es el número de períodos considerados y TIR es la tasa interna de retorno (se asume 1.5%, esta es también la tasa libre de riesgo). De esta manera el cálculo para el caso del gas del usuario queda según la ecuación 17:

$$VAN_g^U = \sum_{t=1}^{15} \frac{A_g^t}{(1 + 0,015)^t} - \text{Costo del equipo (U\$S)} \quad (17)$$

v. Análisis de estática comparada ante una reducción en el consumo para la provincia.

Por su parte, cada provincia obtendrá *ingresos (IP)* en la recaudación por la venta e instalación de los equipos solares térmicos en el período inicial tanto si el usuario es del tipo P(G/E) o P(NG/E). Luego, dejará de obtener un porcentaje de sus ingresos por los impuestos que son una función del consumo de gas natural o la electricidad que los usuarios estarían ahorrando a lo largo de los 15 años de vida útil estimada de los equipos. Estos egresos serán denominados “*ingresos no percibidos del gas*”.

Los ingresos provinciales percibidos se calculan según las ecuaciones 18, 19 y 20. Donde IVA^E es el IVA que obtiene la provincia luego de que el usuario compra el equipo solar térmico y de que el Estado Nacional devuelve este impuesto a cada provincia a través de la coparticipación. En este trabajo se supone que esta devolución sucede en el período cero por simplicidad. Además, C_{ES} es el costo del equipo solar antes de impuestos incluyendo la instalación que se define igual a USD 1.500, τ_i es la proporción de la coparticipación que le corresponde a la provincia i , IB es el impuesto a los ingresos brutos que paga la empresa distribuidora e instaladora del equipo solar y τ_{ES} es la alícuota de dicho impuesto. El dato observado en las leyes impositivas para Tucumán es de $\tau_{ES} = 0,05$ y para Jujuy $\tau_{ES} = 0,03$.

$$IP = IVA^E + IB \quad (18)$$

$$IVA^E = C_{ES} * 0,21 * 0,89 * \tau_i \quad (19)$$

$$IB = C_{ES} * \tau_{ES} \quad (20)$$

Ahora bien, los ingresos no percibidos del gas en un año (INP_g) surgen del ahorro del consumo de gas ahorrados durante un año y se muestran matemáticamente en la ecuación 21. Recordar que Δ representa la variación que surge luego de instalar el equipo solar y que las cuatro variables mostradas que acompañan a Δ son una función de ΔCT_g según las ecuaciones 4, 5, 8, 9 y 14.

$$INP_g = \Delta IBT + \Delta IBD + 0,89 * \Delta IVA_g * \tau_i + \Delta TM_g \quad (21)$$

De esta forma se obtienen los INP_g para cada categoría para el primer año de los 15 totales que se supone que estará funcionando el equipo solar. Así como se realizó con el ahorro del usuario, se supone que el precio del gas natural aumentará 7,34% por año. Es así que se definen los ingresos no percibidos del gas para el año t (INP_g^t) según la ecuación 22:

$$INP_g^t = INP_g (1 + 0,0734)^t \text{ con } t = 1, \dots, 15 \quad (22)$$

Finalmente, se realiza un cálculo del VAN para los ingresos y egresos de la provincia aplicando la ecuación 23 de manera análoga a lo que se realizó con los usuarios. La diferencia radica en que en la situación inicial la provincia tiene un ingreso inicial positivo y luego va obteniendo pérdidas que deben ser descontadas a lo largo del tiempo. Mientras que con el usuario sucede lo contrario, primero tiene un egreso porque tiene que comprar el equipo solar y luego obtiene ingresos por el ahorro en su factura de gas.

$$VAN_g^P = IP - \sum_{t=1}^{15} \frac{INP_g^t}{(1 + 0,015)^t} \quad (23)$$

d. Análisis de factura de electricidad de Tucumán

La sociedad anónima denominada como Empresa de Distribución Eléctrica de Tucumán (EDET S.A), es la encargada de distribuir y comercializar la energía eléctrica dentro de la provincia desde el año 1995. Este servicio es brindado a más de 1,6 millones de tucumanos, que equivalen a más de 530.000 usuarios. Suministra más de 2.700 GWh al año y está dividida en 5 administraciones ubicadas en San Miguel de Tucumán, Banda de Río Salí, Monteros, Tafí Viejo y Concepción. A su vez, el Ente Único de Control y Regulación de los Servicios Públicos Provinciales de Tucumán (ERSEPT) es el organismo encargado de controlar y regular a EDET S.A.

i. Categorías de usuarios residenciales y descripción de conceptos facturados

Según las Resoluciones ERSEPT 529, 819 y 836 del año 2019 y la 421 del 2020 el cargo fijo sin derecho a consumo (CF_e) y el cargo variable por consumo (CV_e) son una función del nivel del consumo bimestral del usuario. Es decir que las categorías de cada usuario pueden variar entre bimestres. Distinto a lo que sucede en el caso del gas que la categoría

se determina en función del consumo de los últimos doce meses. El cargo variable se factura por bloque de energía. Es decir, el primer bloque de kWh tiene un precio determinado y el siguiente bloque de kWh tiene un precio más alto. La siguiente correspondencia (ecuación 24) explica matemáticamente el cálculo dependiendo de cuántos kWh consuma el usuario en el bimestre:

$$CV_e = \begin{cases} (\text{kWh})p_1, & \text{si } 0 \leq \text{kWh} \leq 200 \\ 200p_1 + [\text{kWh} - 200]p_2, & \text{si } 200 < \text{kWh} \leq 300 \\ 200p_1 + 100p_2 + [\text{kWh} - 300]p_3, & \text{si } 300 < \text{kWh} \leq 600 \\ 200p_1 + 100p_2 + 300p_3 + [\text{kWh} - 600]p_4, & \text{si } 600 < \text{kWh} \leq 900 \\ 200p_1 + 100p_2 + 300(p_3 + p_4) + [\text{kWh} - 900]p_5, & \text{si } \text{kWh} > 900 \end{cases} \quad (24)$$

Siendo p_i el precio por kWh del bloque de energía $i = 1,2,3,4,5$.

En la Tabla 6 se muestran los precios en moneda local aplicados en tarifas para usuarios residenciales dispuestos en la Resolución 421/2020 del ERSEPT según la cantidad de consumo bimestral a modo de ejemplo.

Dentro de la factura existen valores destinados a *Inversiones Obligatorias de Distribución (IOD)*. Como se muestra en la cuarta columna de la Tabla 6, se cobra de la misma forma que el cargo por consumo, es decir, por bloque de energía.

kWh/bim consumidos	Cargo Fijo por bimestre	p_i	Inversión en Distribución
Menos de 200	113,98	3,3456/ kWh	0,1224/ kWh
Entre 201 y 300	222,54	3,5134/ kWh	0,1599/ kWh
Entre 301 y 600	273,20	4,2537/ kWh	0,3254/ kWh
Entre 601 y 900	361,85	4,4215/ kWh	0,3629/ kWh
Más de 900	470,41	4,7472/ kWh	0,4357/ kWh

Tabla 6. Categorías de usuarios residenciales según Resolución ERSEPT 421/2020

Adicionalmente, el *Recargo por Bajo Factor de Potencia (RBFP)* es un cargo adicional que se cobra a los usuarios que tienen un índice de factor de potencia menor a 0,92. Esto quiere decir que, si el índice es igual a 0,80, entonces se está desaprovechando el 20% de la energía recibida debido a la existencia de artefactos con exceso de consumo de energía reactiva.

Seguidamente, el *Aporte TIS-Res N°481/2017 (TIS)* es un cargo fijo que se les cobra a los usuarios del Mercado Concentrado (esto es, usuarios que viven en zonas urbanas cercanas a la capital de la provincia) para subsidiar a usuarios residenciales del Mercado Rural Disperso de categorías más bajas. Este cargo se incrementa conforme aumenta el bloque de energía más alto que se le facturó al usuario. En particular, si los usuarios consumieron el primer, el segundo, el tercero, el cuarto o el quinto bloque se les cobrarán 0.6; 1.2; 2.4; 4.8 o 7 pesos respectivamente cada bimestre.

Luego, los *Recargos Punitivos (RP)* son los intereses que cobra EDET S.A. a los usuarios por pagar fuera de término la factura. Se calculan según la ecuación 25 para ser cobrados en la factura del mes siguiente.

$$RP = \tau_{RP}(CF_e + CV_e + IOD + RBFP + TIS) \quad (25)$$

Donde τ_{RP} toma el valor de 1,5%, 3% o 5% si se paga la factura hasta 10, 20 o 30 días después del vencimiento respectivamente.

La Tasa de Inspección y Control (*TIC – Ley 6608*) la cobra EDET S.A. a los usuarios para luego transferirla al ERSEPT. La tasa es de 1,5% sobre el cargo por energía más los otros conceptos que sean considerados como gravables según el Art. 63 de la Ley Provincial N.º 6608, según la ecuación 26.

$$TIC = 0,015(CF_e + CV_e + IOD + RBFP + TIS + RP) \quad (26)$$

Seguidamente está el *Impuesto Ley N.º 25.413 (IDC_e)*. El mismo que cobra Gasnor S.A. pero de diferente manera ya que EDET no lo interpreta como base imponible de otros impuestos. Por lo tanto, su forma de calcular es más sencilla como se ve en la ecuación 27:

$$IDC_e = \tau_{IDC}(CF_e + CV_e + IOD + RBFP + TIS + RP) \quad (27)$$

Donde τ_{IDC} fue estimado con un valor de 0,01087. Esta estimación fue en base a los datos encontrados en 12 facturas de luz recopiladas de 4 usuarios distintos, con distintos bloques de energía consumidos cada uno. El valor mínimo de la muestra es de 0,01068, el máximo de 0,01097, el promedio igual a 0,01084, la mediana igual a 0,01087 y el coeficiente estimado ($\widehat{\tau}_{IDC}$) luego de realizar una regresión lineal por el método de mínimos cuadrados ordinarios sin intercepto da igual a la mediana. También fue consultado a trabajadores de atención al cliente de EDET y su respuesta fue que la estimación es acertada.

Así como en la factura de gas, tenemos al IVA calculado según la ecuación 28:

$$IVA_e = 0,21(CF_e + CV_e + IOD + RBFP + TIS + RP) \quad (28)$$

Por último, está la *Ordenanza Municipal (OM)* que según EDET S.A se cobra de la siguiente manera dentro del área metropolitana de San Miguel de Tucumán:

$$OM = 0,15(CF_e + CV_e + IOD + RBFP + TIS + RP) \quad (29)$$

Sumando todos los cargos, se obtiene el *Total de la Factura en Tucumán (FT_e^T)* que abona el usuario y que se describe en la ecuación 30:

$$FT_e^T = CF_e + CV_e + IOD + RBFP + RP + TIS + TIC + IDC_e + IVA_e + OM \quad (30)$$

Finalmente, en la Tabla 7 se muestra el porcentaje de la recaudación de cada tipo de impuesto que es destinado a Tucumán.

<i>TIS</i>	<i>TIC</i>	<i>IDC_e</i>	<i>IVA_e</i>	<i>OM</i>
100%	100%	0%	4,1%	100%

Tabla 7. Porcentaje de la recaudación dirigida para Tucumán según el tipo de impuesto.
Fuente: Elaboración propia en base a información de EDET S.A.

ii. Datos y determinación del costo total para el usuario

La distribuidora del servicio de energía eléctrica de Tucumán solo brindó datos agregados para todos los usuarios residenciales del área metropolitana por cada mes, desde enero de 2019 hasta diciembre de 2020. Específicamente, se obtuvo la cantidad de kWh, la cantidad de usuarios, el total a pagar por la energía ($CF_e + CV_e$) y el total a pagar incluido los impuestos (FT_e^T). Todo esto discriminado por el tipo de facturación: bimestral o mensual. A partir de aquí, se calcula el costo total por kWh con la ecuación 31:

$$\frac{CT_e}{kWh} = \frac{(CF_e + CV_e)}{kWh} = \frac{(1 - \alpha)CT_e}{kWh} + \frac{\alpha CT_e}{kWh} \quad (31)$$

Es claro que este costo tiene dos componentes: el cargo fijo y el cargo por consumo. A los fines de simplificar las estimaciones y evitar la variabilidad en el cargo fijo y en el cargo variable ya explicadas anteriormente, en este trabajo se asume que el 90% ($\alpha = 0,90$) del costo total corresponde al cargo por consumo variable y el 10% restante al cargo fijo. Con esto se estiman los costos variables y costos fijos para un usuario promedio para cada mes con facturación bimestral y mensual. Se podría argumentar que el valor de α varía en cada mes, sin embargo, se realizó este supuesto para simplificar el análisis y también para respetar los límites superiores e inferiores de los cargos expuestos en las Resoluciones ERSEPT según la categoría más baja y alta. Los resultados de las estimaciones del CF_e y del CV_e por kWh se muestran en las Figuras 12, 13, 14 y 15.

