

VALES CALCHAQUÍES SALTEÑOS: TARIFAS, INFLAÇÃO E POTENCIAL ENERGÉTICO, SOLUÇÕES TECNOLÓGICAS COM APLICAÇÃO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS

Andrés Emanuel **DÍAZ**

Universidade Nacional de Salta, campus de Salta.

E-mail: andresmadara86@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-1478-6000>

Haitham Othman Saeed Thabit **AI HAKEMI**

Universidade Nacional de Salta (UNSa), campus de Salta.

E-mail: haithamalhakemi@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0009-0002-4000-9774>

Nicolas Di **LALLA**

Universidade de Salta (UNSa), campus de Salta.

E-mail: ndilalla@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-5419-4398>

Alejandro Luis **HERNÁNDEZ**

Universidade de Salta (UNSa), campus de Salta.

E-mail: alejoher65@gmail.com

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9808-3972>

*Recebido
Julho de 2024*

*Aceito
Dezembro de 2024*

*Publicado
Janeiro de 2025*

Resumo: Apresenta-se um artigo sobre os estudos energéticos e habitacionais dos Vales Calchaquíes Salteños. Foram analisadas as localidades de La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos e Cafayate. Diante da crise energética argentina, elétrica e de gás, além da alta inflação de preços anual, propõem-se soluções com fontes de energia renovável. Foram desenvolvidos protótipos de fogão solar indireto, aquecedor a gás e coletor solar de ar com materiais reciclados. Um sistema fotovoltaico de 5 kW para uma família típica. Aplicando simultaneamente SiSOL e SunScanBID, obtemos os potenciais energéticos dos Vales Calchaquíes. Os resultados indicaram economias elétricas da ordem de 72% a 74% ao ano.

Entre 174 kg e 183 kg de gás envasado em garrafa de economia anual. Além disso, 3 kWh/°C de fogão solar e o coletor de ar para aquecimento entre 5,6 kWh e 6,7 kWh. Recomenda-se o uso dessas fontes de energia renovável para enfrentar os problemas críticos dos aumentos tarifários de energia.

Palavras-chave: Vales Calchaquíes Salteños; Crise de energia; Protótipos de energia renovável.

VALLES CALCHAQUÍES SALTEÑOS: RATES, INFLATION AND ENERGY POTENTIAL, TECHNOLOGICAL SOLUTIONS APPLYING RENEWABLE ENERGIES

Abstract: The following article is about the energy and housing studies of the Calchaquíes Salteño Valleys. We analyzed the towns of La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos, and Cafayate were analyzed. Given the Argentine energy crisis, electricity, and gas, plus the high annual price inflation, solutions are proposed with renewable energy sources. Using recycled materials, we developed prototypes of indirect solar cookers, heaters, and solar air collectors. A 5KW photovoltaic system for a typical family. By simultaneously applying SiSOL and SunScanBID, we obtain the energy potentials of the Calchaquíes Valleys. The results gave electrical savings of around 72% to 74% annually. Between 174 kg and 183 kg of gas packaged in an annual savings bottle. Added to this is 3 KWh/°C of solar cooking and the air collector to heat between 5.6 KWh and 6.7 KWh. These renewable energy sources are recommended to solve critical energy tariff problems.

Keywords: Calchaquíes Salteño Valleys; Energy crisis; Renewable Energy Prototypes.

VALLES CALCHAQUÍES SALTEÑOS: TARIFAS, INFLACIÓN Y POTENCIAL ENERGÉTICO, SOLUCIONES TECNOLÓGICAS APLICANDO ENERGÍAS RENOVABLES

Resumen: Se presenta un artículo sobre los estudios energéticos y habitacionales de los Valles Calchaquíes Salteños. Se analizaron las localidades de La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos y Cafayate. Ante la crisis energética Argentina, eléctrica y de gas, más la alta inflación de precios anual, se proponen soluciones con fuentes de energía renovables. Se desarrollaron prototipos de cocina solar indirecta, calefón y colector solar de aire con materiales reciclados. Un sistema fotovoltaico de 5KW para una familia tipo. Aplicando simultáneamente SiSOL y SunScanBID obtenemos los potenciales energéticos de los Valles Calchaquíes. Los resultados dieron ahorros eléctricos del orden de los 72 % al 74% anuales. Entre 174 kg y 183 kg de gas envasado en garrafa de ahorro anual. Sumado a esto 3 KWh/°C de cocina solar y el colector de aire para calefaccionar entre 5,6 KWh hasta los 6,7 KWh. Se recomienda el uso de estas fuentes de energías renovables para solventar los problemas críticos de tarifazos energéticos.

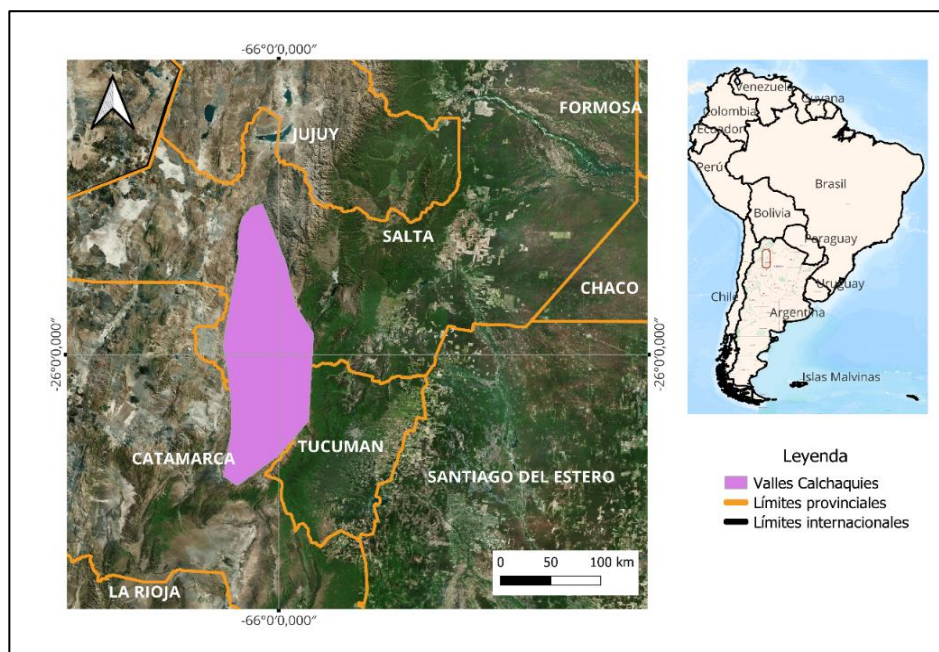
Palabras clave: Valles Calchaquíes Salteños; Crisis energética; Prototipos de Energías Revovables.

INTRODUCCIÓN

Los Valles Calchaquíes forman un sistema de valles y montañas en el noroeste de Argentina, que se extienden por aproximadamente desde La Poma en Salta hasta Punta de Balasto en Catamarca al sur (aproximadamente 248 km), desde las sierras del Cajón hasta la

cadena montañosa de San Francisco (aproximadamente 40 Km) y las sierras del Aconquija en el este (aproximadamente 54 Km). Cerrando así el circuito desde la Cumbre Calchaquíes (Tafí del Valle) hasta La Poma aproximadamente 214 Km, como se muestra en Figura 1. Los departamentos de la provincia de Salta que integran los Valles Calchaquíes son: La Poma, Molinos, Cachi, San Carlos y Cafayate. Finalmente, la provincia de Tucumán con el departamento de Tafí del Valle y la Provincia de Catamarca con el departamento de Santa María, terminan de integrar los Valles Calchaquíes (Scmigiana, 1970).

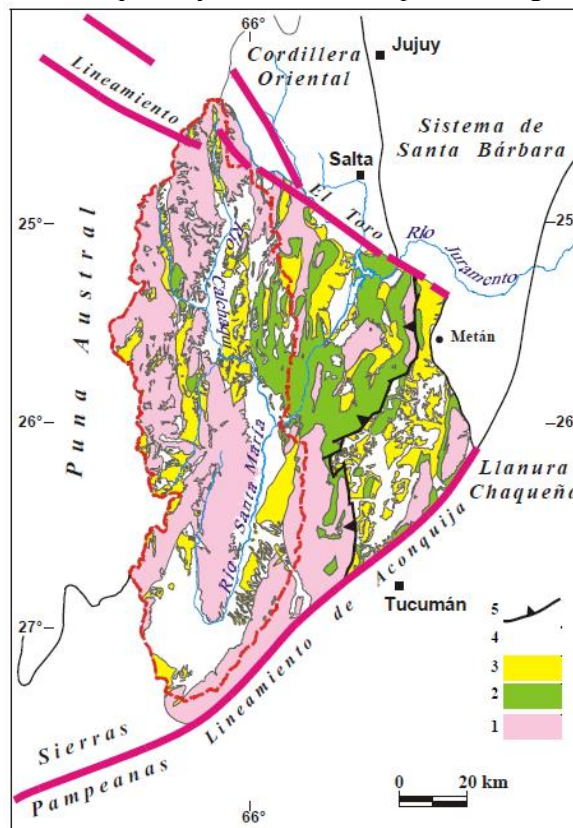
Figura 1 - Ubicación de los Valles Calchaquíes



Fuente: Elaborado por los autores (2024).

El Valle Calchaquí es una depresión tectónica de primer orden emplazada entre dos destacadas provincias geológicas: la Cordillera Oriental por el norte y las Sierras Pampeanas por el sur. Su borde oeste limita con la Puna Austral (Alonso, 1984), y por el norte y por el sur está definitivamente señalado por lineamientos continentales (Figura 2) (Salfity, 2004). La ubicación del Valle Calchaquí en una región intermedia entre la Cordillera Oriental y las Sierras Pampeanas indujo a variadas interpretaciones sobre su posición morfoestructural. De este modo, el Valle Calchaquí fue considerado como integrando una unidad morfoestructural de transición que Baldis *et al.* (1976) denominaron Cumbres Calchaquíes, concebida como una extensión austral de la Cordillera Oriental en el sentido de Turner (1972).

Figura 2 - Mapa geológico de Calchaquenia y sus límites con provincias geológicas circundantes.



- 1) basamento (Proterozoico Superior-Paleozoico Inferior), 2) Grupo Salta (Cretácico-Paleógeno), 3) Grupos Payogastilla, Santa María y Oran (Neógeno), 4) Depósitos fluviales, lacustres y eólicos (Cuaternario), 5) Corrimiento Oclóyico. líneas entrecortadas: límites de la cuenca hídrica del Valle Calchaquí.

Fuente: Mon y Salfity (1995); Salfity y Monaldi (1998); Salfity (2004).

Baldis *et al.* (1975) también definieron las Sierras Subandinas Tucumanas, serranías ubicadas al este de las Cumbres Calchaquíes entre el corrimiento Oclóyico y el lineamiento de Aconquija (Figura 2). A su vez, Cumbres Calchaquíes y Sierras Subandinas Tucumanas fueron consideradas, total o parcialmente, como integrando el segmento austral del Sistema de Santa Barbara (Rolleri 1976), también como el sur de la Cordillera Oriental (Gonzalez y Mon 1996), el norte de las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Camino, 1979) y el sudoeste de las Sierras Subandinas (Mingramm *et al.* 1979).

La múltiple adjudicación de esta región a tan diversas provincias geológicas no aportó certidumbre sobre su posición y su identidad morfoestructural. En verdad, su composición geológica y sus características estructurales invitan a reiterar la tesis de Baldis *et al.* (1976) y a considerarla -con ciertas variantes- como una entidad morfoestructural independiente, susceptible de distinguirse de las provincias geológicas adyacentes. Para obviar la sinonimia entre Cumbres Calchaquíes (provincia geológica) Cumbres Calchaquíes (unidad orográfica) sugerimos distinguir esta provincia geológica con el nombre de Calchaquenia (Figura 2), cuyos

límites propuestos son: al norte la Cordillera Oriental mediante el lineamiento de El Toro, al sur las Sierras Pampeanas mediante el lineamiento de Aconquija, al oeste la Puna Austral y al este el tramo austral del Sistema de Santa Bárbara, en este caso la depresión de Metán situada al sur del río Juramento. De este modo, la mitad occidental de Calchaquenia se integra por el Valle Calchaquí y toda su cuenca imbrífera, y la mitad oriental por las serranías -incluidas las Sierras Subandinas Tucumanas- y depresiones ubicadas entre dicha cuenca y la depresión de Metán.

Crisis Energética en Argentina

En nuestro país la crisis energética ha aumentado exponencialmente tras la quita de subsidios a la energía eléctrica. En nuestra provincia los aumentos promedios son del 68 por ciento, según la categoría y consumo de la luz, lo cual lleva el costo total de las tarifas desde un mínimo de 8 mil pesos a un máximo de 29 mil pesos para quienes utilicen al menos 250 KWh por mes. En las tarifas del agua el aumento ronda más de un 330 por ciento (Pagina12, 2024). Esto es insostenible para la clase media y clase baja ya que afrontan no solo el aumento de los servicios energéticos sino la alta inflación. Los precios al consumidor aumentaron un 11% en el tercer mes del año y acumulan un alza de 287,9% interanual (INDEC, 2024).

En Argentina, el 46,3% de la población se abastece de gas de garrafa y a granel o en tubo para cocinar, pasando a representar la segunda fuente de provisión domiciliaria después del gas natural por red. Esto significa que casi la mitad de los hogares argentinos utilizan garrafas como fuente principal de combustible para cocinar. (Energía, 2022). Esto representa aproximadamente 22.167.790 personas que viven en hogares en los que se utiliza principalmente la red de gas para cocinar en el día a día. Alrededor del 43,9%, unas 20.034.720 de personas utiliza mayormente gas de garrafa (Enargas, 2022). En algunas provincias, la participación de este formato de combustible supera el 80%. Siendo la jurisdicción de La Pampa con el 89,7% la de mayor porcentaje de utilización de gas en garrafa, seguido por Chubut 86%, Neuquén 83,8%, Río Negro 82% y Tierra del Fuego 81,6%. Por su parte, la provincia de Salta cuenta con un 2,99% de la población total abastecida con gas por redes. El total de usuarios residenciales conectados a la red de gas es de 192.017. Esto representa 14 de los 23 departamentos en la provincia que tienen acceso a la red de gas natural. En cuanto al gas en garrafa el 49,3% de los hogares salteños no tiene acceso a la red de gas y utiliza garrafas para cocinar. Mientras que el 50,7% de las viviendas en Salta cuenta con gas de red o electricidad para cocinar. El consumo promedio mensual residencial en la provincia es de 63 m³. En el otro extremo, la provincia de Formosa tiene apenas el 0,87% de la población que utiliza gas de red

para cocinar. Apenas por encima figuran Corrientes, Chaco y Misiones. Es importante destacar que el acceso a la red pública de gas varía significativamente entre las diferentes jurisdicciones del país. Mientras que algunas provincias tienen una alta proporción de población con acceso al gas natural, otras dependen en gran medida de las garrafas como fuente de combustible para cocinar.

Hacia la Transición Energética

El crecimiento de las energías renovables es un proceso impulsado por políticas destinadas a mejorar la seguridad energética, la protección del clima y fomentar el desarrollo económico (Benedek, 2018). Las fuentes de Energías Renovables contribuyen a la sostenibilidad de áreas específicas. Antes del año 2000, el desarrollo energético sostenible se analizaba en siete áreas: recursos energéticos y desarrollo, evaluación de la eficiencia, tecnologías de aire limpio, tecnologías de la información, recursos nuevos y de energías renovables, capacidades ambientales y mitigación de la amenaza de la energía nuclear al medio ambiente. Luego, se elaboró un indicador de sostenibilidad para las fuentes de energías renovables. El uso de las energías renovables, especialmente en territorios rurales, el desarrollo de la cadena de valor de la energía local y sus impactos positivos se han destacado a través de estudios de casos. Además, las energías renovables proporcionan una amplia variedad de beneficios socioeconómicos y ambientales, como empleo y bienestar local, generación de ingresos, mitigar el envejecimiento de la población en las zonas rurales, diversificación de las actividades económicas rurales, aumento de la riqueza social. cohesión, uso de recursos endógenos, mitigación del cambio climático y creación de un medio ambiente más saludable mediante el uso de tecnologías de energía limpia (Diaz *et. al.*, 2022). En este artículo nos concentraremos en el aporte de las fuentes de energías renovables solar y su aplicación en los calefones solares, colectores de aire para calefacción, sistemas fotovoltaicos y cocina solar indirecta.

El calentamiento solar del aire ha despertado gran interés en la comunidad, debido a que se trata de una aplicación de bajo costo, simple y requiere mínimo mantenimiento. A lo largo de los años, diversos prototipos de colectores fueron diseñados, modelados matemáticamente y ensayados experimentalmente. Hoy en día, existen muchas configuraciones de colectores solares calentadores de aire, diferenciadas por la manera en que circula el aire en su interior. Y en la forma y disposición del elemento de captación solar (placas planas, corrugadas, tubos cilíndricos, caños rectangulares, etc.). El colector solar calentador de aire es un dispositivo diseñado para calentar aire aprovechando la energía solar. Las temperaturas máximas del aire

de salida son de 60 °C aproximadamente al medio día solar (Diaz A. *et. al.*, 2022). En comparación con los edificios urbanos, las casas rurales se construyen sobre la base de experiencias previas, carecen de orientación científica en el diseño arquitectónico y no consideran la estructura del ahorro de energía, lo que da como resultado que las casas rurales tengan un aislamiento térmico deficiente y un mayor consumo de energía en comparación con los edificios urbanos. Por lo tanto, resolver los problemas del alto consumo de energía en las viviendas rurales de zonas frías de Salta ha sido un tema de extrema importancia en la investigación actual.

En la actualidad se han diseñado y ensayado numerosos prototipos de colectores solares calentadores de aire por convección natural, o forzada, entre los que se cuentan los colectores de paso simple, de doble flujo paralelo, doble paso en contracorriente con y sin matriz porosa para potenciar la transferencia de calor hacia el aire, con baffles y aletas adosadas al absorbedor, entre otros (Hernández *et al.*, 2015). Una alternativa conveniente es la de utilizar, como material absorbente, una matriz porosa. Las ventajas de este material son el incremento del área de transferencia de calor entre el absorbedor y el aire y el aumento del coeficiente de transferencia de calor convectivo debido al incremento de la turbulencia generada en el flujo por las hebras de la matriz (Diaz, 2022). Las condiciones de funcionamiento de un colector calentador de aire pueden variar instantáneamente de acuerdo con el estado térmico de la vivienda y a las condiciones climáticas del lugar. Por lo tanto, el encendido y apagado del equipo solar puede llegar a ser una tarea tediosa para el usuario y transformarse en una barrera para su transferencia. Para evitar estas complicaciones y mejorar las condiciones del uso del funcionamiento Quiñones *et al.* (2019) diseñaron un sistema de control automático que permite encender el equipo bajo ciertas condiciones de funcionamiento y apagarlo cuando sea necesario.