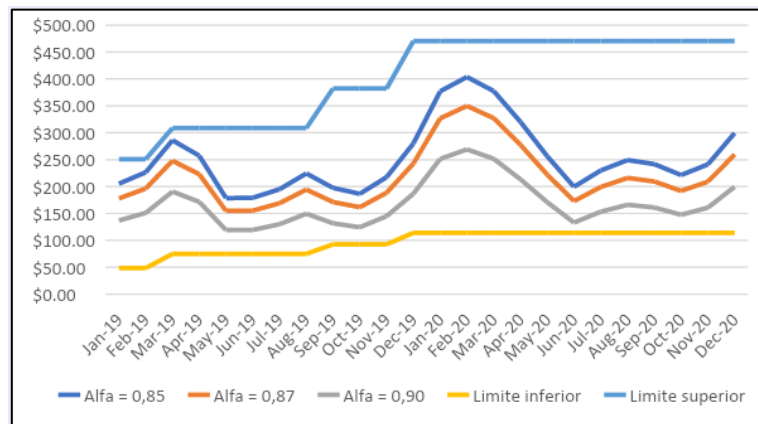


Figura 12. Estimación del CF para usuarios bimestrales de electricidad.

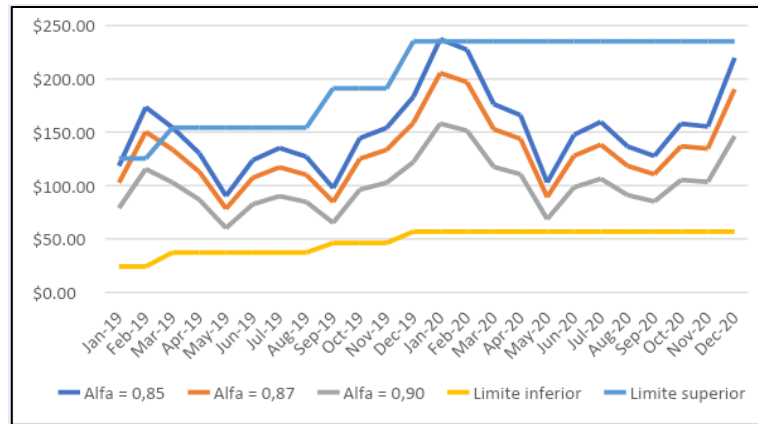


Figura 13. Estimación del CF para usuarios mensuales de electricidad.

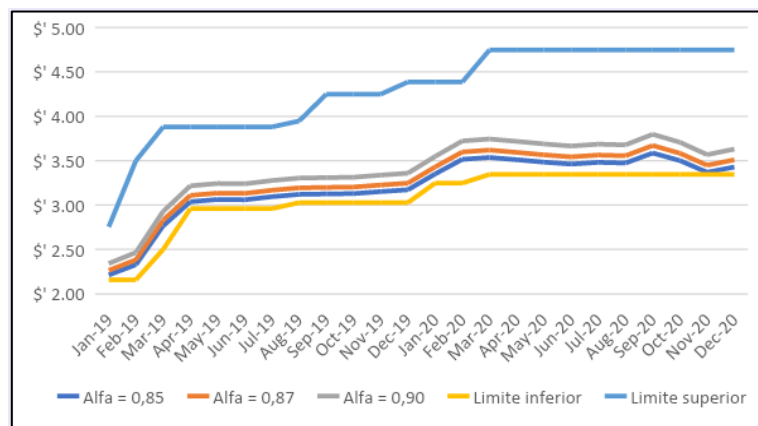


Figura 14. Estimación del CV por kWh para usuarios bimestrales de electricidad.

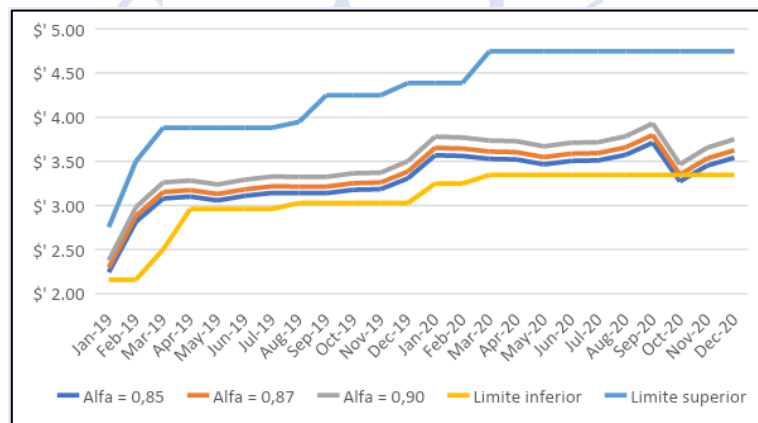


Figura 15. Estimación del CV por kWh para usuarios mensuales de electricidad.

Dadas estas estimaciones se calculan los otros conceptos a partir de las ecuaciones 25 a 31. Luego, estos resultados son transformados a dólares americanos según la cotización del tipo de cambio promedio del mes respectivo.

La Tabla 8 muestra el consumo de energía eléctrica en kWh/bimestre de cada aparato eléctrico de una vivienda tipo según EDET S.A y asumiendo usuarios P(NG/E).

Suponiendo que en la vivienda hay ocho lámparas, un lavarropas, una TV a color, una plancha, una computadora, un ventilador, una heladera con freezer, un horno microondas y un calefón eléctrico, entonces este último representa un 34,19% del consumo total como lo muestra la Figura 16. Esto multiplicado por el 70% de eficiencia brindada por el calentador solar sugiere que el ahorro total en el costo variable de la factura de electricidad en términos porcentuales ($A_e\%$) sería de 24% según la ecuación 32:

$$A_e\% = 0,7 * 0,3419 \approx 0,24 \quad (32)$$

Electrodoméstico	kWh bimestral
8 lámparas	72
Lavarropas	22
TV color	86
Plancha	22
Computadora	54
Ventilador	36
Heladera con frízer	130
Horno microondas	40
Calefón	240
Estufa a cuarzo	180
Aire frío	1.056
Aire frío, calor	1.488

Tabla 8. Consumo en kWh por tipo de electrodoméstico según EDET S.A.

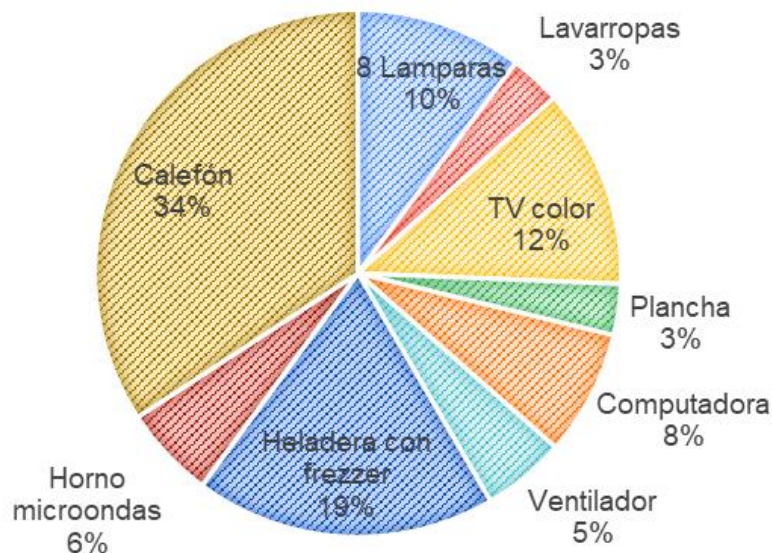


Figura 16. Consumo de kWh por tipo de electrodoméstico según EDET S.A.

Dado $A_e\%$, se calcula el ahorro del usuario eléctrico de forma análoga que los usuarios de gas según las ecuaciones 33 y 34 (que son análogas a la 13 y 14).

$$A_e \equiv \Delta FT_e^i \text{ con } i = \text{Tucumán (T), Jujuy (J)} \quad (33)$$

$$\Delta CV_e \equiv A_e\% CV_e \quad (34)$$

Donde Δ representa la variación después de instalar el equipo solar térmico y A_e es el ahorro en dólares durante un año. Dadas las ecuaciones de la 25 a la 30, claro está que ΔFT_e^i es una función de ΔCV_e y por eso se definió esta variación.

Con el fin de determinar si la inversión en un equipo de ACS se trata de un proyecto rentable en términos económicos para los usuarios del tipo P(NG/E), se decidió realizar una proyección de los flujos de fondos igual que se hizo para los usuarios del tipo P(G/E). Solo que aquí la tasa de ajuste del precio de la electricidad es igual a 9,05%. Número que surge como resultado de calcular el promedio en la variación anual de los precios (transformados en USD) del consumo de kWh en la factura de electricidad de 2016 a 2021. Es decir, el ahorro en dólares del año t (A_e^t) va aumentando su valor conforme avanzan los años según la ecuación 35:

$$A_e^t = A_e (1 + 0,0905)^t \text{ con } t = 1, \dots, 15 \quad (35)$$

Una vez proyectados los flujos evaluamos la rentabilidad del proyecto realizando un cuadro VAN según la ecuación 36:

$$VAN_e^U = \sum_{t=1}^{15} \frac{A_e^t}{(1 + 0,015)^t} - \text{Costo del equipo (USD)} \quad (36)$$

iii. Determinación del costo total para la provincia de Tucumán

Los ingresos no percibidos de la electricidad en un año (INP_e) surgen del ahorro en la factura que obtendrá el usuario por los kWh ahorrados durante un año y se muestran matemáticamente en la ecuación 37. Recordar que Δ representa la variación que surge luego de instalar el equipo solar y que las tres variables mostradas que acompañan a Δ son una función de ΔCV_e según las ecuaciones 26, 28 y 29 respectivamente.

$$INP_e = \Delta TIC + 0,041\Delta IVA_e + \Delta OM \quad (37)$$

Así como se realizó con el ahorro del usuario, se supone que el precio de la electricidad aumentará 9,05% por año. Es así que se definen los ingresos no percibidos de la electricidad para el año t (INP_e^t) según la ecuación 38:

$$INP_e^t = INP_e (1 + 0,0905)^t \text{ con } t = 1, \dots, 15 \quad (38)$$

Finalmente, se realiza un cálculo del VAN para los ingresos y egresos de la provincia aplicando la ecuación 39 de manera análoga a lo que se realizó con los usuarios del tipo P(G/E).

$$VAN_e^P = IP - \sum_{t=1}^{15} \frac{INP_e^t}{(1 + 0,015)^t} \quad (39)$$

e. Análisis de la factura de electricidad de Jujuy

En el caso de la electricidad en la provincia de Jujuy, EJESA tiene la concesión para la distribución, venta y generación aislada de energía eléctrica hace casi 40 años. Cuenta con más de 200 mil usuarios conectados a la red, lo que equivale a más de 700 mil jujeños conectados. La empresa brinda el servicio de energía eléctrica a usuarios que viven en zonas remotas a través del Programa de Pueblos Solares en la Puna jujeña, que combina Centrales de Generación Fotovoltaica con un Sistema de Almacenamiento en Baterías de Ion-Litio.

i. Categorías de usuarios residenciales y descripción de conceptos facturados

En el año 2019 esta empresa contaba con 4 tipos de tarifas para usuarios residenciales de las cuales presentaban algunos beneficios que se describen a continuación.