La capacidad de generación eléctrica con fuentes de energías renovables en Argentina en 2022 fue de 15.076 MW, de los cuales 2.030 MW corresponden a fuentes de energía solar fotovoltaica. La proporción de energía renovable en la capacidad eléctrica Argentina para dicho año fue del 34,7% (Irena, 2023). La energía es un requisito indispensable para lograr el desarrollo económico de un país. En el contexto rural, el aumento del acceso a servicios energéticos modernos, como combustibles modernos para cocinar, cocinas mejoradas, producción sostenible de biomasa y suministro de electricidad, está directamente asociado con la vida de los residentes locales. El uso de leña y queroseno contribuye a la contaminación del aire interior, precipitando a menudo enfermedades respiratorias e incluso muertes (Kim, 2018). Un mayor acceso a servicios de energía sostenible elevará el nivel de vida de la población local al permitir ampliar las actividades comerciales y educativas durante la noche. Los proyectos de

electricidad rural existentes han utilizado en gran medida generadores diésel, la generación de energía basada en combustibles fósiles no es sostenible desde el punto de vista económico ni ambiental y no está alineada con la transición hacia una economía baja en carbono de la sociedad global. Destacando el rápido desarrollo tecnológico, este estudio busca la configuración óptima del sistema energético para la electrificación rural teniendo en cuenta los sistemas de almacenamiento de energía y la energía solar. Varios estudios han examinado la rentabilidad de las nuevas opciones tecnológicas. Los investigadores han confirmado que las opciones renovables tienen viabilidad económica en países en desarrollo como Irán, Colombia, Tailandia, Malasia, India, etc.

La madera, la biomasa y los combustibles fósiles se utilizan a gran escala como combustible para cocinar en todo el mundo. Estos elementos no sólo causan peligros ambientales, sino que también conducen a una rápida deforestación, calentamiento global y agotamiento de los recursos naturales, son resultados de las actividades humanas (Di Lalla, 2022; Noman, 2019). En muchas regiones áridas para satisfacer las actividades domésticas diarias como ser: la obtención de agua caliente, la calefacción y la cocción de alimentos, el único recurso disponible es la ya escasa biomasa del lugar. Y su continua, e indiscriminada, utilización acelera la degradación ambiental, incrementando de esta manera la desertificación de los entornos (Abdela, 2019). En países pobres la quema del combustible para la realización de tareas domésticas se realiza en fogones internos ineficientes, actividad que pone en grave riesgo a la salud de sus habitantes (OMS, 2022). El Noroeste argentino no queda exento a estas problemáticas, y en particular dichas regiones se caracterizan por valores promedios de insolación que superan los 6 KWh/m² (Grossi Gallegos *et al*, 2007). El aprovechamiento de este recurso renovable, para realizar las mencionadas actividades diarias, podría ser una herramienta fundamental para mejorar la calidad de vida de sus pobladores, ayudando además a mitigar el cambio climático y los perjuicios que este provoca. Para resolver estos problemas, las agencias ambientales están trabajando arduamente en la búsqueda de soluciones amigables con el clima. Incluso los países con mayor consumo de energía propusieron utilizar fuentes de energía renovables en lugar de combustibles fósiles. Para superar los problemas y las crisis energéticas de Argentina, antes mencionados, cocinar con recursos de energía renovables, como la energía solar, es una posible solución.

El agua caliente representa un insumo de extrema importancia en viviendas, escuelas y también en edificios de servicio público, como hospitales, clubes y sedes de las administraciones nacionales, provinciales y municipales, teniendo diversos usos como la higiene personal, la limpieza, el lavado, necesidades básicas que impactan sobre la calidad de

vida. A nivel mundial se ha convertido en el segundo uso energético doméstico en importancia, después de la calefacción y la refrigeración, con un crecimiento del 3,3 % anual y, a esa tasa, en los próximos 20 años el consumo se duplicará (IEA, 2023). En comparación con los edificios urbanos, las casas rurales se construyen sobre la base de experiencias previas, carecen de orientación científica en el diseño arquitectónico y no consideran la estructura del ahorro de energía, lo que da como resultado que las casas rurales tengan un aislamiento térmico deficiente y un mayor consumo de energía en comparación con los edificios urbanos (Tian, 2023).

Resolver los problemas del alto consumo de energía en casas rurales en zonas frías de Argentina ha sido un tema candente en la investigación actual. El mayor y más sencillo aprovechamiento de la energía solar es la conversión directa de la luz solar en calor a baja temperatura. La tecnología de calentamiento solar de agua no es nueva en Argentina sino todo lo contrario: es una tecnología madura, luego de más de treinta años de desarrollo de tecnología industrial, durante los cuales los diseñadores y fabricantes argentinos han acumulado valiosas experiencias. En Argentina existen cuatro tipos de colectores: colectores de tubos de vacío, colectores de tubos de vacío heatpipes, y colectores de placa plana. Veitzman (2015) expresa que su uso, en particular en el Noroeste argentino “tiene el doble beneficio de generar ahorros de un suministro crítico como el caso del gas y tener, al mismo tiempo, un impacto social importante al permitir ahorros económicos en la población con menos recursos que hoy utiliza garrafas para el calentamiento de agua.” El recurso solar en Argentina ha sido medido en los años 70 y 80 a través de un subsidio de la OEA y con el apoyo de la entonces Secretaria de Ciencia y Tecnología de la Nación. En 1978 el grupo dirigido por el Dr. H. Grossi Gallegos, comenzó la instalación de una red solarimétrica que en el año 1985 llegó a contar con 41 estaciones de medición diaria de la radiación solar global distribuidas en el territorio nacional, a las que deben agregarse otras 3 operando en Bolivia y 2 en Paraguay en calidad de préstamo como consecuencia de sendos convenios. Una encuesta sobre el lugar de instalación de los sistemas solares existentes para calentamiento de agua sanitaria identifica la distribución actual de equipos calefactores en las siguientes zonas de Argentina: 35% a la Región Noroeste y 22% al Nordeste. La Región Pampeana recibe el 21%, 15% se instalan en la Región Nuevo Cuyo y el 7% va a la Región Patagónica (Veitzman, 2015).

Nuestro equipo de investigación proponemos la elaboración de un dispositivo a partir de materiales baratos, resistentes y de fácil acceso. De cuyo diseño y construcción resulten eficiencias aceptables. En este trabajo mostramos como con materiales y elementos no muy caros, se puede elaborar un sistema de calentamiento de agua por energía solar que, a diferencia de los convencionales, trabaja por recirculación forzada. Publicaciones muy anteriores

mostraban como incorporar una bomba de recirculación puede llegar a mejorar entre un 30 y un 80% la eficiencia térmica de un calentador de agua solar termosifónico. Pero históricamente incorporar un sistema de recirculación forzada generaba un incremento excesivo de los costos. Hoy día, con la gran baja de los precios de la energía fotovoltaica (IEA, 2024), y la mejora en la eficiencia de bombas de muy baja potencia, se pueden obtener sistemas recirculados de costos muy aceptables.

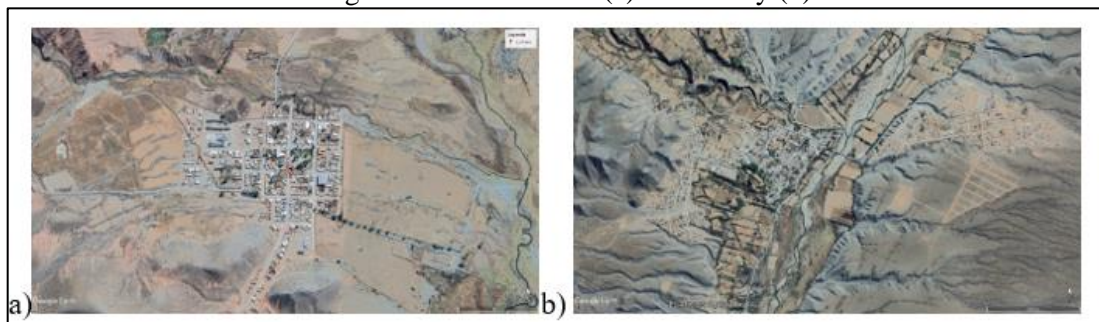
METODOLOGÍA

En el presente artículo analizaremos y nos enfocaremos en los Valles Calchaquíes Salteños. Los mismos están formados por los departamentos de La Poma, Molinos, Cachi, San Carlos y Cafayate. Utilizamos Google Earth Pro y QGIS para mostrar las localidades a analizar. En la primera parte se analizará rigurosamente cada uno de los departamentos y sus localidades en forma energética, calculando el potencial energético, en Mega Julios (MJ), de cada localidad para su implementación de las energías renovables. Para ello aplicaremos dos programas, el SiSOL (Sisol salta, 2024) y el SunScanBID (iadb, 2024). La segunda parte consiste en proponer las soluciones energéticas renovables, aplicando los prototipos desarrollados por nuestro equipo de investigación (sistemas fotovoltaicos, calefones solares, colectores calentadores de aire y cocina solar indirecta).

Localidad de La Poma

La Poma está situada a más de 3.022 msnm, su ubicación es Latitud $-24,72^\circ$ y Longitud $-66,20^\circ$ (Figura 3a), está a 194 km (3h 45min en automóvil) de Salta Capital. La localidad tiene un total de 528 viviendas particulares, de las cuales 481 son Casas, 29 son Ranchos, 15 Piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 2 Departamentos y una vivienda móvil (CENSO, 2022). De acuerdo con el último censo nacional la jurisdicción cuenta con una población de 1.789 personas. Su superficie es de 4.004 Km^2 y una densidad habitacional del $0,4 \text{ Hab/km}^2$.

Figura 3 - Localidad de (a) La Poma y (b) Cachi



Fuente: Elaborado por los autores (2024).

De los 549 hogares, 81 viviendas tienen cloaca, 148 a cámara séptica y pozo ciego, 199 solo a pozo ciego, 93 a hoyo, excavación en la tierra y 28 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia del agua, 304 hogares son de la red pública (agua corriente), 9 perforación con bomba a motor, 5 perforación con bomba manual, 32 pozo sin bomba, 180 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 19 de otra procedencia. En cuanto al combustible utilizado principalmente para cocinar, 162 hogares cocinan a Leña o carbón, 345 con gas en garrafa, 37 gas de red, 3 gas en tubo o en granel (zeppelin), 1 usa electricidad y 1 otro combustible. Del total de los habitantes 1,084 tienen celular con internet y 705 no tiene celular con internet.