- Tarifa social (T1-S): se trataba de un subsidio en la tarifa del servicio de energía eléctrica, otorgado por la Superintendencia de Servicios Públicos y Otras Concesiones (SUSEPU), que es un organismo provincial que tiene por principal función la regulación, control y fiscalización de los servicios públicos. En este sentido, esta entidad establece un régimen tarifario que asegura que las tarifas se apliquen de forma justa y razonable para grupos sociales que entren en los parámetros de vulnerabilidad establecidos por ellos. Este tipo de tarifa en su momento abarcaba más del 30% de los usuarios.
- Tarifa para electrodependientes (ELEC): es un beneficio exclusivo para personas que por cuestiones de salud deben tener prioridad en el sistema eléctrico. Es decir, personas o familiares de la persona que lo pida, que requiera de soporte o equipamiento médico a considerar prioritarios y cuya ausencia o mal funcionamiento implican un riesgo para la vida.
- Tarifa plan estímulo: es un beneficio para promover el ahorro de energía en usuarios residenciales. Otorgaba una tarifa preferencial con la condición de que el usuario tenga un ahorro mayor al 20% en igual mes del año anterior, en su momento se trataba de 50.000 usuarios.
- Tarifa general (T1-R): es la que se ubicaba el 50% del total de clientes.

En la Tabla 9 se muestran los precios en moneda local aplicados en tarifas para usuarios residenciales dispuestos en la Resolución 421/2020 del ERSEPT según la cantidad de consumo mensual.

kWh por mes consumidos	Cargo Fijo por bimestre	p_i
T1-S	100,16	2,5666/ kWh
Electrodependientes	100,16	1,0643/ kWh
T1R - Uso Residencial	100,16	3,6238/ kWh
Plan Estímulo	100,16	2,8087/ kWh

Tabla 9. Categorías de usuarios residenciales según datos EJESA Diciembre/2019

La factura de electricidad de cada usuario se compone de varios conceptos que aparecen discriminados dentro del detalle de la facturación. El primero, el *Cargo Fijo* (CF_e) es una tarifa fija autorizada por la SUSEPU que incluye los costos fijos en los que incurre un distribuidor para brindar la prestación del servicio y es independiente del nivel de consumo mensual. En segundo lugar, el *Costo Variable* (CV_e) es la tarifa dependiente del nivel de consumo del usuario. Es decir, aquel cargo determinado por el total de energía eléctrica en kWh consumidos en el periodo de facturación como muestra la ecuación 40. Siendo p el precio por kWh determinado en la tarifa vigente aprobada por el mismo ente. Cabe aclarar que este cargo es por bloque de energía, una vez superado los 150 kWh/mes el coste de energía es superior.

$$CV_e = kWh * p \quad (40)$$

El IVA (impuesto sobre el valor agregado), que grava el neto o subtotal en un 21% en categorías residenciales para consumidores finales y un 27% o 40.5% para responsables comerciales o industriales. Y, como se ha explicado anteriormente, tiene una subdivisión de comisiones entre el país y la provincia, y está dado por la ecuación 41.

$$IVA_e = 0,21(CF_e + CV_e) \quad (41)$$

Los impuestos locales, por otro lado, son de origen provincial o municipal y varían entre jurisdicciones, montos y porcentajes. Entre los provinciales se encuentran la *Tasa de Fiscalización y Control* (TFC), proveniente como pago por el servicio de concesión y percibido por el concesionario SUSEPU. Este valor en ningún caso podrá ser superior al uno y medio por ciento (1,5%), y están explicitados en la factura. Tiene en cuenta los costos de funcionamiento de la Gerencia de Control específica, los ingresos por servicios básicos del concesionario y un criterio de apropiación proporcional de los costos de funcionamientos correspondientes a la Dirección de la Superintendencia, de acuerdo a la ecuación 42.

$$TFC = 0,015(CF_e + CV_e) \quad (42)$$

Luego, por Ley Provincial N.º 4888 se crea el Fondo Provincial de la Energía Eléctrica de la Provincia de Jujuy (FOPEJ). El denominado *Cargo FOPEJ* tiene como finalidad disponer de una fuente de recursos destinada, en el corto plazo, a costear los servicios de generación del Sistema Aislado Provincial (SAP) y, en un plazo mayor, las obras de infraestructura de transporte eléctrico, necesarias para el cumplimiento de los objetivos en política energética de la provincia. Se determina como un valor porcentual del Cargo Básico de Energía y se conforma con los montos detraídos (SAP + Imp), de forma que el monto final facturado al usuario le resulta prácticamente igual al facturado con el método vigente (0,6167 \$/ kWh), como se ve en la ecuación 43.

$$FOPEJ = 0,6167 * kWh \quad (43)$$

Seguidamente, la *percepción de contribución única (PCU)* es una tasa municipal al igual que el *alumbrado público (AP)*. La primera se paga por el uso del espacio aéreo o subterráneo correspondiente a las jurisdicciones municipales y se detalla su cálculo en la ecuación 44. El último, es un servicio de mantenimiento que prestan las comisiones municipales y solo figura si el municipio adhirió al convenio con la empresa y se explica en la ecuación 45. Si el usuario es de categoría T1-S o plan estímulo, el cargo es de \$103,02, mientras que si son de categoría T1-R o electrodependientes, el cargo es de \$251,38.

$$PCU = 0,06(CF_e + CV_e) \quad (44)$$

$$AP = 103,02 \text{ o } 251,38 \text{ por usuario} \quad (45)$$

Por último, existe una sección que contiene los ajustes por redondeo del mes que lleva al monto del ítem a dos decimales. Como estos cargos al final del año se terminan compensando, no serán tenidos en cuenta en este análisis.

Sumando todo obtenemos el *Total de la Factura de electricidad (FT_e^J)* que debe pagar un usuario en Jujuy, según la ecuación 46:

$$FT_e^J = CF_e + CV_e + IVA_e + TFC + FOPEJ + PCU + AP \quad (46)$$

Finalmente, en la Tabla 10 se muestra el porcentaje de la recaudación de cada tipo de impuesto aplicado a la factura de electricidad que es destinado a Jujuy.

IVA_e	TFC	$FOPEJ$	PCU	AP
2,5%	100%	100%	100%	100%

Tabla 10. Porcentaje de la recaudación dirigida para Jujuy según el tipo de impuesto.
Fuente: Elaboración propia en base a información de EJESA.

ii. Datos y determinación del costo de electricidad total para el usuario

Para calcular el costo del consumo de electricidad para el usuario residencial se diseñó una base de datos a partir de información otorgada por EJESA. El procedimiento sobre

los datos se realizó de manera similar a la del gas. Dados los precios, la cantidad de usuarios y kWh consumidos por categoría, se calculó el costo total que paga el usuario promedio en un año de acuerdo con su categoría. Luego, para cada concepto de impuestos y otros cargos se utilizaron las ecuaciones 40 a 46.

Respecto al ahorro en kWh, Iannelli, Fiora, Romero y Gil (2020) indican que el consumo eléctrico anual promedio por usuario de todo el país, es aproximadamente 2800 kWh/año. Luego obtienen el consumo de electricidad anual promedio de un usuario para ACS, 3300 kWh/año para calentar 180 litros de agua por día. Un hecho notable es que si estos usuarios, además de consumir electricidad para los usos habituales, consumieran también electricidad para ACS, su consumo se elevaría a 6100 kWh/año, lo que representa más del doble del consumo eléctrico anual promedio por usuario del país. No obstante, para no diferenciar la metodología entre Tucumán y Jujuy, se determinó que $A_e\%$ será igual que para el caso de Tucumán (24%), el ahorro en la factura de electricidad en un año (A_e) se determina según la ecuación 33 y 34 más las ecuaciones de la 40 a 46 de la presente sección. Por último, los cuadros VAN se calculan siguiendo las especificaciones de las ecuaciones 35 y 36.

iii. Determinación del costo total para la provincia

Los ingresos percibidos para la provincia de Jujuy (IP) son el IVA de la coparticipación y los ingresos brutos por la venta del equipo solar térmico según la ecuación 18 mostrada en la sección análoga para Tucumán. Los ingresos no percibidos (INP_e) cambian comparado con Tucumán según la ecuación 47, dado que los impuestos que se cobran en Jujuy son distintos a los de Tucumán. Luego, los cálculos del VAN en esta sección son análogos a los de Tucumán y se determinan según las ecuaciones 18, 38, 39 y 47.

$$INP_e = 2,5\Delta IVA_e + \Delta TFC + \Delta FOPEJ + \Delta PCU \quad (47)$$

Recordar que Δ representa la variación que surge luego de instalar el equipo solar y que las cuatro variables mostradas que acompañan a Δ son una función de ΔCV_e o de ΔkWh según las ecuaciones 41 a 44.

f. Costo de inversión del calentador solar para el usuario

Los termotanques solares son equipos dotados con una tecnología que permite transformar la radiación solar en energía térmica para calentar y acumular agua. En el mercado hay diferentes tipos de modelos, marcas y precios de calentadores solares térmicos para ACS. Generalmente los precios están publicados en Internet, pero no está incluido el costo de instalación.

Según el Censo Nacional Solar Térmico del Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2018), el 74% del total de equipos vendidos en 2017 en el país era de origen importado, mientras que el 26% restante era de origen nacional. Los más económicos, es decir, los sistemas directos, atmosféricos por tubos de vacío representaron el 70% de las ventas en

ese año. Se estima que su vida útil es de por lo menos 20 años, pero se ven afectados más frecuentemente a trabajos de mantenimiento en zonas con agua dura. En cambio, los equipos de placa plana tienen una vida útil de 30 años y requieren menor mantenimiento. Estos representan el 30% de las ventas dentro del país y son los que tienen mayor precio en el mercado.

Siguiendo esta línea, los precios para adquirirlos varían desde los 500 hasta los 2000 dólares (con IVA incluido) dependiendo de la capacidad de litros que acumulen, el tipo de captación, el modelo y la marca. En este trabajo se eligió un precio intermedio, esto es, 1000 dólares (sin incluir IVA) porque a este precio parece razonable poder adquirir un equipo que caliente el agua para una familia con 4 integrantes. Adicionalmente, se supone que el costo de instalación y mantenimiento es de 500 dólares. A los fines de tener una posición conservadora en las estimaciones, la vida útil de un equipo solar térmico se asumió en 15 años. Considerando el IVA (21%) e IIBB, el costo de la inversión para un usuario en el análisis es igual a 1815 dólares como se detalla en la Tabla 11.

Precio del equipo solar térmico + instalación	1.500 USD
Tasa de ingresos brutos por la venta en Jujuy / Tucumán	3% / 5%
IVA	21%
Total de la Inversión	1.815 USD

Tabla 11. Costo del equipo solar térmico.

Ahora bien, respecto a la oferta de energía en el territorio argentino, esto es, la irradiación solar diaria promedio, Iannelli et al (2017) indican que es de aproximadamente 4 kWh/m². Entonces, con un colector solar térmico de 3 m² y una eficiencia del 75%, la ganancia en energía solar sería de unos 9 kWh por día, lo que equivale a 0,9 m³ de gas natural por día. Lo que es suficiente para calentar 200 litros de agua al día. Por otro lado, el Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica (Secretaría de Energía, 2019), sugiere que en realidad la irradiación solar diaria promedio en el año sobre un plano horizontal es de 4,6 kWh/m² y sobre un plano inclinado de 4,94 kWh/m² (Secretaría de Energía, 2019). Siendo la región del noroeste argentino levemente superior al promedio del país en invierno.