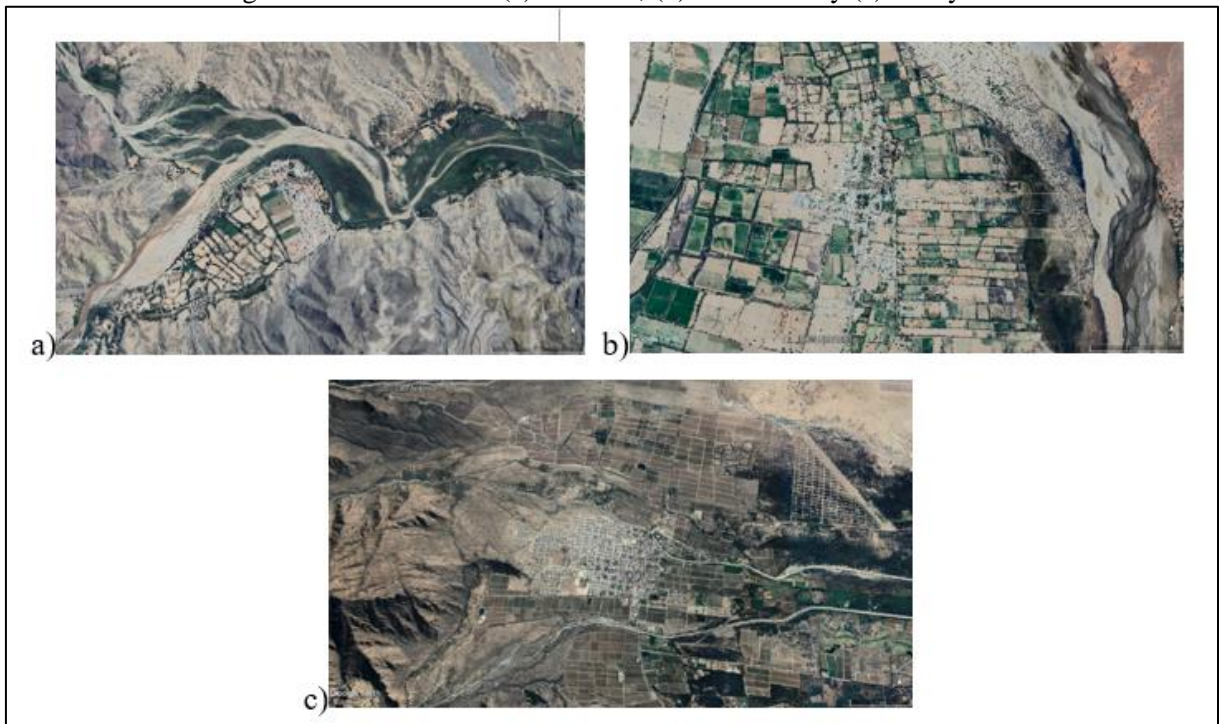
Localidad de Cachi

El origen y el significado de Cachi todavía se discute, en idioma quechua la palabra Cachi significa Sal pero no se puede explicar su razón, se cree que haya sido un depósito de este producto en épocas prehispánicas. Otra etimología de la palabra proviene de la lengua de los antiguos diaguitas de donde “Kak” significa peñón, piedra, roca y “chi”, silencio, soledad. Otra versión habla de un vocablo Atacameño que significa Valle Hermoso. Cachi se encuentra en el sector norte de los Valles Calchaquíes, al pie del Nevado de Cachi que la flanquea por el oeste y a orillas del río Calchaquí. Su altitud es de 2.531 msnm. Su ubicación es Latitud $-25^{\circ} 7'12,85''$ y Longitud $-66^{\circ} 9'44,99''$ (Figura 3b), está a 155 km (3h 18min en automóvil) de Salta Capital. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de Cachi tiene una superficie de 2.847 Km² y una población de 8.948 habitantes, lo que una densidad poblacional de 3,1 Hab/Km². La localidad tiene un total de 2.625 hogares, de los cuales 2.408 son casas, 87 ranchos, 23 casillas, 20 departamentos, 81 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 3 locales no construido para habitación ocupados y 3 viviendas móviles. Del total de los hogares, 928 hogares tienen acceso a la cloaca, 738 a la cámara séptica y pozo ciego, 842 solo a pozo ciego, 66 a hoyo, excavación en la tierra y 128 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua, 2.037 hogares son de la red pública (agua corriente), 105 perforación con bomba a motor, 8 perforación con bomba manual, 21 pozo sin bomba, 428 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 103 de otra procedencia. Del total de los hogares en el departamento de Cachi, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 422 hogares cocinan a Leña o carbón, 2.147 con gas en garrafa, 70 gas de red, 18 gas en tubo o en granel (zeppelin), 44 usa electricidad y 1 otro combustible. Del total de los habitantes cacheños 6.894 tienen celular con internet y 2.034 no tiene celular con internet.

Localidad de Molinos

La localidad de Molinos está a 116 km de Cafayate, y a 92 km de San Carlos, es una población serrana de los Valles Calchaquíes, fundada a mediados del siglo XVII, en la confluencia de los ríos Humanao y Luracatao, que forman el Molino. Se encuentra en el centro del Valle Calchaquí. Sus coordenadas geográficas lo sitúan en Latitud - 25°26'19,92" y Longitud - 66°17'31,70"(Figura 4a).

Figura 4 - Localidad de (a) Molinos, (b) San Carlos y (c) Cafayate



Fuente: Elaborado por los autores (2024).

Su altitud es de 2.020 msnm. Está a 179 km (4h 23min en automóvil) de Salta Capital. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de Molinos tiene una superficie de 3.716 Km² y una población de 5.820 habitantes, lo que una densidad poblacional de 1,6 Hab/Km². La localidad tiene un total de 1.547 hogares, de los cuales 1.348 son casas, 116 ranchos, 4 departamentos, 21 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión y 1 local no construido para habitación ocupados. Del total de los hogares en Molinos, 441 hogares tienen acceso a la cloaca, 440 a la cámara séptica y pozo ciego, 510 solo a pozo ciego, 38 a hoyo, excavación en la tierra y 118 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua de Molinos, 982 hogares son de la red pública (agua corriente), 61 perforación con bomba a motor, 5 perforación con bomba manual, 25 pozo sin bomba, 449 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 25 de otra

procedencia. Del total de los hogares en el departamento de Molinos, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 530 hogares cocinan a Leña o carbón, 991 con gas en garrafa, 5 gas de red, 7 gas en tubo o en granel (zeppelin), 14 usa electricidad y 1 otro combustible. Del total de los habitantes Molineses 4.643 tienen celular con internet y 1.165 no tiene celular con internet.

Localidad de San Carlos

Se encuentra en el extremo suroeste del Valle Calchaquí. Sus coordenadas geográficas lo ubican en Latitud $-25^{\circ}52'58,16''$ y Longitud $-65^{\circ}55'37,14''$ (Figura 4b). Al norte limita con los departamentos Molinos, Cachi y Chicoana; al este, los de Chicoana, La Viña y Cafayate; al sur, Cafayate y la provincia de Catamarca y al oeste la provincia de Catamarca y el departamento de Molinos. La localidad de San Carlos está a 20 km de Cafayate, y a 190 km de Salta capital (3h 30min en automóvil), su altitud es de 1.629 msnm. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de San Carlos tiene una superficie de 5.532 Km² y una población de 7.798 habitantes, lo que una densidad poblacional de 1,4 Hab/Km². La localidad tiene un total de 2,324 hogares, de los cuales 1,923 son casas, 287 ranchos, 13 casillas, 16 departamentos, 46 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 29 local no construido para habitación ocupados y 10 viviendas móviles. Del total de los hogares en San Carlos, 1.206 hogares tienen acceso a la cloaca, 352 a la cámara séptica y pozo ciego, 457 solo a pozo ciego, 207 a hoyo, excavación en la tierra y 102 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua de San Carlos, 1.354 hogares son de la red pública (agua corriente), 249 perforación con bomba a motor, 7 perforación con bomba manual, 30 pozo sin bomba, 498 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 186 de otra procedencia. Del total de los hogares en Molinos, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 488 hogares cocinan a Leña o carbón, 1.759 con gas en garrafa, 17 gas de red, 18 gas en tubo o en granel (zeppelin), 35 usa electricidad y 7 otro combustible. Del total de los habitantes Carlenses 6.129 tienen celular con internet y 1.650 no tiene celular con internet.

Localidad de Cafayate

Se encuentra en el sur del Valle Calchaquí. Sus coordenadas geográficas lo ubican en Latitud $-26^{\circ} 4'4,48''$ y Longitud $-65^{\circ}58'45,08''$ (Figura 4c). Al norte limita con los departamentos Guachipas y La Viña; al oeste con el departamento de Molinos; al este con el

departamento de la Candelaria; al sur con las provincias de Tucumán y Catamarca. La localidad de Cafayate está a 189 km de Salta capital (3h 18min en automóvil), su altitud es de 1.625 msnm. De acuerdo con el censo nacional del 2022, el departamento de Cafayate tiene una superficie de 1.551 Km² y una población de 17.829 habitantes, lo que una densidad poblacional de 11,5 Hab/Km². La localidad tiene un total de 5.183 hogares, de los cuales 4.515 son casas, 98 ranchos, 36 casillas, 278 departamentos, 250 piezas ocupadas en inquilinato, hotel familiar o pensión, 5 local no construido para habitación ocupados y 1 vivienda móvil. Del total de los hogares en Cafayate, 4.421 hogares tienen acceso a la cloaca, 356 a la cámara séptica y pozo ciego, 292 solo a pozo ciego, 24 a hoyo, excavación en la tierra y 90 hogares sin desagüe y descarga de agua del inodoro. En cuanto a la procedencia y provisión del agua de Cafayate, 4.663 hogares son de la red pública (agua corriente), 260 perforación con bomba a motor, 16 perforación con bomba manual, 12 pozo sin bomba, 171 transportada por cisterna, agua de lluvia, río, canal, arroyo o acequia y 61 de otra procedencia. Del total de los hogares en Cafayate, los combustibles utilizados principalmente para cocinar son; 274 hogares cocinan a Leña o carbón, 4.498 con gas en garrafa, 25 gas de red, 125 gas en tubo o en granel (zeppelin), 253 usa electricidad y 8 otro combustible. Del total de los habitantes Cafayateños 15.734 tienen celular con internet y 2.088 no tiene celular con internet.

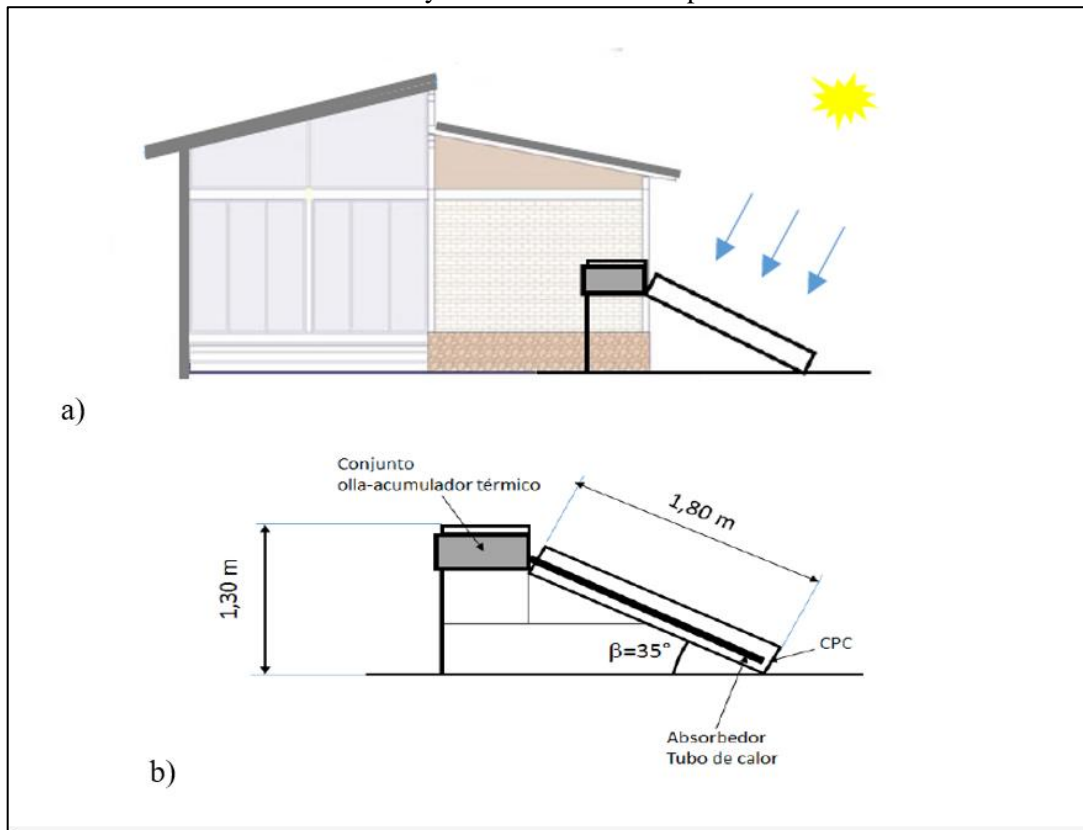
PROTOTIPOS DESARROLLADOS DE FUENTES RENOVABLES

Cocina Solar Indirecta

Como es sabido, desde hace décadas se han propuesto sistemas de cocción solar directos. Entre estos sistemas tenemos las cocinas solares del tipo caja y las cocinas solares que utilizan concentradores parabólicos de revolución. Si bien se han producido mejoras en las prestaciones de estos dos tipos de cocinas (Yettou *et al.*, 2014) no se han utilizado de manera masiva por distintos motivos. Por ejemplo, las cocinas tipo caja están muy limitadas en cuanto a las temperaturas máximas alcanzadas, y sus velocidades de calentamiento son bajas. En cuanto las cocinas parabólicas directas, si bien solucionan los dos puntos anteriores, son bastante ineficientes, ya que la olla al estar expuesta al aire pierde gran parte de la energía que absorbe. Por otra parte, la cocción en las cocinas directas se realiza a la intemperie, haciendo que el usuario esté expuesto a la radiación solar al momento de cocinar. Una manera de dar solución a estas problemáticas es la aplicación de sistemas de cocción indirectos. En estos sistemas indirectos el captador se ubica estacionariamente al Norte fuera de la vivienda, y la olla ubicada dentro de ella posibilita cocinar a resguardo, Figura 5a. Adicionalmente, como la

olla de cocción cuenta con una aislación térmica, que evita en gran medida las pérdidas de calor hacia el medio ambiente, hace que este tipo de sistemas indirectos sean mucho más eficientes que los directos.

Figura 5 - (a) Prototipo de cocina solar indirecta en la vivienda y (b) Partes constitutivas del prototipo elaborado y medidas externas importantes



Fuente: Elaborado por autores. Di Lalla *et. al.*, (2022).

En este artículo proponemos un nuevo diseño de una cocina solar indirecta con sistema de acumulación térmica por calor sensible. Se diseñó y elaboró un prototipo superior de uno similar presentado anteriormente (Di Lalla, 2022).

En la construcción de este prototipo se buscó un mejor aprovechamiento energético en todas las etapas que lo constituyen: captación, absorción, transmisión y acumulación del calor. El concepto presentado se basa en un sistema compuesto por un reflector lineal tipo CPC (concentrador parabólico compuesto). El sistema absorbente utiliza tubos selectivos al vacío, y la tecnología de los tubos de calor lo que proporciona un eficiente transporte de calor hacia la olla de cocción. La olla se encuentra en contacto directo con un baño de aceite vegetal que conforma el sistema de acumulación térmica. Este reservorio de calor cumple la función de suplir el calor necesario para continuar con la cocción al momento de nublarse. El sistema olla-acumulador de calor está convenientemente aislado del exterior con lana de vidrio haciendo

que este tipo de cocinas solares indirectas aprovechen el calor más eficientemente que las cocinas directas, porqué, como se dijo, están expuestas al aire ambiente.

El prototipo elaborado fue evaluado a través de distintas mediciones térmicas y fue utilizado para realizar cocciones de distintos tipos de alimentos, mostrando una operación segura y efectiva. Desde el Grupo de Eficiencia Energética en Edificios del INENCO (UNSa) pensamos que este tipo de cocinas solares indirectas, de implementarse por ejemplo en viviendas localizadas en lugares aislados, podrán ayudar a simplificar de manera sustancial las tareas diarias de cocción, preservando así el entorno ambiental, ayudando además a mejorar la calidad de vida de sus habitantes.

Las características y dimensiones utilizadas en el prototipo presentado aquí se determinaron a partir de distintas experiencias realizadas en prototipos monotubulares anteriores. El actual prototipo bitubular consta de un doble concentrador basado en una óptica del tipo CPC de $0,8 \text{ m}^2$ de área de captación ($1,8\text{m} \times 0,44\text{m}$). La olla de cocción es de 2 L (relación volumen de la olla/área de captación= $2,5 \text{ L/m}^2$), la olla opera dentro de un baño térmico acumulador compuesto por 5 L de aceite de soja (Asmelash *et al.*, 2014) material biodegradable, económico y de fácil acceso comercial. La relación entre el volumen de aceite de acumulación y el área de captación es de $6,25 \text{ L/m}^2$. La Figura 5b muestra un esquema con las características geométricas y la disposición de los elementos que constituyen el prototipo, se detallan las medidas externas más importantes.

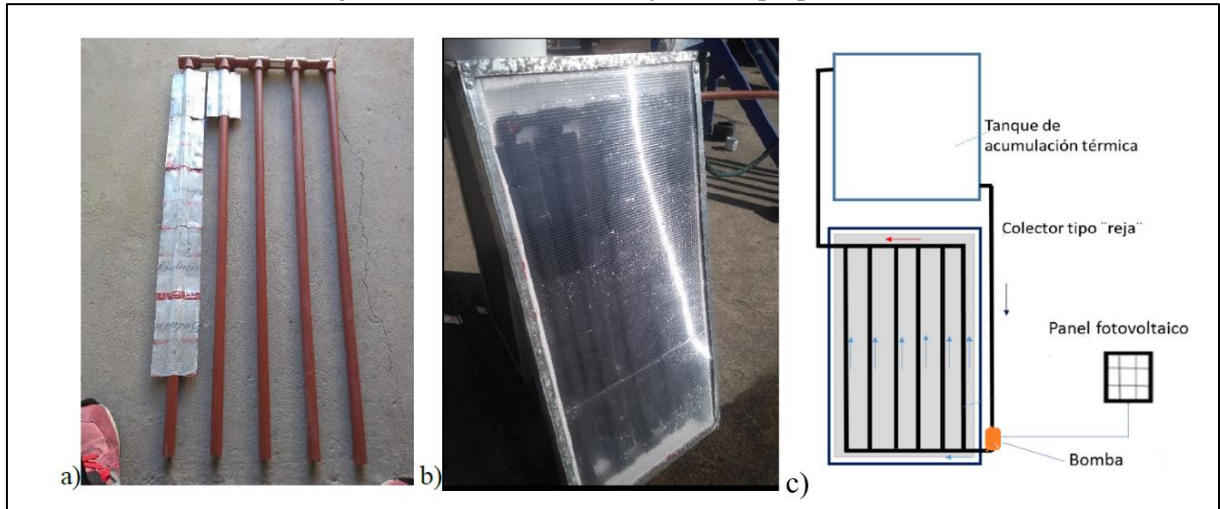
El objetivo de este artículo es, a través de en distintos ensayos térmicos, evaluar si las proporciones de diseño utilizadas son adecuadas para un buen funcionamiento diario como cocina doméstica, esto es: primero alcanzar temperaturas en la olla suficientes para poder, además de guisar, freír y hornear ($T \approx 200^\circ\text{C}$) y segundo que el calor acumulado por el sistema permita seguir cocinando en momentos de poca, o nula radiación. Como se observó en la sección de las localidades del valle calchaquí, muchos hogares utilizan para cocinar leña, electricidad y gas de garrafa en su mayoría.