Entonces, en este trabajo, para que el equipo no sea demasiado grande, se supone que el colector solar tiene una dimensión de 2,5 m², en consecuencia, dada la eficiencia del 70% con la que se viene trabajando, los usuarios del tipo P(NG/E) por mes podrán ahorrar en promedio 259,35 kWh siguiendo la ecuación 48:

$$259,35 \text{ kWh/mes} = 4,94 \text{ kWh/(m}^2 \text{ y día)} * 0,7 * 2,5 \text{ m}^2 * 30 \text{ días} \quad (48)$$

Y, los usuarios del tipo P(G/N) podrán ahorrar en promedio 22,17 m³ de gas por mes según la ecuación 49 dado que 1 m³ de gas equivale aproximadamente a 11,7 kWh.

$$22,17 \text{ m}^3 \text{ de gas} = 259,35 \text{ kWh}/(11,7 \text{ m}^3 \text{ de gas/kWh}) \quad (49)$$

g. Costo Social del Carbono

El costo social del carbono (CSC) es aquel costo económico que se aplica a la cantidad de CO₂ emitida a la atmósfera. Se trata de un concepto fundamental en la economía del cambio climático, y resulta particularmente útil para promover un desarrollo sostenible y elaborar políticas públicas adecuadas. Alatorre, Caballero, Ferrer y Galindo (2019) lo definen como “el valor monetario del daño causado al emitir una tonelada adicional de carbono en un momento dado del tiempo” (p. 5).

La evidencia reportada sobre el valor del CSC es diversa y heterogénea. En la mayoría de los casos deriva del uso de diferentes supuestos y valores de parámetros utilizados en Modelos de Análisis Integrados (MAI). Estos últimos analizan, simultáneamente, los fenómenos climáticos, económicos, sociales y ambientales. En este trabajo se utiliza la propuesta de Nordhaus (2014) que realiza la estimación basándose en un modelo DICE revisado (modelo integrado dinámico de Clima y Economía). Para el caso central, asume que el CSC real crece a un 3% anual durante el período hasta 2050.

En la ecuación 50 se detalla matemáticamente cuánto es el Costo Social del Carbono ahorrado producto de las emisiones de CO₂ evitadas por el uso del sistema solar híbrido de energía en los usuarios del tipo P(NG/E), medido en USD en el año 2019 tanto para Tucumán como para Jujuy.

$$A_{csc}^e = A_{kWh} * FE_e * p_{csc} \quad (50)$$

Donde A_{csc}^e es el CSC ahorrado por los usuarios de energía eléctrica, A_{kWh} es la energía ahorrada en el año, FE_e es el factor de emisión en unidades de kg CO₂/kWh de la red eléctrica y p_{csc} es el costo social del kg CO₂ en USD en valor de 2019.

Según la Red Argentina de Energía Eléctrica, dependiente de la Secretaría de Energía de la Nación, FE_e es aproximadamente igual a 0,4282 (kg CO₂) /kWh. Este cálculo lo realizaron teniendo en cuenta todas las fuentes de energía que se utilizan en el país para producir electricidad y los factores de emisión respectivos para cada fuente. Mientras que según Nordhaus (2017), el p_{csc} era igual a USD 0,031/ (kg CO₂) en 2010, con el nivel de precios de 2015. Por lo tanto, si este precio crece a 3% anual en términos reales como se sostuvo en el anterior párrafo, en 2019 p_{csc} es igual a USD 0,04 por kg de CO₂ manteniendo el año base según la ecuación 51.

$$USD 0,04 / (kg CO_2) = USD 0,031/(kg CO_2) * (1 + 0,03)^9 \quad (51)$$

Como la inflación acumulada de los Estados Unidos de 2015 a 2019 fue de 9,44%, entonces p_{csc} para el año inicial del presente trabajo (2019) será igual a USD 0,044/ (kg CO₂). Para los siguientes años se supone que p_{csc} crece en términos reales en un 3% por año.

Siguiendo esta línea, en la ecuación 52 se muestra lo análogo para la factura de gas. Según el reporte de factor de emisión de la IPCC, las emisiones de CO₂ derivadas de la

combustión de gas natural son de aproximadamente 56.100 kg/TJ. Entonces, para calcular FE_g es necesario definir cuántas kcal se producen al consumir un metro cúbico de gas natural. Se supone que este número ronda entre 8300 y 9354 kcal/m³. Se realiza la transformación a TJ, sabiendo que un TJ es igual a 1e+9 KJ y que 1 kcal es igual a 4,184 KJ. Resulta que FE_g ronda entre 1,95 y 2,2 kg de CO₂ por metro cúbico de gas. Para simplificar el análisis se define que FE_g sea igual a 2,07 kg de CO₂ emitidos por m³ (el promedio entre 1,95 y 2,2). Con estos datos y la cantidad de metros cúbicos ahorrados, es posible calcular A_{csc}^g , según la ecuación 52:

$$A_{csc}^g = A_{m^3} * FE_g * p_{csc} \quad (52)$$

Estos resultados se resumen en la Tabla 12 a continuación.

	Factor de emisión	p_{csc} en USD de 2019	Ahorro
Gas Natural	2,072 kg CO ₂ / m ³	USD 0,044 / (kg CO ₂)	USD 0,0917 / m ³
Electricidad	0.4282 kg CO ₂ / kWh	USD 0.044 / (kg CO ₂)	USD 0,0189 / kWh

Tabla 12. Relación de las emisiones de CO₂ y el ahorro en costo social del carbono en USD según la fuente de energía.

3. Resultados

a. Ahorro para el usuario P(G/E)

En la Tabla 13 se presenta el valor actual del flujo de caja o beneficio neto descontado para un usuario que adquiriera el equipo solar térmico sin financiación por categoría para cada región tarifaria analizada. El VAN fue actualizado con una tasa de interés del 1.5%. Al mirar los números es claro que solo en las categorías R3-3 y R3-4 en Jujuy y R3-4 en Tucumán sería beneficioso financieramente para el usuario instalar el equipo solar térmico con las condiciones descritas en este trabajo. Las restantes categorías no alcanzan valores positivos de VAN.

Categoría	Jujuy	Puna	Tucumán
R1	-1.331	-1.599	-1.542
R2-1	-875	-1.288	-1.240
R2-2	-684	-1.176	-1.072
R2-3	-552	-1.174	-938
R3-1	-296	-1.017	-690
R3-2	-34	-994	-444
R3-3	387	-797	-1
R3-4	1.160	-702	838

Tabla 13. Valor Actual Neto de la Inversión: Usuarios.

Seguidamente, en la Tabla 14 se puede apreciar la cantidad de metros cúbicos de gas promedio mensual que ahorraría un usuario con la instalación del equipo solar térmico. Es notable que en la subzona de Puna el ahorro es mayor comparado con las otras dos subzonas. No obstante, el ahorro equivalente en dinero no es análogo ya que los precios en la Puna comparados con Jujuy son 62% menores, esto refleja aproximadamente los subsidios que existen en esta región comparado con Jujuy.

Categoría	Jujuy	Puna	Tucumán
R1	7	11	4
R2-1	14	26	8
R2-2	16	29	10
R2-3	17	28	12
R3-1	20	33	14
R3-2	24	34	18
R3-3	26	36	21
R3-4	35	40	31

Tabla 14. Ahorro en metros cúbicos de gas según categoría por mes y por usuario.

b. Ingresos provinciales percibidos y no percibidos por la incorporación del equipo solar térmico en los usuarios P(G/E)

En la Tabla 15 se puede observar el VAN de los ingresos netos percibidos por cada provincia, por usuario promedio por categoría. En el momento inicial, el usuario compra el equipo solar (ingreso percibido), luego, se restan los ingresos no percibidos durante los 15 años siguientes, descontados por la tasa de interés en cada año. Aquí se revela que en Jujuy y en La Puna el único usuario que representa un ingreso actual neto para la provincia es el R1, mientras que los otros usuarios le representan pérdidas netas de recaudación. Por otra parte, en Tucumán sólo los usuarios de R3-3 y R3-4 representan una pérdida neta en valor actual para la provincia, mientras que los otros producen un aumento en la recaudación neta descontada en el tiempo.

Categoría	Jujuy	Puna	Tucumán
R1	3	45	71
R2-1	-44	-55	52
R2-2	-63	-78	42
R2-3	-77	-79	34
R3-1	-103	-111	20
R3-2	-130	-116	6
R3-3	-175	-155	-18
R3-4	-255	-175	-65

Tabla 15. VAN de los ingresos percibidos y no percibidos para la provincia por subzona y por un usuario promedio por categoría.

Siendo más detallistas, el ingreso inicial que percibe la provincia de Jujuy si un usuario compra un equipo solar térmico es igual a U\$D 52,85 para sus dos subzonas. Mientras que en Tucumán este valor es igual a U\$D 87,9 debido a las diferencias entre la tasa de ingresos brutos y la coparticipación recibida en cada provincia. Por otra parte, los ingresos no percibidos sin descontar por la tasa de interés se muestran en la Tabla 16, medidos en dólares por usuario. Estos son crecientes en función de los m^3 de gas ahorrados y el precio del gas que tiene cada categoría y subzona.

Categoría	Jujuy	Puna	Tucumán
R1	57	9	19
R2-1	110	124	41
R2-2	133	150	52
R2-3	149	151	61
R3-1	179	188	78
R3-2	210	193	93
R3-3	261	239	121
R3-4	353	261	175

Tabla 16. Ingresos no percibidos para la provincia por usuario durante 15 años.

c. Ahorro de emisiones de CO₂ y costo social del carbono en usuarios P(G/E)

En la tabla 17 se muestran los kg de emisiones de CO₂ por usuario que se ahorrarían luego de 15 años de utilizar el equipo solar según el tipo de categoría de usuario de gas y su subzona.

Categoría	Jujuy	Puna	Tucumán
R1	2.660	4.002	1.475
R2-1	5.175	9.700	3.109
R2-2	5.855	10.684	3.774
R2-3	6.523	10.603	4.451
R3-1	7.494	12.341	5.407
R3-2	8.793	12.700	6.604
R3-3	9.784	13.551	7.873
R3-4	13.139	14.821	11.451

Tabla 17. Kg de emisiones de CO₂ que se ahorrarían por usuario durante 15 años.

En la tabla 18 se muestra el CSC en U\$D de 2019 que se ahorrarían luego de 15 años de utilizar el equipo solar según el tipo de categoría de usuario de gas y su subzona.

Categoría	Jujuy	Puna	Tucumán
R1	150	226	65
R2-1	293	548	138
R2-2	331	604	167
R2-3	369	599	197
R3-1	424	698	239
R3-2	497	718	292
R3-3	553	766	349
R3-4	743	838	507

Tabla 18. CSC que se ahorrarían por usuario durante 15 años en U\$D.

d. Ahorro para el usuario P(NG/E)

Dado todo lo explicado en la sección de metodología, a continuación, se muestra que con una tasa de variación anual del precio de la electricidad del 9,05%, los usuarios T1-R y Plan Estímulo les será rentable pasarse a un equipo solar térmico por sí solos, mientras que para los usuarios T1-S y electrodependientes no es rentable dado el diferencial de precios que existen entre tipos de usuarios. En el caso de los usuarios jujeños que deseen comprar el equipo solar térmico para la calefacción de agua sanitaria estarían ahorrando entre 40 y 87 kWh por mes con un ahorro nominal de entre U\$D 1330 y U\$D 2244 en 15 años para las distintas categorías. Los VAN derivados de este caso se muestran en la Tabla 19.

Tipo de Usuario	Provincia	VAN
T1-S	Jujuy	-659
Electrodependientes	Jujuy	-632
T1-R - Uso Residencial	Jujuy	135
Plan Estímulo	Jujuy	63
T1-R con datos de 2019	Tucumán	92
T1-R con datos de 2020	Tucumán	-173

Tabla 19. Valor Actual Neto de la Inversión: usuarios electricidad.