Calefón Solar

Se decidió realizar un calefón solar de placa plana con un área de captación de $1\text{m} \times 0,5\text{m}$. El absorbedor, del tipo reja, fue elaborado con tuberías de termofusión de $\frac{1}{2}$ ". Para incrementar el área de captación fueron incorporadas aletas elaboradas a partir de latas de aluminio recicladas Figura 6a. Todo este conjunto fue recubierto con una capa pintura negro mate para altas temperaturas. La estructura externa del absorbedor fue realizada con chapa galvanizada calibre 30, y la aislación realizada con poliestireno expandido de baja densidad de

3 cm de espesor. Para la cubierta se empleó policarbonato alveolar de 4 mm. La Figura 6b muestra al colector terminado.

Figura 6 - (a) Armado del absorbedor tipo parrilla. (b) Colector terminado y (c) Esquema del calentador de agua solar recirculado de bajo costo, propuesto en este artículo

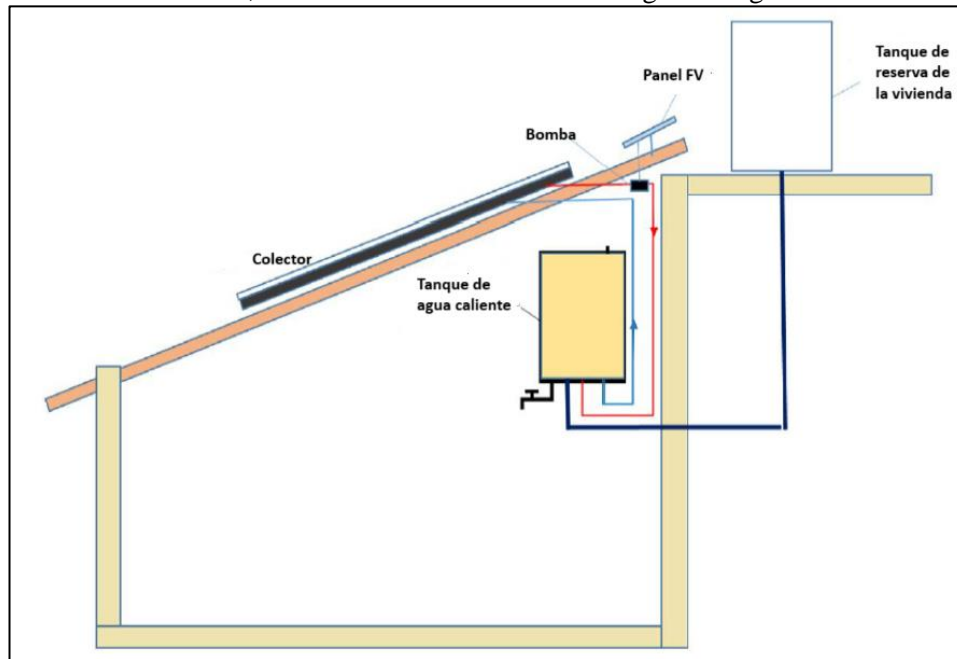


Fuente: Elaborado por los autores. Díaz *et al.*, (2022), Di Lalla *et al.*, (2023).

El tanque de acumulación de agua caliente fue elaborado a partir de dos recipientes plásticos reciclados, uno interno de 60 litros de capacidad y otro externo que actúa de aislación. Para movilizar el agua entre el tanque y el colector (5 litros) se adaptó una pequeña bomba de agua de 2 Watts la cual trabaja en conjunto con un mini panel fotovoltaico de 3 Watts, se muestra en Figura 6c.

Este concepto de calefón solar recirculado permite la posibilidad de instalar el tanque de acumulación térmica por debajo del colector, y si se quiere dentro de la vivienda (Figura 7), abandonando el concepto tradicional termosifónico de ubicar el tanque sobre el techo de esta. La estrategia de ubicar el tanque de almacenamiento dentro de la vivienda, protegiéndolo así de la intemperie, es muy adecuada en regiones de climas fríos donde el enfriamiento nocturno del agua del tanque puede ser severo.

Figura 7 - El sistema recirculado permite la instalación del tanque de acumulación dentro de la vivienda, reduciendo el enfriamiento del agua en regiones frías



Fuente: Elaborado por los autores. Di Lalla *et. al.* (2023).

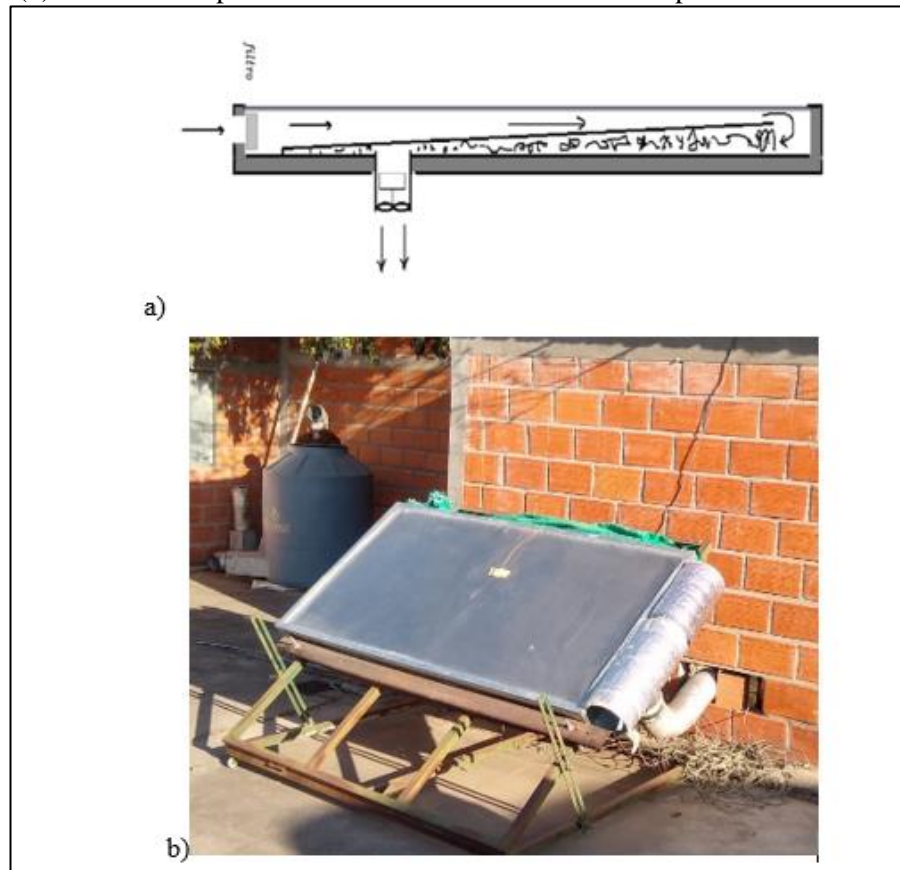
Colector calentador de aire

Desde mediados del siglo pasado el calentamiento solar del aire ha despertado gran interés en la comunidad solarista debido a que se trata de una aplicación relativamente sencilla, barata y de bajo mantenimiento (López, 2018). Con el objeto de reducir el consumo de energía convencional utilizada para calefacción de ambientes en los valles calchaquíes, el presente artículo presenta el desarrollo de un novedoso prototipo de colector solar de aire, el mismo tiene la particularidad de poseer como elemento absorbedor una placa plana con forma de cuña y una matriz porosa de acero reciclado. Además, se realiza un análisis del comportamiento termoenergético del equipo bajo condiciones meteorológicas veranales e invernales.

El colector fue instalado en el campus del INENCO (Universidad Nacional de Salta), con orientación Norte y pendiente de 39°. Fue ensayado con flujo forzado a circuito abierto. Uno de los objetivos principales de este desarrollo tecnológico es el de ser transferido a los organismos públicos de los Valles Calchaquíes relacionados con la construcción de viviendas sociales para disminuir los costos funcionales de calefacción y el consumo de energías convencionales y contaminantes del medio ambiente. El colector de aire desarrollado corresponde a un colector solar de doble paso y flujo en contracorriente con material poroso abajo del absorbedor, con una cubierta de policarbonato alveolar en la parte superior. En la

Figura 8a, se muestra un esquema del colector indicando el recorrido del aire en su interior. Por el tipo de colector elegido, el flujo debe necesariamente ser forzado. El ingreso del aire se realiza a través de tres entradas rectangulares. El egreso se realiza mediante un ducto de sección circular, según se aprecia en el esquema.

Figura 8 - (a) Esquema de funcionamiento del colector calentador de aire de matriz porosa y (b) Colector en operación con tomas de datos de las temperaturas



Fuente: Elaborado por autores. Díaz *et. al.*, (2022).

La caja soporte está construida con chapa galvanizada calibre 27 (27 chapas/pulgada). Sus dimensiones son 1,95 m de largo; 0,97 m de ancho y 0,10 m de alto. Los laterales que forman la caja son de soleras de 10 cm de alto en forma de perfil C (unidas con remaches a la placa base). Esto presenta dos ventajas, la primera es su bajo precio y la segunda es reducirle drásticamente el peso al colector. La caja soporte se encuentra aislada térmicamente en su fondo y lateralmente con poliestireno expandido de 2,5 cm de espesor y densidad 35 kg/m^3 .

La matriz porosa es el elemento de mayor masa térmica del colector. Su función es optimizar la transferencia de calor entre la placa absorbadora y el fluido caloportador. Esta puede ser de distintos materiales. En este trabajo se usó, como material poroso, viruta de acero reciclada de distintos talleres de tornería de la ciudad de Salta. El material recolectado se

compone de distintos tipos de aceros. Por ello, se hizo una cuidadosa selección con el objetivo de dejar el material más homogéneo posible. En la Figura 8b se muestra una vista del colector en operación, calefaccionando una habitación.

SISOL y SunScanBID

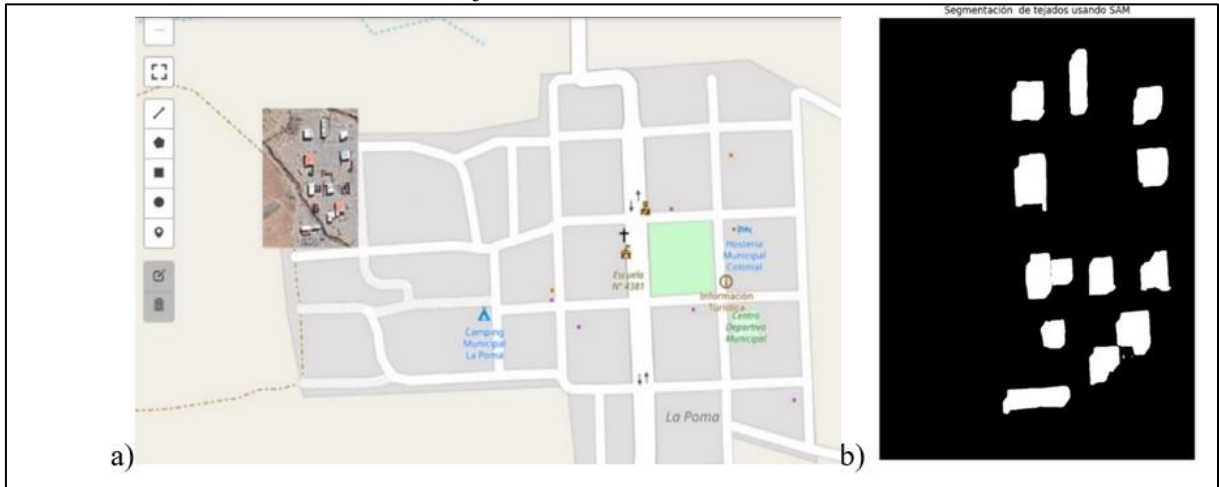
La plataforma SISol (Sistema de Información Solar Salta) incluye como primer componente un módulo de consulta de la radiación solar. El estudio del recurso solar constituye un insumo imprescindible para el diseño de políticas públicas energéticas que incluyan las energías renovables, aportando principalmente a la planificación y ejecución de proyectos de energía solar de diversa escala. En la provincia de Salta, el recurso solar presenta excelentes condiciones para su potencial aprovechamiento energético (Sarmiento Barbieri, 2019).

SunScanIDB utiliza modelos de aprendizaje profundo disponibles gratuitamente, como UNET y SAM (Segment anything by Meta), para detectar, delinear los contornos y estimar el área de los techos adecuada para instalar paneles solares y generar energía solar. Además, emplea bibliotecas de código abierto para estimar la cantidad de radiación solar en cada sitio analizado. Finalmente, estima la capacidad de generación solar anual a través de modelos estadísticos personalizables. Es una herramienta digital que se puede utilizar en toda la región a un costo muy bajo. No son necesarias visitas de campo ya que utiliza imágenes satelitales con varias resoluciones (iadb, 2024).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La Figura 9 muestra la primera manzana analizada de La Poma y su respectivo análisis con el SAM de SunScanBID. Podemos ver en blanco las áreas de los tejados analizados. Este proceso se hizo para cada manzana de cada localidad analizada. Esto se realizó para tener resultados más precisos.

Figura 9 - Análisis en SunScanBID. (a) Primera manzana a analizar y (b) Resultado del análisis de los tejados de dicha manzana.



Fuente: Elaborado por autores (2024).

En la Tabla 1 están los resultados de aplicar SunScanBID y SiSOL. Para la instalación del Sistema Fotovoltaico se recomienda las siguientes características: Inclinación de los paneles 30°, sería el ángulo óptimo anual de inclinación ya que la latitud de las localidades del valle calchaquí salteño está en los 27°; Eficiencia del Inversor 98%; Factor de pérdidas 20%. La conexión es aislada y la capacidad a instalar son 5 KW, que sería lo óptimo para una familia tipo de 4 personas.

Tabla 1 - Generación FV y consumo anual de las viviendas.

Localidad	Radiación Solar Global Anual a 30° KWh/m ²	Temperatura Media Anual °C	Generación FV Anual vivienda kWh	Consumo Anual vivienda kWh
La Poma	1.825	8,71	9.127	2.391
Cachi	1.838	12,29	9.223	2.391
Molinos	1.821	13,63	9.223	2.391
San Carlos	1.756	15,38	8.917	2.391
Cafayate	1.840	15,43	9.347	2.391

Fuente: Elaborado por autores (2024).

Como podemos ver en la Tabla 1, los ahorros eléctricos con el sistema fotovoltaico instalado en una vivienda van desde los 6.526 KWh hasta los 6.956 KWh, esto en porcentaje es entre un 72 % y 74 % anuales. Todas las localidades del valle calchaquí salteño están dentro de ese ahorro. En la Tabla 2 se presentan los resultados del uso del calefón solar propuesto en las localidades analizadas.

Tabla 2 - Litros de agua sanitaria calientes producidas por el calefón propuesto.

Localidad	Consumo Anual kg	Ahorro Anual kg eq. gas	Litros de agua caliente por día a lo largo del año	Litros de agua caliente acumulada anual
La Poma	180	183	1.492	45.378
Cachi	180	181	1.602	48.723
Molinos	180	180	1.636	49.768
San Carlos	180	174	1.652	50.256
Cafayate	180	180	1.715	52.147

Fuente: Elaborado por autores (2024).

Los resultados en la Tabla 2 se basaron en que una familia tipo de 4 personas consumía una garrafa de gas envasado de 15 kg al mes para calentar agua. Notamos los altos valores de ahorro en kg de gas envasado anual. Siendo La Poma y Cachi los de mayor ahorro, prácticamente 12,2 garrafas de gas envasados de 15 kg. San Carlos es el de menor ahorro, pero está en el orden 11,6 garrafas de gas envasado. Otro análisis interesante es la cantidad en litros de agua sanitaria caliente acumulada a lo largo del año. Las capacidades van desde los 45.378 litros en La Poma hasta los 52.147 litros en Cafayate.

Ahora si a estos ahorros sumamos el aporte de la cocina solar indirecta propuesta, el aumento de ahorro energético aumenta. La evaluación del dimensionamiento del prototipo de cocina solar indirecta presentado en este artículo indicó que las relaciones utilizadas: volumen de la olla/área de captación de 2,5 L/m², y volumen de aceite del acumulador térmico/el área de captación de 6,25 L/m² resultaron adecuadas para un buen funcionamiento integral normal, ya que: éste dimensionamiento permitió que el sistema acumulador térmico pueda acceder en invierno al medio día a temperaturas superiores a los 180°C, suficiente para guisar, hornear y freír todo tipo de alimentos. Además, la capacidad de acumulación térmica del prototipo permitió que al medio día una olla con 2 litros de agua a 12°C llegue al punto de ebullición en 20 minutos. Otra gran ventaja de esta cocina es en el caso de un nublado total mientras se está cocinando, el sistema de acumulación térmica pudo suplir la energía necesaria para continuar la cocción, en esta situación el contenido de la olla (2 litros de agua) siguió hirviendo por 50 minutos (Di Lalla, 2022). Esto se debe a su masa térmica del sistema olla-acumulador térmico, cuyo valor es 3 KWh/°C.

Finalmente, el aporte para calefacción del colector solar de aire propuesto. El colector opera con tres flujos másicos de aire diferentes (0,021 Kg/s; 0,025 Kg/s; y 0,027 Kg/s). Se encontró que la eficiencia instantánea máxima, para el máximo flujo másico, es del 70 %, valor muy aceptable para un colector calentador de aire. Para los otros flujos másicos, la eficiencia

térmica instantánea máxima fue del 68 % y 45 % aproximadamente. En condiciones normales de funcionamiento el incremento de temperatura a lo largo del colector estuvo entre 20 y 25 °C. La temperatura máxima alcanzada a la salida del colector fue de 58,1 °C para una temperatura de entrada de 28 °C.

En cuanto a la energía útil generada por día, los valores diarios fueron de 5,6 KWh; 6,1 KWh y 6,7 KWh, para el menor y para los 2 mayores flujos de aire ensayados, respectivamente. Estos valores son altos y son consecuencia del gran contacto térmico existente entre el aire circulante y los medios absorbedores constituidos por la placa en forma de cuña y la matriz porosa que, por su constitución y características superficiales, constituye una superficie extendida selectiva caliente acumuladora.