Para Tucumán, si uno de los usuarios P(NG/E), hubiera instalado un equipo solar térmico, estaría ahorrando entre 56 y 60 kWh/mes según los consumos realizados en 2019 y 2020 respectivamente. Esto equivale a un ahorro anual de entre U\$D 64 y U\$D 75 para cada usuario por año. Por lo tanto, manteniendo todo lo demás constante, el ahorro nominal en 15 años sería de entre U\$D 962 y U\$D 1118. Lo que daría un VAN de la inversión positivo según los datos de 2019 de U\$D 92,31 y un VAN negativo de U\$D 173 como se muestra en la tabla 19. Es decir que la decisión del usuario de instalar el sistema híbrido es sensible a la variación de precios y consumos que hubo en cada año, quizás debidos a la pandemia de coronavirus.

e. Ingresos provinciales percibidos y no percibidos por la incorporación del equipo solar térmico en los usuarios P(NG/E)

Por otra parte, para ambas provincias, representaría una pérdida monetaria el hecho de que los usuarios P(NG/E) instalen el equipo solar térmico. En la tabla 20 se aprecian los VAN de cada provincia según el tipo de usuario analizado.

Para Tucumán, dada la disminución en el consumo de electricidad se estarían perdiendo aproximadamente U\$D 6 por usuario y por año. Esto representa U\$D 90 nominales y U\$D 156 si se actualiza el precio del kWh durante los 15 años. Si se tienen en cuenta los ingresos que recibiría la provincia por la venta de los equipos solares térmicos, las pérdidas netas durante los 15 años serían de U\$D 68 (promedio entre 80 y 57 dentro de la Tabla 20). Además, las pérdidas serían incluso menores dado que la instalación requiere la creación de nuevos puestos de trabajo genuino, estos nuevos trabajadores aumentan el consumo de otros bienes y servicios de la economía local y por ende también aumentaría la recaudación indirectamente.

Tipo de Usuario	Provincia	VAN
T1-S	Jujuy	-187
Electrodependientes	Jujuy	-205
T1-R - Uso Residencial	Jujuy	-269
Plan Estímulo	Jujuy	-286
T1-R con datos de 2019	Tucumán	-80
T1-R con datos de 2020	Tucumán	-57

Tabla 20. Valor Actual Neto de la Inversión: provincia electricidad.

Para Jujuy, se estarían perdiendo en promedio U\$D 10 por usuario y por año. Lo que equivale a U\$D 150 nominales y U\$D 333 si se actualiza el precio del kWh durante los 15 años. El VAN promedio entre los cuatro tipos de usuarios es igual a -U\$D 237.

f. Ahorro de emisiones de CO2 y costo social del carbono en usuarios P(NG/E)

Respecto al ahorro para el medioambiente, en Tucumán se estaría ahorrando entre 290 y 310 kg de CO2 por año y por usuario. Por lo que en 15 años esta medida equivaldría entre 4346 y 4651 kg de CO2. Esto último, en U\$D de 2019 equivalen a 192 y 206 dólares. Mientras que en Jujuy las emisiones evitadas rondan entre los 3068 y 6715 kg de CO2 en 15 años, y su valor económico en términos del CSC se encuentra entre U\$D 173,45 y 379,62.

En la tercera columna de la tabla 21 se muestran los kg de emisiones de CO2 que se ahorrarían luego de 15 años de utilizar el equipo solar según el tipo de categoría de usuario de electricidad. Y en la cuarta columna se muestra el CSC en U\$D de 2019 que se ahorrarían de la misma manera.

Tipo de Usuario	Provincia	Emisiones (Kg de CO2)	Ahorro en U\$D
T1-S	Jujuy	3.068	173
Electrodependientes	Jujuy	6.715	380
T1-R - Uso Residencial	Jujuy	3.718	210
Plan Estímulo	Jujuy	4.169	236
T1-R con datos de 2019	Tucumán	4.346	192
T1-R con datos de 2020	Tucumán	4.651	206

Tabla 21. Kg de emisiones de CO2 y CSC en dólares que se ahorrarían durante 15 años.

g. Tabla Comparativa de usuarios P(G/E) (Usuario, Provincia, CSC)

En la Tabla 22 se compara el VAN de los usuarios de la subzona Jujuy, el VAN de la provincia de Jujuy (que no incluye a Puna) con el CSC ahorrado asociado, todo medido en dólares de 2019.

Categoría	Usuario	Provincia	CSC	Provincia + CSC
R1	-1.331	3	150	154
R2-1	-875	-44	293	249
R2-2	-684	-63	331	268
R2-3	-552	-77	369	292
R3-1	-296	-103	424	320
R3-2	-34	-130	497	367
R3-3	387	-175	553	379
R3-4	1.160	-255	743	488

Tabla 22. Comparativa para la subzona: Jujuy.

En la Tabla 23 se compara el VAN de los usuarios de la subzona Puna, el VAN de la provincia de Jujuy dentro de la subzona Puna con el CSC ahorrado asociado, todo medido en dólares de 2019.

Categoría	Usuario	Provincia	CSC	Provincia + CSC
R1	-1.599	45	226	271
R2-1	-1.288	-55	548	493
R2-2	-1.176	-78	604	526
R2-3	-1.174	-79	599	521
R3-1	-1.017	-111	698	587
R3-2	-994	-116	718	602
R3-3	-797	-155	766	611
R3-4	-702	-175	838	663

Tabla 23. Comparativa para la subzona: Puna

En la Tabla 24 se compara el VAN de los usuarios de la subzona Tucumán, el VAN de la provincia de Tucumán con el CSC asociado.

Categoría	Usuario	Provincia	CSC	Provincia + CSC
R1	-1.542	71	65	136
R2-1	-1.240	52	138	190
R2-2	-1.072	42	167	209
R2-3	-938	34	197	231
R3-1	-690	20	239	259
R3-2	-444	6	292	299
R3-3	-1	-18	349	331
R3-4	838	-65	507	442

Tabla 24. Comparativa para la subzona: Tucumán

h. Tabla Comparativa de usuarios P(NG/E) (Usuario, Provincia, CSC)

En la Tabla 25 se compara el VAN de los usuarios, el VAN de la provincia de Jujuy y Tucumán con el CSC ahorrado asociado, todo medido en dólares de 2019.

Categoría	Usuario	Provincia	CSC	Provincia + CSC
T1-S Jujuy	-659	-187	173	-14
ELEC Jujuy	-632	-205	380	175
T1R Jujuy	135	-269	210	-58
Plan Estímulo Jujuy	63	-286	236	-51
T1-R con datos de 2019 Tucumán	92	-80	192	113
T1-R con datos de 2020 Tucumán	-173	-57	206	149

Tabla 25. Comparativa para usuarios P(NG/E)

4. Conclusiones

En Argentina los equipos eléctricos convencionales y los equipos convencionales de ACS a base de combustibles fósiles (gas) aún representan más del 95% de las ventas a pesar de que la venta de equipos solares térmicos está en aumento a nivel mundial y que también hay existencias en el mercado local.

Algunos factores que identificó este trabajo y que motivan el comportamiento del mercado en estos aspectos son los siguientes:

1. La inversión inicial en equipos solares térmicos es alta en comparación con sistemas tradicionales.
2. Desarrollo incipiente del mercado.
3. Falta de incentivos económicos y financieros (privados o públicos), acompañado de estímulos dirigidos hacia los combustibles fósiles.
4. Falta de difusión de las prestaciones de la tecnología solar térmica.

A partir del análisis realizado y como conclusión final de este trabajo, en esta sección se desarrolla una propuesta que tiene por objetivo resolver la falta de incentivos económicos y financieros (privados o públicos) mencionados anteriormente. De esta manera, se proponen tres alternativas posibles para incentivar el uso de esta energía limpia. Se describen a continuación.

a. Propuesta A: Exenciones impositivas sobre la compra e instalación de los equipos solares térmicos

En esta primera alternativa, el Estado Nacional renuncia al cobro del IVA y la Provincia renuncia al cobro de los Ingresos Brutos del total de la factura del equipo solar. Esto tiene una implicancia en el costo de adquisición del equipo para todos los usuarios de gas y electricidad analizados. Por ende, para los usuarios pertenecientes a las categorías de gas R3-3 de Tucumán, R3-2 y R3-1 de Jujuy empieza a ser *rentable* la compra del sistema solar, según la definición de la sección 2.c.iv. Sin embargo, si el usuario no cuenta con el total de la inversión inicial necesitará de algún plan de financiación interno o externo. Con este beneficio, la potencial cantidad de usuarios del tipo P(G/E) que tendrán el VAN positivo es de 9.206 (12% del total) en Jujuy y 18.337 (9% del total) en Tucumán. Este porcentaje de usuarios a su vez pertenecen a las categorías más altas, por lo que su consumo y poder adquisitivo también es alto a comparación del resto.

Sin embargo, para los usuarios de la Puna, el impacto no es suficiente para que la instalación del sistema solar térmico sea atractiva. Esta situación se debe, como fue mencionado anteriormente, a que en la Puna existe un régimen de tarifa diferencial en la cual el Estado Nacional subsidia más del 60% de la factura de gas. Es así que al usuario de la Puna nunca le sería económicamente beneficioso ya que la capacidad ahorrativa del equipo es mucho menor al subsidio otorgado por el Estado. Es por esto que en este escenario el único motivo por el cual este proyecto sería factible sería por una razón puramente ambiental y no financiera. Por esta razón, se plantea la eliminación de cualquier tipo de subsidio a los combustibles fósiles en Tucumán y Jujuy en la siguiente sección, para que con ese dinero se financie la compra, instalación y mantenimiento del equipo solar.

b. Propuesta B: Eliminación de subsidios al gas natural y electricidad

En la tabla 26 se muestra cómo cambian los costos variables en 2019 según cada subzona si se dejara de subsidiar el gas natural y electricidad, sabiendo que, según el informe de Evolución de Subsidios, Oferta y Demanda de Energía 2015-2019 de la Secretaría de Energía, en 2019 los usuarios de gas natural de todo el país -sin incluir a la Patagonia, La Puna y Malargüe- pagaban el 86% del total de su factura (medida que se utiliza para Tucumán y Jujuy), los de la Puna el 27% y todos los de electricidad pagaban el 70% en promedio.

	Con subsidio	Sin subsidio
Jujuy - Gas	0,1840	0,2139
La Puna - Gas	0,0654	0,2422
Tucumán - Gas	0,2308	0,2684
Jujuy - Electricidad	0,0839	0,1199
Tucumán - Electricidad	0,0654	0,0934

Tabla 26. Precios promedio del gas natural y electricidad con y sin subsidios en U\$D

Con sólo esta propuesta, los usuarios de gas R3-3 de Tucumán pasarían de tener un VAN de U\$D -1 a 282. Los mismos de Jujuy pasarían de U\$D 386 a U\$D 730. Todos los usuarios de la Puna, excepto los R1, pasarían a tener su VAN positivo, partiendo de un VAN promedio de -U\$D 1093 hacia un VAN igual a U\$D 850. Mientras que para los usuarios de electricidad de Tucumán sus VAN aumentarían de U\$D 92 a U\$D 680. Para los de Jujuy de U\$D 135 a U\$D 879, provocando que los proyectos sean más rentables para los usuarios y aminorando el gasto nacional en subsidios.

c. Propuesta C: Planes de financiamiento y subsidios

Como tercera alternativa, se propone la creación de un régimen de fomento al uso de energía solar térmica, de manera de ahorrar energía y mitigar los GEI. Su aplicación no sólo supondrá un cambio de paradigma para la provincia, promoviendo la protección del medio ambiente y avanzando hacia un uso racional de energía; sino que también resultará beneficioso para los usuarios que verán reflejado un ahorro monetario real en sus bolsillos.

Para que la formulación de esta propuesta sea viable habría que promover líneas de crédito y subsidios para cada tipo de usuario según a la categoría a la que pertenece, cuyo pago se efectúe a través de las facturas (gas o electricidad), u otras maneras de saldar el crédito. De una forma similar se convocaba a interesados en adquirir calefones y termotanques solares del “Plan Sol en Casa” lanzado por el Gobierno Provincial de Salta según el Decreto Provincial 1373/2019, en el cual los titulares de viviendas podían solicitar un crédito de hasta 65 mil pesos (U\$D 1110) para adquirir calefones o termotanques solares y la devolución del crédito se realizaba en hasta 48 cuotas fijas, con una tasa de interés del 10,5% anual en pesos (con una inflación esperada del 50%), y se cargaba a la factura del servicio de distribución eléctrica.