CONSIDERACIONES FINALES

Para el análisis de este artículo se partió eligiendo la zona de estudio. Ante la grave situación energética que atraviesa nuestro país y la inflación que tenemos mensualmente, han llevado a la búsqueda de alternativas de bajo costos. Se eligió la zona de los Valles Calchaquíes por sus altos índices de radiación anual, del orden de los 2.000 KWh/m² y también porque son zonas rurales donde el combustible que utilizan en su mayoría para cocinar y agua sanitaria caliente son leñas y gas envasado. Se utilizaron dos modelos en conjunto para los cálculos energéticos, el SiSOL y el SunScanBID. Las zonas estudiadas fueron los valles calchaquíes salteños, más precisamente las localidades de La Poma, Cachi, Molinos, San Carlos y Cafayate. Los ahorros energéticos eléctricos anuales estuvieron entre los 72% y 74%, mientras que los ahorros anuales de gas envasado en garrafas entre los 174 kg y los 183 kg. Estos ahorros se lograron con la implementación de los sistemas fotovoltaicos y calefón solar. Si le sumamos a esto el aporte energético de la cocina solar indirecta, unos 3 KWh/°C más la calefacción del colector solar de aire que van desde los 5,6 KWh hasta los 6,7 KWh. Ante estos resultados se propone la urgente implementación de las fuentes de energías renovables en las zonas rurales, ya que las mismas aportan ahorros significativos y relevantes ante los altos costos de la energía eléctrica y el gas envasado en garrafa.

REFERENCIAS

ABDELA U. Review on Environmental and Social Impacts of Rural Household Traditional Biomass Energy Utilization. **Journal of Energy Technologies and Policy**, [S.l.], v .9, n. 9. 2019.

ALONSO, R. N., Puna Austral: Bases para el subprovincialismo geológico de La Puna Argentina. *Em: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO*, 9., 1984, Bariloche. **Actas** [...], Bariloche, v. 1, p. 43-63, 1984.

BALDIS, B. A. Geotectónica de la comarca comprendida entre el Cratógeno Central Argentino y el borde austral de La Puna. *In: CONGRESO IBEROAMERICANO DE GEOLOGÍA ECONÓMICA*, 2., 1975, Buenos Aires. **Actas** [...]. Buenos Aires, Argentina, p. 25-44, 1975.

BENEDEK. Evaluation of renewable energy sources in peripheral areas and renewableenergy-based rural development. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, Elsevier, v. 90, p. 516–535, 2018.

CAMINOS, R. Sierras Pampeanas Noroccidentales: Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan, in Geología Regional Argentina, Segundo Simposio. Córdoba, **Academia Nacional de Ciencias**, p. 225-291, 1979.

CENSO. **Censo Nacional de Población, Hogares y Viviendas**. 2022. Disponible en: https://censo.gob.ar/index.php/datos_definitivos_salta/. Acceso en: 30 abr. 2024.

DI LALLA, N.; DIAZ, A. E. Cocina solar indirecta con acumulación térmica integrada a viviendas. **Acta de la XLIV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente**, v. 9, p. 30-38, 2022. ISBN: 978-987-29873-1-2.

DI LALLA, N.; DIAZ, A. E.; HERNANDEZ, A. Calentador de agua solar de bajo costo con circulación forzada autónoma. **Ciências socialmente aplicáveis: integrando saberes e abrindo caminhos**. v. 9. Curitiba, PR: Artemis, 2023. ISBN: 978-65-87396-82-8. DOI: https://doi.org/10.37572/EdArt_29052382816

DIAZ, A. E.; DI LALLA, N. Construcción de equipos solares en el marco de la tecnicatura universitaria en energía solar (unsa). **Acta de la XLIV Reunión de Trabajo de la Asociación Argentina de Energías Renovables y Ambiente**. v. 9, p. 196-206, 2022. ISBN: 978-987-29873-1-2.

DIAZ, A. E.; DI LALLA, N.; HERNANDEZ, A. Colector solar de alta eficiencia con matriz porosa reciclada. **Energías Renovables y Medio Ambiente** v. 49, p. 21 – 29, 2022. ISSN: 2684-0073.

ENERGAS. **Informe gráfico: consumo de gas-total país**, 2024. Disponible en: https://www.enargas.gov.ar/secciones/publicaciones/informes-graficos/pdf/informe_1042.pdf. Acceso en: 30 abr. 2024.

ENERGIAS. **Página oficial del gobierno argentino**. Disponible en: http://datos.energia.gob.ar/dataset/7eb728bc-cfdd-4e4e-b659-7bf3266939f1/resource/c0dab416-a0c2-46bd-b4dd-1686a2f0fbea/download/iea_2021.pdf. Acceso en: 29 abr. 2024.

GONZÁLEZ VILLA, R. E. **El Subgrupo Jujuy (Neógeno) entre los 24°-26° LS y 64°-66°OG, tramo centro-austral de la cadena Subandina argentina, provincias de Salta y Jujuy**, 2002. Tesis (Doctoral) - Universidad Nacional de Salta, Facultad de Ciencias Naturales, Salta, 2002.

GONZÁLEZ, O.; MON, R. Tectónica del extremo norte de las Sierras Pampeanas y su transición a la Cordillera Oriental y a las Sierras Subandinas. *En: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO*, 13.; CONGRESO DE EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS, 3., 1996. *Acta [...]*, Buenos Aires, v. 2, p. 149-160, 1996.

GROSSI GALLEGOS, H.; RIGHINI, R. **Atlas de Energía Solar de la República Argentina**, Universidad de Lujan, 2007.

HERNANDEZ, A. L. Modelización numérica de un colector solar calentador de aire con matriz porosa metálica. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**, 2015. Disponible en: <http://portalderevistas.unsa.edu.ar/ojs/index.php/averma/article/view/1854>. Acceso em: 30 abr. 2024.

INTERNATIONAL ENERGY AGENCY - IEA. Disponible en: <https://www.iea.org/countries/argentina>. Acceso em: 30 abr. 2024.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADISTICAS Y CENSO - INDEC. Disponible en: <https://www.indec.gov.ar/indec/web/Nivel4-Tema-3-5-31>. Acceso em: 30 abr. 2024.

THE INTERNATIONAL RENEWABLE ENERGY AGENCY - IRENA. Disponible en: <https://www.irena.org/>. Acceso em: 1 mayo 2024.

KIM, H.; JUNG, T. Independent solar photovoltaic with Energy Storage Systems (ESS) for rural electrification in Myanmar. **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, v. 82, p. 1187–1194, 2018.

LOPEZ, F.; HERNANDEZ, A. Nuevo calentador solar de aire con matriz porosa selectiva. desarrollo tecnológico y evaluación experimental. **Avances en Energías Renovables y Medio Ambiente**. v. 22, p. 02.37-02, 2018.48. ISSN: 2314-1433.

MINGRAMM, A.; RUSSO, A.; POZZO, L.; CAZAU. Sierras Subandinas, in *Geología Regional Argentina, Segundo Simposio (1976)*, J. C. M. Turner (Director y Editor), Córdoba, **Academia Nacional de Ciencias**, p. 95-137. 1979.

MON, R.; SALFITY, J. A. Tectonic evolution of the Andes of northern Argentina in Petroleum basins of South America, TANKARD, A.J.; SUÁREZ SORUCO, R.; WELSINK, H. J. (ed.), **American Association of Petroleum Geologists Memoir 62**, p. 269- 283, 1995.

NOMAN, M.; WASIM, A. An investigation of a solar cooker with parabolic trough concentrator. **Case Studies in Thermal Engineering 14**, 100436, 2019.

OMS. **Household air pollution and health**. Disponible en: <https://www.who.int/news-room/factsheets/detail/household-air-pollution-and-health>. 2022. Acceso en: 1 may 2024.

PAGINA 12. **Diario Nacional**. Disponible en: <https://www.pagina12.com.ar/703423-la-tarifa-electrica-en-salta-sera-de-entre-8-y-29-mil-pesos>. Acceso en: 25 abr. 2024.

ROLLERI, E. O. Sistema de Santa Bárbara: Una nueva provincia geológica argentina. Bahía Blanca. *En: CONGRESO GEOLÓGICO ARGENTINO*, 6., 1976, Buenos Aires, *Acta [...]*, Buenos Aires: Bahía Blanca, v. 1, p. 239-255, 1976.

SALFITY, J. A.; MONALDI, C. R. **Mapa Geológico de la Provincia de Salta**, Escala 1:500.000. Buenos Aires, Segemar, Servicio Geológico Minero de la Argentina, 1998.

SALFITY. Geología regional del Valle Calchaquí, Argentina. **Anales de la academia nacional de ciencias exactas, físicas y naturales Buenos Aires**, 2004. ISSN: 0365-1185.

SARMIENTO BARBIERI. A Solar Irradiation GIS as Decision Support Tool for the Province of Salta, Argentina". **Renewable Energy**, v. 132, p. 68-80, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.07.081>.

SCANSUNBID. **Codigo de Estimación del potencial de transformación solar**. Disponible en: <https://code.iadb.org/es/herramientas/sunscan-bid> . Acceso en: 1 may 2024.

SCMIGLIANA, J. C. Los Suelos de los Valles Calchaquíes. **Libro biblioteca Ciencias Exactas Universidad Nacional de Salta**, 1970.

TIAN, H.; LINGYONG, M. Energy saving retrofit of rural house based on the joint utilization of solar collector and attached sunspace. **Energy & Buildings 299**, 113591, 2023.

TURNER, J. C. M. Cordillera Oriental, en Geología Regional Argentina, Primer Simposio (1969), A.F. Leanza (Director y Editor), Córdoba, **Academia Nacional de Ciencias**, p. 117-142, 1972.

VEITZMAN, S. Uso de calefones solares en Argentina. **Tesis de Maestría**, 2015. DOI: <https://doi.org/10.18294/rdi.2017.173285>

YETTOU, F.; AZOUI, B. Solar Cooker Realizations in Actual Use: An Overview. **Renewable Sustain Energy Review**, [S.l.], v. 37, p. 288-306, 2014.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Consejo Nacional de Investigaciones Científicas y Técnicas (CONICET) a través del PIP N° 11220170100972 y al Consejo de Investigación de la Universidad Nacional de Salta (CIUNSa) a través del Proyecto N° 2335 y Proyecto N°2726 por aportar el financiamiento necesario para el desarrollo del colector solar de aire, calefón solar, cocina solar indirecta y su evaluación termo-energética.