El préstamo sería equivalente al 50% del valor neto del equipo solar térmico (sin contar el IVA e Ingresos Brutos) y se podría gestionar a través de una página web que disponga cada gobierno provincial en forma directa al titular de la factura de electricidad o gas para solventar los costos de adquisición e instalación de los citados equipos de generación de energía solar térmica. En principio sería la provincia la que financie la compra del equipo, pero esto no debería ser un problema de deuda ya que puede cobrar las cuotas a través de la factura de electricidad o gas de tal forma que el ahorro que estaría teniendo el usuario sirva para pagar el préstamo y de esta forma, la deuda estatal sea sustentable en el largo

plazo. Incluso en los casos en que el VAN es positivo, la provincia puede decidir si recaudar estos beneficios a través de los intereses del préstamo o si otorgarlos al usuario en forma de un incentivo. En los casos en que su VAN sea negativo, podría recurrir al Estado Nacional para que el dinero que se destina al subsidio de energía convencionales sea otorgado para la provincia condicional para financiar la presente propuesta.

Los beneficiarios serán todos aquellos usuarios residenciales que quieran invertir en tecnologías limpias. Se proponen también distintas modalidades de ingreso, con facilidades de pago y prioridad en zonas residenciales sin acceso a gas o energía eléctrica. O también, la implementación de planes de 12 cuotas sin interés para promover la compra de sistemas solares híbridos para los casos en que no se prefiera el plan extendido de 15 años.

El tiempo de amortización de los equipos dependerá obviamente de distintos factores (marcas, capacidades, etc.). No obstante, teniendo presente la cantidad de cuotas del plan, la baja tasa de interés y las actualizaciones en las tarifas de gas y energía eléctrica, se entiende que los plazos de amortización serán más que interesantes. Por ejemplo, si el precio del gas aumentaría a un ritmo de 12% anual, en lugar del 7,34% como se propuso en la metodología, entonces la amortización del equipo para los usuarios R3-3 de Tucumán pasaría a realizarse en 13 años, en lugar de 15 años.

Es necesario destacar aquí que lo que se busca en esta primera etapa es fomentar y propiciar el uso de estos equipos y así lograr una disminución del consumo de combustibles fósiles, generando energía térmica sustentable con la consecuente disminución de gases de efecto invernadero. De esta manera, sería beneficioso apoyar la eficiencia y promover la adaptación de la energía solar térmica en lugar de subsidiar el gas y electricidad. Estos subsidios impiden el desarrollo de otras alternativas energéticas, fomentan el uso irracional del gas y electricidad, y no estimulan la producción nacional.

Así como también, el progreso hacia una industria manufacturera de colectores solares, que reduce el costo de estos equipos al tiempo que aumenta el volumen de producción, facilitando el acceso a sectores de menores recursos. Además, capacitar al personal a instalar y mantener equipos solares térmicos, en efecto, crear puestos de trabajo genuino en muchas localidades del país, especialmente en el norte, donde la energía solar es abundante y la falta de redes se hace notar.

Al mismo tiempo, la implementación de un plan de recambio de equipos será una herramienta efectiva para promover y fortalecer la industria nacional, similar a lo que se ha realizado hace unos años en el sector eléctrico con el recambio de lámparas residenciales y alumbrado público. Una cualidad deseable para estos equipos es contar con garantías a largo plazo, y que ofrezcan mantenimiento y asistencia técnica, así garantizar un buen rendimiento prolongado en el tiempo.

Como una segunda etapa, un objetivo a largo plazo que se podría ejecutar sería el fomento a la radicación de industrias y comercios especializados en brindar equipos renovables, así como también centros de educación para formar técnicos calificados.

d. Propuesta definitiva con sus potenciales resultados

Dado lo explicado anteriormente, en las Tablas 27 y 29 se puede apreciar cómo sería el VAN de usuarios y de la provincia sin ninguna propuesta y con dos combinaciones distintas de propuestas. En las figuras 17 y 18 se muestra cómo evoluciona en el tiempo el VAN de los usuarios R3-3 de Tucumán y de la provincia ante diferentes combinaciones de propuestas comparado con la situación actual. Es notable que con las propuestas los usuarios empiezan con un VAN negativo y siempre terminan con un VAN positivo. Mientras tanto, las provincias son las que absorben el costo fijo inicial de la inversión para ser cobrado luego en cuotas.

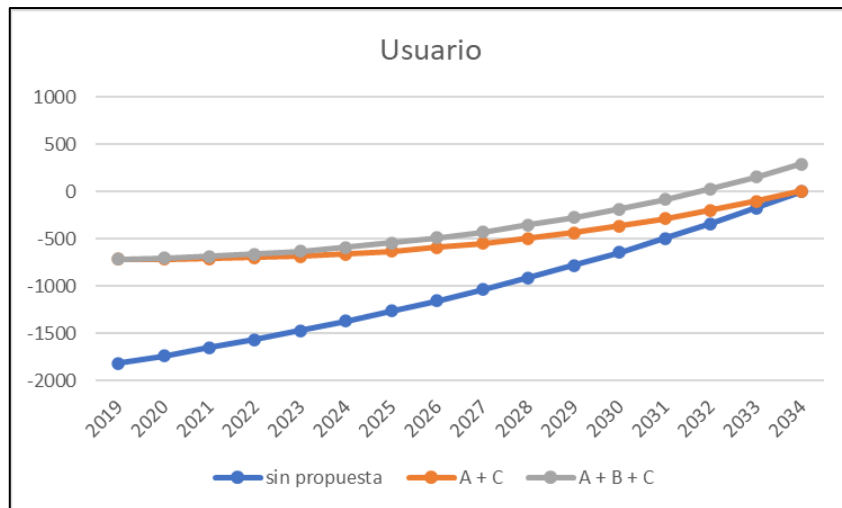


Figura 17. VAN de usuario R3-3 tucumano en función del tiempo con y sin propuesta.

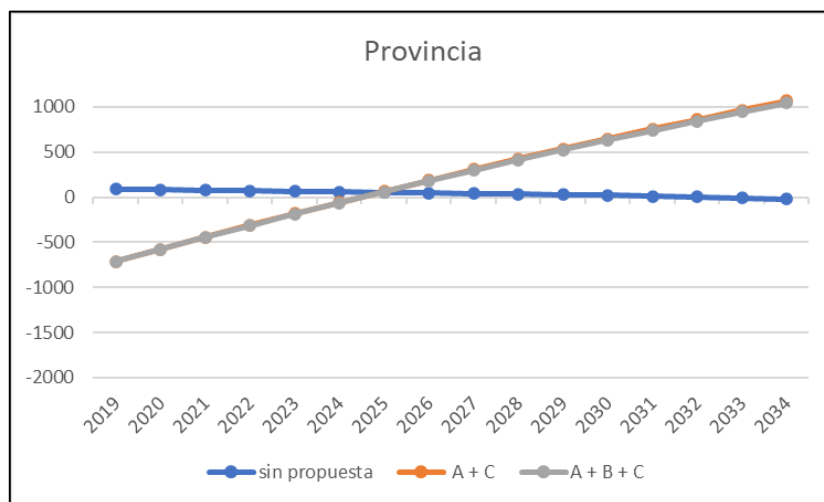


Figura 18. VAN de la provincia de Tucumán en función del tiempo con y sin propuesta.

La situación “Sin propuesta” fue mostrada en la sección de resultados. La situación “Propuestas A + C” hace referencia al caso en que todos los usuarios dejan de pagar el IVA e ingresos brutos por la compra del equipo solar y, además, un porcentaje mayoritario de los usuarios obtienen un préstamo del 50% del valor neto del equipo solar, financiado a una tasa de interés fija por la provincia. Los usuarios que serían beneficiados y la tasa efectiva anual (TEA) están mostrados en las tablas 28 y 30, diferenciados por categoría y subzona. Estos números fueron confeccionados de tal manera que el VAN de los usuarios sea positivo y al mismo tiempo la provincia no obtenga un VAN agregado negativo. A su vez, “Propuestas A + B + C” incluye a la anterior propuesta y agrega el ajuste en el precio por metro cúbico de gas y kWh de acuerdo a la Tabla 26 mostrada anteriormente. Es decir, se toma el mismo cálculo que el anterior, pero con precios no subsidiados por el Estado Nacional.

Uno de los aspectos a destacar es que los usuarios que más ahorran por instalar el equipo, son los que tendrán mayor tasa de interés. Y los que menos ahorran, tendrán una menor tasa de interés, financiada por el ahorro de los otros usuarios. Incluso algunos tendrán TEA negativa. Esto quiere decir simplemente que las cuotas que pagarían los usuarios no llegan a saldar el valor total del préstamo. Es decir que implícitamente la propuesta está redistribuyendo el ahorro monetario de gas y electricidad entre los usuarios, sin afectar las finanzas provinciales, ni la de los usuarios, ni la de terceros.

Seguidamente, dado que parece poco factible la eliminación total de los subsidios a las energías fósiles, las tasas de interés fueron confeccionadas pensando en la “propuesta A + C” para Tucumán y Jujuy. Aquí los resultados son razonablemente aceptables, esto es, hay un considerable número de usuarios a los que se estaría ayudando sin perjudicar a la provincia. No obstante, para la Puna resulta indispensable la quita total o parcial de los subsidios para que a los usuarios les sea rentable la instalación del equipo solar. Es así que solo para esta subzona en el gas las tasas de interés fueron confeccionadas para la propuesta A + B + C.

En resumen, si se aplicara la propuesta A + C en Tucumán y Jujuy, aproximadamente 51.500 y 15.700 usuarios de gas (25% y 20% del total) saldrán beneficiados respectivamente en cada provincia. Mientras que los usuarios beneficiados de electricidad serían 180.000 en Tucumán y 131.000 en Jujuy (100% de los usuarios P(NG/E) en ambas provincias). Por su parte, en la Puna, con la propuesta A + B + C los usuarios de gas beneficiados son aproximadamente 415 (18% del total). En todos los casos, la provincia tendrá al final de los 15 años de uso del equipo solar, un VAN agregado positivo. Dados los precios actuales, se podría incluir a más usuarios, pero la provincia debería buscar otras fuentes de ingresos para financiar una propuesta más general.

Categoría	Subzona	Sin propuesta		Propuestas A + C		Propuestas A + B + C	
		Usuario	Provincia	Usuario	Provincia	Usuario	Provincia
R1	Tucumán	-1542	71	-1152	-17	-1110	-20
R2-1	Tucumán	-1240	52	-850	-36	-761	-41
R2-2	Tucumán	-1072	42	-682	-46	-567	-53
R2-3	Tucumán	-938	34	-548	-54	-413	-62
R3-1	Tucumán	-690	20	13	-380	187	-391
R3-2	Tucumán	-444	6	5	-140	218	-153
R3-3	Tucumán	-1	-18	7	276	290	259
R3-4	Tucumán	838	-65	6	1069	420	1045
R1	Jujuy	-1331	3	-971	-50	-897	-5
R2-1	Jujuy	-875	-44	-515	-96	-370	-59
R2-2	Jujuy	-684	-63	3	-443	178	-82
R2-3	Jujuy	-552	-77	2	-324	197	-98
R3-1	Jujuy	-296	-103	4	-97	240	-129
R3-2	Jujuy	-34	-130	12	130	289	-160
R3-3	Jujuy	387	-175	6	513	350	-211
R3-4	Jujuy	1160	-255	6	1207	470	-304
R1	Puna	-1599	45	-578	-669	4	-688
R2-1	Puna	-1288	-55	-1402	365	17	78
R2-2	Puna	-1176	-78	-1690	743	32	394
R2-3	Puna	-1174	-79	-1688	742	39	393
R3-1	Puna	-1017	-111	-2064	1244	86	808
R3-2	Puna	-994	-116	-2175	1372	39	924
R3-3	Puna	-797	-155	-2712	2066	32	1511
R3-4	Puna	-702	-175	-2950	2380	51	1773

Tabla 27. VAN de un usuario P(G/E) y de la provincia con y sin propuesta medido en USD.

Categoría	Subzona	TEA	Cantidad de usuarios que compran el equipo	VAN para la provincia en USD
R1	Tucumán	-	0	0
R2-1	Tucumán	-	0	0
R2-2	Tucumán	-	0	0
R2-3	Tucumán	-	0	0
R3-1	Tucumán	-3,02%	24.265	-9.221.385
R3-2	Tucumán	0,21%	10.211	-1.430.946
R3-3	Tucumán	3,71%	8.680	2.397.489
R3-4	Tucumán	7,72%	8.377	8.957.747
Total			51.533	702.905
R1	Jujuy	-	0	0
R2-1	Jujuy	-	0	0
R2-2	Jujuy	-3,15%	3.586	-1.589.775
R2-3	Jujuy	-1,28%	3.306	-1.069.559
R3-1	Jujuy	1,32%	3.917	-378.262
R3-2	Jujuy	3,22%	1.948	253.354
R3-3	Jujuy	5,61%	1.168	598.956
R3-4	Jujuy	8,64%	1.820	2.195.947
Total			15.745	10.661
R1	Puna	-14,06%	169	-116.184
R2-1	Puna	4,21%	92	7.162
R2-2	Puna	6,23%	49	19.306
R2-3	Puna	6,23%	29	11.383
R3-1	Puna	8,28%	25	20.208
R3-2	Puna	8,72%	24	22.183
R3-3	Puna	10,77%	14	21.152
R3-4	Puna	11,55%	13	23.045
Total			415	8.254

Tabla 28. Tasas de Interés por usuario P(G/E) y VAN agregado por subzona.

Categoría	Sin propuesta		Propuesta A + C		Propuesta A + B+ C	
	Usuario	Provincia	Usuario	Provincia	Usuario	Provincia
T1-S / Jujuy	-659	-187	1	-540	420	-567
ELEC / Jujuy	-632	-205	2	-531	425	-558
T1R / Jujuy	135	-269	21	152	765	105
Plan Estímulo / Jujuy	63	-286	16	67	719	23
T1R / Tucumán 2019	92	-80	261	54	850	11
T1R / Tucumán 2020	-173	-57	62	10	568	-27

Tabla 29. VAN de un usuario P(NG/E) y de la provincia con y sin propuesta en U\$D.

Categoría	Subzona	TEA	Cantidad de usuarios que compran el equipo	VAN para la provincia en USD
Total	Tucumán	2,62%	179.770	9.667.524
T1-S	Jujuy	-2,73%	24.550	- 13.266.558
ELEC	Jujuy	-2,34%	136	-72.321
T1-R	Jujuy	4,21%	79.091	12.014.093
Plan Estímulo	Jujuy	3,81%	27.173	1.830.453
Total	Jujuy		130.951	505.668

Tabla 30. Tasas de Interés por usuario P(NG/E) y VAN agregado por subzona.

Ahora bien, ¿Cuánto tiene que ser el precio del gas para que los usuarios amorticen el equipo solar en menor cantidad de años? Esta pregunta la intentan responder las Figuras 19, 20 y 21. Aquí se muestran los años que tienen que esperar los usuarios para que el equipo solar se amortice sin ayuda de la provincia ni del país, en función del precio del gas, para las tres subzonas analizadas.

Es notable que la categoría más alta alcanza a amortizar el equipo con precios de gas más bajos que la categoría más baja. Esto se debe a que las categorías bajas consumen relativamente poco gas natural, por lo tanto, el ahorro monetario también es relativamente menor. También se puede deducir que si sucede un shock al alza en el precio del gas (suficientemente grande como se observa en las figuras), al Estado Nacional y a la provincia les convendrá comenzar a reemplazar el subsidio de gas natural por un subsidio a la compra de calentadores solares térmicos. De esta forma se evitaría la compra de GNL importando y así ayudar a lograr la necesaria independencia energética.

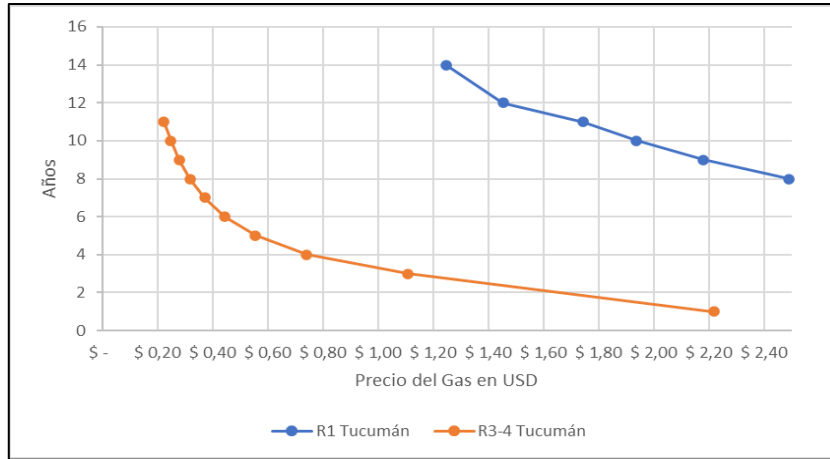


Figura 19. Años que tarda el usuario P(G/E) en amortizar el equipo solar en función del precio del metro cúbico de gas natural en Tucumán en U\$D de 2019

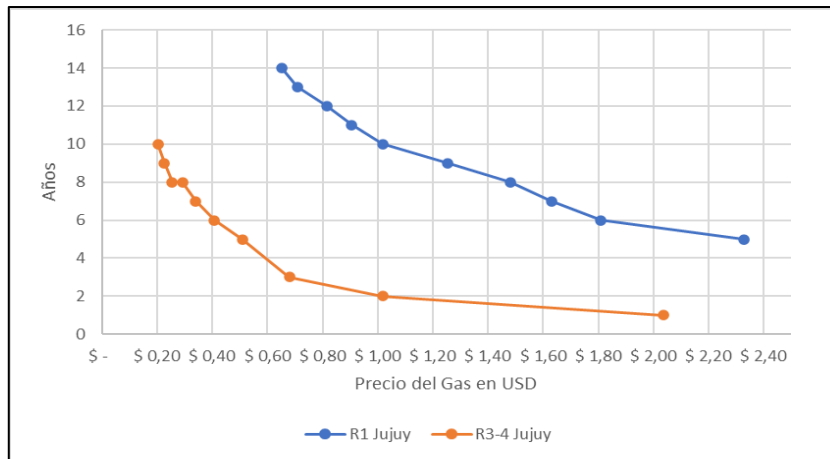


Figura 20. Años que tarda el usuario P(G/E) en amortizar el equipo solar en función del precio del metro cúbico de gas natural en Jujuy en U\$D de 2019

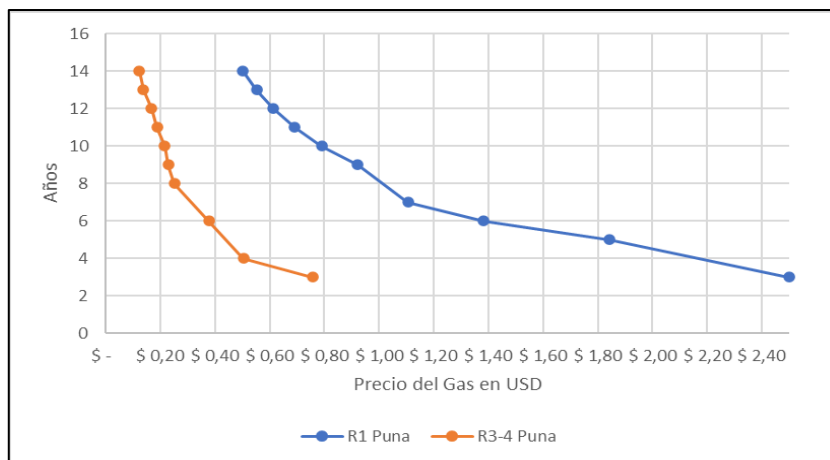


Figura 21. Años que tarda el usuario P(G/E) en amortizar el equipo solar en función del precio del metro cúbico de gas natural en la Puna en U\$D de 2019

e. Discusiones

En el presente trabajo se demostró que existen ciertas categorías de usuarios, a los que les resulta beneficioso financieramente instalar equipos solares térmicos para ACS. Además, se elaboró una propuesta de promoción provincial: exención impositiva más financiamiento para la compra de los equipos solares, considerando las inversiones por parte del usuario y la provincia; para que, de esta manera, se tome conciencia de las posibilidades tecnológicas con las que se cuentan dentro del territorio nacional. Con el objetivo primordial de bajar las emisiones de CO₂ lo más rápido y contundentemente posible dentro de sus posibilidades económicas. Así, cuando llegue el año 2050, se podrá decir que en estos tiempos hubo muchas personas, en Tucumán y Jujuy, interesadas en salvar el planeta y que tomaron medidas concretas para reducir su huella de carbono: migrando de las energías fósiles a energías limpias y renovables a partir de un esfuerzo de incentivo provincial o estatal.

Aún más, se tomó en cuenta la evolución de las emisiones de CO₂ y el precio del CSC que se podrían ahorrar por usuario según su categoría. Si bien se analizaron los ingresos directos que tendrá la provincia por la venta de los equipos solares, no se analizaron ingresos indirectos asociados a la creación de nuevos puestos de trabajo y a la comercialización e instalación de la tecnología solar, pudiendo ser estos superiores a los directos y cambiando totalmente el panorama analizado.

Desde la perspectiva Estatal, la adopción de tecnología solar térmica para calentar agua se traduce en una reducción de las importaciones de gas y el cumplimiento de metas ambientales internacionales. Además, la promoción de esta tecnología conducirá a la formación de nuevos negocios que tendrán una fuerte influencia en el mercado laboral. De manera similar, los usuarios de gas natural tendrán la ventaja de reducir sus facturas de energía y las emisiones de GEI se reducirían a nivel general.

La razón de por qué el país o el gobierno debería impulsarlos, es tanto por razones económicas como medioambientales. Por un lado, sería conveniente una intervención del Estado para racionalizar el consumo de gas, ya que a nivel nacional se ahorraría gas importado y se reduciría la necesidad de ampliar redes de distribución. Por el otro, se tiende a equilibrar la balanza comercial, a la par de estimular un importante desarrollo de una industria nacional, lo cual generaría valor agregado, empleo y una disminución de las emisiones de dióxido de carbono. Estas implicancias adicionales no fueron analizadas, pero constituyen también un valor económico importante a considerar.

Por lo discutido anteriormente, es claro que sería mucho más beneficioso para el país en general y para el sistema energético nacional, subsidiar la eficiencia y el desarrollo de la energía solar térmica en lugar de subsidiar el gas (Gil y Prieto, 2013; González, Crivelli y Gortari, 2006). Es necesario entonces que los formuladores de políticas locales y nacionales trabajen juntos, así habrá coherencia de políticas entre los diferentes niveles de gobierno y apoyo para que las ciudades accedan a esquemas de financiamiento. En

conclusión, efficientizar el uso de la energía para calentar ACS, es de gran relevancia económica, social y medioambiental.

Para futuros trabajos queda abierta la posibilidad de realizar un estudio análogo para los usuarios que utilizan gas en garrafa para el uso de ACS o también replicar el estudio para los usuarios de electricidad y gas natural de red de las demás provincias del territorio argentino teniendo las respectivas consideraciones que presentan cada contexto provincial.



5. Bibliografía

- Alatorre, J. E., Caballero, K., Ferrer, J. y Galindo, L. M. (2019). El costo social del carbono: Una visión agregada desde América Latina. *CEPAL*. Recuperado de <https://repositorio.cepal.org/handle/11362/44423>
- ANSES (2018). Obtener el subsidio del Programa Hogar [En línea]. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/servicio/obtener-el-subsidio-del-programa-hogar>
- Aranguren, Juan (2016). Conferencia de Prensa sobre la Tarifa Social eléctrica [Transcripción]. Recuperado de <https://www.minem.gob.ar/www/706/24289>
- Aranguren, Juan (1 de diciembre de 2017). Conferencia de Prensa PEST [Video]. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/noticias/se-anunciaron-cambios-en-la-tarifa-de-electricidad-y-gas-natural>
- Calentamiento global de 1,5°C (2019). Grupo Intergubernamental de expertos sobre el cambio climático (IPCC). https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/sites/2/2019/09/IPCC-Special-Report-1.5-SPM_es.pdf
- Decreto N.º 9 de 2017 [Presidencia de la Nación Argentina]. Por el cual se establece el Año de las Energía Renovables. Enero 3 de 2017. Recuperado de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/157240/20170104>
- Decreto N.º 250 de 2019 [Poder Ejecutivo de Tucumán]. Reglamento de la Ley Provincial N.º 8994 de "Generación Distribuida de Energía Eléctrica basada en energías renovables en el sector residencial, comercial e industrial". Febrero 5 de 2019. Recuperado de <https://leyes.tucuman.gob.ar/scan/scan/decretos/2019/D-250-9-MDP-05022019.pdf>
- Decreto N.º 1373 de 2019 [Poder Ejecutivo de Salta]. Sobre el Plan Sol en Casa. Septiembre 30 de 2019. Recuperado de <https://boletinoficialsalta.gob.ar/instrumento.php?cXdlnR5dGFibGE9RHwxMzczLzE5cXdlnR5>
- ENARGAS (2019). Resoluciones sobre cuadros tarifarios de gas para Jujuy y Tucumán [En línea]. Recuperado de: www.enargas.gov.ar
- ENARGAS (2021). Ampliación del Régimen de Zona Fría Ley N.º 27.637. Informe 565. Recuperado de https://codelco.org.ar/wp-content/uploads/2021/08/informe_565.pdf
- ENARGAS (2021). Tarifa Social: Evolución del Beneficio para usuarios Residenciales Total País. Informe 848. Recuperado de https://www.enargas.gov.ar/secciones/publicaciones/divulgacion-tecnica/pdf/informe_848.pdf

- GASNOR S.A. (2021). Conceptos Facturados [En línea]. Recuperado de <https://www.gasnor.com/adjuntos/paginas/17/Conceptos%20facturados.pdf>
- Gil, S. y Prieto, R. (2013). ¿Cómo se distribuye el consumo residencial de gas? Modos de promover un uso más eficiente del gas. *Petrotecnia*, vol. LIV, N.º 6, pp. 81-92. Recuperado de https://www.petrotecnia.com.ar/diciembre2013/Notas/86-93_sp.pdf
- González, A. D., Gortari, S., & Crivelli, E. (2006). Eficiencia en el uso del gas natural en viviendas unifamiliares de la ciudad de Bariloche. *Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente*, 10.
- Iannelli, L., Prieto, R. y Gil, S. (2017). Eficiencia en el calentamiento de agua sanitaria en Argentina. *Energías Renovables y Medio Ambiente Vol. 39*. pp. 21 - 29. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/320382890_EFICIENCIA_EN_EL_CALENTAMIENTO_DE_AGUA_SANITARIA_EN_ARGENTINA
- Iannelli, L. y Gil, S. (2019). ¿Cómo hacer un diagnóstico de los consumos a partir de la factura y reducir los gastos de gas? *Desarrollo Sostenible*. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/333682554_Como_hacer_un_diagnostico_o_de_los_consumos_a_partir_de_la_factura_y_reducir_sus_gastos_en_gas
- Iannelli, L., Fiora, J., Romero, P. y Gil, S. (2020). Agua Caliente Sanitaria ¿Cuáles son los modos más asequibles en Argentina? *ENARGAS*. Recuperado de <https://www.enargas.gov.ar/secciones/publicaciones/divulgacion-tecnica/pdf//agua-caliente-sanitaria.pdf>
- Instituto Nacional de Tecnología Industrial (2018). Censo Nacional Solar Térmico. Período 2017.
- Inventario Nacional de Gases de Efecto Invernadero (2017). *Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sustentable*. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/inventario-nacional-gei-argentina.pdf>
- La Producción de Hidrocarburos en Argentina. Informe Anual (2020). *Instituto Argentino de la Energía "General Mosconi"*. Editorial por Jorge Lapeña. Recuperado de <https://www.iae.org.ar/wp-content/uploads/2021/03/Informe-anual-de-hidrocarburos-2020.pdf>
- Ley Nacional N.º 23.548 de 1988. Coparticipación Federal de Impuestos. Enero 22 de 1988. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/20000-24999/21108/texact.htm>

Ley Nacional N.º 23.966 de 1991. Impuesto sobre los Bienes Personales no Incorporados al Proceso Económico. Agosto 15 de 1991. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/0-4999/365/texact.htm>

Ley Nacional N.º 25.019 de 1998. Régimen Nacional de Energía Eólica y Solar. Octubre 19 de 1998. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/50000-54999/53790/norma.htm>

Ley Nacional N.º 25.565 de 2002. Artículo 75. Sobre el Fondo Fiduciario para Subsidios de Consumos Residenciales de Gas en la región de La Puna. Marzo 19 de 2002. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/70000-74999/73048/texact.htm>

Ley Nacional N.º 26.190 de 2006. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Diciembre 27 de 2006. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/120000-124999/123565/norma.htm>

Ley Nacional N.º 27.191 de 2015. Régimen de Fomento Nacional para el uso de Fuentes Renovables de Energía destinada a la Producción de Energía Eléctrica. Modificación. Octubre 15 de 2015. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/250000-254999/253626/norma.htm>

Ley Nacional N.º 27.432 de 2017. Modificación de la Ley de Impuesto a los Créditos y Débitos en Cuenta Corriente. Diciembre 29 de 2017. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305264/norma.htm>

Ley Nacional N.º 27.424 de 2018. Régimen de Fomento a la Generación Distribuida de Energía Renovable integrada a la Red Eléctrica Pública. Diciembre 27 de 2017. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/305000-309999/305179/texact.htm>

Ley Provincial N.º 4.888 de 1996. Marco Regulatorio de la actividad eléctrica de la provincia de Jujuy. Mayo 20 de 1996. Recuperado de <http://boletinoficial.jujuy.gob.ar/?p=56465#:~:text=ARTICULO%201.,de%20la%20Provincia%20de%20Jujuy.>

Ley Provincial N.º 5.904 de 2016. Promoción y Desarrollo de la Energía Solar. Enero 25 de 2016. Recuperado de <http://boletinoficial.jujuy.gob.ar/?p=23448>

- Ley Provincial N.º 6608 de 1995. Establece que EDET SA actuará como agente de percepción de la Tasa de Inspección y Control (TIC). Mayo 18 de 1995. Recuperado de <http://ersept.gob.ar/images/Normativas/Ley6608.pdf>
- Ministerio de Energía y Minería de la Nación Argentina. Cálculo del Factor de Emisión de CO₂, de la Red Argentina de Energía Eléctrica 2019. [En línea]. Recuperado de <http://datos.minem.gob.ar/dataset/calculo-del-factor-de-emision-de-co2-de-la-red-argentina-de-energia-electrica>
- Nordhaus, W. (2014). Estimates of the social cost of carbon: concepts and results from the DICE-2013R model and alternative approaches. *Journal of the Association of Environmental and Resource Economists*, 1(1/2), 273-312.
- Nordhaus, W. D. (2017). Revisiting the social cost of carbon. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 114(7), 1518-1523. Recuperado de <https://doi.org/10.1073/pnas.1609244114>
- Renewable Energy Policy Network for the 21st Century (REN21) (28 de mayo de 2019). Renewables 2019 Global Status Report (Paris, France). Recuperado el 1 de mayo de 2020 de <https://www.ren21.net/why-is-renewable-energy-important>
- Resolución N.º 658 de 1998 [ENARGAS]. Sobre la reglamentación de los impuestos de ingresos brutos de la transportista y distribuidora de gas natural. Diciembre 1 de 1998. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/50000-54999/54629/norma.htm>
- Resolución N.º 2783 de 2003 [ENARGAS]. Establece la reglamentación del Impuesto a los Créditos y Débitos en Cuenta Corriente en la factura de gas. Enero 10 de 2003. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/80000-84999/81567/norma.htm>
- Resolución N.º 409 de 2008 [ENARGAS]. Establece la segmentación de las categorías respecto de los usuarios residenciales. Agosto 28 de 2008. Recuperado de <https://www.gasnor.com/informacion/41/resolucion-enargas-i-n409-08>
- Resolución N.º 70 de 2015 [Secretaría de Gobierno de Energía]. Establece los precios de referencia del gas licuado de petróleo. Abril 1 de 2015. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/245000-249999/245598/texact.htm>
- Resolución N.º 4343 de 2017 [ENARGAS]. Establece nuevos umbrales de consumo correspondientes a las categorías de usuarios residenciales para la Subzona Salta-Jujuy. Marzo 28 de 2017. Recuperado de <https://www.gasnor.com/informacion/76/resolucion-enargas-n-i-4343-17>
- Resolución N.º 4465 de 2017 [ENARGAS]. Metodología para la facturación del impuesto sobre el gas retenido. Recuperado de <http://servicios.infoleg.gob.ar/infolegInternet/anexos/275000-279999/275318/res4465.pdf>

- Resolución N.º 14 de 2018 [Secretaría de Gobierno de Energía]. Sobre la Tarifa Social del Gas Natural. Septiembre 26 de 2018. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-14-2018-314746/texto>
- Resolución N.º 312 de 2019 [Secretaría de Gobierno de Energía]. Reglamentación del Aporte al Fondo Fiduciario según la Ley Nacional N.º 25.565. Mayo 31 de 2019. Recuperado de <https://www.boletinoficial.gob.ar/detalleAviso/primera/208682/20190603>
- Resolución N.º 713 de 2019 [ENARGAS]. Nuevos cuadros tarifarios 2019 para GASNOR S.A. noviembre 6 de 2019. Recuperado de <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/resoluci%C3%B3n-713-2019-331383>
- Secretaría de Gobierno de Energía (2019). Manual de Generación Distribuida Solar Fotovoltaica. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/manual_de_generacion_distribuida_solar_fotovoltaica_nb2.pdf
- Secretaría de Gobierno de Energía (2019). Evolución de subsidios, oferta y demanda de energía 2015-2019. Recuperado de http://www.energia.gob.ar/contenidos/archivos/Reorganizacion/sintesis_balance/2019-11-20_SE_Subsidios_oferta_y_demanda_de_energia_Argentina_2015-2019_dist.pdf
- SIEMPRO (mayo de 2020). Informe de diagnóstico Jujuy. Recuperado de https://www.argentina.gob.ar/sites/default/files/20.07.08informe_jujuy.pdf
- Statista Research Department (11 de marzo de 2020). Statistics on greenhouse gas and CO2 emissions in Switzerland. Recuperado el 1 de mayo de 2020 de <https://de.statista.com/themen/5533/treibhausgasemissionen-in-der-schweiz/>
- Ürge-Vorsatz, D., Eyre, N., Graham, P., Harvey, D., Hertwich, E., Jiang, Y., Kornevall, C., Majumdar, M., McMahon, J. E., Mirasgedis, S., Murakami, S., Novikova, A., Janda, K., Masera, O., McNeil, M., Petrichenko, K., & Herrero, S. T. (2012). Energy End-Use: Buildings. In T. B. Johansson, A. Patwardhan, N. Nakicenovic, & L. Gomez-Echeverri (Eds.), *Global Energy Assessment: Toward a Sustainable Future* (pp. 649-760). Cambridge University Press.
- Weiss, W & Spörk-Dür, M. (2019). Solar Heat Worldwide, Edition 2020. *Global Market Development and Trends in 2019*. Recuperado de <https://www.iea-shc.org/Data/Sites/1/publications/Solar-Heat-Worldwide-2020.pdf>